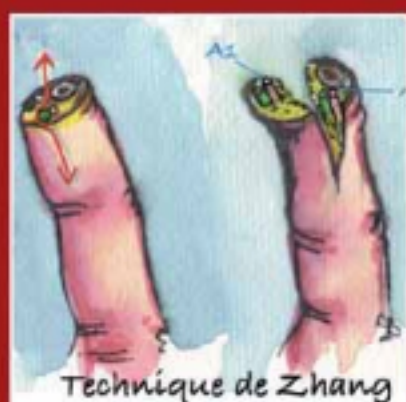
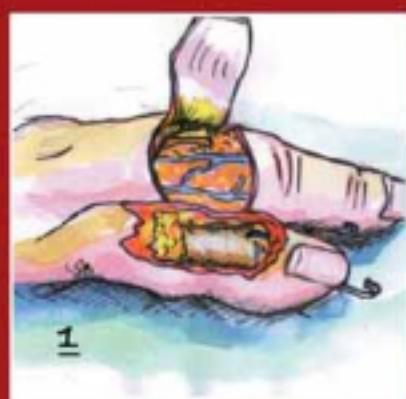


La traumatologie des parties molles de la main

Philippe Liverneaux
Christophe Chantelot



La traumatologie des parties molles de la main

Springer

Paris

Berlin

Heidelberg

New York

Hong Kong

Londres

Milan

Tokyo

Philippe Liverneaux
et Christophe Chantelot

La traumatologie des parties molles de la main

 Springer

Philippe Liverneaux

SOS main
Service de chirurgie de la main
CCOM, Hôpitaux
Universitaires de Strasbourg
10, avenue Achille Baumann
67403 Illkirch Cedex

Christophe Chantelot

CHRU de Lille
Hôpital Roger Salengro
Service traumatologie - SOS main
Rue du Pr Émile Lainé
59037 Lille

ISBN : 978-2-287-99067-0 Springer Paris Berlin Heidelberg New York

© Springer-Verlag France, Paris, 2011
Imprimé en France

Springer-Verlag France est membre du groupe Springer Science + Business Media

Cet ouvrage est soumis au copyright. Tous droits réservés, notamment la reproduction et la représentation la traduction, la réimpression, l'exposé, la reproduction des illustrations et des tableaux, la transmission par voie d'enregistrement sonore ou visuel, la reproduction par microfilm ou tout autre moyen ainsi que la conservation des banques de données. La loi française sur le copyright du 9 septembre 1965 dans la version en vigueur n'autorise une reproduction intégrale ou partielle que dans certains cas, et en principe moyennant le paiement des droits. Toute représentation, reproduction, contrefaçon ou conservation dans une banque de données par quelque procédé que ce soit est sanctionnée par la loi pénale sur le copyright.

L'utilisation dans cet ouvrage de désignations, dénominations commerciales, marques de fabrique, etc. même sans spécification ne signifie pas que ces termes soient libres de la législation sur les marques de fabrique et la protection des marques et qu'ils puissent être utilisés par chacun.

La maison d'édition décline toute responsabilité quant à l'exactitude des indications de dosage et des modes d'emplois. Dans chaque cas il incombe à l'utilisateur de vérifier les informations données par comparaison à la littérature existante.

Achevé d'imprimer sur les presses de la SEPEC
Dépôt légal : Février 2011 - N° d'imprimeur : 110204505

Maquette de couverture : Nadia Ouddane
Illustrations de couverture : Stéphane Barbary
Mise en page : Graficoul'Eure



Collection *Approche pratique en orthopédie – traumatologie*

dirigée par Christian Fontaine et Alain Vannineuse

Dans la même collection :

– *Fractures de l'extrémité proximale du fémur*

A. Vannineuse, Ch. Fontaine, Springer-Verlag France, 2000

– *La gonarthrose*

M. Bonnin, P. Chambat, Springer-Verlag France, 2003, 2005

– *Pathologie ligamentaire du genou*

Ph. Landreau, P. Christel, Ph. Djian, Springer-Verlag France, 2003

– *Fractures du genou*

Ch. Fontaine, A. Vannineuse, Springer-Verlag France, 2005

– *Biomécanique de l'épaule – De la théorie à la clinique*

P. Blaimont, A. Taheri, Springer-Verlag France, 2006

– *Couverture des pertes de substance cutanée de la main et des doigts*

D. Le Nen, W. Hu, J. Laulan, Springer-Verlag France, 2007

À paraître :

– *Traumatismes ostéo-articulaires du poignet et de la main*

L. Obert, Ch. Fontaine, Springer-Verlag France, 2011

– *Réparations tissulaires à la jambe. De l'os... à la peau*

D. Le Nen, A. Fabre, F. Dubrana, Springer-Verlag France, 2011

Liste des auteurs

Isabelle Auquit-Auckbur	SOS Main - Service de chirurgie plastique et de chirurgie de la main CHU de Rouen 1, rue de Germont 76031 Rouen Cedex
Yasser Abou Altout	Service de chirurgie Hôpital du Parc 1, rue de l'Hôpital 57206 Sarreguemines
Yves Allieu	Institut de la Main Clinique Clémentville 25, rue Clémentville 34070 Montpellier
Bouali Amara	Institut de la Main Clinique Clémentville 25, rue Clémentville 34070 Montpellier
Stéphane Barbary	SOS Main Dommartin les Toul CHU Nancy 29, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny 54000 Nancy
Violaine Beauthier	Unité de chirurgie de la main et des nerfs périphériques, SOS Mains HEGP Service de chirurgie orthopédique et traumatologique Hôpital Européen Georges Pompidou 20, rue Leblanc 75908 Paris Cedex 15
Roberto Beccari	Clinique du Cèdre-Bois Guillaume 950, rue de la Haie 76230 Bois Guillaume

	et SOS Main - Service de chirurgie plastique et de chirurgie de la main CHU de Rouen 1, rue de Germont 76031 Rouen Cedex
Philippe Bellemère	Nantes Assistance Mains Clinique Jeanne d'Arc 21, rue des Martyrs 44100 Nantes
Marie-Claude Blancher	Unité de chirurgie de la main et des nerfs périphériques, SOS Mains HUS Centre de chirurgie orthopédique et de la main Hôpitaux Universitaires de Strasbourg 10, avenue Baumann 67403 Illkirch Cedex
Gilles Candelier	Centre de la main Rennes CHP Saint-Grégoire 6, boulevard de la Boutière 35760 Saint-Grégoire
Francis Chaise	Nantes Assistance Mains Clinique Jeanne d'Arc 21, rue des martyrs 44100 Nantes
Michel Chammas	Service de chirurgie de la main et du membre supérieur, chirurgie des nerfs périphériques Hôpital Lapeyronie CHU Montpellier 34295 Montpellier Cedex 5
Christophe Chantelot	Service d'orthopédie B CHRU de Lille Hôpital Roger Salengro boulevard Émile-Laine 59037 Lille Cedex et Service de traumatologie Centre hospitalier régional universitaire 59037 Lille

Béatrice Chapin-Bouscarat	Service de rééducation fonctionnelle Hôpital Bichat 48, rue Henri Huchard 75018 Paris
Nicolas Chassignier	Service d'orthopédie B, CHRU de Lille Hôpital Roger Salengro Boulevard Émile-Laine 59037 Lille Cedex
Denis Corcella	Clinique de chirurgie réparatrice de la main et des brûlés SOS Main Grenoble CHU de Grenoble Hôpital A. Michalon, BP 217 38043 Grenoble Cedex 09
Bertrand Coulet	Service de chirurgie de la main et du membre supérieur, chirurgie des nerfs périphériques Hôpital Lapeyronie CHU Montpellier 34295 Montpellier Cedex 5
Thierry Dubert	Clinique La Francilienne 16, avenue de l'Hôtel de Ville 77340 Pontault-Combault
Christian Dumontier	Service d'orthopédie et SOS-Mains Hôpital Saint-Antoine 184, rue du faubourg Saint-Antoine 75571 Paris Cedex 12
Frédéric Dusserre	Institut de la Main Clinique Clémentville 25, rue Clémentville 34070 Montpellier et Institut de la main 6, square Jouvenet 75016 Paris
Michel Ebelin	Unité de chirurgie de la main Hôpital Privé des Peupliers 8, place de l'Abbé Hénocque 75013 Paris

Sybillé Facca	Service de chirurgie de la main SOS Mains Centre de chirurgie orthopédique et de la main Hôpitaux universitaires de Strasbourg 10, avenue Baumann 67403 Illkirch Cedex
Franck Fitoussi	Service d'orthopédie Urgences Main Enfant Hôpital Robert Debré 48, boulevard Serrurier 75935 Paris Cedex 19
Didier Fontes	Espace médical Vauban Pôle main & sport 2, avenue Ségur 75007 Paris
Alexandra Forli	Clinique de chirurgie réparatrice de la main et des brûlés SOS Main Grenoble CHU de Grenoble Hôpital A. Michalon, BP 217 38043 Grenoble Cedex 09
André Gay	Service de chirurgie de la main Chirurgie plastique et réparatrice des membres Hôpital de la Conception 147, boulevard Baille 13005 Marseille
Jean-Claude Guimberteau	Institut aquitain de la main Allée des Tulipes 33600 Pessac
Patrick Houvet	Institut Français de Chirurgie de la Main 5, rue du Dôme 75116 Paris
Alexandre Kilinc	Service d'orthopédie et SOS-Mains Hôpital Saint-Antoine 184, rue du faubourg Saint-Antoine 75571 Paris Cedex 12

Bernard Lallemand	Hôpital Kirchberg 9, rue Edward Steichen 2540 Luxembourg
Christine Lazerges	Service d'orthopédie B CHRU de Lille Hôpital Roger Salengro Boulevard Émile-Laine 59037 Lille Cedex
Cyril Lazerges	Service de chirurgie de la main et du membre supérieur, chirurgie des nerfs périphériques Hôpital Lapeyronie CHU Montpellier 34295 Montpellier Cedex 5
Frédéric Lebaillly	Service d'orthopédie B CHRU de Lille Hôpital Roger Salengro Boulevard Émile-Laine 59037 Lille Cedex
Yves Le Bellec	Clinique de l'Yvette 67, route de Corbeil 91160 Longjumeau
Franck Leclère	SOS Mains Lille 43, rue des Meuniers 59810 Lesquin
Régis Legré	Service de chirurgie de la main Chirurgie plastique et réparatrice des membres Hôpital de la Conception 14, boulevard Baille 13005 Marseille
Dominique Le Nen	Service d'orthopédie et SOS Main Hôpital de la Cavale Blanche Avenue Tanguy Prigent 29200 Brest

Daniel Lepage	Service d'orthopédie, de traumatologie de chirurgie plastique et Assistance Main EA 4268 « I4S » IFR 133 Université de Franche Comté CHU Jean Minjoz 25030 Besançon
Philippe Liverneux	EITS, European Institute of TeleSurgery, Strasbourg Service de chirurgie de la main SOS Mains Centre de chirurgie orthopédique et de la main Hôpitaux universitaires de Strasbourg 10, avenue Baumann 67403 Illkirch Cedex
Bruno Lussiez	Institut monégasque de médecine et chirurgie du sport, IM2S 11, avenue d'Ostende MC 98000 Monaco
Olivier Mares	Service d'orthopédie B CHRU de Lille Hôpital Roger Salengro Boulevard Émile-Laine 59037 Lille Cedex
Thierry Martin des Pallières	Clinique de chirurgie réparatrice de la main et des brûlés SOS Main Grenoble CHU de Grenoble Hôpital A. Michalon, BP 217 38043 Grenoble Cedex 09
Emmanuel Masméjean	Unité de chirurgie de la main et des nerfs périphériques, SOS Mains HEGP Service de chirurgie orthopédique et traumatologique Hôpital Européen Georges Pompidou 20, rue Leblanc 75908 Paris Cedex 15
Michel Merle	Institut Européen de la Main Médipole Gentilly Saint-Jacques 13, rue Blaise Pascal 54320 Maxéville Nancy

	et Hôpital Kirchberg 9, rue Edward Steichen 2540 Luxembourg
Gero Meyer	Institut de la Main Clinique Clémentville 25, rue Clémentville 34070 Montpellier
Pierre-Yves Milliez	SOS Main Service de chirurgie plastique et de chirurgie de la main CHU de Rouen 1, rue de Germont 76031 Rouen Cedex
François Moutet	Clinique de chirurgie réparatrice de la main et des brûlés SOS Main Grenoble CHU de Grenoble Hôpital A. Michalon, BP 217 38043 Grenoble Cedex 09
Pierre Mouton	Institut aquitain de la main Allée des Tulipes 33600 Pessac
Laurence Noël	Service de chirurgie de la main SOS Mains Centre de chirurgie orthopédique et de la main Hôpitaux Universitaires de Strasbourg 10, avenue Baumann 67403 Illkirch Cedex
Laurent Obert	Service d'orthopédie, de traumatologie de chirurgie plastique et Assistance Main EA 4268 «I4S» IFR 133 Université de Franche Comté CHU Jean Minjoz 25030 Besançon
Jean-Marc Ovieve	Cabinet de kinésithérapie 12, rue Hermel 75018 Paris

Jérôme Pierrart	Unité de chirurgie de la main Hôpital Privé des Peupliers 8, place de l'Abbé Hénocque 75013 Paris
Bérangère Rispe	Clinique rééducation Fontfroide 1800, rue de Saint-Priest 34097 Montpellier Cedex 5
Jean-Luc Roux	Institut de la Main Clinique Clémentville 25, rue Clémentville 34070 Montpellier
Jean-Claude Rouzaud	Institut de la Main Clinique Clémentville 25, rue Clémentville 34070 Montpellier et Service de chirurgie de la main et du membre supérieur, chirurgie des nerfs périphériques Hôpital Lapeyronie CHU Montpellier 34295 Montpellier Cedex 5
Michel Schoofs	SOS Mains Lille 43, rue des Meuniers 59810 Lesquin
Christophe Stadler	Service d'orthopédie, de traumatologie, de chirurgie plastique et Assistance Main EA 4268 « I4S » IFR 133 Université de Franche Comté CHU Jean Minjoz 25030 Besançon

Chihab Taleb	EITS, European Institute of TeleSurgery, Strasbourg Service de chirurgie de la main SOS Mains Centre de chirurgie orthopédique et de la main Hôpitaux universitaires de Strasbourg 10, avenue Baumann 67403 Illkirch Cedex
Marie-Noëlle Thauray	Unité de rééducation de la main et du membre supérieur CRRF du Docteur Ster 9, avenue Jean Ster 34240 Lamalou-Les-Bains
Dominique Thomas	Centre de rééducation de la Main 1, boulevard Clémenceau 38100 Grenoble
Laurent Thomsen	Institut de la Main Clinique Jouvenet 6, square Jouvenet 75016 Paris
Philippe Valenti	Institut de la Main Clinique Jouvenet 6, square Jouvenet 75016 Paris
Manuel Valverde	Institut de la Main Clinique Clémentville 25, rue Clémentville 34070 Montpellier
Thomas Waitzenegger	CHI le Raincy-Montfermeil 10, rue du Général Leclerc 91370 Montfermeil
Guillaume Wavreille	Service d'orthopédie B, CHRU de Lille Hôpital Roger Salengro Boulevard Émile-Laine 59037 Lille Cedex

Marie-Caroline Welby-Geraud Service psychiatrique
CHU de Brest
Hôpital de Bohars, BP 17
29820 Bohars

SOMMAIRE

Avant-propos	XXI
P. Liverneaux	
Appareil extenseur : plaie récente sans perte de substance tendineuse	1
E. Masméjean et V. Beauthier	
Appareil extenseur : plaie récente avec perte de substance tendineuse	11
F. Lebailly et C. Chantelot	
Appareil extenseur : rupture sous-cutanée récente en zone I	21
S. Facca et P. Liverneaux	
Appareil extenseur : rupture sous-cutanée récente en zone III ...	33
G. Candelier	
Appareil extenseur : rupture sous-cutanée du long extenseur du pouce	39
P. Houvet	
Appareil extenseur : déformation en col de cygne	49
L. Obert, C. Stadler et D. Lepage	
Appareil extenseur : déformation en boutonnière	59
Y. Le Bellec et T. Waitzenegger	
Appareil extenseur : appareillage et rééducation	69
J.-C. Rouzaud, B. Amara, F. Dusserre, G. Meyer, J.-L. Roux, M. Valverde, B. Rispe, M. Chammas et Y. Allieu	
Tendons fléchisseurs : plaies récentes sans perte de substance tendineuse	81
D. Le Nen	

Appareil fléchisseur : plaie récente avec perte de substance tendineuse	95
O. Mares, C. Lazerges, G. Wavreille, N. Chassignier et C. Chantelot	
Appareil fléchisseur : rupture sous-cutanée récente en zone I	107
B. Lussiez et D. Fontes	
Appareil fléchisseur : rupture sous-cutanée récente des poulies ..	113
F. Moutet, D. Corcella, A. Forli, T. Martin des Pallières et D. Thomas	
Appareil fléchisseur : techniques de réparation	129
T. Dubert	
Tendons fléchisseurs : ruptures secondaires après réparation	137
P. Bellemère	
Appareil fléchisseur : traitement des adhérences	145
M. Chammas, B. Coulet, C. Lazerges, M.-N. Thauray et J.-C. Rouzaud	
Appareil fléchisseur : reconstruction en un temps	159
J.-C. Guimberteau	
Appareil fléchisseur : reconstruction en deux temps	179
P. Mouton	
Appareil fléchisseur : cas particulier de l'enfant	193
F. Fitoussi	
Appareil fléchisseur : appareillage et rééducation	201
J.-M. Ovieve et B. Chapin-Bouscarat	
Plaies nerveuses : lésion nerveuse simple	211
F. Chaise	
Plaies nerveuses : perte de substance nerveuse	221
L. Thomsen et P. Valenti	
Plaies nerveuses : évaluation et rééducation de la sensibilité	229
M.-C. Blancher, L. Noël et P. Liverneaux	
Plaies vasculaires	249
M. Schoofs et F. Leclère	

Lésions multi-tissulaires des parties molles de la main	259
I. Auquit-Auckbur et R. Beccari	
Plaies complexes : replantations	269
S. Barbary	
Cas particuliers : syndromes des loges	293
A. Kilinc et C. Dumontier	
Cas particulier : syndrome de Secrétan	303
S. Facca, M.-C. Welby-Geraud et P. Liverneaux	
Cas particulier : syndrome du marteau hypothénarien	313
P.-Y. Milliez	
Cas particulier : syndrome douloureux régional complexe de type I	319
R. Legré et A. Gay	
Techniques nouvelles : télémedecine	327
Y. Abou Altout et P. Liverneaux	
Techniques nouvelles : téléchirurgie	335
C. Taleb et P. Liverneaux	
Cas cliniques : lésions tendineuses (Rugby finger)	343
M. Ebelin et J. Pierrart	
Cas cliniques : lésions nerveuses	351
B. Lallemant et M. Merle	

Avant-propos

P. Liverneaux

Cet ouvrage s'inscrit dans le projet ambitieux d'embrasser les connaissances actuelles en traumatologie de la main. La voie qu'a choisie Christian Fontaine, en sa qualité d'éditeur, d'exprimer l'expérience des auteurs en trois volumes, n'est pas anodine.

Un premier ouvrage, consacré à la chirurgie plastique de la main, passe en revue les procédés de recouvrement des pertes de substance cutanée. Un deuxième ouvrage (sous presse), consacré à la chirurgie orthopédique de la main, passe en revue les procédés de réduction et de fixation des fractures et des luxations.

Le troisième et présent ouvrage pourrait paraître plus difficile à définir. Il n'en est rien. Si le premier s'intéresse à ce qui se voit au premier coup d'œil, la peau ; le deuxième à ce qui se voit en quelques secondes à la lecture d'une radiographie d'urgence, le squelette ; le troisième s'intéresse précisément à ce qui ne se visualise qu'à l'exploration chirurgicale, dans les conditions d'aseptie et d'anesthésie du bloc opératoire. Il s'agit de « bilancer », de réparer et de rééduquer les multiples tendons, nerfs et vaisseaux qui composent et animent la main, entre la peau et le squelette.

C'est tout naturellement avec l'appareil tendineux que cet ouvrage débute, parce que leur action mise en défaut par une pathologie quelconque retentit le plus gravement sur la fonction essentielle de la main : la mobilité. Mais que serait cette mobilité sans la sensibilité, sens sans lequel la main est rendue comme aveugle : ne dit-on pas que les pulpes des doigts sont les yeux de la main ? C'est pourquoi une large part de cet ouvrage a été consacrée à la réparation des nerfs. Mais ne nous trompons pas, les plaies de la main ne s'adressent qu'exceptionnellement à un seul tissu. Cet ouvrage ne serait pas complet s'il ne traitait pas les lésions multi-tissulaires. C'est ici que l'art du chirurgien de la main s'exerce, en déployant des trésors de créativité pour rendre à une main mutilée sa nature profonde : l'action sur les objets. En urgence, une complexe stratégie doit se mettre en place en quelques minutes pour analyser les lésions, comprendre les besoins du patient, et reconstruire une main efficace et esthétique. Pourtant, certaines pathologies ne relèvent pas d'un raisonnement inspiré d'un algorithme parce qu'elles forment à elle seule un univers à part : elles ne seront pas passées sous silence ! Enfin, parce que la chirurgie n'est pas une activité humaine figée dans le temps, cet ouvrage tente d'ap-

porter des réponses à ceux qui se demandent quelle sera la traumatologie de la main de demain.

Concernant la forme, si la plupart des chapitres s'inscrivent dans une tradition pédagogique éprouvée, le cours magistral, il nous est apparu utile d'introduire quelques cas cliniques, qui mettent en lumière les limites d'un manuel de chirurgie classique. Ils illustrent les subtilités de l'examen clinique et les trucs et astuces des techniques opératoires. Car à côté des connaissances livresques, fondamentales pour acquérir connaissances et raisonnement, rien ne remplace l'expérience vécue « au lit du malade » et le « compagnonnage » auprès de nos maîtres.

Concernant les auteurs, c'est dans un souci d'équilibre qu'ont été convoqués des universitaires et des libéraux. Mais ce qui a guidé leur choix est surtout leur compétence, notamment dans le domaine où leur expérience est reconnue. Bref, cette somme aura atteint son objectif si les chirurgiens qui s'intéressent à la main, et notamment les plus jeunes, en font l'un de leurs livres de chevet.

Appareil extenseur : plaie récente sans perte de substance tendineuse

E. Masméjean et V. Beauthier

Introduction

Toute plaie de la face dorsale de la main est susceptible de léser l'appareil extenseur. Toute plaie de la face dorsale de la main, si l'examen en salle d'urgence ne permet pas de bien visualiser en totalité l'appareil extenseur, doit donc être explorée au bloc opératoire (1). Une réparation en urgence, associée à une immobilisation adaptée et à une rééducation appropriée afin de lutter contre une raideur secondaire à l'immobilisation, peut donner en quelques semaines une restitution *ad integrum* de la fonction de la main. En revanche, une plaie mal prise en charge, négligée, ancienne, peut conduire à des séquelles avec le plus souvent raideur et déformation progressive du doigt. À ce stade tardif, la prise en charge ne peut garantir un retour à l'état antérieur.

Diagnostic

Examen clinique

Pour toute plaie de la main, il importe de connaître le « profil » du patient et le « profil » de la plaie.

L'interrogatoire « patient » renseigne la main dominante, la profession manuelle ou non, les activités de loisir avec les mains. La notion de tabagisme est également importante, car le tabac est un facteur de risque de mauvaise cicatrisation. Le statut vaccinal contre le tétanos est à vérifier, un rappel est effectué si le dernier date de plus de 10 ans.

L'interrogatoire « plaie » renseigne sur les circonstances de l'accident (accident domestique [cuisine], accident de travail, etc.) et le délai de prise en charge doivent être définis. L'objet contendant, le trajet et la profondeur estimée doivent être notés. Toute plaie en regard d'un trajet tendineux à la face dorsale de la main doit être considérée comme une plaie de l'appareil extenseur jusqu'à preuve du contraire. De plus, une plaie qui n'est pas sur un trajet tendineux peut avoir un trajet en profondeur oblique pouvant léser un tendon !

La classification topographique des zones fonctionnelles dorsales (fig. 1) a été décrite par Verdan (2) et adoptée par la Fédération internationale des Sociétés de chirurgie de la main (IFSSH). Les plaies en zone impaire (zone

articulaire) sont plus fréquentes. Elles représentent 72 % des plaies de la face dorsale de la main. La zone V représentant à elle seule 42 % des plaies (3).

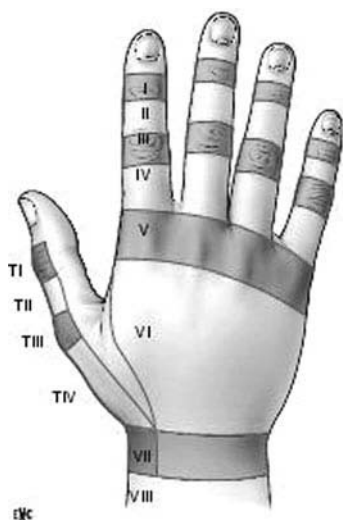


Fig. 1 – Classification des zones dorsales de la main. Les zones impaires correspondent aux articulations, les zones paires sont en regard des diaphyses. Le pouce a des zones propres précédées de la lettre T (Thumb). En regard de chaque zone est inscrit le diamètre du tendon, d'après Masméjean (6), avec l'aimable autorisation de l'Encyclopédie médico-chirurgicale.

Pour l'examen clinique en salle d'urgence, le patient est installé en décubitus dorsal, le membre supérieur sur une table à bras, la paume vers le sol afin de présenter la face dorsale de la main à l'examineur. L'examineur s'assoit du côté de la tête du patient. L'usage d'un éclairage adapté est recommandé. Un garrot de bras peut être utilisé.

Parfois, le diagnostic est évident cliniquement avec la perte de l'extension active du rayon en aval de la plaie, ce qui est le cas d'une section complète au niveau digital pur (zones I à IV). En cas de plaie en amont de la zone V, même lorsque la section de l'extenseur est complète, un certain degré d'extension active peut être conservé par l'intermédiaire des jonctions tendineuses (*juncturae tendinosum*) avec, d'une part, les tendons adjacents et, d'autre part, les muscles intrinsèques. On peut sensibiliser l'examen en demandant une extension active des articulations métacarpophalangiennes (MCP), articulations interphalangiennes (IP) maintenues fléchies. On évite alors l'intervention des muscles intrinsèques pour l'extension des doigts (4).

En cas de doute, de patient non coopérant (polytraumatisé), la perte de l'effet ténodèse avec une chute du doigt en flexion de poignet signe la section tendineuse.

La section de l'appareil extenseur est fréquemment partielle. L'extension active du doigt en aval de la plaie est alors conservée. La recherche douce d'une douleur à l'extension contrariée est un signe clinique d'orientation en faveur d'une section partielle tendineuse. Elle est inutile car, en cas doute,

l'exploration ne se discute pas, et dangereuse en raison du risque de compléter une rupture partielle.

En cas de plaie tendineuse évidente, il n'existe aucune indication d'exploration aux urgences. En cas de doute, l'utilisation d'une anesthésie locale est possible, avec injection par exemple de proche en proche dans la plaie. Il faut alors savoir mobiliser les segments digitaux pour mettre en évidence une section tendineuse décalée en position d'examen par rapport au siège de la plaie cutanée. Il n'existe aucune place pour la suture de l'appareil extenseur des doigts aux urgences !

En cas de suspicion de lésion tendineuse, ou de lésion tendineuse avérée, même partielle, une intervention au bloc opératoire doit être systématique, afin de pouvoir faire un bilan précis des lésions et réaliser un traitement optimal. Dans l'attente d'une intervention, après désinfection à l'aide d'un antiseptique, si possible incolore, un simple pansement humide peut être mis en place. Si une prise en charge rapide est préférable, un délai de quelques heures (de moins de 12 heures) entre l'accident et l'intervention n'est en pratique pas délétère pour le patient, sous réserve que les premiers soins aient été réalisés.

Examens complémentaires

Aucun examen complémentaire n'est utile pour confirmer une plaie de l'appareil extenseur. Une radiographie peut être utile si on suspecte une lésion osseuse, dans le cadre d'un traumatisme à haute énergie ou si on suspecte la présence de corps étrangers, notamment dans le cadre de plaie par verre.

Stratégie chirurgicale

Il s'agit d'une urgence chirurgicale, éventuellement différable de quelques heures par exemple pour une prise en charge le lendemain en ambulatoire si le patient est vu tardivement le soir aux urgences. L'intervention se déroule au bloc opératoire, en décubitus dorsal, le plus souvent sous anesthésie locorégionale, un garrot à la racine du bras. L'usage de loupes grossissantes est recommandé.

Le parage est toujours le premier temps de la prise en charge chirurgicale de toute plaie de main. On associe un lavage au sérum physiologique. L'exploration permet ensuite de faire le bilan des lésions. Le parage permet d'exciser les berges cutanées de la plaie jusqu'à arriver en zone saine. Il ne doit être ni large, ni économe, mais adapté à la contusion des berges. La question de la couverture cutanée ne doit être posée qu'après avoir réalisé le parage, sous peine de faire un parage insuffisant. C'est à ce stade que l'on réalise l'exérèse des éventuels corps étrangers. Le parage peut concerner également les tranches de section tendineuses en cas de plaie contuse.

Ensuite, il ne faut pas hésiter à s'agrandir en amont et/ou en aval de la plaie pour réaliser une bonne exploration de la plaie et une suture tendineuse dans de bonnes conditions. L'agrandissement se fait par des incisions longitudinales pour rester dans l'axe des veines sous-cutanées et arciformes pour éviter le sommet de la face dorsale des articulations digitales. Au niveau de l'articulation interphalangienne distale (IPD), il faut éviter de léser la matrice de l'ongle. L'agrandissement peut se faire en H (4), ou « en Mercédès » (trois branches).

Si la perte de l'extension active en aval de la lésion est le témoin d'une section tendineuse complète, une fonction d'extension normale n'exclut pas une section d'une partie importante de l'appareil extenseur. Il convient, lors de l'exploration, de mobiliser le doigt en flexion et en extension complète pour retrouver la partie de l'appareil extenseur qui a pu être lésée lors de l'accident. Le plus souvent, l'accident se produit le poing fermé, il convient donc d'explorer la plaie avec le doigt en flexion.

En zone impaire, l'exploration doit rechercher une ouverture articulaire. Dans ce cas, l'état ostéo-cartilagineux doit être précisé. En cas de doute sur une ouverture articulaire (objet contendant pointu), la prudence consiste à réaliser une ouverture capsulaire au bistouri afin de laver l'articulation. Le risque de contaminer l'articulation est nettement moindre que le risque d'arthrite secondaire en absence de lavage articulaire d'une plaie articulaire. Le lavage articulaire se fait à l'aide d'une seringue de sérum physiologique et d'un cathéter veineux que l'on a auparavant coupé obliquement aux ciseaux pour un meilleur appui.

La réparation tendineuse est le temps suivant. Dans les zones I à IV, le tendon extenseur, ou les bandelettes, sont plats (la réalisation d'un point en cadre est impossible). Si la réalisation de points compliqués à plusieurs passages longitudinaux a été proposée (5), les points plus classiques en U ou en X (ou le surjet) ont prouvé leur efficacité et ont notre préférence (6, 7). Le fil actuellement recommandé est un fil résorbable 4/0 ou 3/0, à résorption lente type PDS. Le fil non résorbable type Nylon a néanmoins été la référence pendant de nombreuses décennies.

Pour une section très distale de l'extenseur, équivalente à une désinsertion, une réinsertion par micro-ancre, si possible résorbable, est recommandée (6, 7). L'usage de pull-out doit appartenir maintenant à l'histoire de la chirurgie des tendons extenseurs (« le pull-out » est « out »).

En zones V à VII, le tendon extenseur a une section ronde, on peut réaliser une suture par un point en cadre (point de Kessler modifié) comme pour un tendon fléchisseur, parfois associée à un surjet péri-tendineux. Pour le point en cadre, on utilise volontiers un fil de 4/0 ou 3/0 à résorption lente type PDS et du PDS 6/0 pour le surjet péri-tendineux (8).

Le temps suivant est le testing peropératoire de la réparation. Si, pour chaque zone, une position d'immobilisation de référence est préconisée, le testing de la réparation permet de s'assurer de la position d'immobilisation

réellement nécessaire. En zone IV, par exemple, en cas de plaie isolée de la bandelette médiane, on peut en théorie ne pas immobiliser l'IPD, les bandelettes latérales étant continues. Pour connaître la bonne position d'immobilisation, il est intéressant de tester la suture avant la fermeture cutanée dans les différentes positions possibles pour choisir l'immobilisation qui puisse permettre le maximum de mobilité sans permettre de contrainte sur la suture. En pratique, il faut maintenir le squelette en rectitude, et mobiliser analytiquement chaque articulation de la chaîne digitale afin de savoir si cette mobilisation articulaire mobilise la réparation.

Le traitement des lésions associées ne doit pas être négligé. Une plaie articulaire doit être recherchée systématiquement et lavée abondamment au sérum physiologique. Dans ce cas, un traitement antibiotique postopératoire peut être préconisé. Une lésion vasculo-nerveuse est rarement associée à une lésion de la face dorsale des doigts, mais il faut savoir les rechercher, notamment en cas de plaie dorso-latérale. Malgré la grande élasticité de la peau dorsale de la main, une plaie tangentielle peut générer une perte de substance qui nécessite une couverture spécifique. Le but de la couverture est de ne pas laisser les structures nobles exposées (tendons, articulations). Il existe de multiples solutions locales ou locorégionales de couverture cutanée.

Les protocoles de rééducation des lésions de l'appareil extenseur sont très variables (8-10). Le protocole d'immobilisation peut être statique ou dynamique, les résultats sont régulièrement bons voire excellents, sans différence significative entre les différents types de rééducation à 6 mois (9, 11). Nous proposons un protocole simple et fiable. La durée d'immobilisation est en règle de 3 semaines en permanence, suivi de 3 semaines de port nocturne de l'immobilisation, avec une reprise des activités de force après la 6^e semaine. La rééducation passive et active aidée est débutée au 22^e jour postopératoire (6).

Formes cliniques

En fonction du type de plaie tendineuse

Une plaie tendineuse longitudinale, sans interruption de la continuité, peut ne pas nécessiter de suture, ou simplement des points de rapprochement en X. L'immobilisation est fonction de l'orientation de la plaie tendineuse et du pourcentage de tendon interrompu.

Une plaie partielle, de moins de 30 % des fibres, peut être simplement parée et régularisée, permettant une rééducation immédiate sans risque de rupture secondaire. Moins de 30 % des fibres sectionnées, aucune immobilisation n'est nécessaire. Entre 30 et 60 %, une immobilisation de 2 semaines peut être recommandée. Au-delà de 60 % de section, les consignes postopératoires doivent être identiques à une section complète.

En fonction du siège de la plaie tendineuse

Pour les plaies en zone I à IV, l'immobilisation stricte par attelle segmentaire laissant l'articulation MCP libre est la règle (10). Le port de l'attelle est recommandé en dorsal, au-dessus d'un pansement de petite taille. Cette précaution permet au patient de continuer à saisir des objets avec le doigt concerné, et donc de limiter l'exclusion de ce doigt, frein à une meilleure rééducation ; elle évite d'« aveugler » la pulpe.

Pour une lésion isolée de la bandelette terminale, une immobilisation par attelle segmentaire laissant l'articulation interphalangienne proximale (IPP) libre est suffisante, et nécessaire afin d'éviter tout risque de raideur IPP. En cas de plaie en zone I, une immobilisation par attelle segmentaire maintenant l'IPD en rectitude, ou en légère extension, est à prolonger au-delà de 8 semaines.

Pour une lésion isolée strictement de la bandelette médiane au dos de l'articulation IPP, une attelle immobilisant seulement l'articulation IPP et laissant l'articulation IPD libre est théoriquement recommandée (7). Il faut émettre des réserves sur cette stratégie. En effet, l'attelle segmentaire IPP peut être un leurre : il peut y avoir une flexion IPP malgré l'attelle, et donc un allongement de la bandelette médiane. Pour certains, il faut proposer un brochage IPP temporaire de 6 semaines. Le risque de raideur en extension est théorique, alors que la constitution d'une boutonnière est un problème qu'on observe fréquemment par défaut d'immobilisation et qui est très difficile à corriger secondairement. Pour d'autres, la prudence consiste à mettre en place une attelle segmentaire maintenant les deux IP en rectitude, afin de réduire le risque de flossum de l'IPP, cette solution a notre préférence.

En cas de plaie en zones II à IV, l'attelle est gardée 3 semaines en continu puis 3 semaines la nuit après le début de la rééducation. Après 3 semaines, il s'agit d'un travail de rééducation en amplitude, avec une contraction active autorisée (6).

Pour les plaies en zones V à VII, la structure de l'appareil extenseur des doigts avec un corps musculaire commun nécessite l'immobilisation de tous les doigts longs, même pour la lésion d'un seul rayon de la main.

Depuis quelques années, les orthèses dynamiques ont été essayées, avec des succès certains (8). Néanmoins, les bons résultats fréquents et les problèmes possibles liés à une mauvaise utilisation ou une mauvaise compréhension du système dynamique font que l'immobilisation stricte reste la plus employée (9).

L'immobilisation stricte en position « intrinsèque plus », MCP en flexion à 90° et articulations inter-phalangiennes en rectitude, donne de bons résultats, mais la position « extrinsèque plus », MCP en extension, donne d'aussi de bons résultats et plus rapidement (12). Historiquement, l'immobilisation en position « intrinsèque plus » était justifiée probablement par une rééducation incertaine des plaies des extenseurs. Actuellement, dans les centres spécialisés de chirurgie de la main, toujours jumelés avec des centres de rééducation, la rétraction des interosseux ne s'observe plus en 3 semaines.

L'immobilisation recommandée est donc une attelle palmaire, poignet en légère extension et articulations MCP en rectitude (fig. 2). Laisser libre les articulations interphalangiennes permet d'autoriser une certaine mobilisation de la suture, source de prévention des adhérences. Le testing peropératoire de la suture est le meilleur moyen de comprendre cette évolution.

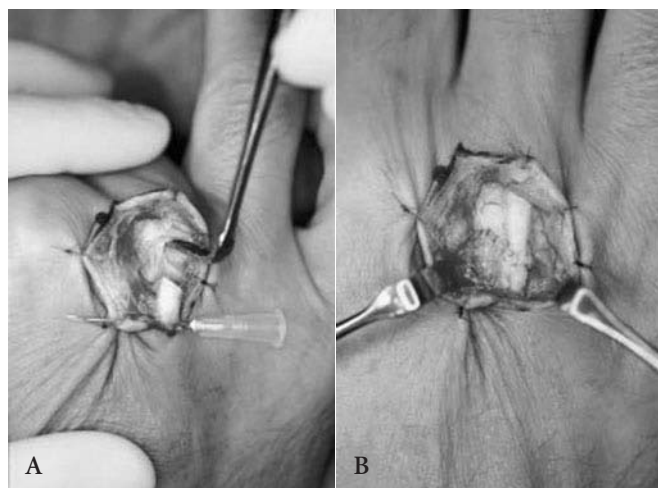


Fig. 2 – Plaie de tendon extenseur en zone V. **A.** Plaie du dos de l'articulation MCP en zone V, avec ouverture articulaire. **B.** Aspect de la suture.

En cas de plaie en zone V à VIII, de nombreuses équipes utilisent une attelle dynamique avec mobilisation précoce. Cette technique semble plus efficace que l'immobilisation classique dans le cas de lésions complexes (13-15).

Habituellement, la rééducation est débutée sous couvert d'une attelle d'extension dynamique, poignet en extension à 30° avec toutes les articulations des doigts en extension. Pendant 2 semaines, seule la flexion active des MCP est autorisée entre 0 et 50° avec extension passive par l'attelle dynamique. Entre la 3^e et la 4^e semaine, on ajoute des exercices de flexion des interphalangiennes en laissant les MCP en extension. L'attelle est enlevée au bout d'un mois et c'est alors que la flexion globale des doigts est rééduquée (16).

En cas de lésion simple, l'attelle en position extrinsèque plus est préférée : poignet à 30° d'extension et MCP en extension à 0° avec les articulations interphalangiennes libres. L'automobilisation des interphalangiennes est encouragée. L'attelle est gardée 3 semaines jours et nuits, puis 3 semaines la nuit, avec une reprise des activités de force à partir de la 7^e semaine. L'aide d'un kinésithérapeute peut être utile à partir de 6 semaines chez certains patients.

En zones TI et TII, la plaie du pouce a les mêmes caractéristiques qu'une plaie en zones I et II d'un doigt long. En zones TIII et TIV, on retrouve les tendons du court extenseur et long abducteur du pouce en palmaire et le tendon du long extenseur du pouce (LEP) en dorsal. Il faut faire attention

dans la tabatière anatomique à la lésion possible de l'artère radiale ou des branches du nerf radial. La difficulté technique réside essentiellement dans la section complète du LEP, car celui-ci a tendance à la rétraction et on peut être amené à le retrouver au niveau des muscles extenseurs du carpe au dos de l'avant-bras (6).

Complications et séquelles

Les complications des lésions des extenseurs sont surtout l'apanage de lésions négligée et/ou non traitées. L'infection est la première complication à craindre. La première séquelle à redouter est la raideur post-traumatique. Rarement, on observe un cal d'allongement tendineux avec des déformations des chaînes digitales. En revanche, les boutonnières sont fréquentes.

Complications

Après réparation chirurgicale, les complications sont peu fréquentes. Néanmoins, il faut craindre en premier l'infection puis la rupture de la suture.

L'infection peut survenir surtout sur une plaie non lavée et ou non parée. Le pronostic est bien sûr beaucoup plus réservé s'il s'agit d'une infection après plaie en zone impaire, c'est-à-dire avec risque d'arthrite septique. L'infection nécessite une reprise pour lavage au bloc opératoire avec prélèvements bactériologiques avant toute antibiothérapie. L'immobilisation postopératoire fait partie du traitement de l'infection.

La rupture précoce de la suture nécessite le plus souvent une reprise chirurgicale. En cas de rupture très précoce, dans les premiers jours, une reprise peut être faite immédiatement pour refaire une nouvelle réparation. Si la rupture survient la 2^e semaine, un risque infectieux postopératoire majeur doit faire retarder la reprise, dès que les fils de la 1^{re} intervention seront retirés et la peau satisfaisante.

Séquelles

La raideur post-traumatique ne peut s'évaluer qu'après un délai de 6 mois par rapport à l'accident. Après cette date, une reprise chirurgicale peut être proposée, mais non avant. Il s'agit d'une téno-arthrolyse pour une plaie ancienne en zone impaire, d'une simple ténolyse pour une plaie ancienne en zone paire. Toute reprise doit être encadrée, avant et après, par une rééducation intensive. C'est un véritable contrat qu'il faut établir avec le patient si l'on ne veut pas perdre le bénéfice de ce qui a pu être obtenu en peropératoire.

Le doigt en maillet (*mallet finger*) sera traité en détail dans le chapitre suivant.

Il faut rappeler que le plus souvent le doigt en maillet est consécutif à une rupture sous-cutanée, sans plaie, et justifie d'un traitement orthopédique.

Après une plaie, cette déformation survient en cas de cal d'allongement tendineux en zone I ou II. Elle correspond à une déformation en flexion, fixée ou non, de l'articulation IPD. L'extension active n'est plus possible (3). Dans le cas d'un doigt en maillet avec cal d'allongement de l'extenseur, il est préférable de réaliser une résection suture de ce cal d'allongement (17).

La déformation en col de cygne (*swann neck deformity*) sera également traitée en détail dans un autre chapitre. Cette déformation fait suite à la déformation en maillet, chez des patients le plus souvent prédisposés par un terrain hyperlaxe. Avec le « recul » de la bandelette terminale, il y a une rétraction des bandelettes latérales puis médiane avec attitude en flexion de l'IPD et hyperextension de l'articulation IPP. D'abord souple, cette déformation s'enraidit en l'absence de traitement adéquat. Le traitement chirurgical est réalisé sur un doigt assoupli au préalable, par rééducation le plus souvent. L'option la plus simple consiste en un raccourcissement de la bandelette médiane au dos de l'IPP pour rééquilibrer l'appareil extenseur et donne, dans cette indication, de bons résultats (18, 19).

Enfin, la déformation en boutonnière (*boutonniere deformity*) sera traitée également dans un autre chapitre. Cette déformation fait suite à une section avec allongement de la bandelette médiane au dos de l'IPP qui entraîne une flexion de celle-ci, avec une subluxation palmaire des bandelettes latérales et une hyperextension secondaire de l'IPD. En cas de lésion semi-récente (moins de 1 ou 2 mois), la réparation peut être tentée. Sur une lésion vieillie et après assouplissement du doigt, la ténotomie de la bandelette terminale donne de bons résultats en corrigeant simultanément l'hyperextension IPD et le défaut d'extension IPP (3, 20).

Le phénomène d'exclusion est une complication grave. Il arrive parfois que le patient « oublie » son doigt, généralement l'index, lorsque le doigt est traumatisé, ainsi il se sert de sa main sans utiliser son doigt. Le phénomène d'exclusion est alors associé à une raideur post-traumatique sans véritable raison anatomique. Il s'agit d'un tableau assimilable au cadre d'une algoneurodystrophie. Ce phénomène arrive fréquemment au niveau de l'index et assez régulièrement pour des plaies minimales. Il convient de confier le patient à un kinésithérapeute pour que celui-ci réintègre le doigt dans le schéma fonctionnel du patient.

Conclusion

La plaie dorsale de la main avec lésion de l'appareil extenseur des doigts est une urgence fréquente. L'examen clinique en urgence est souvent pauvre et une intervention chirurgicale est nécessaire pour faire un bilan exhaustif des lésions et une réparation adéquate. L'immobilisation postopératoire, de même que la rééducation, appartient pleinement à la stratégie thérapeutique. Les résultats des réparations de l'appareil extenseur sont généralement bons et une restitution complète de la fonction doit pouvoir être obtenue en 3 à 6 mois.

Références

1. Wallach F, Rousselon T, Masméjean E (2006) Plaie de l'appareil extenseur des doigts, In: Dubert T, Masméjean E (Ed) Plaies de la main. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°93. Elsevier, Paris, p 142-50
2. Tubiana R (1986) Les lésions des tendons extenseurs. In: Tubiana R (ed) Traité de chirurgie de la main. Masson, Paris, tome III, p 99-100
3. Tubiana R, Dubert T (2000) Classification des déformations des doigts longs liées à un déséquilibre musculo-tendineux. *Chir Main* 1: 7-14
4. Le Nen D, Escobar C, Stindel E *et al.* (1993) Mobilisation assistée après suture des tendons extenseurs à la main. A propos de 30 cas consécutifs. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 79: 194-9
5. Woo SH, Tsai TM, Kleinert HE *et al.* (2005) A biomechanical comparison of four extensor tendon repair techniques in zone IV. *Plast Reconstr Surg* 115: 1674-81
6. Masméjean E, Le Bellec Y et Alnot JY (2000) Lésions traumatiques des tendons extenseurs de la main. *Encycl Méd Chir. Appareil locomoteur*, 14-058-A-10, 12 p
7. Vaienti L, Merle M (1997) Lésions de l'appareil extenseur. In: Merle M, Dautel G (eds) La main traumatique : l'urgence. Masson, Paris, 233-50
8. Mowlavi A, Burns M, Brown RE (2005) Dynamic versus static splinting of simple zone V and zone VI extensor tendon repairs: a prospective, randomized, controlled study. *Plast Reconstr Surg* 115: 482-7
9. Purcell T, Eadie PA, Murugan S *et al.* (2000) Static splinting of extensor tendon repairs. *J Hand Surg* 25B: 180-2
10. Talsma E, de Haart M, Beelen A, Nollet F (2008) The effect of mobilization on repaired extensor tendon injuries of the hand: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* 89: 2366-72
11. Bulstrode NW, Burr N, Pratt AL, Grobbelaar AO (2005) Extensor tendon rehabilitation a prospective trial comparing three rehabilitation regimes. *J Hand Surg* 30B: 175-9
12. Marin-Braun F, Merle M, Sanz J *et al.* (1989) Primary repair of extensor tendons with assisted post-operative mobilisation. A series of 48 cases. *Ann Chir Main* 8: 7-21
13. Chervin J, Cascua E (2007) Principes d'appareillage et de rééducation après lésion traumatique récente des tendons extenseurs des doigts. In: Fontaine C, Liverneaux P, Masméjean E (eds) Cours Européen de pathologie chirurgicale du membre supérieur et de la main. Sauramps Medical, Montpellier, 275-82
14. Conso C, Tchenio P, Dumontier C (2006) Lésions récentes des tendons extenseurs de la main et des doigts. *Maîtrise orthopédique* 155: 22-9
15. Gavillot C, Martinet N, Isel M, Petry D (1997) Rééducation précoce des traumatismes de la main. In: Merle M, Dautel G (Ed) La main traumatique : L'urgence. Masson, Paris, 349-60
16. Levante S, Belkadi A, Ebelin M (2003) Traitement chirurgical du doigt en maillet invétéré par raccourcissement-suture du cal tendineux. À propos de 66 cas. *Chir Main* 22: 13-8
17. Foucher G, Tilquin B, Lenoble E (1992) Traitement des déformations posttraumatiques des doigts en col de cygne À propos d'une série de 43 patients. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 78: 505-11
18. Stern PJ (1989) Extensor tenotomy: a technique for correction of posttraumatic distal interphalangeal joint hyperextension deformity. *J Hand Surg* 14A: 546-9
19. Aiache A, Barsky AJ, Weiner DL (1979) Prevention of « boutonniere » deformity; *Plast Reconstr Surg* 46: 164-7

Appareil extenseur : plaie récente avec perte de substance tendineuse

F. Lebailly et C. Chantelot

Introduction

Les pertes de substance traumatiques de l'appareil extenseur sont le plus souvent entraînées par des avulsions par des outils abrasifs ou lors d'accident de la voie publique, par des écrasements ou des brûlures ou encore des traumatismes balistiques. Elles seront donc presque toujours associées à des pertes de substance cutanées et parfois à des délabrements ostéo-articulaires. Parmi ces lésions, on rencontrera des petites pertes de substance cutanées et tendineuses, notamment en zone III ou V, et des lésions pluritissulaires graves dans le cadre, par exemple, de mains de presse chauffante ou de portière.

Le traitement de ces lésions doit au mieux être réalisé en un temps. Il doit permettre la synthèse des lésions ostéo-articulaires associées, une reconstruction solide de l'appareil extenseur et la couverture cutanée.

Il existe de nombreuses techniques de reconstruction de l'appareil extenseur : plasties, greffes, transferts tendineux et lambeaux composites. Leurs indications seront fonction du siège des lésions et de l'importance de la perte de substance. Quelle que soit la technique employée, il faudra toujours garder à l'esprit l'importance du réglage de la tension. Le risque d'adhérence post-opératoire doit nous inciter à privilégier les techniques autorisant une mobilisation précoce.

Prise en charge des lésions associées

Plaies et délabrements articulaires

Une plaie ou une avulsion articulaire devra faire l'objet d'un lavage et d'un parage soigneux, ainsi que d'une antibioprophylaxie postopératoire.

Les pertes de substance articulaires de plus de 50 % devront faire l'objet d'un geste spécifique de reconstruction.

Fractures et pertes de substance osseuse

Une bonne réduction et une ostéosynthèse solides doivent être obtenues de manière notamment à ne pas entraver la course des tendons et à permettre une mobilisation la plus précoce possible. Une greffe osseuse peut être mise en place en urgence ou secondairement.

Couverture cutanée

Les pertes de substance cutanées sont quasi systématiquement associées. La couverture cutanée devra être soigneusement planifiée avant même d'envisager la reconstruction de l'appareil extenseur.

Les petites pertes de substance digitales seront couvertes par des lambeaux locaux de type Hueston dorsal, *cross finger* ou drapeau. De même, les petites pertes de substance du dos de la main pourront être couvertes par des auto-plasties.

Les plus grandes pertes de substance digitales nécessiteront la réalisation de lambeaux pédiculés par exemple un lambeau intermétacarpien, digito-métacarpien ou digito-commisural.

Pour couvrir plusieurs rayons digitaux et les grandes pertes de substance du dos de la main, on pourra faire appel à : un lambeau antébrachial à pédicule rétrograde, notamment le lambeau interosseux postérieur, un lambeau inguinal ou un lambeau brachial latéral.

Certains auteurs proposent des lambeaux de fascia visant à reconstituer l'espace de glissement des tendons : c'est le cas du lambeau libre de fascia de serratus antérieur replié en « sandwich », décrit par Buelher *et al.*, et du lambeau libre de fascia temporal à deux couches, décrit par Hirase *et al.*

Enfin, les lambeaux libres composites, détaillés ci-après, constituent une alternative séduisante puisqu'ils assurent, en un temps, à la fois la couverture cutanée et la reconstruction tendineuse par des greffons tendineux vascularisés.

Techniques de reconstruction de l'appareil extenseur

Réglage de la tension

L'excursion des tendons extenseurs est plus faible que celle des tendons fléchisseurs. Quelle que soit la technique de reconstruction employée, il faudra donc être attentif à restituer au mieux la longueur : même un petit raccourcissement entraînera une limitation de la flexion, un excès de longueur entraînera une perte de force en extension. On observe plus souvent une limitation de la flexion.

Différents repères de tension sont utilisés en peropératoire : restitution d'une cascade harmonieuse des doigts en position de repos, obtention d'une extension complète et harmonieuse des doigts le poignet fléchi par effet téno-dèse, possibilité de fléchir le doigt à 60° sans tension excessive.

Les techniques et les fils de suture ne diffèrent pas de ceux utilisés pour les sutures directes termino-terminales.

Plasties

Décrites de longue date pour la plupart, elles sont reprises dans de nombreux ouvrages (1, 2). Toutefois, peu de publications rapportent des évaluations objectives de ces techniques ou les compare.

La reconstruction des pertes de substance des deux bandelettes latérales du tendon terminal (zones I et II) est un sujet peu abordé dans la littérature. Une plastie de retournement du tendon terminal, équivalente à une plastie de Snow, est parfois possible (1). Cette plastie devra être protégée par un brochage de l'interphalangienne distale en extension pour 6 semaines. On pourra s'abstenir de reconstruire une perte de substance isolée d'une des deux bandelettes latérales.

De nombreuses plasties ont été décrites pour reconstruire la bandelette médiane (zone III). La plastie de Snow (fig. 1) utilise une languette centrale d'extenseur prélevée en zone IV, maintenue en continuité avec l'appareil extenseur par une charnière distale, retournée à 180° et amarrée à la base de P2 par une ancre. La perte de substance créée peut être suturée directement. Deux points d'arrêts seront placés à la charnière. La plastie de Burkhalter et Aiache utilise deux hémi-bandelettes latérales centralisées et suturées bord à bord sur la ligne médiane. Ces plasties seront protégées par une immobilisation de l'interphalangienne proximale en extension pour 4 semaines, pour certains à l'aide d'une broche oblique transarticulaire.

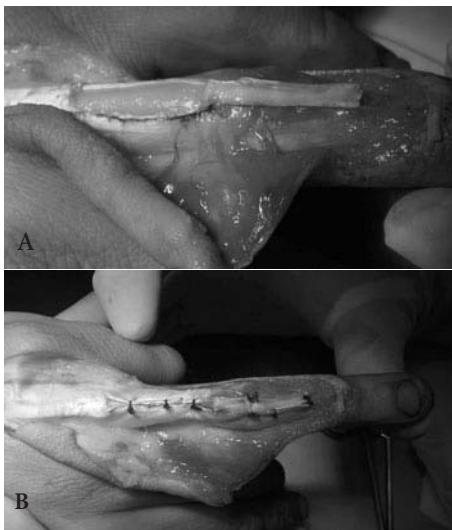


Fig. 1 – Reconstruction de la bandelette médiane selon Snow (collection Marc Limousin). **A.** Une languette d'extenseur commun à charnière distale est levée en zone IV et retournée à 180°. **B.** La languette est amarrée à la base de P2 par une ancre et suturée à l'appareil extenseur.

Pour la reconstruction de l'appareil extrinsèque en zones III à V, une plastie de Foucher peut être proposée. Un hémi-extenseur maintenu en continuité avec l'appareil extenseur par une charnière distale est prélevé en zone VI, retournée à 180° et amarré à la base de P2 par une ancre ou des points

transosseux. Cette plastie permet de ponter des pertes de substance plus étendues en zones III, IV et V.

Pour les pertes de substance isolées d'une seule bandelette sagittale (zone V), on peut utiliser la plastie de Michon : un héli-extenseur, maintenu en continuité avec l'appareil extenseur par une charnière proximale est prélevé en zone IV, retourné de 180°, passé sous le tendon du lombrical ou le ligament collatéral et suturé à lui-même. La plastie de McCarrol utilise le même principe avec un héli-extenseur prélevé en zone VI avec une charnière distale. La plastie de Wheeldon utilise une junctae intertendineuse. La tension sera réglée de manière à autoriser la flexion complète et à stabiliser le tendon en flexion. Ces plasties seront protégées par une immobilisation de la métacarpo-phalangienne en semi-flexion pendant 4 semaines.

En cas de perte de substance de l'ensemble de l'appareil extenseur en zone V, une néo-sangle pourra être reconstruite selon la technique de la double poulie décrite par Merle (2) : un greffon de palmar long est passé deux fois dans un tunnel osseux transversal foré dans la tête métacarpienne et suturé à lui-même pour former un œillet central dorsal dans lequel est passé le tendon extenseur. Le premier passage, profond, reconstitue un plan de glissement.

En cas de perte de substance isolée d'un seul tendon extenseur en zone VI, on pourra réaliser une anastomose intertendineuse avec le tendon voisin ou utiliser une plastie avec une junctae intertendineuse.

Transferts tendineux

En cas de perte de substance du long extenseur du pouce, on peut proposer un transfert d'*extensor indicis proprius* (EIP). Il s'agit d'une technique éprouvée décrite, pour les ruptures sous-cutanées, dès 1925 par Mensche. L'EIP est repéré puis sectionné, par une courte incision juste en amont de la métacarpo-phalangienne (il est en position ulnaire par rapport à l'extenseur commun), récupéré en aval du retinaculum dorsal par une seconde incision, puis passé en sous-cutané pour rejoindre la perte de substance. Il sera entrelacé au moignon distal du long extenseur. Il était classiquement recommandé de suturer le transfert du pouce parallèle à l'axe du 2^e métacarpien. On prendra garde de ne pas le fixer en hyperextension en contrôlant en peropératoire que le pouce peut atteindre passivement le 5^e doigt.

Pour la reconstruction de l'appareil extenseur des doigts longs par transfert de l'EIP, Oberlin *et al.* ont proposé, en 1995 (3), un transfert de l'EIP prolongé par un greffon de palmar long, comme une alternative aux techniques de reconstruction de la bandelette médiane des doigts longs par plasties ou greffes. L'EIP et le greffon de palmar long sont entrelacés en Pulvertaft et passés en sous-cutané jusqu'au dos de P2. Le transfert est fixé par des points transosseux. Pour ajuster la tension, l'interphalangienne proximale est placée en position légèrement plus étendue que les doigts voisins, avec la main en position de fonction. Le transfert est protégé en postopératoire par

une immobilisation du poignet à 40° d'extension et des métacarpo-phalangiennes à 0° d'extension. L'IPP est laissée libre et une mobilisation active précoce est démarrée. C'est le principal avantage de cette technique par rapport à toutes les autres.

Greffes tendineuses non vascularisées

Pour les petites pertes de substance au niveau des doigts, un greffon de palmar long ou de retinaculum dorsal peut être utilisé. Le greffon sera entrelacé en Pulvertaft à l'appareil extenseur. Il peut être amarré en distal par une ancre. Dans ce cas, il sera fixé d'abord en distal de manière à pouvoir régler au mieux la tension.

Différentes procédures ont été décrites pour reconstruire les pertes de substance de la bandelette médiane à l'aide d'une greffe tendineuse (techniques de Fowler, Nichols, Tubiana, Flatt). Elles diffèrent par le type d'entrelacement avec l'appareil extenseur proximal, par le type d'ancrage distal (tunnels, points transosseux) et par les artifices de centralisation des bandelettes latérales associés ou non.

Dans les grands délabrements du dos de la main (4), le palmar long, les extenseurs des orteils ou encore les tendons de la patte d'oie pourront être utilisés comme greffons non vascularisés. Les tendons de la patte d'oie fournissent des greffons robustes et une importante réserve de longueur intéressante dans les grands délabrements. Ces greffons seront au mieux entrelacés en Pulvertaft avec l'appareil extenseur à leurs deux extrémités de manière à obtenir un ancrage solide et à régler au mieux la tension.

La reconstruction des mutilations du dos de la main se faisait classiquement en deux temps (fig. 2). Dans un premier temps, la couverture de la perte de substance était assurée par un lambeau fascio-cutané ou fascial tel que décrit précédemment. Des tiges en silicone étaient mises en place pour reconstituer les espaces de glissement des tendons. La reconstruction de l'appareil extenseur n'était réalisée que secondairement, en général à 3 mois : les tiges en silicone étaient retirées et remplacées chacune par un greffon tendineux à l'aide de deux courts abords proximal et distal au lambeau.

La plupart des auteurs préconisent désormais une reconstruction en un temps dès la phase aiguë dans le but de limiter le nombre d'intervention, d'éviter les rétractions musculaires et de permettre une rééducation précoce. Les résultats fonctionnels en sont améliorés. Dans le cas où un lambeau fascio-cutané est utilisé, les greffons pourront être placés dans des tunnels ouverts soigneusement à l'aide d'une pince mousse dans l'hypoderme du lambeau. Cet artifice, décrit par Scheker *et al.* en 1993, permet d'éviter que les tendons soient au contact du plan osseux et recrée un espace de glissement.



Fig. 2 – Main de grenailleuse : reconstruction en deux temps par lambeau inguinal et greffe tendineuse par DIDT (collection Marc Limousin). **A.** Aspect initial. **B.** Après parage : large perte de substance cutanée du dos de la main, large perte de substance en zone 6 des extenseurs des 2^e, 3^e et 4^e doigts, fracture des bases des 3^e et 4^e métacarpiens. **C.** En urgence : mise en place de tiges en silicone qui seront remplacées à 3 mois par les greffons de DIDT. **D.** En urgence : couverture par un lambeau inguinal. **E** et **F.** Résultat à 2 ans.

Lambeaux libres composites

Décrits plus récemment, grâce aux progrès de la microchirurgie et des connaissances anatomiques, ils assurent en un temps la couverture cutanée et la reconstruction de l'appareil extenseur avec des greffons tendineux vascula-

risés et environnés de leur tissu de glissement : c'est la « one stage fully vascularized reconstruction » des auteurs anglo-saxons.

Les lambeaux composites ont été décrits pour la reconstruction des mutilations du dos de la main.

Le lambeau libre tendino-cutané pédieux dorsal (5-7) est le plus étudié et le plus répandu. Il a été décrit par Taylor et Townsend en 1979. Une large palette cutanée peut être prélevée à la face dorsale du pied avec jusqu'à quatre greffons tendineux de longs extenseurs des orteils vascularisés et environnés de leurs enveloppes paratendineuses. La vascularisation du lambeau est assurée par les anastomoses microchirurgicales de l'artère pédieuse avec l'artère radiale (ou l'artère ulnaire) et de la veine grande saphène avec une veine dorsale de la main ou de l'avant-bras. Le site donneur est greffé en peau mince ou semi-épaisse et immobilisé. Ce lambeau présente des avantages certains, qui l'ont fait initialement adopté par de nombreuses équipes. Le résultat cosmétique est souvent très bon : il est fin et le revêtement cutané est assez similaire à celui de la peau dorsale de la main. Il est resensibilisé grâce aux anastomoses nerveuses du nerf fibulaire superficiel et/ou du nerf fibulaire profond. La récupération de la fonction des extenseurs est souvent bonne : les greffons tendineux sont vascularisés donc théoriquement moins sujets à la rupture et candidats à une mobilisation précoce ; le respect du para-tendon limite le risque d'adhérences. Des greffons osseux vascularisés peuvent être prélevés. Techniquement exigeant et décrié pour ses complications liées à la couverture du site donneur, il a été par la suite moins utilisé. En effet, au niveau du site donneur, ont été décrits des défauts de cicatrisation (5), des ulcérations même tardives par frottement avec la chaussure, une sensibilité au froid (2) et de rares déséquilibres de l'arche du pied par rétraction cicatricielle. Pour limiter ses inconvénients, il est important de respecter les fascias paratendineux et musculaires au niveau du site donneur. Adani *et al.* (6) conseillent également de ne pas étendre la palette cutanée au-delà de 2 cm en amont de la métatarso-phalangienne.

Ce lambeau reste très intéressant, mais doit sans doute être réservé à la reconstruction des pertes de substance impliquant quatre tendons (6).

Le lambeau antébrachial radial composite (6) est une variante décrite par Reid et Moss en 1983 (8) du lambeau fascio-cutané antébrachial radial à pédicule rétrograde. Celui-ci est prélevé avec le palmar long et une moitié du brachio-radial environnés de leur para-tendon. Une baguette osseuse peut également être prélevée. Le même type d'artifice est possible avec le lambeau antébrachial ulnaire.

Le lambeau brachial latéral composite (9) est une variante décrite par Gosain *et al.* en 1992, du lambeau brachial latéral septo-cutané. Il ne fournit qu'un seul greffon tendineux vascularisé, prélevé aux dépens du triceps brachial.

Le lambeau de fascia temporalis à deux couches (10) est une variante technique originale mais exigeante, du lambeau temporal. Ce n'est pas à

proprement parler un lambeau composite mais il en assure la fonction. Le prélèvement emporte le fascia temporo-pariétal et le fascia profond du muscle temporal, vascularisés chacun par des branches distinctes des vaisseaux temporaux superficiels. Le fascia profond est recoupé en H et replié sur lui-même pour former deux cylindres qui serviront de greffon tendineux vascularisé. Le fascia temporo-pariétal reconstitue un tissu de glissement. Une greffe de peau mince recouvre le lambeau.

Des lambeaux composites ont été décrits pour la reconstruction de la face dorsale des doigts.

Le lambeau tendino-cutané veineux artérialisé du palmaire long (11) a été décrit par Inoue *et al.* en 1991. Il emporte en bloc une palette cutanée, un greffon de palmaire long dans son enveloppe paratendineuse et une veine superficielle. La veine est anastomosée à une des deux artères digitales en distal et à une veine dorsale en proximal créant un shunt artério-veineux. Le lambeau est toujours « veineux » en postopératoire, nécessitant parfois un saignement dirigé. Le shunt « s'artérialise » dans les semaines suivant l'intervention. Lin *et al.* rapportent en 2004, une série de 12 cas avec de bons résultats esthétiques et fonctionnels.

S'appuyant sur une étude anatomique, Wavreille *et al.* (12) (fig. 3) ont décrit en 2007 un lambeau composite tendino-cutané prélevé aux dépens de la face dorsale du 2^e orteil et vascularisé par la première artère métacarpienne dorsale. Le site donneur peut soit être fermé directement, soit greffé en peau mince. Ce lambeau séduisant doit toutefois encore faire l'objet d'une évaluation clinique, notamment des séquelles au site donneur.

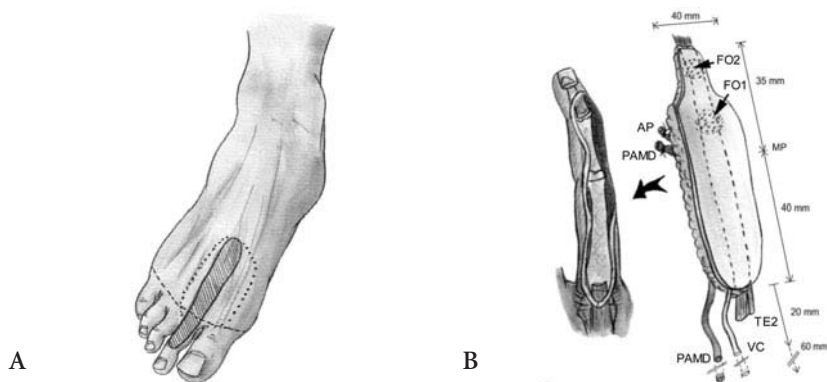


Fig. 3 – Lambeau libre composite du 2^e orteil (d'après Wavreille *et al.*) (12). **A.** Site donneur (en grisé : palette cutanée, en pointillé : limites de la zone vascularisée par la première artère métacarpienne dorsale). **B.** Le site receveur (large perte de substance de la face dorsale d'un doigt) et lambeau libre composite du 2^e orteil (PAMD : première artère métatarsienne dorsale ; VC : veine commissurale ; TE2 : tendon extenseur du 2^e orteil ; AP : artère perforante (anastomose dorso-palmaire) ; FO : fragments osseux).

Tableau I – Résumé des indications thérapeutiques face à une perte de substance de l'appareil extenseur.

	<i>Plaies</i>	<i>Greffes</i>	<i>Transferts</i>	<i>Lambeaux composites</i>
Zones I et II	Plastie de retournement	Retinaculum dorsal, PL		-
Zones III	Snow, Aiache...	Fowler, Nichols...	Oberlin	-
Zones III, IV, V	Foucher	En pont (PL)	Oberlin	-
Bandelettes sagittales (zone V)	Michon, Wheeldon, McCarrol	Double poulie de Merle (PL)	-	-
Large perte de substance d'un doigt	-	En pont (PL)	-	- PL veineux artérialisé - 2 ^e orteil vascularisé
Large perte de substance du dos de la main ou de plusieurs doigts	-	En pont : - PL - Extenseurs des orteils - DIDT	-	- Pédieux composite - Antébrachial composite - Brachial latéral composite

Importance de la mobilisation précoce

Quelle que soit la technique employée, le principal risque une fois la reconstruction accomplie sera la formation d'adhérence, particulièrement en cas de lésions pluritissulaires. Elles seront prévenues par certains artifices techniques, précédemment décrits, mais surtout par la rééducation : il faudra savoir privilégier les techniques qui permettent une mobilisation précoce et bien encadrer la rééducation.

Références

1. Baratz M, Schmidt C, Hughes T (2005) Extensors tendons injuries. In: Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC, Wolfe SW (eds) Green's operative hand surgery-5th edition. Churchill Livingstone, pp 186

2. Vaienti L, Merle M (1997) Lésions de l'appareil extenseur. In: Merle M, Dautel G (eds) La main traumatique – volume 1 : l'urgence. Masson, Paris, pp 233
3. Oberlin C, Atchabayan A, Salon A *et al.* (1995) The by-pass extensor tendon transfer. A salvage technique for loss of substance of the extensor apparatus in long fingers. *J Hand Surg* 20B: 392-7
4. Cautilli D, Schneider LH (1995) Extensor tendon grafting on the dorsum of the hand in massive tendon loss. *Hand Clin* 11: 423-9
5. Cho BC, Lee JH, Weinzwieg N, Baik BS (1998) Use of the free innervated dorsalis pedis tendocutaneous flap in composite hand reconstruction. *Ann Plast Surg* 40: 268-76
6. Adani R, Marcoccio I, Tarallo L (2003) Flap coverage of dorsum of hand associated with extensor tendons injuries: A completely vascularized single-stage reconstruction. *Microsurg* 23: 32-9
7. Vila-Rovira R, Ferreira BJ, Guinot A (1985) Transfer of vascularized extensor tendons from the foot to the hand with a dorsalis pedis flap. *Plast Reconstr Surg* 76: 421-7
8. Reid CD, Moss LH (1983) One-stage flap repair with vascularised tendon grafts in a dorsal hand injury using the "Chinese" forearm flap. *Br J Plast Surg* 36: 473-9
9. Hou SM, Liu TK (1993) Vascularized tendon graft using lateral arm flap. 5 microsurgery cases. *Acta Orthop Scand* 64: 373-6
10. Watanabe T, Iwasawa M, Kushima H, Kikuchi N (1996) Free temporal fascial flap for coverage and extensor tendon reconstruction. *Ann Plast Surg* 37: 469-72
11. Lin CH, Wei FC, Lin YT, Chen CT (2004) Composite palmaris longus-venous flap for simultaneous reconstruction of extensor tendon and dorsal surface defects of the hand--long-term functional result. *J Trauma* 56: 1118-22
12. Wavreille G, Cassio JB, Chantelot C *et al.* (2007) Anatomical bases of the second toe composite dorsal flap for simultaneous skin defect coverage and tendinous reconstruction of the dorsal aspect of the fingers. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 60: 710-9

Appareil extenseur : rupture sous-cutanée récente en zone I

S. Facca et P. Liverneaux

Introduction

Définition

Selon la classification de la Fédération internationale des Sociétés de chirurgie de la main, le doigt en maillet tendineux correspond à une rupture en zone I (pour les doigts longs) ou zone TI (pour le pouce) de la bandelette terminale de l'appareil extenseur extrinsèque.

Dans sa première description en 1880, la déformation de doigt en maillet correspondait à un flessum irréductible de la dernière phalange (fig. 1), dû à une interruption enraidie de l'appareil extenseur dans sa portion la plus distale. Dans sa description actuelle, il s'agit d'une lésion fraîche et réductible, qui mériterait plutôt la dénomination de « doigt tombant » ou « drop finger » que de doigt en maillet. Quoi qu'il en soit, l'extension active de la dernière phalange est impossible, car l'action du fléchisseur profond n'est plus contrebalancée par celle de la bandelette terminale de l'extenseur.

Sous cette dénomination de doigt en maillet ou de « *mallet finger* » se cachent en fait deux pathologies : une d'origine osseuse (ou maillet osseux) résultant d'une avulsion tendineuse et l'autre d'origine purement tendineuse (ou maillet tendineux) résultant d'une rupture tendineuse, avec une proportion respective 1/3 – 2/3.



Fig. 1 – Photo de profil d'un doigt « tombant » ou doigt déformé en « maillet » avec chute de la dernière phalange.

Vascularisation cutanéotendineuse

Le tendon terminal présente une vascularisation pauvre et précaire. Ce qui explique la fragilité du cal tendineux, la longueur du traitement, l'important taux de récidence et les mauvais résultats des traitements, mais aussi le niveau si distal de rupture. Jusqu'au XIX^e siècle, on pensait d'ailleurs que le tendon était une structure avasculaire. En fait, il existe une branche artérielle dorsale provenant de l'artère digitale, qui se divise en une branche pour le tendon et une branche artérielle récurrente qui forme avec la branche du versant opposé une arche terminale dorsale. Une zone avasculaire a été mise en évidence après injection de produit de contraste dans les artères. Cette « zone critique » avasculaire est située à environ 11-16 mm de la jonction ostéo-tendineuse terminale du tendon (1). Ainsi, les attelles dorsales sont souvent responsables d'un étirement des artères distales à destination tendineuse et renforcent le processus ischémique, car elles positionnent en hyperextension l'interphalangienne distale (IPD).

La peau dorsale de la troisième phalange (P3) en regard de la rupture tendineuse est également mal irriguée. Warren (1) a décrit une zone de déficience de suppléance de vascularisation responsable de problèmes cutanés. Quels que soient les traitements institués orthopédiques ou chirurgicaux, la peau en regard du tendon est mal vascularisée. L'attelle dorsale est responsable d'une hyperpression sur la peau et d'ulcérations cutanées secondaires, et les incisions cicatrisent mal. Le risque de nécrose cutanée est réel dans les deux cas.

Étiopathogénie

L'analyse épidémiologique des mécanismes vulnérants confirme que la majorité des traumatismes légers sont responsables plutôt de maillots tendineux, alors que les traumatismes violents entraînent volontiers des maillots osseux. Il est possible de classer les mécanismes vulnérants à l'origine des doigts en maillot tendineux en trois groupes (fig. 2) (2).

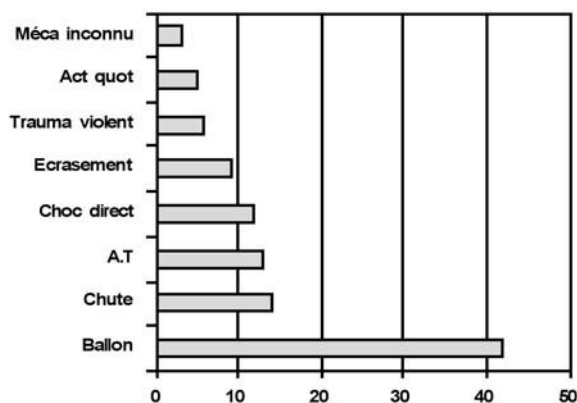


Fig. 2 – Répartition des mécanismes lésionnels. Méca : mécanisme. Act quot : activités quotidiennes. Trauma : traumatisme. A.T : accident de travail. Les chiffres sont présentés en pourcentage.

Le premier groupe correspond à des mécanismes violents, avec une composante de contusion et une composante d'écrasement. Il s'agit d'un mécanisme en hyperflexion entraînant une rupture sous-cutanée. On y retrouve des accidents de travail (13 %), des doigts de portières (9 %), des accidents de la voie publique et des agressions. Le doigt en maillet représente 2 % des accidents sportifs (3), notamment de ballon (volley-ball, football, rugby, handball, basket-ball).

Le deuxième groupe correspond à mécanismes indirects, extensions ou flexions forcées, secondaires à des traumatismes minimes, dus à des activités de la vie quotidienne (réfection de lit lors du soulèvement d'un matelas).

Dans le troisième groupe, le mécanisme est inconnu, sans notion traumatique. Dans certains cas, il semble exister une prédisposition familiale, au minimum une certaine fragilité tendineuse. On retrouve soit à l'examen plusieurs doigts en maillets, soit à l'interrogatoire des antécédents de déformations en maillet déjà traitées, soit des antécédents familiaux. Ces familles de « doigts en maillet récidivants » auraient une anomalie du collagène composant leurs tendons, avec une fréquence anormale de doigts à ressaut et de syndrome du canal carpien. Dans d'autres cas, on retrouve des pathologies associées : polyarthrite rhumatoïde, collagénoses, diabète et corticothérapie (4). Enfin, le fait que le pourcentage de maillets tendineux augmente pour des traumatismes mineurs dans une population âgée suggère qu'il peut s'agir d'une pathologie liée au vieillissement et à la dégénérescence tendineuse. Inversement, les doigts en maillet osseux surviennent plus volontiers dans la population jeune.

Cicatrisation tendineuse

Le tendon extenseur terminal est extrasynovial, sous-cutané et constitué de fibres longitudinales sur lesquelles tout matériel de suture a une faible solidité. Après une rupture de la bandelette terminale, la réparation se déroule selon un processus de cicatrisation à la fois extrinsèque et intrinsèque, où le paratendon favorise la prolifération des fibres conjonctives. Le processus de cicatrisation du cal tendineux s'accompagne d'adhérences périostées et cutanéotendineuses. Il s'agit d'une zone fragile en raison, d'une part de la médiocrité de son fin revêtement cutané et, d'autre part, de sa mauvaise vascularisation cutanée et tendineuse.

Si le cal tendineux est sollicité trop précocement, il peut s'allonger progressivement et aboutir à une chute et une extension active impossible de la dernière phalange. Le tendon ne redevient résistant à la mobilisation active, qu'après la cinquième semaine d'immobilisation. Le port d'une orthèse nocturne après ce délai améliore les résultats (5). Ainsi, l'immobilisation d'un doigt en maillet tendineux est en général de 6 à 8 semaines strictes (flexion de l'IPD interdite), suivie du port de l'orthèse en période nocturne pour renforcer le cal (2).

Complications

Au début du ^{xx}^e siècle, les doigts en maillet devenaient si invalidants que des amputations étaient parfois réalisées à la demande des patients. Au début du ^{xxi}^e, sa réputation de bénignité est au contraire surévaluée. En effet, il peut aboutir en quelques semaines à une déformation des chaînes digitales du fait de l'apparition d'une lame fibreuse trop longue qui pérennise la chute de la dernière phalange. La symptomatologie se manifeste dans un premier temps par un doigt qui « accroche » puis, après quelques semaines, apparaît généralement une deuxième déformation en « col de cygne ». Elle est provoquée par une hyperextension compensatrice de l'interphalangienne proximale et par une rétraction de l'appareil extenseur. L'apparition du col de cygne dépend de la laxité articulaire des patients. Chez les sujets hyperlaxes, elle apparaît souvent en même temps que la déformation en maillet. Au début, elle est réductible et régressive sous appareillage et kinésithérapie. Secondairement, elle se fixe et peut relever d'un traitement chirurgical secondaire qui devient alors difficile et aléatoire.

Actuellement, les doigts en maillet sont plutôt mal traités que non traités. Les conséquences sont esthétiques, douloureuses dans la vie quotidienne et au travail, et fonctionnelles dans des activités fines. Il ne faut pas hésiter à débiter un traitement orthopédique même tardivement, au-delà de 6 semaines (2), avec bons de résultats en allongeant la durée du port de l'orthèse.

Traitement du doigt en maillet tendineux

Cahier des charges du traitement orthopédique

Le traitement orthopédique d'une rupture terminale de l'extenseur est long et parfois ingrat. Il s'agit donc de choisir le bon traitement : type d'orthèse, mobilisation de l'IPP, position de l'IPD, durée, et optimisation de l'observance.

Faut-il une orthèse palmaire ou dorsale ?

On reproche classiquement à l'orthèse dorsale d'entraîner des problèmes cutanés dorsaux suite à la pression exercée sur la peau dorsale de la dernière phalange. Le processus de macération peut entraîner successivement rougeur, phlyctène, puis ulcération voire plaie chronique. La partie cutanée dorsale de la dernière phalange et la partie distale du tendon sont des zones caractérisées par des déficiences de suppléance de vascularisation (1). L'orthèse dorsale entretient cette hypovascularisation par son action d'hyperpression. Ainsi, le sabot de Stack (fig. 3), créé en 1962 (6), est resté longtemps l'attelle de référence. Avec plusieurs tailles standard, mais moulée sur mesure, cette orthèse palmaire est légère, aérée, confortable et indéformable (6).



Fig. 3 – Photo de profil d'un sabot de Stack.

L'orthèse palmaire semble éviter ce problème cutané. Elle libère la peau dorsale de tout contact et de tout phénomène de pression. Mais en contrepartie elle « scotomise » la pulpe, ce qui favorise l'exclusion du doigt, l'apparition de troubles sensitifs voire la dystrophie pulpaire. La pulpe n'est plus utilisée et des névromes transitoires par pression pulpaire ont été décrits.

L'orthèse dorsale collée (fig. 4a) (2) remplit le cahier des charges de l'orthèse de Stack : légère, aérée, confortable et indéformable et surtout laisse la pulpe libre (fig. 4b). Les problèmes cutanés sont rares grâce à l'information et la surveillance du patient (2). L'orthèse dorsale collée est pour nous le traitement de choix du doigt en maillet, en raison de son efficacité constante, ses complications rares, et son confort indéniable.



Fig. 4 – Photo d'une orthèse thermoformée dorsale collée.

Faut-il bloquer l'interphalangienne proximale (IPP) ?

Le brochage en flexion à 60° de l'IPP, afin de détendre les bandelettes latérales (5), est tombé en désuétude. De même, au début du xx^e siècle, l'immobilisation de l'IPP était recommandée, notamment par contention plâtrée (7). Le plâtre bloquait alors les deux articulations IPP à 60° de flexion et IPD en hyperextension. Ce blocage de l'IPP en flexion avait pour but de relâcher le système intrinsèque et de détendre les bandelettes latérales. Il reste d'actualité, puisque récemment redéveloppé en 1988 par Evans, qui propose une orthèse articulée dorsale type « Pipflex », en deux parties démontables pour bloquer l'IPP en flexion (8).

Parallèlement à cette théorie de relâchement des bandelettes latérales, se développe une idée de contention plus courte. Kaplan (9), en 1959, rectifie le mécanisme d'immobilisation, abandonne la flexion de l'IPP, et n'immobilise plus que l'IPD en extension. Puis Littler (10), en 1971, ne maintient plus que l'IPD avec la terminaison du tendon. Ce type de contention repose sur une seconde théorie : celle de l'indépendance des muscles et du tendon. En 1976, il démontre que la mobilisation de l'IPP n'entraîne pas d'élongation du cal tendineux. Les études biomécaniques plus récentes vont confirmer cette constatation clinique. Garcia-Elias (11), en 1991, prouve que la position de l'IPP n'entraîne pas de différence significative dans les résultats. Il ne retrouve que 1,3 mm de différence de course entre la bandelette terminale du tendon et les bandelettes latérales entre la position de flexion et la position d'extension de l'IPP. Enfin, Katzmann (12), en 1999, réalise une étude biomécanique cadavérique en comparant la longueur du tendon avec et sans immobilisation de l'IPP. Il ne met en évidence aucune variation de la longueur, quelle que soit la position de cette articulation. Il en conclut que seule l'IPD doit être immobilisée en extension. Ainsi, si l'arrêt de l'immobilisation de l'IPP a longtemps été contesté, il est actuellement communément admis que l'IPP doit être libérée et mobilisable, études biomécaniques (12) à l'appui.

Faut-il une extension de l'IPD neutre, légère, ou forcée ?

La partie cutanée dorsale de la dernière phalange et la partie distale du tendon sont des zones de déficience de suppléance de vascularisation (1). Il existe donc un double danger lors de l'hyperextension de l'IPD : d'une part un étirement de l'artère palmaire destinée au tendon terminal et, d'autre part, une hyperpression cutanée d'une zone hypovascularisée. Pour ces raisons anatomiques, l'orthèse doit maintenir l'IPD en extension neutre voire légère hyperextension (13). Classiquement, la littérature mentionne que l'attelle doit donc être positionnée en « gentille » hyperextension. Plus précisément, les études cliniques concluent à : une position n'excédant pas plus de 50 % de l'extension passive de l'IPD (14) ou une position d'hyperextension à stopper lors du blanchiment de la peau dorsale. Des études biomécaniques ont ensuite calculé la valeur exacte à ne pas dépasser. En moyenne, la peau blanchit à 14,1°, soit

50 % de l'hyperextension maximale de l'IPD (qui en moyenne est de 28,3°) (15). Au vu de ces études, une immobilisation l'IPD en extension neutre à 0° pour les maillots tendineux peut être recommandée.

Faut-il allonger la durée du traitement ?

Même si le cal tendineux devient résistant à la mobilisation active à partir de la cinquième semaine, la moyenne de la durée de traitement est de 8 semaines dans la plupart des études sur des grandes séries (6). Par exemple, la moyenne constatée d'une étude sur le traitement de 270 cas par orthèse dorsale collée (2) était de 8,6 semaines. Cette durée de 8 semaines est communément admise et le plus souvent appliquée. Le risque est d'allonger le cal si le cal tendineux est sollicité trop précocement.

La durée du port nocturne de l'orthèse après 8 semaines d'immobilisation est discutée, de 1 mois (5) à 15 jours (14). Quoi qu'il en soit, elle pérennise les résultats et nous préconisons un minimum de 15 jours de port nocturne (2).

Il ne faut pas hésiter à débiter un traitement même tardivement, car au-delà de 6 semaines, le traitement orthopédique reste encore efficace. Toutefois, il faut ajouter alors aux 8 semaines d'immobilisation le nombre de jours écoulés entre l'accident et la mise en place de l'orthèse.

Comment améliorer l'observance ?

Quiconque a dû prendre en charge le traitement des doigts en maillot s'est retrouvé confronté au problème de l'observance du port de l'orthèse. Malgré les explications données aux patients sur la nécessité du port prolongé de l'orthèse, certains patients abandonnent le traitement en cours, avant les 8 semaines, ou enlèvent et repositionnent leur attelle à leur guise. La coopération du patient est nécessaire à l'obtention d'un bon résultat. La mauvaise observance est le premier défaut reproché au traitement orthopédique (5).

Ce défaut d'observance de port de l'orthèse peut être réduit par le « collage » de l'orthèse sur l'ongle (fig. 5). La coopération du patient devient alors « passive » et restreinte aux respects des consignes d'usage. Le taux de « décollage » spontané d'orthèse 9 % reste faible et contrôlé (2), sans observation de « décollage » intentionnel de l'orthèse. Les patients sont revus à 3 et à 6 semaines pour décoller l'orthèse, contrôler l'état cutané et recoller l'orthèse.

Le bon maintien de cette orthèse collée dorsale a même été confirmé sur des patients qui ont continué à exercer une activité en milieu aquatique ou avec des prises de force sans présenter d'incidents (2).



Fig. 5 – Photo de la réalisation du collage de l'orthèse sur la tablette unguéale.

Résultats et complications du traitement orthopédique

La littérature ne retrouve que peu d'études récentes sur de grandes séries de patients traités orthopédiquement.

Le traitement du doigt en maillet se complique d'un déficit d'extension moyen de 3,3° avec une orthèse collée (2) contre 8,3° dans la moyenne des autres séries publiées (16).

La complication la plus redoutée est la nécrose cutanée. Sur 166 cas traités par l'attelle de Stack, Crawford (14) ne signale que quelques macérations et aucune nécrose. Sur 153 maillets tendineux traités par orthèse dorsale collée, aucun épisode de nécrose cutanée n'a été déploré (2). Rayan ne retrouve que deux cas de nécrose sur 66 doigts traités (15).

Les autres complications relevées dans la littérature sont comparées avec celles du traitement par orthèse dorsale collée dans le tableau I.

Tableau I – Complications selon les traitements orthopédiques classiques et une orthèse dorsale collée.

	<i>Traitements orthopédiques (%)</i>	<i>Orthèses dorsales collées (%)</i>
Complications	5	6
Déformations unguéales	6	0,8
Douleurs	6	0
Ulcérations et macérations	18	0,8
Perte d'extension	9	1,43
Col de cygne	8	2,6

Choix des orthèses

L'histoire des orthèses de doigts en maillet est émaillée de controverses. Elle débute avec Mason qui prône en 1930 un traitement conservateur, s'opposant aux broches soupçonnées de complications iatrogènes. Smilie (7), en 1937, popularise la contention plâtrée (17), que Böhler modifie en créant un doigtier plâtré circulaire (fig. 6). Un tournant est pris avec l'apparition de nouveaux matériaux plus aérés et confortables que le plâtre. Stack crée en 1962 son « sabot » (fig. 2) qui laisse l'IPP mobile, mais ne libère pas la pulpe (6). Toujours utilisé actuellement, il permet d'obtenir de bons résultats (14). Les modèles d'orthèses se multiplient. Abouna conçoit une orthèse qui laisse la pulpe libre (fig. 7) avec trois zones d'appui (18). Elle est toutefois réputée inconfortable.

Parallèlement, se pose la question de libérer l'IPP, comme l'a proposé le premier Stack. Cette idée commence avec la syndactylie IPP et IPD (19), mais son efficacité est douteuse. C'est pourquoi Evans (8) propose l'orthèse « Pipflex », formée de deux parties démontables, et qui bloque l'IPP en flexion. Dans un esprit de simplification, apparaît la tuile dorsale de Michon en plexiglas. Il s'agit d'une attelle dorsale, avec une mousse de protection entre la tuile et P2-P3, en 3 tailles, maintenue par des bandes d'Elastoplast® ; puis l'orthèse collée dorsale créée par Frischt et décrite par Facca (2), dont les résultats en termes de perte d'extension restent nettement meilleurs que ceux retrouvés dans la littérature.

Actuellement, les orthoprothésistes réalisent toutes sortes d'orthèses : palmaires ou dorsales, plastiques rigides ou thermoformées, avec IPP libre ou pas. En l'absence d'orthoprothésiste, on trouve sur le marché plusieurs types d'appareillage. L'une d'entre elles doit être proscrite : les « grenouillères », énormes attelles compressives bloquant l'IPP (fig. 5h). Toutes les autres sont valables et dépendent des habitudes : Stack, Abouna, « phalangettes » en polyéthylène (fig. 8). N'oublions pas la classique, simple et pratique attelle métallique provisoire scotchée ne prenant que l'IPD. Elle a fait ses preuves en attendant la disparition de l'œdème initial et la confection d'une orthèse sur mesure.



Fig. 6 – Photo d'un plâtre selon Boehler pour le traitement d'un doigt en maillet.



Fig. 7 – Photo de profil d'une orthèse d'Abouna.

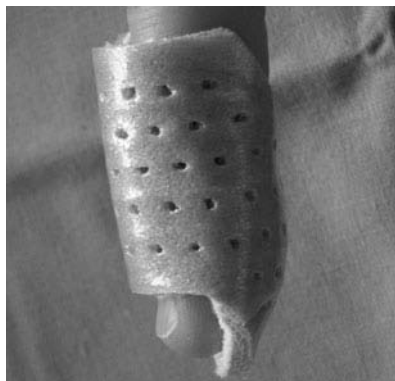


Fig. 8 – Photo de profil d'une attelle préformée de type « Phalangette ».

Place de la chirurgie pour les doigts en maillet

Elle peut être envisagée au stade aigu ou chronique.

Au stade aigu, un traitement invasif a été proposé en 2003 pour les sujets peu coopérants au traitement orthopédique, associant mini-fixateur externe et ténodermodèse (20). Cette technique évite la broche bloquant l'IPD et ses complications notamment les infections et dystrophies unguéales. Les résultats retrouvent une perte d'extension moyenne de 2 degrés avec un rayon de mobilité de 70° de l'IPD. Les avantages avancés par les promoteurs de la technique sont l'absence de suivi jusqu'à son ablation à la 5^e semaine. Cette technique resterait efficace après échec du traitement orthopédique et même après un délai de 6 mois par rapport au traumatisme initial. Toutefois, quelques incertitudes persistent : série peu nombreuse, tolérance cutanée non rapportée.

Au stade chronique, rappelons que le traitement orthopédique peut être entrepris même au-delà de 6 voire 8 semaines après le traumatisme initial, avec de bons résultats si la durée totale du port de l'orthèse est allongée (3 mois). Mais en cas d'échec du traitement orthopédique, le traitement chirurgical peut être proposé avec toutefois des résultats souvent médiocres : arthrodèse IPD, ténodermodèse de Brooks-Graner, ténotomie dans les cols de cygne, reconstruction de la bandelette terminale avec le ligament oblique.

Conclusion

La déformation du doigt en maillet reste une pathologie difficile à traiter. La revue de la littérature retrouve des résultats objectifs variables, quelles que soient les techniques utilisées, avec des déformations persistantes, récidivantes, voire des complications.

Les techniques orthopédiques sont nombreuses : attelles métalliques ou thermoformées, dorsales pour libérer la pulpe ou palmaires pour ne pas comprimer la peau dorsale. Un appareillage peu adapté avec une observance

peu respectée peut conduire à des échecs et séquelles esthétiques et fonctionnelles. Les complications, à type de col de cygne ou de doigt douloureux, peuvent limiter la vie quotidienne. Les gestes chirurgicaux palliatifs secondaires sont d'une efficacité relative.

Nous pensons que l'orthèse dorsale collée thermoformée présente trois avantages : elle laisse la pulpe libre et utile, permet la mobilisation de l'interphalangienne proximale et améliore l'observance du traitement orthopédique.

Références

1. Warren RA, Kay NRM, Norris SH (1988) The microvascular anatomy of the distal digital tendon. *J Hand Surg* 13B: 161-3
2. Facca S, Nonnenmacher J, Liverneaux P (2007) Traitements du doigt en maillet par une orthèse dorsale collée. A propos d'une série rétrospective de 270 cas. *Rev Chir Orthop* 93: 682-9
3. Simpson D, McQueen M, Kumar P (2001) Mallet deformity in sport. *J Hand Surg* 26B: 32-3
4. Jones NF, Peterson J (1999) Epidemiologic study of the mallet finger deformity. *J Hand Surg* 13A: 346-50
5. Pratt DR (1952) Internal splint for closed and open treatment of injuries of the extensor tendon at the distal joint of the finger. *J Bone Joint Surg* 13A: 785-8
6. Stack HG (1986) Mallet finger. *Hand* 1: 83-9
7. Smillie IS (1969) Mallet finger. *Br J Surg* 24: 439-45
8. Evans D, Weghtman B (1988) The Piplex splint for treatment of mallet finger. *J Hand Surg* 13B: 156-8
9. Kaplan EB (1959) Anatomy, injuries, and treatment of the extensor apparatus of the hand and digits. *Clin Orthop Rel Res* 13: 24-41
10. Littler JW (1976) Commentary upon: a new method of treatment for mallet finger. *Plast Reconstr Surg* 16: 366-75
11. Garcia-Elias M, An KN, Berglund L, Linscheid RL, Cooney WP, Chao EYS (1991) Extensor mechanism of the fingers. A quantitative geometric study. *J Hand Surg* 16A: 1130-6
12. Katzman BM, Klein DM, Mesa J, Geller J, Calgiuri A (1999) Immobilization of the mallet finger. *J Hand Surg* 24B: 80-4
13. Damron TA, Engber WD (1994) Surgical treatment of mallet finger fractures by tension band technique. *Clin Orthop Rel Res* 300: 131-44
14. Crawford GP (1984) The molded polythene splint for mallet finger deformities. *J Hand Surg* 9A: 231-7
15. Rayan GM, Taylor Mullins P (1987) Skin necrosis complicating mallet finger splinting and vascularity of the distal interphalangeal joint overlying skin. *J Hand Surg* 12 A: 548-52
16. Okafor B, Mbubaedbu C, Munshi I, Williams DJ (1997) Mallet deformity of the finger. Five-year old follow-up of conservative treatment. *J Bone Joint Surg* 79B: 544-7
17. Burke F (1988) Editorial. Mallet Finger. *J Hand Surg* 13B: 115-7
18. Abouna JM, Bouna JM, Brown H (1968) The treatment of mallet finger. The results in a series of 148 consecutive cases and a review of the literature. *Br J Surg* 55: 653-67

19. Hovgaard C, Klareskov B (1988) Alternative conservative treatment of mallet-finger injuries by elastic double-finger bandage. *J Hand Surg* 13B: 154-5
20. Kaleli T, Ozturk C, Ersozlu S (2003) External fixation for surgical treatment of a mallet finger. *J Hand Surg* 28B: 228-30

Appareil extenseur : rupture sous-cutanée récente en zone III

G. Candelier

Introduction

Les ruptures sous-cutanées de la bandelette centrale au dos de l'articulation interphalangienne proximale (IPP) sont rares. Leur sémiologie étant assez frustrante, elles sont souvent méconnues en urgences. Ignorées et non traitées, elles évoluent vers une boutonnière dont on connaît les difficultés thérapeutiques et la durée de soins nécessaires.

Anatomie de la bandelette centrale

L'anatomie de l'appareil extenseur au dos de l'IPP est complexe. La bandelette centrale naît de la division en trois bandelettes du tendon de l'appareil extenseur extrinsèque. Elle est anastomosée au niveau du losange de Stack aux lombricaux et aux interosseux (fig. 1a). La mécanique digitale et de plus asservie à une double ténodèse croisée (fig. 1b), celle du ligament rétinaculaire oblique et celle des interosseux (fig. 1c).

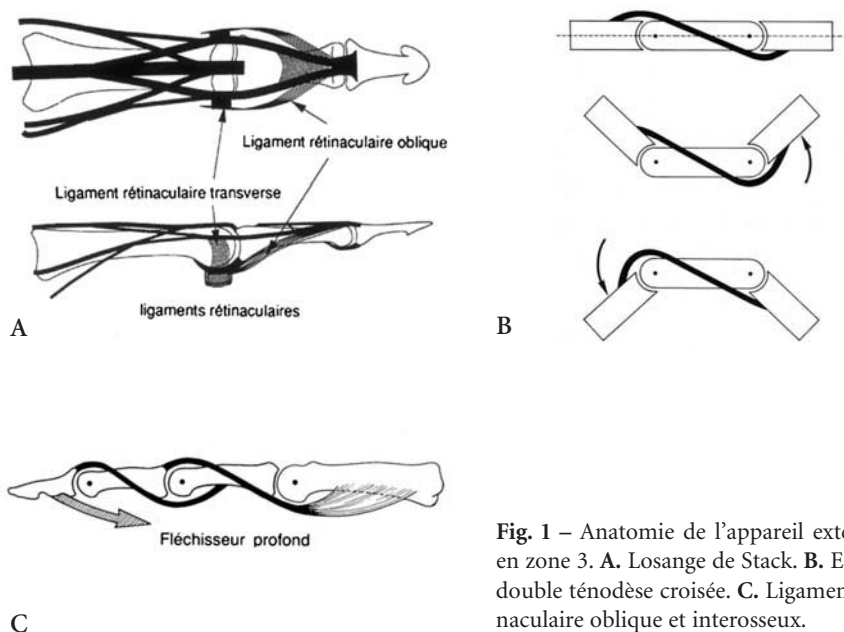


Fig. 1 – Anatomie de l'appareil extenseur en zone 3. **A.** Losange de Stack. **B.** Effet de double ténodèse croisée. **C.** Ligament rétinaculaire oblique et interosseux.

Les bandelettes collatérales sont solidarisées au dos de l'articulation IPP par les fibres spirales et au niveau de P2 par les ligaments triangulaires. L'atteinte traumatique des ces structures, associée aux lésions de la bandelette centrale, est à l'origine de la déformation en boutonnière. La bandelette centrale étend l'IPP. Les lombricaux semblent avoir une action prépondérante, quelle que soit la position de la MP. Les interosseux n'auraient qu'un rôle adjuvant. Les bandelettes collatérales aident à l'extension de l'IPP. Lorsque le ligament rétinaculaire n'est pas rétracté et les fibres spirales intactes, les bandelettes collatérales peuvent étendre l'IPP masquant alors une éventuelle lésion de la bandelette centrale (1).

Les courses tendineuses de la bandelette centrale au dos de l'IPP sont de 4,4 mm pour le 5^e doigt, de 7,3 mm pour le 4, de 7,7 mm pour le 3 et de 6,7 mm pour l'index. Le déplacement de 0,75 mm du tendon correspond à 10° de secteur angulaire. L'allongement de la bandelette centrale de 1 à 2 mm aura donc une répercussion très sensible cliniquement, et un raccourcissement même minime de 1 mm (lors par exemple d'une réinsertion transosseuse) peut entraîner soit une diminution de la flexion, soit un col de cygne, soit les deux (2).

Diagnostic

Le diagnostic de rupture sous-cutanée de la bandelette centrale doit être évoqué devant toute IPP douloureuse post-traumatique car sa méconnaissance aboutit rapidement à une boutonnière de traitement difficile.

La rupture sous-cutanée de la bandelette centrale se produit soit lors d'une flexion forcée de l'IPP doigt en extension, soit lors d'un traumatisme direct à la face dorsale d'une IPP fléchie, soit lors d'une luxation palmaire de l'IPP. Dans ce cas, la rupture de la bandelette centrale est constante et se prolonge par une lésion des ligaments triangulaires. Les luxations palmaires sont dues à un traumatisme latéral associé à une torsion de l'IPP. Il faut, pour obtenir une luxation, que deux verrous soient lésés, un ligament collatéral et la bandelette centrale (3, 4).

Cliniquement, on recherche une ecchymose à la face dorsale de l'IPP, un déficit d'extension active dans les derniers 20° d'extension. La présence d'une extension active complète dans les jours qui suivent le traumatisme n'élimine pas le diagnostic. La réalisation du test d'Eslon est le temps essentiel de l'examen clinique. Positif, il signe la rupture de la bandelette centrale (fig. 2) (5).

Les clichés radiographiques de face et de profil retrouvent parfois une fracture operculaire à la face dorsale de P2 témoin de la lésion de la bandelette centrale (fig. 3). L'échographie permettrait de visualiser avec précision les ruptures de la bandelette centrale (6).

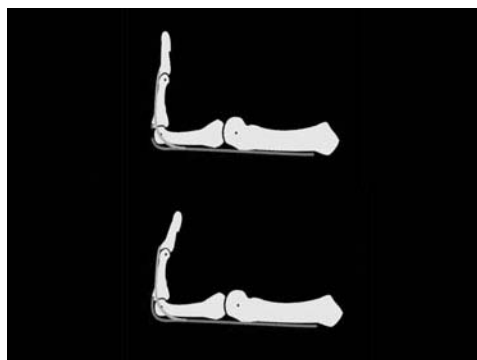


Fig. 2 – Test d'Elson. Chez le sujet sain, lors de la mise en flexion de l'IPP à 90° l'extension active de l'IPD est impossible. En cas de rupture de la bandelette médiane, les bandelettes latérales sont libérées et l'extension active de l'IPD est possible.



Fig. 3 – Radiographie d'une rupture de la bandelette médiane de l'appareil extenseur. A. Lors d'une luxation. B. La fracture operculaire ne s'est pas réduite après immobilisation.

Traitement (7-10)

Principes thérapeutiques

Le traitement orthopédique doit être mené de façon très rigoureuse et nécessite de revoir le patient toutes les semaines. L'IPP est immobilisée par une attelle palmaire en extension laissant libre l'IPD. Le patient est encouragé à mobiliser la phalange distale. La mobilisation de l'IPD détendra et mobilisera la bandelette centrale par la mise en tension des bandelettes collatérales mais risque, par l'effet ténodèse des ligaments rétinaculaires obliques, d'entraîner une flexion de l'IPP. La durée d'immobilisation classique est de 5 à 6 semaines. Certains auteurs préconisent une immobilisation stricte par attelle soit palmaire, soit de type Capener mise en statique pendant 3 semaines puis durant les trois semaines suivantes, une orthèse dynamique de Capener est mise en place dans la journée, l'attelle statique est remise la nuit.

Le traitement chirurgical fait appel pour certains à un brochage isolé pendant 6 semaines transarticulaire qui permet d'éviter les écueils d'une immobilisation imparfaite. La mobilisation rapide de l'IPD est ici aussi

recommandée et ce d'autant plus que l'effet ténodèse du ligament rétinaculaire oblique sur l'IPP est totalement neutralisé.

La réparation tendineuse consiste, au travers d'une incision incurvée à la face dorsale de l'IPP, à suturer par un point en U de PDS 5/0 ou un surjet, la bandelette centrale. Souvent, cette suture est rendue impossible du fait de son siège distal et l'on réalise alors une réinsertion sur une ancre mise à la face dorsale de P2. Il faut être extrêmement vigilant à ne pas trop raccourcir la bandelette centrale pour ne pas s'exposer à un col de cygne et/ou à un déficit de flexion de l'IPP.

Les modalités d'immobilisation postopératoire font débat. Il fut longtemps préconisé de réaliser un brochage temporaire de l'IPP en extension pour 4 à 6 semaines puis d'ébaucher une mobilisation, sous couvert d'une orthèse dynamique d'extension. En effet, pour certains auteurs, le risque de boutonnière engendré par les difficultés de l'immobilisation stricte en extension de l'IPP par une attelle justifie le brochage de l'IPP, en considérant que le risque de raideur en extension est théorique.

Les bons résultats des protocoles de mobilisation précoce obtenus lors du traitement des plaies de la bandelette centrale suturées plaident en faveur de leur utilisation dans les ruptures sous-cutanées opérées. La métacarpo-phalangienne est laissée libre, une attelle palmaire statique est mise en place en postopératoire, relayée par une orthèse dynamique à port diurne à la troisième semaine de type Capener. La durée totale de l'immobilisation est habituellement de 6 semaines mais l'anatomie des lésions (ligament triangulaire, fibres spirales) peut amener à prolonger jusqu'à la huitième semaine le port de l'orthèse de Capener.

Indications

Dans la majorité des cas, le traitement des ruptures de la bandelette centrale est orthopédique. Le traitement chirurgical trouve ses indications lors des luxations IPP (avérées ou spontanément réduites) en raison de l'importance des lésions de l'appareil extenseur et des ligaments triangulaires. Les fractures operculaires, qui ne se réduisent pas lors de la mise sur une attelle en extension de l'IPP, peuvent être traitées chirurgicalement afin de prévenir le risque de détente de la bandelette centrale. Néanmoins, ces lésions nécessitent souvent la résection du fragment avulsé et la réinsertion sur une ancre, geste pouvant être potentiellement responsable d'un raccourcissement tendineux délétère.

Conclusion

Les ruptures sous-cutanées de la bandelette centrale posent essentiellement le problème de leur diagnostic en urgence. Les publications les plus récentes

plaident pour une immobilisation simplifiée mais étroitement surveillée voire, pour certains, l'utilisation de protocoles de mobilisation précoce.

Références

1. Chammas M (1999) Les lésions traumatiques récentes de l'appareil extenseur digital au poignet et à la main. Cahier d'Enseignement de la SFCM. Expansion Scientifique, Paris, 11: 33-51
2. Saldana MJ, Choban S, Westerbeck P, Schacherer T (1991) Result of acute zone III extensor tendon injuries treated with dynamic extension splinting. *J Hand Surg* 16A: 1145-50
3. Le Bourg M, Cesari B, Dréano T, Kerjean Y, Laulan J, Le Dû C, Raimbeau G (2006) Les traumatismes fermés récents des IPP des doigts. *Rev Chir Orthop* 92: 1S83-1S8
4. Spinner M, Choy BY (1970) Anterior dislocation of the proximal interphalangeal joint: a cause of rupture of the central slip of the extensor mechanism. *J Bone Joint Surg* 52A: 1329-36
5. Elson RA (1986) Rupture of the central slip of the extensor hood of the finger. A test for early diagnosis. *J Bone Joint Surg* 68B: 229-31
6. Westerheide E, Failla JM, van Holsbeeck M, Ceulemans R (2003) Ultrasound visualization of the central slip injuries of the finger extensor mechanism. *J Hand Surg* 28A: 1009-13
7. Masméjean E, Le Bellec Y, Alnot JY (2002). Lésions traumatiques des tendons extenseurs de la main. *Encycl Méd Chir, Appareil Locomoteur*, 14-058-A-10, 12p
8. Ebelin M, Levante S, Roure P, Jalil R (2001) Lésion des tendons extenseurs de la main et des doigts. *Encycl Med Chir Techniques chirurgicales-Orthopédie Traumatologie*, 44-397, 13p
9. Crosby CA, Wehbe MA, Mawr B (1999) Early protected motion after extensor tendon repair. *J Hand Surg* 24A: 1061-70
10. Jeffrey C, Chan Y (2007) Surgical repair of the central slip avulsion with mitek Bone Anchor. *Hand Surg* 12: 29-34

Appareil extenseur : rupture sous-cutanée du long extenseur du pouce

P. Houvet

Introduction

En l'absence de plaie évidente, la perte de l'extension active de l'interphalangienne (IP) du pouce traduit la rupture sous-cutanée du long extenseur du pouce ou Extenseur Pollicis Longus (EPL).

Le choix du traitement de cette lésion va dépendre de trois paramètres : le siège, l'étiologie et l'ancienneté de cette lésion.

Anatomie

L'appareil extenseur du pouce est la réunion d'un système extrinsèque formé du long et court extenseur du pouce et d'un système intrinsèque, constitué par le court abducteur, l'adducteur et le court fléchisseur. Cette jonction s'effectue en regard de l'articulation métacarpo-phalangienne et forme une sangle qui va stabiliser le long extenseur sur la convexité de la tête du 1^{er} métacarpien. Chaque phalange possède son tendon extenseur extrinsèque : le long pour la phalange distale et le court pour la proximale.

Les muscles intrinsèques, les thénariens internes et externes contribuent aussi, grâce à leur expansions dorsales, à l'extension interphalangienne. Au niveau de la phalange proximale, ils sont plutôt fléchisseurs et impriment aussi des mouvements de latéralité. Mais la grande différence entre les systèmes d'extension du pouce et des doigts siège au niveau des métacarpiens. Le premier métacarpien est extrêmement mobile et les muscles chargés de l'écartement du 1^{er} métacarpien sont à la fois des extrinsèques : le long abducteur et le court extenseur et des intrinsèques : le court abducteur et opposant (2).

L'*Extenseur Pollicis Longus*, EPL, a un trajet très différent des autres extrinsèques. Il s'insère sur la face postérieure de l'ulna, passe dans le 3^e compartiment dans lequel il se réfléchit contre le tubercule de Lister prenant une orientation différente. Ce changement d'angle dépend du degré d'ouverture de la première commissure et varie de 20 à 35°.

Il forme ensuite la limite postéro-interne de la tabatière anatomique. C'est le seul muscle capable d'entraîner le pouce en arrière du plan de la paume. Son action d'adduction est due à sa réflexion sur le tubercule de Lister. Il est adducteur du 1^{er} métacarpien tout en étant extenseur des phalanges.

Son action renforce celle du court extenseur sur la 1^{re} phalange. Il est l'antagoniste du court abducteur au niveau du 1^{er} métacarpien mais son action concorde avec la sienne au niveau de la phalange distale.

Ces fonctions complexes nécessitent une course qui atteint 5 cm, beaucoup plus longue que celle des autres tendons extrinsèques.

Physiopathologie

Le système intrinsèque participe à l'extension de la phalange distale du pouce, mais c'est le long extenseur qui assure son hyperextension et surtout sa force. Ce dernier est aussi le principal extenseur de l'articulation métacarpo-phalangienne.

La rupture du long extenseur du pouce peut être responsable de l'apparition d'une déformation en col de cygne, réalisant une hyperextension de la MP du pouce par la seule traction du court extenseur.

L'examen clinique permet de faire la distinction entre lésion du court ou du long extenseur du pouce. L'appareil extenseur du pouce est testé de la façon suivante : la main est posée à plat et il est demandé de décoller le pouce du plan d'examen.

Seul le tendon du long extenseur intact peut réaliser ce geste en y associant une extension de l'interphalangienne.

Dans cette position, le relief du long extenseur du pouce est visible sur le versant cubital de la tabatière anatomique.

La perte de l'extension de l'IP sans déficit de rétropulsion témoigne du siège en aval de la MCP et donc du type de lésion.

Différentes lésions

Il nous paraît plus pragmatique de distinguer essentiellement deux cas de figures liés à la topographie lésionnelle ; en effet dans la réalité il n'existe pas réellement des lésions récentes et des lésions anciennes : toutes les lésions sont « anciennes ».

Soit chronologiquement parce que les patients mettent un certain temps à consulter, soit parce que, anatomiquement, le tendon est très vite attiré par le corps musculaire en amont de la lésion et qu'il est impossible de le retrouver. Au maximum pourrait-on séparer les cas des lésions, « très anciennes »...

Pouce en maillet

Le pouce en maillet est une lésion rare. Elle est 10 à 20 fois moins fréquente que sur les autres doigts de la main, variant selon les séries de 0 à 4 % des cas. La lésion se traduit pas une perte de l'extension active de l'IP – parfois discrètement possible par le court extenseur – mais sans perte de la rétropulsion ; elle témoigne d'une rupture sous cutanée en zone I.

Elle est facilement prouvée par une simple échographie qui retrouve l'interruption tendineuse, mesure l'écart entre les deux extrémités rompues et apprécie l'état des moignons déchirés.

La radiographie associée recherche un fragment osseux éventuel. Un fragment volumineux ne nécessite pas le même traitement.

Étiologie

Il s'agit en règle général d'un traumatisme mais à la différence des autres doigts ce n'est pas un traumatisme minime ou passé inaperçu ; c'est au cours d'un exercice sportif (rugby, boxe, ...) ou bien d'un accident de travail que le pouce a subi une brusque flexion ou s'est retrouvé coincé brutalement en forte flexion.

Analyse de la littérature

Din & Meggitt défendent le traitement chirurgical par une suture directe et une immobilisation postopératoire par une attelle de poignet. Ils distinguent le « *mallet* » thumb du « *dropped* » thumb que nous verrons plus loin. Leurs arguments en faveur du traitement chirurgical sont, en particulier, l'épaisseur conséquente du tendon extenseur au niveau de l'IP et la retraction du tendon proximal responsable d'un « *gap* » non négligeable et préjudiciable au traitement conservateur (17).

Patel défend, à l'opposé, le traitement orthopédique par le port d'une attelle palmaire segmentaire maintenant l'IP en extension pour 8 semaines en permanence puis 2 à 4 semaines la nuit (16).

La littérature est essentiellement constituée de case-report et l'article récent de Tabbal ne permet pas de trancher (14).

Traitement

Nous préférons une suture directe du tendon extenseur par voie dorsale, transversale, par un surjet aller-retour de PDS 4/0. Cette suture en règle générale solide est protégée par un brochage axiale de l'IP associé à une attelle segmentaire P1P2. Le patient peut bouger la MCP du pouce et doit effectuer un travail d'opposition du pouce en auto-rééducation pendant un mois date à laquelle la broche est ôtée et la rééducation débutée.

Rupture du long extenseur

Étiologie

Si la première description faite par Duplay en 1876 d'une rupture du LEP était due à un traumatisme direct de la colonne du pouce (sans fracture), de nombreux auteurs ont par la suite rapporté des cas secondaires à des étiolo-

gies très diverses. Dums relève plusieurs cas de « paralysie des joueurs de tambours » et attribue la rupture du LEP à une ténosynovite chronique de celui-ci par microtraumatismes répétés (choc de la baguette tenue entre pouce et index, main en supination).

Les causes les plus fréquentes décrites sont :

- traumatiques, au niveau de l'extrémité inférieure du radius et du carpe : fracture de Pouteau-Colles peu voire non déplacée, fracture du tubercule de Lister ou contusion directe sans fracture, cas le plus fréquent selon certains. Ces ruptures peuvent survenir de quelques jours à plusieurs mois après le choc initial. La lésion siège en regard du Lister.

Le mécanisme est le plus souvent double :

- mécanique : le troisième compartiment des extenseurs, dont le LEP est le seul occupant, est un tunnel ostéofibreux constitué par la corticale postérieure du radius et le tubercule de Lister en avant, et le rétinaculum des extenseurs en arrière. Dans les fractures à faible déplacement de l'extrémité inférieure du radius ou du Lister, les poulies et le rétinaculum restent intacts, le tendon s'abrasant progressivement sur la saillie osseuse créée, alors que, en cas de déplacement important, ces mêmes structures sont déchirées, libérant ainsi le tendon de l'agression osseuse.
- La rupture peut être également d'origine vasculaire par un véritable phénomène de nécrose. Engkvist et Lundborg, dans une étude microangiographique, ont démontré que le tendon du LEP était vascularisé par 2 mésotendons, l'un situé en amont du rétinaculum des extenseurs et l'autre en aval de celui-ci, laissant ainsi une zone « avasculaire » de 5 à 7 mm en regard du tubercule de Lister, dont la nutrition se fait par absorption du liquide synovial. Toute élévation de pression dans cette partie inextensible du troisième compartiment (qu'elle soit due à un oedème et/ou à un hématome), est susceptible d'entraîner une ischémie tendineuse de cette zone déjà peu vascularisée (9).

Ce mécanisme double d'élévation de pression et d'abrasion peut aussi être incriminé dans les cas de saillie postérieure d'une vis de plaque antérieure de radius ou de recul d'une vis scaphoïdienne.

- Il faut également inclure, au nombre des causes iatrogènes, la lésion directe du tendon lors d'un brochage intrafocal de fracture de l'extrémité inférieure du radius. Chung rapporte un cas de rupture du LEP par l'injection péri-tendineuse de cocaïne, qu'il explique non seulement par l'augmentation de pression autour du tendon mais également par l'effet vaso-constricteur de la drogue (8).
- Les maladies rhumatologiques sont aussi retrouvées dans la littérature, de la polyarthrite rhumatoïde au lupus, voir la goutte. Dans les poignets inflammatoires désaxés avec une synovite dorsale, le mécanisme de la rupture est lié à l'agression intra-tendineuse du panus synovial et à l'agression mécanique du tubercule de Lister.

- D'autres causes, parfois anecdotiques, ont été rapportées la plupart du temps associées à la pratique d'un sport spécifique, mais depuis 2007 plusieurs articles ont rapporté des cas liés à la pratique des jeux vidéo et en particulier de la Wii.... ce n'est probablement qu'un début (13).

Clinique

Le délai entre le traumatisme initial et la rupture oscille dans la littérature entre 2 semaines et 4 ans, avec une médiane se situant entre un et 4 mois. Inconstamment, une phase douloureuse précède la rupture proprement dite. Le traitement à proscrire formellement à cette date est l'infiltration qui pharmacologiquement ne peut que hâter les phénomènes physiopathologiques menant à la rupture...

La rupture se manifeste par un déficit de rétropulsion et d'extension de l'IP, parfois difficile à mettre en évidence lorsqu'il existe une extension résiduelle liée à l'action des intrinsèques.

Le diagnostic devra alors être évoqué sur le contexte (traumatisme du poignet dans les semaines précédentes) et la disparition de la berge interne de la tabatière anatomique normalement constituée par la saillie du tendon du LEP.

Les examens complémentaires utiles sont l'échographie et plus encore l'IRM qui situe la lésion, mesure l'écart entre les deux extrémités si la partie proximale est encore visible et la qualité du tendon.

Traitement

Dans le cadre des lésions récentes, si le diagnostic est fait immédiatement, on peut réaliser une suture directe. En pratique, cette éventualité est rare et théorique.

En effet, le tendon du LEP possède une course d'environ 58 mm, la plus longue après celle des tendons fléchisseurs des doigts longs. Ceci explique qu'en cas de rupture, la rétraction de l'extrémité proximale est immédiate et peut atteindre 4 à 10 cm, le plus souvent en amont du tubercule de Lister. Progressivement, cette rétraction s'associe à une contracture musculaire qui rend impossible la suture directe au delà de la troisième semaine.

De plus, l'attrition dont sont victimes les extrémités tendineuses nécessitent d'être parées, ce qui majorent encore le défaut.

La réparation peut être soit une greffe de petit palmaire, soit un transfert de l'extenseur propre.

La greffe du long extenseur au petit palmar

Analyse de la littérature

La première greffe du LEP a été décrite en 1931 par Platt aux dépens d'un extenseur d'orteil. Depuis, nombreux sont les auteurs pour lesquels, utilisant le plus souvent le *palmaris longus*, elle est devenue le traitement de référence de par sa simplicité et les bons résultats qu'elle procure. Hamlin, sur 12 cas, rapporte un tiers de bons et deux tiers d'excellents résultats. Magnell sur 21 patients opérés, obtient un indice de satisfaction général de 100 % avec une perte d'amplitude globale d'extension de 10° (3). Le problème majeur de ces greffes vient du fait que le tendon perd, en adoptant un trajet direct, sa poulie de réflexion que constitue le tubercule de Lister. Il en résulte souvent un défaut de rétropulsion de la colonne du pouce ainsi que l'existence d'une gêne en regard de la styloïde radiale due au balayage latéral de la greffe par l'absence de poulie lors des mouvements. Cet inconvénient pourrait être supprimé (1) si la greffe était passée dans le compartiment de l'extenseur commun redonnant ainsi un angle d'attaque correct à la greffe, le seul point technique alors à respecter étant une réalisation des sutures en Pulvertaft en dehors du ligament annulaire dorsal quelle que soit la position du pouce. Une autre technique proposée par Saffar est de réaliser une poulie de réflexion par suture d'un lambeau de rétinaculum sur lui-même qui permet de redonner au LEP un trajet plus physiologique (7).

Technique chirurgicale

La technique de la greffe telle qu'elle est actuellement pratiquée est simple (fig. 1).

Une première incision partant de l'articulation métacarpo-phalangienne et légèrement décalée en dedans par rapport à la tabatière anatomique, permet de retrouver le moignon distal du LEP. La seconde incision est effectuée en amont du tubercule de Lister et l'extrémité proximale du tendon, rétractée sous l'extenseur commun des doigts et l'extenseur propre de l'index, est extériorisée en amont du rétinaculum des extenseurs. Après parage tendineux, le greffon libre est suturé à l'extrémité distale du LEP selon la technique de Pulvertaft. Il est ensuite passé à travers un tunnel sous-cutané direct pratiqué en respectant les branches du nerf radial jusqu'à l'extrémité proximale du tendon et suturé de la même façon. Le réglage de la tension se fait en position neutre du poignet, pouce en extension complète. Une fois la suture effectuée, il est important de vérifier que le pouce parvient toujours à atteindre la base du 5^e doigt. Une attelle maintenant le poignet à 30° d'extension et la MP en extension et abduction complètes (IP libre) est mise en place pour une durée de 3 semaines.

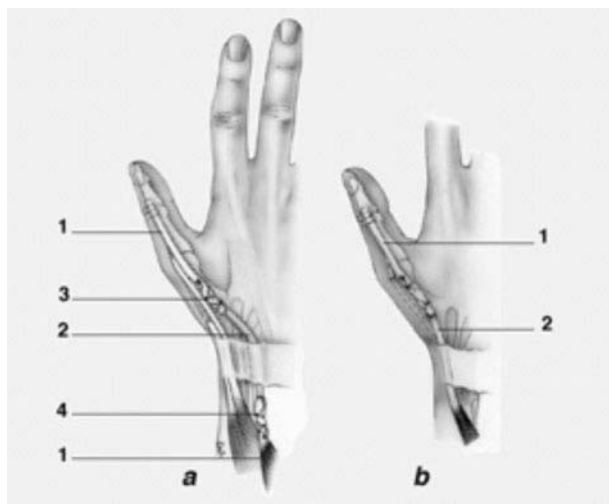


Fig. 1 – Photo de greffe du *palmaris longus* (d'après Merle et Dautel. La main traumatique. Masson, Paris, 1995).

Le transfert de l'extenseur propre de l'index

Analyse de la littérature

Parmi le principaux tendons utilisés, on relève l'*abductor pollicis longus*, auquel on peut reprocher sa faible course (12,8 mm) et un axe de traction différent de celui du LEP, raison pour laquelle Chitnis préconise de n'en transférer que la partie ulnaire. L'extenseur propre du V semble trop faible et les radiaux, utilisés par Mannerfelt, trop puissant (1 kgm contre 0,5 pour le LEP) avec une excursion (36 et 37 mm) ne leur permettant pas d'atteindre des lésions un peu distales. (5) (11) (12).

Le transfert de l'extensor indicis proprius, décrit par Mensche en 1925 reste pour nous celui de choix. Il est en effet comparable au muscle réparé par sa course (55 mm), sa force (0,5 Kgm) et sa direction. Outre les avantages propres aux transferts (suture tendineuse unique, mise en place d'un tendon vascularisé), il permet, au prix d'un prélèvement situé en amont des bandes-lettes sagittales et d'une réparation de la dossière des interosseux, de ne laisser aucun déficit d'extension de l'index, comme l'ont démontré Browne et Moore (1, 6). Au titre des inconvénients, on retiendra toutefois l'apparition inévitable d'un déficit de force d'extension de ce dernier, pouvant atteindre jusqu'à 50 %. On note également la possibilité de variations anatomiques pouvant atteindre 15 % des cas pour Caudwell, telles que l'absence, des anomalies d'insertion ou de jonctions à l'extenseur commun ou au court extenseur pouvant rendre le transfert difficile voir impossible.

Technique chirurgicale (fig. 2)

La première incision, arciforme, longue en-dedans du LEP, le bord interne du 1^{er} métacarpien jusqu'à la base du 2^e métacarpien. Elle permet de repérer l'extrémité distale du tendon. Elle se prolonge longitudinalement au niveau du 4^e compartiment.

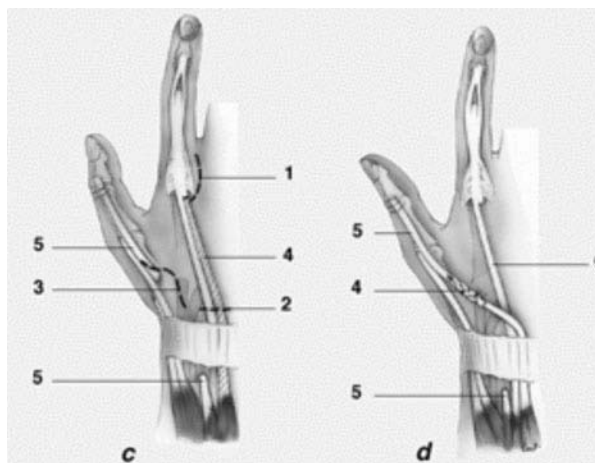


Fig. 2 – Transfert de l'*extensor indicis proprius* (d'après Merle et Dautel. La main traumatique. Masson, Paris, 1995).

La seconde incision est courte et transversale, située au bord interne de l'articulation métacarpophalangienne de l'index. L'*extensor indicis proprius*, situé en-dedans de l'extenseur commun – « l'interne est propre » – est sectionné en amont des bandelettes sagittales. L'extrémité distale de l'extenseur est suturée à l'extenseur commun par un point en U. Le tendon sectionné est ensuite libéré de l'extenseur commun le plus loin possible en sous-cutané en veillant à ne pas léser les branches sensitives dorsales destinées à l'index. Il est repris au niveau de l'incision carpienne.

Un trajet sous-cutané est réalisé, rectiligne en respectant les branches du nerf radial et en évitant de croiser une incision cutanée. La technique de suture distale (Pulvertaft), la position du poignet et du pouce pour le réglage de la tension et l'immobilisation sont les mêmes que celles décrites dans le cadre des greffes tendineuses.

En pratique, le transfert est toujours assez long, y compris dans les lésions situées juste en amont de la MP du pouce. Il est toujours préférable de bien tendre le transfert car la détente est classique au cours de la rééducation et nous n'avons jamais constaté de défaut de mobilité de l'IP par transfert trop tendu.

Indications

Nous utilisons en règle générale le transfert de l'*extensor indicis proprius*. Les indications de greffe par le *palmaris longus* sont rarement proposées mais peuvent se discuter dans certaines situations :

- rupture survenant au cours d'une polyarthrite rhumatoïde où l'indication doit être portée en fonction des lésions des doigts et du poignet. Il peut être en effet, intéressant de conserver l'extenseur propre de l'index pour l'utiliser dans d'autres objectifs de réanimation ou de réaxation.
- certaines professions ne peuvent pas admettre l'affaiblissement de l'extension active de la MP de index après le prélèvement de l'extenseur propre. La greffe peut être proposée à condition que l'ancienneté de la lésion n'aboutisse pas à un tendon rétracté et affaibli qui nécessiterait une ténolyse extensive.

Conclusion

La rupture sous-cutanée de l'*extensor pollicis longus* est une lésion assez facilement traitable. Dans le cas d'un *mallet-thumb* on discutera le traitement chirurgical ou le traitement conservateur car la littérature n'a pas fait la preuve de la supériorité d'un traitement. En revanche dans les ruptures en amont de la MP la réanimation de l'extension par transfert de l'*extensor indicis proprius* fait l'unanimité et reste le choix de première intention.

Références

1. Browne EZ, Teague MA, Snyder CC (1979) Prevention of extensor lag after indicis proprius tendon transfer. *J Hand Surg* 4: 168-72
2. Kenesi C, Deroide JP, Lepinard V (1969) Les tendons extenseurs du pouce. Etude anatomique de 100 dissections. *Arch Anat Path* 17A: 264-6
3. Magnell TD, Pochron MD, Condit DP (1988) The intercalated tendon graft for treatment of extensor pollicis longus tendon rupture. *J Hand Surg* 13A: 105-9
4. Magnussen PA, Harvey FJ, Tonkin MA (1990) Extensor indicis proprius transfer for rupture of the extensor pollicis longus tendon. *J Bone Joint Surg* 72B: 881-3
5. Mannerfelt L, Oetker R, Ostlund B, Elbert B (1990) Rupture of the extensor pollicis longus tendon after Colles fracture and by rheumatoid arthritis. *J Hand Surg* 15B: 49-50
6. Moore JR, Weiland AJ, Val data L (1987) Independent index extension after extensor indicis proprius transfer. *J Hand Surg* 12A: 232-6
7. Saffar Ph, Fakhoury B (1987) La réparation secondaire du long extenseur du pouce. *Ann Chir Main* 6: 225-9
8. Chung KC, Murphy MS, Segalman KA (1979) Extensor pollicis longus tendon. A crush injury. *Hand* 11: 264-8
9. Engkvist O, Lundborg G (1979) Rupture of the extensor pollicis longus after fracture of the lower end of the radius. A clinical and microangiographic study. *Hand* 11: 76-86
10. Merle M (1991) Principes des transferts tendineux à la main. 3^e Cahier d'enseignement de la Société Française de Chirurgie de la Main. Expansion Scientifique Française, Paris, p 37-47

11. Moutet F (1995) La réanimation de l'extension de la main et des doigts en dehors des lésions plexiques. 7^e Cahier d'enseignement de la Société Française de Chirurgie de la Main. Expansion Scientifique Française, Paris, p 61-76
12. Patel MR, Bassini L, Moradia V (1996) Extensor digitorum brevis manus tendon transfer to restore function of the extensor pollicis longus. *J Hand Surg* 21A: 85-8
13. Banghu A, Lwin M, Dias R (2009) Wimbledon or bust: Nintendon Wii related rupture of the extensor pollicis longus tendon. *J Hand Surg* 34: 399-400
14. Tabbal GN, Bastidas N, Sharma S (2009) Closed mallet thumb injury: a review of the literature and case study of the use of magnetic resonance imaging in deciding treatment. *Plast Reconstr Surg* 124: 222-6
15. De Smet L, Van Ransbeeck H (2003) Mallet thumb. *Acta Orthop Belg* 69: 77-8
16. Patel MR, Bassini L, Desai SS (1986) Conservative treatment of mallet thumb. *J Hand Surg* 11A: 45-7
17. Din KM, Meggitt BF (1983) Mallet thumb. *J Bone Joint Surg* 65B: 606-8

Appareil extenseur : déformation en col de cygne

L. Obert, C. Stadler et D. Lepage

Introduction

La déformation d'un doigt en col de cygne est essentiellement vue dans deux contextes : évolution d'un doigt en maillet chronique et main rhumatoïde. Le projet thérapeutique va dépendre de la mobilité passive de l'interphalangienne proximale (IPP) et de l'intégrité des articulations IPD et MCP. L'analyse clinique devra porter sur tout le segment digital et la main et s'attacher à faire ressortir les plaintes et les attentes du patient. Les techniques opératoires vont devoir régler le problème du flessum de l'IPD (par ténodermodèse ou arthrodèse définitive) et l'hyperextension de l'IPP (grâce à des gestes « anatomiques » ou « palliatifs » : anatomiques en tentant de reconstruire le ligament rétinaculaire ou en travaillant sur l'appareil extenseur ; palliatifs par des gestes de ténodèse de l'appareil fléchisseur ou extenseur, associés ou non à une arthroplastie de l'IPP mais aussi de la MCP.

Comme dans toute chirurgie des parties molles, l'expérience de l'opérateur va compter ... tant dans l'évaluation diagnostique que dans le réglage de la tension des gestes tendineux. Un doigt douloureux, raide et exclu chez un patient mal préparé à une agression chirurgicale ne devra pas être opéré.

Col de cygne secondaire à un doigt en maillet chronique

Plusieurs auteurs définissent le doigt en maillet chronique comme un doigt en maillet non immobilisé 4 semaines après la lésion (1, 2). Avant la déformation en col de cygne, il faut toujours proposer un port itératif d'orthèse (3). Le choix de l'attitude thérapeutique devant un doigt en maillet chronique avec col de cygne dépend de la présence de plusieurs paramètres : la conservation de la mobilité de l'IPD, l'existence d'une arthrose de l'IPD, et enfin les plaintes du patient, l'exclusion éventuelle du doigt sont aussi des facteurs du choix.

Physiopathologie

Le doigt en maillet chronique peut évoluer vers une déformation en col de cygne du fait du déséquilibre au niveau de l'appareil extenseur ; c'est une des causes « extrinsèques » de survenue du col de cygne. En effet, après rupture

de l'extenseur en zone I, une hypertonie de la bandelette médiane apparaît progressivement d'autant plus que la plaque palmaire est laxa et que les ligaments rétinaculaires transverses sont faibles. Le cercle vicieux se referme : plus l'IPP est en hyperextension plus les bandelettes latérales de l'extenseur se dorsalisent, aggravant l'action du fléchisseur profond sur l'IPD qui se fléchit. Les ligaments rétinaculaires obliques, distendus, ne peuvent plus contrarier cette flexion de l'IPD, compromettant la coordination des flexions successives des deux articulations interphalangiennes. Ainsi, dès l'apparition d'un col de cygne, c'est l'IPD qui se fléchit la première lors de l'enroulement, la flexion de l'IPP ne pouvant rapidement plus se faire. Dans ces conditions, ce seront préférentiellement le troisième, puis le 4^e et le 5^e doigt : le doigt le plus long et les doigts cubitiaux (4, 5).

Traitement

La prise en charge d'un col de cygne dans le cadre d'un doigt en maillet chronique pourra se faire grâce à un geste au niveau de l'IPD associé à un geste au niveau de l'IPP dont les résultats vont dépendre de la réductibilité des lésions : plus le col de cygne est « souple », plus toutes les articulations sont mobiles passivement et la déformation de l'IPP est minime et réductible ! Plus le résultat d'un geste sur les parties molles sera efficace.

Au niveau de l'IPD, on recommande la ténodermodèse avec capsuloraphie.

Au niveau de l'IPP, on recommande des gestes de ténotomie (ténotomie de la bandelette médiane ou technique de Fowler), des gestes de ténodèse (bandelette du fléchisseur superficiel, bandelette latérale radiale de l'extenseur), ou de reconstruction des ligaments (reconstruction du ligament rétinaculaire : technique de Littler ou de Thompson ou SORL) pourront être proposés de façon graduelle.

Col de cygne dans le cadre d'une polyarthrite rhumatoïde

Au cours de la polyarthrite rhumatoïde, la déformation en col de cygne peut être la conséquence d'un collapsus du carpe, de luxation des articulations métacarpo-phalangiennes, de lésions localisées au niveau de l'IPP et de l'IPD ou d'association de ces lésions.

Dans le cas du collapsus du carpe, c'est Shapiro le premier qui avait rapporté la réduction du col de cygne avec la réduction du collapsus carpien (6). L'hyperextension de l'IPP est ici la conséquence directe de la mise en tension du système intrinsèque lui-même secondaire la distension progressive des appareils fléchisseur et extenseur extrinsèques. Merle rappelle que cette déformation n'existe pas en cas de collapsus carpien secondaire à une résection de la première rangée du carpe soulignant l'incapacité des fibres musculaires à s'adapter en cas de polyarthrite rhumatoïde (7).

Dans le cas de la luxation des articulations métacarpo-phalangiennes, la luxation palmaire de la première phalange migre sous la tête métacarpienne et entraîne la détente de l'appareil extenseur extrinsèque et la tension de l'appareil intrinsèque ; les bandelettes latérales se dorsalisent et augmentent la traction sur la bandelette médiane. Il faut évaluer la réductibilité du col de cygne par le test de Finochietto (8) qui juge de la rétraction des interosseux : en cas de rétraction des interosseux la flexion passive de l'IPP est impossible si l'articulation métacarpo-phalangienne est maintenue en extension. En revanche, en mimant une détention positionnelle des interosseux par mise en flexion de l'articulation métacarpo-phalangienne alors l'IPP peut se fléchir. Merle rappelle que tant que la luxation de l'articulation métacarpo-phalangienne est réductible, le col de cygne l'est aussi (7).

La synovite de l'IPP, l'élongation de la plaque palmaire et la Teno synovite des fléchisseurs ont été aussi incriminées dans la survenue d'un doigt en col de cygne.

Classifications et indications

Nalebuff et Millender en 1975 ont classé en quatre stades les déformations en fonction de la flexion de l'IPP évaluée à partir de la position de l'articulation métacarpo-phalangienne et selon les lésions dégénératives observées (9). Zancolli, en 1979, a établi une classification des cols de cygne en fonction du mécanisme des déformations (extrinsèques, intrinsèques, articulaires) (10). En 1992, Tonkin a repris la classification en y rajoutant un stade de Nalebuff (11).

Un geste sera toujours nécessaire au niveau de l'IPD et de l'IPP. Mais plus les lésions seront évoluées plus les gestes seront étendus à la MCP et aux intrinsèques. Une articulation détruite ou luxée nécessitant un implant type Swanson. Quelle que soit la façon de classer les lésions, tant que dans un col de cygne la flexion de l'IPP est normale on pourra proposer une ténodermodèse ou une arthrodèse de l'IPD si le point de départ est une atteinte de l'insertion de l'extenseur au niveau de l'IPD.

Si l'origine du col de cygne est plutôt située au niveau de l'IPP (synovite des fléchisseurs dans le canal digital, destruction de la plaque palmaire avec élongation des ligaments rétinaculaires transverses), on pourra, comme le souligne Merle, aller de la ténodermodèse, à la ténodèse du superficiel, à la translation palmaire d'une bandelette latérale ou à la reconstruction du ligament rétinaculaire oblique selon Thompson (SORL).

Si la flexion de l'IPP n'est plus normale, le test de Finochietto est nécessaire afin d'évaluer la rétraction des intrinsèques. Si la flexion active de l'IPP est limitée quand la MCP est en extension (test positif), les intrinsèques sont rétractés et il faudra en plus d'un geste au niveau de l'IPP et de l'IPD aussi agir au niveau de la MCP (correction de la luxation palmaire, prothèse type

Swanson éventuellement) et au niveau des intrinsèques avec résection de l'expansion des intrinsèques qui est la plus logique.

Si la flexion de l'IPP est limitée (quelle que soit la position de la MCP) ou que l'IPP est complètement enraidie, la cause est essentiellement la rétraction de l'appareil extenseur. La MCP et l'IPD devront être traitées mais au niveau de l'IPP la résection de la capsule dorsale et des ligaments latéraux est associée à une séparation de la bandelette médiane des bandelettes latérales. Si la raideur de l'IPP est associée à sa destruction, une prothèse type Swanson devra être proposée idéalement par voie palmaire.

Techniques chirurgicales

Gestes au niveau de l'IPD

La ténodermodèse ou technique de Brooks et Graner, décrite par Brooks en 1958, consistait à exciser en bloc la peau, le tissu cellulaire sous-cutané et le tendon extenseur cicatriciel en forme de quartier d'orange (12). Graner, en 1961, rajoutait à cette opération la mise en place d'une broche d'arthrodèse temporaire en hyper extension. Albertoni popularise cette technique sous le nom de technique de Brooks et Graner en 1988 (12). Indépendamment, Iselin, en 1977, utilise la même technique avec non pas une broche, mais une orthèse pour maintenir l'articulation en extension (13). Il nomme cette technique la ténodermodèse. Depuis, cette technique de résection pluritissulaire et de stabilisation de l'articulation a été dénommée « technique de Brooks et Graner », « ténodermodèse » ou « dermatoténodèse ». Albertoni a rapporté 91,6 % de bons résultats chez 48 patients (12). Kon a rapporté 26 excellents résultats chez 27 patients en 1982 (14). La technique de ténodermodèse s'adresse à des doigts en maillet chronique avec au moins 30° de déficit d'extension sur une IPD mobile. La déformation est donc corrigible facilement et elle s'adresse bien évidemment à une origine tendineuse pure. La contre-indication de cette technique est le col de cygne mal réductible. La résection elliptique de 3 mm de large environ, « en quartier d'orange » se fait au niveau de l'IPD. Elle est réalisée de la peau jusqu'à l'os, emportant la peau, le tissu cellulaire sous-cutané et le tendon extenseur. La suture se fait en masse, bord à bord au niveau cutané par un fil de 4/0 non résorbable, comme le propose Sadan (15), ou par deux points de matelassier au PDS 2/0, comme le propose Vaienti (16). Le brochage réalisé avec des broches de 10/10^e se fait pour Vaienti, comme pour nous, en extension et non en hyperextension, après suture de l'extenseur. La broche est laissée en place pour 4 à 5 semaines ; l'IPP est positionnée en légère flexion pendant 10 jours en postopératoire pendant que la broche trans-IPD est laissée 4 semaines. Au bout de 10 jours, l'IPP est mobilisée activement. La récupération de la mobilité de l'IPD se fait au 6^e mois avec des volants de flexion d'environ 40° (16). La rééducation passive est proscrite au niveau de l'IPD. C'est la mobilisation active de toutes les

chaînes du doigt et la réinclusion du doigt qui sont nécessaires. Cette technique peut entraîner des lésions du lit de l'ongle et les complications des broches. Afin d'éviter les fractures transarticulaires des broches, cas rare mais rapporté par Stern (17), Sadan préfère mettre en place une orthèse (15). Vaienti propose, en cas de col de cygne souple, d'associer la ténodermodèse et un geste sur l'IPP : en effet, en cas de non-correction de la déformation de l'IPP après correction de celle de l'IPD, une capsulorraphie de la plaque palmaire permettant d'obtenir une flexion d'environ 15° est associée (16). Cette capsulorraphie nécessite un abord palmaire en extension, avec résection elliptique de 2 mm de plaque palmaire et suture bord à bord.

Gestes au niveau de l'IPP

La ténotomie de la bandelette médiane a été décrite par Fowler (18-21). Lorsqu'il existe une déformation en col de cygne secondaire à la rupture de l'extenseur au niveau de son insertion sur la dernière phalange, les techniques chirurgicales ne touchant que l'IPD seront insuffisantes. En effet, la déformation du col de cygne est preuve d'une autonomisation du déséquilibre tendineux. Le col de cygne rend difficile l'initiation de la flexion de l'IPP. La ténotomie de la bandelette médiane est une technique simple et qui peut être réalisée sous anesthésie locale. La technique consiste à réséquer la bandelette médiane sans léser le ligament triangulaire. Une immobilisation est nécessaire. Le risque est évidemment de créer une boutonnière.

La reconstruction du ligament rétinaculaire a été décrite par Thompson et Littler. C'est le SORL (22-24) (figs. 1 à 3). Cette technique consiste à « reconstruire » le ligament rétinaculaire oblique, réalisant un effet de ténodèse active avec correction simultanée de la flexion de l'IPD et de l'extension de l'IPP. Une greffe de petit palmaire est fixée en distal à la base de la dernière phalange, en pull out, comme initialement décrit par l'auteur ou par un système d'ancrage. Ce petit transplant qui est en dorsal en distal passe en palmaire à la base de P2 et est fixé au niveau du col de P1, cravatant l'IPP en palmaire, entre les pédicules en arrière et les fléchisseurs en avant réalisant une « nouvelle » plaque palmaire. Deux abords sont donc nécessaires. Cette technique est l'aboutissement et l'évolution de l'expérience de Littler qui avait proposé précédemment deux façons de reconstruire le ligament rétinaculaire grâce à une bandelette latérale de l'extenseur. Kleinman a rapporté une série de 12 patients avec un col de cygne réductible avec utilisation d'une fixation au niveau des parties molles plutôt qu'en transosseux (23). Dans cette technique, l'IPD doit être immobilisée en extension par une broche et l'IPP en légère flexion de 15°. Très judicieuse, cette technique exige beaucoup de rigueur dans le réglage de la tension du transplant. Celle-ci est considérée comme correcte quand l'IPD est en extension et que l'IPP est en flexion de 20°. La mobilisation de l'IPP est autorisée à partir de 3 semaines tandis que la mobilisation de l'IPP ne l'est qu'après 6 semaines, après ablation des broches. Girod rappelle le risque de

survenue de clinodactylie en cas de laxité articulaires et avait observé la rétraction du transplant du petit palmaire dans deux cas sur trente nécessitant une réintervention à cause d'une déformation en boutonnière (24).

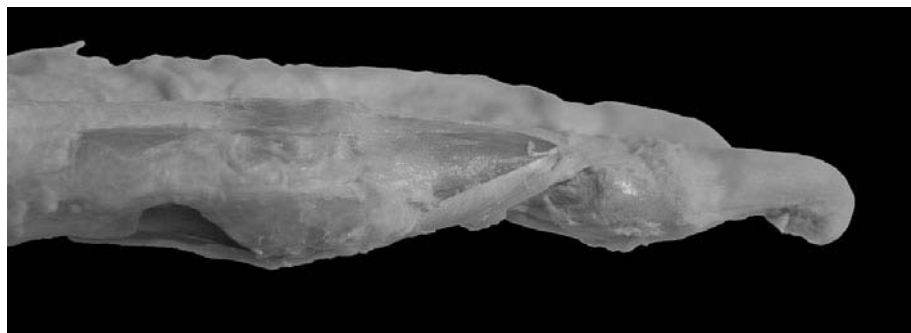


Fig. 1 – Vue dorsale de la technique de SORL. Une greffe de petit palmaire est fixée distalement en transosseux sur la face dorsale de la base de la dernière phalange.



Fig. 2 – Vue palmaire de la technique de SORL. Le transplant qui est en dorsal en distal passe en palmaire à la base de P2.



Fig. 3 – Vue latérale de la technique de SORL. Le transplant est fixé au niveau du col de P1, cravatant l'IPP en palmaire, entre les pédicules en arrière et les fléchisseurs en avant réalisant une « nouvelle » plaque palmaire.

D'autres ténodèses ont été décrites. Par exemple, la ténodèse utilisant la bandelette radiale du fléchisseur superficiel (figs. 4 à 6). Comme le souligne Merle (7), de nombreuses techniques utilisant une des deux bandelettes du tendon fléchisseur superficiel ou une partie d'une bandelette, ont été proposées avec fixation variable autour de la poulie A2, A1, ou à travers la première phalange.



Fig. 4 – Vue palmaire de la ténodèse d'une bandelette radiale du fléchisseur superficiel : extraction de la bandelette.



Fig. 5 – Vue palmaire de la ténodèse d'une bandelette radiale du fléchisseur superficiel : section proximale de la bandelette avec une longueur égale à celle de la première phalange.



Fig. 6 – Vue palmaire de la ténodèse d'une bandelette radiale du fléchisseur superficiel : fixation à la partie proximale de la face latérale de la phalange avec une tension permettant d'obtenir un flectum de l'IPP de 20 degrés.

La technique de Littler est sans doute la plus simple car la plus reproductible. Grâce à une voie dorsolatérale radiale et incision transversale du canal digital, à l'extrémité de la poulie A2, la bandelette radiale du fléchisseur superficiel est extraite avec un crochet à tendon en s'aidant d'une flexion des doigts et du poignet. Elle est sectionnée en proximal avec une longueur égale à celle de la première phalange puis fixée à la partie proximale de la phalange sur sa face latérale avec une tension du tendon ténodésé permettant d'obtenir un flessum de l'IPP de 20 degrés. Une attelle protégeant ce flessum est nécessaire pour 4 à 6 semaines même si la flexion active est autorisée.

Dans la ténodèse utilisant la bandelette latérale radiale de l'extenseur, de nombreux raffinements techniques ont été proposés au cours du temps (7). L'utilisation d'une seule bandelette latérale de l'extenseur (radiale) selon Zancolli-Tonkin permet de lutter contre l'hyperextension de l'IPP. La bandelette latérale, séparée de la bandelette médiane jusqu'au milieu de chacune des deux phalanges, va être placée entre la plaque palmaire et la bandelette du tendon superficiel pour être suturée entre ces deux structures à la partie distale de l'IPP. Ce geste est réalisé par une voie là encore dorsolatérale (permettant d'accéder à l'appareil extenseur) et ouverture de la gaine digitale entre la poulie A2-A4. La tension de réglage de la bandelette latérale ne pas provoquer de flessum de l'IPP supérieur à 5 degrés. Il est nécessaire de lutter contre l'hyperextension de l'IPP grâce à une attelle segmentaire en extension pour 3 semaines.

Conclusion

En cas de déformation en col de cygne, la souplesse de l'IPP et la réductibilité des lésions de toute la colonne digitale permettent de poser les indications. Un geste enraidissant au niveau de l'IPD est toujours nécessaire. Le geste au niveau de l'IPP, plus délicat est de réalisation minutieuse car le résultat dépend de la tension appliquée au tendon utilisé pour reconstruire les ligaments rétinaculaires ou en cas de ténodèse. Il faut impérativement s'assurer que le doigt n'est pas exclu et que le patient a compris que l'unité de mesure temporelle après l'intervention est le trimestre avant de proposer un geste opératoire.

Références

1. Garberman SF, Diao E, Peimer CA (1994) Mallet finger: Results of early vs delayed closed treatment. *J Hand Surg* 19A: 850-2
2. Patel MR, Shekhar SD, Bassini-Lipson L (1986) Conservative management of chronic mallet finger. *J Hand Surg* 11A: 570-3
3. L. Obert (2007) Doigt en maillet ancien et déformation en col-de-cygne. In: Cours de chirurgie de la main et du membre supérieur, C. Fontaine, P. Liverneaux, E. Masmejean (eds). Sauramps Médical, Montpellier, pp : 313-7
4. Schweitzer TP, Rayan GM (2004) The terminal tendon of the digital extensor mechanism: Part II, kinematic study. *J Hand Surg* 29A: 903-8
5. Wehbe MA, Schneider LH (1984) Mallet Fractures. *J Bone Joint Surg* 66A: 658-69

6. Shapiro JS (1982) Wrist involvement in rheumatoid Swan neck deformity. *J Hand Surg* 7A: 484-91
7. Merle M (2007) Déformations digitales dans la polyarthrite rhumatoïde. In : *Chirurgie de la main*, M. Merle (ed). Elsevier Masson, Paris, tome 3, pp : 172-215
8. Finochietto R (1920) Retraccion de Volkmann de los musculos intrinsecos de la mano. *Sociedad de Cirurgia de Buenos aires*, tome 4
9. Nalebuff EA, Millender LH (1975) Surgical treatment of the swan neck deformity in rheumatoid arthritis. *Orthop Clin North Am* 6: 733
10. Zancolli EA, Zancolli ER, Kohut GR, Cagnone JC (1996) The wrist and metacarpal arch. In *rheumatoid arthritis the supination collapse of the hand*. *J Hand surgery* 2A: 219-37
11. Tonkin MA, Hughes J, Smith KL (1992) Lateral band translocation for swan neck deformity. *J Hand Surg* 17A: 260-7
12. Albertoni WM (1988) The Brooks and Graner procedure for correction of mallet finger. In: *The Hand*, R. Tubiana (ed). WB Saunders, Philadelphia, tome 3, pp: 97-100
13. Iselin F, Levame J, Godoy J (1977) A simplified technique for treating mallet fingers: tenodesis. *J Hand Surg* 2B: 118-21
14. Kon M, Bloem JJ (1982) Treatment of mallet fingers by tenodesis. *Hand* 14: 174-6
15. Sadan AY, Akinci M, Ercetin O (2004) The Brooks and Graner procedure for treatment of chronic tendinous mallet finger deformity. *Tech in Hand and Upper Ext Surg* 8: 21-4
16. Vaienti L, Merle M (1995) Chirurgie secondaire de l'appareil extenseur des doigts. In: *La main traumatique 2, chirurgie secondaire : le poignet traumatique*, M. Merle et G. Dautel (eds). Masson, Paris, pp : 93-113
17. Stern PJ, Kastrup JJ (1988) Complications and prognosis of treatment of Mallet finger. *J Hand Surg* 13A: 341-6
18. Harris C (1966) The Fowler operation for mallet finger. *J Bone Joint Surg* 48A: 613
19. Bowers WH, Hurst LC (1978) Chronic mallet finger: the use of Fowler's central slip release. *J Hand Surg* 3A: 373-6
20. Lucas GL (1987) Fowler central slip tenotomy for old mallet deformity. *Plast Reconstr Surg* 80: 92-4
21. Grundberg AB, Reagan DS (1987) Central slip tenotomy for chronic mallet finger deformity. *J Hand Surg* 12A: 545-7
22. Thompson JS, Littler JW, Upton J (1978) The spiral oblique retinacular ligament (SORL). *J Hand Surg* 3A: 482-7
23. Kleinman WB, Peterson DP (1984) Oblique retinacular ligament reconstruction for chronic mallet finger deformity. *J Hand Surg* 9A: 399-404
24. Girot J, Marin-Braun F, Amend P, Dap F, Bour C, Foucher G, Merle M (1998) L'opération de Littler (SORL: spiral oblique retinaculum ligament) dans le traitement des cols de cygne. *Ann Chir Main* 7: 85-9

Appareil extenseur : déformation en boutonnière

Y. Le Bellec et T. Waitzenegger

Introduction

La déformation en boutonnière des doigts longs (fig. 1) est la conséquence d'une lésion négligée de la bandelette centrale de l'appareil extenseur au dos de l'articulation interphalangienne proximale (zone III selon la classification de la Fédération Internationale des Sociétés de Chirurgie de la Main). Elle associe un déficit de l'extension active de l'articulation interphalangienne proximale (IPP) et une hyperextension de l'articulation interphalangienne distale (IPD).

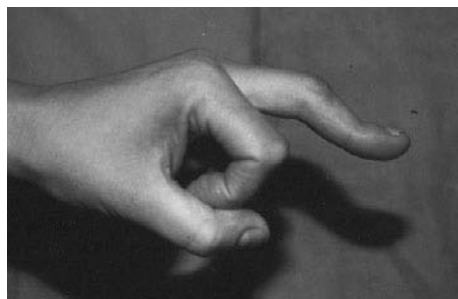


Fig. 1 – Déformation en boutonnière.

Anatomie de l'appareil extenseur des doigts longs (fig. 2)

Le tendon extenseur commun, juste en aval de l'articulation métacarpo-phalangienne (MP), donne une expansion fibreuse par sa face profonde, la bandelette proximale, qui se termine sur la face dorsale de la base de la première phalange. Cette bandelette proximale est responsable de la mise en extension de la première phalange.

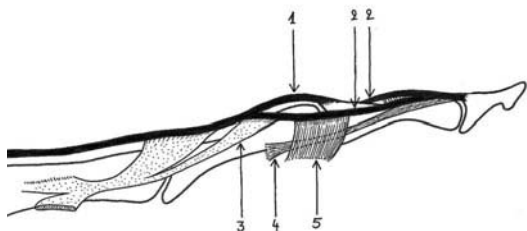


Fig. 2 – Anatomie de l'appareil extenseur. Bandelette centrale (1). Bandelettes latérales (2), réunies à leur partie distale par l'aponévrose triangulaire. Expansion des intrinsèques (3). LRO (4). LRT (5).

En regard de première phalange, le tendon extenseur se divise en trois bandelettes. La bandelette centrale adhère à la capsule IPP puis s'insère à la face dorsale de la base de la deuxième phalange. Les deux bandelettes latérales, une radiale et une ulnaire divergent et croisent chacune une face dorsolatérale de l'articulation IPP, pour se réunir ensuite à la face dorsale de la deuxième phalange. Sous forme d'un tendon terminal commun, elles adhèrent à la face dorsale de l'articulation IPD et s'insèrent sur la face dorsale de la base de troisième phalange.

Entre les deux bandelettes, se trouve un tissu aponévrotique très fin, l'aponévrose triangulaire. La bandelette centrale et les deux bandelettes latérales reçoivent des expansions des muscles intrinsèques (interosseux des deux côtés du doigt, et lombricaux du seul côté radial). Ces expansions des muscles intrinsèques permettent l'extension des deux dernières phalanges.

Sur le bord latéral de chaque bandelette latérale, viennent se terminer les deux ligaments rétinaculaires. Le ligament rétinaculaire transverse (LRT) prend son origine sur la capsule articulaire IPP. Le ligament rétinaculaire oblique (LRO), profond par rapport au précédent, s'étend de la face latérale de la deuxième phalange à la bandelette latérale avec qui il fusionne en regard du col de la deuxième phalange.

Mécanisme de la déformation en boutonnière (fig. 3)

La cause de la déformation est une lésion de la bandelette centrale non ou mal traitée, qu'il s'agisse d'une plaie au dos de l'articulation IPP ou d'une rupture sous-cutanée cicatrisée avec un cal d'allongement.

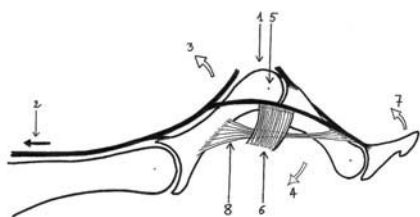


Fig. 3 – Physiopathologie de la déformation en boutonnière. La rupture de la bandelette centrale (1) entraîne le recul de l'appareil extenseur (2), ce qui provoque une hyperextension de P1 (3). Le déficit d'extension active de P2 entraîne la flexion de l'IPP (4) sous l'action du fléchisseur superficiel. Les bandelettes latérales se luxent en palmaire, et passant sous l'axe de flexion (5) de l'IPP, pérennisent sa flexion. La rétraction des LRT (6) va progressivement fixer la luxation des bandelettes latérales. Le recul de l'appareil extenseur (2) entraîne une hyperextension de l'IPD (7), que la rétraction progressive du LRO (8) va rendre irréductible.

La lésion de la bandelette centrale provoque un déficit d'extension active de l'IPP, qui sous l'action prédominante du fléchisseur superficiel se place en flexion. Le recul de l'appareil extenseur vers la première phalange et la concentration de ses forces sur les seules bandelettes latérales entraînent une hyper-

extension de l'IPD. Le recul de l'appareil extenseur peut également mettre en tension la bandelette profonde insérée sur la base de P1 et entraîner une hyperextension de la MP.

Progressivement, le flessum de l'IPP entraîne une distension de l'aponévrose triangulaire. Les bandelettes latérales se luxent alors en palmaire, et passant sous l'axe de flexion-extension de l'articulation, elles se transforment en véritables fléchisseurs de l'IPP, renforçant l'action du fléchisseur superficiel. Le bloc articulaire fait alors issue entre les deux bandelettes latérales, celles-ci réalisant une véritable boutonnière.

D'abord souple, la déformation va progressivement se fixer à cause de la rétraction des deux ligaments rétinaculaires d'une part, des structures périarticulaires d'autre part (capsule, plaque palmaire, ligaments). Une atteinte des surfaces cartilagineuses articulaires peut par ailleurs être un facteur d'enraidissement supplémentaire.

Examen clinique

L'état cutané, les mobilités actives et passives et le retentissement fonctionnel doivent être analysés soigneusement. On remarquera en particulier que si la cause de la déformation est située au niveau de l'articulation IPP, la conséquence fonctionnelle péjorative est surtout liée à l'hyperextension de l'articulation IPD, un flessum IPP étant relativement bien toléré s'il n'est pas trop important.

Avant d'envisager un traitement, il faut déterminer si la déformation est souple – c'est-à-dire réductible passivement –, ou raide, fixée par la rétraction des parties molles et en particulier des ligaments rétinaculaires. Le test de Haines-Zancolli (1) (fig. 4) permet de rechercher une rétraction du LRO : au début de l'évolution, l'hyperextension IPD est réductible quelle que soit la position de l'IPP. Par la suite, la rétraction du LRO limite la flexion de l'IPD si l'IPP est maintenue en extension. Le test est alors dit positif, et cette positivité signe la rétraction du LRO.

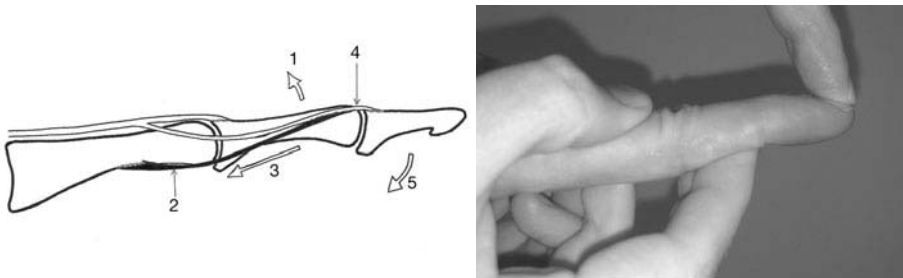


Fig. 4 – Test de Haines-Zancolli. L'examineur maintient l'IPP en extension (1). Si le LRO (2) est rétracté, il met en tension (3) le tendon terminal (4), ce qui limite ou empêche la flexion de l'IPD (5). Le test est alors dit positif.

À un degré d'évolution supplémentaire, l'IPD est fixée en extension quelle que soit la position de l'IPP, l'enroulement harmonieux et complet du doigt n'est alors plus possible, le retentissement fonctionnel sur la prise digito-palmaire est maximal.

En marge de l'examen clinique, seule une radiographie standard est généralement nécessaire afin de rechercher une éventuelle atteinte articulaire.

Au terme de cet examen clinique, la déformation doit être classée. Il convient classiquement de différencier les déformations souples, c'est-à-dire complètement réductibles passivement, et les déformations raides, non réductibles. Un certain nombre de classifications ont été proposées, et celle de Dubert et Tubiana (2) a l'avantage de différencier les stades évolutifs et de s'intéresser non seulement à l'IPP, mais aussi à l'IPD, dont le déficit de flexion est un des éléments fondamentaux à prendre en compte.

- Au stade 1, les mobilités passives sont complètes. Il s'agit de lésions très récentes.
- Au stade 2, la flexion IPD est limitée quand l'IPP est maintenue en extension (test de Haines-Zancolli positif), signant la rétraction du LRO. La flexion de l'IPD reste possible quand l'IPP est en flexion, l'enroulement du doigt reste donc possible.
- Au stade 3, les mobilités passives sont limitées du fait des rétractions des parties molles. L'enroulement digital complet n'est plus possible.
- Au stade 4, les mobilités passives sont limitées du fait de destructions articulaires. Non seulement le flessum IPP est fixé, mais il existe aussi un déficit de flexion limitant encore l'enroulement digital. Ce stade est généralement consécutif à des lésions initiales graves intéressant non seulement l'appareil extenseur et la peau dorsale, mais aussi l'articulation IPP elle-même.

Traitement

Le premier temps du traitement repose impérativement sur l'assouplissement des articulations lorsque celles-ci sont enraidies, par des séances de rééducation spécialisée et le port d'orthèses dynamiques dont le but est de récupérer le maximum d'extension passive de l'IPP. Plusieurs types d'interventions chirurgicales peuvent être proposés dans le traitement des boutonnières, et les indications dépendent du stade évolutif, du degré de gêne fonctionnelle, et de la nature des lésions. On peut séparer les différentes interventions en deux groupes, celles qui reconstruisent l'appareil extenseur (3-6), et celles qui font appel aux ténotomies distales (7), les deux types d'interventions pouvant être associés.

Techniques

Dans la reconstruction anatomique de l'appareil extenseur (fig. 5), la voie d'abord est dorsale. Le premier temps consiste à bien individualiser la bandelette centrale et les bandelettes latérales luxées en palmaire. Celles-ci sont replacées en position dorsale, si besoin grâce à la section des LRT. Le bon état des surfaces cartilagineuses de l'IPP doit être noté, et un léger défaut d'extension passive peut être corrigé par libération du cul-de-sac antérieur à l'aide d'une spatule souple. L'articulation est alors fixée en extension par une broche oblique fine (10/10). Le cal tendineux de la bandelette médiane est réséqué (2 à 3 mm), et la bandelette centrale est ensuite suturée sans tension par points en U. Les parties terminales des deux bandelettes latérales sont ensuite rapprochées par un ou deux points, reconstituant ainsi une aponévrose triangulaire. La flexion de l'IPD doit être vérifiée, et si elle n'est pas obtenue, une ténotomie distale doit être réalisée.

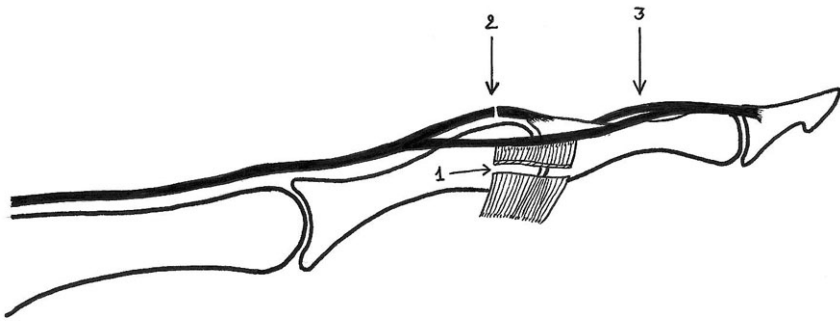


Fig. 5 – Reconstruction anatomique de l'appareil extenseur. Par un abord dorsal, les 3 bandelettes sont individualisées. La section (1) des LRT permet de replacer les bandelettes latérales en position dorsale. Le cal d'allongement de la bandelette centrale est réséqué, et la bandelette centrale est alors suturée (2). Les deux bandelettes collatérales sont rapprochées par deux points (3). L'IPP est maintenue en extension par une broche oblique.

Dans les suites, l'IPP doit rester immobilisée 4 à 5 semaines et l'IPD et la MCP sont mobilisées activement par le patient. La broche est retirée à la fin de la 4^e ou de la 5^e semaine et la rééducation est commencée, associée à une orthèse dynamique d'extension de l'IPP.

La reconstruction de l'appareil extenseur par plastie tendineuse locale ou par greffe est indiquée lorsqu'il existe une perte de substance de la bandelette centrale. Un très grand nombre de plasties ont été décrites, la plupart utilisant une partie des bandelettes collatérales pour reconstruire une bandelette centrale (8, 9).

La plastie de Littler-Eaton (9) associe une ténotomie des bandelettes collatérales et une plastie de la bandelette centrale, elle sera abordée avec les ténotomies.

Enfin, en cas de perte de substance étendue de la bandelette centrale et de l'une ou des deux bandelettes latérales, le recours à une greffe est parfois nécessaire. La technique de sauvetage pour des doigts multiopérés proposée par Oberlin (10) consiste à réaliser un transfert à partir de l'extenseur propre de l'index, prolongé par une greffe de long palmaire.

Ce transfert peut être détendu et donc protégé en postopératoire par la mise en extension du poignet et des MP, l'articulation IPP étant laissée libre et rééduquée pendant les 3 semaines d'immobilisation du poignet.

La ténotomie distale permet de libérer la flexion de la phalange distale en corrigeant l'hyperextension de cette phalange. Cette libération de la flexion est fondamentale dans la récupération d'un enroulement digital satisfaisant et donc d'une bonne fonction. La ténotomie doit donc être réalisée chaque fois que nécessaire, soit isolément, soit associée à une des interventions précédemment décrites si l'hyperextension de la 3^e phalange subsiste.

La ténotomie de l'appareil extenseur au dos de la troisième phalange ou de l'articulation IPD permet bien de libérer la flexion de la troisième phalange, mais entraîne une déformation en maillet. Il est donc conseillé, comme l'a décrit Dolphin (7), de réaliser la ténotomie au dos de la 2^e phalange, juste en amont de l'insertion des LRO (fig. 6). Ainsi, l'extension de l'IPP mettant en tension ces ligaments, l'extension active de l'IPP entraîne automatiquement celle de P3 par un effet de ténodèse active.

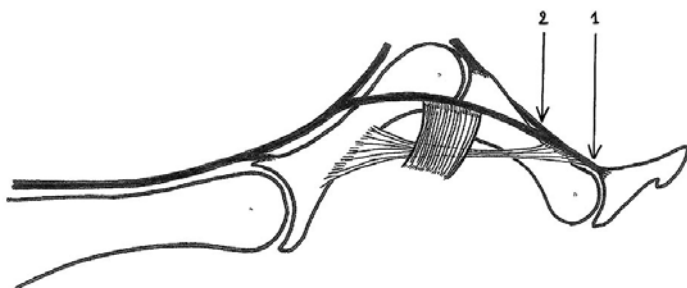


Fig. 6 – Ténotomie de l'extenseur. Ténotomie au niveau du tendon terminal (1). Ténotomie en amont de l'insertion du LRO, permettant de conserver une extension automatique de l'IPD lors de l'extension de l'IPP, par mise en tension du LRO (2).

La technique de Littler-Eaton (9) réalise un double geste : les bandelettes latérales sont ténotomisées et elles sont utilisées pour reconstruire une bandelette centrale. La voie d'abord est dorsolatérale. La ténotomie est réalisée en amont de l'insertion des LRO, les deux bandelettes sont ensuite retournées sur

elles-mêmes et sont suturées ensemble, réalisant ainsi une néobandelette médiane, qui est insérée sur la base de P2 par points transosseux ou ancre.

L'intérêt de réaliser la ténotomie en amont des LRO est de conserver l'extension de P3 grâce à la tension des LRO en extension de l'IPP. Cependant, la conservation du LRO rétracté risque de ne pas libérer suffisamment la flexion de P3. C'est pourquoi un certain nombre d'interventions d'allongement du tendon extenseur et du LRO ont été proposées. Parmi celles-ci, l'allongement à la manière d'une greffe en filet est particulièrement intéressant (11) : il n'y a pas de solution de continuité donc pas de suture et pas d'immobilisation postopératoire, et l'intervention réalisée sous bloc tronculaire bas permet de régler précisément l'allongement, en réalisant à la demande des incisions étagées sur l'appareil extenseur (fig. 7).

Lorsque les surfaces articulaires sont endommagées, des gestes articulaires (arthrodèse ou arthroplastie de l'IPP) peuvent être envisagés.



Fig. 7 – Allongement de l'extenseur à la manière d'une greffe en filet.

Indications

Au stade 1, il s'agit de lésions très récentes, la bandelette centrale doit être suturée.

Au stade 2, la reconstruction anatomique de l'appareil extenseur, telle que décrite dans le paragraphe précédent, est l'intervention la plus logique, en y associant si besoin un allongement de l'appareil extenseur distal. En l'absence de traitement, l'évolution se fera vers l'aggravation de la déformation et son enraidissement.

Au stade 3, l'assouplissement par la rééducation et par le port d'orthèse est le premier temps de tout traitement des boutonnières enraidies. Lorsque l'extension passive complète de l'IPP est obtenue, les indications rejoignent celles du stade 2. Lorsqu'il persiste un flessum non réductible et important de l'IPP, une ténoarthrolyse par voie antérieure peut être envisagée, suivie d'une période de rééducation d'environ 2 à 3 mois. Si le flessum a été ainsi corrigé, les indications rejoignent à nouveau celles du stade 2. Lorsque le flessum n'est pas bien corrigé et reste irréductible, la reconstruction anatomique ne donnera pas de résultat satisfaisant et il faut être extrêmement prudent dans les indications ; le risque est grand, en voulant corriger le défaut d'extension IPP, d'entraîner une limitation de la flexion digitale et donc d'aggraver la situation fonctionnelle. Si la gêne fonctionnelle est limitée, l'abstention

chirurgicale est justifiée. Les patients sont en pratique souvent gênés par l'hyperextension de la troisième phalange qui empêche l'enroulement complet du doigt. Une ténotomie distale et plus précisément un allongement de l'appareil extenseur distal permettent alors d'améliorer la fonction.

Au stade 4, les surfaces articulaires sont atteintes, résultat le plus souvent de traumatismes pluritissulaires intéressant l'appareil extenseur, la peau et l'articulation IPP. Si la gêne fonctionnelle est modérée, l'abstention chirurgicale est licite. En l'absence de douleurs, si la gêne est surtout liée à l'hyperextension IPD, une ténotomie distale isolée peut être indiquée. En cas de douleurs IPP et/ou d'enraidissement en mauvaise position, il faut envisager soit une arthrodèse IPP (30 à 40°), souvent associée à une ténotomie distale, soit une prothèse avec reconstruction éventuelle de l'appareil extenseur. Il faut de toute façon expliquer au patient quelle que soit l'intervention envisagée, que le but est d'améliorer la situation mais que le résultat fonctionnel sera modeste.

Conclusion

La prévention des déformations repose sur la prise en charge adaptée des lésions récentes (rupture sous-cutanée de la bandelette centrale ou plaie). La correction chirurgicale des déformations en boutonnière, quand elles sont installées, a la réputation d'être complexe et de donner des résultats pouvant être aléatoires. Les indications doivent être bien précises en fonction du stade évolutif, et lorsque les lésions sont enraidies, le premier temps du traitement est conservateur et doit permettre de les assouplir. Lorsque l'assouplissement des lésions ne peut être obtenu, les indications chirurgicales doivent être extrêmement prudentes. Dans tous les cas, la gêne est souvent due beaucoup et surtout à l'hyperextension de la 3^e phalange, et la ténotomie distale reste un geste à envisager dans un grand nombre de cas.

Références

1. Haines RW (1951) The extensor apparatus of the finger. *J Anat* 85: 251-9
2. Tubiana R, Dubert T (2000) Classification des déformations des doigts longs liées à un déséquilibre musculotendineux. *Chir Main* 19: 7-14
3. Pardini AG, Costa RD, Morais MS (1979) Surgical repair of the boutonniere deformity of the fingers. *Hand* 11: 87-92
4. Alnot JY, Dunaud JL (1988) *Rev Chir Orthop* 74(suppl 2): 53-6
5. Le Bellec Y, Loy S, Touam C, Masmejean E (2001). Traitement chirurgical de la déformation en boutonnière des doigts long. Etude d'une série rétrospective de 47 patients. *Chir Main* 20: 362-7
6. Masmejean E, Le Bellec Y, Alnot JY (2000) Lésions traumatiques des tendons extenseurs de la main. *Encycl Méd Chir* (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Appareil locomoteur, 14-058-A-10

7. Dolphin JA (1965) Extensor tenotomy for chronic boutonniere deformity of the finger. Report of two cases. J Bone Joint Surg 47A: 161-4
8. Matev I (1969). The boutonniere deformity. Hand 1: 90-5
9. Littler JW, Eaton RG (1967) Redistribution of forces in correction of boutonniere deformity. J Bone Joint Surg 49A: 1267-74
10. Oberlin C, Atchabahian A, Salon A, Bhatia A, Ovie JM (1995) The by-pass extensor tendon transfert. A salvage technique for loss of substance of the extensor apparatus in long fingers. J Hand Surg 20B: 392-7
11. Dubert T (2007) Déformation en boutonnière. Cours européen de pathologie chirurgicale du membre supérieur et de la main. Sauramps Medical, Montpellier, p 319-23

Appareil extenseur : appareillage et rééducation

J.-C. Rouzaud, B. Amara, F. Dusserre, G. Meyer, J.-L. Roux, M. Valverde, B. Rispe, M. Chammas et Y. Allieu

Introduction

Notre prise en charge du traitement des lésions des extenseurs à la main remonte à 1971. Yves Allieu ramenait des États-Unis la technique du Barb Wire (1-3), un fil d'acier avec deux harpons placés dans le tendon et complété par une suture. Il s'agissait en fait d'une suture bloquée. Mais, lors de la dynamisation de la suture, le plomb proximal libéré entraînait de nombreux sepsis.

En 1972, nous proposons une protection par assistance dynamique avec une attelle d'extension couplée à un système de ressort étalonné. Nous appliquons aux extenseurs le principe de Kleinert et ce protocole fut référencé pendant longtemps sous le mauvais terme de Kleinert inversé. En 1978, l'abandon du Barb Wire était définitif.

Plusieurs équipes ont opté pour une assistance dynamique. En 1980, Laboureau et Renevey (17) mettaient sur le marché l'attelle Crabe. En 1984, le protocole de Frère-Moutet-Thomas proposait une mobilisation protégée par attelle de Levame (11). Les travaux que nous avons publiés sur ce sujet soulignent notre intérêt pour cette pathologie. Notre première publication date de 1984. Elle portait sur une série de 120 cas de lésions d'extenseurs (2) donnant un pourcentage d'excellents et bons résultats avoisinant les 80 %. En 1987, nous publions la réalisation d'un assistant par ressort étalonné (23). D'autres publications suivirent en 1988, en 1989 une conférence au GEM, en 1991 (22) une publication, et en 1992 nous communiquons à la Société internationale de rééducation de la main une étude expérimentale portant sur la tension des tendons extenseurs sur cadavre. D'autres publications parurent en 1994, une conférence à la Société française de chirurgie de la main en 1999, enfin une thèse publiée en 1999 reportant 157 cas (18).

Evans (8, 9) proposait, dès 1983, un bloc de neutralisation à 30° limitant l'excursion des tendons extenseurs aux 5 mm fatidiques décrits par Duran (4-7). Cette technique était suivie par un protocole de mobilisation passive (24, 25, 27). Ce principe de précaution nous semblait inutile puisque le protocole que notre équipe avait appliqué depuis 1982 nous donnait d'excellents résultats avec un taux de rupture dans la moyenne de la littérature. Nous avons donc proposé une mobilisation passive contrôlée selon la technique de Duran, le poignet et la MP en position de protection, couplée à une mobilisation assistée par orthèse dynamique (19). La mobilisation assistée par orthèse dyna-

mique d'extension assure une mobilisation sans tension de la suture, autorisant le patient à pratiquer lui-même une automobilisation dans l'orthèse avec une protection suffisante de la suture. La vérification de ce principe a été faite avec un enregistrement électromyographique. Le poignet en extension avec un rappel dynamique sous la première phalange n'entraînait aucune contraction de défense au niveau des extenseurs. Le glissement du tendon visualisé par un insert métallique posé au niveau de la suture confirmait radiologiquement le déplacement du système extenseur au dos de la main d'environ 14 mm, qui correspond à la physiologie d'extension des doigts (20).

Le déplacement suffit à éviter les adhérences et la protection de la suture est assurée par la mise en décharge du tendon (12-15). Cet appareillage, couplé à un système de ressort dynamique étalonné, nous permettait de choisir parfaitement le niveau de protection selon le type de patients et de la localisation de l'atteinte. Les ressorts calibrés et repérés par un code couleur s'échelonnent entre 50 g et 300 g. Le rappel dynamique proposé, après vérification et étude dynamométrique, était de 800 g au niveau des tendons extenseurs (21). Une platine de rappel avec une poulie limitant les efforts de frottement servait à suspendre le doigt lésé et permettait au ressort de jouer son rôle en toute liberté.

Protocole de rééducation postopératoire dans les zones V, VI, VII et VIII

Le poignet est appareillé avec 30° d'extension, un rappel dynamique est installé sur la première phalange favorisant la détente complète et la protection de la suture. Cet appareillage est mis en place à la 48^e heure et conservé jusqu'au terme des trois semaines. La mobilisation passive est entreprise immédiatement dans l'orthèse, le poignet en position de protection en flexion dorsale. La mobilisation des MP peut s'effectuer complètement, contrairement à ce que proposait Evans avec une mobilité totale de la MP de l'ordre de 60 à 80° dès les premiers jours postopératoires (fig. 1). En fonction des zones, une approche différente peut être proposée.



Fig. 1 – Assistant dynamique.

En zone VI, au niveau des juncta tendinosum, un travail expérimental nous permet d'affirmer qu'une lésion se situant en aval des juncta n'impose pas un appareillage des doigts voisins (24). Au contraire, la flexion des doigts voisins au doigt lésé entraîne une détente de la zone suturée. Il est préférable de proposer un appareillage isolé du doigt dont l'extenseur est rompu et il est intéressant de mobiliser ce doigt en gardant les doigts voisins fléchis de façon à obtenir une détente de la suture.

Lorsque les lésions se situent en amont des juncta, une tension s'exerce au niveau de la zone de suture lorsqu'on fléchit les doigts voisins, il est donc possible dans ce cas précis d'appareiller les trois doigts contigus. Pendant la rééducation, tous les doigts doivent être mobilisés ensemble de façon à répartir les tensions par les juncta au niveau de la zone suturée.

Les extenseurs propres du 2 et du 5 doivent faire l'objet d'un travail précis et isolé en particulier pour les musiciens qui nécessitent une récupération complète de l'indépendance du 2^e et du 5^e doigt pour la pratique de leur instrument. La rééducation doit être adaptée à ce type de patient.

En 1992, nous réalisons une étude expérimentale avec une série de mesure sur un avant-bras complet congelé à -50° en conservant toutes les insertions musculaires. Un système de mesure électronique avec minicapteur de force nous permet de mesurer les tensions dans différentes positions du poignet des MP et des IPP. Au niveau de la face dorsale de la MP et au niveau de la face dorsale de la première phalange, c'est-à-dire en zones III, IV et V, les résultats, surprenants a priori, démontrent que la flexion des MP entraîne une détente des bandelettes latérales, ce qui a toujours été prouvé par la mise en détente du système intrinsèque. Mais il n'entraîne pas non plus de tension au niveau de la bandelette médiane. D'autre part, la position du poignet n'interfère pas dans la tension des bandelettes latérales. Ces résultats expérimentaux sont confirmés par les travaux de Newport (Texas) dont l'étude EMG, en 1992, donne exactement les mêmes résultats que les nôtres. Il est donc inutile d'immobiliser le poignet pour des lésions en zones III et IV. Cette détente du système extrinsèque par la mise en flexion de la MP, certainement d'origine lombricale, nous a permis de définir un nouveau protocole d'appareillage et de rééducation.

Les lésions en zones IV, V, VI doivent être appareillées en légère flexion de la MP et non pas en extension comme on le faisait. Cette position a l'avantage de ne pas court-circuiter le système intrinsèque.

Protocole

Actuellement, sans dénigrer le protocole que nous avons recommandé depuis plus de 20 ans pour ses excellents résultats, nous essayons de moduler notre technique d'appareillage.

Zones V, VI, VII et VIII

L'option du dynamique (fig. 2) par rapport au statique s'est imposée à nous progressivement. Il est possible de protéger les sutures d'extenseurs au niveau des zones V, VI, VII et VIII par un appareillage statique mettant le poignet en extension et supportant la première phalange en maintenant les MP en légère flexion (fig. 3).

Les lésions pluridigitales peuvent faire l'objet de la même approche. Soit on met en place plusieurs outriggers qui soutiennent les doigts lésés, soit tous les doigts sont protégés par une plaque palmaire remontant jusqu'à la première phalange (figs. 4 et 5).

Les lésions unidigitales peuvent être appareillées de la même façon avec une potence dynamique sur le doigt lésé ou simplement une butée statique unidigitale sous le doigt lésé laissant les autres doigts libres.



Fig. 2 – Orthèse dynamique zone V.



Fig. 3 – Orthèse statique zone V.



Fig. 4 – Orthèse dynamique pluridigitale.

Fig. 5 – Orthèse statique pluridigitale.



Dans le protocole, l'orthèse est conservée pendant 3 semaines, jour et nuit. La mobilisation active immédiate est mise en place dès le 2^e jour postopératoire. La mobilisation entraîne une flexion passive quasi complète des MP jusqu'à 80° dès les premiers jours en position de protection, c'est-à-dire poignet en extension de 30°. Les IPP et IPD ne sont pas fléchies conjointement. L'extension active sans résistance est demandée dès le début. À partir de la 3^e semaine, la flexion combinée des MP, IPD, IPD est obtenue, l'extension active avec légère résistance dès le 21^e jour. L'enroulement total du poignet, MP IPP IPD, ne peut être fait qu'après 4 semaines. Le traitement de la peau est capital pour libérer les adhérences cutanéotendineuses. La stimulation électrique fonctionnelle peut être envisagée dès la 4^e semaine en présence d'adhérences cutanées.

Zone III

C'est une zone éminemment difficile par les risques d'adhérence secondaire et de la perte de mobilité de l'IPP. L'appareillage dynamique proposé était en extension stricte avec un rappel sur la deuxième phalange et mise des métacarpo-phalangiennes en flexion de 45°. Actuellement, nous nous orientons vers un appareillage segmentaire isolé immobilisant uniquement l'IPP à 0° en ne tenant pas compte de la position des MP et du poignet (figs. 6 et 7).



Fig. 6 – Orthèse dynamique zone III.



Fig. 7 – Orthèse statique zone III.

Dans le protocole, l'orthèse est portée 3 semaines. Les trois premières semaines, on travaille de l'extension active de l'IPP sans résistance pour obtenir un plan de glissement du système extenseur. La flexion active de l'IPP est progressive jusqu'à 30° les premiers jours pour arriver à une flexion active de 60° en fin de semaine s'il n'y a pas de résistance (figs. 14 et 15). On vérifie toujours en fin de mobilisation la persistance d'une extension active totale de l'IPP. Si une perte d'extension active de l'IP s'installe, on arrête la mise en flexion et on ne travaille qu'en extension active. L'extension active de l'IPD est totale et immédiate, entraînant un glissement des bandelettes latérales. La mise en flexion active

de l'IPP sera poursuivie jusqu'à obtention d'une flexion de 80° au terme des trois semaines. Après la 3^e semaine, flexion passive progressive de l'IPP dans le but d'obtenir progressivement 90° de flexion puis 100 à 110°. Puis, on applique le traitement de la peau avec décollement de la cicatrice pour libérer les plans sous-cutanés. La flexion passive couple IPP IPD est progressive jusqu'à récupération complète. Il faut conserver l'extension active totale de l'IPP.

En cas de perte de l'extension active, on arrête la rééducation à cause de la possibilité de distension du cal fibreux avec risque d'apparition secondaire d'une déformation en boutonnière.

Si la boutonnière s'installe, il ne faut pas laisser un flessum se fixer. Mettre en place un tube d'extension jusqu'à remise en tension du système d'extension. Si le flessum se fixe, on utilise les orthèses de correction type lame de Levame en début de traitement, puis un appareillage statique dynamique et enfin un Capener pour récupérer les derniers degrés d'extension. Ensuite, fixer le résultat par un tube d'extension statique pendant trois semaines. Au terme des trois semaines si l'extension active de l'IPP est obtenue, il convient de reprendre alors le protocole de début. Si l'extension active de l'IPP n'est pas obtenue, une prise en charge chirurgicale est nécessaire pour reconstruction de l'appareil extenseur.

Zone I : doigt en maillet

Notre préférence va au traitement orthopédique par attelle si la lésion est fermée. L'attelle de Stack donnant des résultats incomplets, nous avons opté pour une attelle dorsale collée.

Dans le protocole, l'orthèse dorsale est réalisée dans un thermoplastique fin de 1,6 mm d'épaisseur avec microperforations (fig. 15). L'IPD ne doit pas être mise en hyperextension par risque de nécrose cutanée. L'immobilisation est stricte pendant 8 semaines avec ablation de l'orthèse par le rééducateur pour vérification de l'état de la peau toutes les deux semaines. Une nouvelle orthèse est posée après avoir laissé la peau s'aérer. Si la peau montre des signes de souffrance, un pansement fin type seconde peau hydrocolloïde est inséré entre la peau et l'orthèse. Au terme des 8 semaines, une attelle palmaire amovible est posée pour 2 semaines supplémentaires. Celle-ci est portée en permanence la nuit, et le patient est autorisé à l'enlever dans la journée pour les soins d'hygiène et un début d'utilisation du doigt lésé. La rééducation n'est pas recommandée. Il faut demander au patient de ne pas chercher à forcer sur la flexion de l'IPD. Au bout des 2 semaines, le patient est testé et évalué. Si l'extension active de l'IPD est conservée, le résultat est acquis et le patient est revu à 3 semaines d'intervalle pour vérifier la stabilité du résultat.

Si l'extension active de l'IPD n'est pas totale, une nouvelle tentative d'orthèse collée dorsale pendant 3 semaines supplémentaires est proposée. Si au terme des 3 semaines supplémentaires le déficit persiste, une solution chirurgicale pourra être envisagée et proposée au patient.

Colonne du pouce

Au niveau du pouce, la proposition est identique avec un appareillage dynamique présentant un rappel sur l'IP du pouce pour les lésions du long extenseur ou du long abducteur.

En zone VII, nous proposons actuellement pour un extenseur du pouce en zone VII un gantelet anti-brachio-palmaire mettant la colonne du pouce en rétro-pulsion (figs. 8 et 9). En zone V, le même type d'appareillage est proposé en statique (figs. 10 et 11). En zone IV, on propose un appareillage dynamique avec un rappel d'extension sous l'IP ou une pièce de paume libérant le poignet et remontant jusqu'à l'extrémité de l'IP du pouce (fig. 12). En zone III, elle est appareillée dans les mêmes conditions. En zone II, s'assimilant à une déformation de doigt en maillet, elle fera l'objet d'un appareillage statique n'immobilisant que la première et la deuxième phalange du pouce, laissant libre complètement la méta-carpo-phalangienne et, bien évidemment, le poignet (fig. 13).

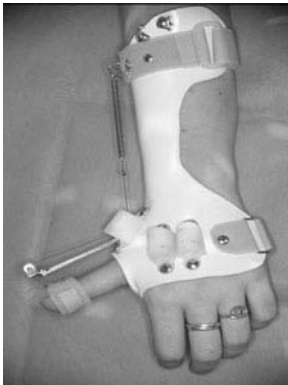


Fig. 8 – Orthèse pouce dynamique zone VII.



Fig. 9 – Orthèse pouce statique zone VII.



Fig. 10 – Orthèse dynamique pouce zone V.



Fig. 11 – Orthèse pouce statique zone V.



Fig. 12 – Orthèse pouce statique zone IV.

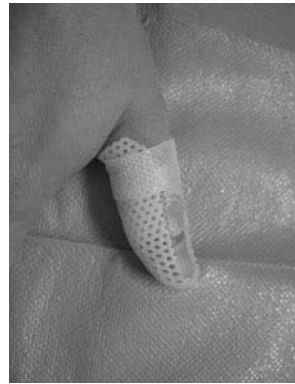


Fig. 13 – Orthèse statique pouce zone I.



Figs. 14 et 15 – Mobilisation active immédiate zone III.



Fig. 16 – Orthèse collée pour doigt en maillet.

Les lésions combinées du pouce et des doigts longs peuvent être appareillées de la même façon par un appareillage statique mettant en détente toutes les sutures qui ont été réalisées à la face dorsale de la main.

Discussion

Pour comparer ces deux techniques et vérifier leur fiabilité, nous avons revu 260 patients sur dossiers faisant l'objet d'un traitement postopératoire en statique. La répartition de la série donne 70 % de lésions des doigts longs, dont 29 % en zone V, 16 % en zone VI, et VII en multilésions. Nous avons 31 % des lésions en zone III. Les lésions de la colonne du pouce représentent 29 %.

La méthode utilisée comme principe d'évaluation est le TAM, avec un comparatif par rapport au côté controlatéral. On considère un score TAM bon s'il est supérieur à 75 % au côté controlatéral, médiocre entre 50 à 75 % et mauvais en dessous de 50 %. Nous avons considéré qu'un TAM normal au niveau des doigts longs est de 280 et, au niveau du pouce, de 220. Les évaluations comparatives ont été faites par rapport à la série qui avait été publiée en 1989, 1999 et notre méthode statique actuelle.

En 1999, nous avons 9,2 % de rupture contre 2 % de rupture avec les techniques statiques. Au niveau des lésions des doigts longs en zone V, la série montre 62 % en 1984, 81 % en 1989 et 93 % en 1999, d'excellents et bons résultats. En zone III, nous avons 52,8 % d'excellents et bons résultats avec un

appareillage dynamique en 2 et 3. Avec l'appareillage statique, nous passons à 61 % d'excellents et bons résultats avec un défaut d'extension qui se situe entre 0 et moins 10° sur 76 % d'écart. Au niveau de la colonne du pouce, nous avons obtenu 79 % d'excellents et bons résultats contre 87 % avec la méthode statique.

Ce protocole de soins postopératoires utilisant la méthode d'appareillage statique par rapport à l'appareillage dynamique ne peut être envisagé que s'il est couplé avec une mobilisation active précoce immédiate. Si ce n'est pas le cas, la conséquence est un enraidissement et une adhérence irrémédiable du tendon extenseur. Cette mobilisation postopératoire immédiate au niveau des IPP et IPD en flexion extension peut être réalisée sans risque comme l'ont montré les travaux expérimentaux que nous avons réalisés (25). La protection des sutures dans cette position est totale. L'appareillage statique doit être conservé pendant trois semaines.

Ce protocole est l'expression de notre volonté de simplifier au maximum le traitement. Certains auteurs ont souvent affirmé que les lésions des tendons extenseurs pourraient donner de bons résultats même si on ne faisait rien. Nous avons voulu par cette évolution nous situer à mi-chemin entre l'insuffisance et l'excès thérapeutique. Il faut faire ce qui est nécessaire et cela dans de bonnes conditions pour avoir un taux d'excellents et bons résultats, si tel n'est pas le cas, nous nous exposons à des complications par l'apparition d'adhérences redoutables, ne laissant leur chance aux patients que par une reprise chirurgicale dont les résultats sont souvent insuffisants et difficiles.

Notre but est de proposer à nos patients un appareillage moins encombrant, plus social, rendant leur vie plus facile aussi bien dans la journée que pendant la nuit, supprimant ces outriggers agressifs pour les conjoints, permettant un habillage et un déshabillage plus aisé. La protection, en revanche, doit être totale. Ce protocole est plus facile à contrôler finalement puisque les patients sont immobilisés en dehors des séances de rééducation, assurant une protection totale durant la nuit.

Conclusion

Nous ne sommes pas les seuls à pratiquer cette évolution puisque, en Pennsylvanie, Mark et Walsh avaient proposé un comparatif entre statique en dynamique pour la prise en charge des extenseurs au niveau des zones 3. En 2000, Khandwala, Webb et Harris (16) proposaient une série de 50 patients revus avec 93 et 95 % d'excellents et bons résultats et, en 2003, le Mount Vernon Hospital avec Jones a présenté une série de 65 patients utilisant la méthode statique. Le tandem Harris et Elliot s'oriente vers la même technique de protection statique des extenseurs avec une prise en charge par mobilisation active précoce identique aux fléchisseurs.

Références

1. Allieu Y (1977) L'utilisation du Barb Wire de Jennings en chirurgie de la main. Note de catamnèse. *Ann Chir Main* 31: 359-61
2. Allieu Y, Asencio G, Gomis R, Tessier J, Rouzaud JC (1984) Suture des tendons extenseurs de la main avec mobilisation assistée. À propos de 120 cas. *Ev Chirur Orthop* 70S: 68-73
3. Allieu Y, Romieu C (1971) L'utilisation du Barb Wire de Jennings dans les sutures tendineuses. Absence d'immobilisation postopératoire. *Ann Chir Main* 25: 987-94
4. Chow JA, Dovel S, Thomes LJ, Ho PK, Saldana J (1989) A comparison of results of extensor tendon repair followed by early controlled mobilisation versus static immobilisation. *J Hand Surg* 14B: 18-20
5. Duran RJ, Houser RG (1975) Controlled passive motion following flexor tendon repair in zones 2 and 3. In *AAOS Symposium on tendon surgery in the hand*. Mosby Co, St Louis, p 105-14
6. Duran R, Houser RJ, Coleman CR, Stover MG (1987) Management of flexor tendon lacerations in zone 2, using controlled passive motion postoperatively. In: *Tendon surgery in the hand*, Hunter Schneider and Mackin (eds), p 178-86
7. Elliot D, MC Grouther DA (1986) The excursions of the long extensor tendons of the hand. *J Hand Surg* 11B: 77-80
8. Evans R, Burkhalter W (1983) Early passive motion in complex extensor tendon injury. Second International meeting of American Society of Hand Therapists. October 19, Boston.
9. Evans R, Burkhalter W (1986) A study of the dynamic anatomy of extensor tendons and implications for treatment. *J Hand Surg* 11A: 774-9
10. Foucher G, Merle M, Michon J (1977) Traitement tout en un temps des traumatismes complexes de la main avec mobilisation précoce. *Ann Chir Main* 31: 1059-63
11. Frère G (1982) Intérêt d'une mobilisation relative par appareil de Levame en postopératoire immédiat des lésions traumatiques récentes de l'appareil extenseur des doigts longs. Réunion du GEM, Lyon, 21-22 mai
12. Gelberman RH, Amifl D, Gonsalves M, Woos S, Akeson WH (1981) The influence of protected passive mobilization on the healing of flexor tendons. A biochemical and microangiographic study. *Hand* 2: 120-8
13. Gelberman RH, Botte M, Spiegelman JJ, Akeson WH (1986) The excursion and deformation of repair flexor tendons treated with protected early motion. *J Hand Surg* 11A: 106-10
14. Gelberman RH, Manske PR (1987) Effects of early motion on the healing process: experimental studies. In: *Tendon surgery in the hand*, Hunter Schneider and Mackin (eds), p 170-7
15. Kerr C, Burvaz JR (1989) Dynamic traction after extensor tendon repair in zones 6, 7, and 8: a retrospective study. *J Hand Surg* 14B: 21-2
16. Khandwala AR, Webb J, Harriss B, Foster AJ, Elliot D (2000) A comparison of dynamic extension splinting and controlled active mobilization of complete divisions of extensor tendons in zone 5 and 6. *J Hand Surg* 25B: 140-6
17. Laboureaux JP, Renevey A (1980) Utilisation d'un appareil personnel de contention et de rééducation segmentaire élastique de la main type crabes. *Ann Chir Main* 25: 165-9
18. Mallet JL (1999) Les traumatismes des tendons extenseurs à la main. Thèse d'Université, Montpellier 1

19. Mildenberger L, Amadio PC, Kai Nan A (1986) Dynamic splinting: A systematic approach to the selection of elastic traction. *Arch Phys Med Rehabil* 67: 241-4
20. Philips GF, Grouther DA, Andrews BJ (1985) Finger mobility following flexor tendon repair. *J Hand Surg* 10B: 337-9
21. Roberson L, Breger D, Buford W, Freeman M (1988) Analysis of the properties of Scovac Springs and their Potential use in dynamic splinting. *J Hand Therapist* 1: 110-4
22. Rouzaud JC (1991) L'appareillage et la rééducation dans les lésions traumatiques des tendons fléchisseurs et extenseurs à la main. *Cahier d'Enseignement de la société française de chirurgie de la main*. Expansion scientifique française, Paris 3: 17-35
23. Rouzaud JC, Allieu Y (1987) L'assistant dynamique chiffré par ressort spiral étalonné dans l'orthèse de la main. *Ann Chir Main* 6: 255-9
24. Rouzaud JC, Allieu Y, Benichou M (1990) Les lésions des tendons extenseurs de la main. *Ann Kinesither* 17: 255
25. Strickland J, Glogovac V (1980) Digital function following flexor tendon repair in zone 2: a comparison of immobilisation and controlled passive motion techniques. *J Hand Surg* 5A: 537-43
26. Tubiana R (1968) Surgical repair of the extensor apparatus of the finger. *Surg Clin N Am* 48: 1015-31
27. Weber E (1987) Nutritional pathways for flexor tendons in the digital theca. In: *Tendon surgery in the hand*, Hunter, Schneider and Mackin (eds). P 91-9

Tendons fléchisseurs : plaies récentes sans perte de substance tendineuse

D. Le Nen

Introduction

Les lésions des tendons fléchisseurs ont une gravité fonctionnelle souvent sous-estimée par les patients voire les médecins eux-mêmes. Leur prise en charge commence dès l'arrivée du patient dans la structure médicale ou chirurgicale d'accueil, par l'interrogatoire, l'examen de la main, enfin l'examen de la plaie pour dépister des lésions parfois minimales (1-3). Mais le traitement de ces lésions ne s'arrête pas à la sortie du bloc opératoire et un suivi draconien, avec un protocole de rééducation protégée adapté, représentent le seul garant d'un bon résultat à long terme.

S'il existe des situations où les lésions, par trop évidentes, conduisant d'emblée à la salle d'opération sans retard : plaies largement ouvertes, amputation ou sub-amputations, la plupart sont plus sournoises et nécessitent un examen systématique méticuleux. Dans le cadre des plaies sévères de la main, les lésions tendineuses s'intègrent dans un cortège de lésions qu'il faudra traiter le plus complètement possible, avec pour objectif un « traitement tout en un temps avec mobilisation précoce ».

La chirurgie des tendons fléchisseurs reste ingrate, car son succès est largement tributaire d'un certain nombre de facteurs, comme l'aspect de la plaie, l'état local (lésion des poulies, des paquets vasculo-nerveux, contamination sévère source d'infection, etc.), la technique de suture, le terrain, la motivation du patient, et enfin, facteur primordial, la rééducation fonctionnelle. L'ensemble des chirurgiens s'accorde pour dire que la chirurgie secondaire des fléchisseurs donne de mauvais résultats (jusqu'à 70 %) ; aussi toutes les chances de succès de cette chirurgie sont dans le caractère sérieux, complet et atraumatique de la prise en charge initiale.

Diagnostic

Interrogatoire

Le patient est habituellement vu dans le cadre d'une « plaie de la main ». Il conviendra de récolter les données habituelles de l'interrogatoire et certains aspects particuliers.

Concernant le blessé, il faut rechercher les éléments suivants : âge, tares éventuelles, côté dominant, profession, etc.

Concernant l'accident, il faut rechercher les éléments suivants : heure de l'accident, agent vulnérant, à l'origine : d'une plaie franche parfois « rassurante » mais souvent pénétrante (verre, lame, arête métallique) ; d'une plaie déchiquetée avec contusion associée éventuelle (toupie, scie circulaire, tondeuse...) ; d'une plaie avec écrasement (presse, rouleaux, tapis roulant, essoreuse...) qui comporte deux risques évolutifs aggravants : la nécrose cutanée secondaire et la rétraction ischémique des muscles intrinsèque.

Il est important de noter la position de la main lors de l'accident, qui conditionne le siège des sections des fléchisseurs par rapport à la plaie. Il n'est d'ailleurs pas toujours aisé de recueillir cette information. Par exemple, si une plaie antérieure devant la deuxième phalange d'un doigt long est produite par un couteau, doigt en extension, l'extrémité distale du tendon FCP sectionné se situera au niveau de la plaie, le tendon proximal sera rétracté. Il sera aisé, pour récupérer le tendon distal, de fléchir l'IPD. Si, en revanche, la plaie s'est produite, doigt refermé sur le couteau, donc en forte flexion, lors de l'examen, doigt en extension, le tendon distal sera éloigné de la plaie. Surtout, dans ce cas, s'il s'agit d'une lésion partielle, elle peut passer totalement inaperçue si l'examen de la plaie se cantonne à celle-ci et que le doigt n'est pas mobilisé pour rechercher la lésion du fléchisseur !

Inspection

Les caractéristiques et le siège de la lésion cutanée conditionnent la technique de réparation et les perspectives de cicatrisation : simple ou avec une perte de substance, interdisant alors la suture cutanée directe ; franche ou contuse avec le risque de désunion, de nécrose ou d'infection ; déchiquetée déterminant un ou des petits lambeaux exposés à la nécrose.

Il est important de noter la visualisation au travers de la plaie d'une zone cartilagineuse (= plaie articulaire), d'un tendon (ce qui signifie déjà au moins une ouverture de la gaine) ou d'autres structures dites « nobles ». Une déformation évidente oriente vers une fracture déplacée associée ou une luxation.

Les inclusions éventuelles, septiques (d'origine tellurique...), peuvent justifier une antibiothérapie électorale ; de corps étrangers solides, métalliques ou autres ; de peinture, d'huile, sources éventuelles de nécroses toxiques, dans le cadre d'injections sous pression.

Mais l'aspect de la main ne permet pas de préjuger des lésions tendineuses ou vasculo-nerveuses sous-jacentes qui peuvent exister sous les plaies les plus simples même de petite dimension ; d'où le caractère indispensable et systématique, quelle que soit la plaie : d'une part de l'examen de la main à la recherche des lésions tendineuses et/ou vasculo-nerveuses, d'autre part de l'examen de la plaie, sous anesthésie locale ou locorégionale (bloc opératoire).

Examen de la main

Il a pour objectif de rechercher la lésion tendineuse ainsi qu'une lésion associée. Un testing rapide évalue dans une certaine mesure l'état des tendons fléchisseurs. Dès l'inspection, la perte de la cascade digitale physiologique des doigts longs, main au repos sur une table, témoigne directement de la lésion des fléchisseurs (fig. 1). La perte de l'effet dit de « ténodèse » physiologique des fléchisseurs et des extenseurs d'un ou de plusieurs doigts selon le siège de la plaie, au cours de la flexion/extension passive du poignet, est un signe de section tendineuse (fig. 2). Ce testing est utile chez les patients inconscients. Un autre test, également passif, consiste à assurer une pression sur les muscles de l'avant-bras qui doit en principe produire une flexion des doigts. Le testing actif du fléchisseur superficiel (fléchisseur électif de l'interphalangienne proximale, après avoir bloqué le fléchisseur profond par une extension des doigts non testés = effet quadrigé) (fig. 3) et du fléchisseur profond (fléchisseur électif de l'interphalangienne distale) est facile et rapide, mais peut être limité par la douleur. Il impose de toute manière l'exploration de la plaie à la recherche d'une lésion partielle, le testing étant dans ce cas faussement rassurant, en raison de la continuité du tendon. Il existe des pièges : le FCS du cinquième doigt est absent dans un tiers des cas, de même parfois celui de l'annulaire.

La lésion pouvant être incomplète, toute plaie sur le trajet d'un tendon doit être explorée. Le risque serait de passer à côté d'une lésion partielle qui conduira, soit à une rupture secondaire, soit à la cicatrisation avec un « tendinome », pouvant créer des phénomènes de blocages dynamiques.

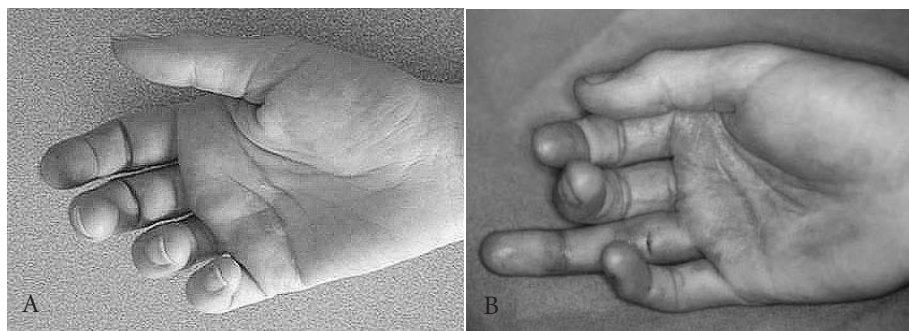


Fig. 1 – **A.** Main au repos : il existe une cascade digitale spontanée, les doigts se présentant en légère flexion, et le degré de flexion augmentant progressivement à mesure que l'on se dirige vers les doigts ulnaires. **B.** La « rupture » brutale de cette cascade indique de manière évidente, avant même l'exploration, la section des tendons fléchisseurs du doigt en extension (ici l'annulaire).

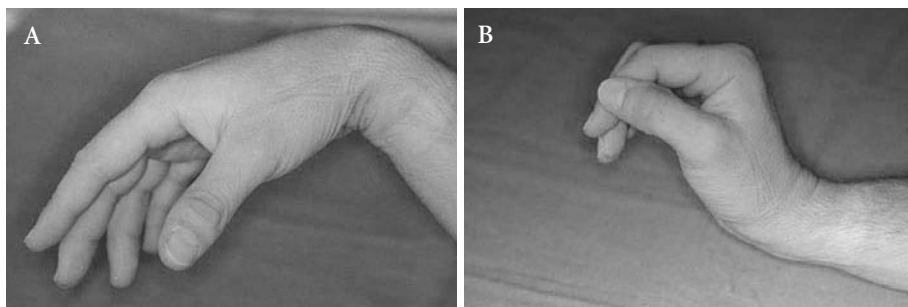


Fig. 2 – La mobilisation passive du poignet, patient détendu, entraîne un positionnement des doigts de manière automatique : **A.** en flexion palmaire du poignet, les extenseurs sont mis en tension, il y a donc extension des doigts longs ; **B.** en flexion dorsale du poignet, les fléchisseurs sont mis en tension, il y a donc flexion des doigts longs.



Fig. 3 – Effet quadrigé. Ici, il s'agit du testing du FCS de l'annulaire. Afin de tester ce tendon, il faut placer les autres doigts en hyperextension passive, ce qui a pour effet de « neutraliser » le FCP de tous les doigts et donc celui du doigt testé.

L'état vasculaire, artériel et veineux, et un examen sensitif sont essentiels. La palpation des reliefs osseux et des articulations recherche une douleur et/ou une déformation dans le cas d'une fracture (= fracture ouverte) ou d'une luxation.

À ce stade de la prise en charge et avant même l'exploration de cette plaie, il nous paraît primordial de disposer d'une radiographie pour dépister ou confirmer des lésions osseuses associées : fracture, avulsion osseuse par arrachement tendineux ou ligamentaire, et pour rechercher des corps étrangers radio-opaques.

Examen de la plaie

L'exploration de la plaie permet parfois de confirmer l'impression clinique de section tendineuse, au contraire, en cas d'examen normal, il faudra rechercher à tout prix une plaie partielle qui, si elle n'est pas reconnue, peut conduire à une rupture secondaire ou à des phénomènes de blocage du doigt. Lorsqu'un geste est envisagé, c'est au bloc opératoire, dans de bonnes conditions, sous anesthésie au moins locorégionale, qu'il sera réalisé.

Classification topographique des lésions

La lésion reconnue, il importe d'en établir une classification topographique, dans un but descriptif, mais aussi avec l'objectif d'évaluer et de comparer. En effet, la situation et le pronostic sont très différents selon que l'on se trouve devant une lésion des tendons dans le canal digital ou dans la paume, de même devant une lésion isolée du FCS ou du FCP et une section des deux tendons fléchisseurs. De nos jours, la classification adoptée par la Fédération internationale des Sociétés de chirurgie de la main en 1980 demeure la référence, avec des zones différentes pour le pouce et les doigts longs (4). Elle reprend pour l'essentiel celle proposée par Verdan et Michon en 1961. Elle divise le poignet et la main en zones qui caractérisent chacune la position des deux tendons fléchisseur commun profond (FCP) et fléchisseur commun superficiel (FCS) l'un par rapport à l'autre, et leur relation avec les structures environnantes, en particulier vasculo-nerveuses (fig. 4). La zone I est en aval de l'IPD, où il n'y a plus que la terminaison du FCP. La zone II est la zone « no man's land » de Bunnel, caractérisée par un canal ostéo-fibreux. Les fléchisseurs y sont à l'étroit dans un tunnel inextensible, et la vascularisation mixte précaire. Les zones III (paume), IV (canal carpien), V (avant-bras) en amont du canal digital, sont caractérisées par une bonne vascularisation tendineuse et une course tendineuse beaucoup plus libre.

Cette classification s'applique au pouce où il n'existe qu'un seul tendon, le long fléchisseur du pouce. La zone TI correspond à l'insertion distale du tendon sur P2, la zone TII au canal digital, devant la première phalange et la zone TIII dans la paume. Ensuite, nous retrouvons les zones IV et V, identiques à celles des doigts longs.

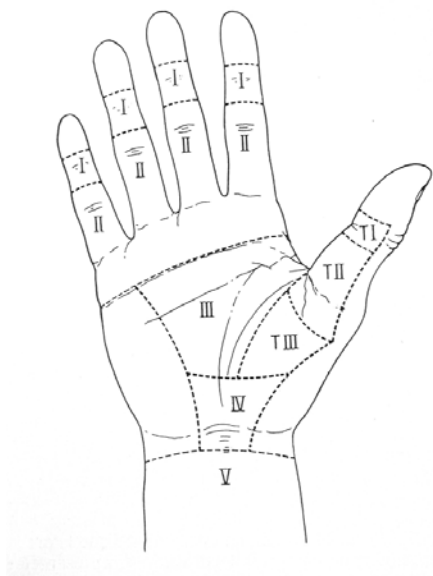


Fig. 4 – Classification topographique adoptée par la Fédération internationale des Sociétés de chirurgie de la main. D'après Dap (4).

La réparation tendineuse : principes

De manière générale, il existe un consensus pour dire que la suture tendineuse doit associer un point tendineux central et un surjet périphérique (5-7). Le point tendineux central comprend des segments longitudinaux (a) qui maintiennent la continuité entre les deux extrémités, et des segments transversaux (b), assurant l'ancrage et la solidité du point, prévenant l'effet « cisaillement » du fil (fig. 5). Le surjet périphérique a un rôle essentiel car il parfait le contact tendineux en périphérie, facilite le passage du tendon dans le canal digital, et renforce la suture.

Le but des travaux actuels est d'améliorer la résistance de la suture à la rupture et à l'élongation du cal, en agissant sur : le type de fil, la position et le nombre des nœuds, le nombre de segments longitudinaux, les types de segments transversaux, enfin, le type de surjet périphérique. Nous allons revenir sur chacun de ces aspects.

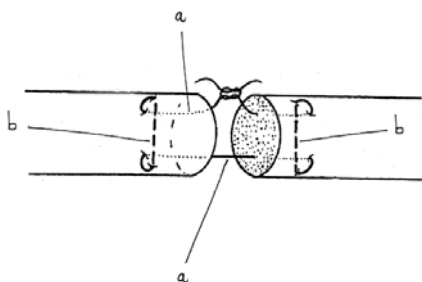
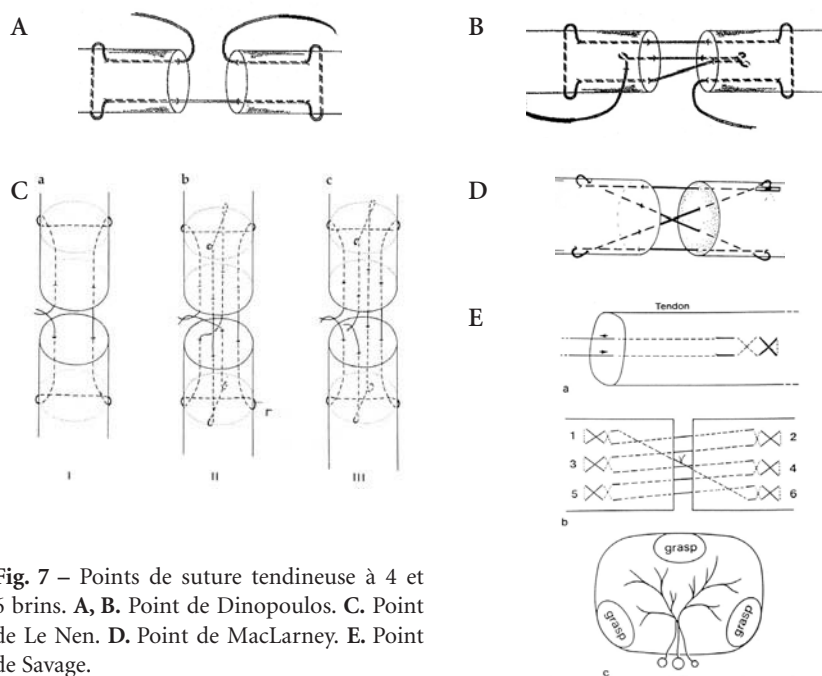
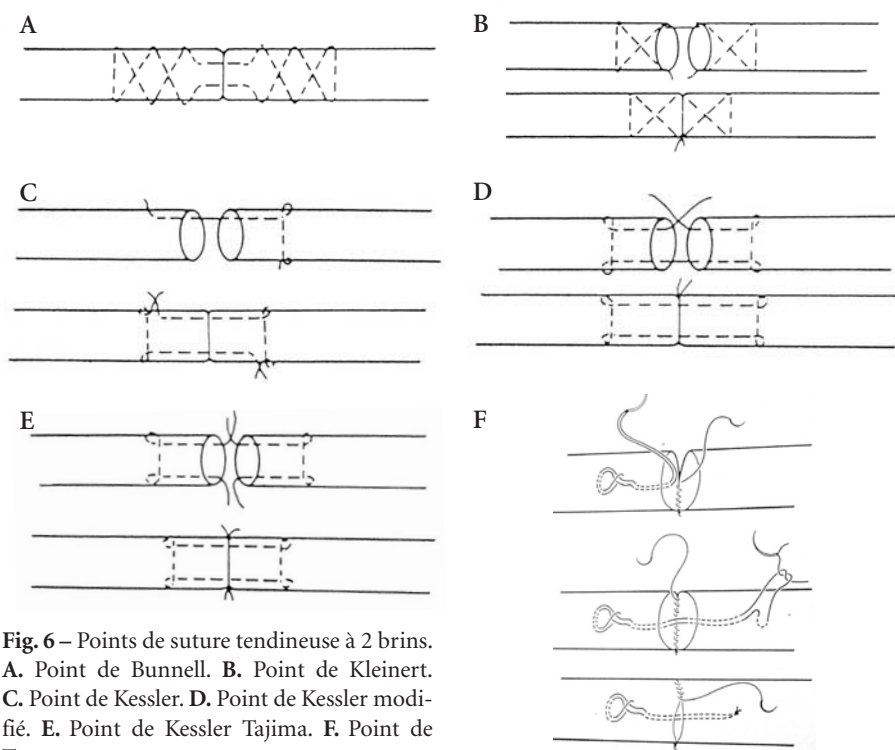


Fig. 5 – Point de Kessler modifié. a : segment longitudinal ; b : segment transversal.

Concernant le type de fil, en général, des fils de diamètre 3/0 ou 4/0 sont employés. Le surjet périphérique est réalisé avec un fil très fin, en général un 6/0. Le fil non résorbable, monobrin, a la préférence de la plupart des auteurs, bien qu'il n'y ait pas de consensus.

Concernant le nombre de brins, la tendance actuelle est la suture à 4 brins (voire 6 brins, comme avec le point de Savage) (8), qui augmente la résistance à la traction, mais au prix d'une technique plus difficile et d'un encombrement de la suture (figs. 6, 7). Dans un travail personnel, nous avons retrouvé une résistance en traction moyenne de 1 620 g avec un Kessler modifié à deux brins, contre une résistance moyenne de 2 744 g avec un Kessler modifié à quatre brins (10). Les brins peuvent être : parallèles (9), réalisés dans deux plans orthogonaux (10, 11), croisés (12, 13)... La technique de McLarney semble proche de la technique idéale car, pour Strickland (14), elle semble plus solide que les autres techniques à quatre brins.

Les brins doivent au mieux occuper la moitié antérieure du tendon, pour éviter de perturber la vascularisation tendineuse. Une suture dans la partie postérieure du tendon est plus résistante qu'une suture sur le versant palmaire, mais elle est plus ischémiant (15, 16).



La limite de la multiplication des brins dépend de la complexité de la suture (surtout dans un champ limité), la manipulation agressive du tendon (source d'adhérences), l'inflammation majorée par le matériel étranger (vrai si l'on utilise un fil résorbable) et l'encombrement de la suture (source de blocage, de tension, de rupture).

Les segments transversaux sont importants à considérer. L'ancrage transversal est indispensable à la qualité et la résistance de la suture, créant un véritable point en cadre ; il siège généralement à 8-10 mm de la berge tendineuse. Sa réalisation impose d'exposer les berges du tendon et donc d'ouvrir le canal digital sur quelques millimètres (cf. infra). Deux types d'ancrage transversal sont utilisés.

Le point appuyé ou « locking suture » (fig. 8) ; la boucle se serre autour des faisceaux de collagène lorsque le fil est en tension. Ici, le segment transversal (ST) doit passer en dessous du point de pénétration maximum.

Le point bloqué ; le fil est bloqué sur lui-même par endroit, donc il ne peut plus coulisser dans le tendon : c'est le cas pour certains types de suture tel le Tsuge, qu'il soit à 2, 4 ou 6 segments transversaux.

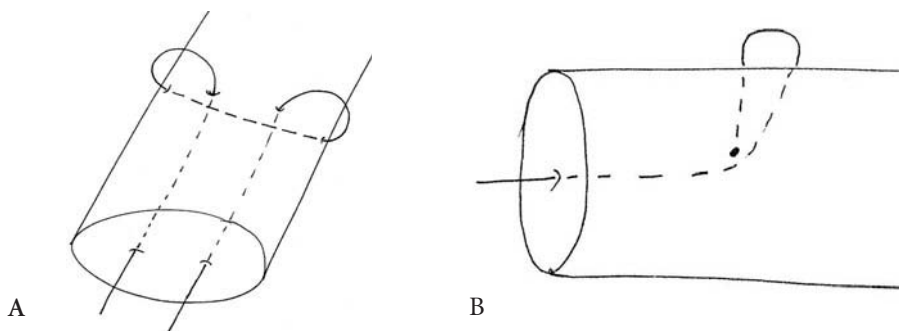


Fig. 8 – A et B. Point appuyé, la boucle se serre autour des faisceaux de collagène lorsque le fil est en tension. Le segment transversal doit passer en dessous du point de pénétration maximum.

Le siège et le nombre de nœuds sont des facteurs essentiels. Sa localisation idéale semble être la tranche de section, évitant le conflit entre tendon et poulie. Mais certaines études montrent que la résistance du nœud augmente si celui-ci est situé à l'extérieur, le risque en contrepartie étant d'augmenter la friction endocanalaire (9, 13, 17). Dans la mesure du possible, le nœud sera positionné latéralement (5, 15). Il y a une relation directe entre le nombre de nœuds à la surface du tendon et l'importance de la friction. Les travaux sur animal d'Amadio ont confirmé l'importance péjorative de la multiplication des boucles et nœuds (5). Pour ces raisons en particulier, Amadio préfère le Kessler modifié à la technique de Tajima, dont les nœuds sont internes et les boucles moins nombreuses. Toujours dans notre étude expérimentale, nous avons montré que la multiplication des nœuds réduisait la résistance de la

suture : le double Kessler modifié avec un nœud (= un seul fil) avait une résistance moyenne de 2 744 g, le double Kessler modifié avec deux nœuds (= deux fils) avait une résistance moyenne à la traction de 2 161 g (10).

Le nœud doit être plat, réalisé avec une même tension sur chaque brin (en cas de blocage, il existe un risque de cassure). Si le serrage est fait en tension, la suture prendra un aspect « tampon de wagon » ; il faut au contraire simplement affronter les extrémités tendineuses.

Le surjet périphérique « homogénéise » la tranche de suture, et diminue donc les contraintes de friction dans le canal digital. Ainsi, le surjet augmente considérablement la résistance à l'allongement et à la rupture de la suture axiale. Un fil très fin, monobrin, sera utilisé. Plusieurs types ont été décrits, mais nous employons le surjet simple.

En pratique, quelle technique proposer ? La technique de suture dépend du chirurgien et des écoles. Ceci étant, la technique est soumise aux contraintes de solidité pour permettre au mieux une rééducation active protégée.

La tendance est de proposer pour un FCP une suture centrale appuyée ou bloquée, à 4 voire 6 brins, de diamètre 3/0 ou 4/0, associée à un surjet périphérique au 6/0.

Nous restons fidèles à la technique proposée par Merle : l'hémi-surjet postérieur (prolène 6/0) est débuté, suivi par des points axiaux (Tsuge simple voire 2 Tsuge si gros FCP ; ou encore 2 points en cadre de Tajima-Kessler) ; enfin par l'hémi-surjet antérieur (16). Amadio propose deux sutures axiales : un point de Kessler avec du fil 3/0 et un point de Tajima avec du 4/0 ; le surjet est fait avec du fil 6/0, et les boucles sont verrouillées (5). Pour le FCS, composé de « bandelettes » plates, il existe aussi plusieurs possibilités : les points de Kessler modifié et de Becker modifié semblent les plus résistants ; le point en X peut aussi être proposé (7). Nous restons fidèles au point en U.

Techniques selon le siège lésionnel

Lésions hors du canal digital

Dans la mesure où il existe moins d'impératif d'encombrement, la suture devra être solide, pouvant alors autoriser une mobilisation plus précoce et active : points de Kessler doubles, Tsuge à 4 brins, points de Becker, Pullvertaft. Dans notre expérience, un fil de diamètre 3/0 est volontiers utilisé.

Lésions à l'insertion sur la phalange distale (fig. 9)

La technique de Bunnell est supérieure à celle de Kessler ; la réinsertion idéale est plutôt transosseuse, à travers l'ongle ou en amont de la matrice. Le barbwire est parfois préconisé (6, 18), les ancrs plus volontiers actuellement, ou la technique de Mantero (4, 19).

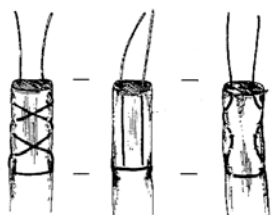


Fig. 9 – Réinsertion distale par points de Bunnell, Kessler, Kleinert.

Principes généraux de la réparation tendineuse

L'intervention chirurgicale est réalisée sous garrot pneumatique à la racine du bras et au mieux sous grossissement optique, surtout en zone II. La suture doit être atraumatique, suffisamment solide, simple, avec une hémostase soigneuse qui prévient l'hématome et donc le risque d'adhérences. La procédure respectera les règles de chirurgie de la main d'agrandissement des plaies opératoires (incisions en baïonnette, obliques, etc.).

Attitude vis-à-vis du canal digital

Dans le cadre des plaies en zone II, l'ouverture de la gaine est souvent nécessaire pour exposer les extrémités tendineuses et réaliser les sutures. Il vaut mieux respecter au maximum les poulies annulaires et donc s'agrandir entre celles-ci, au niveau des poulies cruciformes (5). Il faut respecter autant que possible les poulies, A2, A4, voire A3. L'agrandissement doit être économique, par incision latérale, oblique ou en ménageant des lambeaux quadrangulaires type Hueston. La gaine tendineuse assurant le glissement et la nutrition du tendon, la logique est donc de la préserver un maximum et de la refermer après la réparation tendineuse.

Récupération des extrémités

La difficulté vient ici des plaies essentiellement en zone II. La rétraction tendineuse après section dépend de la position des doigts lors de la plaie, en flexion ou en extension. Il faut, lors de la manœuvre de recherche tendineuse, manipuler le tendon de façon atraumatique (ce qui provoquerait fibrose et adhérences), en le saisissant par le centre, avec une pince sans ou avec de fines griffes. Pour extérioriser les extrémités tendineuses, s'aider de la flexion du doigt ou du poignet et du massage des masses musculaires à l'avant-bras, ce qui suffit parfois. Si ces gestes sont inefficaces, il faut proscrire la « pêche » au tendon proximal avec une pince « à griffes » au travers du canal digital. Mieux vaut employer la cathétérisation (petit drain type Manovac®...) du canal digital qui détermine le siège de la rétraction. La technique d'incision trans-

versale de la poulie sous laquelle est retranché le moignon est facteur d'adhérences supplémentaires, surtout s'il s'agit de la poulie A2. Dans les grandes rétractions ou les plaies proches de la paume, une incision au pli palmaire distal permet de retrouver le moignon proximal qui est suturé au cathéter.

Une fois le tendon extériorisé par la plaie, il faut le punaiser avec une aiguille transcutanée, ce qui prévient la rétraction de l'extrémité proximale. Nous préférons passer un fil monobrin (point simple) dans l'extrémité du tendon. Il sera repéré sur une pince type Halsted, ce qui permettra, par l'intermédiaire de la traction sur ce fil, de manipuler l'extrémité tendineuse sans aucune agression. Le parage des extrémités tendineuses sera économique. En cas de contusion importante, le parage pourra entraîner une perte de substance tendineuse. L'arrachement ou non des vincula sera noté. Il est de moins bon pronostic pour le résultat de la suture.

Technique de suture (cf. p. 92)

Fermeture de la gaine

La fermeture de la gaine, souhaitable, n'est pas toujours possible. Elle améliore l'étanchéité, ce qui est important pour la cicatrisation intrinsèque ; elle forme une barrière contre la cicatrisation extrinsèque ; enfin, et surtout, elle évite le blocage mécanique de la suture (mais une fermeture « à tous prix » peut aussi bloquer la suture). Il n'est cependant pas prouvé que cette fermeture favorise la nutrition tendineuse (5). La question de la fermeture ou non de la gaine vient de manière récurrente. Il ne faut pas la confondre avec la conservation ou non des poulies. Il faut conserver toutes les poulies. Même si A2 et A4 sont fondamentales, A3 est très importante pour diminuer la friction du tendon.

Fermeture cutanée

La fermeture protège les réparations et autorise une mobilisation optimale du doigt concerné. Elle conditionne aussi la simplicité locale et trophique des suites. Un lambeau local ou régional pourra s'avérer nécessaire en cas de perte de substance cutanée. La main sera immobilisée dans un pansement sur une attelle, poignet en flexion palmaire de 30°, MP à 60°, IP en extension. Une orthèse protectrice sera réalisée à 24 ou 48 heures, puis un programme de rééducation mis en route, dont les modalités dépendent des équipes : Duran (rééducation passive) ou active protégée.

Facteurs de réussite d'une suture tendineuse

Augmentation de la résistance

De très nombreuses publications *in vitro* ont étudié la résistance de différents types de suture en traction, dont la valeur dépend essentiellement du diamètre du fil, du nombre de brins, du type d'ancrage et du type de surjet (cf. supra).

Diminution de la friction dans le canal digital

Après des mesures sur cadavre, la friction dans le canal digital est assez faible en temps normal ; après suture tendineuse, la friction augmente naturellement, surtout si on ne fait pas de surjet épitendineux (5). Ceci renforce l'importance clinique de ce surjet pour diminuer la friction du tendon, et notamment du FCP.

Certains facteurs modifient la friction du tendon comme la taille de la suture, le nombre de passages du fil à travers la tranche de section, le nombre de boucles sur la surface du tendon, le nombre de nœuds à l'extérieur ainsi que leur localisation (5). Les nœuds à l'extérieur sont les facteurs les plus péjoratifs et doivent donc être évités si possible. De ce fait, la technique de Tsuge, celle originale de Kessler et la technique de Becker modifiée avec leurs nœuds à l'extérieur présentent des inconvénients majeurs.

Diminution des adhérences

Une chirurgie atraumatique de préhension du tendon, la pratique d'une bonne hémostase sont les facteurs principaux de prévention des adhérences, en tous les cas ceux sur lesquels il est possible d'agir ; car le risque d'adhérences directement lié à l'état du site d'intervention est lui incontrôlable (contusion, source de fibrose).

Il est possible de prévenir les adhérences par des inhibiteurs d'adhérences ou des inducteurs de surfaces de glissement (16). La méthode de choix reste la rééducation ; mais d'autres techniques ont été employées, notamment celles induisant une surface de glissement : tubes de cellulose, plaques de silastic, de polyéthylène, de péricarde bovin, de Gore-Tex®, de Vicryl®-collagène (20). Deux procédés émergent : la colle biologique et le gel biodégradable. Le collage biologique péri-tendineux, intéressant par son double effet : d'une part en remplaçant le surjet épitendineux jugé traumatisant et ischémiant, d'autre part par son action directe sur la cicatrisation tendineuse dont il favorise l'agencement des fibres de collagène, et diminue la réaction fibreuse anarchique et les adhérences (21). L'apparition d'ADCON-T/N, qui est la combinaison d'une gélatine et d'un ester de polyglycan, est un apport important pour la chirurgie tendineuse, comme l'ont montré de nombreuses études expérimentales et cliniques (16, 22). Si certains pensent qu'en chirurgie

primaire le gel biodégradable est indiqué, d'autres pensent qu'en suivant les règles de bonne pratique de la prise en charge initiale, l'ADCON n'apporte rien de plus et ils le réservent à la chirurgie de reprise.

Respect de la vascularisation tendineuse

Les résultats cliniques de la chirurgie tendineuse dépendent de la vascularisation. Les patients dont la vascularisation tendineuse est intacte ont de meilleurs résultats que ceux dont la vascularisation est détruite par le traumatisme ou l'exposition chirurgicale (5). Une des conséquences fondamentales de ce constat est qu'il ne faut pas ajouter des lésions iatrogènes à celles déjà causées par le traumatisme. En pratique, comme la vascularisation tendineuse naît des artères collatérales au col de P1 et de P2, puis passe par les vincula, il faut respecter autant que possible ces structures et ne pas disséquer trop loin pour s'exposer (5). En cas de lésions des artères collatérales associées à des lésions tendineuses et/ou des nerfs collatéraux en urgence, il faudra donc réparer toutes ces lésions, la réparation vasculaire ayant une influence favorable sur le résultat des sutures tendineuses et nerveuses.

Conclusion

Les progrès dans la réalisation des sutures doivent amener le plus possible actuellement à proposer des programmes de rééducation fonctionnelle plus agressifs avec mobilisation précoce. Il est possible que la thérapie génique permette d'améliorer la surface de glissement du tendon, de réduire la friction, ce qui diminuera la force nécessaire au coulisement (5, 23).

Références

1. Le Nen D, Richou J, Ardouin L, Loaec F, Simon E (2009) Lésion traumatique des tendons fléchisseurs des doigts : examen clinique et classifications. Cours européen de pathologie chirurgicale du membre supérieur et de la main. Sauramps médical, 2009 : 291-7
2. Le Nen D. Plaies de la main (2001) In : Séméiologie de la main et du poignet. Le Nen D, Laulan J, eds. Sauramps Médical : 287-94
3. Le Nen D, Laulan J (2006) Diagnostic clinique et paraclinique d'une plaie de la main. In : Plaies de la main. Dubert T, Masmejean E, eds. Cahier d'Enseignement de la SOFCOT, Elsevier, 93: 38-48
4. Dap F (1992) Lésions traumatiques récentes des tendons fléchisseurs de la main: évolution des idées et évaluation des résultats. Cahiers d'enseignement de la société française de chirurgie de la main, 4 : 1-32
5. Amadio PC (2002) La chirurgie des tendons fléchisseurs à la lumière des travaux expérimentaux. Maîtrise Orthopédique, 115 : 1-18,19
6. Dubert T (2002) Techniques actuelles de suture primitive des tendons fléchisseurs. Chirurgie de la main, 21 : 218-24

7. Foucher G (2003) Lésions traumatiques des tendons fléchisseurs. Encyclopédie Médico-Chirurgicale (Elsevier SA) Appareil Locomoteur, 14-056-A-10
8. Savage R, Risitano G (1989) Flexor tendon repair using a six strand method of repair and early active mobilization. *J Hand Surg*, 14B: 369-99
9. Kubota H, Aoki M, Pruitt DL, Manske PR (1996) Mechanical properties of various circumferential tendon suture techniques. *J Hand Surg*, 21B: 474-80
10. Le Nen D, Hu W, Rossignol B, Stindel E (1998) Étude expérimentale de la résistance en traction de sutures tendineuses. *La Main*, 3: 119-29
11. Dinopoulos H, Boyer MI, Burns ME, Gelberman RH, Silva MJ (2000) The resistance of a four-and eight-strand suture technique to gap formation during tensile testing: an experimental study of repaired canine flexor tendons after 10 days of in vivo healing. *J Hand Surg*, 25A: 489-98
12. Barrie KA, Wolfe SW, Shean C, Shenbagamurthi D, Slade III JF, Panjabi MM (2000) A biomechanical comparison of multistrand flexor tendon repairs using an in situ testing model. *J Hand Surg*, 25A: 499-506
13. McLarney E, Hoffman H, Wolfe SW (1999) Biomechanical analysis of the cruciate four-strand flexor tendon repair. *J Hand Surg*, 24A: 295-301
14. Strickland JW (2000) Development of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress. *J Hand Surg*, 25A : 214-35
15. Fernandes M, Dumontier C (2002) Principes techniques de la prise en charge d'une lésion des fléchisseurs. *Maîtrise Orthopédique*, 117 : 14-23
16. Merle M, Dautel G, Dumontier C (1998) Comment améliorer la chirurgie des tendons de la main. *Maîtrise Orthopédique*, 75: 1, 14-20
17. Aoki M, Pruitt DL, Kubota H, Manske PR (1995) Effect of suture knots on tensile strength of repaired canine flexor tendons. *J Hand Surg*, 20B: 72-5
18. Marin-Braun F, Foucher G, Buch Jaeger N, Sammut D (1991) Réparation du fléchisseur profond et du long fléchisseur du pouce par la « fixation en rappel ». *Ann Chir Main*, 10: 13-21
19. Mantero R, Bertolotti P (1976) La mobilisation précoce dans le traitement des lésions des tendons fléchisseurs au canal digital. *Ann Chir*, 30: 889-96
20. Mainard D, Guth PC, Leroux P, Merle M, Michon J (1988) Comparaison expérimentale et clinique de trois biomatériaux pour la restauration du glissement tendineux en chirurgie de la main. Benichoux R, Lacoste J, eds. *Progrès récents des biomatériaux*. Paris, Masson, 193-210
21. Alnot JY, Azzi A, Lericolais A, Ovieve JM (1993) Sections récentes des tendons fléchisseurs des doigts et du pouce. *Ann Chir Main* 12: 302-12
22. Merle M, Dautel G, De Medinaceli L (1995) Inhibition of peritendinous adhesions by ADCON-T/N in a rabbit flexor tendon model. 6th Congress of the IFSSH: 1025-28
23. Zhang AY, Chang J (2003) Tissue engineering of flexor tendons. *Clin Plast Surg*, 30: 565-72

Appareil fléchisseur : plaie récente avec perte de substance tendineuse

O. Mares, C. Lazerges, G. Wavreille, N. Chassignier et C. Chantelot

Introduction

Les pertes de substances tendineuses au niveau des tendons fléchisseurs de la main représentent un challenge thérapeutique difficile, même pour des équipes aguerries à la chirurgie de la main. Ces pertes de substances sont souvent associées à des traumatismes multi-tissulaires, nécessitant des gestes de reconstruction complexe associant une restauration des tendons fléchisseurs, du canal digital en zone II et une couverture cutanée correcte.

La reconstruction des pertes de substance tendineuse rentre dans une stratégie thérapeutique complexe. Les équipes chirurgicales qui prennent en charge ce type de lésion doivent maîtriser l'ensemble des techniques de reconstruction à la fois des structures osseuses, tendineuses, vasculaires, nerveuses et cutanées. Car, malgré un bilan initial minutieux, la stratégie chirurgicale est souvent modifiée en peropératoire en fonction des conditions locales.

Bilan préopératoire

L'examen clinique doit être précis et référencé dans le dossier médical. En urgence, le bilan doit comporter au minimum un bilan cutané (intérêt de photographies préopératoire, peropératoire et postopératoire), un bilan tendineux de chaque rayon digital avec un bilan séparé pour le tendon fléchisseur superficiel et profond (FCS, FCP), un bilan vasculaire (temps de recoloration cutané), un bilan nerveux (test de discrimination aux deux points) et un bilan osseux à l'aide de radiographie simple. On doit particulièrement rechercher les délabrements cutanés importants avec une contamination du site opératoire, les fractures articulaires, qui peuvent compromettre le pronostic fonctionnel et modifient la stratégie thérapeutique.

Des prérequis sont nécessaires à la reconstruction tendineuse, notamment une souplesse digitale et un canal digital conservés. Les lésions articulaires de l'interphalangienne proximale (IPP) et distale (IPD) peuvent contre-indiquer un geste de reconstruction tendineuse, si l'avenir fonctionnel de ces articulations ne peut être rétabli. Des lésions articulaires seront d'abord ostéosynthésées, et ce n'est qu'après consolidation de ces lésions que la reconstruction sera effectuée en deux temps. L'état du canal digital guidera le rythme de la recons-

truction. Si au moins les poulies A2 et A4 sont fonctionnelles, la reconstruction sera faite en un temps. En revanche, si les lésions à ce niveau sont extensives et présentent une contamination, liée au traumatisme, importante, la reconstruction sera faite en deux temps, en reconstruisant les poulies et le canal de glissement à l'aide de tiges en silicone. La reconstruction tendineuse sera faite dans un deuxième temps.

La stratégie de reconstruction des pertes de substance tendineuse en zones 1 et 2 suit un algorithme croissant. Si l'état local permet une reconstruction en un temps, on pratique un transfert tendineux ou une greffe tendineuse. Si le délabrement est important, une stratégie en deux temps est nécessaire. Le premier temps consiste en une réparation et/ou une reconstruction du système de poulies du canal digital avec l'utilisation de tiges en silicone (1). Le second temps est une greffe tendineuse soit classique, soit par la technique de Paneva Olevitch (2). Il existe une procédure de sauvetage : le doigt superficiel. En effet, lorsque les dégâts sont tels qu'une réparation complète n'est plus envisageable, il est possible d'utiliser une technique pis-aller, en ne réanimant que la fonction de l'articulation interphalangienne proximale (3).

Greffons tendineux

Les greffons tendineux les plus utilisés sont le *palmaris longus* lorsqu'il s'agit de réaliser une greffe de la pulpe à la paume et le plantaire grêle pour les reconstructions allant jusqu'à l'avant-bras. De nombreux autres tendons sont disponibles : le fléchisseur des orteils, l'extenseur propre de l'index.

Nous développons, dans notre équipe, l'utilisation du droit interne, qui est un tendon de bon calibre avec une longueur permettant de couvrir l'ensemble de la course des tendons fléchisseurs. De plus, son prélèvement est simple avec une morbidité réduite tant sur le plan fonctionnel que cicatriciel, comme le montre son utilisation fréquente en chirurgie ligamentaire du genou. Ce greffon peut permettre la reconstruction au niveau de plusieurs rayons, il nous semble moins délétère d'utilisation que les muscles fléchisseurs, tant du point de vue cicatriciel que du point de vue fonctionnel. De plus, sa taille permet une reconstruction multidigitale en le divisant pour au moins trois rayons (figs. 1, 2 et 3).

Les traumatismes multidigitaux offrent parfois l'option thérapeutique d'utiliser un doigt banque qui pourra fournir un greffon parfois de bonne qualité.



Fig. 1 – Prélèvement de droit interne.



Fig. 2 – Droit interne dans une reconstruction multi-digitale.



Fig. 3 – Résultat sur une reconstruction en un temps des trois derniers rayons ulnaires.

Pertes de substance au niveau des zones 1 et 2

La zone II de la classification de IFSSH, qui débute du pli de flexion palmaire distal jusqu'à l'insertion du tendon fléchisseur superficiel (FCS), comprend les poulies annulaires : A1, A2 et A3. Les poulies A4 et A5 se trouvent en zone I (4). La zone I s'étend au-delà de la zone II, elle correspond à la portion terminale du tendon fléchisseur profond.

Une perte de substance tendineuse en zones I et II est souvent associée à la destruction du système de poulies essentiel au bon fonctionnement de l'appareil fléchisseur. Du point de vue biomécanique, il faut préserver ou reconstruire au moins A2 et A4, afin d'éviter tout phénomène de corde d'arc, diminuant l'enroulement du segment digital.

Reconstruction du système de poulies

S'il existe des reliquats de poulies, une chirurgie en un temps est possible. Le parage doit préserver au maximum les reliquats intacts des poulies (5).

S'il n'existe plus de canal digital, une chirurgie en deux temps sera nécessaire. Le parage initial doit préserver au maximum les restes de poulies qui permettront de protéger le greffon de réaction fibreuse. Si ce parage entraîne la destruction des poulies A2 et A4, il est nécessaire de réaliser une reconstruction de ces poulies. Les reconstructions proposées par Bunnel (6) et modifiées par Green permettent une reconstruction solide autorisant une rééducation précoce. Le greffon tendineux est placé en regard de la phalange proximale et distale afin de reconstruire A2 et A4. Le greffon est passé sous l'appareil extenseur quelle que soit la poulie reconstruite. Nous n'avons pas l'expérience de Riordan (7) qui réalise un tunnel transphalangien afin de

réduire l'encombrement à la face dorsale du doigt du greffon, au prix d'une fragilisation du squelette osseux.

S'il existe des reliquats de poulies, une reconstruction peut être réalisée en réalisant un laçage du greffon à ces reliquats évitant le passage dorsal (fig. 4) (5). D'autres auteurs ont décrit différentes techniques. Lister (8) utilise un segment de rétinaculum des extenseurs, Karev (9) utilise la plaque palmaire. D'autres auteurs proposent l'utilisation de matériel synthétique, nous n'en n'avons pas l'expérience.

Les dernières publications biomécaniques (10) montrent que la technique de Bunnell est la plus solide, c'est celle qui a notre préférence.



Fig. 4 – Laçage d'un petit palmaire sur des reliquats de poulies afin de reconstruire le canal digital.

Reconstruction en un temps

Différentes situations se présentent avec des modalités chirurgicales.

Si le tendon superficiel et profond est rompu, avec une perte de substance segmentaire, les prérequis à un geste de reconstruction sont un doigt souple avec un bon enroulement digital (la présence de lésions articulaires nécessite un geste de reconstruction en deux temps, après guérison des dégâts osseux), une vascularisation correcte et une sensibilité discriminative conservée.

Si le patient se présente en situation aiguë avec des fractures articulaires, une réparation primaire des lésions osseuses doit être réalisée, la reconstruction du système fléchisseur ne se fera que dans un second temps opératoire. Les contre-indications formelles sont les enfants de moins de 3 ans et les sujets présentant des tares psychologiques empêchant l'adhésion au protocole de rééducation. L'abord du segment digital est réalisé par des incisions de type Brunner et l'agrandissement au niveau de la paume est réalisé à l'aide d'incision brisée, permettant l'exploration de l'ensemble des structures. Les tendons détruits sont parés en essayant de conserver un centimètre de l'extrémité distale du FDS et du FDP afin d'assurer une suture distale la plus solide possible. L'ensemble du canal digital intact doit être préservé. Les restes tendineux sont conservés sur table opératoire, car ils peuvent servir de greffon lors de la reconstruction du système de poulies.

La reconstruction du canal digital est réalisée comme précédemment décrite. On ne reconstruit dans ce cas que le FCP. Nous débutons toujours par la suture distale. Le réglage final de la tension est facilité si la suture proximale est réalisée en dernier.

La suture distale doit permettre une rééducation active précoce tout en prévenant la formation d'un cal d'allongement à son niveau qui diminuerait la distance d'enroulement du doigt. S'il existe un reste de FCP, on réalise une suture de type *pull out* (fig. 5) que nous avons modifiée afin d'éviter le passage au niveau du lit unguéal, pour éviter toute onychodystrophie. La suture est réalisée avec un fil résorbable de type PDS 3/0, qui est passé dans l'extrémité tendineuse par un point de type Kessler. Les fils sont ensuite passés dans la portion terminale du FCP, puis passés de part et d'autre de la phalange distale à l'aide de trocart, une incision transversale sous la tablette unguéal est réalisée. La fixation du nœud s'appuie sur la partie distale de la phalange distale. Cette technique évite la présence de matériel étranger et d'appareillage périunguéal souvent mal vécu par le patient et source d'onychodystrophies (11), avec une résistance identique.



Fig. 5 – Suture de type pull out transunguéal. Noter la cascade d'enroulement physiologique des doigts est rétablie.

S'il n'existe pas de reste tendineux, le greffon est fixé à l'aide de deux ancrs Mitek, qui ont montré leur qualité biomécanique à l'arrachement (12). Des auteurs ont rapporté l'expérience avec un plantaire grêle prélevé (13) avec une partie de son insertion calcanéenne, qui est ensuite vissée dans la phalange distale. Nous n'avons pas l'expérience de ce type de reconstruction. Le tendon est ensuite passé en proximal au travers du canal digital jusqu'à la paume de manière atraumatique. Nous utilisons une tige en silicone qui passe dans le canal digital de proximal en distal. L'extrémité proximale du greffon est fixée à la tige en silicone. Celle-ci est tirée de manière douce jusqu'à l'incision proximale au niveau de la paume de la main ou de l'avant-bras en fonction de la longueur à reconstruire.

La suture proximale est réalisée sur le FCP qui est choisi comme moteur de la réanimation, sauf s'il est de mauvaise qualité, on choisit le FCS. Nous réalisons toujours à ce niveau une suture de type Pulvertaft (14) (fig. 6). Le transplant est fixé à chacun de ces passages dans le tendon proximal par des points de PDS 3/0, lorsque le réglage de tension est optimal. Ce type de suture a une grande résistance à l'arrachement et autorise une rééducation active

précoce (15, 16), qui donne de meilleurs résultats fonctionnels (17). La suture est réalisée en amont de l'origine des muscles lombricaux, dans une reconstruction de la pulpe à la paume. Le point technique le plus difficile à ce moment de l'intervention est le réglage de tension du transplant. Le poignet en position neutre en flexion/extension, les doigts doivent être semi-fléchis et les doigts ulnaires plus fléchis que les doigts radiaux afin de préserver la cascade physiologique d'enroulement des doigts longs (fig. 5).

Ensuite, la fermeture est réalisée et le patient immobilisé avec une attelle dorsale prenant le poignet et les doigts en flexion afin de protéger la greffe. Le poignet est en flexion à 35°, les MCP et IP à 70°. Nous autorisons une mobilisation passive précoce pendant les trois premières semaines sous couvert du port de l'attelle. La mobilisation active est ensuite débutée.



Fig. 6 – Suture de type Pulvertaft, au niveau de la paume de la main.

Reconstruction en un temps FCS intact, FCP lésé

Il s'agit la plupart du temps d'une rupture du FCP passée inaperçue (18), prise en charge au-delà de 4 semaines, ce délai contre-indiquant une réparation directe, sauf si la vincula courte est restée intacte, évitant la rétraction du tendon. La décision d'une reconstruction par greffe du FCP doit être prise avec précaution. Parfois, les patients conservent un arc de mobilité correct avec seulement un FCP fonctionnel, en particulier s'il n'existe pas d'hyperextension de l'interphalangienne distale. Chez ces patients, si la gêne fonctionnelle est minime, une arthrodèse ou une ténodèse de l'IPD est indiquée.

La reconstruction du FCP est indiquée chez un patient jeune avec des articulations souples, pratiquant une activité professionnelle ou de loisir nécessitant une flexion active de l'IPD. La voie d'abord est réalisée à l'aide d'incisions de type Brunner au niveau du doigt, l'agrandissement au niveau de la paume est réalisé à l'aide d'incisions brisées à 90°. Le greffon doit être fin afin de prévenir un encombrement du canal digital. Le greffon est passé au travers de la décussation. Le protocole de rééducation est similaire à celui évoqué au paragraphe précédent.

Reconstruction en deux temps

Les indications des reconstructions en deux temps sont les contre-indications à la reconstruction en un temps (19, 21, 22). Elles sont représentées par les traumatismes associant des dégâts osseux et cutanés nécessitant un geste de couverture et de parage avant tout geste de reconstruction. Le délai entre le traumatisme initial n'est pas un facteur clé, car il est possible d'obtenir des résultats corrects malgré des reconstructions tardives (22). Il s'agit également des échecs de réparation primaire associant raideur articulaire et rupture de la réparation. Dans ces cas, l'apport de l'échographie au niveau de la gaine digital est informatif sur les lésions sous-jacentes et permet d'affiner la stratégie chirurgicale.

Lors du premier temps opératoire, il est nécessaire d'effectuer un parage complet des lésions et une reconstruction du système de poulies en fonction des lésions retrouvées. L'abord au niveau digital est réalisé par des incisions de type Brunner. Au niveau de l'avant-bras, une incision arciforme permet de repérer les corps musculaires du FCS et du FCP. Le FCP et le FCS sont réséqués, en conservant 1 cm de l'insertion distale du FCP si cela est possible. Si, après résection des restes tendineux et des cicatrices fibreuses, il persiste une raideur articulaire au niveau des interphalangiennes, une arthrolyse doit être effectuée. Ensuite, les tiges de silicone sont placées sur les rayons à reconstruire. La suture est débutée au niveau distal sur le moignon avec du fil non résorbable de type Prolène® 3/0. Cette suture doit être solide afin d'éviter une migration de l'implant. La tige est ensuite passée au travers du canal digital reconstruit. Il ne doit pas exister de conflit entre la tige et les poulies. En revanche, si lors de l'enroulement des doigts il existe un phénomène de corde d'arc, la reconstruction des poulies doit être modifiée afin d'obtenir un réglage optimale. La tige est ensuite disposée au niveau de l'avant-bras entre les corps musculaires du FCP et FCS. À ce niveau, il n'est pas nécessaire de réaliser une fixation de la tige (fig. 7).



Fig. 7 – Tige de Hunter en place au niveau de la paume de la main, lors d'une reconstruction multidigitale.

À la suite de cette première phase, un intervalle de 2 à 3 mois doit être respecté afin d'obtenir des néogaines digitales souples. Le délai entre les deux phases n'est pas codifié. Le protocole de rééducation est basé sur une mobilisation passive des rayons digitaux opérés, en assurant l'enroulement complet du segment digital.

La deuxième phase débute au niveau distal, où l'on récupère l'extrémité distale de la tige en silicone. Par une contre-incision au niveau de l'avant-bras, on récupère l'extrémité proximale de la tige à laquelle on fixe le transplant choisi ; si on reconstruit un seul tendon, un plantaire grêle est notre tendon de choix si le long palmaire a été utilisé pour la reconstruction des poulies. S'il s'agit de reconstructions multiples, nous optons pour le droit interne, son prélèvement nous semble plus simple et moins traumatique que le prélèvement d'un fléchisseur des orteils. Après la fixation, le transplant est passé en réalisant une traction sur l'extrémité distale de la tige en silicone. Le transplant est ensuite fixé comme lors d'une greffe en un temps. Cette technique est celle décrite par Hunter. Il est également possible d'utiliser la technique de Paneva Olevitch, mais les résultats entre nos mains sont moins bons qu'avec la technique de Hunter, nous ne l'utilisons plus. Le protocole de rééducation est identique à celui d'une greffe en un temps.

Le doigt superficiel est une solution de dernier recours d'un point de vue fonctionnel. S'il existe des lésions extensives contre-indiquant une reconstruction complète telles que des lésions articulaires de l'articulation IPD. Une solution thérapeutique acceptable consiste à réinsérer le FCP au niveau de la phalange proximale, l'IPD est arthrodésée.

Réparations en zones III, IV et V

Dans cette zone, le risque d'adhérence est plus faible. La réparation tendineuse se fera soit par une greffe intercalaire avec des sutures en cadre intratendineuses à quatre passages de type MacLarney, associées à un épi-surjet avec des fils de type PDS, afin de diminuer la réaction inflammatoire à type de corps étranger, soit par des sutures de type *side to side* (fig. 8) avec des points en U au niveau des tendons fléchisseurs profonds et/ou superficiels.



Fig. 8 – Suture *side to side*.

Parfois, le délabrement des masses musculaires est tel qu'il contre-indique leur usage comme moteur de la reconstruction. Dans ces situations rares, une solution existe avec les transferts musculaires libres réinnervés au niveau de l'avant-bras, le grand dorsal et le muscle gracilis sont de très bons greffons.

Réparations au niveau du pouce

Les techniques sont identiques à celles des doigts longs (23). Il faut absolument reconstruire la poulie A1. Une option thérapeutique reste l'usage du fléchisseur superficiel du 2 afin de greffer le LFP permettant d'utiliser ce tendon comme moteur et greffe tendineuse, évitant l'utilisation d'une suture proximale (24).

Complications

La formation d'adhésion empêche le bon glissement des réparations tendineuses limitant d'autant l'enroulement digital. La prévention résulte surtout de la qualité du traitement chirurgical qui doit éviter au maximum les lésions des tissus péri-tendineux, afin d'éviter toute réaction inflammatoire fibroblastique. Si, malgré cela, un patient dans les suites d'une réparation présente un syndrome adhérentiel en regard de la réparation tendineuse, une ténolyse ne devra être réalisée qu'après un minimum de 3 à 6 mois de rééducation bien conduite auprès d'un kinésithérapeute spécialisé.

L'échographie est un excellent examen complémentaire afin d'effectuer une recherche de rupture de transplant tendineux.

Au niveau de la suture distale, si le diagnostic est posé rapidement, une réparation permet la réinsertion de la greffe à sa position initiale soit à l'aide d'ancres, soit à l'aide d'un point appuyé sur la phalange distale à l'aide d'un PDS 3/0. En revanche, si le diagnostic est posé de manière tardive et que le greffon est rétracté, il est alors possible de créer un doigt superficiel en réalisant dans le même temps opératoire une arthrodèse de l'IPD et en réinsérant le greffon au niveau de la phalange proximale.

Au niveau de la suture proximale, il s'agit régulièrement d'une détente de la suture de type Pulvertaft. Cette détente entraîne une diminution progressive de l'enroulement digital. Une intervention rapide permet de rétablir une suture solide avec un réglage optimal de la tension du transplant, pour obtenir un résultat fonctionnel correct.

La synovite se retrouve dans 8 % des cas en moyenne (25). Elle survient la plupart du temps entre les phases 1 et 2 d'une greffe en deux temps. Il s'agit la plupart du temps d'une synovite aseptique. Le traitement est médical, avec une diminution des exercices et la mise en route d'un traitement anti-inflammatoire. Si le processus inflammatoire n'est pas contrôlé par un traitement médical bien conduit, il est nécessaire de réaliser une synovectomie chirurgi-

cale précoce et de réaliser plus rapidement le deuxième temps de la reconstruction.

Les complications aiguës, infections et hématomes, sont prévenues par une technique chirurgicale et un suivi postopératoire méticuleux.

Conclusion

La reconstruction des pertes de substance tendineuse reste, malgré les progrès de la chirurgie de la main depuis 30 ans, un défi thérapeutique complexe pour les équipes de chirurgiens de la main. Leur prise en charge est complexe, le rythme de la réparation est imposé par l'importance des lésions, en particulier au niveau du canal digital. Cette chirurgie nécessite une prise en charge coordonnée entre chirurgiens, médecins rééducateurs et kinésithérapeutes. Le patient doit être un acteur au centre de ce protocole thérapeutique, sa non-participation représente la seule vraie contre-indication à une chirurgie réparatrice qui serait vouée à l'échec.

Références

1. Hunter JM (1983) Staged flexor tendon reconstruction. *J Hand Surg* 8A: 789-93
2. Paneva-Holevitch E (1972) Results of the treatment of multiple flexor tendon lesions of the fingers with two stage grafts. *Rev Chir Orthop* 58: 481-7
3. Blackmore SM, Hunter JM, Kobus RJ (1991) Superficialis finger reconstruction: a new look at a last-resort procedure. *Hand Clin* 7: 461-9
4. Moutet F (2003) Les poulies de l'appareil fléchisseur : anatomie, pathologies, traitement. *Chir Main* 22: 1-12
5. Kleinert HE, Bennett JB (1978) Digital pulley reconstruction employing the always present rim of the previous pulley. *J Hand Surg* 3A: 297-8
6. Bunnell S (1944) *Surgery of the Hand*. Philadelphia, JB Lippincott
7. Doyle JR, Blythe WF (1977) Anatomy of the flexor tendon sheath and pulleys of the tendon sheath and pulleys of the thumb. *J Hand Surg* 2A: 149-51
8. Lister GD (1979) Reconstruction of pulleys employing extensor retinaculum. *J Hand Surg* 4A: 461-4
9. Karev A (1984) The "belt loop" technique for the reconstruction of pulleys in the first stage of flexor tendon grafting. *J Hand Surg* 9A: 923-4
10. Lin GT, Amadio PC, An KN (1989) Biomechanical analysis of finger flexor pulley reconstruction. *J Hand Surg* 14B: 278-82
11. Latendresse K, Dona E, Scougall PJ (2005) Cyclic testing of pullout sutures and micro-mitek suture anchors in flexor digitorum profundus tendon distal fixation. *J Hand Surg* 30A: 471-8
12. Bonin N, Obert L, Jeunet L (2003) Reinsertion of the flexor tendon using a suture anchor: prospective study using early active motion. *Chir Main* 22: 305-11
13. Bertelli JA, Marcos A, Santos (2007) Flexor Tendon Grafting Using a Plantaris Tendon with a Fragment of Attached Bone for Fixation to the Distal Phalanx: A Preliminary Cohort Study. *J Hand Surg* 32A: 1543-8

14. Viinikainen A, Göransson H, Ryhänen J (2008) Primary flexor tendon repair techniques. *Scand J Surg* 97: 333-40
15. Tang JB, Wang B, Chen F (2001) Biomechanical evaluation of flexor tendon repair techniques. *Clin Orthop Relat Res* 386: 252-9
16. De Smet L, Schollen W, Degreef I (2008) In vitro biomechanical study to compare the double-loop technique with the Pulvertaft weave for tendon anastomosis. *Scand J Plast Reconstr Surg* 42: 305-7
17. Hung LK, Pang KW, Yeung PL (2005) Active mobilisation after flexor tendon repair: comparison of results following injuries in zone 2 and other zones. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 13: 158-63
18. Honnor R (1975) The late management of the isolated lesion of the flexor digitorum profundus tendon. *Hand* 7: 171-4
19. Allieu Y, Asencio G, Bahri H (1983) Reconstruction en deux temps des tendons fléchisseurs (technique de Hunter) dans le traitement des doigts « en crochet ». *Ann Chir Main* 2: 341-4
20. Amadio PC, Wood MB, Cooney WP (1988) Staged flexor tendon reconstruction in the fingers and hand. *J Hand Surg* 13A: 559-62
21. Boyer MI, Strickland JW, Engles D (2003) Flexor tendon repair and rehabilitation: State of the art in 2002. *Instr Course Lect* 52: 137-61
22. Wurtz LD, Hanington KR (1991) A second-stage flexor tendon reconstruction after 18 years. *J Hand Surg* 16A: 711-3
23. Urbaniak JR (1985) Repair of the flexor pollicis longus. *Hand Clin* 1: 69-76
24. Posner MA (1983) Flexor superficialis tendon transfers to the thumb-an alternative to the free tendon graft for treatment of chronic injuries within the digital sheath. *J Hand Surg* 8A: 876-81
25. Wehbe MA, Hunter JM, Schneider LH et al (1986) Two-stage flexor-tendon reconstruction. Ten-year experience. *J Bone Joint Surg* 68A: 752-63

Appareil fléchisseur : rupture sous-cutanée récente en zone I*

B. Lussiez et D. Fontes

Introduction

Le *Rugby-Finger* (ou *Jersey-Finger*) est l'avulsion du tendon fléchisseur commun profond des doigts atteignant quasi exclusivement le 4^e doigt (80 %). C'est un traumatisme rare, survenant essentiellement lors de la pratique du rugby, mais aussi du football « américain », et du judo (1). Il faut savoir en faire le diagnostic en urgence car, si les résultats chirurgicaux sont de bonne qualité dans les lésions fraîches, le handicap fonctionnel peut être important pour la fonction de la main en cas de retard ou de méconnaissance diagnostique.

Historique

Cette lésion a été décrite en 1960 par Gunter chez huit rugbymen de l'hémisphère Sud (2). En 1970, Carroll rapporte 35 cas, soulignant la gravité des lésions anatomiques en cas de rétraction du tendon FCP du 4^e doigt dans la paume. D'autres courtes séries sont rapportées (3, 4), et une classification en trois types selon l'importance de la rétraction tendineuse et d'une lésion osseuse associée est proposée dans la littérature anglo-saxonne par Leddy et Packer en 1977 (1), puis en France par Mansat en 1985, à propos de 19 cas (5). Smith en 1981 décrit un type 4, comprenant arrachement osseux de P3 et désinsertion du tendon FCP. El Qattan, en 2001, complète ces quatre types avec un type 5 (arrachement osseux et fracture transversale de P3).

Mécanisme et lésions anatomiques

L'arrachement de l'insertion du tendon FCP de l'annulaire se produit toujours lors de l'agrippement du maillot pendant un plaquage. Les doigts longs sont fortement fléchis sur le maillot, notamment les trois doigts ulnaires, et la lésion survient par hyperextension brutale de la phalange distale du IV, lorsque l'adversaire continue d'avancer notamment. Les forces d'extension de la phalange distale deviennent supérieures à la résistance du tendon fléchisseur, entraînant la désinsertion de celui-ci. La vascularisation extrinsèque du tendon FCP est lésée en même temps que le tendon déterminant le degré de gravité et justi-

* Cet article a fait l'objet d'une parution dans l'ouvrage « Cours européen de pathologie chirurgicale du membre supérieur et de la main ». Janvier 2010 - ISBN 2840236580. © Sauramps médical. Avec l'aimable autorisation de l'éditeur.

fiant la classification en plusieurs types. Si le vinculum court est toujours déchiré car très distal, le vinculum long plus proximal peut rester intact.

Le type 1 de Mansat (fig. 1), le plus fréquent en urgence, est une rétraction modérée du FCP, qui se bloque en regard de la PIP ou de la première phalange, avec un vinculum long intact. Le type 2 comporte un arrachement de ce vinculum long, et le tendon se rétracte plus proximale, parfois jusqu'à la paume ; ce dernier type implique donc une dévascularisation tendineuse qui compromet la réinsertion tendineuse distale. Il représente 25 % des cas vus en urgence. Le type 3 comporte un arrachement osseux articulaire de la base de P3, qui se bloque distalement. Ce dernier type est plus rare (5-24 %) (fig. 2). Le type 4 représente 5 % des cas de la série de Roulot (6).

L'atteinte quasi exclusive de l'annulaire est l'objet de plusieurs hypothèses. Une plus grande fragilité de l'insertion distale du FCP sur le 3^e doigt avec une force d'arrachement du tendon plus faible que pour les autres doigts (7, 8), la double insertion du 3^e lombrical sur les tendons fléchisseurs du 4^e, et les connexions tendineuses avec les 3^e et 5^e doigts sont des explications habituelles. Enfin, d'un point de vue lésionnel, il faut signaler la possible avulsion des deux tendons fléchisseurs du 4^e doigt (9, 10).



Fig. 1 – Type 1.



Fig. 2 – Type 3 : arrachement articulaire de la troisième phalange.

Diagnostic

Le diagnostic lésionnel est souvent méconnu en urgence, 50 % de diagnostic positif seulement pour Mansat et Roulot, et 25 % pour Mauro (11).

La clinique est pourtant fortement évocatrice. Le joueur, suite à un plaquage contrarié ou à un agrippement du maillot, ressent une douleur violente de l'annulaire, remontant parfois à la paume et à l'avant-bras. L'inspection retrouve une éventuelle ecchymose digitale d'apparition rapide (fig. 3). Il ne lui est pas possible de fléchir activement la phalange distale, ce qui doit être recherché en urgence (fig. 4). La palpation du doigt est douloureuse, retrouvant parfois une tuméfaction au doigt ou à la paume, qui correspond au moignon distal du FCP.



Fig. 3 – Ecchymose digitale du 4^e doigt.



Fig. 4 – Aspect typique.

Une radiographie du doigt de face et surtout de profil permet d'éliminer une fracture de phalange, et de vérifier l'existence d'un fragment osseux palmaire signant un type 3, 4 ou 5 (fig. 5). Quand l'examen radiographique est négatif, une échographie ou une IRM peuvent être réalisées, affirmant le diagnostic, et montrant le degré de rétraction tendineuse (12).



Fig. 5 – Type 4.

Traitement

Cette lésion est une urgence chirurgicale qui nécessite une prise en charge spécialisée. Le diagnostic est clinique, et le type est déterminé par un bilan radiographique et échographique.

Le type 1 nécessite, jusqu'aux 10^e-20^e jours, une réinsertion distale du tendon FCP sur la troisième phalange. Les moyens de fixation du tendon sur l'os sont soit un passage transosseux des fils de suture (*pull-out* de Bunnell), avec une suture extériorisée, appuyée sur l'ongle ou la pulpe, soit une fixation par mini-ancre introduite dans la troisième phalange (13). Le type 2, qui implique une dévascularisation de l'extrémité tendineuse, compromet les résultats des réinsertions. Dans les cas vus tôt (avant le 10^e jour), il peut être licite de tenter cette réinsertion, si le tendon peut être ramené au niveau de la base de P3, en étant prudent lors des passages tendineux dans le canal digital. En cas de rétraction modérée, la réinsertion peut se faire sur une languette de plaque palmaire, ou par un allongement au poignet de tendon FCP. La suture doit être protégée pendant les premières semaines de rééducation postopératoire. Dans les cas plus tardifs, si le tendon est trop contus, il est préférable de réséquer le FCP. Une stabilisation de l'IPD est alors réalisée dans le même temps par capsulodèse palmaire et/ou ténodèse et brochage en flexion de

3 semaines. Les types 3 et 4 nécessitent une ostéosynthèse du fragment, actuellement au mieux réalisée par mini-vissage simple ou double en fonction de la taille du fragment. Si celui-ci est trop petit, une ostéosuture au fil non résorbable appuyée sur la tablette unguéale est réalisée (fig. 6). Les résultats de ces différents actes chirurgicaux sont bons dans les cas vus précocement.

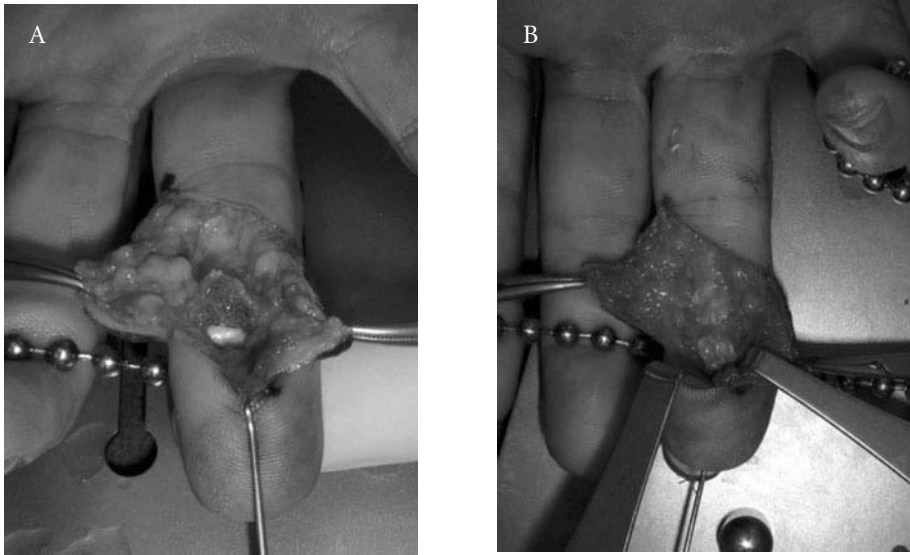


Fig. 6 – A et B. Avulsion d'un fragment de la troisième phalange : ostéosuture.

Dans les cas anciens, il faut prendre en compte la gêne fonctionnelle occasionnée par la perte de flexion active de l'IPD, et la mobilité de l'IPP (14). Le choix thérapeutique va de l'abstention à la greffe tendineuse en 1 ou 2 temps, en cas de conservation des mobilités et d'exigences fonctionnelles du patient. Il faut cependant connaître l'inconstance des résultats de cette chirurgie reconstructrice tardive. La résection du tendon FCP avec ténocapsulodèse s'adresse aux cas enraidis, notamment avec flectum de l'IPP, et l'arthrodèse de l'IPD est une alternative intéressante dans les instabilités de cette articulation.

Conclusion

Le *Rugby Finger* est une lésion rare atteignant exclusivement en Europe les joueurs de rugby et de judo. Son diagnostic est essentiellement clinique. Un bilan radiographique et échographique détermine le type de la lésion qui oriente le geste chirurgical. Quand le diagnostic est fait rapidement, les résultats de cette chirurgie spécialisée sont bons. Malheureusement, cette lésion est souvent méconnue, et il est indispensable de sensibiliser les joueurs et l'équipe

médicale. La prévention en est difficile. Le changement de texture et d'élasticité des maillots peut être une voie qui nécessite un travail prospectif.

Références

1. Leddy JP, Packer JW (1977) Avulsion of profundus tendon insertion in athletes. *J Hand Surg* 2A: 66-9
2. Gunter J (1960) Traumatic avulsion of the insertion of flexor digitorum profundus. *Aust NZ J Surg* 30: 1-9
3. Chang WH, Thoms OJ, White WL (1972) Avulsion injury of the long flexor tendons. *Plast Reconstr Surg* 50: 260-4
4. Folmar RC, Nelson CL, Phalen CS (1972) Rupture of the flexor tendons in hand of non rheumatoid patients. *J Bone Joint Surg*, 54A: 579-84
5. Mansat M, Bonneville P (1985) Avulsion traumatique du fléchisseur commun profond. À propos de dix-neuf cas. *Ann Chir Main* 4: 185-96
6. Roulot E, Ebelin M (1996) Rugby Finger. À propos de 36 cas. *FEESH*
7. Holden CEA, Northmore C, Ball G (1975) The strength of the profundus tendon insertion. *Hand* 7: 238-40
8. Manske PR, Lesker PA (1978) Avulsion of the ring finger flexor digitorum profundus tendon and experimental study. *Hand* 1: 52-5
9. Ogün TC, Ozdemir HM, Senaran H (2006) Closed traumatic avulsion of both flexor tendons in the ring finger. *J Trauma* 60: 904-5
10. Tan V, Mundanthanam G, Weiland AJ (2005) Traumatic simultaneous rupture of both flexor tendons in a finger of an athlete. *Am J Orthop* 34: 505-7
11. Mauro E, Mencarelli P (1987) Closed traumatic rupture of the insertion of the flexor digitorum profundus tendon. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 19: 161-4
12. Cohen SB, Chhabra AB, Anderson MW, Pannunzio ME (2004) Use of ultrasound in determining treatment for avulsion of the flexor digitorum profundus (rugger jersey finger): a case report. *Am J Orthop* 33: 546-9
13. Bonin N, Obert L, Jeynet P, Garbuio P, Tropet Y (2003) Réinsertion du tendon fléchisseur par ancre de suture : étude prospective continue avec mobilisation active précoce. *Chir Main* 22: 305-11
14. Honner R (1975) The late management of the isolated lesion of the flexor digitorum profundus tendon. *Hand* 7: 171-4

Appareil fléchisseur : rupture sous-cutanée récente des poulies

F. Moutet, D. Corcella, A. Forli, T. Martin des Pallières et D. Thomas

Introduction

La première description avérée des poulies des tendons fléchisseurs des doigts semble revenir à Léonard De Vinci (1452-1529). Vésale, en 1543, en souligne l'importance biomécanique montrant qu'elles permettent de produire une mobilité articulaire par la traction sur les tendons sans création d'une corde d'arc. En 1751, dans l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert, les poulies sont désignées de façon imagée et fonctionnaliste, comme « les ligaments qui retiennent les fléchisseurs des doigts ». Les anatomistes du début du XIX^e siècle apportent des descriptions plus fines qui précisent le rôle de ces poulies et s'accordent avec l'anatomie que nous reconnaissons aujourd'hui (1).

L'escalade moderne, depuis les années 1980, a vu l'émergence d'une nouvelle pathologie de microtraumatismes et de surcharge : les ruptures sous-cutanées des poulies des tendons fléchisseurs au canal digital. Jusque-là relativement anecdotique et rencontrée dans d'autres activités, leur fréquence est devenue telle, dans ce sport, que l'on en fait aujourd'hui une pathologie quasi spécifique de l'escalade. Près de 20 % des grimpeurs en sont victimes au cours de leur carrière (2). Ceci ne peut surprendre lorsqu'on connaît les contraintes extrêmes imposées aux structures du canal digital lors de cette progression quadrupédique verticale qu'est l'escalade. Elle est en effet essentiellement assurée par deux grands types de prises, au niveau de la main, la prise tendue et la prise arquée, d'autant plus exigeantes que le niveau du pratiquant est plus élevé (fig. 1). Ici, le sommet n'est plus le but ultime, contrairement à l'alpinisme, mais la difficulté intrinsèque d'un mouvement, d'un passage, est l'objectif, un but en soi, fut-ce créé de toutes pièces sur des structures artificielles d'escalades éphémères appelées SAE.

Anatomie descriptive

La nomenclature actuelle des poulies est basée sur les descriptions de Doyle et Blythe (3). On reconnaît cinq poulies ostéo-fibreuses annulaires (A1, A2, A3 A4 et A5) formées de puissantes fibres arciformes et trois poulies cruciformes (C1, C2 et C3) plus grêles qui complètent ainsi le canal digital (4). Dans l'entrecroisement des fibres des poulies cruciformes pénètrent latérale-

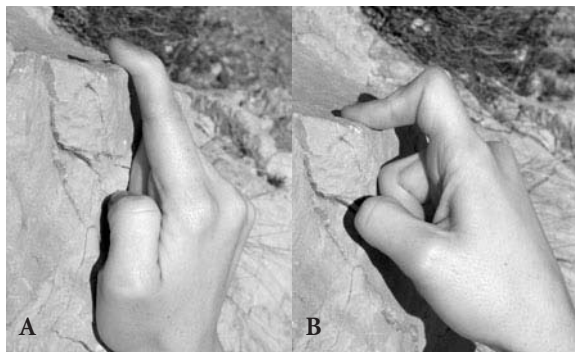


Fig. 1 – Les deux grands types de prises en escalade. **A.** La position dite « tendue ». La MP et l'IPP sont en extension, seule l'IPD est en flexion. **B.** La position dite « arquée ». La MP est en extension, l'IPP en flexion « contrariée » et l'IPD est en extension ou en hyperextension.

ment les vaisseaux destinés aux articulations interdigitales et aux tendons fléchisseurs : les vincula (fig. 2a).

A1 commence en moyenne 5 mm en amont de l'interligne de l'articulation métacarpo-phalangienne (MP). Elle est longue de 10 mm, soit environ 20 % de la taille de la phalange proximale (P1), et se fixe latéralement à la plaque palmaire de la MP.

A2 commence en moyenne 2 mm en aval de la poulie A1. Elle s'étend sur 20 mm, soit environ 40 % de la taille de P1 et se situe en regard de celle-ci.

Certains auteurs voient en A1 et A2 une poulie unique. Doyle, reprenant ses travaux, retrouve une séparation de 1 à 3 mm entre A1 et A2 dans 80 % des cas (5). En fait, il existe des variations de forme d'A1 et celle-ci peut être constituée d'une à trois bandes annulaires, alors que la poulie A2 reste de façon constante semi-circulaire. Les différences de structure entre ces deux poulies sont telles qu'elles justifient de garder une dénomination distincte entre A1 et A2.

A3 se situe au niveau de l'articulation interphalangienne proximale (IPP). Elle est présente dans plus de 90 % des cas bien que ne mesurant qu'environ 3 mm de large. Elle se fixe en arrière à la plaque palmaire de l'IPP.

A4 se situe au niveau de la phalange intermédiaire (P2). Quasi constante, c'est avec A2 la plus étendue et la plus épaisse des poulies. Elle mesure environ 12 mm de long.

A5 est présente dans 80 % des cas. C'est une poulie fine, étroite, fixée en arrière à la plaque palmaire de l'IPD. Il n'y a pas de poulie au-delà de l'IPD.

A0 se situe de 1 à 3 mm en amont du bord proximal du canal digital. C'est la poulie la plus proximale. Elle est amarrée latéralement par des fibres verticales fixées en arrière au ligament inter métacarpien et aux fibres de l'aponévrose palmaire profonde (fig. 2b). Plus large sur le majeur et l'annulaire, cette poulie est moins fixe que les autres poulies digitales. En réalité, elle est constituée des fibres transversales de la partie distale de l'aponévrose palmaire moyenne et agit comme une poulie arciforme (6).

Les poulies cruciformes sont variables dans leur taille et dans leur présence et peuvent n'être qu'une simple bande oblique étroite. C'est particulièrement

le cas de C3 qui, à la partie distale d'A4, n'est souvent que le prolongement de cette dernière sans véritable séparation.

Au niveau du pouce, seules existent une poulie A1 au niveau de la MP et une poulie A2 située au niveau de l'interphalangienne (IP) fixée en arrière à la plaque palmaire. Ces deux poulies arciformes sont séparées par une poulie oblique qui recouvre la première phalange, de dedans en dehors, de proximal en distal (fig. 2c). Les fibres terminales de l'adducteur du pouce courent sur la partie proximale de cette poulie oblique.

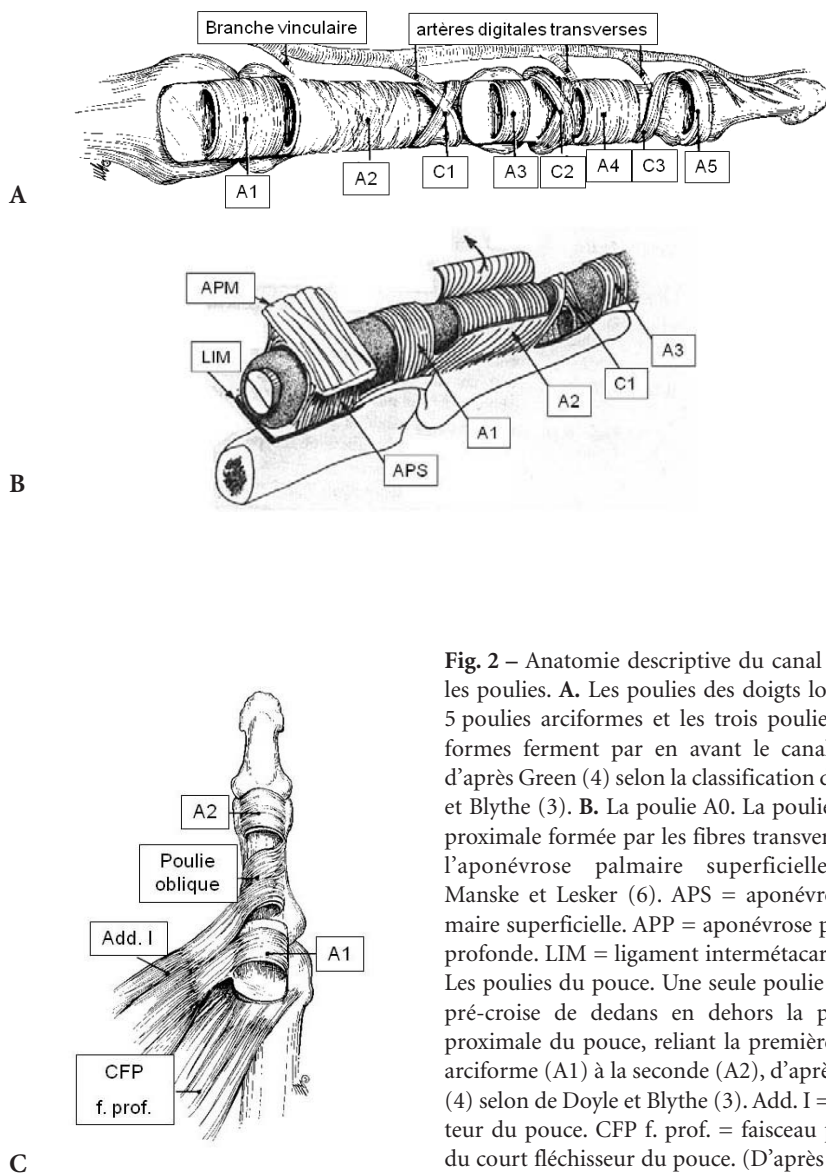


Fig. 2 – Anatomie descriptive du canal digital : les poulies. **A.** Les poulies des doigts longs. Les 5 poulies arciformes et les trois poulies cruciformes ferment par en avant le canal digital d'après Green (4) selon la classification de Doyle et Blythe (3). **B.** La poulie A0. La poulie la plus proximale formée par les fibres transversales de l'aponévrose palmaire superficielle selon Manske et Lesker (6). APS = aponévrose palmaire superficielle. APP = aponévrose palmaire profonde. LIM = ligament intermétacarpien. **C.** Les poulies du pouce. Une seule poulie oblique pré-croise de dedans en dehors la phalange proximale du pouce, reliant la première poulie arciforme (A1) à la seconde (A2), d'après Green (4) selon de Doyle et Blythe (3). Add. I = adducteur du pouce. CFP f. prof. = faisceau profond du court fléchisseur du pouce. (D'après (1)).

Histogenèse et morphologie

Les poulies sont tapissées de synoviale qui contient enclos les tendons fléchisseurs. Le système des poulies est extérieur à la gaine synoviale mais qu'il n'y a pas de différences structurales et ultrastructurales entre la couche pariétale recouvrant la poulie, la portion membraneuse de la gaine synoviale et la synoviale qui forme l'épi-tendon (7).

Le système des poulies peut être mis en évidence dès la 9^e semaine de gestation et les structures sont identifiables à la 12^e semaine, identiques à ce qu'elles sont chez l'adulte (8). En fait, la poulie a une forme en 8, due à la couche moyenne qui s'étend à la fois dorsalement et ventralement et qui permet l'allongement ou la rétraction de l'ensemble selon le mouvement d'extension ou de flexion du doigt.

Biomécanique

D'un point de vue fonctionnel, trois mécanismes d'action des poulies selon leur type et leur situation anatomique peuvent être identifiés (9).

Les poulies annulaires « diaphysaires » (A0, A2 et A4) maintiennent un rapport constant du fléchisseur à l'axe de rotation de l'articulation d'aval. Elles se rétrécissent peu en flexion (moins de 25 %) et préviennent la corde d'arc en regard des os concaves (métacarpiens, P1 et P2). La suppression d'une telle poulie a un effet sur la mobilité puisqu'elle diminue le moment fléchissant. Les poulies A2 et A4 sont essentielles à la fonction des fléchisseurs et au bon enroulement digital. La section isolée d'A2 diminue l'enroulement digital de 10 %. Les poulies annulaires « articulaires » (A1, A3 et A5) ont un rapport variable à l'axe de rotation de l'articulation qu'elles recouvrent puisqu'il dépend de la position de celle-ci et ne préviennent la corde d'arc qu'en avant de « leur » articulation. Ces poulies, qui s'attachent à la plaque palmaire à une extrémité et à l'os de l'autre, servent à répartir les forces durant la flexion du doigt et le déplacement en avant de la plaque palmaire durant la flexion. Ainsi, A3 prend toute son importance si elle reste la seule poulie intacte, en avant de l'IPP.

Les poulies cruciformes (C1, C2 et C3) varient en épaisseur, en taille. Elles ont un faible effet rétentif sur l'effet « corde d'arc ».

Les contraintes et forces de rupture appliquées sur les poulies lors de la mobilisation en flexion des doigts sont conséquentes : 34 Newton pour la mobilisation sans résistance, 63 N pour la prise en serrage globale (*grasp*), 65 N pour la pince digitale latérale et 118 N pour la pince pulpaire termino-terminale (10). La résistance à la rupture de A1 est de 310 N, celle de A2 de 137 N à 407 N et celle de A4 de 193 N à 210 N. Néanmoins, la résection de 50 %, d'A1 ou A4 permet de conserver une force résiduelle suffisante pour les activités quotidiennes sans incidence sur l'enroulement digital (11).

En pratique, les contraintes varient considérablement selon le type de prise mis en jeu (fig. 3). La prise tendue répartit au mieux les contraintes sur le canal digital, alors que la prise arquée est plus délétère puisqu'elle va concentrer la force résultante au niveau de la partie distale de la poulie A2 (12). Ceci qui explique que près de trois quarts des ruptures de poulie se situent à ce niveau dans la pratique de l'escalade. Dans près des deux tiers des cas, il s'agit du 4^e doigt. Ceci est sans doute à mettre en sur le compte de la vascularisation plus précaire du canal digital de ce doigt et de son utilisation prioritaire, avec le troisième dans les prises mono- ou bidigitales des grimpeurs de bon et haut niveaux (2, 13).

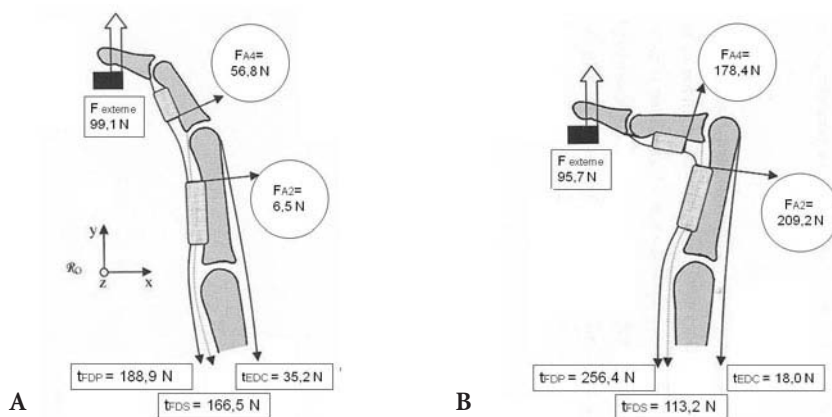


Fig. 3 – Les contraintes sur les poulies A2 et A4. Les reports de forces sur les poulies du canal digital sont différents selon la position du doigt d'après Vigouroux *et al.* (12). **A.** En position tendue. La force résultante sur la poulie A1 est de 6,5 Newton et sur A4 de 56,8 Newton. La force de traction finale sur le doigt est de 99,1 Newton, supérieure à ce qu'elle est en arquée (95,7 Newton). **B.** En position arquée. La force résultante sur la poulie A2 est de 209,2 Newton soit 35 fois ce qu'elle est en tendu. Sur A4 elle est de 178,4 Newton soit un peu plus de trois fois ce qu'elle est en tendu. La force de traction finale sur le doigt est de 99,1 Newton, c'est-à-dire supérieure à ce qu'elle est en arquée (95,7 Newton).

Ruptures sous-cutanées

Elles surviennent le plus souvent lors d'un accident en relation avec une activité sportive à forte sollicitation digitale : agrès en gymnastique, rugby, judo mais surtout, nous l'avons dit, en escalade. La difficulté technique parfois extrême de cette pratique génère en effet une pathologie de microtraumatismes et de surcharge des chaînes digitales occasionnant des ruptures quasi expérimentales des poulies du canal digital, majoritairement de la poulie A2 nous l'avons dit. Typiquement, lors de la mise en tension brusque et violente en position arquée lors d'un jeté sur une prise mono- ou bidigitale, la poulie A2 (le plus souvent) d'un doigt (majoritairement l'annulaire ou le majeur)

casse brutalement ou de façon progressive. L'accident associe douleurs antérieures et latérales sur les insertions de la poulie concernée. En supprimant l'effet de contention de l'appareil fléchisseur, la rupture induit une corde d'arc des fléchisseurs qui viennent, en avant, se plaquer à la peau lors de la flexion contrariée. Dans près de trois quarts des cas, un « clac » sonore, puissant et audible, est perçu à l'instant de la rupture y compris par celui qui assure le grimpeur quelques mètres en contrebas (2). La localisation de la corde d'arc en regard de la poulie rompue permet le diagnostic lésionnel et topographique.

Si elles sont en règle brutales, ces ruptures peuvent avoir été précédées d'un véritable syndrome de menace associant douleurs au niveau du doigt, gonflement et perte d'efficacité de la prise sans empêcher pour autant la pratique de l'escalade dans les 8 à 10 jours précédant la rupture vraie. Cette rupture « lente » répond à la déchirure progressive d'une poulie « surchargée » de façon chronique. Les signes en sont régulièrement retrouvés à l'interrogatoire.

Très régulièrement, ces accidents surviennent dans les suites d'un entraînement intensif notamment spécifique ou sur des SAE, c'est-à-dire reprenant et répétant de nombreuses fois le même geste pour un même passage. Le terme de pathologie de microtraumatismes et de surcharge prend ici tout son sens.

Nous l'avons dit, ces ruptures sous-cutanées des poulies ne sont pas spécifiques de l'escalade, mais elles sont rares dans d'autres contextes, sportif ou rhumatismal (14).

Diagnostic

Les arguments anamnestiques sont riches comme nous venons de l'évoquer et souvent suffisants pour reconnaître la pathologie et orienter très fortement le diagnostic.

L'examen clinique est primordial. S'il s'agit d'une rupture complète, la découverte d'une corde d'arc de l'appareil fléchisseur lors de la flexion contrariée en position arquée d'un rayon est le signe pathognomonique conduisant à une réparation chirurgicale. Le phénomène est particulièrement clair lors des ruptures aiguës. On sent alors le fléchisseur venir en avant, se tendre sous la peau, là où normalement la poulie l'aurait contenu. La mobilité en flexion est en générale facile, libre mais incomplète avec un défaut d'enroulement et souvent un petit flessum antalgique de l'IPP. Pour être significatif, ce signe doit bien sûr être recherché comparativement sur le doigt sain homologue controlatéral en position arquée également. Dans les ruptures étendues du canal digital atteignant donc plusieurs poulies, c'est l'ensemble de l'enroulement digital qui est perturbé. Ceci se rencontre plus volontiers dans les autres sports que l'escalade (rugby). L'absence de cette corde d'arc clinique ne permet pas d'éliminer une rupture partielle ou une distension progressive d'une poulie cicatricielle (2). C'est alors l'imagerie qui permet de trancher de façon définitive.

L'imagerie confirme le diagnostic et permet, en cas d'hésitation, de poser l'indication thérapeutique. Elle repose sur le scanner ou l'IRM voire l'échographie. Quelle qu'elle soit, elle se devra comme l'examen clinique, d'être bilatérale, comparative et réalisée en position arquée qui seule permet une mise en tension maximale de l'appareil fléchisseur dans le canal digital en en testant ainsi l'intégrité.

Le scanner (fig. 4a) de profil, en arqué, comparatif avec le doigt sain opposé et avec filtre des parties molles et coupes de 1,5 mm, met en évidence de façon constante les ruptures des poulies, qu'elles soient partielles ou totales, en montrant des fléchisseurs qui prennent de façon plus ou moins accentuée la corde de l'arc (15). La multiplication des coupes frontale est inutile, le profil à lui seul suffit. Il n'y a pas dans notre expérience de faux positifs mais parfois de faux négatifs, une fois sur dix environ, qui est à mettre sur le compte d'une insuffisance de résistance imprimée à la flexion contrariée en position arquée, lors de la réalisation de l'examen.

L'imagerie par résonance magnétique (IRM), grâce à une antenne de surface de petit diamètre (8 cm), sur des coupes sagittales et coronales du doigt lésé, donne des images comparables à elle du scanner (fig. 4b). L'image de l'un est le négatif de l'image de l'autre (16). Les limites de cet examen sont identiques à celles du scanner et la qualité des informations fournies est à la hauteur de la qualité de sa réalisation. Il nous paraît, pour des raisons de coût et de disponibilité, plus aisé d'avoir recours au scanner qu'à l'IRM.

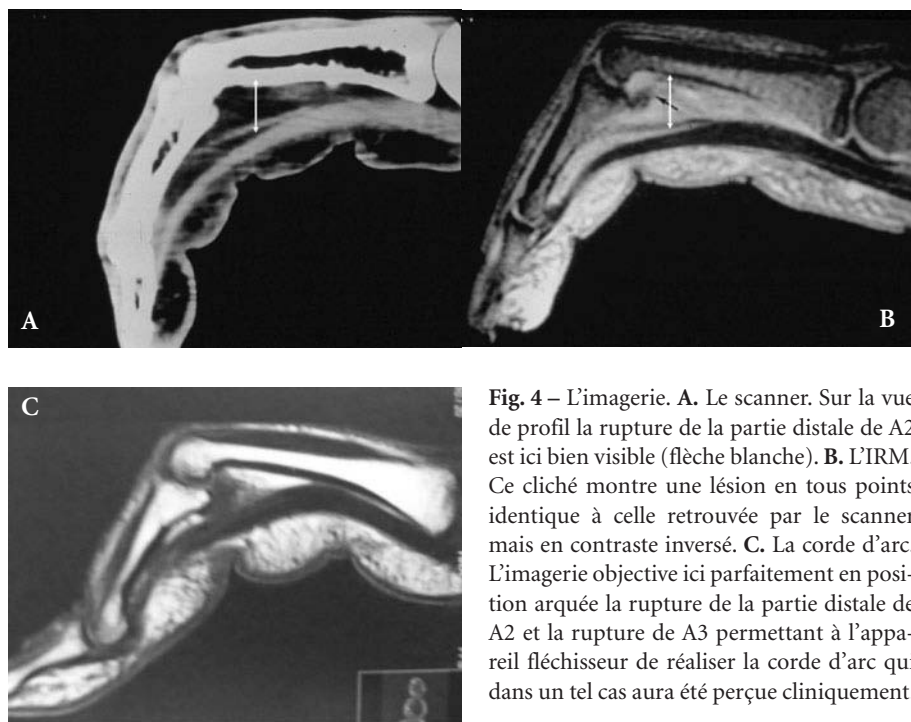


Fig. 4 – L'imagerie. **A.** Le scanner. Sur la vue de profil la rupture de la partie distale de A2 est ici bien visible (flèche blanche). **B.** L'IRM. Ce cliché montre une lésion en tous points identique à celle retrouvée par le scanner mais en contraste inversé. **C.** La corde d'arc. L'imagerie objective ici parfaitement en position arquée la rupture de la partie distale de A2 et la rupture de A3 permettant à l'appareil fléchisseur de réaliser la corde d'arc qui dans un tel cas aura été perçue cliniquement.

L'échographie statique avec une sonde linéaire de 10 MHz permet la visualisation de lésions chroniques mais ne permet pas de faire le diagnostic de rupture de poulie de façon régulière. L'étude dynamique permet de faire le diagnostic des ruptures complètes mais ne visualise pas les lésions partielles (17).

Au total, l'examen bilatéral comparatif en position arqué du doigt suspect et de son homologue controlatéral par la clinique et grâce à l'imagerie en cas de doute (scanner, IRM voire échographie) confirme ou non l'existence d'une corde d'arc et permet de poser l'indication thérapeutique (18). C'est donc bien l'existence ou non de cette corde d'arc qui va conditionner l'indication d'une réparation chirurgicale ou non de la poulie (fig. 5).

La décision thérapeutique

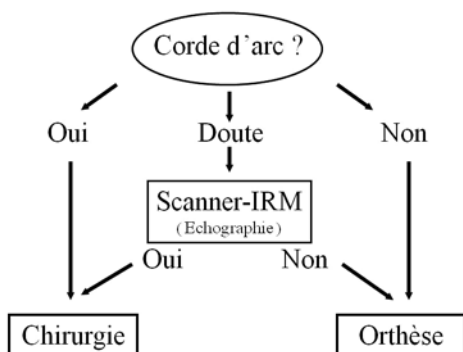


Fig. 5 – Algorithme décisionnel devant une suspicion de rupture sous-cutanée de poulie au canal digital. La discussion est centrée sur l'existence ou non d'une corde d'arc des tendons fléchisseurs au canal digital signant la rupture complète d'une ou plusieurs poulies. En cas de doute, c'est l'imagerie qui permet de trancher et de faire le choix thérapeutique approprié entre traitement conservateur par orthèse externe rigide et intervention chirurgicale de reconstruction de la ou des poulies rompues.

Reconstruction

On conçoit aisément que « l'ambiance » dans laquelle va se concevoir la reconstruction d'une ou plusieurs poulies est entièrement différente entre la réparation primitive d'une poulie rompue de manière franche sous-cutanée chez un sportif souvent de haut niveau, entraîné et motivé, et la reconstruction d'une ou plusieurs poulies sur un doigt déjà multi-opéré dans le contexte de la réparation secondaire de l'appareil fléchisseur, qui se trouve souvent dans des conditions cicatricielles, voire vasculaires et/ou nerveuses défavorables (19).

Indications

S'il n'y a pas de corde d'arc le traitement conservateur est licite. Il est basé sur le port d'une bague rigide de protection de la poulie lésée à la quelle peut être associée la physiothérapie. La bague rigide doit être conservée 45 jours. Le repos est un facteur essentiel, évitant toute contrainte sur le canal digital. Il

convient d'insister sur le fait que le strapping, souvent utilisé par les grimpeurs n'a qu'une vertu anxiolytique. Il est mécaniquement insuffisant pour protéger les poulies et résister aux contraintes qu'elles subissent (20).

S'il existe une corde d'arc clinique ou décelée en imagerie, l'indication opératoire est posée. Lors d'une rupture franche, seule la reconstitution anatomique permet de retrouver la force et l'enroulement physiologique du doigt. En l'absence d'intervention, la poulie cicatrise en position vicieuse ou distendue, aboutissant à une diminution ou une perte de sa fonction biomécanique « rétentive » et donc de force et d'enroulement. Toutefois, l'indication il est vrai, se discute devant une gêne tolérable ou minime chez un grimpeur de niveau moyen, non-compétiteur et d'un âge avancé.

Le délai entre l'accident et l'intervention n'influe pas sur le résultat final du traitement chirurgical, la poulie totalement rompue étant totalement et définitivement incompétente (21). Quelle que soit la date de la reconstruction par rapport à l'accident causal, plusieurs techniques de réparation sont envisageables mais elles doivent toutes souscrire à un cahier des charges identique en trois points.

La néo-poulie doit être située dans son emplacement anatomique pour redonner aux fléchisseurs le bras de levier le plus physiologique possible. On admet que pour l'ensemble du canal digital il faut reconstruire au moins A2 et A4.

La néo-poulie doit être suffisamment résistante pour subir, sans se distendre ni se rompre, les forces qui lui seront appliquées lors de la flexion du doigt.

La néo-poulie doit autoriser un glissement tendineux garantissant un minimum de frottements, sachant que le passage d'un tendon indemne sera source de moins de frottement que le passage d'un tendon réparé (22).

Méthodes

Toutes les techniques de reconstruction reposent sur la restitution d'une structure annulaire retenant les fléchisseurs au plus près du squelette lors des mouvements de flexion.

La technique de Bunnell (23) consiste à utiliser un greffon tendineux de petit palmaire ou d'extenseur du 5^e doigt pour le passer de façon annulaire à plusieurs reprises autour de la phalange. Pour la reconstruction d'A2, il convient de passer en avant des extenseurs en zone IV, au tour et au contact de P1 à deux ou trois reprises en boucle. Pour la reconstruction de A4, il convient de passer au tour de P2, en arrière des extenseurs en sous-cutané en zone II (fig. 6a).

La technique d'Andreas Weilbey popularisée par Kleinert (24) consiste à utiliser les berges restantes de la poulie rompue ou disparue et d'utiliser un greffon tendineux libre de petit palmaire. On peut en cas de besoin utiliser le plantaire grêle s'il est présent. Le prélèvement d'un extenseur du 5^e orteil ou

d'une bandelette du FCS n'est pas à recommander chez le grimpeur de haut niveau pour qui tous les moteurs comptent. Le greffon est fauflé au travers des reliquats de la poulie originelle pour reformer le canal digital (fig. 6b). Ceci n'est en fait raisonnablement faisable qu'après une rupture fraîche de poulie et si il reste suffisamment de tissu aux berges du canal ostéofibreux pour permettre un laçage ou une suture fiable.

La technique de Lister (25) utilise un fragment du ligament annulaire dorsal du carpe prélevé au dépend du quatrième compartiment des extenseurs. Un tel prélèvement n'entraîne aucune séquelle au niveau des extenseurs, ce qui est fondamental chez le grimpeur quel que soit son niveau. Elle procure un matériel synovialisé de qualité et de structure fibreuse annulaire à l'image de la poulie qu'il veut remplacer. Dans la technique originelle, le greffon est passé en boucle autour de P1 et ou P2 à la manière de Bunnell. Pour nous, il est suturé aux berges latérales de la poulie rompue.

Les techniques de Bunnell ou de Lister peuvent avoir recours à un trajet transosseux au travers de la phalange sous jacente à la poulie reconstruite, ce qui est un gage de solidité du montage mais peut s'avérer délicat et fragiliser dangereusement la phalange (26). Cet artifice est à éviter chez le grimpeur où la sollicitation des poulies est telle qu'une ostéolyse sur les zone de traction du canal transosseux peut fragiliser la phalange toute entière voire la fracturer.

La technique de Karev (26) consiste à utiliser la plaque palmaire de l'IPP comme néo-poulie. Elle suppose l'interruption tendineuse si l'on veut y recourir. Elle n'est donc pas utilisable ici où les fléchisseurs sont en continuité (fig. 6c).

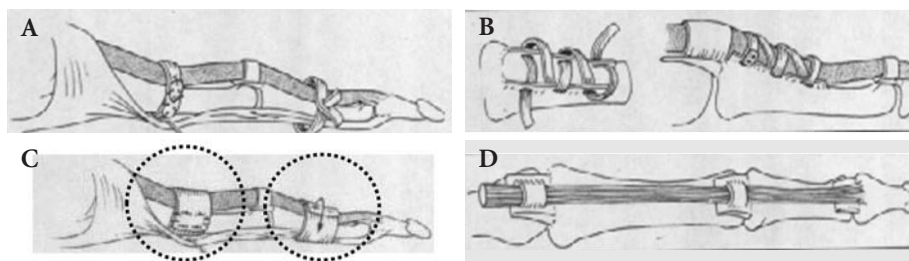


Fig. 6 – Quelques techniques de réparation des poulies. **A.** Selon Bunnell (23). Passage d'un greffon tendineux autour de P1, entre extenseur et os pour la reconstruction d'A2 et autour de P2 et de l'extenseur en sous-cutané pour reconstruire A4. **B.** Selon Kleinert (24). Laçage antérieur fixé latéralement aux reliquats ostéofibreux du canal digital. **C.** Selon Lister (25). Utilisation d'un greffon de ligament annulaire dorsal du carpe (LADC). Ce fragment de rétinaculum des extenseurs est passé à la manière de Bunnell ou fixé latéralement aux reliquats ostéofibreux du canal digital. **D.** Selon Karev (26). Réalisation de la « belt loop », technique « du passant de ceinture » utilisant la plaque palmaire de la MP et de l'IPP pour recréer une poulie A1 et une poulie A3. Cette technique astucieuse n'est réalisable qu'en cas de section de l'appareil fléchisseur, ce qui n'est pas le cas dans les ruptures sous-cutanées des poulies.

Parmi les complications, dans le cadre de la reconstruction des ruptures sous-cutanées des poulies, la complication majeure reste l'incompétence de la reconstruction, soit due à la formation d'adhérences limitant la mobilité digitale, soit due à une insuffisance mécanique première ne permettant pas l'obtention d'un enroulement digital complet et une force de serrage satisfaisante. Cette insuffisance mécanique peut être liée soit à un défaut de montage (poulie trop lâche), soit à une rupture secondaire. Dans ces deux derniers cas, la reprise est envisageable sachant qu'à chaque nouveau geste se pose le problème du matériel de reconstruction disponible d'une part et le respect des plans de glissement tendineux d'autre part. Les adhérences peuvent conduire à la ténolyse de l'appareil fléchisseur dans son nouveau canal digital. Ce geste toujours problématique nécessite la rééducation postopératoire de toute ténolyse mais ici elle sera particulièrement longue et précise.

Notre choix et ses raisons

Bien qu'un coefficient de friction ne puisse être calculé *in vitro* pour des structures visco-élastiques comme les tendons et les poulies, le glissement tendineux est influencé non seulement par la situation anatomique de la néo-poulie mais aussi par les matériaux qui la constituent. Moindre sera la friction engendrée par le matériau utilisé, moindre sera le risque d'adhérences. Ceci justifie à nos yeux l'utilisation préférentielle d'un matériel synovialisé, le rétinaculum des extenseurs, comme proposé par Lister, et suturé aux moignons latéraux de la poulie rompue, face synovialisée au contact des fléchisseurs. Les reliquats latéraux de la poulie rompue doivent être de qualité suffisante pour permettre la suture du greffon de LADC. Cette technique ne fragilise pas les éléments tendineux et osseux adjacents et permet de recréer une néo-poulie à l'emplacement anatomique préservant ainsi la dynamique de l'appareil fléchisseur. Dans notre expérience, ceci est toujours réalisable, chez le grimpeur. Si l'on ne peut se fixer latéralement, il faut alors réaliser une boucle autour de la phalange selon Bunnell. Dans ce cas, le prélèvement du rétinaculum se doit d'être beaucoup plus étendu latéralement.

Pour une lésion étendue à plusieurs poulies, la reconstruction d'au moins A2 et A4 est impérative. Il faut alors compléter le prélèvement du LADC par du matériel tendineux comme nous l'avons évoqué plus haut. On privilégiera toujours la reconstruction d'A2 avec le LADC, les autres poulies étant reconstruites avec le petit palmaire selon la technique de Bunnell. Quelle que soit la situation, la reconstitution d'un espace de glissement pour l'appareil fléchisseur reste l'objectif à atteindre.

Réalisation technique

Sous anesthésie locorégionale, le doigt est ouvert par des incisions de type Brunner en commençant un ou deux centimètres en amont du pli digital-palmaire. L'exploration fait l'état des lieux et retrouve parfois les tendons

fléchisseurs directement sous la peau au niveau d'A2. Ceci illustre la violence de la rupture qui a généré un véritable coup de fouet au niveau de la poulie la propulsant alors en arrière des fléchisseurs. Plus régulièrement, les fléchisseurs sont recouverts d'un feutrage cicatriciel sans aucune vertu mécanique et qu'il faut exciser. Il faut alors vérifier l'état des moignons latéraux de la poulie rompue et apprécier leur solidité puisqu'ils vont servir à amarrer le greffon de reconstruction. Le prélèvement de ce dernier se fait par une incision transversale au dos de la radio carpienne permettant de prélever, au dépend du 4^e compartiment des extenseurs, un greffon constitué de ligament annulaire dorsal du carpe dans sa partie la plus résistante. Il convient de prélever un fragment d'environ deux à trois centimètres de hauteur sur une largeur suffisante (environ une fois et demie le diamètre du canal digital à reconstruire). La suture du greffon se fait face, synovialisée contre les fléchisseurs à l'aide de points séparés de fils à résorption lente (PDS® 15/100). La première berge (côté de l'aide) peut être suturée en extension du doigt. La seconde (côté de l'opérateur) doit l'être en flexion complète, de façon à réaliser une contention des fléchisseurs dans le canal digital au plus près de ce qu'elle est physiologiquement, c'est-à-dire au contact du squelette. Ceci impose de passer tous les points avant de les nouer, d'avoir un aide efficace et d'être minutieux dans la réalisation du geste. La réparation de plusieurs poulies nécessite le recours au prélèvement du petit palmaire ou autre nous l'avons dit plus haut.

Appareillage et rééducation

La place de l'appareillage dans la cicatrisation d'une poulie rompue partiellement et non opérée ou dans les suites de la reconstruction d'une néo-poulie mérite d'être explicitée. Ce dernier va chercher dans tous les cas à autoriser un glissement le plus complet possible du fléchisseur dans son canal, en tentant de diminuer au maximum les contraintes qui vont s'appliquer sur ses berges (28).

Dans le cas d'une poulie incomplètement rompue chez le sportif, grimpeur ou non, la solution est pour nous univoque s'il n'existe pas de corde d'arc. Il s'agit de la confection d'une bague externe, rigide, en thermoplastique, qui plaque au mieux, en regard de la poulie lésée, les fléchisseurs au plus près du squelette digital pendant le temps de la cicatrisation. Le délai de 45 jours de cicatrisation est pour nous incompressible et suppose un arrêt complet de toute activité de flexion en force du doigt concerné et des doigts voisins. Ceci n'est pas toujours facile à faire respecter au sportif passionné (fig. 7a).

En ce qui concerne les reconstructions chirurgicales, la protection de la néo-poulie se doit d'être maximale pendant les 45 premiers jours et il convient de mettre en place une attelle en flexion de poignet (40°) et flexion des MP (80 à 90°) afin de détendre au mieux l'appareil fléchisseur tout en assurant la mobilisation activa-passive du rayon incriminé, limitant ainsi le

risque d'adhérences (fig. 7b). Au 45^e jour, l'appareillage « long » peut être remplacé par une bague rigide comme décrite pour une cicatrisation simple et ceci pour 45 jours supplémentaires en autorisant la mobilisation active dans les amplitudes fonctionnelles mais sans résistances. La reprise de la flexion digitale contre-résistances doit être progressive et jamais avant le 90^e jour postopératoire.

Nous avons vu que l'effet du strapping systématique des doigts atteints lors de la reprise de l'escalade relève plus d'un effet « anxiolytique » chez le grimpeur que d'un effet mécanique réel et qu'il ne peut prétendre prévenir de nouvelles ruptures.

Une vraie prévention doit être mise en place chez ces sportifs associant, hydratation, échauffement et étirements. La recherche de tout foyer infectieux chronique (caries dentaires) favorisant la survenue de ténosynovites inflammatoires aspécifiques doit aussi être réalisée. Enfin, il est bon de conseiller aux grimpeurs d'éviter le travail « spécifique » et les répétitions forcenées d'un même geste, de pratiquer l'escalade en tendu et non en arqué (ce qui est loin d'être d'ailleurs toujours possible), et enfin d'entretenir un rapport poids/puissance favorable à la pratique de l'escalade tout au moins.

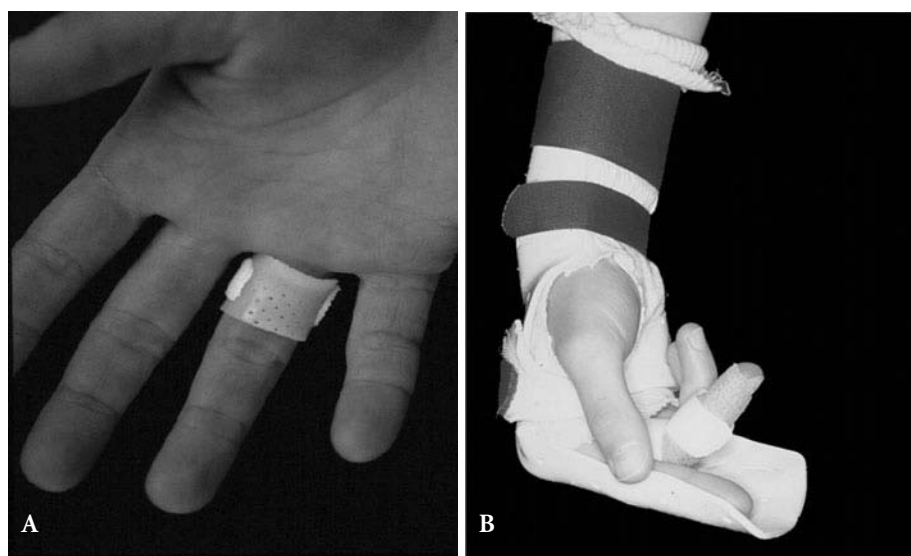


Fig. 7 – L'appareillage. **A.** La bague rigide. Bague en thermoplastique rigide en regard d'une rupture incomplète d'une poulie (ici A2) et ne protégeant la cicatrisation ou mise après le 45^e jour d'une réparation chirurgicale à a sortie de l'appareillage long. **B.** L'appareillage long. Appareil « long » de protection d'une réparation chirurgicale de la poulie A2 pour les 45 premiers jours. La flexion du poignet à 45° et des MP à 90° détend l'appareil fléchisseur permettant une mobilisation sans contraintes délétères sur le canal digital et la poulie reconstruite.

Conclusion

Anneaux fibreux qui ferment en avant le canal digital, les poulies des tendons fléchisseurs assurent la transmission précise et optimale des forces de flexion du doigt. Leur suppression entraîne ipso facto perte de force, perte d'enroulement et perte de fonction plus ou moins marquée. Ces seuls impératifs biomécaniques justifient leur respect, au moins fonctionnel, dans les réparations chirurgicales des tendons fléchisseurs au canal digital. Ceci est connu. Mais leur reconstruction en cas de rupture sous-cutanée complète est aussi impérative.

Ces lésions sous-cutanées, fruits d'une pathologie de microtraumatismes et de surcharge, s'inscrivent le plus souvent à l'heure actuelle dans un contexte bien particulier assez stéréotypé : il s'agit d'un sportif, grimpeur le plus souvent. Qu'il soit chirurgical (en cas de rupture complète) ou non (en cas de rupture partielle), le traitement apporte dans des mains quelques peu expertes, de bons ou très bons résultats de façon constante. Plus de 80 % des grimpeurs suivis par les auteurs à ce jour ont repris l'escalade à un niveau égal ou supérieur à celui qu'ils avaient avant l'accident.

Références

1. Moutet F (2003) Les poulies de l'appareil fléchisseur. Anatomie Pathologies Traitement. Chir Main 22: 1-12
2. Moutet F, Guinard D, Gerard P, Mugnier C (1993) Les ruptures sous-cutanées des poulies des fléchisseurs des doigts longs chez les grimpeurs de haut niveau. Ann Hand Surg 12: 182-8
3. Doyle JR, Blythe (1975) The finger flexor tendon sheath and pulleys: anatomy and reconstruction. In: AAOS Symposium on Tendon Surgery in the Hand. St. Louis: CV Mosby Co, p 81-7
4. Boyer MI (2005) Flexor tendon injury. In: Green's Operative Hand Surgery, Green (ed). Elsevier Churchill Livingstone 5th edition, p. 219-276
5. Doyle JR (1989) Anatomy of the flexor tendon sheath and pulley system: A current review. J Hand Surg 14A: 349-51
6. Manske PR, Lesker PA (1983) Palmar aponeurosis pulley. J Hand Surg 8A: 259-63
7. Cohen MJ, Kaplan L (1987) Histology and ultrastructure of the human flexor tendon sheath. J Hand Surg 12A: 25-9
8. Sbernardori MC, Fenu G, Pirino A *et al.* (2000) Histogenesis and morphology of the flexor tendon pulley system in the human embryonic hand. J Hand Surg 25B: 175-9
9. Lin GT, Amadio PC, An KN, Cooney WP (1989) Functional anatomy of the human digital flexor pulley system. J Hand Surg 14A: 949-56
10. Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP, An KN (1992) Flexor tendon forces: in vivo measurements. J Hand Surg 17A: 291-8
11. Mitsionis G, Fischer KJ, Bastidas JA *et al.* (2000) Feasibility of partial A2 and A4 pulley excision: residual pulley strength. J Hand Surg 25B: 90-4

12. Vigouroux L, Quaine F, Labarre-Vila A, Moutet F (2006) Estimation of finger muscle tendon tensions during specific sport-climbing grip techniques. *J Biomechanics* 25:83-92
13. Vigouroux L, Quaine F, Paclet F *et al.* (2008) Middle and ring fingers are more exposed to pulley rupture than index and little during sport-climbing: A biomechanical explanation. *Clinical Biomechanics* 23: 562-70
14. Bowers WH, Kumza GR, Bynum DK (1994) Closed rupture of finger flexor pulley. *J Hand Surg* 14A: 782-7
15. Rousselin B, Le Viet D, Roulot E, Godefroy D (1995) Intérêt du scanner dans les ruptures des poulies digitales chez le grimpeur. *J Traumat Sport* 12: 7-14
16. Gabl M, Lener M, Pechlaner S (1996) Rupture or stress injury of the flexor tendon pulley? Early diagnosis with MRI. *Handchir Microchir Plast Chir* 28: 317-21
17. Klauser A, Bodner G, Frauscher F (1999) Finger injuries in extreme rock climbers. Assessment of High-resolution ultrasonography. *Am J Sports Med* 27: 733-7
18. Hauger O, Chung CB, Lektrakul N *et al.* (2000) Pulley system in the fingers: normal anatomy and simulated lesions in cadavers at MR imaging, CT, and US with and without contrast material distension of the tendon sheath. *Radiology* 217: 201-12
19. Friol JP (2001) Reconstructions secondaires après lésions traumatiques de l'appareil fléchisseur. In: Alnot JY (ed) *Cahier d'Enseignement de la Société Française de Chirurgie de la Main* N°13. Elsevier Paris p. 71-103
20. Warme WJ, Brooks D (2000) The effect of circumferential taping on flexor tendon pulley failure in rock climbers. *Am J Sports Med* 28: 674-8
21. Voulliaume D, Forli A, Parzy O, Moutet F (2004) Réparation des ruptures de poulies chez le grimpeur. *Chir Main* 23: 243-8
22. Nishida J, Amadio PC, Bettinger PC, An KN (1998) Flexor tendon pulley intercation after pulley reconstruction: A biomechanical study in a human model in vitro. *J Hand Surg* 23A: 665-72
23. Boyes JH (1970) In: Bunnell's surgery of the hand. 5th ed. JB Lippincott Philadelphia p. 403-4
24. Kleinert HE, Bennett JB (1978) Digital pulley reconstruction employing always present rim of the previous pulley. *J Hand Surg* 3A: 297-8
25. Lister GD (1979) Reconstruction of pulleys employing extensor retinaculum. *J Hand Surg* 4A: 461-4
26. Karev A (1984) The «belt loop» technique for the reconstruction of pulleys in the first stage of flexor tendon grafting. *J Hand Surg* 9A: 923-4
27. Lin GT, Amadio PC, An KN *et al.* (1989) Biomechanical analysis of finger pulley reconstruction. *J Hand Surg* 14B: 278-82
28. Mugnier C, Moutet F (1992) La main du grimpeur. *Ann Kinesither* 19: 19-23

Appareil fléchisseur : techniques de réparation

T. Dubert

Introduction

La technique de réparation des fléchisseurs comprend plusieurs phases : la récupération des extrémités tendineuses, la suture tendineuse et les gestes sur les poulies. Les techniques décrites dans ce chapitre permettent d'autoriser la rééducation active immédiate.

Technique

Récupération des extrémités tendineuses

L'objectif est de replacer les extrémités tendineuses dans le champ opératoire de façon à effectuer facilement la suture. La difficulté est de respecter le tendon et les poulies. Le moignon distal est facile à trouver. Le moignon proximal est en général rétracté, soit à la base du doigt, soit dans la paume. Le simple massage ne permet pas de sortir le tendon sans le saisir. Il ne faut pas chercher à attraper le tendon avec une pince à l'aveugle dans le canal digital. Même si on y arrive, les dégâts seront irréversibles et compromettront la qualité de la suture.

Identifier le niveau de rétraction est facile en utilisant n'importe quelle sonde de petit calibre (tuyau de Redon par exemple). On fait une incision en regard pour l'extérioriser. Le bout proximal est alors repassé sous les poulies jusqu'à la zone opératoire. Pour effectuer ce passage, il faut procéder en trois temps : cathétériser le canal digital avec un cylindre de distal à proximal, y fixer le moignon tendineux puis retirer le cylindre de proximal à distal pour attirer le tendon dans la zone de suture.

Pour que le passage soit facile et non traumatisant, il faut respecter plusieurs points techniques. Le cylindre doit avoir un diamètre à peu près identique au tendon (éviter le tuyau de Redon qui est trop petit ou la tige de Hunter qui est trop chère). Un tube de silicone fait très bien l'affaire. La fixation du tendon sur le tube doit se faire comme le point central de la suture définitive, pour être suffisamment solide et éviter l'accrochage du tendon contre la berge proximale des poulies. On peut également utiliser une sonde urinaire pédiatrique, après l'avoir bivalvée on peut y enfouir l'extrémité tendineuse. Les deux extrémités tendineuses sont alors stabilisées par des aiguilles

de façon à reposer spontanément en contact. Dans certains cas, la zone de suture est mal placée par rapport aux poulies annulaires. La conduite à tenir est détaillée dans le dernier paragraphe de ce chapitre.

Suture tendineuse

Il faut associer un point central et un surjet périphérique. Pour bien comprendre les descriptions, il faut définir précisément la toponymie (fig. 1). Le point central est lui-même composé de segments longitudinaux (SL) qui assurent la continuité entre les extrémités tendineuses et de segments transversaux (ST) qui assurent l'ancrage dans les moignons tendineux de chaque côté de la section. Le surjet épi-tendineux assure le contact périphérique, facilite le passage sous les poulies et renforce l'ensemble de la suture.

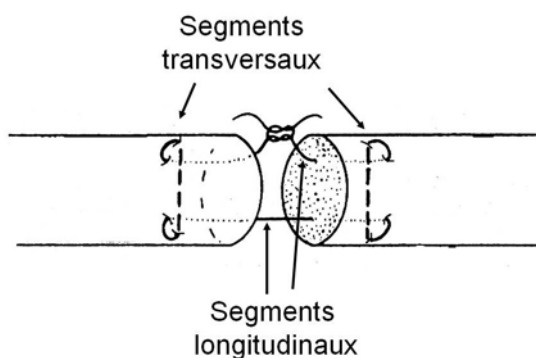


Fig. 1 – Les points en cadre sont composés de segments longitudinaux (SL) et de segments transversaux (ST). Le mode d'intersection entre les SL et ST est un point essentiel de la résistance globale de la suture. Les points à 4 SL sont plus résistants que les points à 2 SL et permettent la rééducation active précoce.

Le point habituel ou « Kessler modifié » apparaît insuffisant car sa résistance (14 à 48 N suivant les études) est inférieure aux forces qui s'exercent lors de la mobilisation active (1-7).

Concernant le type de fil pour le point central, le fil de nylon monobrin 3-0 est recommandé chez l'adulte (1, 8, 9). Les fils tressés ne sont pas utilisés à cause de leur coefficient de friction plus élevé et de leur effet abrasif dans le tendon. Les fils résorbables n'ont à mon avis aucune indication pour la réparation des fléchisseurs : ils sont moins solides à diamètre égal, et les fils de nylon n'ont jamais provoqué aucune intolérance.

Pour le surjet périphérique, on utilise habituellement un fil de nylon monobrin plus fin et plus souple (Prolène® 5-0 ou 6-0).

Concernant les segments longitudinaux, les points à quatre segments longitudinaux (SL) sont recommandés par la plupart des auteurs (1, 10-12). Le croisement des SL augmente la résistance (1) mais risque de bloquer le glissement. C'est la raison pour laquelle je préfère une disposition parallèle des SL.

Si le point est réalisé avec un seul fil, il n'y a qu'un seul nœud. Au contraire, si plusieurs fils sont utilisés, il y aura autant de nœuds que de fils. Dans le cas le plus fréquent d'un point à quatre brins, l'utilisation de deux fils rend difficile l'équilibrage parfait de la tension sur les quatre brins (13). Il y a donc un avantage à utiliser une technique qui permette le passage de quatre brins (ou plus) avec un seul fil (1).

Dans tous les cas, les SL peuvent être placés soit dans la moitié antérieure, soit dans la moitié postérieure du tendon. Placés dans la moitié antérieure, ils perturbent moins la vascularisation tendineuse. Placés en arrière, ils sont plus efficaces sur le plan mécanique.

L'ancrage transversal est essentiel. Les segments transversaux doivent être placés à une distance de 7 à 10 mm de la tranche de section (14).

L'efficacité de l'ancrage transversal dépend essentiellement de ses rapports dans l'espace avec les segments longitudinaux. En pratique, lorsque le tendon est abordé par voie antérieure, le segment transversal doit passer en avant du segment longitudinal (15, 16) et plus près de la zone d'affrontement (fig. 2). Si, au contraire, le segment transversal passe en arrière des segments longitudinaux, ou plus loin de la zone d'affrontement, le point n'est pas appuyé : lors de sa mise en traction, le fil va dissocier le tendon longitudinalement comme un « fil à couper le beurre » au lieu de se resserrer sur les faisceaux « captifs ».

Le nœud est le point faible du fil car les ruptures de fil se produisent en général au niveau du nœud en raison des forces de cisaillement. Il faut faire deux nœuds plats (quatre demi-nœuds inversés). La grosseur et le nombre de nœuds sont des facteurs limitants, car ils diminuent la déformabilité de la zone de suture.

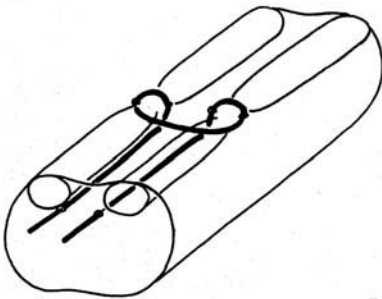


Fig. 2 – Pour que la suture soit solide, les ST doivent toujours être placés en avant des SL. Cette disposition permet d'enserrer des faisceaux de collagènes, évitant ainsi un effet de « fil à couper le beurre ».

En pratique, on préfère généralement placer le nœud dans la tranche de section de façon à éviter un conflit avec les poulies.

Le surjet périphérique régularise la surface extérieure du tendon au niveau de la zone de suture. Il augmente aussi de façon significative la résistance à la rupture. La profondeur des prises (17) et le nombre de passage (18, 19) du surjet modifient sa résistance. Sur le plan mécanique, c'est le surjet postérieur qui est le plus important.

Particularités

Principes de réparation du FCS

Les contraintes enregistrées au niveau du FCS lors de la mobilisation active sont de 17 N environ (20).

Les points simples sont insuffisants pour autoriser la mobilisation active d'emblée, il faut recommander au minimum le point de Kessler modifié, mais c'est le point de Becker (séries de X de chaque côté) modifié qui semble le plus résistant à ce niveau (21, 22).

Plaies en zone I proches de l'insertion distale

Pour les plaies très distales, on recommande habituellement une réinsertion distale transosseuse. Cette technique autorise l'utilisation d'un fil plus gros (2-0), car il y a moins de matériel au niveau de la suture elle-même.

Pour l'arrimage distal, les fils peuvent passer à travers la phalange distale ou en transpulpaire. S'ils sont passés à travers la phalange distale, le point de sortie dorsal peut se situer soit à travers l'ongle, soit en amont de la matrice unguéale.

Lorsqu'on choisit ce type de réparation, le surjet périphérique est impossible à réaliser. On perd ainsi un élément important du renforcement de la suture. Cette technique a aussi l'inconvénient majeur de ne pas créer les conditions de mise en tension physiologique de la suture, puisque l'appui se fait en distal.

Plaies partielles

Les plaies partielles posent des problèmes de fragilisation tendineuse avec risque de rupture d'une part, et de conflit avec accrochage sous le bord libre des poulies d'autre part.

Lorsque la plaie intéresse moins de 50 % de la largeur, il est admis qu'il ne faut pas faire de suture. Après exploration chirurgicale, on se contente d'une régularisation des berges de la plaie tendineuse, avec soit ouverture partielle d'une poulie, soit fermeture du canal digital, de façon à assurer un glissement tendineux sans ressaut (22).

Pour les plaies dépassant 50 %, on conseille habituellement une suture de renforcement. Toutefois, le fait de réaliser une suture entraîne un traumatisme supplémentaire, qui affaiblit l'unité tendineuse et risque de favoriser les adhérences. Certains conseillent l'absence de suture jusqu'à 60 % (23), 75 % (24) ou même 90 % (25).

Si on opte pour une consolidation par suture, le plus sage est probablement de se contenter d'un surjet de 6-0 limité à la portion atteinte du tendon.

Chez l'enfant

Il n'y a pas de différence fondamentale concernant la technique de suture en dehors de l'utilisation d'un fil plus fin proportionnellement à la taille du tendon (26).

Poulies

La réparation anatomique des poulies avec fermeture étanche du canal digital n'est possible que dans un petit nombre de cas. Le plus souvent, l'ouverture partielle ou totale des poulies est nécessaire pour disposer d'un abord suffisant et/ou faciliter le passage de la suture.

Exciser les poulies est la plus mauvaise des solutions. On peut le faire entre A2 et A4 (c'est-à-dire exciser C1, A3 et C2) mais il ne faut pas se laisser aller à exciser plus de 50 % de A2 ou A4. Une autre attitude consiste à simplement ouvrir latéralement la poulie sans l'exciser. La longueur de l'incision doit être juste suffisante pour permettre une course tendineuse complète sans conflit. Cette technique (« venting » des Anglo-Saxons) est préférable à l'excision mais ne permet pas à la suture de rentrer sous la poulie. Seules les techniques d'élargissement permettent le passage de la zone tendineuse élargie sous la poulie. Ces techniques sont de deux types suivant qu'elles respectent la continuité de la poulie ou qu'elles nécessitent une réparation par suture. Seules les techniques d'élargissement qui respectent la continuité de la poulie permettent une rééducation active d'emblée en postopératoire. La technique de Bakhach (27) respecte entièrement la poulie mais la désinsère d'un côté en sous-périosté. La technique que j'utilise (fig. 3) élargit véritablement la poulie sans avoir besoin de la réparer, elle a également l'avantage de faciliter l'exposition de la zone de réparation. Le principe de cette technique est d'élargir la poulie, sur toute sa longueur en excisant deux triangles opposés et symétriques. Pour chacun des deux triangles, l'incision doit partir du milieu de l'ouverture de la poulie, et se terminer latéralement un peu au-delà de la moitié de la longueur. Les deux extrémités de la poulie sont donc largement ouvertes. Dans la partie médiane, l'élargissement de la poulie est égal à la somme des déplacements vers l'axe longitudinal des deux bords latéraux désinsérés de la phalange. Cette technique ne permet pas la fermeture étanche du canal digital, mais a l'avantage de ne comporter aucune suture et donc de permettre une rééducation active précoce.

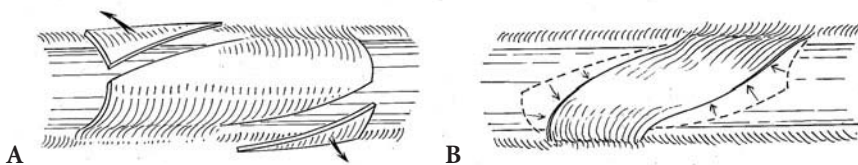


Fig. 3 – Cette plastie d'élargissement de poulie respecte sa continuité et la fragilise peu. Elle favorise le passage de la suture et autorise la rééducation active d'emblée.

Conclusion

La tendance actuelle est de recommander une suture centrale appuyée ou bloquée à quatre brins, associée à un surjet périphérique (fig. 4). Ce type de réparation est deux à trois fois plus résistante qu'une suture traditionnelle (28) et la résistance initiale dépasse 66 N (1), ce qui est suffisant pour recommander une rééducation active précoce. Il faut toutefois se souvenir que le résultat final dépendra aussi de la rééducation et du comportement du patient (29). S'assurer que le patient a compris les explications et les consignes post-opératoires fait donc partie de la technique opératoire.

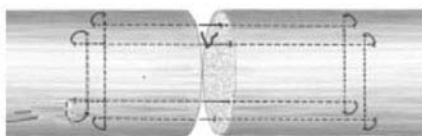


Fig. 4 – Ce point central présente l'avantage d'être un point en cadre avec quatre segments longitudinaux coulissant librement. L'utilisation d'un seul fil facilite l'équilibrage des tensions sur les 4 SL. Il faut s'entraîner à le dessiner pour le réaliser aisément en peropératoire.

Références

1. Barrie KA, Wolfe SW, Shean C, Shenbagamurthi D, Slade III JF, Panjabi MM (2000) A biomechanical comparison of multistrand flexor tendon repairs using an in situ testing model. *J Hand Surg* 25A: 499-506
2. Barrie KA, Tomak SL, Cholewicki J, Merrell GA, Wolfe SW (2001) Effect of suture locking and suture caliber on fatigue strength of flexor tendon repairs. *J Hand Surg* 26A: 340-6
3. Gill RS, Lim BH, Shatford RA, Toth E, Voor MJ, Tsai TM (1999) A comparative analysis of the six-strand double-loop flexor tendon repair and three other techniques: a human cadaveric study. *J Hand Surg* 24A: 1315-22
4. Greenwald DP, Hong HZ, May JW (1994) Mechanical analysis of tendon suture techniques. *J Hand Surg* 19A: 641-7
5. Komanduri M, Phillips CS, Mass DP (1996) Tensile strength of flexor tendon repairs in a dynamic cadaver model. *J Hand Surg* 21A: 605-11
6. Urbaniak JR, Cahill JD, Mortenson R (1975) Tendon suturing Methods: Analysis of tensile strengths. In Hunter JM, Schneider LH (eds). *AAOS Symposium on tendon Surgery in the Hand*. St Louis, CV Mosby 70-80
7. Wagner WF, Carroll C IV, Strickland JW, Heck DA, Toombs JP (1994) A biomechanical comparison of techniques of flexor tendon repair. *J Hand Surg* 19A: 979-83
8. Seradge H (1983) Elongation of the repair configuration following flexor tendon repair. *J Hand Surg* 8A: 182-5
9. Tang JB, Wang B, Chen F, Pan CZ, Xie RG (2001) Biomechanical evaluation of flexor tendon repair techniques. *Clin Orthop Rel Res* 386: 252-9
10. Veitch A, Firoozbakhsh, Pribyl CR, McNally T (2000) In vitro biomechanical evaluation of the double loop suture for flexor tendon repair. *Clin Orthop Rel Res* 377: 228-34

11. Cullen KW, Tohurst P, Lang D *et al.* (1989) Flexor tendon repair in zone 2 followed by controlled active mobilisation. *J Hand Surg* 14B: 392-5
12. Tajima T (1984) History, current status and aspects of hand surgery in Japan. *Clin Orthop Rel Res* 184: 41-9
13. Hatanaka H, Manske PR (2000) Effect of suture size on locking and grasping flexor tendon repair techniques. *Clin Orthop Rel Res* 375: 267-74
14. Pennington DG (1979) The locking loop tendon suture. *Plast Reconstr Surg* 63: 648-52
15. Hotokezaka S, Manske PR (1997) Difference between locking loops and grasping loops: effects on 2-strand core suture. *J Hand Surg* 22A: 995-1003
16. Diao E, Hariharan JS, Soejima O (1996) Effect of peripheral suture depth on strength of tendon repairs. *J Hand Surg* 21A: 234-9
17. Kubota H, Aoki M, Pruitt DL, Manske PR (1996) Mechanical properties of various circumferential tendon suture techniques. *J Hand Surg* 21B: 474-80
18. Lin GT, An KN, Amadio PC, Cooney WP (1988) Biomechanical studies of running suture for flexor tendon repair in dogs. *J Hand Surg* 13A: 553-8
19. Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP, *et al* (1992) Flexor tendon forces: In vivo measurements. *J Hand Surg* 17A: 291-8
20. Greenwald DP, Hong HZ, May JW (1994) Mechanical analysis of tendon suture techniques. *J Hand Surg* 19A: 641-7
21. Seiler JG, Leversedge FJ (2000) Digital Flexor Sheath: repair and reconstruction of the annular pulleys and membranous sheath. *J South Orthop Ass* 9,2
22. McGeorge DD, Stilwell JH (1992) Partial flexor tendon injuries: to repair or not. *J Hand Surg* 17B: 176-7
23. Hariharan JS, Soejima E, Lotz JC (1997) Partial lacerations of human digital flexor tendons: A biomechanical analysis. *J Hand Surg* 22A: 1011-5
24. Al-Qattan MM (2000) Conservative management of zone II partial flexor tendon lacerations greater than half the width of the tendon. *J Hand Surg* 25A: 1118-21
25. Fitoussi F, Mazda K, Frajman JM, Jehannot P, Penneçot F (2000) Repair of the flexor pollicis longus tendon in children. *J Bone Joint Surg* 82B: 1177-80
26. Bakhach J, Sentucq-Rigal J, Mouton P *et al.* (2005) La plastie d'expansion en oméga. Une nouvelle technique d'expansion des poulies annulaires du tunnel digital fléchisseur. *Ann chir plast esth* 50: 705-14
27. Tang JB, Wang B, Chen F, Pan CZ, Xie RG (2001) Biomechanical evaluation of flexor tendon repair techniques. *Clin Orthop Rel Res* 386: 252-9
28. Harris SB, Harris D, Foster AJ, Elliot D (1999) The aetiology of acute rupture of flexor tendon repairs in zones 1 and 2 of the fingers during early mobilization. *J Hand Surg* 24B: 275-80

Tendons fléchisseurs : ruptures secondaires après réparation

P. Bellemère

Introduction

Une rupture secondaire de suture de tendon fléchisseur réalise une complication majeure d'une réparation primitive. Un taux de rupture situé entre 3 et 7 % est habituellement constaté dans la plupart des séries en zones I et II (1). Le chirurgien, le rééducateur et bien entendu le patient doivent garder à l'esprit la possibilité de la survenue d'une rupture à tout moment durant la période de cicatrisation tendineuse, qui s'étale sur 8 à 12 semaines. Le plus souvent cependant, la rupture secondaire survient précocement, dans les trois premières semaines postopératoires, ce qui témoigne surtout d'un problème mécanique plutôt que d'un problème biologique cicatriciel intratendineux (2).

Tout le problème du traitement initial d'une plaie de tendon fléchisseur sera d'obtenir, durant cette période de cicatrisation, une suture tendineuse suffisamment solide pour autoriser un glissement tendineux efficace visant à limiter les adhérences cicatricielles péritendineuses source de raideur. Ce problème est d'autant plus aigu que la lésion initiale siège en zone II où le canal digital est très étroit avec le risque d'accrochage de la réparation tendineuse sur le bord d'une poulie A2 ou A4.

La recherche du compromis solidité et glissement de la suture tendineuse est à la base du développement récent des techniques de sutures tendineuses, et des méthodes de rééducation postopératoire qui font de plus en plus appel à des mouvements actifs en flexion.

Diagnostic d'une rupture tendineuse

Un claquement brutal, suivi immédiatement d'un défaut de flexion active, est en général le témoin habituel d'une rupture tendineuse dont le diagnostic est clinique. Celle-ci peut survenir soit au cours de la rééducation ou d'une activité manuelle volontaire, soit de façon inopinée au repos ou pendant le sommeil. Dans tous les cas, il s'agit d'un excès de contraction musculaire soit volontaire, soit incontrôlée ou réflexe.

Mais la rupture peut parfois être cliniquement moins évidente, notamment lorsqu'elle survient sur un cal d'allongement tendineux au cours de la phase de remodelage tendineux entre la 4^e et la 12^e semaine. Le cal d'allongement induit progressivement une inefficacité tendineuse puis se rompt, paral-

lèlement des adhérences péri-tendineuses peuvent s'être développées. Le risque de rupture tendineux étant d'autant plus élevé que le cal d'allongement est important. Au-delà de 3 mm d'allongement, le risque de rupture est élevé. Le caractère brutal de la rupture est alors beaucoup moins évident, voire totalement absent. Se pose alors le problème devant une inefficacité tendineuse du diagnostic différentiel entre une rupture tendineuse sur un cal d'allongement progressif et des adhérences péri-tendineuses. L'échographie et l'IRM trouvent ici leur valeur diagnostique pour différencier ces deux lésions car leur traitement et leur pronostic sont différents.

Facteurs étiologiques d'une rupture tendineuse

Une rupture tendineuse n'est pas le seul fait d'une fatalité morbide. La présence de nombreux facteurs conjugués l'un à l'autre peut en effet majorer le risque de sa survenue. Parmi ces facteurs, certains sont du contrôle direct du thérapeute (suture tendineuse, expérience du chirurgien, rééducation postopératoire), d'autres (lésion initiale, profil du patient) lui sont indépendants, mais ils peuvent néanmoins être pris en considération lors de la prise en charge initiale du patient. Enfin, aucun lien significatif n'a pour l'instant pu être retrouvé entre la survenue d'une rupture et l'âge du patient, son sexe, le délai entre le traumatisme et la réparation initiale ou encore le tabagisme (2).

Lésion initiale

C'est dans la zone II que le risque de rupture est le plus élevé. Une contusion tendineuse associée, des lésions vasculaires pédiculaires, une rétraction tendineuse importante du bout proximal du tendon avec rupture du vinculum sont autant de facteurs qui vont fragiliser la vascularisation des extrémités tendineuses et limiter leur résistance mécanique à un ancrage tendineux ainsi que leur potentiel de cicatrisation.

Type de la suture tendineuse

Le type de suture tendineuse peut être responsable d'une rupture précoce du fait de plusieurs facteurs : faible résistance mécanique du fil, faible résistance mécanique du type de suture en rapport avec le nombre de brins intratendineux, lâchage du nœud, mauvais ancrage tendineux, volume trop important, entraînant une résistance au glissement tendineux.

De nombreux travaux expérimentaux tentent de répondre au cahier des charges de la suture tendineuse idéale qui doit présenter plusieurs propriétés : être la moins volumineuse possible pour autoriser le glissement tendineux, avoir le meilleur ancrage possible pour éviter un cal d'allongement et un effet de cisaillement sur les fibres tendineuses, offrir une résistance à la rupture

supérieure aux forces nécessaires assurant un glissement tendineux efficace durant la cicatrisation tendineuse, être facile de réalisation.

Les résultats expérimentaux des sutures tendineuses obtenus *in vitro* ne sont pas toujours confirmés par des expérimentations *in vivo* et il faut être très prudent quant aux applications cliniques de certains types de sutures décrites *in vitro* dans la littérature.

La résistance mécanique d'une suture à six brins est supérieure à une suture à deux brins de type Kessler, mais sa résistance au glissement tendineux, du fait de son volume et du nombre de boucle à la périphérie du tendon, en est bien supérieure. Pour diminuer cette résistance au glissement, certains préconisent, en zone II, la résection d'une des bandelettes du fléchisseur superficiel, ce qui libère de la place à la réparation du fléchisseur profond.

La tendance actuelle est de réaliser une suture tendineuse appuyée ou bloquée avec au moins quatre brins en plein corps du tendon à l'aide d'un fil de suture monobrin non résorbable de diamètre 3/0 ou 4/0, associée à un surjet périphérique renforcé de diamètre 6/0 ou 5/0 (3). Le point de suture à quatre brins bloqués et croisés, décrit par McLarney, semble répondre aux exigences biomécaniques d'une résistance à la déhiscence et à la rupture tout en restant facile de réalisation (4, 5). Pour être efficace, l'ancrage tendineux doit faire appel à une suture appuyée ou bloquée, c'est-à-dire une suture où le brin transversal passe en avant des brins principaux longitudinaux ou obliques. Néanmoins, à ce jour, l'utilisation d'une suture solide à quatre brins ou plus n'a pas encore prouvé qu'elle diminuait le taux de rupture tendineuse.

Expérience du chirurgien

La réparation d'une lésion d'un tendon fléchisseur doit être effectuée par un chirurgien entraîné à la chirurgie de la main. Pour un fléchisseur en zone II, le taux de rupture tendineuse est pratiquement deux fois plus élevé si la réparation a été effectuée par un chirurgien non spécialiste et quatre fois plus élevé s'il s'agit du long fléchisseur du pouce (6).

Rappelons les principes techniques de base d'une réparation de tendon fléchisseur (7) : utilisation de grossissement optique, manipulation des extrémités tendineuses le plus atraumatique possible, respect des poulies et des vinculae, affrontement strict des extrémités tendineuses sans télescopage, enfouissement des nœuds de suture.

Rééducation postopératoire

Depuis les travaux de Kleinert, la mobilisation précoce postopératoire d'une réparation tendineuse de fléchisseur a montré qu'elle diminuait de façon significative le taux de rupture tendineuse par rapport à une immobilisation simple. Outre l'amélioration du glissement tendineux et la diminution d'adhérences, elle prévient la diminution de la résistance de la réparation observée

durant les trois premières semaines, elle augmente la nutrition intrasynoviale et augmente la solidité de la réparation entre la 3^e et 6^e semaine en augmentant l'activité cellulaire et en favorisant la réorientation des néofibres de collagène au sein de la réparation tendineuse.

La mobilisation précoce postopératoire est maintenant de pratique routinière avec des protocoles de mobilisation assistée dynamique de type Kleinert ou passive de type Duran. Des protocoles de mobilisation active précoce (MAP) en flexion sont apparus au début des années 1990 dans le but d'améliorer les résultats, en particulier sur la récupération des amplitudes articulaires en flexion-extension.

L'obstacle majeur aux méthodes de MAP est représenté par la crainte d'une rupture tendineuse. Expérimentalement, les forces nécessaires à une flexion active sans résistance des doigts mesurées *in vivo* au poignet (6 à 27 N) se situent en moyenne en deçà des forces de déhiscence d'un point de Kessler (13 à 16 N) (8, 9). Mais la marge de manœuvre pour ce type de point est cependant très étroite.

Les nouveaux points de suture à 4 ou 6 brins ont en revanche une résistance à la déhiscence d'au moins 30 N, ce qui autorise sans arrière-pensée une méthode de rééducation par MAP en flexion (9).

Les travaux expérimentaux *in vivo* ont montré que la MAP n'augmentait pas la maturation collagénique ni n'accélérait la cicatrisation tendineuse par rapport à la mobilisation passive. Autrement dit, la solidité et la force de la suture ne sont ni accélérées, ni augmentées par la MAP (10).

Les séries cliniques de MAP qui utilisaient en majorité des sutures tendineuses conventionnelles de type Kessler montrent que les résultats cliniques globaux par rapport aux méthodes de rééducation plus conventionnelles sont meilleurs et surtout que leur taux de rupture tendineuse n'est pas supérieur voire est légèrement inférieur (11) (tableaux I et II).

Concernant les récentes sutures tendineuses à 4 ou 6 brins associées à une rééducation par MAP en flexion, on manque actuellement de séries cliniques publiées pour apprécier leurs résultats sur le taux de rupture tendineuse.

Profil du patient

Dans une étude de 526 réparations tendineuses en zones I et II rééduquées en MAP avec un taux de rupture de 5 %, Harris analyse les causes de ces ruptures (2). Il ressort que le profil du patient est le facteur le plus important. Dans environ la moitié des cas, la rupture est liée à un acte de « stupidité » comme : retirer son attelle de protection, effectuer des travaux ou des tâches ménagères avec son attelle, etc. Cela pose le problème de l'information initiale à donner au patient sur les conseils de prudence au cours de la période de rééducation. Cette information doit être donnée d'emblée au patient avant même son intervention, puis pendant et immédiatement après en s'aidant au besoin d'une feuille explicative destinée aussi bien au patient qu'au rééducateur. Cela

Tableau I – Résultats comparatifs en zone II des séries utilisant une mobilisation active précoce (MAP).

	<i>Nombre de cas</i>	<i>Excellents et bons résultats (%)</i>	<i>Rupture (%)</i>
Small (1989)	142	76	9,4
Cullen (1989)	31	64	6,4
Savage (1989)	17	70	3
Elliot (1994)	63	79	6
Silverskiöld (1994)	55	96	3,6
Bainbridge (1994)	84	92	7,5
Bakir (1996)	38	85	4,3
Bellemère (1998)	46	80	4,3

Tableau II – Résultats comparatifs en zone II avec les séries utilisant une mobilisation assistée dynamique ou passive.

	<i>Nombre de cas</i>	<i>Excellents et bons résultats (%)</i>	<i>Rupture (%)</i>
Type Kleinert			
Gault (1987)	25	72	4
Chow (1988)	130	98	3,9
Saldana (1991)	120	93	5
Bainbridge (1994)	96	46	3,5
Bakir (1996)	33	78	4,9
Type Duran			
Strickland (1980)	42	56	4
Alnot (1993)	55	73	3,6

impose également un contrôle clinique régulier soit par le chirurgien, soit par le rééducateur afin de renouveler ces conseils, notamment s'il s'agit d'un protocole de MAP. D'autre part, certaines catégories de patient du fait d'une instabilité ou d'une précarité sociale ou psychique sont probablement une contre-indication aux méthodes de rééducation active.

Cas particulier du long fléchisseur du pouce

Le long fléchisseur du pouce (LFP) présente un taux de rupture souvent plus important que les fléchisseurs profonds des doigts longs avec des taux variant de 2,6 % à 17 %. La raison évoquée par Elliot serait due à une contraction involontaire du LFP lors de la flexion digitale et à une rétraction importante du LFP lors de la lésion initiale. Dans des études récentes, cet auteur a fait chuter son taux de rupture à 17 % à 0 % en modifiant sa technique de suture tendineuse et d'immobilisation postopératoire, tout en conservant le même protocole de MAP (12). Dans une première série, il utilisait un seul point de Kessler modifié avec un simple surjet circonférentiel et une attelle d'immobilisation du pouce. Dans sa dernière série, il utilisait un double point de Kessler modifié associé à un surjet croisé de Silverskiöld et une attelle d'immobilisation du pouce et des doigts longs. Outre un taux de rupture nul pour cette dernière méthode, il notait par ailleurs un taux plus élevé d'excellents et bons résultats.

Réparation secondaire d'une rupture tendineuse

L'attitude pratique face à une rupture secondaire de réparation tendineuse de fléchisseur n'est pas encore strictement codifiée. Plusieurs possibilités peuvent se discuter : abstention simple, suture secondaire, greffe tendineuse en un ou deux temps, transfert tendineux, arthrodèse ou ténodèse de l'interphalangienne distale.

Les facteurs du choix thérapeutique vont dépendre en premier lieu du délai de survenue de la rupture et de celui de sa prise en charge, mais aussi de l'état cicatriciel et inflammatoire local (tout processus infectieux ou potentiellement infectieux constituant une contre-indication), de la présence ou non d'un tendon fléchisseur superficiel actif, du doigt concerné (le 5^e doigt étant considéré comme un mauvais doigt), de la demande fonctionnelle du patient, de la motivation du patient et de sa compliance, des facteurs généraux liés au patient.

Une rupture tendineuse survenant dans le mois suivant la réparation initiale et traitée dans les 48 premières heures pourra faire discuter une réparation secondaire immédiate par suture. Il s'agit le plus souvent d'un lâchage de nœud ou d'une rupture de fil. Une nouvelle technique de suture faisant intervenir plus de deux brins ou un changement de calibre de fil permettra le plus souvent d'effectuer une réparation fiable. Il faut cependant garder à

l'esprit que les conditions locales ne sont plus les mêmes qu'au moment de la réparation initiale. L'œdème post-lésionnel péri- et intratendineux, les dépôts de fibrine et les adhérences cicatricielles vont gêner la réparation et interférer avec le glissement de la suture. Une réparation secondaire effectuée entre la 2^e et la 3^e semaine de la cicatrisation tendineuse (phase de fragilité tendineuse) sera par ailleurs mécaniquement plus aléatoire. Un geste d'élargissement voir de résection partielle de la poulie A2 ou totale de la poulie A4 comme le proposent Tang ou Elliot est parfois nécessaire pour faciliter le glissement tendineux sans conflit mécanique à l'entrée d'une poulie (1, 13). Il en est de même pour le sacrifice volontaire d'une hémi-bandelette du fléchisseur superficiel. Nous encadrons cette intervention par une antibioprophylaxie car les risques de complications septiques ne sont pas nuls.

Le mode de rééducation postopératoire devra également être revu en fonction du profil du patient. Même si la réparation secondaire d'une rupture de tendon fléchisseur est souvent efficace, le résultat que l'on peut en attendre sur la mobilité digitale globale est moins favorable qu'une réparation primitive. Dans la série d'Elliot (1) comprenant 37 sutures secondaires de ruptures tendineuses, un peu plus de 50 % des cas ont obtenu un bon ou très bon résultat. Pratiquement tous les 5^{es} doigts ont eu un mauvais résultat et près de 14 % des cas ont eu ultérieurement une 2^e rupture tendineuse.

Lorsque la rupture est tardive (au-delà d'un mois) ou prise en charge tardivement (au-delà de la 48^e heure), les extrémités tendineuses seront déjà très remaniées avec un cal tendineux d'allongement rompu et adhérent. Une suture secondaire, même après recoupe tendineuse, n'est pas toujours facile voire, dans certains cas, être impossible du fait d'une rétraction tendineuse importante ou d'un remaniement cicatriciel étendu. Si l'on estime cependant que malgré la rétraction tendineuse, les conditions locales se prêtent à une suture secondaire, un allongement tendineux au niveau du poignet ou au niveau de la jonction tendino-musculaire à l'avant-bras, comme le propose Le Viet, sera réalisé. Dans le cas contraire, la réparation secondaire pourra alors faire appel à une greffe tendineuse en un ou deux temps.

Les solutions palliatives comme l'arthrodèse ou la ténodèse de l'interphalangienne distale doivent également être discutées à condition que le tendon fléchisseur superficiel soit présent et actif. L'abstention thérapeutique simple est parfois la meilleure solution à proposer au patient car certaines situations constituent des contre-indications chirurgicales du fait d'un état inflammatoire local, d'un processus infectieux, d'un mauvais état cutané ou d'un mauvais état général. Dans d'autres cas, la tolérance fonctionnelle de la rupture tendineuse est correcte voire bonne eu égard aux besoins du patient. C'est notamment le cas lorsque le fléchisseur superficiel reste actif. Enfin, dans les situations intermédiaires, la décision thérapeutique ou l'abstention devra être prise avec le patient en mettant en balance les résultats ainsi que le délai de récupération escompté des solutions chirurgicales proposées, avec les besoins et les impératifs fonctionnels du patient ainsi que sa motivation à

s'astreindre au protocole de rééducation. Dans le cas d'une décision de réparation tendineuse secondaire, il devra être informé que la décision du geste final ne pourra être prise que selon les constatations *in situ*.

Conclusion

L'amélioration des techniques de suture tendineuse, des méthodes de rééducation postopératoire, de l'expérience des chirurgiens, permet d'espérer une diminution du taux de rupture tendineuse après réparation primitive de tendon fléchisseur. La réparation secondaire d'une rupture tendineuse donne globalement de moins bons résultats qu'une réparation primaire.

Références

1. Elliot D, Barbieri CH, Evans RB, Mass D, Tang JB (2007). IFSSH flexor tendon committee report 2007. *J Hand Surg* 32E: 346-8
2. Harris SB, Harris D, Foster AJ, Elliot D (1999) The aetiology of acute rupture of flexor tendon repairs in zones 1 and 2 of the fingers during early mobilization. *J Hand Surg* 24B: 275-80
3. Dubert T (2002) Techniques actuelles de suture primitive des tendons fléchisseurs. *Chirurgie de la main* 21: 218-24
4. MacLarny E, Hoffman H, Wolfe SW (1999) Biomechanical analysis of the cruciate four-strand flexor tendon repair. *J Hand Surg* 24A: 295-301
5. Strickland JW (2000) Development of flexor tendon surgery: twenty five years of progress. *J Hand Surg* 25A: 214-35
6. Peck FH, Kennedy SM, Watson JS, Lees VC (2004) An evaluation of practitioner-led hand clinics on rupture rates following primary tendon repair in the hand. *Br J Plast Surg* 57: 45-9
7. Bellemère P, Chaise F (2006) Lésions des tendons fléchisseurs. In : Les plaies de la main, Masméjan et Dubert (eds). Cahiers d'enseignement de la SOFCOT n°93: Elsevier, Paris, p 123-41
8. Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP, An KN (1992) Flexor tendon forces. In vitro measurements. *J Hand Surg* 17A: 291-8
9. Powell ES, Trail IA (2004) Forces transmitted along human flexor tendons during passive and active movements of the fingers. *J Hand Surg* 29B: 386-9
10. Goldfarb CA, Harwood F, Silva MJ (2001) The effect of variations in applied rehabilitation force on collagen concentration and maturation at the intrasynovial flexor tendon repair site. *J Hand Surg* 26A: 841-6
11. Bellemère P, Chaise F, Friol JP, Gaisne E, Le Lardic C (1998) Résultats de la mobilisation active précoce après réparation primaire des tendons fléchisseurs. *La Main* 1: 92-6
12. Sirotakova M, Elliot D (2004) Early active mobilization of primary repairs of the flexor pollicis longus tendon with two Kessler two-strand core sutures and a strengthened circumferential suture. *J Hand Surg* 29B: 531-5
13. Tang JB (2007) Indications, methods, postoperative motion and outcome evaluation of primary flexor tendon repairs in zone 2. *J Hand Surg* 32E: 118-29

Appareil fléchisseur : traitement des adhérences

M. Chammas, B. Coulet, C. Lazerges, M.-N. Thauray et J.-C. Rouzaud

Introduction

Les adhérences péri-tendineuses ne sont pas la seule cause de limitation de la mobilité active après lésion des tendons fléchisseurs. Raccourcissement tendineux excessif, rupture secondaire, raideur articulaire, lésion des poulies, effet quadrigé, rétraction intrinsèque et/ou rétinaculaire, adhérences au niveau de l'appareil extenseur, bride rétractile cutanée, défaut de commande peuvent intervenir de façon isolée ou associée.

La présence d'adhérences péri-tendineuses fait partie du processus de cicatrisation extrinsèque après réparation d'une section totale ou partielle des tendons fléchisseurs. Des adhérences péri-tendineuses existent ainsi de façon variable. Ces adhérences sont favorisées par le type de traumatisme (écrasement), la technique opératoire, une infection, une fracture associée, une immobilisation prolongée ou une participation insuffisante à la rééducation.

La rééducation adaptée représente le premier niveau de traitement. Cette rééducation tient compte du délai par rapport à la suture tendineuse, de l'évaluation clinique voire ultrasonographique de la cicatrisation tendineuse et des lésions associées.

À partir du moment où surviennent une stagnation de la progression avec un plateau et une différence notable entre mobilités active et passive, une ténolyse peut être envisagée.

La ténolyse des fléchisseurs est la plupart du temps plus difficile que la réparation primaire. Il faut aussi prévenir le patient qu'en cas de lésion grave des poulies, de cal tendineux insuffisant ou de constatations d'une rupture, une conversion vers une autre intervention comme une chirurgie en deux temps ou une chirurgie palliative peut être décidée, sous réserve de son information préopératoire et de son accord vis-à-vis de la rééducation.

La rééducation après ténolyse doit être la plus précoce possible.

Retentissement fonctionnel en cas de raideur digitale

Dans le cadre des séquelles de lésions des tendons fléchisseurs, la MP est le plus souvent préservée. Ainsi, c'est l'enraidissement IPP qui aura le plus de conséquences sur la fonction globale du doigt avec d'éventuelles lésions associées neurologiques et vasculaires. Le retentissement fonctionnel en cas de

raideur digitale est variable, dépendant du rayon atteint, du degré de raideur et de son secteur, des lésions et des troubles associées notamment neuro-vasculaires, de l'activité du patient et de ses capacités de compensation. Le secteur de mobilité fonctionnel au niveau interphalangien proximal (IPP) est de 36° à 86° avec une mobilité moyenne de 61° selon Hume (1). La mobilité interphalangienne distale (IPD) requise est plus limitée et une ankylose de cette articulation en bonne position a un retentissement fonctionnel limité sous réserve de l'état IPP et métacarpo-phalangien (MP) ; d'où l'intérêt de la reconstruction de type superficialis finger.

Bilan préopératoire

La chirurgie secondaire digitale après lésion des tendons fléchisseurs regroupe un grand nombre d'interventions en fonction de tableaux cliniques variés. Le bilan clinique est essentiel, s'attachant à préciser les points suivants :

- la fonction résiduelle de la main, le niveau des douleurs, les séquelles d'un syndrome douloureux régional complexe et l'existence d'une exclusion du doigt ;
- les lésions initiales (zone IFSSH), la ou les interventions préalables et les soins postopératoires et l'existence d'un épisode infectieux ;
- le traitement rééducatif et les orthèses déjà utilisées.

Les structures incriminées dans l'enraidissement sont l'état cicatriciel cutané et sous-cutané, l'état des tendons fléchisseurs et des poulies ainsi que de l'appareil extenseur, la mobilité et l'état articulaire avec bilan radiographique, l'état vasculaire avec notamment test d'Allen digital et le degré d'intolérance au froid, les souhaits du patient et son contexte socioprofessionnel, les possibilités de rééducation et l'adhésion du patient.

Les principaux tableaux cliniques sont la section négligée de tendon fléchisseur, la re-rupture, l'enraidissement en flexion avec flexion active partiellement conservée avec ou sans lésion des poulies A2 et A4, l'enraidissement en flexion sans flexion active avec ou sans lésion de A2, A4, le crochet digital.

Les interventions de ténolyse et téno-arthrolyse peuvent être indiquées dans les trois derniers cas de figure sous réserve d'une continuité tendineuse, d'articulations radiographiquement intactes et de l'état des poulies principales. Le patient sera prévenu de la possibilité de conversion en deux temps si l'état tendineux et des poulies le nécessitent.

Quelles sont les structures participant à la raideur digitale ? Il faudra répondre à cette question essentielle en pré- mais aussi en peropératoire. Deux classifications ont été proposées dans le cadre de la chirurgie secondaire des fléchisseurs.

La classification Boyes en 1950 différencie cinq grades (2) :

- grade 1 : bon état digital, état cicatriciel minime ;
- grade 2 : état cicatriciel important ;

- grade 3 : lésion articulaire avec enraidissement articulaire ;
- grade 4 : lésion nerveuse ;
- grade 5 : lésions combinées.

Hunter et Salisbury, en 1971, reprennent la classification de Boyes (3) et la modifient :

- grade 1 : favorable (lésion tendineuse ancienne simple, sans cicatrice étendue, ni trouble trophique, articulations souples) ;
- grade 2 : cicatriciel (fibrose importante, mobilité passive relativement conservée \pm lésions poulies) ;
- grade 3 : articulaire (limitation notamment IPP persiste lors de la chirurgie malgré rééducation) ;
- grade 4 : lésions nerveuses ou troubles trophiques ;
- grade 5 : complexe (association plusieurs grades précédents, atteinte pluri-digitale, extension à la paume).

Toute chirurgie secondaire conservatrice sera contre-indiquée en cas de précarité vasculaire (deux pédicules lésés) (4) et neurologique, d'exclusion digitale, de lésions articulaires ou de non-possibilité de rééducation adaptée ou de coopération du patient. Dans ce cas, seront discutées l'abstention, une arthrodèse IPP, une amputation.

Nous aborderons successivement les gestes de ténolyse, téno-arthrolyse antérieure IPP, de téno-arthrolyse totale antérieure.

Ténolyse

Il existe un certains nombre de prérequis avant la décision de ténolyse (5-7) : cicatrisation cutanée avec équilibre tissulaire (fractures consolidées), continuité tendineuse, état vasculaire satisfaisant, liberté articulaire et intégrité radiographique articulaire, muscles correspondants et antagonistes fonctionnels, récupération de la sensibilité en cours ou suffisante, analyse besoins, possibilités de rééducation spécialisée, rééducation et appareillage préopératoire, patient compliant, motivé et informé sur les objectifs et les possibilités de conversion peropératoire en reconstruction en un ou deux temps pouvant faire l'objet d'une rééducation spécialisée.

Délai opératoire

Le délai opératoire prend en considération l'obtention de l'équilibre tissulaire mais aussi le temps nécessaire à la résistance à la traction de la cicatrisation tendineuse. Wray (8) a montré qu'après un délai de 12 semaines, la résistance de la zone de suture permettait une ténolyse sans fragilisation tendineuse et que la vascularisation était augmentée. Il n'y a pas de consensus sur ce sujet, toutefois, un délai de 3 mois après chirurgie primaire et 6 à 9 mois après greffe est le plus souvent admis (5). La notion de plateau de 4 à 8 semaines en termes

de progression de mobilité après un délai de 3 mois de rééducation bien menée après chirurgie primaire est aussi à considérer (9).

Technique opératoire

Concernant le type d'anesthésie, afin d'obtenir la participation du patient, certains ont proposé de pratiquer la ténolyse sous anesthésie locale et sédation (10, 11). L'alternative sous anesthésie locorégionale ou générale est de tester la course tendineuse par traction proximale du tendon grâce à une incision séparée en amont du pli de flexion poignet (12). Une sélectivité sensitive du bloc anesthésique peut aider à l'évaluation peropératoire (4).

La voie d'abord dépend des précédentes incisions et ne doit pas isoler des lambeaux susceptibles d'être dévascularisés ou entraîner une bride cutanée palmaire. La rétraction cutanée devra être évaluée pour prévoir une éventuelle perte de substance à couvrir par lambeau en fin d'intervention. Voies d'abord de type Bruner (7), baïonnette, ou latéro-digitale (13) peuvent être utilisées. Le canal carpien sera éventuellement ouvert selon le niveau lésionnel. Il est important d'exposer largement de la gaine sans lésion des poulies A2 et A4. Si possible, le ligament transverse superficiel sera conservé pour éviter une corde d'arc en cas de lésion ou de résection de A1 et de lésion de la partie proximale de A2. Les pédicules neuro-vasculaires sont préservés.

La ténolyse est commencée de proximal en distal avec beaucoup de précautions. Des incisions étagées de la gaine en préservant les poulies A2 et A4 sont réalisées (fig. 1). L'excision de A3 et A5 facilite l'exposition. Il est utile d'utiliser alternativement bistouri lame n°11, spatule tranchante, fil de nylon comme « fil à couper le beurre ». Une fois l'appareil tendineux libéré de la gaine, les tendons superficiel et profond sont dissociés. La qualité des poulies A2 et A4 et le cal tendineux sont évalués. Une bandelette du fléchisseur superficiel peut être enlevée en cas d'hypertrophie tendineuse ou de cal précaire de ce tendon. L'excision du superficiel dans sa totalité est à réserver aux lésions sévères de ce tendon. Le tissu cicatriciel est excisé et non pas seulement incisé.

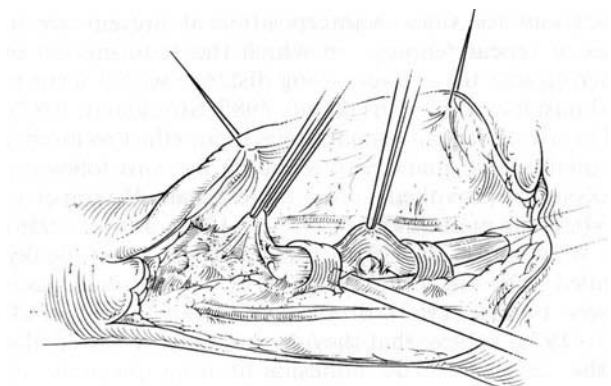


Fig. 1 – Ténolyse des fléchisseurs avec respect des poulies A2 et A4 et résection A3, A5 d'après Strickland (21).

À ce stade de l'intervention, un bilan précis est fait précisant l'étendue des adhérences par rapport aux zones IFSSH et aux poulies, l'état des poulies, la qualité et la solidité de la cicatrisation tendineuse, l'état de la surface de glissement tendineuse, la nécessité d'enlever le matériel de suture sans léser le tendon, la qualité de la vascularisation tendineuse estimée sur les vinculae, la liberté articulaire, la course tendineuse soit par traction proximale, soit par participation du patient après lâchage du garrot, les lésions associées neuro-vasculaires, la perte de substance cutanée potentielle après mise en extension du doigt.

Les séquelles anatomiques peuvent être appréciées selon Boyes (2) et Hunter (3) notamment. La procédure de ténolyse est considérée comme adaptée (6) quand le tendon libéré est suffisamment résistant, le tendon libéré est lisse et de calibre régulier, le lit du tendon sans obstacle au glissement, les poulies A2, A4 sont en grand partie préservées et résistantes.

La procédure de ténolyse est considérée comme achevée et satisfaisante quand la traction tendineuse au poignet permet une flexion complète du doigt et une bonne excursion musculaire en proximal (4).

Après hémostase et fermeture, un pansement sans zone de constriction est placé permettant le contrôle de la vascularisation digitale. Foucher place les doigts en flexion en fermant l'incision proximale en dernier pour le pansement sans flexion excessive IPD pour éviter une ischémie cutanée (4).

Gestes associés

Une désunion cutanée après ténolyse fait courir le risque d'infection et de rupture tendineuse. Le choix de la voie d'abord, la prévision d'une éventuelle perte de substance par un lambeau sont importants. Plasties en VY, de rotation, lambeaux confluents, lambeau de Hueston ou latérodigital, lambeau hétérodigital pédiculé peuvent être utilisés.

En cas de raideur articulaire persistante malgré la rééducation préopératoire et la ténolyse, une arthrolyse peut être réalisée. Une simple section des check reins est d'abord réalisée. La technique est détaillée plus loin. La nécessité d'arthrolyse grève le résultat postopératoire après ténolyse.

En cas de lésion des poulies A2 et A4, de lésion importante tendineuse supérieure à 30 % (13), une chirurgie en deux temps sera discutée selon les choix du patient, le contexte socio-professionnel, l'état vasculaire et neurologique, le degré d'enraidissement articulaire notamment.

Si, en fin de ténolyse, le doigt reste plus en flexion que les doigts voisins et si la mise en flexion du poignet permet de rétablir la cascade, il s'agit d'une rétraction d'adaptation du corps musculaire. Un allongement myotendineux peut être réalisé (14, 15). Il faut savoir que cela va affaiblir la force des fléchisseurs en postopératoire. Nous le faisons exceptionnellement comme Foucher (7), privilégiant les orthèses de postures progressives en extension en alternance avec les orthèses en flexion.

Un syndrome lombrical plus peut être observé après une greffe du fléchisseur profond trop longue. Il existe une extension paradoxale du doigt opéré dans les tentatives de flexion par tension excessive sur le lombrical. Une excision ou une désinsertion du lombrical est alors indiquée.

Adjuvants utilisés

L'adjonction locale de corticoïde en fin d'intervention qui pourrait théoriquement limiter la récurrence des adhérences n'améliore pas les résultats pour la majorité des auteurs (5, 16) et fait courir le risque de trouble de cicatrisation (9). D'autres produits ont été essayés tels qu'un gel antiadhésif de glycosaminoglycane (ADCON-T®). Les résultats n'ont pas montré après réparation primaire d'amélioration significative (17, 18), sauf dans la série de Liew (19). Le taux de rupture après réparation primaire est plus important (18). Merle recommande l'utilisation d'un matériau dégradable (Divide®) (20). Toutefois, ce produit est signalé comme difficile d'utilisation en zone II.

Soins postopératoires

Un consensus existe pour la majorité des auteurs concernant le début précoce de la rééducation si possible dès le lendemain de l'intervention. L'analgésie postopératoire est un facteur de facilitation de la rééducation postopératoire précoce. Différents moyens sont utilisés hormis les antalgiques et anti-inflammatoires par voie générale : cathéter axillaire, cathéter au poignet (7, 13). En fonction de la qualité de la cicatrisation tendineuse, un programme intensif actif et passif avec orthèses alternées avec autorééducation sera indiqué en cas de bonne cicatrisation et un programme, notamment en passif et placé-tenu, sous la surveillance étroite d'un kinésithérapeute, sera préféré pour minimiser le risque de rupture tendineuse (9). Le traitement de l'œdème est important.

Résultats et complications

Globalement, dans la littérature, les améliorations retrouvées sont entre 65 et 85 % et le taux de re-rupture entre 2 et 9 %. Plus en détail, pour Strickland (21), les résultats des ténolyses en zone II montrent dans 65 % des doigts traités, la récupération d'au moins 50 % du déficit de mobilité active ; 20 % des cas ne sont pas améliorés ; 15 % ont une amélioration limitée. Il retrouve 8 % de rupture. Foucher (7) rapporte une série de 78 ténolyses comportant 10 reconstructions de poulie, 24 arthrolyses IPP palmaire, 4 excisions complètes du fléchisseur superficiel et 18 partielles. Il y avait seulement un allongement intramusculaire. Pour Foucher, 83 % des doigts ont été améliorés avec un TAM qui passe de 65° à 115° pour le pouce et 135° à 203° pour les doigts longs. Les mauvais résultats sont liés au mauvais état tendineux, à la

nécessité d'une arthrolyse IPP et aux cas de désunion cutanée. Il note deux cas de ruptures précoces (1^{re} et 2^e semaine) dont un dû à une désunion cutanée et le même taux de désunion cutanée. Il semble que la reconstruction de poulie n'apparaisse pas péjorative contrairement à l'avis de la majorité des auteurs. Goloborod'Ko (22), après avoir appliqué un protocole de mobilisation précoce passive en extension et de bandage du doigt en flexion la nuit, rapporte 18 excellents résultats sur 20 doigts. En ce qui concerne les résultats des ténolyses après fractures, peu de publications en font état. Yamazaki, en 2008 (23), signale que le résultat est seulement corrélé à la mobilité préopératoire. Pour les lésions combinées ou les amputations, Eggli (24) note une amélioration de 55° après ténolyse palmaire et de 63° après ténolyse combinée extenseur, fléchisseur. Jupiter (25), dans une série de 37 doigts réimplantés et 4 pouces, rapporte pour les doigts longs une amélioration du TAM de 72° à 130°. En revanche, les résultats au niveau du pouce ont été moyens deux fois et mauvais dans les deux autres cas. Il ne recommande pas la ténolyse après replantation du pouce.

Téno-arthrolyse antérieure interphalangienne proximale

La réalisation d'une arthrolyse antérieure IPP lors d'une ténolyse des fléchisseurs est justifiée en cas de déficit d'extension persistant de cette articulation sous réserve que tendons et poulies A2, A4 soient satisfaisants. Dans le cas contraire, une reconstruction en deux temps est privilégiée.

Technique opératoire

La voie d'abord dépend de l'évaluation cutanée des cicatrices d'intervention préalable, de la perte de substance estimée après mise en extension du doigt. Ce sera essentiellement une voie palmaire de type Bruner ou plastie en Z, soit plus rarement deux voies latérales. Les deux voies latérales ne sont utilisées qu'en cas de lésion limitée des fléchisseurs. Il est important de libérer les pédicules collatéraux afin de ne pas risquer de trouble de vascularisation lors de la mise en extension, surtout si ces pédicules sont l'objet de fibrose cicatricielle. La gaine est excisée entre le bord distal de A2 et le bord proximal de A4. Après ténolyse et analyse de la continuité tendineuse et du risque de rupture secondaire, on récline les tendons et les check-reins sont identifiés (fig. 2) grâce à l'artère digitale transverse qui passe dessous 3 mm en amont de l'IPP, puis réséqués si possible en la respectant. Si l'extension souhaitée n'est pas obtenue, libération de la plaque palmaire avec capsulectomie et section des ligaments accessoires sont effectuées. Une spatule permet de décoller les culs-de-sac palmaire et dorsal. À ce moment-là, il est important d'évaluer la rétraction proximale des fléchisseurs en plaçant le poignet en flexion et la rétraction de la peau et des parties molles, notamment des rétinaculaires obliques. Des incisions cutanées pour plastie en VY ou les plasties en Z sont alors effectuées.

Ce n'est qu'en cas d'extension insuffisante que les ligaments collatéraux principaux sont désinsérés au niveau de leur insertion proximale. La vérification au niveau de la paume de la main ou du poignet de la course des fléchisseurs est utile. Nous ne plaçons pas de broche d'arthrodèse transitoire en extension, ce qui empêcherait la mobilisation des fléchisseurs. La fermeture cutanée est suivie du lâchage du garrot et du contrôle de la vascularisation digitale.

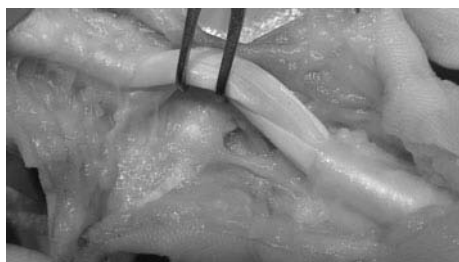


Fig. 2 – Checks-reins au niveau interphalangien proximal.

Soins postopératoires

Une orthèse thermoformée palmaire est placée dès le lendemain pour permettre la mobilisation digitale par autorééducation et rééducation en actif, actif aidé et passif. Une éventuelle rétraction proximale des fléchisseurs sera traitée par orthèse de posture. À partir du moment où une arthrolyse antérieure est faite, une orthèse longue puis courte limitée à l'IPP sera nécessaire pendant au moins 3 à 4 mois la nuit.

Complications

Ce sont celles de la ténolyse des fléchisseurs. Même en cas de section complète des ligaments collatéraux, les cas d'instabilité sont rares. Les ligaments collatéraux se reforment en 3 semaines selon Diao et Eaton (26). Plus la zone cicatricielle péri-tendineuse est importante, plus il y a de risque que celle-ci soit étendue aux pédicules collatéraux. La mise en extension peut compromettre vascularisation et sensibilité du doigt (11, 13). Les patients ayant un état neuro-vasculaire précaire seront candidats soit à l'abstention, à l'arthrodèse ou à l'amputation (11).

Il faut insister aussi sur la sous-évaluation des lésions des poulies A2 et A4. Une corde d'arc par du fléchisseur profond par l'augmentation du moment d'action sur l'IPP sera responsable d'une récurrence précoce du flectum et d'un déficit de flexion IPD. Si les tendons fléchisseurs sont en très bon état avec une surface de glissement satisfaisante, une reconstruction de poulie dans le même temps est possible. La reconstruction de A2 suffit si la partie distale de A4 est intacte. Si les tendons fléchisseurs sont altérés, une reconstruction en deux temps est indiquée.

Résultats

La technique d'arthrolyse antérieure en cas de raideur en flexion est créditée d'un gain d'extension variant de 12° à 50° (26-33).

Plus la raideur est sévère, plus il y a de structures incriminées. Lors du traitement chirurgical des raideurs en flexion de l'IPP, plus il y a de structures intéressées par l'acte de libération moins bon est le pronostic (29, 34, 35). L'âge et le nombre d'interventions préalables sont des éléments de mauvais pronostic (35).

Téno-arthrolyse totale antérieure

En cas de raideur combinée interphalangienne proximale et distale avec, à l'extrême, un crochet digital, il est fréquent de constater une rétraction associée de la peau, du tissu sous-cutané, de la gaine des fléchisseurs, des tendons fléchisseurs, de la plaque palmaire avec les ligaments collatéraux et parfois même du périoste. Le traitement par ténolyse des fléchisseurs et arthrolyse antérieure donne dans ces cas ses plus mauvais résultats. En 1978, Saffar et Rongeval (36) ont décrit une nouvelle technique consistant en le relèvement en bloc de la gaine des fléchisseurs, des deux pédicules collatéraux et des plaques palmaires des articulations IPP et IPD par une dissection sous-périostée.

Indications

Pour Saffar (37), l'indication de choix est le doigt déjà opéré présentant une raideur en flexion avec lésions tendineuses, articulaires et cutanées associées et où la flexion est complète et l'extension limitée. Pour Loréa et Foucher (38), c'est le doigt avec raideur en flexion combinée IPP et IPD, voire le crochet digital compliquant notamment la technique de Kleinert après lésion des tendons fléchisseurs.

Contre-indications

Ce sont les doigts raides sans flexion ni extension, des troubles trophiques importants en particulier par insuffisance vasculaire, un doigt insensible et des lésions de l'articulation IPP (37).

Technique opératoire (37, 38)

La voie d'abord est latérale à l'union peau palmaire peau dorsale de la moitié de P1 à l'extrémité de la 3^e phalange. Le côté choisi est celui d'une éventuelle précédente incision ou bien celui opposé à l'artère dominante (39) ou du côté où l'artère collatérale a pu être lésée. L'incision est menée directement jusqu'au niveau de la partie moyenne de P1 et P2. Il faut veiller à ne pas léser

la branche collatérale dorsale qui naît à partir de l'artère collatérale palmaire au niveau de la partie moyenne de P1. Le périoste de P1 et de P2 est ensuite incisé, décollé vers l'avant au bistouri et à la rugine jusqu'à la face latérale opposée. La plaque glénoïdienne est décollée et séparée complètement des ligaments collatéraux notamment accessoires. Le doigt est placé en extension maximale. À ce stade, afin d'obtenir l'extension digitale, il est nécessaire de prolonger l'incision cutanée distale en gueule de requin afin de désinsérer le fléchisseur profond de la 3^e phalange et de désinsérer les ligaments accessoires. Saffar (37) recommande en cas de flessum résiduel de sectionner aussi les ligaments principaux sans que cela provoque d'instabilité secondaire. La mise en extension du doigt provoque alors le glissement proximal des structures décollées découvrant la partie distale du squelette. Pour Saffar, même si cette technique permet toujours de placer le doigt en extension, il n'est pas toujours souhaitable d'obtenir un redressement complet. Une broche d'arthrodèse transitoire en extension de l'IPP peut être placée pour 10 à 15 jours. La couverture distale sera obtenue soit par cicatrisation dirigée (37), soit par lambeau VY ou de Hueston (38) avec ou sans arthrodèse IPD (37, 39). L'arthrodèse IPD est privilégiée dans les crochets sévères avec IPD raide. Le raccourcissement obtenu aide à la fermeture cutanée et rend ce doigt encore en partie raide moins exposé au traumatisme car plus court (39). Après la suture cutanée, le garrot est relâché afin de contrôler la revascularisation du doigt. En cas d'insuffisance vasculaire, le doigt est placé en flexion métacarpo-phalangienne.

Soins postopératoires

Saffar (37) utilise des attelles alternées en flexion et en extension toutes les 12 heures. Après, la rééducation active est commencée avec attelle d'extension nocturne. L'attelle sera portée pendant 4 à 6 mois. Loréa et Foucher (39) recommandent en cas de crochet sévère un brochage IPP. Aux 10-15^{es} jours, la broche est enlevée, relayée par une orthèse d'extension. L'attelle est gardée en permanence sauf pour des exercices de flexion toutes les heures dans la journée. À partir de la 3^e semaine, une orthèse dynamique de flexion est utilisée pendant la journée. À partir de la 4^e semaine et pendant environ 2 mois, l'orthèse d'extension n'est portée que la nuit.

Complications

Les complications pulpaire avec pulpe étroite crochet unguéal sont vues après cicatrisation dirigée, dans la moitié des cas de lambeau d'avancement pulpaire et pas après arthrodèse IPD et lambeau (39). La nécrose cutanée dorsale rare est liée à la lésion des artères cutanées dorsales ou à une mauvaise appréciation de la vascularisation digitale. Il n'a pas eu de détérioration articulaire par dévascularisation, d'aggravation neurologique dans la série de

Loréa et de Foucher. Dans 12 % des cas, l'intolérance au froid a été aggravée. Saffar signale un risque d'hyperextension IPD (37). Aucun cas d'instabilité IPP n'a été signalé, même en cas de section complète des ligaments collatéraux (37, 39).

Résultats

Dans la série de Loréa et Foucher (39), le déficit d'extension moyen préopératoire global IPP et IPD était de 133° et pour l'IPP de 83°. Avec un recul de 8 ans, 45 doigts sur 50 ont été améliorés, un a été aggravé. Le gain moyen d'extension global a été de 86° et pour l'IPP de 52°. Le gain moyen en mobilité active a été de 37°. La mobilité en flexion n'est pas donnée. Pour Saffar, le gain moyen d'extension a été de 35°. Il notait 71 % de cas améliorés et 6 % aggravés sur 73 cas (37). Les meilleurs résultats ont été obtenus dans les cas de séquelles de section en zone II des tendons fléchisseurs et pour les 3^e et 5^e doigts.

Loréa et Foucher (38) insistent sur le fait que le gain en flexion active est modeste et qu'il s'agit surtout d'un transfert de l'arc de mobilité en extension pour rejoindre un secteur plus fonctionnel. La distension de l'appareil extenseur au dos de l'IPP est l'un des facteurs expliquant le déficit d'extension active digitale.

Gestes associés

Allongement de fléchisseur à la jonction musculo-tendineuse

Il a été décrit par Rouhier, en 1950 (14), dans les cas de section du tendon du long fléchisseur du pouce vue tardivement avec rétraction. L'allongement se fait au-dessus du poignet à la jonction musculo-tendineuse ; la suture doit être le plus possible enfouie dans le muscle. Le gain de longueur peut être de 2,5 à 3 cm. Après téno-arthrolyse antérieure, en cas de tension trop grande d'un tendon raccourci celui-ci peut être allongé. Toutefois, la fragilité de cet acte complémentaire va gêner la mobilisation postopératoire et est en pratique rarement utilisé. Pour les doigts longs, seuls les tendons fléchisseurs superficiels peuvent être individuellement allongés compte tenu de l'anastomose des fléchisseurs profonds.

Reconstruction de poulie

Ce geste n'est indiqué qu'en complément d'une ténoarthrolyse antérieure IPP. Si les tendons fléchisseurs sont en très bon état avec une surface de glissement satisfaisante, une reconstruction de poulie dans le même temps est possible. La reconstruction de A2 suffit si la partie distale de A4 est intacte. Si les tendons fléchisseurs sont altérés, une reconstruction en deux temps est indiquée.



Fig. 3 – Voie d'abord de téno-arthrolyse totale antérieure.



Fig. 4 – Décollement sous-périosté du canal digital, des plaques palmaires et des ligaments accessoires. Désinsertion du fléchisseur profond de la 3^e phalange.



Fig. 5 – Fermeture avec lambeau de Hueston facilitée par une arthrodèse interphalangienne distale d'après Saffar (37).

Références

1. Hume MC, Gellman H, McKellop H, Brumfield RH (1990) Functional range of motion of the joints of the hand. *J Hand Surg* 15A: 240-3
2. Boyes J (1950) Flexor-tendon grafts in the fingers and thumb. An evaluation of the results. *J Bone Joint Surg* 32A: 489-99
3. Hunter JM, Salisbury RE (1971) Flexor-tendon reconstruction in severely damaged hands. A two-stage procedure using a silicone-dacron reinforced gliding prosthesis prior to tendon grafting. *J Bone Joint Surg* 53A: 829-58
4. Foucher G, Lenoble E, Ben Youssef K, Sammut D (1993) A post-operative regime after digital flexor tenolysis. A series of 72 patients. *J Hand Surg* 18B: 35-40
5. Fetrow KO (1967) Tenolysis in the hand and wrist. A clinical evaluation of two hundred and twenty flexor and extensor tenolyses. *J Bone Joint Surg* 49A: 667-85
6. Verdan CE (1972) Half a century of flexor-tendon surgery. Current status and changing philosophies. *J Bone Joint Surg* 54A: 472-91
7. Foucher G, Lenoble E, Ben Youssef K, Sammut D (1993) A post-operative regime after digital flexor tenolysis. A series of 72 patients. *J Hand Surg* 18B: 35-40
8. Wray RC, Moucharafieh B, Weeks PM (1978) Experimental study of the optimal time for tenolysis. *Plast Reconstr Surg* 61: 184
9. Azari KK, Meals RA (2005) Flexor tenolysis. *Hand Clin* 21: 211-7

10. Hunter JM, Schneider LH, Dumont J, Erickson JC (1974) Adynamic approach to problems of hand function using local anesthesia supplemented by intravenous fentanyl-droperidol. *Clin Orthop Relat Res* 104: 112-5
11. Schneider LH (1996) Tenolysis and capsulectomy after hand fractures. *Clin Orthop Relat Res* 327: 72-8
12. Whiteker JH, Strickland JW, Ellis RK (1977) The role of flexor tenolysis in the palm and digits. *J Hand Surg 2A*: 462-70
13. Strickland JW (1985) Flexor tenolysis. *Hand Clin* 1: 121-32
14. Rouhier F (1950) La restauration du tendon long fléchisseur du pouce sans sacrifice du tendon primitif. *J Chir* 66: 8-9
15. Le Viet D (1986) Flexor tendon lengthening at musculo-tendinous junction. *Ann Plast Surg* 17: 239-46
16. Verdan C, Michon J (1957) Tendolysis of flexor tendons; indications in cicatricial blocking. *Rev Med Nancy* 82: 69-79
17. Mentzel M, Hoss H, Keppler P, Ebinger T, Kinzl L, Wachter NJ (2000) The effectiveness of ADCON-T/N, a new anti-adhesion barrier gel, in fresh divisions of the flexor tendons in Zone II. *J Hand Surg 25B*: 590-2
18. Golash A, Kay A, Warner JG, Peck F, Watson JS, Lees VC (2003) Efficacy of ADCON-T/N after primary flexor tendon repair in Zone II: a controlled clinical trial. *J Hand Surg 28B*: 113-5
19. Liew SH, Potokar T, Bantick GL, Morgan I, Ford C, Murison MS (2001) The use of ADCON-T/N after repair of zone II flexor tendons. *Chir Main* 20: 384-7
20. Merle M, Lallemand B, Lim A, Gantois M (2008) Experimental and clinical evaluation of an absorbable biomaterial inducing an ant-adhesive barrier (Divide®). *Eur J Orthop Surg* 18: 255-63
21. Strickland JW (1989) Flexor tendon surgery. Part 2: Free tendon grafts and tenolysis. *J Hand Surg 14B*: 368-82
22. Goloborod'ko SA (1999) Postoperative management of flexor tenolysis. *J Hand Ther* 12: 330-2
23. Yamazaki H, Kato H, Uchiyama S, Ohmoto H, Minami A (2008) Results of tenolysis for flexor tendon adhesion after phalangeal fracture. *J Hand Surg 33E*: 557-60
24. Eggli S, Dietsche A, Vogelin E (2005) Tenolysis after combined digital injuries in zone II. *Ann Plast Surg* 55: 266-71
25. Jupiter JB, Pess GM, Bour CJ (1989) Results of flexor tendon tenolysis after replantation in the hand. *J Hand Surg 14A*: 35-44
26. Diao E, Eaton RG (1993) Total collateral ligament excision for contractures of the proximal interphalangeal joint. *J Hand Surg 18A*: 395-402
27. Sprague BL (1976) Proximal interphalangeal joint contractures and their treatment. *J Trauma* 16: 259-65
28. Inoue G (1991) Lateral band release for post-traumatic extension contracture of the proximal interphalangeal joint. *Arch Orthop Trauma Surg* 110: 298-300
29. Gould JS, Nicholson BG (1979) Capsulectomy of the metacarpophalangeal and proximal interphalangeal joints. *J Hand Surg 4A*: 482-6
30. Young VL, Wray RC, Jr., Weeks PM (1978) The surgical management of stiff joints in the hand. *Plast Reconstr Surg* 62: 835-41
31. Harrison DH (1977) The stiff proximal interphalangeal joint. *Hand* 9: 102-8

32. Rhode CM, Jennings WD, Jr. (1971) Operative treatment of the stiff proximal interphalangeal joint. *Am Surg* 37: 44-59
33. Bruser P, Poss T, Larkin G (1999) Results of proximal interphalangeal joint release for flexion contractures: midlateral versus palmar incision. *J Hand Surg* 24A: 288-94
34. Curtis RM (1970) Surgical restoration of motion in the stiff interphalangeal joints of the hand. *Bull Hosp Joint Dis* 31: 1-6
35. Ghidella SD, Segalman KA, Murphey MS (2002) Long-term results of surgical management of proximal interphalangeal joint contracture. *J Hand Surg* 27A: 799-805
36. Saffar P (1983) Total anterior teno-arthrolysis. Report of 72 cases. *Ann Chir Main* 2: 345-50
37. Saffar P (1986) La ténoarthrolyse totale antérieure. In: Tubiana R (ed). *Traité de chirurgie de la main*. Masson, Paris, p. 274-81
38. Lorea P, Chahidi N, Marchesi S, Ezzedine R, Marin Braun F, Dury M (2006) Reconstruction of fingertip defects with the neurovascular tranquilli-leali flap. *J Hand Surg* 31B: 280-4
39. Lorea P, Medina Henriquez J, Navarro R, Legaillard P, Foucher G (2007) Anterior tenoarthrolysis for severe flexion contracture of the fingers (the "TATA" operation): a review of 50 cases. *J Hand Surg* 32E: 224-9

Appareil fléchisseur : reconstruction en un temps

J.-C. Guimberteau

Introduction

Les principes chirurgicaux académiques en matière de reconstruction des tendons fléchisseurs des doigts ont considéré le tendon comme étant une simple courroie de transmission de force entre la structure musculaire, responsable de la création de force, et la structure articulaire mobile, transformant cette force en un mouvement. Cette notion tout à fait mécaniste aura comme conséquence d'entraîner le développement de techniques dont le but sera essentiellement de reconstituer cette courroie de transmission le plus solidement et fidèlement possible.

Il est incontestable que la médiocrité des résultats obtenus sur le plan fonctionnel, les difficultés de réalisation et les constatations chirurgicales lors de certaines réinterventions ont petit à petit amené les chirurgiens des générations suivantes à se poser la question du fonctionnement réel physiologique du tendon. En effet, jusqu'alors, la question de la réalité biologique tendineuse ne s'était pas posée car tout le monde était persuadé de la nature avasculaire du tendon et de son rôle mécanique telle une courroie de transmission.

La résolution technique la plus simple était donc le remplacement morphologique. Alors, les techniques pour reconstruire logiquement se contentèrent de reconstituer une continuité tendineuse entre l'extrémité proximale et distale : reconstruire apparemment à l'identique. Ce fut la période des greffes tendineuses en un temps opératoire. Les auteurs faisaient appel soit au plantaire grêle, soit au long palmaire. La greffe était prélevée sans se soucier de sa gaine et la suture faite de façon la plus solide. Ces greffes autologues pouvaient être remplacées parfois par des greffes tendineuses de tendons fléchisseurs conservés dans des liquides de préservation. Les résultats furent à l'exception de quelques cas en grande majorité très médiocres à cause essentiellement des adhérences voire de l'infection.

Les raisons étaient assez évidentes : il s'agissait de structures sans métabolisme assuré et toutes les capacités fonctionnelles mécaniques et structurelles ne pouvaient perdurer. La simple reproduction morphologique n'était pas suffisante. Il semblait évident que le tendon greffé avait des difficultés à cicatriser et des adhérences se développaient avec les tissus périphériques, diminuant grandement ses aptitudes au glissement et à la récupération fonctionnelle. Potenza introduisit cette notion d'adhérence vasculaire indis-

pensable, l'adhérence-survie. Dès lors, une voie était choisie, elle était de s'adapter à cette situation apparemment incontournable qui était l'adhérence tendineuse et donc d'essayer d'en diminuer l'intensité pour optimiser les capacités de glissement mais – et surtout – sans la supprimer.

Tout d'abord, tout va donc être mis en place pour diminuer les adhérences en limitant le contact entre le tendon transféré et le site receveur. Les feuilles de catgut, de mersilène, de silicone, seront utilisées de façon échelonnée. Elles montreront leur rôle efficace mais au détriment de la solidité tendineuse car supprimant ces connexions vasculaires adhérentielles. Les ruptures par nécrose ont été la complication majeure. La preuve que le tendon pour survivre avait besoin de ces adhérences était largement faite, mais ce sera au détriment du glissement et du résultat fonctionnel.

Pendant les décennies suivantes, les travaux de recherche ont été développés pour diminuer la fréquence des adhérences, essayant de trouver des solutions originales afin de les atténuer le plus possible en supprimant le risque de rupture et optimiser les résultats fonctionnels. Il fallait trouver une solution pour concilier ces deux antagonismes : cicatriser mais sans glisser, ou glisser mais avec risque de rupture (1-11).

Ce fut le début d'une prise en compte de la réalité fonctionnelle : le glissement est un mécanisme qui ne doit pas être si simple et la vascularisation du tendon, alors totalement négligée, doit certainement être prise en compte. La réfection artificielle de la gaine et le rétablissement d'une nutrition tendineuse ont été alors entrepris.

De nombreuses propositions ont été faites mais peu à peu, la technique faisant appel à la création, dans un premier temps, d'une pseudo-gaine synoviale, péri-tendineuse capable de nourrir le tendon s'imposa. Elle a été fortement influencée par les travaux de Lundborg et Manske qui, chez le poulet, ont prouvé que l'imprégnation isotopique d'un tendon se faisait surtout à partir du liquide de la gaine et non pas de sa vascularisation extrinsèque (12-17). Ces techniques présentent une certaine logique sur le plan mécanique. En effet, le principe de la corde de transmission persiste en optimisant la solidité par la suture lors du premier temps opératoire et une tentative de résolution du problème biologique de la vascularisation s'est amorcée puisqu'on essaie de créer les conditions d'un glissement en créant une pseudo-gaine synoviale. Le principe est de s'adapter à l'adhérence et on fait tout pour obtenir cette notion un peu curieuse qui est l'adhérence souple permettant à la fois le glissement et l'apport vasculaire.

Ces techniques, connues sous le titre de technique en deux temps de Hunter ou de Paneva Olevitch modifié, font appel à deux temps opératoires avec mise en place dans un premier temps, d'un cordon en silicone susceptible de recréer les conditions d'une gaine synoviale puis, dans un deuxième temps, le transfert d'un tendon soit une greffe, soit un transfert d'un fléchisseur superficiel cicatriciel préalablement suturé au fléchisseur profond homo-

digital restant dans le premier temps assurant ainsi la solidité de la suture et la vascularisation précaire du tendon retourné.

En fait, malgré toutes ces précautions, les résultats fonctionnels furent aussi modestes puisque à part la série de Hunter, qui fait envisager 80 % de bons résultats, d'autres équipes avoisinent 50 à 60 % de bons résultats et la pratique quotidienne de chaque chirurgien montre que la réalisation en deux temps demande au moins 6 mois, décourage de nombreux patients et de nombreux chirurgiens par la pauvre qualité fonctionnelle résultante (18-23). Les éventuelles ténolyses à réaliser en troisième temps se font souvent dans des conditions tissulaires très délicates exposant à la rupture lors de la rééducation. Il s'agit cependant d'un incontestable progrès mais sans lendemain, car son principe ne respecte pas les réalités et impératifs biologiques.

Des efforts ont été fournis pour analyser ces échecs. Le tendon, en effet, dans toutes ces techniques, est toujours, un tendon non vascularisé, posé dans un site receveur plus ou moins scléreux avec pour mission impossible à la fois de cicatriser et de glisser. Or, d'autres recherches maintenant incontournables, en particulier faites par Peacock puis par Smith Bellinger, Verdan et d'autres, ont montré que le tendon est un organe parfaitement vascularisé avec une distribution vasculaire extrinsèque et intrinsèque (24-35).

Mais nos techniques actuelles restent complètement en dehors de ces réalités biologiques et continuent sinon de les nier, tout au moins de les exclure du terrain chirurgical. C'est à ce niveau que doit se situer le changement de comportement. Il faut partir d'une meilleure connaissance de la physiologie intime du tendon, comprendre dans quelles conditions il fonctionne optimalement, et après imaginer des techniques se rapprochant des conditions naturelles (36-41). Cette voie, la voie organique et physiologique du respect de sa biologie et de sa vascularisation, a déjà été ouverte, sur le plan fondamental. Seule la réalisation technicochirurgicale manquait.

Physiologie du système de glissement de l'appareil fléchisseur

Les tendons sont vascularisés

Intéressé par la chirurgie tendineuse depuis le début de mon expérience chirurgicale, j'ai été impressionné dès mon apprentissage, lors de travaux de recherche, par la richesse de la vascularisation des tendons fléchisseurs des pattes de gallinacés et en particulier la dinde. Par ailleurs, la notion de transmission de la force m'a toujours fasciné sur le plan biomécanique.

Nous avons en 1976 pratiqué des transferts, par microchirurgie, de tendons vascularisés chez la dinde et ces travaux dont les résultats fonctionnels n'étaient guère probants, compte tenu des difficultés de management postopératoires, m'ont lourdement influencé dans ma conception de la chirurgie du tendon. En effet, déjà chez la dinde j'étais impressionné par l'importance des mésotendons, les relations assez étroites et denses entre cette

vascularisation et le tendon lui-même. Puis les années ont passé et le lambeau chinois développé aux dépens de l'artère radiale apporta des possibilités novatrices.

Les séquelles cicatricielles observées lors des prélèvements des lambeaux radiaux m'ont déçu et j'ai préféré orienter mes prélèvements vers le pédicule ulnaire. Là, la cicatrice est beaucoup plus latérale. Au gré de ces dissections opératoires, j'ai découvert un pédicule ulnaire présentant une richesse vasculaire considérable. Sa distribution pluritissulaire a été à l'origine des différents types de transfert en îlot soit osseux, soit cutanés, soit tendineux. En effet, lors des dissections, je me suis aperçu que le pédicule ulnaire donnait de façon constante des branches pour la peau, pour l'os mais aussi des branches pour la gaine commune carpienne et les tendons fléchisseurs superficiels.

J'ai réussi à isoler ces branches, à isoler la gaine, à m'apercevoir que le tendon fléchisseur ne circule pas de façon strictement libre dans la gaine mais que sa course est limitée, retenue, et qu'il était possible de conserver un tendon fléchisseur dans la gaine par des attaches vasculaires qui elles-mêmes étaient connectées à un mésotendon vascularisé par une branche de l'artère ulnaire. Donc une structure mésotendineuse parfaitement vascularisée aux dépens du pédicule ulnaire et surtout en continuité histologique macroscopique, vision anatomique très nouvelle (fig. 1). De là l'idée de faire des transferts vascularisés en îlot rétrograde tel qu'un lambeau ulnaire pour régler des problèmes de chirurgie de reconstruction tendineuse des fléchisseurs.

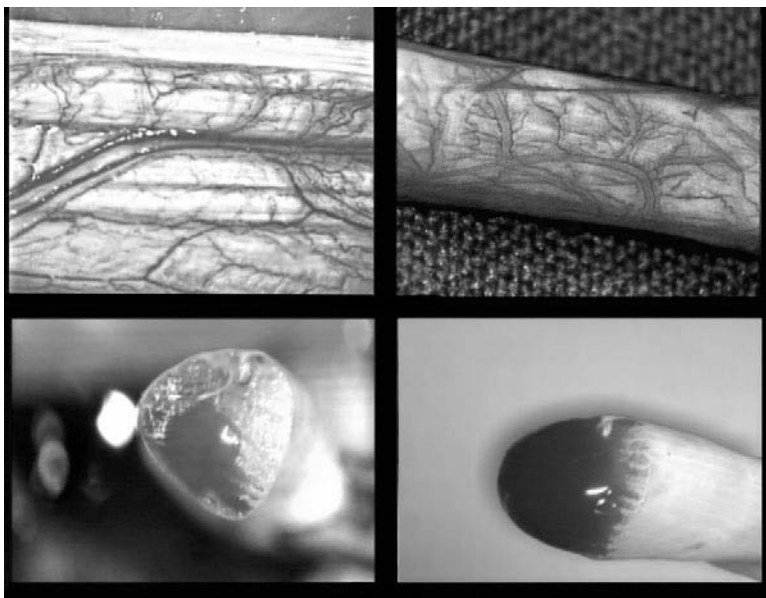


Fig. 1 – Anatomie. **A.** Tendon fléchisseur et ses vaisseaux. **B.** La gaine tendineuse et sa vascularisation. **C.** Saignement tendineux. **D.** Saignement tendineux.

Étude de la gaine carpienne

Partons d'un constat simple : quand le tendon bouge pour faire plier le doigt, il bouge aussi dans la paume mais sans provoquer le moindre changement à la surface. Ce phénomène a été peu étudié car il a été solutionné dans les décennies précédentes par la conception d'une entité théorique : l'espace virtuel. Le tendon glisserait dans la gaine carpienne comme un piston dans une chemise, sans toucher les parois. Curieuse construction sur le plan physique et étrange disposition histologique avec une complète confusion entre les rôles et définitions des paratendon, mésotendon et péri-tendon. Or, à l'occasion de plus de 145 observations attentives de revascularisations tendineuses après lâchage du garrot, j'ai constaté que non seulement les extrémités tendineuses saignaient, ce qui était relativement nouveau, mais aussi qu'il existait – ce qui est moins nouveau – une vascularisation épitendineuse longitudinale et périphérique circulaire, une réelle continuité vasculaire entre le paratendon et le mésotendon, ce qui jusqu'à maintenant n'était pas évident (fig. 2), et que l'espace libre virtuel entre la gaine commune carpienne et les fléchisseurs était une notion méritant une redéfinition. Ces constatations, je n'ai pu qu'essayer de les approfondir en faisant appel à la microscopie optique à grossissement $\times 25$ sans utiliser cependant à la microscopie électronique peropératoire, méthode difficile à appliquer chez le vivant lors d'une intervention chirurgicale réparatrice pour l'instant.

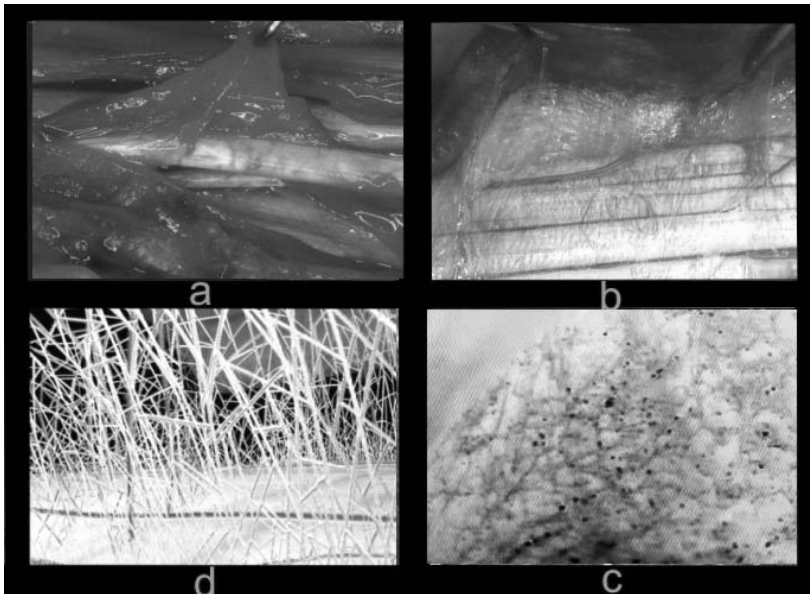


Fig. 2 – Réseau. **A.** Traction sur le paratendon durant une dissection chirurgicale. **B.** À la recherche du plan épitendineux. **C.** Le système de glissement péri-tendineux en solarisation. **D.** Dessin de cette organisation multimicrovacuaire. Réseau entre le tendon et le système périphérique : le MVCAS.

Les tendons ne sont pas les seuls à assurer la fonction de glissement : il existe un système dynamique sophistiqué. Ces travaux m'ont permis peu à peu de mettre à jour une finesse vasculaire, un mécanisme vasculaire existant entre le tendon et les gaines avoisinantes avec une réelle continuité histologique entre le tendon et la gaine commune carpienne et le système vasculaire.

Continuité tissulaire et organisation multifibrillo-microvacuolaire

Quels sont les rapports entre l'építendon, le paratendon et les couches de glissement ? En observation chirurgicale par exemple, trouver un plan de clivage entre le paratendon et le tendon est impossible. On a l'impression de toujours être confronté à un ultime plan inaccessible. Cela s'explique histologiquement par des relations très étroites entre la structure endotendineuse extra- et intra-fasciculaire et les fibres de collagène des couches de la gaine grâce au support fibrillaire qui sert d'armature conjonctive mobile, rétractable et extensible déterminant entre ses mailles des microvacuoles sûrement constituées de glycolicane servant en plus de système d'amortissement (fig. 3). Par ailleurs, ces fibrilles servent de support aux vaisseaux assurant ainsi une véritable continuité vasculaire entre l'endotendon, l'építendon et la gaine.

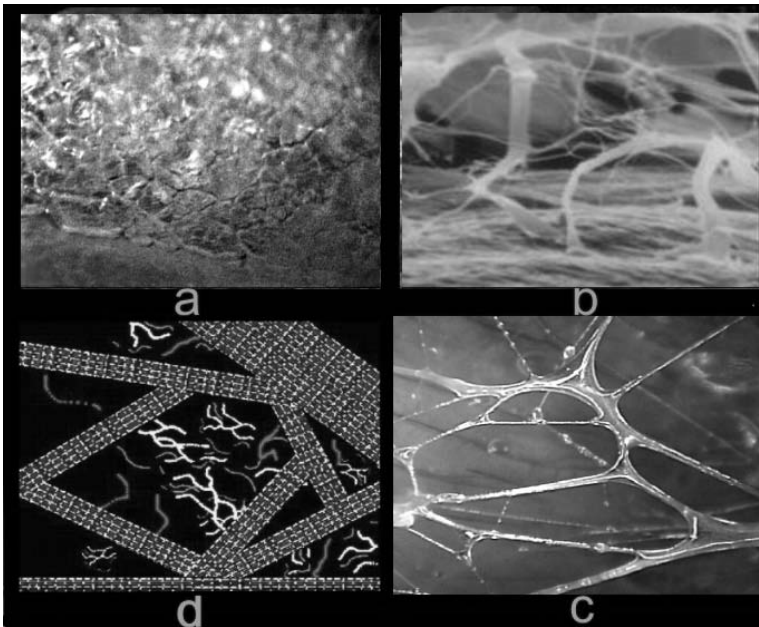


Fig. 3 – MVCAS. A. Microvacuole à l'intérieur du MVCAS. B. Agrandissement du MVCAS sous microscope électronique. C. Microvacuole de forme hexagonale. D. Microvacuole remplie d'un gel de GAG et dont le cadre est constitué de fibrilles de collagène de type I, III et IV.

Il existe une véritable continuité vasculaire et collagénique à la fois entre ces deux structures mais aussi avec les structures voisines, ce qui peut introduire la notion de contrôle périphérique de la tension tendineuse et de son information nerveuse. On arrive ainsi à la description d'un parfait système de glissement totalement vascularisé, cohérent ; une véritable unité fonctionnelle, continue, rappelant la dynamique des fluides grâce à ces milliards de microvacuoles, dégageant peu de chaleur, adaptée à des mouvements rapides et puissants mais pouvant aussi participer à l'élaboration d'un geste précis et fin (fig. 4).

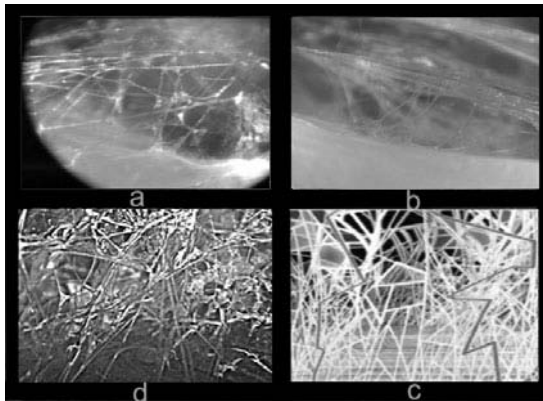


Fig. 4 – MVCAS. A. Le système de glissement péri-tendineux. **B.** Continuité tissulaire collagénique entre l'épitenon et le MVCAS. **C.** Dessin de cette organisation multimicrovacuolaire. **D.** Microvacuoles péri-tendineuses.

Transferts vascularisés en îlot (42-46)

Ce nouveau concept physiologique est à la base d'une nouvelle technique de reconstruction du système fléchisseur des doigts faisant appel aux transferts tendineux vascularisés en îlot. Cette technique est actuellement notre technique habituelle pour la reconstruction des systèmes fléchisseurs des doigts pour les cas cliniques en classes III et IV de la classification de Boyes. Elle apporte une solution technique en un seul temps opératoire, alors que les techniques classiques telles que celle de Hunter se font en deux temps.

Mais aussi cette conception est plus biologique et plus conforme avec la physiologie tendineuse. Le mésotendon et ses branches vasculaires apportent une réelle vascularisation à la fois du tendon fléchisseur et de la gaine de glissement non seulement de façon extrinsèque mais aussi intrinsèque. La structure transférée ainsi est une réelle structure de glissement existant déjà à l'état naturel au niveau des zones III, IV et V.

Les deux grands principes sont que le tendon ne peut que se concevoir que vascularisé et que le tendon ne peut que se concevoir que comme un élément en association avec sa gaine de glissement pour former une unité de glisse-

ment, comme l'impose l'observation. Pour rester conforme à ces deux grands principes de bases, la nouvelle technique proposée doit répondre à trois questions essentielles.

Quelle est la zone de glissement qui va être utilisée pour remplacer la zone I et II, sujette à tant de complications et déceptions ?

La structure transférée est une réelle structure de glissement, existant déjà à l'état naturel au niveau des zones III, IV et V. Le principe sera donc de remplacer la zone de glissement digitale I et II par la zone de glissement naturelle du poignet et de la paume, soit les zones III, IV et V (fig. 5). Grâce à cela, le tendon utilisé pour la reconstruction n'a pas besoin de contracter des adhérences avec les tissus avoisinants pour survivre et les résultats fonctionnels en sont améliorés. Le principe de base de Potensa sur la nécessité absolue de l'adhérence est donc supprimé. L'époque où il fallait remplacer la gaine digitale dans un premier temps par une pseudo-gaine développée autour d'un cordon en silicone avec en deuxième temps la mise en place d'un simple greffon non vascularisé est, pour nous, considérée comme obsolète. La technique en deux temps opératoires est abandonnée. De plus, le tendon transféré est un vrai tendon fléchisseur avec toutes ses qualités originelles que ce soit la résistance, la pliabilité, ou la flexibilité. Sur le plan technique, les sutures sont faites en dehors du *no man's land* et l'unité de glissement composée du tendon et de la gaine de carpienne sera insérée en particulier à ce niveau entre les poulies A1 et A3.

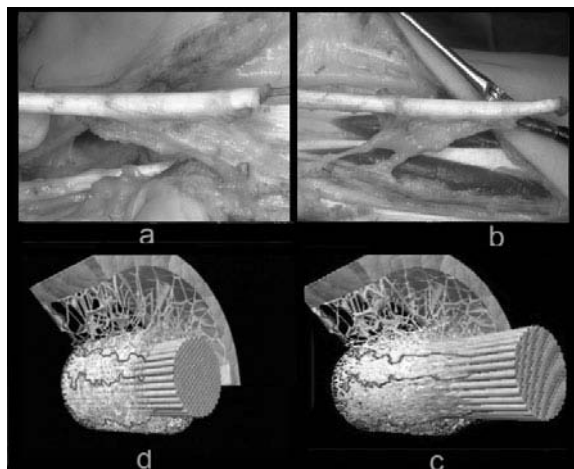


Fig. 5 – Système de glissement. Dessus : une unité de glissement compose d'un fléchisseur superficiel entouré de sa gaine commune carpienne (zone 3) avec son mésotendon contenant les branches du pédicule ulnaire. Flexion-extension. Dessous : dessin du système de glissement MVCAS.

Quel va être le mode de vascularisation de cette structure de flexion de remplacement ? La vascularisation extrinsèque et intrinsèque de cette structure dont nous avons vu la réalité vasculaire est assurée par un mésotendon prérétinaculaire, dont les branches vasculaires émanent du pédicule ulnaire (fig. 6).

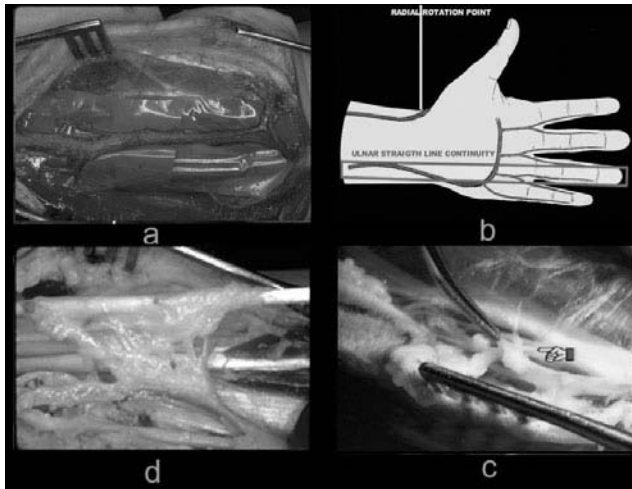


Fig. 6 – A. Différentes branches vasculaires émergeant de l'artère ulnaire avant l'entrée dans le canal de Guyon à visée soit cutanée, soit tendineuse, soit osseuse. **B.** Grâce au point de rotation très distal du pédicule ulnaire au niveau de la branche profonde, la mise en place du greffon peut être faite sans difficulté technique. **C.** Branches vasculaires situées sur la face antérolatérale du pédicule ulnaire se dirigeant vers le fléchisseur superficiel de l'annulaire. **D.** Le mésotendon et ses connections vasculaires se comportent comme un véritable mésentère.

Comment va-t-on translater cette unité de glissement dans le *no man's land* ?

Pour transférer une structure de l'avant-bras ou du poignet, pédiculisée sur un axe artériel, il est fait appel à la technique des transferts rétrogrades et cela d'autant plus dans ce cadre précis que le pédicule ulnaire est le seul à se prêter à la translation distale pour la structure tendineuse car son pédicule a son point de rotation plus distal, à la paume, et que par ailleurs lui seul donne des branches au niveau strictement tendineux.

Le principe de base sera donc de remplacer la zone de glissement digitale I et II par la zone de glissement naturelle du poignet et de la paume soit les zones III, IV et V. Sur le plan technique, les sutures sont faites en dehors du *no man's land* et l'unité de glissement composée du tendon et de la gaine carpienne sera insérée en particulier à ce niveau entre les poulies A1 et A3.

Techniques

Elles sont variées et s'adaptent aux différentes situations que la chirurgie de reconstruction des tendons fléchisseurs nous réserve souvent.

Transfert du fléchisseur superficiel de l'annulaire (fig. 7)

Une incision en baïonnette habituelle est tracée avec un axe au niveau du bord antérieur du muscle ulnaire antérieur.

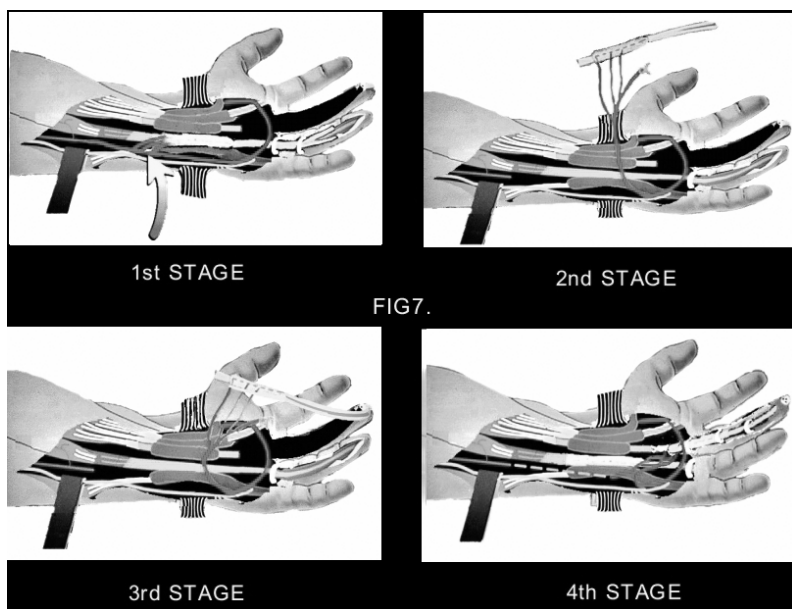


Fig. 7 – Transfert d'une unité de flexion composé d'un fléchisseur et de sa gaine selon la technique des transferts rétrogrades. Étape 1 : identification du mésotendon. Insert : le mésotendon. Étape 2 : section du fléchisseur superficiel du IV et du pédicule ulnaire. Le transfert en îlot sur le pédicule ulnaire est isolé. Étape 3 : insertion du transfert en îlot au niveau de la zone digitale. Étape 4 : sutures tendineuses en dehors du no man's land et reconstruction des poulies.

Les branches cutanées sont tout d'abord repérées car ce sont les premières que l'on observe au niveau de la face antérieure ou légèrement antéro-interne. En fonction de la nature du type du prélèvement, elles seront conservées ou ligaturées. Ensuite, le pédicule ulnaire est séparé du nerf ulnaire au niveau de sa face postérieure dans le tiers inférieur de l'avant-bras jusqu'au canal de Guyon.

Puis, après avoir récliné en dedans le *flexor carpi ulnaris*, le nerf ulnaire et la peau de la face antérieure de l'avant-bras du côté radial, on met en évidence le ligament annulaire du carpe ainsi que la zone du canal carpien. Une légère

traction sur le pédicule permet alors de noter les branches les plus distales sur la face antéro-externe se dirigeant vers la zone du canal carpien et on peut facilement identifier ces branches allant, le plus souvent, vers les tendons du 4^e et du 5^e doigt à travers un mésotendon fin. Ces branches se distribuent par la suite dans la gaine carpienne.

Alors on sélectionne le tendon fléchisseur superficiel de l'annulaire en écartant les fléchisseurs superficiels du 3^e et du 5^e doigt, on conserve soigneusement toutes les structures mésotendineuses, carpiennes, entourant le fléchisseur superficiel de l'annulaire. Le mésotendon est bien individualisé juste avant le ligament annulaire et le fléchisseur superficiel à l'intérieur du canal carpien différencié jusqu'au niveau de l'arcade palmaire.

Par une contre-incision au niveau de la poulie A1, à la paume, le fléchisseur superficiel est sectionné au niveau de la décussation après traction. Dans cette dissection *a retro* se situant distalement à l'arcade, on conserve autour du fléchisseur superficiel le maximum de gaine de glissement. Cette structure est alors réclinée vers la zone proximale, une inévitable ouverture dans la gaine est faite lorsque le tendon fléchisseur profond et le tendon fléchisseur superficiel se séparent, puis cette structure est passée sous l'arcade palmaire et rejoint la zone du canal carpien.

Dès lors, il ne reste plus que la jonction musculo-tendineuse à sectionner et l'ensemble fléchisseur superficiel et gaine commune carpienne est alors isolé sur le mésotendon. Le garrot est ensuite lâché. On pratique alors un clampage test du pédicule ulnaire au niveau de la partie proximale par rapport aux branches à visée tendineuse. Cela permet de noter une bonne vascularisation de la main et du transfert tendineux par un flux rétrograde venant de l'arcade palmaire. Le pédicule ulnaire est alors sectionné au niveau proximal et un transfert en îlot composite mésotendineux de 20 cm de long est individualisé comme un lambeau en îlot rétrograde de l'avant-bras.

Par translation antérograde, il peut être transféré comme unité de flexion de remplacement au niveau des structures digitales, pour n'importe quel doigt, de la pulpe jusqu'au niveau du poignet. La vascularisation est excellente, que ce soit au niveau intrinsèque ou extrinsèque (fig. 8).

La suite de l'intervention se déroule selon les protocoles conventionnels classiques en chirurgie tendineuse. Le transfert tendineux est glissé sous les poulies A2 et A3, en général la zone de glissement entre le fléchisseur superficiel et la gaine commune carpienne, soit les deux tiers du transfert, se situant juste au niveau des poulies A2 et A3 qui ont été préservées auparavant avec attention ou reconstruites de façon très solide. Ce transfert est alors inséré dans la phalange distale en utilisant un acier cablé et des points de suture au nylon 3.0. La suture proximale se fait en général avec le fléchisseur profond homodigital par un laçage selon la technique de Pulvertaft. La suture doit être faite avec une très légère hyperflexion par rapport aux autres doigts. Les deux sutures tendineuses sont donc en dehors du *no man's land*. Puis, en fin d'in-

tervention, un montage permettant une mobilisation immédiate de type Kleinert est confectionné.

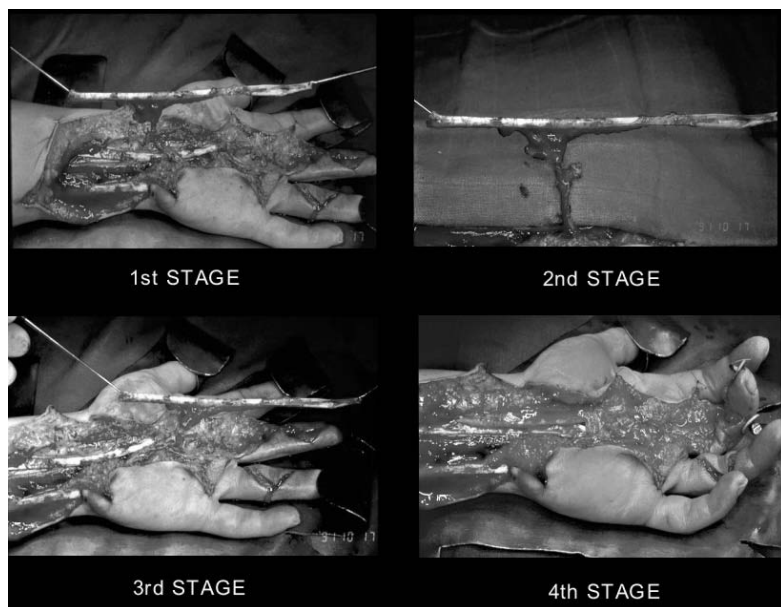


Fig. 8 – Technique. **A.** Le mésotendon et ses branches vasculaires d'origine ulnaire. Le transfert de flexor superficialis après section au niveau du chiasma et avant la section au niveau tendino-musculaire. **B.** Après la section tendino-musculaire et avant la section de l'artère ulnaire. **C, D.** Le système de glissement de la gaine commune carpienne est transféré dans l'unité de flexion. **E.** L'unité de flexion est disséquée en îlot et revascularisée. **F.** Translation distale de cette unité de flexion en îlot.

Transfert cutanéotendineux

Il s'agit là du point d'orgue de ce type de technique. En effet, très souvent en chirurgie tendineuse de reconstruction, nous nous trouvons devant des situations où non seulement la structure tendineuse a été de multiples fois ténolysée ou greffée mais la peau en regard a été multiples fois décollée, incisée et va inévitablement poser des problèmes pour la mobilisation immédiate exposant soit à la désunion, soit à la nécrose (fig. 9).

Il s'agit le plus souvent de faces antérieures digitales se situant au niveau de la deuxième phalange ou à la base de la première phalange. Il est nécessaire de remplacer ces zones cutanées de très médiocre qualité (fig. 10). Nous avons vu que le pédicule ulnaire donne bien sûr des branches à visée tendineuse sur le côté antéro-externe mais aussi des branches cutanées. Ces branches à visée cutanée sont facilement identifiables, d'anatomie constante et il était facilement imaginable de réaliser un double transfert associant sur le même axe

vasculaire et grâce à la plasticité des mésovasculaires un lambeau cutané et un transfert tendineux (fig. 11).

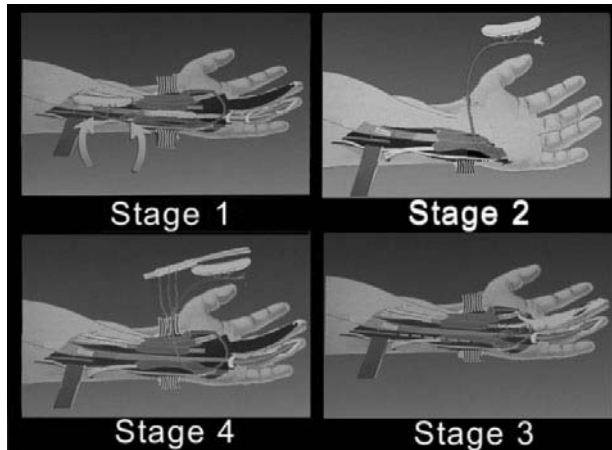


Fig. 9 – Représentation d'un transfert d'une unité de flexion composée d'un tendon fléchisseur et d'un lambeau cutané en îlot. Étape 1 : le mésotendon et les branches cutanées identifiées. Étape 2 : section du FS de l'annulaire et du pédicule ulnaire. Le transfert en îlot tendineux et cutané est isolé. Étape 3 : insertion du transfert au niveau de la zone digitale. Étape 4 : sutures tendineuses en dehors du no man's land et resurfacement cutané complet.

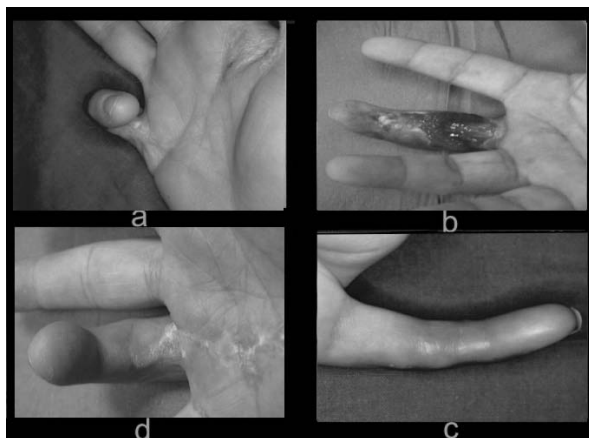


Fig. 10 – Différents cas de rétraction ou pertes de substance cutanée palmaire nécessitant une reconstruction de l'appareil fléchisseur et un resurfacement cutané par un transfert composite d'appareil fléchisseur et de lambeau cutané.

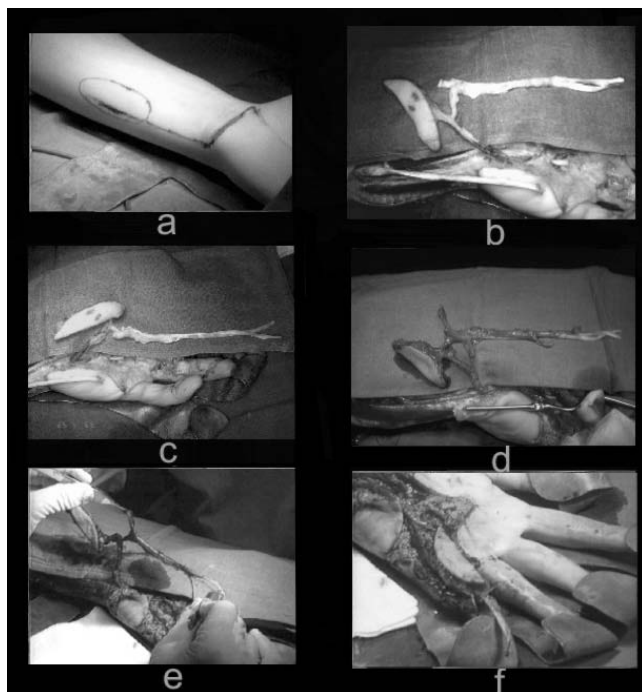


Fig. 11 – Réalisation d'un transfert composite associant un fléchisseur et un lambeau cutané ulnaire pour reconstruire un système tendineux et la surface digitale cutanée. **A.** Dessin, du lambeau sur le versant externe du *flexor carpi ulnaris*. **B.** Identification des branches mésocutanées et mésotendineuses avant la section du pédicule ulnaire. **C, D.** Translation antérograde du transfert composite. **E, F.** Grâce à la plasticité du pédicule ulnaire et à son point de rotation distal, la mise en place est facilitée et un remplacement complet de la surface cutanée est effectué ainsi que la reconstruction tendineuse.

Il est par ailleurs important de remarquer que, grâce à la plasticité et à la flexibilité des branches cutanées, il est possible, et ceci est très important sur le plan fonctionnel, de conserver le sens physiologique des fibres tendineuses, c'est-à-dire que la portion distale du tendon transféré sera mise en place distalement sans changer le sens biomécanique. On peut donc en un seul temps opératoire apporter une solution non seulement au problème tendineux fléchisseur mais aussi une solution au problème cutané.

Autres variétés de transferts vascularisés en îlot (fig. 12)

I) La combinaison des différents prélèvements sur le pédicule ulnaire grâce à sa richesse vasculaire permet de réaliser des transferts de tendons multiples, cutanéο-osseux, cutanéο-osseux et tendineux et autres.

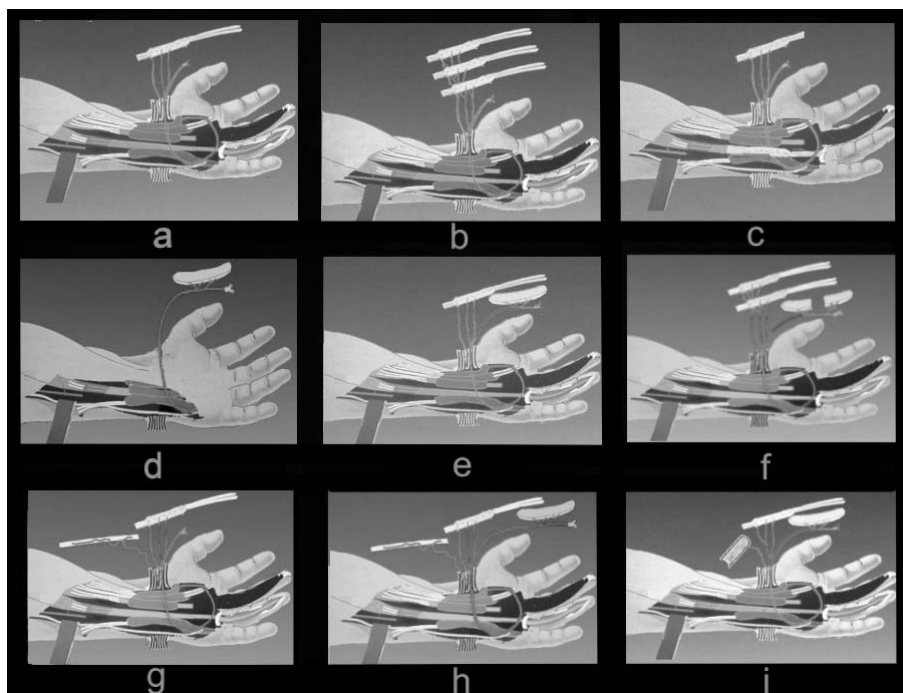


Fig. 12 – Les multiples combinaisons de transfert ulnaire en îlot. **A, B, C.** Un ou plusieurs transferts tendineux. **D.** Lambeau cutané. **E, F.** Double transfert de fléchisseur avec double lambeau cutané. **G, H.** Combinaison d'un transfert tendineux de fléchisseur avec un transfert vascularisé de *palmaris longus* pour des reconstructions de poulies. **I.** Transfert composite de tendon fléchisseur, lambeau cutané et transfert osseux.

II) Les transferts libres d'origine ulnaire sont une option en utilisant la même technique sur le pédicule ulnaire mais en réanastomosant le pédicule ulnaire et en se branchant sur l'arcade palmaire.

III) Les transferts du système de flexion du premier orteil (47) sont utiles dans certaines indications où il n'est pas possible d'utiliser des transferts tendino-pédiculés. Nous pouvons utiliser un transfert de système fléchisseur prélevé au niveau du deuxième orteil et transféré comme un lambeau composite transférant à la fois les fléchisseurs, la gaine tendineuse et les plaques palmaires. Ce type de transfert libre est d'indication exceptionnelle.

Dans la technique opératoire (fig. 13), on approche le site donneur à travers une incision plantaire partant de la face interne du deuxième orteil vers le milieu de la zone plantaire du pied. La graisse plantaire est mise de côté et l'aponévrose plantaire est sectionnée, exposant ainsi le système fléchisseur du deuxième orteil et son système vasculaire. Il faut faire attention à ce niveau-là à plusieurs particularités techniques.

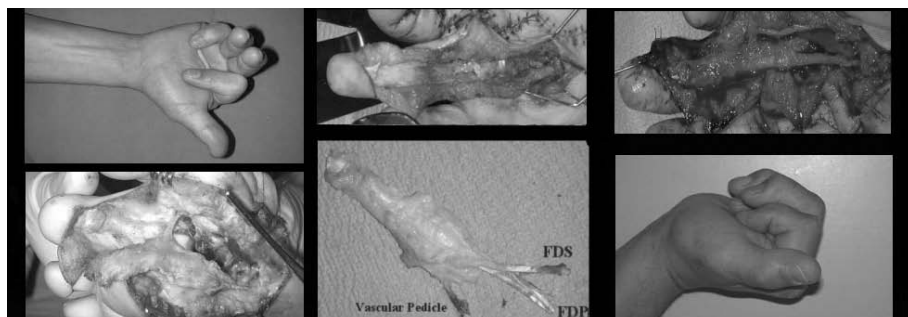


Fig. 13 – Autotransfert libre de système de flexion prélevé sur le 1^{er} orteil. Droite : performances fonctionnelles préopératoires. Milieu : le prélèvement du transfert. Gauche : 1 an en post-opératoire.

Le système fléchisseur du deuxième orteil ainsi que la gaine sont plus courts que ceux de l'index, du majeur ou de l'annulaire, d'environ au moins 15 %, alors qu'il est à peu près de même longueur que le fléchisseur de l'auriculaire.

La plaque métatarso-phalangienne est large et épaisse et cela beaucoup plus que la plaque palmaire métacarpo-phalangienne.

La poulie A3 est beaucoup plus développée au niveau de la gaine du deuxième orteil. Les structures vasculaires sont alors identifiées et le transfert tendineux est prélevé de distal en proximal. À propos des vaisseaux du système fléchisseur du deuxième orteil, il faut savoir qu'ils dépendent de l'artère collatérale digitale interne qui est une branche terminale de l'artère digitale de la première plantaire commune, elle-même branche de l'artère médio-plantaire. Le retour veineux est assuré par des veines concomitantes. On peut considérer qu'il y a deux types anatomiques principaux. Le type 1 qui est présent dans 50 % des cas est un type de transfert où l'artère vient directement de la première artère digitale commune plantaire donnant ainsi un long pédicule. Le type 2 qui représente les autres 50 %, l'artère dans ce cas-là provient de la branche interne de l'artère médio-plantaire située sous le fléchisseur du gros orteil et ne permettant d'assurer qu'un pédicule vasculaire court et difficile. La dissection est prélevée au niveau phalangien dans un plan sous-périosté enlevant l'ensemble du système fléchisseur de l'orteil avec les deux tendons, les huit poulies et les trois plaques plantaires ainsi que l'ensemble de leur vascularisation veineuse et artérielle. Les fléchisseurs sont sectionnés aussi loin que possible en amont et le pédicule vasculaire est disséqué en fonction du type anatomique. Le site donneur est fermé par une simple suture. Puis, le transfert tendineux associant fléchisseur et gaine de glissement est mis en place au niveau du site receveur.

Il est nécessaire cependant de l'adapter sur le plan morphologique au site receveur. Par exemple, il peut être nécessaire de raccourcir la plaque métacarpo-phalangienne et la remodeler, ou alors il peut être nécessaire d'inciser

de chaque côté au niveau des poulies de façon à relâcher en certaines zones et pouvoir faire les fixations de A2 et A4 exactement au niveau le plus adéquate sur le plan fonctionnel. La gaine est suturée par des points non résorbables. L'extrémité distale du fléchisseur profond est mise en place dans sa position distale par un *barb-wire* pour 4 semaines. Pendant ce temps, les extrémités proximales du fléchisseur profond et du fléchisseur superficiel sont suturées aux fléchisseurs superficiel et profond digitaux par la technique de Pulvertaft.

IV) La technique d'allotransplantation de système de flexion digital consiste à prélever sur un donneur en coma dépassé (fig. 14). L'introduction de la ciclosporine en 1980 changea les indications et augmenta le nombre des succès dans les allotransplantations. L'usage de doses réduites pour des organes à faible réponse antigénique a permis d'envisager des transferts d'organes dont l'indication opératoire ne serait pas essentiellement la survie mais le rétablissement fonctionnel.

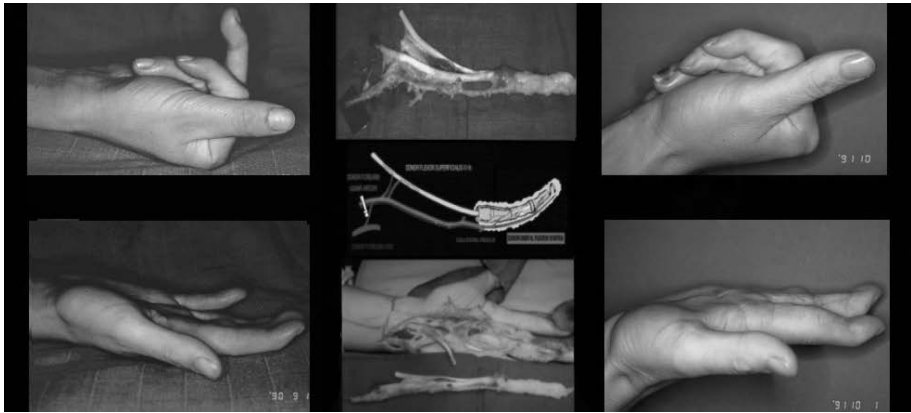


Fig. 14 – Allotransplant d'un système de flexion. Droite : performances fonctionnelles préopératoires. Milieu : l'allotransplant des deux fléchisseurs avec la gaine digitale après lavage, prêt à être mise en place dans un récipient stérile réfrigéré. L'allotransplant avant sa disposition sur le site receveur. Gauche : 1 an en postopératoire.

Pour des cas exceptionnels, dans lesquels aucune autre chirurgie n'était possible, nous avons développé une technique de prélèvements et de mise en place d'allotransplants tendineux. L'ensemble des techniques est essentiellement développé à la suite d'une expérience sur les transferts tendineux en îlot. Le bras du donneur est placé en hyperabduction pour faciliter la coopération avec les autres équipes chirurgicales. Un garrot est mis en place avant le clampage de l'aorte. En premier, le cœur et le foie sont prélevés. Puis, la néphrectomie est réalisée et, pendant cette période, l'équipe des chirurgiens de la main peut réaliser son geste de prélèvement. On réalise une incision au niveau de l'avant-bras qui ensuite passe au niveau de la zone interthénarienne, puis

se prolonge vers la paume. La surface digitale est incisée selon la technique de Brunner. On repère les fléchisseurs superficiel et profond de l'annulaire au niveau du tiers inférieur de l'avant-bras ainsi que le pédicule vasculaire et la branche veineuse de communication entre le réseau superficiel de l'avant-bras et les veines concomitantes. Une veine de l'avant-bras est sélectionnée pour pouvoir assurer le retour veineux au niveau du réseau superficiel beaucoup plus facile à anastomoser. Les éléments tendineux vasculaires, artériels et veineux, étant ainsi repérés, on pratique une dissection antérograde en conservant autour des fléchisseurs de l'annulaire, toujours le système de glissement. Puis, l'ensemble de cette structure est passé sous l'arcade palmaire. Arrivé au niveau de la poulie A1, une incision bilatérale se fait au niveau du périoste, de façon à enlever l'ensemble du système fléchisseur séquellaire et la gaine sans ouvrir en sous-périosté jusqu'au niveau de la troisième phalange. Bien sûr, les pédicules collatéraux vasculaires sont maintenus dans le transfert des deux côtés. Le transfert est alors uniquement maintenu au corps par les pédicules cubitaux et les veines de l'avant-bras. Ces pédicules sont alors sectionnés et le transplant est mis en place dans un récipient à 4°. Puis, au niveau du receveur, après une préparation du lit digital, le transplant est inséré en utilisant des aciers cablés ou des ancras le long du mur périosté latéral, des deux côtés au niveau de la base de la première phalange, de la deuxième, la tête de la deuxième et de la troisième. Les extrémités tendineuses des fléchisseurs profond et superficiel sont passées sous l'arcade superficielle et des sutures de type Pulvertaft sont réalisées. L'artère ulnaire donneuse est suturée à l'artère ulnaire receveuse en suture terminale et la veine du transplant du réseau superficiel de l'avant-bras elle aussi en termino-terminal. L'ischémie est de 4 heures.

Les résultats fonctionnels ont été très favorables compte tenu des lésions et antériorités chirurgicales et surtout les résultats obtenus n'auraient jamais pu être atteints sans ces procédures. Des éléments prometteurs ont été observés comme la récupération de la souplesse cutanée et un œdème modeste postopératoire. Un des deux patients a été réopéré 10 ans après et la qualité du système tendineux observée a été surprenante par sa qualité.

Conclusion

Nous présentons un ensemble de techniques de reconstruction tendineuse en utilisant des transferts vascularisés car nous pensons que le système tendineux est un tout constitué à la fois du tendon, de sa gaine de glissement et de sa vascularisation. Cela n'est certainement pas la seule voie pour réparer secondairement et des techniques en deux temps peuvent être utilisées en amont. Mais en cas d'échecs itératifs, et avant l'amputation simplificatrice, il est possible de faire appel à ces techniques qui – bien réalisées – donnent des résultats de très bonne qualité et en un seul temps opératoire.

Références

1. Hunter JM (1985) Tendon salvage and the active tendon implant: A perspective. *Hand Clin* 1: 181-6
2. Boyes JH (1950) Flexor tendon grafts in the fingers and thumb: An evaluation of end results. *J Bone Joint Surg* 32A: 489
3. Boyes JH (1955) Evaluation of results of digital flexor tendon grafts. *Am J Surg* 89: 11-16
4. Verdan CE (1975) The Decades of Tendon Surgery. In: American Academy of orthopaedic Surgeons Symposium on Tendon Surgery. St Louis, Mosby
5. Strickland JW (1989) Flexor tendon surgery: 2. Free tendon graft and tenolysis. *J Hand Surg* 4B: 358
6. Vilain R, Michon, J (1968) *Chirurgie Plastique de la Main*. Masson, Paris
7. Tubiana R (1986) *Traité de la Chirurgie de la Main*. Masson, Paris, vol. 3
8. Verdan C, Holeyitch E (1975) Les greffes de tendons fléchisseurs après implantation provisoire d'une tige en silicone. *Med Hyg* 33: 402
9. Hunter JM, Salisbury RE (1971) Flexor tendon reconstruction in severely damaged hands. *J Bone Joint Surg* 53A: 829
10. Littler JW (1947) Free tendon grafts in secondary flexor tendon repair. *Am J Surg* 74: 315
11. Potenza AD (1963) Critical evaluation of flexor-tendon healing and adhesion formation within artificial digital sheath. *J Bone Joint Surg* 45A: 1217
12. Lundborg G, Myrhage R (1977) The vascularization and structure of the human digital tendon sheath as related to flexor tendon function: An angiographic and histological study. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1: 195
13. Lundborg G, Myrhage R, Rydevik B (1977) The vascularization of human flexor tendons, the digital synovial sheath region: Structural and functional aspects. *J Hand Surg* 2A: 417
14. Lundborg G (1975) The microcirculation in rabbit tendon. *Hand* 7: 1
15. Lundborg G (1976) Experimental flexor tendon healing without adhesion formation: A new concept of tendon nutrition and intrinsic healing mechanisms. *Hand* 8: 235
16. Lundborg G (1979) The vascularization of the human flexor pollicis longus tendon. *Hand* 11: 28
17. Lundborg G, Holm S, Myrhage R (1980) The role of the synovial fluid and tendon sheath for flexor tendon nutrition. *Scand. J Plast Reconstr Surg* 14: 99
18. Paneva Holeyitch E (1972) Résultats du traitement des lésions multiples des tendons fléchisseurs des doigts par greffe effectuée en deux temps. *Rev Chir Orthop* 58: 481
19. Paneva Holeyitch E (1975) Ténoplastie de fléchisseurs des doigts effectuée en deux temps chez 184 cas (234 tendons). *Arch Union Med Balkanique* 13: 415
20. Paneva Holeyitch E (1969) Two-stage tenoplasty in injury of the flexor tendons of the hand. *J Bone Joint Surg* 51A: 21
21. Pulvertaft RG (1956) Tendon grafts for flexor tendon injuries in fingers and thumb: A study of technique and results. *J Bone Joint Surg* 38B: 175
22. Pulvertaft RG (1975) Indications for Tendon Grafting. In *Symposium of Tendon Surgery, in the Hand: American Academy of Orthopedic Surgeons*. St Louis, Mosby, p. 23-130
23. Tubiana R, Mc Meniman P, Gordon S (1979) Evaluation des résultats après réparation des tendons longs fléchisseurs des doigts. *Ann Chir* 33: 659
24. Braithwaite F, Brockis JG (1951) The vascularization of a tendon graft. *Br J Plast Surg* 4: 131

25. Brockis JG (1953) The blood supply of the flexor and extensor tendons of the fingers in man. *J Bone Joint Surg* 35B: 131
26. Edwards DA (1946) The blood supply and lymphatic drainage of tendons. *J Anat* 80: 147
27. Smith JW (1965) Blood supply of tendons. *Am J Surg* 109: 272
28. Smith JW, Conway H (1966) La dynamique du glissement des tendons normaux et greffés. *Rev Chir Orthop* 52: 185
29. Smith JW, Bellinger CG (1986) La vascularisation des tendons. In Tubiana (Ed.), *Traité de la Chirurgie de la Main*, Vol. I. Masson, Paris, p. 375-80
30. Peacock EE (1957) The vascular basis for tendon repair. *Surg Forum* 8: 64
31. Peacock EE (1959) Study of the circulation in normal tendons and healing grafts. *Ann Surg* 149: 415
32. Peacock EE (1964) Fundamental aspects of wound healing relating to the restoration of gliding function after tendon repair. *Surg Gynecol Obstet* 11: 241
33. Peacock EE (1965) Some technical aspects and results of flexor tendon repair. *Surgery* 58: 330
34. Peacock EE (1965) Biological principles in the healing of long tendons. *Surg Clin North Am* 45: 461
35. Peacock EE (1967) Biology of tendon repair. *N Engl J Med* 276: 680
36. Bonola A, Caroli A, Celli L (1988) *La Main*. Padova: Piccin
37. Schatzker J, Branemark PI (1969) Intravital observation on the microvascular anatomy and microcirculation of the tendon. *Acta Orthop Scand Suppl* 126: 23
38. Colville J, Callison R, White WL (1969) Role of mesotendon in tendon blood supply. *Plast Reconstr Surg* 43: 53
39. Zbrodowski A (1974) Vascularization of the flexor tendons in the fingers. *Chir Warz Ruh Ortop Pol* 34: 265
40. Zbrodowski A (1966) The arterial blood supply of the tendon of the flexor pollicis longus muscle in man. *Folia Morphol. (Warsz)* 25: 286
41. Zbrodowski A, Gajisin S, Grodecki J (1981) Mesotendons of digital flexor muscles and their vasculature. *Hand* 13: 231
42. Guimberteau JC, Goin JL, Panconi B (1988) and Schumacher, B The reverse ulnar artery forearm island flap in hand surgery: About 54 cases. *Plast Reconstr Surg* 81: 925
43. Guimberteau JC, Panconi B (1990) Recalcitrant nonunion of the scaphoid treated with a vascularized bone graft on the ulnar artery. *J Bone Joint Surg* 72: 88
44. Guimberteau JC, Goin JL, Panconi B, Schumacher B (1989) Tendon ulnar artery. island flap in hand surgery: Technique, indications. *Eur J Plast Surg* 12: 12
45. Muhlbauer W, Herndl E, Stock W (1982) The forearm flap. *Plast Reconstr Surg* 70: 336
46. Song R, Gao Y, Song Y, Yu Y, Song Y (1982) The forearm flap. *Clin Plast Surg* 9: 21
47. Guimberteau JC, Baudet J, Panconi B, Boileau R, Potaux L (1992) Human allotransplant of a digital flexion system vascularized on the ulnar pedicle: A preliminary report and 1 year follow-up of two cases. *Plast Reconstr Surg* 89: 11-35

Appareil fléchisseur : reconstruction en deux temps

P. Mouton

Introduction

Le rétablissement d'une fonction normale après lésion des tendons fléchisseurs continue à poser un problème difficile au chirurgien. Si la réparation immédiate des tendons et des lésions associées constitue le traitement de choix qui permet d'obtenir les meilleurs résultats, les cas vus tardivement posent problème. La sclérose du lit, la destruction des poulies, la rétraction permanente des fragments tendineux ou les raideurs articulaires interdisant la suture directe, les greffes tendineuses en un ou deux temps trouvent leurs indications (fig. 1).

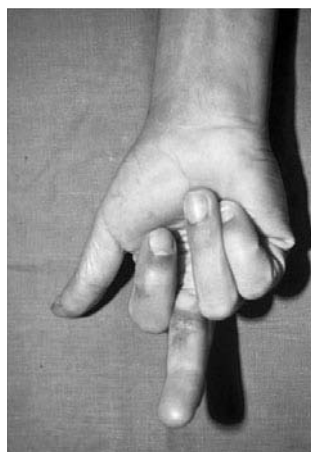


Fig. 1 – Lésion ancienne des 2 tendons fléchisseurs commun sur le 3^e rayon avec déficit complet de flexion.

Cicatrisation tendineuse

L'étude des modes de cicatrisation tendineuse a démontré l'importance de l'environnement du tendon. Deux modes de cicatrisation tendineuse, extrinsèque et intrinsèque, ont été décrits. Après un traumatisme ou une lésion, les travaux ont montré que le tendon cicatrisait grâce à une invasion conjonctive et vasculaire provoquée par la réaction fibroblastique des tissus environnants. La cicatrisation fait appel à des adhérences porte-vaisseaux, lui amenant le

matériel nécessaire à sa réparation. C'est la cicatrisation extrinsèque qui suggérerait alors la fatalité de l'adhérence : le tendon « collait » ou mourait.

Plus récemment, une cicatrisation tendineuse intrinsèque, sans environnement vasculaire, a été décrite (Matthews, 14). Celle-ci se déroule grâce à la diffusion du liquide synovial qui diffuse des nutriments autorisant alors une prolifération cellulaire avec synthèse et orientation du collagène de façon linéaire. Ceci justifie le respect de la gaine synoviale afin de restaurer la pompe synoviale décrite par Weber.

Ces deux modes de cicatrisation, intrinsèque et extrinsèque, coexistent selon Manske (15), avec une prédominance du mode intrinsèque, surtout dans les sections nettes.

Par ailleurs, outre la revascularisation décrite dans la cicatrisation extrinsèque, il apparaît qu'une revascularisation tendineuse est possible après réparation, avec apparition d'une néovascularisation, progressant dans le tendon et permettant d'aller revasculariser à distance la zone de suture. Dans ce cas, le rôle de la mobilisation immédiate s'avère essentiel car il améliore la possibilité de cicatrisation intrinsèque aux dépens de la formation d'adhérences.

Devenir des greffes tendineuses

Cependant, les délais, l'état et la gravité des lésions du tendon ou de son lit, ne permettent pas toujours sa conservation, obligeant à recourir à des greffes tendineuses. Le devenir et le comportement des greffes tendineuses conventionnelles ont aussi été étudiés et plusieurs hypothèses ont été évoquées. Le concept le plus ancien (11) suggère que le tendon greffé pourrait servir de support à une régénération d'origine extrinsèque après disparition des synoviocytes. D'autre part, le rôle de la gaine synoviale environnante s'avérerait essentiel, permettant à la greffe d'être nourrie dans un premier temps par imbibition, puis secondairement elle serait revascularisée par l'intermédiaire des adhérences péri-tendineuses.

Le rôle trophique de l'environnement synovial autour de la greffe a été démontré. Dans la mesure où des greffons, avec un environnement synovial, sont rarement disponibles, une solution est la reconstruction d'une pseudo-gaine synoviale autour d'une tige de silicone comme préconisé par les travaux de Hunter (9), ainsi que de Basset (3). L'organisation de cette pseudo-gaine en trois couches, intima, média et adventice est démontrée. Elle est en mesure de fournir la diffusion de nutriments et d'assurer une lubrification du greffon. Cependant, ce procédé de greffe tendineuse à l'intérieur d'une pseudo-gaine reconstruite ne peut prétendre avoir les mêmes qualités qu'une greffe vascularisée ou pédiculée de fléchisseur.

Poulies

La notion de l'importance mécanique des poulies fibreuses de réflexion est maintenant un acquis. Celles-ci ont en effet un rôle mécanique autorisant un bon enroulement du doigt et participent au glissement et à la nutrition tendineuse. L'impossibilité en règle de conserver la totalité de la gaine fibreuse explique en partie les résultats inconstants de la ténolyse des fléchisseurs en zone II. Les greffes tendineuses en deux temps, en revanche, permettent de conserver ou de reconstruire un système suffisant de poulies de réflexion.

Indications

Les séquelles traumatiques, les échecs de sutures primitives, les lésions trophiques constituent la majorité des indications de greffe en deux temps. Cependant, ces indications doivent être précises et adaptées tant aux conditions locales qu'au patient et à ses attentes.

Le patient doit être motivé et en mesure de se plier aux exigences d'un protocole thérapeutique rigoureux. L'équipe thérapeutique ne se limite pas au seul opérateur mais inclut les rééducateurs et orthésistes. Le manque de motivation et de discipline du patient, l'inexpérience d'un seul ou de plusieurs membres de l'équipe thérapeutique, une collaboration insuffisante entre les différents acteurs sont les principales causes d'échecs de la technique. Il importe donc d'établir un véritable contrat entre tous les acteurs du protocole thérapeutique de la greffe tendineuse en deux temps.

Les indications opératoires vont dépendre du niveau lésionnel, de l'état cicatriciel et trophique et des lésions associées. Le mécanisme lésionnel doit être aussi pris en compte. On distinguera une plaie initialement négligée d'une plaie qui a déjà fait l'objet d'une réparation et éventuellement d'un protocole de rééducation. L'étude du compte rendu opératoire initial renseignera peut-être sur l'état des poulies, l'agent causal, la nature des lésions initiales.

La qualité de la réparation initiale et l'existence de lésions associées, cutanées, vasculaires, osseuses ou nerveuses vont considérablement influencer le résultat d'une greffe.

L'examen clinique va renseigner sur l'existence de lésion de l'appareil fléchisseur mais pourra hésiter entre une rupture tendineuse et d'importantes adhérences. L'état trophique et cicatriciel sera un élément important du pronostic.

Les mobilités actives seront chiffrées au mieux selon le TAM (*total active motion*) qui est la somme des secteurs de mobilité actifs des métacarpo-phalangiennes, des interphalangiennes proximales et des interphalangiennes distales. Les mobilités passives seront notées de la même façon, de même que la distance pulpe-paume. Une atteinte des poulies sera suspectée devant un arc tendineux en flexion.

Enfin, les lésions vasculo-nerveuses sont tout particulièrement recherchées en réalisant un test d'Allen et en appréciant la sensibilité. Dans certains cas, une IRM peut renseigner sur l'existence de poulies, l'état tendineux et aider à faire la différence entre rupture et adhérences.

Au terme de cet examen minutieux, les lésions doivent être appréciées selon une classification pronostique. La classification de Boyes et Hunter qui tient compte de l'état préopératoire reste aujourd'hui la plus adaptée et permet la meilleure évaluation du résultat. Elle a été décrite dans un précédent chapitre. Enfin, l'âge du patient avec ses capacités et son potentiel de cicatrisation va influencer le résultat, de même que le nombre d'interventions préalables.

Techniques

Par rapport à la technique décrite par Hunter, certains auteurs ont proposé des modifications. Ainsi, certains suggèrent de préparer dès le premier temps opératoire la greffe définitive en utilisant alors soit un fléchisseur superficiel selon l'artifice de Paneva Holevitch (18), soit le *palmaris longus*.

Plusieurs modifications techniques ont été proposées concernant la nature du greffon, la réparation des poulies, les méthodes d'anastomose distales et proximales. Ces modifications peuvent concerner plusieurs points :

- Le recours au fléchisseur commun superficiel (FCS) en tant que greffon est utilisé, chaque fois que cela est possible, selon la technique proposée par Paneva Holevitch. L'anastomose entre le FCP et le FCS est alors réalisée à la paume lors du premier temps opératoire.

Le niveau de suture proximale du greffon siège à la paume au niveau de l'insertion du muscle lombrical, alors que dans la technique princeps décrite par Hunter elle est faite au poignet.

Le nombre de poulies de réflexion tendineuses reconstituées lors du premier temps doit être de trois et plus.

Le mode de fixation distale du greffon est décidé après réglage de la tension. Dans certains cas, la nécessité d'un geste complémentaire, véritable « troisième temps », permet d'améliorer le résultat.

Tout d'abord, une rééducation préopératoire peut être nécessaire lorsqu'il existe des raideurs articulaires ou des troubles trophiques.

Premier temps (fig. 2)

La voie d'abord doit tenir compte des précédentes incisions. La voie d'abord est digito-palmaire en zigzag de type Bruner. Après excision des tendons rompus et des tissus cicatriciels, il faut parfois réaliser certains gestes sur des lésions associées : greffes ou neurolyse de nerfs collatéraux ou arthrolyse d'une IPP enraidie.



Fig. 2 – Premier temps opératoire avec reconstruction des poulies autour des tiges de silicone.

Une tige de silicone est ensuite mise en place. Son mode de fixation distale consiste à la faire passer au travers du moignon distal du fléchisseur profond pour que, lors du 2^e temps, la greffe passe au même endroit afin que l'application des forces se situe à la base de la 3^e phalange. La reconstruction de trois poulies et plus, notamment A2 et A4, a toujours été un objectif essentiel.

La reconstruction des poulies digitales fait appel à différentes techniques selon le type de lésion constatée. La technique consiste habituellement à suturer la gaine digitale qui a été ouverte latéralement. Cependant, après excision des tissus cicatriciels et l'obtention d'une extension complète, la gaine digitale est souvent alors trop courte. Des plasties locales permettent alors d'individualiser les différentes poulies que l'on désire restaurer.

Si la gaine digitale n'est pas utilisable, les poulies peuvent être alors reconstruites à l'aide des fléchisseurs excisés ou en utilisant le ligament annulaire dorsal ou en associant ces techniques. Il est aussi possible d'utiliser les tissus cicatriciels dans lesquels on peut sculpter littéralement les poulies à reconstruire. La technique classique du « belt loop », très solide et fiable, est rarement utilisable car elle fait sacrifier dès le premier un long greffon tendineux souvent indispensable lors du deuxième temps.

Si on souhaite reconstruire une poulie A3, la technique de Karev consiste à faire passer la tige de silicone sous la plaque palmaire. Bien qu'étroite, cette poulie s'avère extrêmement solide.

Le problème est ensuite au choix du greffon. Si l'état local s'y prête, une anastomose peut être réalisée à la paume dès le premier temps entre le fléchisseur profond et le fléchisseur superficiel en aval des lombricaux (fig. 3). Une alternative consiste à réaliser la suture dès le premier temps entre le moignon de fléchisseur profond et le *palmaris longus*. Sinon, il faudra recourir à un

autre greffon lors du deuxième temps opératoire, le *palmaris longus* (fig. 4) étant alors le greffon de choix.



Fig. 3 – Premier temps opératoire avec anastomose dans la paume entre fléchisseur profond et superficiel selon Paneva Holeyvitch.



Fig. 4 – Deuxième temps opératoire avec greffon de *palmaris longus* en place.

Des complications peuvent survenir après le premier temps opératoire.

Les infections sont redoutables car elles aboutissent toujours à une situation catastrophique. Elles sont plus fréquentes après le premier opératoire du fait du contexte cicatriciel, de l'association des gestes de reconstruction et surtout de la mise en place d'un matériel inerte avec la tige en silicone. C'est pourquoi la surveillance initiale de la cicatrice doit être étroite, la mobilisation doit être prudente au début. Toute souffrance cicatricielle doit être prise en charge immédiatement. Un protocole d'antibioprophylaxie a tout son intérêt lors du premier temps opératoire.

La cause des synovites est mal identifiée et plusieurs hypothèses sont avancées. Elles pourraient être en relation avec la mise en place de la tige en silicone, ou la contamination aseptique par des corps étrangers. L'étroitesse de la gaine ou des poulies reconstruites pourrait aussi provoquer un conflit mécanique. Elles se manifestent par des signes inflammatoires autour de la tige de silicone, avec œdème, rougeur, chaleur. Elles doivent faire suspendre temporairement ou alléger la mobilisation et nécessitent un traitement par anti-inflammatoires.

Entre les deux temps

Au cours d'une période intermédiaire de 3 mois, pendant laquelle doit se former une néo-gaine autour de la tige de silicone, la mobilisation passive permet d'entretenir voire d'augmenter la mobilité du segment digital et d'améliorer la trophicité locale. Une attelle antibrachio-palmaire est nécessaire dans les suites du premier temps opératoire pour assurer au mieux la cicatrisation cutanée. La rééducation avec orthèse et physiothérapie sera ensuite entreprise de manière à obtenir un doigt souple et trophiquement satisfaisant. Cette rééducation doit être assidue et régulièrement contrôlée. La surveillance de la cicatrisation dans les premiers jours et premières semaines doit être étroite afin d'éviter toute désunion cicatricielle source d'infection qui signerait l'échec du protocole thérapeutique.

Deuxième temps

C'est lors du deuxième temps opératoire qu'est réalisée la greffe proprement dite. En apparence très simple dans son principe, ce temps opératoire peut faire appel à de nombreuses variations techniques et astuces opératoires qui feront toute la qualité du résultat. Au troisième mois, on a vu que la pseudo-gaine synoviale a une structure stable et cohérente. Cette gaine s'est formée au contact d'une structure coulissante, la tige en silicone et le glissement passif permet au collagène en formation de s'adapter progressivement.

La technique de cette greffe tendineuse associe plusieurs étapes.

- Une contre-incision palmaire dans la paume pour repérer l'extrémité proximale de la tige de silicone et l'anastomose du fléchisseur commun superficiel au *palmaris longus* ou au fléchisseur commun profond, si on avait opté pour la technique de Paneva Holevitch au premier temps opératoire.
- Une ou plusieurs incisions antébrachiales pour prélever le *Palmaris longus* – ou disséquer le fléchisseur commun superficiel qui sera ensuite sectionné proximement à la jonction musculo-tendineuse puis attiré à travers le canal carpien dans la paume – (fig. 5). Dans ce dernier cas, il convient de libérer soigneusement la zone d'anastomose entre fléchisseur et superficiel et profond qui est le siège de phénomènes cicatriciels inhabituels, puisque ce transplant a décrit une boucle tendineuse dans la paume pendant les

3 mois séparant les deux temps opératoires. Il doit donc être déplissé soigneusement et libéré des phénomènes de fibrose cicatricielle qui pourraient compromettre l'utilisation de toute la longueur nécessaire du greffon. Le risque serait de voir le greffon sembler se détendre secondairement.



Fig. 5 – Deuxième temps opératoire avec anastomose entre fléchisseur profond et superficiel selon Paneva Holveitch.

– Une courte incision sur la troisième phalange pour repérer l'extrémité distale de la tige de silicone.

Le greffon est alors attaché à l'extrémité proximale de la tige en silicone et passé dans le canal digital reconstitué. Le volume du fléchisseur commun superficiel est important par rapport à un *palmaris longus* ou à un plantaire grêle. C'est pourquoi il faut savoir utiliser des tiges de silicone de diamètre suffisant.

Pour la fixation distale (fig. 6), le greffon du fléchisseur commun superficiel est passé à travers la boutonnière de l'extrémité distale du fléchisseur commun profond, qui a été conservé lors du premier temps, puis au ras de la face palmaire de la troisième phalange pour ressortir au niveau du bord libre de l'ongle. Ce passage du greffon à travers l'extrémité distale du fléchisseur commun profond permet aux forces de s'exercer sur la base de la troisième phalange et non sur son extrémité et d'éviter ainsi un flessum interphalangien distal. Les incisions cutanées sont alors refermées et après lâchage du garrot le réglage de la tension doit être tel qu'en position de repos (garrot relâché, poignet en rectitude), le doigt est un peu plus fléchi que les autres sans qu'il y ait pour autant de déficit passif d'extension. Quand l'anastomose proximale n'a pas été faite au premier temps opératoire, il est possible de procéder au réglage de la tension sur cette anastomose proximale. Cela peut s'avérer moins inconfortable pour l'opérateur qui évite ainsi d'avoir à réaliser les sutures sur un doigt fléchi (fig. 7).

La fixation distale doit être solide. La suture au moignon tendineux est donc associée à une fixation unguéale ou à une ou deux ancres. Le recours à un barb-wire, s'il est parfois source de flessum, est très solide.

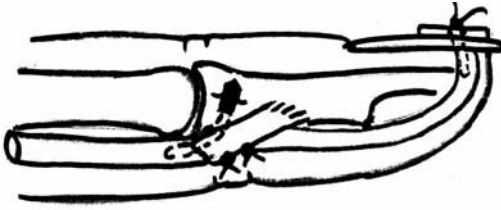


Fig. 6 – Deuxième temps opératoire. Fixation distale associant suture au moignon distal de fléchisseur, fixation sur une ancre et « Pull Out » appuyé sur l'ongle.



Fig. 7 – Deuxième temps opératoire. Anastomose proximale. Réglage avec un discret excès de tension par rapport aux doigts voisins.

Dans certains cas, du fait de lésion trophique distale intéressant soit l'IPD, soit le revêtement cutané avec risque de nécrose, la greffe doit être fixée sur la deuxième phalange. Certains préconisent même de façon systématique l'insertion du greffon sur la deuxième phalange. Cet artifice permet de concentrer l'intégralité de la course tendineuse à la mobilisation de la seule articulation interphalangienne proximale qui bénéficie alors potentiellement d'une mobilité plus importante. Une technique solide de fixation sur la deuxième phalange consiste à diviser le greffon en deux bandelettes qui sont faufilees de part et d'autre et suturées l'une à l'autre au dos de la phalange.

La fixation proximale, lorsque l'artifice de Paneva Holevitch n'a pas été utilisé, a été réalisée selon la technique de Pulvertaft.

Dans certains cas, une greffe en deux temps peut être proposée pour une lésion isolée du fléchisseur profond. L'absence du fléchisseur profond ne compromet que peu l'enroulement digital, à condition que le superficiel garde une fonction complète. C'est pourquoi une ténodèse ou une arthrodèse est souvent proposée, éventuellement associée à la résection du moignon de fléchisseur profond qui, rétracté à la décussation, peut limiter la flexion de l'interphalangienne proximale. Dans certains cas, toutefois, une greffe en deux temps est proposée. Mais l'atteinte fonctionnelle initiale étant moins sévère, le résultat final attendu se doit d'être ambitieux, compte tenu de la lourdeur

du protocole thérapeutique. Il faut alors rechercher la restauration d'une fonction normale chez un patient d'autant motivé et exigeant. Le contexte est généralement différent avec des lésions souvent moins graves que dans l'atteinte des deux tendons fléchisseurs. Il s'agit soit d'une avulsion méconnue du fléchisseur profond dans un cadre de traumatisme du sportif, cas le plus fréquent, soit d'une plaie distale négligée. Le nombre de poulies à reconstruire est en général moins important, se limitant à A4. Dans ce cas précis, comme le fléchisseur superficiel est sain, l'artifice technique de Paneva Holevitch n'est pas possible et on doit se résoudre à un greffon conventionnel. Le greffon est passé le plus souvent dans la décussation, mais certains ont proposé de le faire passer autour, avec de bons résultats. L'analyse du résultat ne se limite pas seulement à la mesure du seul gain de flexion sur l'interphalangienne distale. Il faut aussi prendre en compte le gain de force chez ces patients souvent sportifs, dont le traumatisme initial était fréquemment un *Jersey Finger*.

Dans le cas particulier de l'atteinte du fléchisseur du pouce, d'indication plus rare, la greffe en deux temps est en concurrence avec des procédés d'allongement tendineux comme ceux proposés par Rouhier ou Le Viet (12) ou avec des techniques de transfert tendineux, comme celui du fléchisseur superficiel du 4^e rayon. Cependant, la rétraction est en général plus importante que pour les doigts longs, et lorsque l'état de la gaine le nécessite, une greffe en deux temps peut être proposée. L'artifice de Paneva Holevitch n'est évidemment pas utilisable. La suture proximale est donc réalisée lors du deuxième temps, sauf si on choisit d'utiliser le fléchisseur superficiel du 4^e rayon (fig. 8).



Fig. 8 – Premier rayon. Utilisation du fléchisseur superficiel du 4^e rayon comme greffon.

Troisième temps

Le résultat n'est pas toujours acquis après le 2^e temps opératoire. Il peut être parfois nécessaire de recourir à un geste complémentaire à la suite d'un résultat insuffisant ou de complications qui sont de plusieurs ordres et ont un traitement adapté.

Des ruptures précoces du greffon peuvent apparaître. Une rupture distale peut faire l'objet d'une réinsertion du greffon sur la deuxième phalange associée ou non à une arthrodèse IPD (figs. 9 et 10). Une rupture proximale peut être traitée par suture latéro-latérale au fléchisseur voisin. Un mauvais réglage de la tension du greffon – il s'agit en règle d'une tension insuffisante – peut être traité par suture raccourcissante.



Fig. 9 – Rupture précoce du greffon tendineux.



Fig. 10 – Résultat d'une réinsertion du greffon sur P2 associé à une arthrodèse de l'interphalangienne distale.

Les raideurs secondaires de l'IPP dépendent en premier lieu de la gravité des lésions initiales. Troubles trophiques raideurs, lésions nerveuses sont des causes souvent retrouvées. Mais elles peuvent aussi survenir secondairement, parfois après plusieurs années, faisant évoquer un « génie rétractile de la gaine reconstruite ». Le traitement de choix consiste en une arthrolyse de l'interphalangienne proximale qui peut être associée à une arthrodèse interphalangienne distale.

Rééducation postopératoire

Elle doit être précoce car il n'y a pas de problème cutané, et active car la fixation distale est suffisamment solide pour permettre une mobilisation en flexion active contrôlée sous couvert d'une attelle de protection. La technique de Duran sera associée à cette mobilisation active douce. Des orthèses d'extension seront utiles à partir de la troisième semaine.

Afin de permettre de comparer les résultats entre les différentes séries, les résultats sont appréciés au mieux selon la mobilité active totale, ou TAM, qui est la somme des flexions actives totales MP + IPP + IPD de laquelle on retranche la somme des défauts d'extension actifs MP + IPP + IPD.

Le résultat final pourrait être apprécié selon les critères de Weinstein (22) qui est un pourcentage entre la flexion active postopératoire et la flexion passive préopératoire, ce qui illustre mieux le gain fonctionnel.

La plupart des séries récentes rapportent aujourd'hui de 70 à 80 % de bons résultats corrects, quand les séries plus anciennes se contentaient de 60 à 70 % de résultats fonctionnellement corrects. La raison semble en être une sélection plus rigoureuse des candidats à la technique de greffe en deux temps ainsi qu'une meilleure connaissance des pièges et astuces techniques indispensables à la poursuite d'un résultat de qualité. Enfin, il est établi que ces techniques de greffe en deux temps n'ont de chance de succès qu'entre les mains d'équipes opératoires expérimentées.

Résultats

La plupart des séries analysent les résultats globaux selon le TAM. Classiquement, les séries rapportent de 60 à 70 % de bons résultats, et autour de 20 % de résultats moyens, ce qui permet d'attendre environ 80 % de résultats « utiles », autorisant une certaine fonction. On n'observe pas ou exceptionnellement d'excellents résultats avec retour à une fonction normale, hormis le cas particulier des lésions isolées du fléchisseur profond.

Les séries les plus récentes rapportent une amélioration des résultats attendus qu'on pourrait attribuer à une meilleure connaissance des techniques de greffe et surtout à la prise en charge par des équipes de plus en plus spécialisées.

Références

1. Allieu Y, Ascencio G (1983) La reconstruction des fléchisseurs en 2 temps (technique de Hunter) dans le traitement des doigts en crochet. *Ann Chir Main* 2: 341-4
2. Alnot JY, Mouton P, Bisson P (1996) Les lésions anciennes des tendons fléchisseurs traitées par greffe tendineuse en 2 temps. *Ann Chir Main* 15: 25-35
3. Basset CAL, Carroll RE (1963) Formation of tendon sheath by silicon rod implants. *J Bone Joint Surg* 45A: 884-5

4. Beris AE, Darlis NA, Korompilias AV, Vekris MD, Mitsionis GI, Soucacos PN (2003) Two-stage flexor tendon reconstruction in zone II using a silicone rod and a pedicled intrasy-novial graft. *J Hand Surg 4A*: 652-60
5. Eskeland G, Eskeland T, Hovig T, Teigland J (1977) The Ultrastructure of normal tendon sheath and the tissue formed around silicone and polyethylene implants in man. *J Bone Joint Surg 59B*: 206-12
6. Freilich A, Chhabra A (2007) Secondary Flexor Tendon Reconstruction. *J Hand Surg 32A*: 1436-42
7. Friol JP (2001) Reconstructions secondaires après lésions traumatique de l'appareil fléchisseur. In: *Cahiers d'Enseignement de la Société Française de Chirurgie de la Main*. Expansion Scientifique Française, Paris, p 71-103
8. Guimberteau JC, Panconi B, Boileau R (1994) Les transplants cubitaux simples et composites en chirurgie reconstructrice de la main. *Ann Chir Plast Esthet 39*: 301-17
9. Hunter JM., Salisbury RE (1971) Flexor tendon reconstruction in severely damaged hands. *J Bone Joint Surg 53A*: 829-58
10. Kleinert HE, Spoevicious S, Papas NH (1995) History of flexor tendon repair. *J Hand Surg 20A*: 546-52
11. Lindsay WK (1976) La cicatrisation des plaies tendineuses. Etude expérimentale. In : *Chirurgie des tendons de la main*. Monographie du GEM. Expansion Scientifique Française, Paris, p 46-52
12. Le Viet D (1995) Ténolyse des tendons fléchisseurs. In: *Cahiers d'Enseignement de la Société Française de Chirurgie de la Main*. Expansion Scientifique Française, Paris, p 71-86
13. Lundborg G (1986) Nutrition des tendons fléchisseurs. In: *Traité de chirurgie de la main*, Tubiana (ed). Masson, Paris, Vol. 3, p62-74
14. Mathews P, Richards HJ (1976) Factors in the adherence of flexor tendons after repair. *J Bone Joint Surg 58B*: 230-50
15. Manske PR (1988) Flexor Tendon Healing. *J Hand Surg 13B*: 237-45
16. Nickoloas A, Darlis NA, Korompilias AV, Vekris MD, Mitsionis GI, Soucacos PN (2004) Two stage flexor tendon reconstruction in Zone 2 using silicone rod in children. *J Bone Joint Surg 86B*: 356
17. Nishida J, Araki S, Akasaka T, Toba T, Shimamura T, Amadio PC (2004) Effect of hyaluro-nic acid on the excursion resistance of tendon grafts. *J Bone Joint Surg 86B*: 918-24
18. Paneva Holevitch E (1986) Réparation tardive en zone 2 dans les cas défavorables. In: *Traité de chirurgie de la main*, Tubiana (ed). Masson, Paris, Vol. 3, p259-74
19. Smith P, Jones M, Grobbelaar A (2004) Two-stage grafting of flexor tendons: results after mobilisation by controlled early active movement. *Scandinavian J Plast Reconstruc Surg Hand Surg 38*: 220-7
20. Tripathi AK, Mee SN, Martin DL, Katsarma E (2009) The "Transverse Intraosseous Loop Technique" (Tilt) to Re-Insert Flexor Tendons in Zone 1. *J Hand Surg 34E*: 85-9
21. Viegas D (2006) A new modification of two-stage flexor tendon reconstruction. *Techniques in Hand and Upper Extremity Surgery 10*: 177-80
22. Weinstein S, Sprague B, Flatt A (1976) Evaluation of the two stage flexor tendon recons-truction in severely damaged digits. *J Bone Joint Surg 58A*: 786-1

23. Widstrom C, Doyle J, Johnson G, Manske P, McGee R (1989) A mechanical study of six digital pulley reconstruction techniques Part 1 Mechanical effectiveness. J Hand Surg 14A: 821-5
24. Widstrom C, Doyle J, Johnson G, Manske P, McGee R (1989) A mechanical study of six digital pulley reconstruction techniques. Part 2 Strength of individual reconstructions. J Hand Surg 14A: 826-9

Appareil fléchisseur : cas particulier de l'enfant

F. Fitoussi

Introduction

Les travaux consacrés aux lésions fraîches de l'appareil fléchisseur ont montré que les résultats des réparations primitives sont globalement meilleures chez l'enfant (3, 4, 7, 9, 10-15, 18, 20, 21, 24, 25). Néanmoins, il serait faux de croire que le terrain pédiatrique confère à cette chirurgie une accessibilité technique qu'elle n'aurait pas chez l'adulte. En effet, et surtout chez de jeunes enfants, l'impossibilité de tout contrôle de la mobilisation postopératoire rend encore plus cruciale la qualité de la réparation initiale, surtout en zone II. En revanche, il est vrai que cette chirurgie est moins souvent source de raideur articulaire surajoutée – conséquence de l'immobilisation – que chez l'adulte. De nombreux points tels que le type et la durée de l'immobilisation, la nécessité d'une mobilisation précoce ainsi que l'influence de l'âge et des lésions associées sur le pronostic final restent encore mal connus.

Le but de ce chapitre n'est pas de détailler le traitement des plaies des fléchisseurs de manière générale mais de préciser les particularités de l'enfant, tant du point de vue de la technique chirurgicale que du point de vue des soins postopératoires. Le lecteur doit avoir les notions minimales sur la prise en charge des plaies des fléchisseurs de l'adulte.

Étiologies

La majorité des lésions que nous rencontrons sont des sections nettes dues à des instruments tranchants (couteau, cutter) ou à du verre, notamment chez de jeunes enfants lors d'une chute avec un verre à la main (9, 10).

Évaluation

L'examen clinique peut être difficile chez le petit enfant non coopérant et qui vient de subir un traumatisme. Certains signes peuvent évoquer une lésion tendineuse : perte de la cascade physiologique des doigts, surtout lorsque l'enfant est endormi (interrogatoire des parents), déficit de flexion des doigts lors du massage des muscles de l'avant-bras.

La règle qui veut que toute plaie profonde de la main ou des doigts doive être explorée au bloc opératoire est particulièrement valable chez l'enfant,

l'examen clinique pouvant être faussement rassurant. La sensibilité ne peut être explorée avant 6 ans et la mobilité active normale du doigt n'exclut pas une lésion tendineuse partielle ou une effraction de la gaine, exposant au phlegmon. Le problème est de faire passer le message auprès des urgentistes qui verront l'enfant en premier.

Série

L'auteur a revu 60 enfants ayant présenté une plaie de l'appareil fléchisseur, comportant 72 rayons atteints (8-10), dont 16 plaies du long fléchisseur du pouce (LFP). Il s'agissait de plaies nettes, les pertes de substance cutanées, fractures ou dévascularisations associées ont été éliminées afin d'homogénéiser la série. Pour les doigts longs, les zones les plus souvent atteintes étaient les zones II (21 rayons) et I (16 rayons). Sur 25 rayons, les deux tendons fléchisseurs étaient atteints simultanément et, sur 26, un pédicule collatéral était sectionné.

Afin d'étudier les facteurs pronostiques, les patients ont été divisés en plusieurs groupes selon l'âge, le type d'immobilisation, la rééducation post-opératoire et les lésions associées. Le résultat sur la mobilité finale a été apprécié en pourcentage selon le total active motion (TAM) de Strickland et Glogovac (22) pour les doigts longs et les critères de Buck-Gramko et Tubiana pour le LFP (23).

Technique

L'exposition suit les règles habituelles de la chirurgie des tendons fléchisseurs : parage de la plaie, extension en amont et en aval, exposition et lavage de la gaine, contrôle des pédicules collatéraux et respect des poulies. La suture est le plus souvent réalisée par un point en cadre (type Kessler) ou par la « boucle » de Tsuge à l'aide d'un nylon 4 ou 5-0 selon la taille du tendon. L'utilisation de loupes grossissantes, voire du microscope opératoire, doit être systématique chez le petit enfant. Un surjet au 6/0, 7/0 ou 8/0 complète cette suture. L'opérateur doit garder à l'esprit qu'une suture médiocre est source d'adhérences, *a fortiori* lorsqu'il est fait appel à une immobilisation postopératoire stricte, notamment chez de jeunes enfants. La technique dite de « suture première de l'épi-tendon » (19) permet de restaurer une morphologie de la zone de suture proche de la normale, sans effet d'augmentation du volume.

Complications

La principale complication retrouvée dans cette série est la rupture tendineuse chez 10 % des patients (9, 10) (fig. 1).

Les adhérences nécessitant une réintervention pour ténolyse semblent beaucoup plus rares chez l'enfant (un cas dans cette série). Selon Arons (2), les meilleures capacités de cicatrisation ainsi que la moindre production d'adhérences seraient expliquées par le fait que, chez l'enfant, la distance entre le vinculum long et le vinculum court (qui apportent la vascularisation aux tendons) est faible. L'apport vasculaire par centimètre carré de tendon y serait donc relativement plus important que chez l'adulte.



Fig. 1— Rupture tendineuse d'une suture des deux tendons fléchisseurs du 4^e rayon en zone 2 après immobilisation insuffisante par attelle.

Soins postopératoires

L'âge de l'enfant aura des répercussions directes sur le choix du suivi postopératoire. Si de grands enfants ou des adolescents peuvent parfaitement participer à un programme de mobilisation protégée quel qu'il soit, il n'en est pas de même des très jeunes enfants où la seule solution est l'immobilisation stricte.

Type d'immobilisation

Les immobilisations courtes de type attelle antébrachio-palmaire ont abouti à des ruptures tendineuses (cinq patients de la série), surtout dans le groupe des enfants de moins de 5 ans. En effet, au bout de quelques jours, lorsque les phénomènes douloureux ont disparu, les mains ont tendance à glisser des attelles qui perdent leur efficacité de maintien. Deux enfants de la série ont même retiré leur attelle vers le 15^e jour, aboutissant à chaque fois à une rupture. Les enfants immobilisés par des plâtres fermés brachio-antébrachio-palmaires, poignet et doigts en flexion, n'ont pas présenté de rupture tendineuse. En 1958, Bell (3) avait déjà noté sur une série de 60 plaies tendineuses la nécessité d'une immobilisation stricte avec plâtre brachio-palmaire, surtout lorsque les enfants avaient moins de 6 ans. Wakefield (25) avait également noté que les problèmes d'immobilisation chez les plus jeunes étaient difficiles à résoudre.

Nous pensons maintenant que les immobilisations avec de courtes attelles doivent être évitées au profit d'un plâtre brachio-palmaire circulaire maintenant coude fléchi à angle droit, poignet à 45°, métacarpo-phalangiennes à 60° et interphalangiennes à 30° de flexion.

Durée d'immobilisation

Il ne semble pas y avoir de différence entre les durées de 4, 5 ou 6 semaines. Certains auteurs (18) ont même trouvé de moins bons résultats après des immobilisations longues chez l'enfant. Il semble que 4 semaines soient la durée optimale d'immobilisation quel que soit l'âge.

Rééducation précoce

Nous n'avons pas trouvé de différence de résultat entre le groupe des enfants traités par simple immobilisation sans rééducation et le groupe traité par rééducation précoce selon la technique de Duran (6). Néanmoins, le nombre faible de sujet par groupe ne permet pas de statistiques fiables et cette notion doit être tempérée en fonction de l'âge. S'il est clair que les jeunes enfants n'ont pas besoin de rééducation précoce, les préadolescents ou les adolescents doivent être rééduqués selon les techniques employées chez les adultes.

Ces constatations sont retrouvées dans la littérature : O'Connell *et al.* (18) ont montré, sur une étude portant sur 78 enfants, que la rééducation immédiate postopératoire n'influait pas le résultat final. Berndson et Ejeskar (4), sur 46 plaies tendineuses, n'ont pas trouvé de bénéfice dans la réalisation d'une mobilisation précoce.

Rééducation après immobilisation

L'analyse de notre série ainsi que la littérature ne montrent pas clairement la nécessité de rééduquer les enfants à distance. Nous avons néanmoins pris l'habitude de pratiquer au décours de l'immobilisation certaines techniques particulières de rééducation (associer le jeu à la rééducation, mobilisation active aidée dans l'eau, pâte à modeler, etc.). En cas d'adhérences, la décision de réaliser une ténolyse ne doit pas être prise avant 1 an.

Évaluation des résultats

Seules les mobilités actives de l'IPP et IPD sont considérées dans le calcul du TAM. Le total de la flexion active (IPP + IPD) moins le déficit d'extension est comparé à la valeur standard de la mobilité totale des deux articulations interphalangiennes, soit 175° (100° pour l'IPP et 75° pour l'IPD). Cette méthode d'évaluation surestime probablement les résultats chez l'enfant : en effet, la valeur de 175 est prise chez l'adulte alors que, chez l'enfant, elle varie selon la

tranche d'âge considérée. Selon un travail réalisé dans le service, la flexion active IPP et IPD est plutôt de 200 chez les moins de 10 ans (110° pour l'IPP et 80 pour l'IPD).

Facteurs pronostiques

Les ruptures ont été plus fréquentes chez les enfants les plus jeunes (groupe inférieur à 5 ans). Pour les deux autres groupes d'âge étudiés (5-10 ans et 10-15 ans), aucune différence significative dans l'appréciation du résultat final n'a été retrouvée. L'association d'une lésion d'un nerf collatéral n'a pas altéré la mobilité finale. Aucun retard de croissance digital n'a été noté au dernier recul (5).

Cas du LFP (16, 17)

Seize plaies du FPL ont été revues avec un recul de 2 ans (8). Les critères d'évaluation de Buck Gramcko ont montré des résultats bons ou excellents dans la majorité des cas, en dehors d'une rupture tendineuse liée à une immobilisation insuffisante. Là encore, lorsqu'on affine l'analyse des résultats en comparant les mobilités au pouce controlatéral, on constate qu'un tiers des patients ne retrouve pas une mobilité complète.

Chirurgie secondaire après plaie des tendons fléchisseurs chez l'enfant

Le bilan préopératoire à type d'IRM est souvent décevant chez les jeunes enfants, même en utilisant des antennes de surface, et seule l'exploration chirurgicale permet de différencier adhérences et cals d'allongement.

Ténolyses, arthrolyses, interventions mobilisatrices

Si le geste technique est strictement identique à celui réalisé chez l'adulte, la difficulté provient de la sollicitation active postopératoire qu'il est difficile d'obtenir chez le jeune enfant. L'analgésie postopératoire est essentielle et peut faire appel à des cathéters. L'utilisation d'anti-inflammatoires non stéroïdiens est souvent nécessaire.

Greffes secondaires des fléchisseurs chez l'enfant

Là encore, il n'y a aucune particularité technique propre au champ pédiatrique. Peu de publications ont été consacrées à cette question. Le rapport récent d'Amadio (1) illustre bien les difficultés de cette chirurgie secondaire chez l'enfant. Ces difficultés sont directement liées à la nature du suivi postopératoire, en particulier après le deuxième temps, plutôt qu'au geste

technique lui-même. Une alternative à la reconstruction en deux temps est représentée par la suture secondaire après allongement à la jonction tendino-musculaire à l'avant-bras : ceci est réalisable lorsque le moignon tendineux proximal n'est pas rétracté trop loin du site de suture (fig. 2).



Fig. 2 – Suture secondaire avec allongement à la jonction tendino-musculaire.

Conclusion

Les plaies des tendons fléchisseurs chez l'enfant posent surtout le problème du choix du protocole postopératoire, lequel devra être défini en accord avec l'âge de l'enfant et ses capacités de coopération. Le pronostic des plaies des tendons fléchisseurs chez l'enfant n'est pas toujours favorable, la rupture étant une complication redoutable. Les immobilisations avec une simple attelle antébrachio-palmaire doivent être évitées au profit d'un plâtre brachio-palmaire circulaire, les ruptures étant plus fréquentes avec les immobilisations légères, surtout dans le groupe d'âge inférieur à cinq ans. Nous n'avons pas trouvé de bénéfice dans la réalisation d'une mobilisation passive précoce chez les jeunes enfants.

Références

1. Amadio PC (1992) Staged flexor tendon reconstruction in children. *Ann Chir Main* 11: 194-9
2. Arons MS (1974) Purposeful delay of the primary repair of cut flexor tendons in "some man's-land" in children. *Plast Reconstr Surg* 53: 638-42
3. Bell JL, Mason ML, Koch SL, Stromberg WB (1958) Injuries to flexor tendons of the hand in children. *J Bone Joint Surg* 40A: 1120-30
4. Berndtsson L, Ejekkar A (1995) Zone II flexor tendon repair in children. A retrospective long term study. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 29: 59-64

5. Cunningham MW, Youcif NJ, Matloub HS, Sanger JR, Gingrass RP, Valiulis JP (1985) Retardation of finger growth after injury to the flexor tendons. *J Hand Surg* 10A: 115-7
6. Duran RG, Houser RG, Coleman CR, Postle Waite DS (1976) A preliminary report on the use of controlled passive motion following flexor tendon repair in zone II and III. *J Hand Surg* 1A: 79
7. Entin MA (1965) Flexor tendon repair and grafting in children. *Am J Surg* 109: 287-93
8. Fitoussi F, Mazda K, Frajman JM, Jehanno P, Penneçot GF (2000) Flexor Pollicis Longus tendon repair in children. *J Bone Joint Surg* 82B: 1177-80
9. Fitoussi F, Lebellec Y, Frajman JM, Penneçot GF (1999) Facteurs pronostics des plaies des tendons fléchisseurs de l'enfant en zone I et II. *Rev ChirOrthop* 85: 684-8
10. Fitoussi F, Lebellec Y, Frajman JM, Penneçot GF (1999) Flexor tendon injury in children. *J Pediatr Orthop* 19A: 818-21
11. Grobbelaar AO, Hudson DA (1995) Flexor pollicis longus tendon injuries in children. *Ann R Coll Engl* 77: 135-7
12. Herndon JH (1976) Treatment of tendon injuries in children. *Orthop Clin North Am* 7: 717-31
13. Iselin f, Alfonsi P (1968) Plaies des tendons fléchisseurs des doigts chez les enfants. *Ann Chir Plast* 13: 197-204
14. Kleinert HE, Kutz JE, Ashbell ST, Martinez E (1967) Primary repair of lacerated flexor tendons in "no man's land". *J Bone Joint Surg* 49A: 577
15. Masquelet AC, Gilbert A (1985) Plaies récentes des tendons fléchisseurs des doigts chez l'enfant. *Rev Chir Orthop* 71: 587-93
16. Noonan KJ, Blair WF (1991) Long-term follow-up of primary flexor pollicis longus tenorrhaphies. *J Hand Surg* 16A: 651-62
17. Nunley JA, Levin LS, Devito D, Goldner RD, Urbaniak JR (1992) Direct end-to-end repair of flexor pollicis longus tendon lacerations. *J Hand Surg* 17A: 118-21
18. O'Connell SJ, Moore MM, Strickland JW, Frazier GT, Dell PC (1994) Results of zone I and zone II flexor tendon repairs in children. *J Hand Surg* 19A: 48-52
19. Sanders WE (1992) Advantages of "Epitenon First" suture placement technique in flexor tendon repair. *Clin Orthop* 280: 198-9
20. Schneider HL (1982) Staged flexor tendon reconstruction using the method of Hunter. *Clin Orthop* 171: 164-71
21. Strickland JW (1975) Bone, nerve and tendon injuries of the hand in children. *Pediatr Clin North Am* 22: 451-63
22. Strickland JW, Glogovac SV (1980) Digital function following flexor tendon repair in zone II: a comparison of immobilization and controlled passive motion techniques. *J Hand Surg* 5: 537-43
23. Tubiana R, McMeniman P, Gordon S (1979) Evaluation of results in flexor tendon surgery. *Ann Chir* 33: 659-62
24. Vahvanen V, Gripenberg C (1981) Flexor tendon injury of the hand in children. *Scand J Plast Reconstr Surg* 15: 43-8
25. Wakefield AR (1964) Hand injuries in children. *J Bone Joint Surg* 46A: 1226-34

Appareil fléchisseur : appareillage et rééducation

J.-M. Ovieve et B. Chapin-Bouscarat

Introduction

Au cours des 20 dernières années, dans le cadre des lésions des tendons fléchisseurs, la principale préoccupation des chirurgiens et des kinésithérapeutes a été de trouver des moyens efficaces et reproductibles pour limiter les adhérences et éviter le flessum IPP, deux des causes principales des mauvais résultats, notamment en zone II. La problématique est quand et comment mobiliser les doigts opérés ?

Classiquement, deux grandes phases doivent être envisagées : une phase dite « d'immobilisation » où le patient est sous attelle, plaçant le système tendineux des fléchisseurs en course interne afin de permettre la cicatrisation après la réparation chirurgicale ; une phase après le port de l'orthèse.

Phase 1, durant l'immobilisation

Sa durée est variable de 3 à 6 semaines. Différentes options de rééducation sont possibles, elles ont été classées par Tubiana (1) en : techniques passives qui consistent en une flexion passive et une extension passive ; techniques semi-actives qui comportent une flexion passive et une extension active ; techniques actives qui utilisent une composante active au niveau des tendons suturés.

Historique et évolution des protocoles

Parmi les techniques initiales, les premières propositions de protocoles de mobilisation ont été publiées par Kleinert (2), Duran (4) et Cooney (5). Dès 1967, Kleinert (2, 3) propose une technique semi-active qui associe des mobilisations passives vers la flexion du fait d'un rappel élastique à des mobilisations actives vers l'extension. Après modification, en 1989, la première poulie de réflexion est placée au niveau du pli palmaire distal pour permettre une flexion complète, et donc une dissociation du glissement FDP/FDS. Une des critiques de la méthode de Kleinert est la survenue de flessum des interphalangiennes, en particulier l'IPP, due au maintien prolongé en flexion digitale, à une surveillance négligée et à une mauvaise compréhension du patient. Il s'agit donc d'une technique extrêmement exigeante en matière de suivi.

En 1975, Duran (4) décrit un protocole passif avec deux types de mobilisation pour optimiser les glissements (fig. 1) : une mobilisation en F/E de l'IPD qui permet un glissement rétrograde différentiel du FDP/FDS et donc des sites de suture l'un par rapport à l'autre ; une mobilisation passive en flexion/extension de l'IPP qui permet un glissement des deux tendons par rapport aux structures environnantes du canal digital.

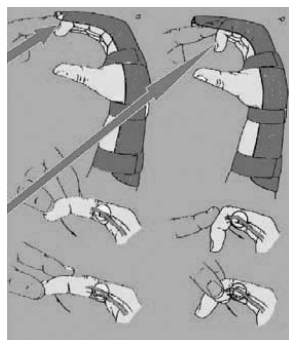


Fig. 1 – Technique de DURAN, mobilisation passive isolée de l'IPD, puis mobilisation associée de l'IPP et de l'IPD.

En 1989, Cooney (5), toujours dans les techniques passives, propose d'utiliser l'effet ténodèse passif poignet-doigts pour favoriser le glissement tendineux au niveau des zones de sutures. Il a mis en évidence, grâce à l'utilisation de l'effet ténodèse, une augmentation de la course tendineuse par rapport à la technique de Kleinert.

En 2002, l'équipe de la Mayo Clinic (6, 7) corrobore ces résultats en montrant, grâce à l'effet ténodèse, une diminution des adhérences par rapport aux autres techniques passives et semi-actives.

L'avantage des techniques passives de Duran et Cooney est leur simplicité. Elles ont contribué à réduire le taux de ruptures postopératoires et limiter le flessum IPP. Mais le principal reproche fait aux techniques passives reste l'insuffisance du glissement engendré au niveau de la zone de suture. Deux causes sont identifiées à ce problème : d'une part, il s'agit ici d'un glissement rétrograde avec la partie distale de la suture qui pousse la partie proximale du tendon à l'intérieur de la gaine (fig. 2) ; d'autre part, l'absence de corrélation entre l'amplitude de flexion passive et l'amplitude de mobilité de la zone de suture : l'excursion tendineuse en cas de flexion passive dépend de la résistance rencontrée, de la taille de la suture, de l'œdème, de l'hématome, des adhérences, de la circonférence de la gaine...

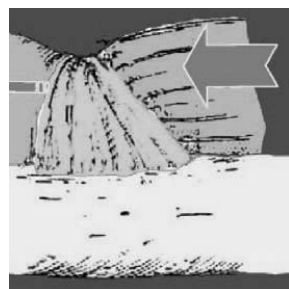


Fig. 2 – La mobilisation passive induit un glissement rétrograde qui « pousse » le tendon, le glissement est très inférieur à celui provoquer par une contraction active, qui « tire » le tendon.

Certains auteurs, comme Tajina (8), suite aux travaux de Kessler et Mansk (9), allaient jusqu'à indiquer que la mobilisation passive ne mobilise pas forcément le site de la réparation. Il explique ceci par le fait que la partie distale peut se plier en accordéon sans dynamiser la suture (fig. 3).

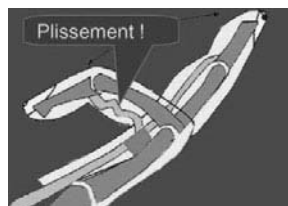


Fig. 3 – Plissement du tendon, sans glissement.

Actuellement, ces protocoles passifs et semi-actifs sont peu utilisés dans leur description initiale. La plupart des équipes adaptent leurs techniques pour réduire les insuffisances des protocoles initiaux et améliorer le glissement de la zone de suture, avec des techniques combinées ou des techniques incluant de l'actif immédiat. On distingue les équipes qui utilisent des techniques combinées et celles qui favorisent le travail actif immédiat.

Dans le cadre des techniques combinées, Chow (10) en 1987, puis Saldana (11) en 1991, combinent les protocoles de Kleinert et Duran et obtiennent de meilleurs résultats qu'avec les techniques initiales (respectivement 98 et 93 % d'excellents et bons résultats). Alnot (12) utilise, dès 1992, un protocole adapté associant la mobilisation passive de type Duran et l'effet ténodèse de Cooney, hors attelle. Cela permet, en plus du glissement tendineux induit, une mobilisation dans toute l'amplitude de chaque articulation et un traitement précoce des résistances externes à la mobilisation, notamment l'œdème digital.

Dans le cadre des techniques actives immédiates, dans les protocoles proposés, la composante d'actif au niveau des fléchisseurs est très variable, pouvant aller du simple « placé-tenu » à la mobilisation active dans la course complète.

Cannon (13) en 1984, Colville (14) en 1991, puis Strickland (15), en 1998, proposent l'utilisation d'un placé-tenu actif après une flexion passive en utilisant l'effet ténodèse (fig. 4).

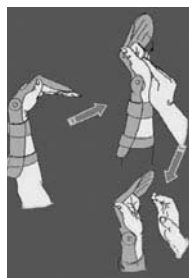


Fig. 4 – Attelle articulée au poignet qui permet l'effet ténodèse passif poignet/doigts ; puis le maintien actif du positionnement en flexion.

Small (16) en 1989, avec le protocole dit « de Belfast », a été le premier à appliquer le principe d’une mobilisation active protégée (MAP). Il associe mobilisation passive, mobilisation active très progressive, autorééducation. Silverskiold (17), en 1994, associe la technique de Kleinert et la MAP. En France, Rouvillois (18) et Baudet, en 1989, sont les premiers à proposer une technique de mobilisation en flexion active protégée, associée à un Kleinert. En 1998, Bellemère (19, 20) adapte le protocole de Belfast et publie d’excellents résultats.

La rééducation consiste en l’association d’autorééducation et de kinésithérapie débutée dès le lendemain de l’intervention. L’autorééducation est effectuée environ toutes les heures avec mobilisation passive globale et analytique, et mobilisation active 4 à 5 mouvements globaux et analytiques. La kinésithérapie est quotidienne sur le même mode (fig. 5), en ajoutant la facilitation de l’effet ténodèse.



Fig. 5 – Travail actif contrôlé FDS et FDP.

Résistance à la traction des sutures

Globalement, pour ces techniques actives, se pose le problème de résistance de la suture à la traction. Bien que sorti du contexte physiologique, le tableau proposé par Strickland (21) pose ce problème de la corrélation entre la sollicitation et la résistance de la suture (fig. 6). Les contraintes exercées sur la suture sont plus importantes avec les protocoles actifs. La résistance initiale de la suture apparaît comme un élément déterminant avec un risque de gap ou de rupture secondaire. Plusieurs auteurs (22, 23) pensent cependant qu’un gap, jusqu’à 3 mm, est compatible avec de bons résultats, sans favoriser le risque de rupture.

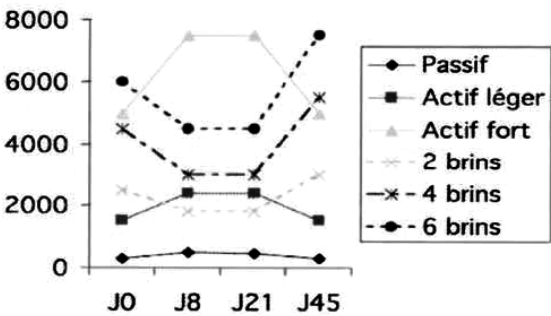


Fig. 6 – Corrélation entre la résistance des sutures (en grammes) à 2, 3, ou 4 brins, et la traction exercée par la mobilisation passive, active légère, active forte.

Face à ces difficultés, plusieurs orientations sont retrouvées dans la littérature (24, 27) : les partisans de sutures plus solides à 4 ou 6 brins qui, seulement, autoriseraient un travail actif ; les partisans des sutures conventionnelles, qui pensent qu'elles ne sont pas un obstacle à une rééducation active précoce protégée. Ils avancent la notion que les phénomènes de cicatrisation induits par la mobilisation active protégée améliorent la cicatrisation et renforcent précocement la résistance à la traction de la suture.

Protocole de glissement tendineux

Les meilleurs résultats des protocoles actifs sont attribués à l'amélioration du glissement de la zone de suture dans le canal digital par rapport aux techniques passives.

Hagberg (25), en 1991, compare différents programmes de rééducation postopératoire : passif, semi-actif, actif. Ses conclusions font apparaître que l'efficacité sur le glissement induit au niveau de la suture dépend du siège de la lésion (fig. 7). Au niveau A2, toutes les techniques de mobilisations permettent un glissement satisfaisant pour limiter les adhérences (9 mm en moyenne pour le FDP). Au niveau A3-A4, les techniques passives ou semi-actives induisent une mobilisation de la zone de suture de 1 à 2 mm au maximum, ce qui est insuffisant. Seule la mobilisation active est efficace à ce niveau.

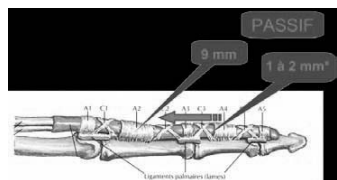


Fig. 7 – Effet de la mobilisation passive sur l'amplitude du glissement tendineux, en fonction de la zone.

L'étude de Silverskiold en 1992, reprise par Dap (26), corrobore les conclusions de Hagberg. Il compare *in vivo* l'excursion de la zone de suture en actif et dans la technique de Kleinert. Il retrouve que le Kleinert n'entraîne une mobilisation du FCP que de 1 mm au niveau de P2 et de 5 mm au niveau de P1 (fig. 8).

On peut interpréter de ces deux études que, d'une part, la mobilisation passive induit un glissement proche de celui de l'actif jusqu'au milieu de P1, d'autre part au-delà de A3 et de l'IPP, le glissement lié aux techniques passives ou semi-actives représente au mieux un tiers du glissement lié à l'actif (fig. 9). Le glissement apparaît même comme quasi nul au niveau de A4.

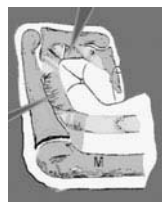


Fig. 8 – L'excursion tendineuse induite par la mobilisation de type « KLEINERT » ne serait que de 1 mm au niveau de P2, et de 5 mm au niveau de P1.

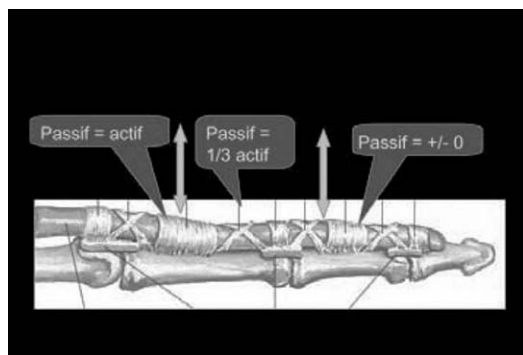


Fig. 9 – Comparaison des glissements tendineux induits entre les techniques passives et actives en fonction des zones.

Choix de la technique de mobilisation

Le chirurgien, compte tenu de l'importance des lésions, des possibilités de réparation et de la suture, détermine la nature de la mobilisation postopératoire (28, 29). Il est donc indispensable pour le kinésithérapeute d'obtenir le compte rendu opératoire et les consignes.

Phase 2, après l'immobilisation

L'orthèse de protection (fig. 10) est conservée en fonction des équipes de 4 à 6 semaines. L'ablation doit toujours être progressive avec d'abord quelques heures dans la journée. L'objectif de cette deuxième phase est la restauration du glissement tendineux des fléchisseurs et la récupération du secteur d'extension, notamment au niveau des interphalangiennes proximales qui présentent souvent des flessum à la sortie de l'immobilisation. Pour les protocoles initiaux sans actif sur les fléchisseurs, la reprise de l'actif s'effectue en fonction des équipes entre j22 et j35 (30).

L'amélioration du glissement tendineux se fait par, d'une part, le travail actif des fléchisseurs en dissociant FDS et FDP, en explorant toutes les courses pour favoriser l'amplitude du glissement, d'autre part l'électrostimulation associée à la contraction volontaire, avec un positionnement précis des électrodes correspondant à chaque tendon que l'on peut cibler (fig. 11).

Le travail contre résistance ne constitue pas une priorité tant que le glissement n'est pas rétabli. Il peut être envisagé après 2 mois en sachant que la résistance à la traction sur les sutures ne redevient normale qu'à 90 jours.



Fig. 10 – Orthèse d'immobilisation.

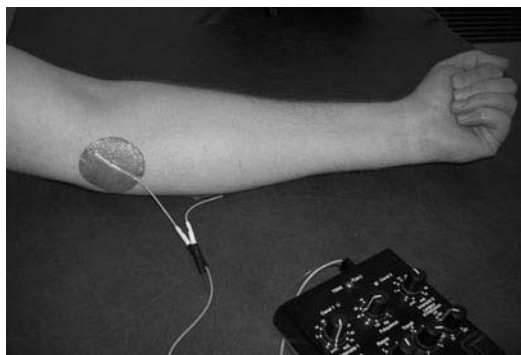


Fig. 11 – Électro-stimulation sélective des fléchisseurs, ici, pour les FDS et FDP des 4° et 5° doigts.

Orthèse d'immobilisation

L'attelle d'immobilisation confectionnée à la sortie du bloc opératoire est souvent remplacée après le premier pansement, par une orthèse en thermoplastique moulée sur la main et le poignet du patient. Cette orthèse est plus légère et fermée avec des Velcros® pour faciliter la rééducation. Le positionnement des différentes articulations est sujet à discussion mais globalement il semble judicieux de positionner le poignet à environ 30° de flexion, les MP à 60° et les interphalangiennes à 10° maximum de flexion (fig. 10).

Orthèse de posture

Une des complications fréquemment rencontrée au cours de la rééducation est la persistance d'un flessum au niveau de l'interphalangienne proximale du ou des doigts opérés. Il est alors nécessaire vers la 6^e semaine opératoire de confectionner une orthèse. Différents types d'orthèse peuvent être utilisés en fonction de l'importance du flessum, et des habitudes de chacun : tube en silicone précontraint en extension (fig. 12), orthèses statiques progressives d'extension (fig. 13), orthèse dynamique d'extension. Dans ce cas, il est important de positionner la métacarpo-phalangienne en flexion afin d'éviter toute compensation lors de la traction sur l'IPP (fig. 14).



Fig. 12 – Orthèse en silicone, précontrainte en extension pour l'IPP.



Fig. 13 – Orthèse statique progressive pour l'IPP.

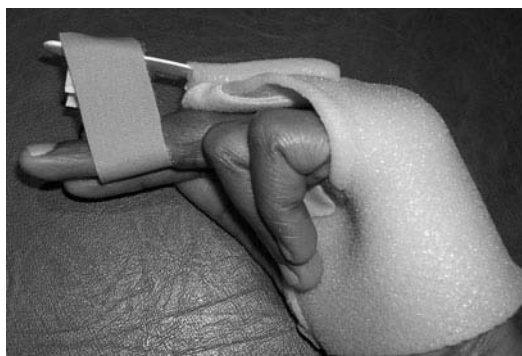


Fig. 14 – Orthèse dynamique d'extension pour l'IPP.

Conclusion

La précocité de la prise en charge, l'application précise des techniques de rééducation et la participation du patient permettent la plupart du temps l'obtention d'un résultat satisfaisant.

La tendance à la généralisation des protocoles actifs ne doit pas faire oublier les risques inhérents, cal d'allongement, rupture secondaire. Ils doivent donc être utilisés dans des cadres bien précis. Il faut également garder à l'esprit l'avantage des protocoles passifs, de par le fait qu'ils sont applicables à tous.

Les complications les plus fréquentes en fin de rééducation restent les adhérences qui peuvent limiter une partie de la flexion active et le déficit d'extension des IPP. Celles-ci pourront faire l'objet d'un traitement chirurgical, ténolyse, ou téno-athrolyse, au 6e mois, avec une rééducation postopératoire adaptée.

Références

1. Tubiana R (1986) Indications thérapeutiques en présence de lésions des tendons fléchisseurs de la main. In: *Traité de chirurgie Tubiana* (ed). Masson, Paris, tome 3, p. 287-309
2. Kleinert HE, Kutz JE, Ashbell TS, Martinez E (1967) Primary repair of lacerated flexor tendons in "no man's land". *J Bone Joint Surg* 49A: 577
3. Kleinert HE (1986) Réparations primitives des tendons fléchisseurs. In : Tubiana R. *Traité de chirurgie de la main* (ed). Masson, Paris, tome 3, p. 198-205
4. Duran RJ, Hauser RG (1975) Controlled passive motion following flexor tendon repair in zones two and three. *AAOS. Symposium on tendon surgery in the hand*. St-Louis, CV Mosby, p. 105-11
5. Cooney WP, Lin GT, An KN (1989) Improved tendon excursion following flexor tendon repair. *J Hand Ther* 2: 102-6
6. Horii E, Lin GT, Cooney WP, Linscheid RL, An KN (1992) Comparative flexor excursion after passive mobilization: an in vitro study. *J Hand Surg* 17A: 559-66
7. Wang AW, Gupta A (1996) Early motion after flexor tendon surgery. *Hand Clinics* 12: 43-55
8. Tajima T (1997) Indication and techniques for early postoperative motion after repair of digital flexor tendon particularly in zone II. In: Hunter, Schneider, Mackin (eds) *Tendon and nerve surgery in the hand. A third decade*. St-Louis, CV Mosby
9. Manske PR (1988) Flexor tendon healing. *J Hand Surg* 13B: 237-45
10. Chow JA, Thomes LJ, Dovel S, Milnor WH, Seyfer AE, Smith AC (1987) A combined regimen of controlled motion following flexor tendon repair in "no man's land". *Plast Reconstr Surg* 9: 447-53
11. Saldana MJ, Chow JA, Gerbino P, Westerbeck P, Schacherer TG (1991) Further experience in rehabilitation of zone II flexor tendon repair with dynamic traction splinting. *Plast Reconstr Surg* 87: 543-6
12. Alnot JY, Azzi A, Lericola JM, Oviève JM (1993) Sections récentes des tendons fléchisseurs des doigts et du pouce. *Ann Chir Main* 12: 302-12
13. Cannon NM, Strickland JW (1985) Therapy following flexor tendon surgery. *Hand Clinics* 1: 147-65
14. Colville J (1991) Tenoraphia dei tendini flessori con mobilizzazione immediata in patologia dei tendini della mano. *Hesperia Aggiornamenti*, p.177-82
15. Strickland JW (1998) Flexor tendon injuries in the hand. In: Strickland JW (ed) *Master technique in orthopaedic surgery*. Lippincott-Raven, Philadelphia, p. 476-89
16. Small JO, Brennen MD, Colville J (1989) Early active mobilization following flexor tendon in zone II. *J Hand Surg* 14B: 537-43

17. Silfverskiöld KL, May EJ (1994) Flexor tendon repair in zone II with a new suture technique and an early mobilization program combining passive and active flexion. *J Hand Surg* 19A: 53-60
18. Rouvillois A, Siffre G, Hu W, Martin D, Baudet J (1992) Mobilisation en flexion active protégée (MFAP) associée à la technique de Kleinert aménagée après réparation des tendons fléchisseurs des doigts. *Ann Kiné* 19: 123-38
19. Bellemère P, Chaise F, Friol JP, Gaisne E, Le Lardic C (1998) Résultats de la mobilisation active précoce après réparation première des tendons fléchisseurs. *La Main* 3: 221-34
20. Bellemère P, Chaise F (2006) Lésions des tendons fléchisseurs. Plaies de la main. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Expansion Scientifique Française, Paris*, 93: 123-41
21. Strickland JW (2000) Development of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 25A: 214-35
22. Pruitt DL, Manske PR, Fink B (1991) Cyclic stress analysis of flexor tendon repair. *J Hand Surg*. 16A: 701-7
23. Silva MJ, Boyer MI, Gelberman RH (2002) Recent progress in flexor tendon healing. *J Orthop Sci* 7: 508-14
24. Dubert T, Voche P, Osman N, Dihn A (2003) Lésions récentes des fléchisseurs des doigts. *Encycl Méd Chir, Techniques chirurgicales, Orthopédie-Traumatologie*, 44-388 : 16p
25. Hagberg L, Selvik G (1991) Tendon excursion and dehiscence during early controlled mobilization after flexor tendon repair in zone II: an x-ray stereophotogrammetric analysis. *J Hand Surg* 16A: 669-80
26. Dap F (1992) Lésions traumatiques récentes des tendons fléchisseurs de la main. *Chir Main* 4: 1-32
27. Dubert T (2002) Techniques actuelles de suture primitive des tendons fléchisseurs. *Chir Main* 21: 218-24
28. Thomas D, Moutet F, Guinard D, Corcella D (2000) Mobilisation postopératoire immédiate des tendons fléchisseurs. *Ann Kiné* 27: 338-47
29. Delaquaize F (2003) Tendons fléchisseurs en zone II : réparation et rééducation, méthodes actuelles et évolution des idées. *Mémoire de DIU Université Joseph Fournier de Grenoble*
30. Oviève JM, Chapin-Bouscarat B (2005) Lésions des tendons fléchisseurs en zone deux. *Kinésithérapie Scientifique* 458: 13-20

Plaies nerveuses : lésion nerveuse simple

F. Chaise

Introduction

Les plaies des nerfs collatéraux palmaires doivent être considérées comme des lésions graves. À ce titre, il est nécessaire qu'elles soient traitées en urgence par des opérateurs entraînés aux techniques de réparation microchirurgicale. En cas d'échec, elles font en effet courir au patient un risque de névromes douloureux, de paresthésies, d'hypo- ou d'anesthésies pulpaire dont le retentissement peut être sévère, en particulier pour la fonction des pulpes dominantes.

Anatomie

Anatomie macroscopique

Les nerfs collatéraux sont les branches de division des nerfs médian et ulnaire. Ils naissent dans le tunnel carpien. Sur leur parcours digital, ces nerfs cheminent à la face palmaire, sont assez superficiels par rapport au plan des tendons fléchisseurs et des artères collatérales, et se terminent par une trifurcation en regard de la base de l'ongle. Leur situation superficielle, sous-cutanée, explique leur vulnérabilité et la fréquence de leurs lésions traumatiques ainsi que celles des artères qui les accompagnent.

Anatomie microscopique

Les nerfs collatéraux palmaires des doigts sont des nerfs sensitifs pratiquement purs, essentiellement à destinée pulpaire et plus accessoirement dorsale et articulaire. Ils véhiculent aussi des fibres sympathiques dont le rôle dans le contrôle de la vasomotricité distale est connu. Ces nerfs présentent une structure pauci fasciculaire, deux à trois groupes par tronc bien protégés par du tissu conjonctif péri- et intraneural abondant.

La vascularisation des nerfs collatéraux provient des artères digitales qui les accompagnent. Les artérioles qui en naissent abordent l'épinèvre et se divisent en branches ascendantes et descendantes qui constituent un réseau anastomotique visible à la surface du nerf. Comme pour tous les nerfs périphériques, des microvaisseaux perforants émanent des artères superfi-

cielles épineurales et se distribuent ensuite à l'intérieur du nerf en un réseau profond parallèle aux groupes fasciculaires (1).

Techniques de réparation

Les réparations chirurgicales ont pour objectif de reconstituer aussi précisément que possible la structure anatomique du nerf lésé en assurant un affrontement des surfaces nerveuses sans tension, sans télescopage, la repousse axonale en est ainsi facilitée et les dispersions axonales intra- ou extraneurale, sources de névromes et d'insuffisance distale de resensibilisation, seront évitées.

Généralités

Toutes les réparations pédiculaires à la main doivent être conduites dans un champ exangue obtenu par l'utilisation d'un garrot pneumatique à pression constante gonflé à la racine du membre et mis en place après une exanguination soigneuse du membre. Sous analgésie locorégionale le plus souvent, les plaies digitales ou palmaires doivent être parées, lavées et explorées après un agrandissement éventuel selon les règles acquises de la chirurgie de la main. Les lésions associées seront réparées en priorité (os, tendon). Le temps de réparation microchirurgical vient ensuite : les nerfs d'abord, les artères ensuite. Après exposition des extrémités nerveuses, la réparation nerveuse comprend ensuite plusieurs temps opératoires.

Préparation des extrémités nerveuses

Le premier temps de réparation consiste à découvrir puis à préparer les extrémités nerveuses. La dissection doit rester extraneurale et être la plus courte possible, sans aucune agression intraneurale, afin ne pas accroître les lésions de dévascularisation et la fibrose réactionnelle qui pourrait en découler (2, 3). Sous grossissement optique, schématiquement on se retrouve devant trois situations :

- La plaie nerveuse est franche, nette, sans perte de substance : dans ce cas aucune recoupe n'est nécessaire, seuls les segments d'épinèvre, de périnèvre ou de groupes axonaux qui débordent la tranche de section seront excisés pour éviter leur invagination lors de l'anastomose.
- La plaie nerveuse est contuse : une recoupe est obligatoire, suffisante sans être excessive mais toujours située en tissu nerveux sain. Pour certains, cette recoupe doit être faite aux ciseaux de microchirurgie non crantés, pour beaucoup avec les instruments de V. Meyer.
- Il existe une perte de substance soit traumatique, soit après recoupe : des artifices techniques de réparation sont alors nécessaires, ils sortent de ce travail.

Affrontement des extrémités nerveuses

Pour les nerfs collatéraux dont la structure est pauci fasciculaire et contrairement aux nerfs mixtes, la reconnaissance des groupes fasciculaire est généralement aisée et l'affrontement peut se faire au prix d'une très légère flexion des articulations des doigts. L'affrontement doit être aussi parfait que possible. Aucun élément conjonctif ne doit s'interposer avant d'entamer le temps suivant d'anastomose.

Divers types d'anastomose

Les sutures sont les plus utilisées (4-8). Le choix des techniques de suture est maintenant admis pour les réparations nerveuses primaires par la plupart des auteurs. La suture épi-périneurale réalisée sans tension et sans télescopage assure un bon affrontement et permet d'éviter les invaginations de l'épinèvre et des groupes fasciculaires. Cette technique a supplanté les sutures épineurales simples et les sutures fasciculaires source de fibrose secondaire. Quatre à six points de monofil 9/0, monté sur une aiguille ronde 3/8^e de 4 mm, prennent en bloc l'épinèvre et le périnèvre. Une suture étanche peut être ainsi obtenue. Les travaux de Millesi ont insisté sur l'influence néfaste des tensions au niveau des zones d'anastomose, la résistance d'un fil 9/0 est le maximum tolérable pour pratiquer une réparation primaire directe.

Le fibrinocollage est la deuxième solution (3, 10, 11). De nombreux auteurs utilisent les collages qui réalisent *in vivo* un adhésif à base de fibrine humaine et de thrombine calcique d'origine bovine. Cette technique présente l'avantage par rapport aux sutures conventionnelles d'être un procédé plus rapide, moins traumatisant pour le tissu nerveux que le passage des aiguilles et des fils. Cette méthode entraînerait ainsi moins de fibrose secondaire sur le site de réparation. Le désavantage en est sa très faible résistance mécanique et la fragilité des anastomoses ainsi réalisées. Pour pallier cet inconvénient, les techniques mixtes fil-colle peuvent avantageusement être utilisées. Deux points épi-périneuraux de monofil 9/0 sont alors mis en place et la colle est disposée en un enrobement périphérique. Les suites postopératoires ne diffèrent pas des sutures conventionnelles.

Les interpositions sont parfois utilisées (12-21). Il est parfaitement admis actuellement que les faisceaux de régénération peuvent recoloniser les extrémités des tubes neuraxiaux ayant subi la dégénérescence wallérienne, s'ils trouvent un guide pour les y conduire. Cette donnée dérive de la notion des chambres de repousse et divers procédés en ont été extrapolés et utilisés : interposition veineuse, interposition de muscle congelé-décongelé, membrane d'acide polyglycolique ou PGA. La technique consiste à interposer un tube entre les deux extrémités nerveuses sectionnées. Si ces techniques sont plutôt utilisées dans les pertes de substance, elles peuvent aussi l'être dans les zones tissulaires de contusion. Des études comparatives restent à conduire avant d'apporter des conclusions formelles sur leur intérêt.

Soins postopératoires

Compte tenu de la fragilité des procédés d'anastomose, une immobilisation est nécessaire pour une durée de 10 à 15 jours après l'intervention, dans une position de détente des nerfs réparés mais en évitant toute position forcée. Bien entendu, les lésions associées peuvent imprimer des caractéristiques particulières aux suites opératoires (lésions tendineuses, lésions vasculaires complexes, lésions ostéo-articulaires). Dans les lésions associées des fléchisseurs, la main et le poignet sont totalement immobilisés dans une attelle de type Kleinert ou Duran pendant une durée de 8 à 10 jours. C'est une période suffisante pour que la solidité de la réparation nerveuse autorise ensuite la mise en route du programme de rééducation habituel aux sutures tendineuses.

Aspects cliniques

Signes cliniques analytiques d'une section d'un nerf collatéral

En urgence, aucun signe neurologique n'est spécifique d'une plaie d'un nerf collatéral, il est donc tout à fait essentiel d'explorer toutes les plaies palmo-digitales dans de bonnes conditions techniques : analgésie, champ exangue, opérateur entraîné aux réparations des lésions nerveuses ou vasculaires.

Analyse de la sensibilité (22-24)

L'examen de la sensibilité pulpaire se heurte à de nombreuses difficultés qui touchent à la fois à l'interprétation des tests utilisables, qui ont plus une valeur subjective que fonctionnelle, mais aussi aux diverses classifications internationales dont l'efficacité est loin d'être proportionnelle à la complexité. L'objectif pour un chirurgien est d'apprécier le niveau fonctionnel sensitif depuis l'absence de sensibilité jusqu'à la sensibilité discriminative la plus fine en essayant de la quantifier. La connaissance de la dynamique de la récupération nerveuse a permis de mettre au point des méthodes simples, reproductibles lors des diverses consultations de contrôle qui suivent une réparation nerveuse. L'examen doit être comparatif, avec les doigts voisins et le côté opposé, et réalisé dans une ambiance calme chez un patient qui conserve les yeux fermés lors de la réalisation des tests.

Après une réparation, diverses périodes cliniques se succèdent. La première est l'apparition précoce des sensations douloureuses et l'apparition de paresthésies dont on peut penser qu'elles correspondent à la régénérescence des fibres amyéliniques à terminaisons libres, le test à la piqûre apprécie la fonction de ces fibres. La deuxième est la récupération des fibres à adaptation rapide réinnervant les corpuscules de Meissner et de Pacini, mises en évidence par l'épreuve du contact déplacé. La troisième est la récupération des fibres à adaptation lente et des corpuscules de Merkel et Ruffini, destinée à

percevoir le contact constant. Le test de Weber évalue au mieux ce temps de la repousse.

Évaluation des résultats

Critères d'appréciation des résultats

L'analyse des résultats après réparation chirurgicale doit se faire sur une batterie de test qui seront comparés durant la période de récupération : la présence ou non de douleurs spontanées, la recherche du signe de Tinel qui suit la progression de la repousse axonale, des douleurs à la percussion de la zone de réparation ou recherche du hot point des auteurs anglo-saxons qui est de mauvais pronostic lorsqu'il reste fixe, la présence ou non d'une maladie du froid, l'examen neurologique privilégiant le test de Weber et l'utilisation des monofilaments, ainsi que le classique test du pique-touche. L'appréciation subjective du patient devrait idéalement aussi être prise en compte pour affiner l'examen sensitif et intégrer le niveau fonctionnel tel que perçu par le patient.

Au total, à 18 mois d'une réparation, chaque doigt, dont un ou deux pédicules ont été réparés, entre à la fois dans une catégorie sensitive et fonctionnelle. Les classifications sensitive et fonctionnelle d'Alnot sont simples et utiles en clinique courante.

Les quatre stades de la classification sensitive sont : O (aucune sensibilité), P (protection), T (sensibilité au tact et à l'effleurement), D (discrimination).

Les quatre stades de la classification fonctionnelle sont : 1 (doigt normal, oublié), 2 (doigt utile, indolore, sensible permettant une reprise de l'activité), 3 (doigt gênant, hyperesthésie de contact), 4 (doigt spontanément douloureux ou exclu).

Résultats (17, 25-37)

Les résultats de la réparation directe des nerfs collatéraux sont connus comme meilleurs que ceux des nerfs mixtes et on peut admettre qu'environ 60 % des patients retrouvent une sensibilité discriminative, c'est-à-dire une sensibilité fonctionnelle bonne ou acceptable mais il est tout à fait exceptionnel que le test de Weber obtenu sur le doigt lésé soit égal à celui relevé sur le doigt équivalent de l'autre main. La qualité des résultats des différentes séries dépend pour beaucoup de l'âge moyen. Onne, en 1962, rapporte une série de huit réparations nerveuses chez des enfants dont l'âge était inférieur à 15 ans avec un retour à S4 dans tous les cas. À l'inverse, le même auteur, la même année, ne retrouve aucun patient adulte classé à S4 dans une série de réparation de 14 nerfs collatéraux. Cette donnée est d'ailleurs soulignée par tous les auteurs qui ne signalent des résultats à S4 que dans des populations très jeunes. Une autre donnée intéressante à souligner est l'absence de différence entre les

résultats des sutures épineurales et fasciculaires, qu'il s'agisse d'études de laboratoires ou de travaux cliniques. Young a bien insisté sur ce point dans une étude prospective publiée en 1981. Ce phénomène est la conséquence de la structure même du nerf collatéral qui est pauci fasciculaire et sensitif uniquement. Les progrès indiscutables obtenus dans la réparation des nerfs collatéraux restent obscurs dans leur mécanisme : meilleure technique d'anastomose, agression tissulaire moins importante, réparation vasculaire associée qui améliore l'ambiance trophique régionale, ou rééducation de la sensibilité. Il est probable que ces facteurs jouent chacun un rôle peut-être variable d'un patient à l'autre. En ce qui concerne la rééducation de la sensibilité sur laquelle insiste Dellon, elle doit être adaptée à chaque période de la régénération nerveuse, d'abord désensitivation, puis travail du toucher mobile, sans oublier la composante centrale comme l'utilisation ou non de la vue au cours des séances qui doivent être variées et fréquentes. L'idéal étant certainement une autorééducation surveillée par un rééducateur rompu à ces techniques et qui exploite au maximum les motivations des patient.

Facteurs de pronostic des réparations nerveuses

Facteurs généraux de pronostic de la réparation nerveuse (38-40)

Une revue de la littérature concernant les réparations des nerfs périphériques, quel que soit le niveau de la lésion et quel que soit le nerf en cause, en particulier les nerfs collatéraux, fait apparaître quatre facteurs principaux de pronostic : le patient, le type de traumatisme, la technique chirurgicale, la rééducation postopératoire.

Les facteurs liés au patient dominent – à lésion équivalente – le pronostic, probablement par des phénomènes d'adaptation du cortex. Cette adaptation peut être modifiée par la rééducation dans le sens d'un retour vers normale. Les excellents résultats obtenus chez l'enfant sont certainement liés à l'extrême plasticité du cortex à cet âge, autorisant de nombreuses adaptations qui seraient impossibles à obtenir chez l'adulte. Les maladies à tropisme nerveux peuvent retentir aussi sur la qualité des résultats comme le diabète, l'alcoolisme, le tabagisme.

Les facteurs liés au traumatisme influencent aussi le résultat de plusieurs manières (41, 42).

Plus une lésion nerveuse est proximale, plus elle est grave par deux mécanismes : la proximité des corps cellulaires menace la vie même des cellules et le potentiel de repousse, ce facteur est certainement limité voire négligeable dans les lésions des nerfs collatéraux ; en revanche, l'éloignement des effecteurs sensitifs explique sans doute les meilleurs résultats observés dans les lésions des nerfs collatéraux par rapport aux lésions des nerfs interdigitaux.

Les lésions d'étirement, de contusion, d'arrachement font coexister des lésions nerveuses, des lésions vasculaires, des lésions tendineuses et ostéo-arti-

culaires qui portent en elles, pour chacune d'entre elles, un potentiel de fibrose et de mauvaise trophicité, toutes deux préjudiciables à la régénération nerveuse.

La technique chirurgicale influe directement sur les résultats. Un certain nombre de règles sont à observer d'une façon stricte : éviter toute tension et tout phénomène de télescopage au site d'anastomose, la résistance d'un fil de 9/0 paraît une limite à ne pas dépasser. Les anastomoses doivent certainement être étanches pour éviter la fuite axonale responsable de névromes, l'utilisation des colles réalise de véritables chambres de repousse favorables à la régénération nerveuse. Bien entendu, les anastomoses doivent être suffisamment solides pendant la période de cicatrisation nerveuse, quelques échecs sont certainement dus à une rupture. Une immobilisation de 10 à 15 jours en position de détente de l'anastomose est une précaution à respecter pour éviter de tels incidents.

La rééducation postopératoire est essentielle, notamment dans les lésions bipédiculaires ou dans les lésions des nerfs collatéraux contrôlant les pulpes dominantes, les travaux de Dellon plaident en ce sens (43-45).

Un certain nombre de questions encore en discussion

Faut-il réparer tous les nerfs collatéraux ? L'amélioration des techniques microchirurgicales et la fiabilité meilleure des résultats obtenus par les réparations en urgence ont amené le concept du « tout en un temps » duquel les nerfs collatéraux font partie. Un travail comparatif sur 72 nerfs de Chow confirme cette attitude (46).

Quand faut-il réparer les nerfs collatéraux ? Tous les travaux concordent pour affirmer ou confirmer que la précocité des réparations nerveuses est un facteur de pronostic important. Les travaux de Kallio (32), appuyant les résultats rapportés par Dumontier (47), mettent bien en évidence la supériorité des sutures sur les greffes, greffes qui deviennent souvent nécessaires en secondaire en raison de la rétraction des extrémités nerveuses et de leur fibrose terminale qui impose une recoupe. Cet argument, ajouté à la nécessité de la réparation en urgence des artères collatérales, plaide en faveur de la reconstruction primaire en urgence des pédicules.

Faut-il réparer les artères collatérales en cas de lésions unipédiculaires ? Si un certain nombre d'auteurs a vu dans la reconstruction des artères lésées un des principaux facteurs de progrès dans les résultats de la réparation des nerfs périphériques, ce geste reste discuté. Dans notre expérience, la réparation des artères lésées ne se discute pas avec les artères interdigitales et les lésions bipédiculaires ; en revanche, dans le cadre des lésions unipédiculaires il semble que la réparation diminue le degré et la fréquence des intolérances au froid, sans modifier directement la qualité du résultat neurologique. On peut donc penser que le rôle trophique des réparations artérielles n'est peut être pas théorique. En outre, l'artère reconstruite joue un rôle de tuteur mécanique

pour le nerf réparé, ce qui est un élément important dans les anastomoses par fibrinocollage qui restent toujours fragiles (48).

Conclusion

Les résultats des réparations primaires des plaies des nerfs collatéraux ne sont pas parfaits et des progrès sont encore certainement souhaitables. Néanmoins, un certain nombre de règles doit toujours guider la conduite chirurgicale : réparation en urgence, recoupe nerveuse minimale, suture microchirurgicale épi-périneurale, sans tension ni télescopage des fascicules, associée à un fibrinocollage (ce procédé a notre préférence pour sa facilité de mise en œuvre et la qualité de ses résultats), réparation artérielle systématique pour l'apport trophique local, surveillance principalement sur deux signes cliniques : signe de Tinel qui permet de suivre la régénération axonale et test de Weber statique dont la valeur nous semble être corrélée mieux que tout autre signe à la qualité du résultat fonctionnel.

Références

1. Lundborg G (1979) The intrinsic vascularization of human peripheral nerve. *J Hand Surg* 4: 34-41
2. Meyer VE, Namoli B, Lassmann H (1980) The surgical cut-surface of peripheral nerves. *Int J Microsurg* 2: 187-92
3. Millesi H (1986) Peripheral nerve surgery. *Hand Clinics*. Saunders WB, Philadelphia
4. Cabaud HE, Rodkey WG, McCarroll HR (1976) Epineural and perineural fascicular nerve repairs: A critical comparison. *J Hand Surg* 1: 131- 7
5. Orgel MG, Terzis JK (1977) Epineurial versus perineurial repair: an ultrastructural and electrophysiological study of nerve regeneration. *Plast Reconstruct Surg* 60: 80-1
6. Terzis JK, Faibisoff B, William HB (1975) The nerve gap: suture under tension vs graft. *Plast Reconstruct Surg* 56: 166-70
7. Tupper JW, Crick JC, Mattek LR (1988) Fascicular nerve repairs. A comparative study of epineural and fascicular techniques. *Orthop Clin North Am* 19: 57-69
8. Young L, Wray RC, Weeks PM (1981) A randomized prospective comparison of fascicular and epineural digital nerve repairs. *Plast Reconstruct Surg* 68: 89-93
9. Bertelli JA, Mira JC (1993) Nerve repair using freezing and fibrin glue wrapping. Immediate histologic improvement of axonal coaptation. *Microsurgery* 14: 135-40
10. Gilbert A (1989) Les colles biologiques. Arguments expérimentaux et cliniques. *Ann Chir Main* 8: 300-1
11. Narakas A (1988) The use of fibrin glue in repair of peripheral nerves. *Orthop Clin North Am* 19: 187-99
12. Calteux N, Binsely J, Schoofs M, De Conninck A (1984) Utilisation d'un segment veineux dans la réparation des nerfs périphériques. *Ann Chir Main* 2: 149-55
13. Guinard D (2000) Substituts des nerfs utilisés comme greffons. In : *Cahier d'enseignement de la Société Française de Chirurgie de la main*. Elsevier, Paris, p. 65-79

14. Lundborg G (1991) Neurotrophism, frozen muscle grafts and other conduits. *J Hand Surg* 16B: 473-6
15. Pereira JH, Bowden REM, Gattuso JM, Norris RW (1991) Comparison of results of repair of digital nerves by denatured muscle graft and end-to-end sutures. *J Hand Surg* 16B: 519-23
16. Politis MJ, Ederle K, Spencer PS (1982) Tropism in nerve regeneration, in vivo attraction of regenerating axons by diffusible factors derived from cells in distal nerve stumps of transected peripheral nerve. *Brain Res* 253: 1-12
17. Poppen NK, Mc Carrol HR, Doyle JR, Niebauer JJ (1979) Recovery of sensibility after suture of digital nerves. *J Hand Surg* 4: 212-6
18. Seekel BR, Chiu TH, Nyilas E, Sidman RL (1984) Nerve regeneration through synthetic biodegradable nerve guides: regulation by the target organ. *Plast Reconstr Surg* 74: 173-81
19. Tang JB (1995) Vein conduits with interposition of nerve tissue for peripheral nerve defects. *J Reconstr Microsurg* 11: 21-6
20. Tenny RJ, Lewis RC (1984) Digital nerve grafting for traumatic defects. *J Bone Joint Surg* 66A: 1375-9
21. Voche P, Ouattara D (2005) End-to-side neurotaphy for defects of palmar sensory digital nerves. *Br J Plast Surg* 58: 239-44
22. Comtet JJ (1987) La sensibilité: physiologie, examen, principes de la rééducation de la sensation. *Ann Chir Main* 6: 230-8
23. Dubert T, Dinh A, Osman N (2006) Evaluation des résultats après prise en charge d'une plaie de la main. In : *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*. Elsevier, Paris, 93, p. 234-41
24. Möberg E (1958) Objective methods for determining the functional value of sensibility of the skin. *J Bone Joint Surg* 40B: 454-76
25. Allieu Y, Alnot JY (1978) Résultats des sutures nerveuses sous microscope. *Rev Chir Orthop* 64: 276-83
26. Altissimi M, Mancini GB, Azzara A (1991) Results of repair of digital nerves. *J Hand Surg* 16B: 546-7
27. Buncke HJ (1972) Digital nerve repairs. *Surg Clin North Am* 52: 1267-85
28. Chaise F, Friol JP, Gaisne E (1993) Résultats de la réparation en urgence des plaies des nerfs collatéraux palmaires des doigts. *Rev Chir Orthop* 79: 393-7
29. Chaise F (2000) Les plaies des nerfs collatéraux palmaires des doigts. *Cahier d'enseignement de la Société Française de Chirurgie de la main*. Elsevier, Paris, p.67-80
30. Chaise F (2007) Les plaies des nerfs collatéraux palmaires des doigts. In : *Lésions traumatiques des nerfs périphériques*. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Elsevier, Paris, n° 97, p. 113-25
31. Goldie BS, Coates CJ, Birch R (1992) The long term results of digital nerve repair in no man's land. *J Hand Surg* 17B: 75-7
32. Kallio PK (1993) The results of secondary repair of 254 digital nerves. *J Hand Surg* 18B: 327-30
33. Khuc T, Leclercq D, Carlier A, Depierreux L, Lejeune G (1982) Réparation microchirurgicale de 110 nerfs collatéraux. *Acta Chir Belg* 3: 271-80
33. Onne L (1962) Recovery of sensibility and sudomotor activity in the hand after nerve suture. *Acta Chir Scand (Suppl)* 300: 1-70
34. Nonnenmacher J, Rapp E (2004) La main neurologique périphérique. *Rev Fr Dommage Corp* 4: 289-304

36. Sullivan DJ (1985) Results of digital neuroraphy in adults. *J Hand Surg* 10B: 4-44
37. Tropet Y (2000) Réparation des nerfs digitaux : techniques, résultats et indications. In : *Cahier d'enseignement de la Société Française de Chirurgie de la main*. Elsevier, Paris, p. 47-63
38. Honner R, Frigiadakis FG, Lamb W (1970) An investigation of factors affecting the results of digital nerve division. *Hand* 12: 21-31
39. Mackinnon SE, Dellon LA (1988) *Surgery of the peripheral nerve*. Thieme Ed, New York
40. Merle M, Amend P, Foucher G, Michon J (1984) Plaidoyer pour la réparation primaire microchirurgicale des lésions des nerfs périphériques. *Chirurgie* 110: 761-71
41. Starkweather RJ, Neviaser RJ, Adams JP, Parsons DB (1978) The effect of devascularisation on the regeneration of lacerated peripheral nerves. *J Hand Surg* 3: 163-7
42. Sunderland S (1991) *Nerve injuries and their repair. A critical appraisal*. Churchill Livingstone, London
43. Dellon AL, Kallman CM (1983) Evaluation of functional sensation in the hand. *J Hand Surg* 8: 865-70
44. Dellon AL (1981) Evaluation of sensibility and reeducation of sensation in the hand. Williams and Wilkins, Baltimore
45. Dellon AL, Mackinnon SE (1987) Reliability of two-point discrimination measurements. *J Hand Surg* 12A: 693-6
46. Chow SC, NG C (1993) Can a divided digital nerve on one side of the finger be left unrepaired? *J Hand Surg* 18B: 629-30
47. Dumontier C, Kloos M, Dap F, Merle M (1990) Greffes nerveuses des collatéraux des doigts. À propos d'une série de 16 cas revus. *Rev Chir Orthop* 76: 311-6
48. Leclercq DC, Carlier AC, Khuc T, Depierreux L, Lejeune GN (1985) Improvement in the results in 64 ulnar nerve sections associated with arterial repair. *J Hand Surg* 10A: 997-9

Plaies nerveuses : perte de substance nerveuse

L. Thomsen et P. Valenti

Introduction

Depuis son introduction dans les années 1880, la restauration de la fonction nerveuse après une lésion traumatique nerveuse périphérique a bénéficié de multiples progrès (1) : le développement du microscope optique, l'amélioration des techniques microchirurgicales, une meilleure compréhension l'anatomie nerveuse intraneuronale. De même, les études cliniques et fondamentales ont permis de mieux comprendre la physiopathologie de la régénération nerveuse et donc les différentes étapes de réparation. Il y a plusieurs facteurs qui influencent la qualité de la récupération nerveuse périphérique après un traumatisme nerveux : le délai entre le traumatisme et la chirurgie, l'âge du patient, le mécanisme (section nette ou écrasement), le niveau de la lésion (proximal ou distal) et les lésions associées (tissus mous, artères) (2-4). Tous ces facteurs doivent être pris en compte pour choisir la technique de réparation nerveuse la mieux adaptée à chaque patient et ainsi optimiser la qualité de la réparation nerveuse.

La suture nerveuse directe primaire sans tension sous microscope optique en cas de perte de substance nerveuse importante n'est pas possible. Il faut de principe renoncer à faire une suture directe au prix d'une flexion du doigt durant 21 jours, sous peine de constater un échec de la régénération nerveuse et la survenue d'un doigt en crochet. Dans ces cas, plusieurs options thérapeutiques existent dont le but est la restauration de la fonction le plus complètement et rapidement possible en minimisant la morbidité d'un éventuel site donneur et la complexité du geste. Cet article expose les principales options thérapeutiques disponibles pour traiter une perte de substance nerveuse digitale (donc sensitive pure), ainsi que nos propres choix thérapeutiques.

Greffe nerveuse autologue

La greffe nerveuse autologue a longtemps été considérée comme le « gold standard » dans le traitement des pertes de substance nerveuse périphérique. La greffe nerveuse agit comme une trame inerte, fournissant des facteurs neurotropiques appropriés et des cellules de Schwann utiles à la repousse nerveuse. Le choix du greffon nerveux dépend de la taille de la perte de substance, la localisation, et de la morbidité du site donneur. En effet, tous ces

prélèvements exposent au risque de séquelle esthétique, sensitive, à la formation possible d'un névrome et augmentent le temps opératoire. Pour les pertes de substances digitales, les greffons nerveux les plus communément utilisés sont : le nerf cutané latéral ou médial de l'avant-bras haut, le nerf brachial cutané interne, le nerf saphène externe, le nerf interosseux postérieur et la branche cutanée dorsale du nerf ulnaire. En pratique, la branche antérieure du nerf cutané latéral de l'avant-bras présente de nombreux avantages : calibre identique à celui d'un nerf collatéral, prélèvement aisé dans le même champ opératoire et sa longueur peut atteindre 4 à 5 cm, au prix cependant d'un préjudice sensitif acceptable par de nombreux auteurs (5, 6). Dans le cadre de traumatisme complexe multidigital, un greffon prélevé sur un doigt banque sacrifié peut être utilisé ou un greffon de saphène externe apporte un nerf de calibre et de longueur suffisante pour combler toutes les pertes de substances. Enfin, Dorsi (7) propose de réaliser une anastomose latéroterminale du moignon distal du nerf prélevé afin de diminuer la séquelle sensitive.

L'interposition de la greffe nerveuse doit être réalisée sans tension autorisant une libre mobilité articulaire et les sutures être à distance de la zone environnante cicatricielle avec la même technique microchirurgicale que les sutures directes.

Les différentes séries montrent un retour à une sensibilité S4 ou S3+ (Classification de la British Medical Council) dans 50 % des cas en moyenne. Cependant, les résultats sont difficiles à analyser car les séries sont rares, peu volumineuses, et mesurent différents résultats sensitifs (Weber statique, dynamique, monofilament), utilisant différentes classifications (BMC, ASSH, Moberg, Alnot), et très hétérogènes (longueur de la perte de substance, délai opératoire, lésion associée, âge du patient).

Conduits de repousse nerveuse

Des conduits de régénération nerveuse ont été développés, qu'ils soient biologiques ou synthétiques, pour pallier les inconvénients des autogreffes nerveuses liés à la morbidité du site préleveur après que plusieurs études avaient montré que la régénération nerveuse était possible au travers de conduits variables (8-10). Le but du conduit nerveux est de guider la repousse nerveuse tout en protégeant le gap nerveux de l'infiltration fibreuse. Les facteurs neurotropiques sécrétés par le moignon distal et concentrés dans ce conduit agissent en guidant naturellement le bon alignement des fascicules nerveux issus du moignon proximal, c'est le neurotropisme. Le résultat serait un meilleur alignement que par une suture directe sous microscope optique (11, 12).

Conduits biologiques

Le plus utilisé est la greffe veineuse inversée (8, 13-15). Un segment de veine est prélevé au niveau de l'avant-bras et son sens inversé pour que les valvules ne représentent aucun obstacle à la repousse nerveuse. Le segment veineux est alors fixé par deux à quatre points épipérineux de 9/0 sur chaque moignon. La littérature rapporte des résultats au mieux identiques, selon les séries, à l'autogreffe nerveuse dans les pertes de substances de moins de 3 cm (14, 15). Au-delà, le collapsus veineux est certain. Plusieurs auteurs (16-19) ont proposé de combler la lumière veineuse soit par du muscle, soit par du nerf. Le but étant d'empêcher le collapsus veineux et d'amener une source de facteurs neurotropiques, favorisant la repousse nerveuse à partir du moignon proximal. Ces techniques sont de réalisation délicate et n'ont jamais prouvé leur supériorité sur la greffe nerveuse autologue.

Conduits synthétiques

Un conduit synthétique acceptable doit être inerte, flexible mais résistant au collapsus, biorésorbable (assez lentement pour permettre le comblement total du défaut). Les conduits actuellement utilisés sont en collagène de type 1 ou en acide polyglycolique (PGA). L'avantage principal de ces conduits est qu'ils dispensent de site préleveur et la mise en place simple, au détriment il est vrai d'un coût plus élevé. Après recoupe nerveuse en zone saine, un tube de collagène ou de PGA au diamètre et à la longueur adaptée est mis en place et fixé à l'aide de deux points de 9/0. Du sérum physiologique est alors ajouté dans le tube au comblant la perte de substance (fig. 1). Certaines études, encore rare, ont montré une supériorité des tubes de collagène par rapport aux tubes en PGA (20). La littérature rapporte des résultats identiques ou supérieurs à l'autogreffe nerveuse pour des pertes de substances allant jusqu'à 4 cm pour les conduits en collagène et identiques pour les conduits en PGA (21-25).

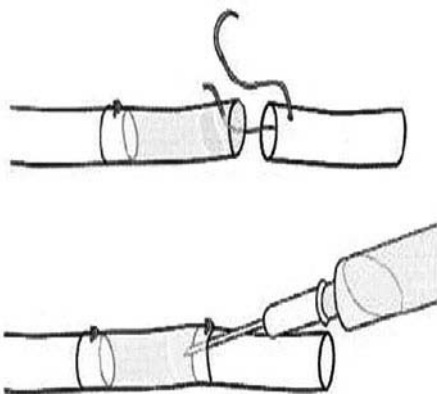


Fig. 1 – Mise en place d'un tube de synthétique, le sérum physiologique est introduit après la réalisation des points de suture au 9/0.

Neurorraphie terminolatérale

Décrite il ya plus d'un siècle (26, 27), puis tombée dans l'oubli, la neurorraphie terminolatérale a connu un regain d'intérêt depuis les travaux de Viterbo en 1994 (28) et certaines études (29, 30) qui ont montré qu'un bourgeonnement collatéral de tissu nerveux peut être induit par le branchement latéral d'un nerf sur un autre. Le moignon distal du nerf lésé est libéré afin d'obtenir une mobilité suffisante pour réaliser une suture sans tension latérale sur nerf collatéral et opposé (fig. 2). Le moignon proximal est électrocoagulé et enfoui à distance de la peau palmaire ou dorsal pour éviter toute douleur névromateuse. L'utilité de la création d'une brèche dans le périnèvre pour favoriser la repousse nerveuse dans le segment distal est encore controversée (31-33). Récemment, plusieurs publications (32, 34) ont montré qu'une brèche d'épινèvre semble être indispensable à la repousse de fibres motrices alors qu'elle ne l'est pas pour la repousse des fibres sensitives pures (de plus techniquement impossible pour un nerf digital). Les bourgeons nerveux sont ensuite attirés par le segment distal (chimiotactisme) dans lequel ils progressent par guidage de contact (35). Les résultats des très courtes séries publiées restent discordants, pour certains ils sont similaires à l'autogreffe nerveuse, et pour d'autres ils sont inférieurs (36-38). Cependant, cette technique doit être connue, en particulier pour des pertes de substances nerveuses supérieures à 4-5 cm puisqu'elle permet de récupérer une certaine sensibilité au prix d'un geste rapide, simple et engendrant peu de morbidité, l'innocuité sur le nerf donneur faisant l'unanimité parmi les travaux déjà cités.

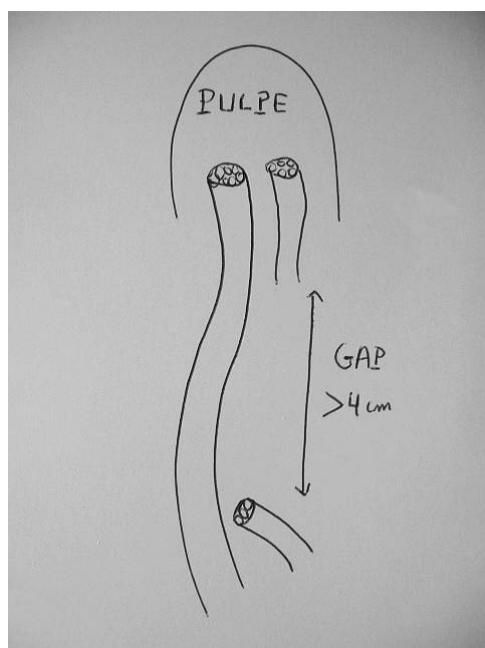


Fig. 2 – Suture latérotérminale avec réalisation d'une fenêtre épινevrale qui n'est pas indispensable dans le traitement des nerfs sensitifs purs.

Conclusions

Toutes les techniques sont utiles à connaître de manière à traiter une perte de substance nerveuse de la main qui a une présentation clinique extrêmement variée puisqu'elles sont concomitantes le plus souvent à un traumatisme grave de la main. Il faut savoir s'adapter à chaque situation et surtout être économe sur son geste.

Notre algorithme décisionnel, donné à titre indicatif, est le suivant. Nous privilégions la réparation nerveuse des pulpes dominantes : pour une perte sensitive digitale isolée supérieure à 4 cm nous préférons une greffe autologue prélevée aux dépens de la branche antérieure du nerf cutané latéral, et, pour les pertes inférieures à 4 cm, un conduit en collagène. En cas de traumatisme grave avec perte de substance du nerf collatéral non dominant, une neurographie terminolatérale est souvent une bonne solution. La greffe veineuse (remplie d'un muscle) est choisie dans les traumatismes multidigitaux pour les pulpes non dominantes afin de réserver les greffes autologues aux pulpes dominantes. De plus, il faut aussi être capable de ne pas réparer une perte de substance nerveuse et uniquement prévenir la formation d'un névrome dans certaines situations où la vitalité du doigt est engagée.

Références

1. Naff NJ, Ecklund JM (2001) History of peripheral nerve surgery techniques. *Neurosurg Clin N Am* 12: 197-209
2. Gilbert A, Pivato G, Kheiralla T (2006) Long-term results of primary repair of brachial plexus lesions in children. *Microsurg* 26: 334-42
3. Hentz VR, Narakas A (1988) The results of microneurosurgical reconstruction in complete brachial plexus palsy. Assessing outcome and predicting results. *Orthop Clin North Am* 19: 107-14
4. Slutsky DA (2006). *Peripheral nerve surgery*. Churchill Livingstone, Philadelphia
5. Tank MS, Lewis RC Jr, Coates PW (1983) the lateral antebrachial cutaneous nerve as a highly suitable autograft donor for the digital nerve. *J Hand Surg* 8A: 942-45
6. Wiglis EG, Maxwell G (1979) Distal digital nerve grafts: clinical and anatomical studies. *J Hand Surg* 4A: 439-43
7. Dorsi MJ, Chen I, Murinson BB, Pogatzki-Zahn EM, Meyer RA, Belzberg AJ (2008) The tibial neuroma transposition (tnt) model of neuroma pain and hyperalgesia. *Pain* 134: 320-34
8. Chiu DT, Janecka I, Krizek J, Wolff M, Lovelace RE (1982) Autogenous vein graft as a conduit for nerve regeneration. *Surg* 91: 226-33
9. Lundborg G, Longo FM, Varon (1982) Nerve regeneration model and trophic factors in viva. *Brain Res* 232: 157-61
10. Mackinnon SE, Dellon AL, Hudson R, Hunter DA (1985) Nerve regeneration through a pseudosynovial sheath in a primate model. *Plast Reconstr Surg* 75: 833-41
11. Mackinnon SE, Dellon AL, Lundborg G, Hudson AR, Hunter DA (1986) A study of neurotrophism in a primate model. *J Hand Surg* 11A: 888-94

12. Politis MJ, Ederle K, Spencer PS (1982) Tropism in nerve regeneration in vivo: attraction of regeneration axons by diffusible factors derived from cells in the distal nerve stumps of transected peripheral nerves. *Brain Res* 253: 1–12
13. Suematsu N, Atsuta Y, Hirayama T (1988) Vein graft for repair of peripheral nerve gap. *J Reconstruct Microsurg* 4: 313-8
14. Tang JB, Gu YQ, Song YS (1993) Repair of digital nerve defect with autogenous vein graft during flexor tendon surgery in zone 2. *J Hand Surg* 18B: 449-53
15. Walton RL, Brown RE, Matory WE, Borah GL, Dolph JL (1989) Autogenous vein graft repair of digital nerve defects in the finger: a retrospective clinical study. *Plastic Reconstruct Surg* 84: 944-9
16. Battiston B, Tos P, Cushway TR, Geuna S (2000) Nerve repair by means of vein filled with muscle grafts I: Clinical results. *Microsurg* 20: 32-6
17. Brunelli GA, Battiston B, Vigasio A, Brunelli G, Marocolo D (1993) Bridging nerve defects with combined skeletal muscle and vein conduits. *Microsurg* 14: 247-51
18. Calcagnotto GN, Braga Silva J (2006) the treatment of digital nerve defects by the technique of vein conduit with nerve segment. A randomized prospective study. *Chir Main* 25:126-30
19. Tang JB, Song YS, Zhu RR et al (1992) Reconstruction of long defect in peripheral nerve by vein conduit interposed with normal nerve slices: Report of 10 cases. Presented at the 19th Annual Meeting of Japanese Society of Reconstructive Microsurgery, Sapporo
20. Waitayawinyu T, Parisi DM, Miller B, Luria S, Morton HJ, Chin SH, Trumble TE (2007) A comparison of polyglycolic acid versus type 1 collagen bioabsorbable nerve conduits in a rat model: an alternative to autografting. *J Hand Surg* 32A: 1521-9
21. Archibald S, Shefner J, Krarup C, Madison R (1995) Monkey median nerve repaired by nerve graft or collagen nerve guide tube. *J Neurosci* 15: 4109-23
22. Bushnell BD, McWilliams AD, Whitener GB, Messer TM (2008) Early clinical experience with collagen nerve tubes in digital nerve repair. *J Hand Surg* 33A:1081-7
23. Kitahara A, Nishimura Y, Shimizu Y, Endo K (2000) Facial nerve repair accomplished by the interposition of a collagen nerve guide. *J Neurosurg* 93: 113-20
24. Li S, Archibald S, Krarup C, Madison R (1992) Peripheral nerve repair with collagen conduits. *Clin Mater* 9: 195-200
25. Lohmeyer JA, Siemers F, Machens HG, Mailänder P (2009) The clinical use of artificial nerve conduits for digital nerve repair: a prospective cohort study and literature review. *J Reconstruct Microsurg* 25: 55-61
26. Balance C, Balance HA, Stewart P (1903) Remarks on the operative treatment of chronic facial palsy of the peripheral origin. *Br J Med* 2: 1009-13
27. Harris WA, Law VW (1993) On the importance of accurate muscular analysis in lesions of the brachial plexus and the treatment of Erb's palsy and infantile paralysis of the upper extremity by cross-union of the nerve roots. *Br Med J* 2: 1035
28. Viterbo F, Trindade JC, Hoshino K, Mazzoni Neto A (1994) End-to-side neurorrhaphy with removal of the epineurial sheath: an experimental study in rats. *Plast Reconstr Surg* 94: 1038-47
29. Kanje M, Arai T, Lundborg G (2000) Collateral sprouting from sensory and motor axons into an end-to-side attached nerve segment. *Neuroreport* 11: 2455-9

30. Lundborg G, Zhao Q, Kanje M, Danielsen N, Kerns J (1994) Can sensory and motor collateral sprouting be induced from intact peripheral nerve by end-to-side anastomosis? *J Hand Surg* 19B: 277-82
31. Al-Qattan M, al-Thunyan A (1998) Variables affecting axonal regeneration following end-to-side neurorrhaphy. *Br J Plast Surg* 51: 238-42
32. Hayashi A, Pannucci C, Moradzadeh A, Kawamura D, Magill C, Hunter DA, Tong AY, Parsadonian A, Mackinnon SE, Myckatyn TM (2008) Axotomy or compression is required for axonal sprouting following end-to-side neurorrhaphy. *Exp Neurol* 211: 539-50
33. Zhang Z, Soucacos P, Beris A, Bo J, Ioachim E, Johnson E (2000) Long-term evaluation of rat peripheral nerve repair with end-to-side neurorrhaphy. *J Reconstr Microsurg* 16: 303-11
34. Dvali LT, Myckatyn TM (2008) End-to-side nerve repair: review of the literature and clinical indications. *Hand Clin* 24: 455-60
35. Lundborg G, Dahlin L, Danielsen N, Zhao Q (1994) Trophism, tropism and specificity in nerve regeneration. *J Reconstr Microsurg* 10: 345-54
36. Voche P, Ouattara D (2005) End-to-side neurorrhaphy for defects of palmar sensory digital nerves. *Br J Plast Surg* 58: 239-44
37. Péliissier P, Riahi R, Casoli V, Martin D, Baudet J (2001) Les anastomoses nerveuses terminolatéales. Rapport clinique préliminaire à propos de dix cas. *Ann Chir Plast Esthét* 46: 129-33
38. Yan JG, Matloub HS, Sanger JR, Zhang LL, Riley DA, Jaradeh SS (2002) A modified end-to-side method for peripheral nerve repair: large epineurial window helicoids technique versus small epineurial window standard end-to-side technique. *J Hand Surg* 27A: 484-92

Plaies nerveuses : évaluation et rééducation de la sensibilité

M.-C. Blancher, L. Noël et P. Liverneaux

Évaluation de la sensibilité

Principes généraux de l'évaluation sensitive

Toute évaluation sensitive dépend étroitement de la chronologie de récupération qui est le fil conducteur de l'examen. Classiquement, les terminaisons libres récupèrent en premier, puis les récepteurs à adaptation rapide, et enfin ceux à adaptation lente. Les bilans choisis et pratiqués lors de l'évaluation se doivent d'être spécifiques (de l'unité sensitive à tester), sensibles (c'est-à-dire être un marqueur fiable des évolutions éventuelles) et reproductibles. L'évaluation sensitive permet de dresser le tableau des capacités sensitives cutanées : protection et vibrotactile. Mais ce bilan met souvent en évidence des sensibilités dites « anormales » qu'il est nécessaire de savoir déceler, évaluer et traiter éventuellement avant de poursuivre car elles faussent le bilan classique (1).

L'hyperesthésie est la perception exacerbée des stimuli sur la peau. L'allodynie (2) est une douleur causée par un stimulus qui normalement ne produit pas de douleur. La paresthésie ou dysesthésie est une sensation à type de fourmillements non déclenchée par un stimulus extérieur.

La particularité des techniques d'investigations de la sensibilité est d'être tributaire de l'interprétation, par le patient, de la perception du stimulus appliqué. À ce titre, ces évaluations sont subjectives et le rôle du thérapeute sera de limiter au maximum les facteurs de variabilité. Il conviendra de vérifier la bonne compréhension des consignes et de s'assurer de la participation pleine et entière du patient. L'installation de la personne lors de la passation du bilan est de ce fait fondamentale : l'évaluation se réalise en dehors de tout contrôle visuel, en limitant les distractions environnementales (visuelles et auditives) et en positionnant confortablement la main pour qu'elle soit immobile et ainsi ne sollicite pas les récepteurs musculo-tendineux (2, 3). De plus, pour que le patient puisse conserver des capacités d'attention maximum, l'évaluation sensitive ne doit pas excéder 20 minutes. L'anamnèse, l'état trophique et la fonction motrice de la main doivent être connus (4).

L'évaluation de l'évolution post-lésionnelle du nerf se fait notamment par le signe de Tinel ou signe de régénération. C'est une sensation de type fourmillement déclenchée par une stimulation de l'extrémité des fibres nerveuses en cours de régénération. Le signe de Tinel doit être recherché de distal à proximal par

percussions sur le trajet du nerf lésé, la sensation de fourmillement déclenchée irradie vers la périphérie mais ne persiste pas. La perception ne doit pas être douloureuse mais simplement désagréable (5). Toutes ces conditions doivent être réunies pour qu'il s'agisse d'un signe tangible de régénération axonale, la réalisation itérative de ce test permet suivre la progression de la repousse nerveuse.

Ce signe de régénération distal (signe de Tinel) ne doit pas être confondu avec le signe de fourmillement sur le site lésionnel qui se recherche, lui, de proximal à distal et ne progresse pas dans le temps (2, 6).

Versant quantitatif de l'évaluation sensitive

Il s'agit de réaliser une cartographie du territoire sensitif concerné par le déficit sensitif. Cela permet de circonscrire le territoire de peau hyposensible et de mettre en évidence de façon claire et didactique la zone à évaluer puis à traiter.

Les techniques de cartographie basées sur la simultanéité de l'atteinte sensitive et sympathique permettent d'avoir une représentation d'un territoire dénervé mais restent peu précises. De ce fait, elles sont peu utilisées. Elles ont toutefois l'avantage de ne pas dépendre de la réponse du patient, ce qui peut être utile si sa participation est impossible.

Le test à la ninhydrine de Moberg consiste à appliquer la main lésée sur un papier buvard imprégné de ninhydrine, substance ayant la propriété de se colorer au contact de la sueur. Les zones dénervées restent donc blanches. Les résultats sont cotés de 0 à 4. Ce test n'est en principe plus utilisé en raison de la toxicité de la ninhydrine (7).

Le test de O'Ryan consiste à immerger, durant 20 minutes, la main lésée dans de l'eau à 40°. La peau au niveau des zones dénervées reste lisse alors qu'elle est plissée sur les zones innervées. Les résultats sont cotés de 0 à 4.

Dans le test de sudation ou test à la farine de maïs, la main est préalablement badigeonnée de Bétadine®, puis on applique sur la peau un mélange à base d'huile de paraffine et de farine de maïs. Les zones dénervées deviennent de plus en plus foncées au fur et à mesure de la récupération (figs. 1a et 1b).

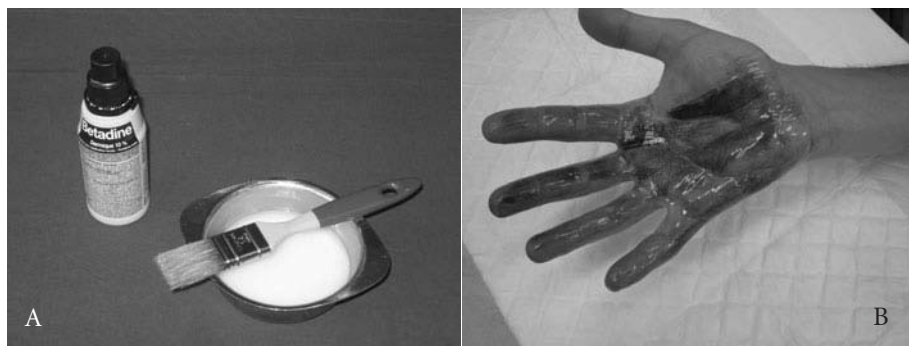


Fig. 1 – A. Bétadine®, préparation d'huile de paraffine et de farine de maïs. B. Test de sudation ou test à la farine de maïs. Les zones noircies montrent la récupération de la transpiration.

L'esthésiographie permet de visualiser, par un schéma, la « quantité » de peau hypoesthésique. Cette cartographie est réalisée par une exploration systématique du membre concerné, en sachant que l'on doit toujours partir d'une zone saine pour progresser vers une zone lésée, afin de déterminer à quel endroit la perception se modifie et ainsi circonscrire un territoire hypoesthésique. Les stimulations sont de type contact et réalisées à l'aide d'un embout mousse (8).

L'utilisation des monofilaments de Semmes-Weinstein permet de gagner en précision au niveau de l'évaluation car le territoire défini par l'application d'un monofilament donné correspond alors à une hypoesthésie d'un grammage précis (2) (figs. 2a et 2b). Pour mémoire, ces monofilaments sont des filaments nylon, montés sur un manche, étalonnés de manière à correspondre, en fonction de leur diamètre, à une force d'application en grammes quand ils sont appliqués à la surface de la peau (avec la force nécessaire et suffisante à les courber).

L'esthésiographie est un bilan fiable qui permet de bien suivre l'évolution du territoire hypoesthésique, toutefois des dysesthésies trop importantes peuvent en perturber l'interprétation.

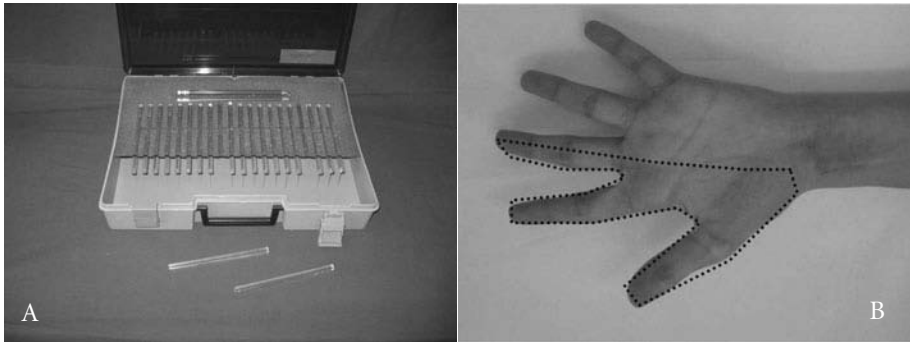


Fig. 2 – A. Kit de monofilaments de Semmes-Weinstein. B. Esthésiographie. Cartographie du territoire hyposensible réalisée avec les esthésiomètres.

Versant qualitatif de l'évaluation sensitive

C'est l'évaluation des capacités sensibles au sein du territoire hypoesthésique précédemment circonscrit. La connaissance de la chronologie de la récupération sensitive prend alors toute son importance car il est nécessaire de procéder par ordre pour que l'évaluation soit pertinente. Tous les tests qui vont être décrits à présent seront à réaliser à l'intérieur du territoire hypoesthésique (8).

Dans l'évaluation de la sensibilité de protection, il s'agit d'évaluer les capacités du patient à se préserver des blessures éventuelles. C'est l'évaluation de la sensibilité de protection à la douleur et de la sensibilité thermique noci-

ceptive, les récepteurs testés sont les nocicepteurs et les thermonocicepteurs (2, 4).

Dans la sensibilité de protection à la douleur (figs. 3a et 3b), le stimulus appliqué est une piqûre, la réponse du patient doit intervenir dans les 2 secondes afin d'être valide. La sensation de piqûre doit vraiment être ressentie et pas simplement un changement d'état diffus. Notons que le test du « pique-touche » n'est pas spécifique de la sensibilité de protection car il explore en même temps la sensibilité vibrotactile (sans donner de précisions utiles).

Dans la sensibilité de protection thermique, le stimulus thermique, pour stimuler les thermonocicepteurs, devra être supérieur à 45° pour le chaud, et inférieur à 10° pour le froid. La réponse du patient doit intervenir dans les 2 secondes pour être valide.

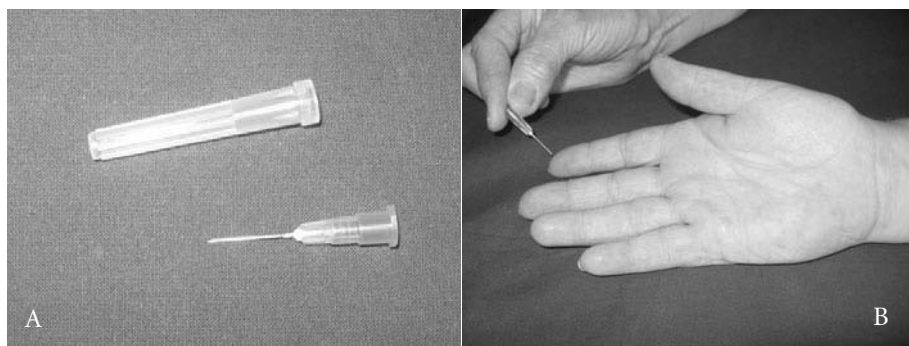


Fig. 3 – A. Aiguille sous-cutanée. **B.** Test de sensibilité de protection à la douleur. Nous piquons l'hémipulpe du doigt lésé.

L'évaluation de la sensibilité vibrotactile consiste à tester l'activité des mécanorécepteurs sous deux aspects : leur seuil d'activation à un stimulus donné (quantité de stimulation à fournir) et leur densité (capacités discriminatives). Des tests fonctionnels, moins spécifiques des capacités sensibles mais décrits pour ce type d'évaluation, pourront ensuite venir compléter et affiner le bilan sensitif.

Parmi les tests de seuil, le seuil de perception à la pression (SPP) est un test qui explore le système à adaptation lente (disques de Merkel) (9), et l'évaluation de la capacité à discriminer une pression en un point précis (figs. 4a et 4b). La réalisation de ce bilan nécessite le kit de 20 monofilaments de Semmes-Weinstein. À la suite d'une passation comportant 6 séries (3 ascendantes et 3 descendantes), ce seuil (SPP) est défini par la moyenne arithmétique des valeurs des derniers monofilaments perçus (2). Les normes décrites sont 0,1 g pour la face palmaire des doigts et 0,2 g en dorsal.

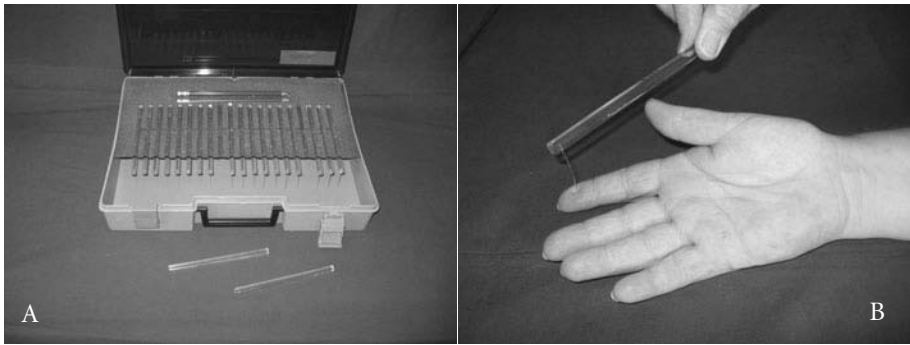


Fig. 4 – A. Kit de monofilaments de Semmes-Weinstein. **B.** Mesure du seuil de perception à la pression (SPP). Le monofilament est courbé.

Concernant la perception des vibrations, des travaux de recherche (10) ont démontré la sensibilité de tous les mécanorécepteurs aux vibrations jusqu'à 160 Hz, au-delà la réponse du système à adaptation lente diminue.

Un test classique est réalisé à l'aide d'un diapason : 30 cycles/seconde pour les corpuscules de Meissner ; 256 cycles/seconde pour les corpuscules de Pacini (11).

Dans la recherche à l'aide du Vibralgic® avec un réglage à 3V/30 Hz, la réponse doit intervenir dans les 2 secondes pour être valide. Ce test n'est pas spécifique d'une unité sensitive en particulier mais objective le retour d'un début de sensibilité vibrotactile (2).

Le Ten test de Strauch a une notation de 0 à 10 de la zone hyposensible par comparaison avec le côté sain qui est noté à 10. Le stimulus est une pression légère des doigts du thérapeute appliquée simultanément sur la zone lésée et la zone saine controlatérale (12, 13).

Les tests de densité permettent d'évaluer la distance moyenne entre deux mécanorécepteurs de même nature et, par là même, leur nombre. Les valeurs obtenues permettent d'apprécier les capacités discriminatives de la pulpe des doigts essentiellement.

Le test de discrimination de deux points statiques ou test de Weber est le premier test de discrimination à avoir été décrit, en 1835, par Weber (14). Il est toujours utilisé pour déterminer la distance minimale entre deux points, qui permettent encore au patient de discriminer un ou deux points statiques, appliqués simultanément à la surface de la peau. C'est un test de densité des récepteurs à adaptation lente. Lors du test, la pression doit être inférieure au seuil de blanchiment cutané afin de ne pas stimuler d'autres mécanorécepteurs à distance, l'instrument utilisé doit avoir des pointes émoussées (pour ne pas activer les nocicepteurs). L'examen est réalisé hémipulpe par hémipulpe suivant un axe longitudinal, la distance entre les deux points est graduellement diminuée de millimètre en millimètre. Il est nécessaire d'espacer les stimulations de quelques secondes pour ne pas saturer les récepteurs

(figs. 5a et 5b). Diverses passations de ce test sont décrites dans la littérature (2, 9).

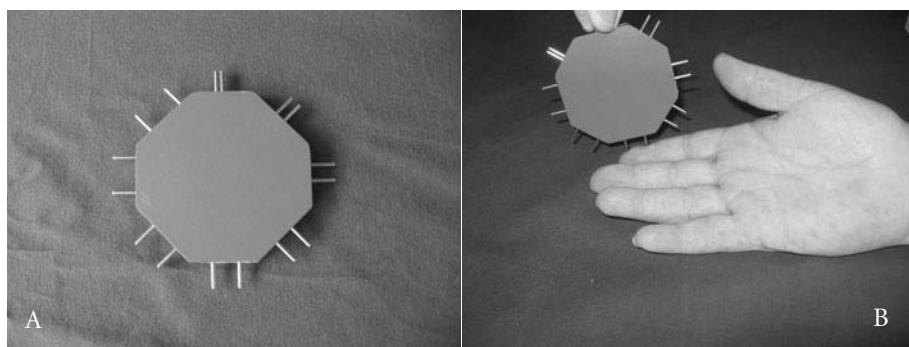


Fig. 5 – A. Disque de discrimination aux pointes émoussées. **B.** Le test de discrimination de deux points statiques ou test de Weber. Application simultanée des deux pointes sur les hémipulpes.

D'après Moberg, les valeurs discriminatives moyennes sur une main saine sont de 3 mm pour la pulpe de D2 et de 4 mm pour les autres pulpes, 6 mm pour la face palmaire des doigts, et enfin 5-8 mm pour la paume. Le test de Weber est fondamental dans l'évaluation sensitive de la main, c'est un outil pertinent dont la validité a été prouvée.

Le test de discrimination de deux points mobiles ou test de Weber est modifié par Dellon. Ce test repose sur les mêmes principes que le Weber, mais c'est la densité des récepteurs à adaptation rapide qui est recherchée (15). Suivant la chronologie de récupération, ces récepteurs récupèrent avant les récepteurs à adaptation lente. La passation est identique au test des deux points statiques sauf que les points sont déplacés à la surface de la peau en exerçant toujours la même pression, le déplacement est perpendiculaire à l'axe longitudinal du doigt testé. Les valeurs discriminatives moyennes sont comparables à celles du test de Weber, ces valeurs donnent une indication sur les capacités d'exploration et de manipulation de la main.

Tests fonctionnels

Ils cherchent à évaluer les capacités fonctionnelles de la main : préhension, manipulation, dextérité, exploration sensorielle. Les tests décrits ci-dessous ont été mis en œuvre spécifiquement pour évaluer l'impact d'un déficit sensitif sur les capacités fonctionnelles de la main, mais ils font également appel à la motricité et à la perception du positionnement. En cas d'atteinte majeure de la fonction motrice de la main, l'interprétation de ce type de bilan est malaisée car il est alors très difficile de faire la part d'échec liée au déficit moteur et celle due au déficit sensitif. Donc si l'on désire faire une évaluation de la perte fonctionnelle de la main liée aux troubles sensitifs, il faut que la motricité soit subnormale.

Le « writing on fingertips » consiste à tracer avec un embout en mousse différentes formes sur la pulpe digitale concernée, le patient devant reconnaître et nommer les formes. Décrit pour évaluer les capacités discriminatives (densité des récepteurs à adaptation rapide), il fait également largement intervenir les capacités gnosiques.

Le picking-up test a été mis au point par Moberg à la fin des années 1950 (16). Ce test cherche à évaluer la fonction de préhension de la main, il est donc plus spécifique du système à adaptation lente (maintien de la prise). Il s'agit pour le patient de ramasser douze petits objets avec puis sans le contrôle de la vue, le test est réalisé en bilatéral et chronométré afin d'avoir des éléments de comparaison (figs. 6a et 6b). Si l'on demande en plus au patient de reconnaître (en dehors du contrôle de la vue) la forme des objets manipulés, cela permet d'explorer les performances des récepteurs à adaptation rapide.

Le test de Roeder est un bilan normé et validé de la dextérité. Il consiste en la manipulation de petites tiges et écrous métalliques par vissage et enfilage (figs. 7a et 7b). Ce test n'a pas été décrit pour l'évaluation sensitive mais il permet d'observer la qualité de l'utilisation de la main (concernée par l'hyposensibilité) et d'interpréter les résultats par rapport aux moyennes décrites sur une population saine.

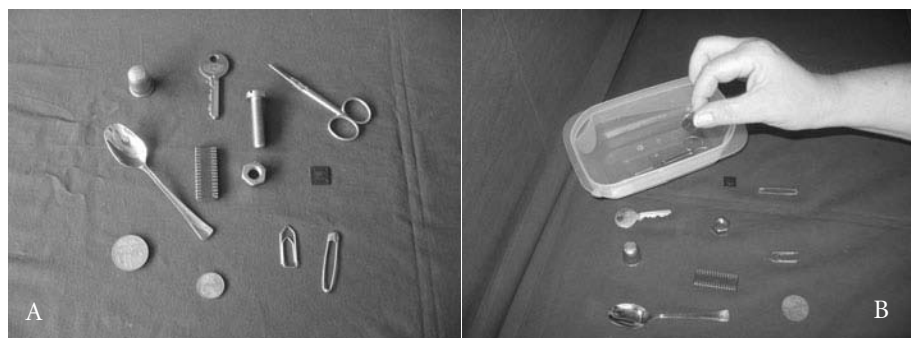


Fig. 6 – A. Ensemble de 12 objets métalliques. B. Picking-up test. Évaluation de la fonction de préhension.

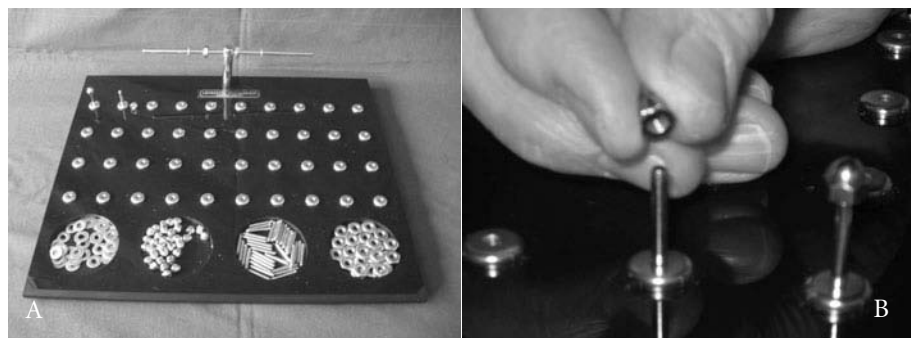


Fig. 7 – A. Petites tiges avec filetage, écrous et rondelles métalliques. B. Le test de Roeder. C'est un bilan normé et validé de la dextérité : épreuves chronométrées de vissage et enfilage.

La cotation internationale de la sensibilité est un outil standardisé permettant de synthétiser les résultats des différents tests afin de faciliter leur interprétation, et de définir les stades de recouvrement de la sensibilité. C’est aussi la possibilité d’avoir un langage commun pour tous les thérapeutes. La version de Zachary, modifiée par Dellon en 1988, figure au tableau I.

Tableau I – Cotation internationale de la sensibilité.

<i>Cotation</i>	<i>Perception</i>	<i>Fonction</i>	<i>Bilan</i>
S0	Aucune – anesthésie	En général exclusion de la zone concernée	Cartographie Électrophysiologie
S1	Douleur et température nociceptive	Protection	Cartographie Électrophysiologie Tinel ; Piqure Chaleur/Froid
S2	Sensibilité vibrotactile pauvre : vibrations 30 Hz/3V ; pression 100 g Présence éventuelle de dysesthésies et hyperesthésies	Protection Préhensions très perturbées Pas de discrimination	Cartographie Électrophysiologie Tinel Seuil de perception pression (SPP) Perception vibration
S3	Disparition dysesthésies Sensibilité vibrotactile passable Discrimination 2 points mobiles ou statiques >15 mm	Préhensions grossières Début de discrimination mais très pauvre	Cartographie Électrophysiologie Localisation SPP 2 points mobiles 2 points statiques
S3+	Sensibilité vibrotactile correcte Discrimination 2 points mobiles et statiques ≤ 15 mm	Préhensions fines Reconnaissance d’objets Discrimination utile	Cartographie Électrophysiologie Localisation ; SPP 2 points mobiles 2 points statiques Tests fonctionnels
S4	Normale Discrimination 2 points mobiles et statiques ≤ 6 mm	Normale	Cartographie Électrophysiologie Localisation ; SPP 2 points mobiles 2 points statiques Tests fonctionnels

S0 : pas de récupération de la sensibilité ; S1 : récupération de la sensibilité de la douleur profonde ; S1+ : récupération de la sensibilité de la douleur superficielle ; S2 : S1+ avec quelques sensibilités du toucher ; S2+ : S2 avec dysesthésies ; S3 : récupération de la douleur et de la sensibilité au toucher avec disparition des dysesthésies, test de discrimination des 2 points (mobiles ou statiques) > 15 mm ; S3+ : S3 mais la localisation du stimulus est bonne et test de discrimination des 2 points de 15 à 7 mm ; S4 : récupération complète, test de discrimination des 2 points de 6 à 2 mm.

Les empreintes pulpaire traduisent l'évolution des dermatoglyphes au fur et à mesure de la récupération sensitive (17). Pour cela, nous badigeonnons de Bétadine® l'extrémité du ou des doigts concernées, ainsi que celui ou ceux du côté controlatéral et nous demandons au patient d'appliquer la pulpe du doigt de gauche à droite pour la main gauche et de droite à gauche pour la main droite sur un papier en appuyant également. Au fil du temps, la grande pauvreté de tracé se rapproche d'une certaine « normalité ».

L'évaluation de la sensibilité articulaire et musculaire (sensibilité profonde) est peu courante lors d'une exploration classique des fonctions sensitives (4). En effet, les lésions observées ne sont, le plus souvent, pas en rapport avec ce type de troubles de la sensibilité. Toutefois, il est possible d'évaluer rapidement les qualités perceptives tant articulaires que musculaires par deux bilans simples. L'évaluation du sens positionnel est la capacité à percevoir, en dehors du contrôle de la vue, la position des différents segments de la main. L'évaluation de la reconnaissance des formes ou stéréognosie est la capacité à reconnaître, en dehors du contrôle de la vue, la forme d'un objet par une simple exploration avec la main. La mise en jeu des récepteurs articulaires et musculaires par l'adaptation de la main à la forme de l'objet, ou les mouvements nécessaires à l'explorer, permet de reconnaître une forme ou un objet. Ces fonctions, même si elles ne sont pas évaluées de façon systématique, seront toujours utilisées lors de certaines phases de la rééducation sensitive.

Rééducation de la sensibilité

L'évaluation réalisée, la rééducation sensitive commence. Elle s'appuie sur l'esthésiographie, et le stade de sensibilité acquis. Cette rééducation va suivre pas à pas l'évolution de la régénérescence nerveuse et orienter la participation du patient. Elle agit sur deux aspects, la sensibilité musculaire ou profonde et la sensibilité cutanée ou superficielle. De plus ou moins longue durée, en fonction de la sévérité et du site de la lésion, elle bénéficie de trois types d'approche, celle du patient, celle du kinésithérapeute et celle de l'ergothérapeute (18). Le patient doit être informé, éduqué, accompagné. Le kinésithérapeute et l'ergothérapeute vont être complémentaires ou devenir la seule spécialité indispensable à un moment de l'évolution fonctionnelle.

Nous pouvons déterminer quatre périodes d'intervention. La première nécessite de la kinésithérapie et de la prévention. La seconde fait intervenir l'ergothérapie pour des évaluations sensitives et fonctionnelles régulières afin de suivre la récupération, de guider le patient et, d'orienter les exercices à réaliser à la maison. Une troisième période est dédiée à la rééducation de la sensibilité discriminative encore grossière et au début des préhensions avec maintien d'objets. Enfin, une quatrième période profite de la reconnaissance des objets, des textures pour enfin acquérir une certaine performance au niveau de la dextérité. Elle correspond plus spécifiquement à l'ergothérapie lorsque c'est possible.

L'objectif est le maintien ou la restitution de la meilleure fonction possible (articulaire, trophique et musculo-tendineux). Avant toute rééducation sensitive, la surveillance de l'appareil musculo-squelettique est primordiale afin d'assurer un avenir fonctionnel de qualité au fur et à mesure de la récupération sensitive (19). Dès le début, il faut améliorer la trophicité et les troubles vasculaires, s'assurer que les déficits liés au déséquilibre musculo-tendineux en voie d'installation ou installés n'entraînent pas d'incuries orthopédiques, surveiller l'état cutané. En cas de déficits fonctionnels temporaires mais inévitables, des orthèses d'activités dites de suppléances, comme l'anneau de Zancolli dans la paralysie ulnaire ou une orthèse C barre dans la paralysie du nerf médian, sont mises en place. S'il y a des raideurs articulaires ou tendineuses débutantes une orthèse de correction sera proposée avec port nocturne.

Première période

Le stade S0 correspond à l'anesthésie. L'éducation à la prévention est fondamentale. Le patient est informé des risques de piqûres, coupures ou brûlures dans les zones insensibles et, aussi, de la lenteur de cicatrisation d'une plaie lorsqu'elle est située sur une zone hypoesthésique. La lutte contre l'exclusion, du doigt ou de la main lésée est aussi fondamentale. Malgré les maladresses gestuelles quotidiennes, il faut conserver une main « utile » après son traumatisme. Pour cela, il est parfois nécessaire de modifier certains gestes ; par exemple, les prises fines pouce-index impossibles vont être relayées par une prise interdigitale, d'adapter un manche d'outil par exemple grossir le manche d'une brosse à dent pour l'hygiène, etc., parfois de combiner les deux. Certains exercices simples peuvent être conseillés pour faire prendre conscience qu'il y a une absence de renseignements « tactiles, proprioceptifs » au niveau cortical. En fonction du site lésionnel, certains objets choisis sans risques, légers ou lourds, de volumes variés sont placés sur une table. Il est demandé de les déplacer d'un point A vers un point B en les regardant et en verbalisant chaque séquence de l'action exécutée. Par exemple, « Je prends avec ma main gauche déficitaire le livre qui est placé en face de moi et je le dépose sur la table à ma droite » ; ces exercices sont exécutés dans une pièce calme à la maison, sous contrôle visuel.

Le stade S1 correspond à l'acquisition de la sensibilité de protection. La protection thermique s'acquiert lentement, mais les troubles trophiques et vasculaires qui l'accompagnent sont souvent une source de gêne et de douleur d'intensité variable par rapport au froid. Il faut protéger la zone insensible par des matériaux apportant de la chaleur ou se munir par grand froid de chauffeuses que l'on peut se procurer dans les magasins de sport. Cette phase de protection atteinte, les fibres nerveuses à terminaisons libres ou nocicepteurs ont récupéré. La rééducation cutanée peut commencer.

Deuxième période

Le stade S2 correspond au traitement des sensations étranges ressenties par le patient, qui sont des hyperesthésies et des dysesthésies. L'objectif est la rééducation de la sensibilité douloureuse. Nous n'aborderons pas le cas de l'allodynie mécanique qui demande un autre traitement immédiat afin de ne pas laisser la douleur se chroniciser (2). Le traitement des hyperesthésies et des dysesthésies se doit de rendre supportables les perceptions désagréables et de pouvoir les reconnaître, les interpréter et les mémoriser par rapport au côté sain (19).

La désensitisation a pour but de diversifier, amplifier et multiplier les sensations. Ainsi, les informations trop nombreuses ne peuvent pas être identifiées et de ce fait l'hyperesthésie et les dysesthésies vont diminuer. Nous avons plusieurs moyens à proposer.

Le premier consiste à immerger la main blessée est dans une série de neuf bacs contenant des objets ou particules allant du plus doux – pompons en acrylique – au plus rugueux – disques avec des aspérités croissantes – et même du poids le plus léger au plus lourd avec un bac de billes pour terminer (figs. 8a et 8b). À la maison, cette stimulation peut être remplacée par l'utilisation de cuvettes contenant des lentilles, du riz, des pois chiches, du sable, etc. Et si, au départ, le désagrément est trop important, il est possible de commencer par saisir des objets dans de l'eau tiède. Ces exercices exécutés cinq à six fois par jour contribuent à « endormir » la zone critique.

Un second moyen propose des adaptations qui ont pour but d'éviter les frottements par des matériaux irritants qui réveillent les dysesthésies, et de les remplacer par ceux qui sont bien supportés.



Fig. 8 – A. Désensitisation : huit bacs de pompons, particules diverses, billes. B. Immersion de toute la zone hypersensible. La main pénètre, pétrit, se déplace et s'immerge dans chacun des bacs.

Ensuite, la TENS ou neurostimulation électrique transcutanée (*transcutaneous electrical nerve stimulation*) agit sur les fibres sensibles de gros diamètre et réduit la sensation douloureuse grâce au principe du « Gate Control System » de Melzac et Wall. Elle est très efficace lorsqu'elle est associée à la

désensitisation et son utilisation dans l'eau permet d'étendre le bénéfice de la stimulation non seulement à tout le territoire tronculaire concerné qui est immergé, mais aussi aux fibres nerveuses du système sympathique. Le traitement dure une demi-heure. À cette stimulation, peut s'ajouter un courant de très basse fréquence appliqué au niveau de l'émergence de la racine nerveuse le long du segment cervico-dorsal correspondant pour favoriser la libération des endorphines lors de douleur très importante (8).

Enfin, la vibrostimulation tend à rendre non douloureuse la perception des vibrations mécaniques sur la peau, en inhibant les récepteurs sensitifs concernés. Elle joue sur l'intensité, la fréquence et la durée des vibrations appliquées sur le territoire hyperesthésique tout en respectant le seuil douloureux à ne pas dépasser (20). Cette technique est appliquée avec un appareil comme le Vibralgic® (figs. 9a et 9b) qui permet un feedback grâce à l'affichage des différents paramètres. Cette vibrostimulation dure 10 à 20 minutes (21, 22).



Fig. 9 – A. Un type d'appareil de vibrostimulation mécanique. Ici un « Vibralgic® ». B. Utilisation du « Vibralgic® ». Application de la buse de l'appareil sur la zone hypersensible.

Une fois la disparition de l'hyperesthésie ou des dysesthésies acquise, apparaît le territoire hypoesthésique circonscrit par l'esthésiographie.

Quelques cas particuliers sont à relever car ils demandent des traitements spécifiques. Ainsi, les cicatrices à la phase inflammatoire sont souvent douloureuses, dysesthésiques surtout si elles se situent sur un pli de flexion ou sur un site d'utilisation fonctionnelle important. Dans ce cas, l'application pendant une dizaine d'heures de gel de silicone en nocturne assure un rôle nanti inflammatoire, protège et accélère le processus cicatriciel. Dans la journée, la rééducation de désensitisation est réalisée (8).

À l'inverse, une fois la phase de cicatrisation terminée, certaines adhérences peuvent rester dysesthésiques. Le patient n'arrive pas à masser sa cicatrice. Une sensation de piqûre témoigne de la compression d'un récepteur sensitif, une décharge électrique signe le lieu de la repousse nerveuse ou d'une compression, une douleur très violente peut faire penser à un névrome. Le kinésithérapeute, en fonction de son interrogatoire et des réactions à la palpation, met en évidence le type de douleur retrouvée. Il s'appuie sur toute la

variété des techniques à sa disposition comme le drainage (DLM), la cryothérapie, la vibration mécanique ou la physiothérapie avec les ultrasons pulsés dans l'eau, avant de réaliser un massage ou une mobilisation trop douloureuse ; le repos par les orthèses peut aussi être conseillé. Un névrome est souvent du ressort du traitement chirurgical.

Troisième période

Le stade S3 correspond au retour d'un début de discrimination dans le territoire hyposensible. L'objectif est la discrimination et des exercices sensitivo-moteurs.

La zone saine est recouverte de pansements afin d'isoler la partie à traiter. Les exercices de discrimination se réalisent d'abord en regardant, puis sans l'aide de la vue ; ils se composent d'informations tactiles communiquées une par une et comparées avec le côté sain pour être interprétées, mémorisées. Le nombre d'informations augmente en fonction des progrès. Chaque exercice est exécuté deux à trois fois par jour à raison de 10 minutes. Ce n'est qu'à partir de la mémorisation tactile qu'il y a une reprogrammation. L'aide d'une tierce personne est conseillée, autrement c'est l'autre main qui réalise les opérations.

Puis vient la discrimination des « sensations ». C'est le moment de la discrimination des aspérités. Nous agissons plus particulièrement sur les mécanorécepteurs à adaptation rapide (Meissner, Pacini). Pour les aspérités, le matériel doit parfois être fabriqué ou avoir recours aux jouets éducatifs des jeunes enfants (fig. 10a). Ils sont posés sur la zone hyposensible et le patient doit reconnaître les contours, angles, ou côtés des écrous qui sont ronds, carrés ou hexagonaux (fig. 10b).

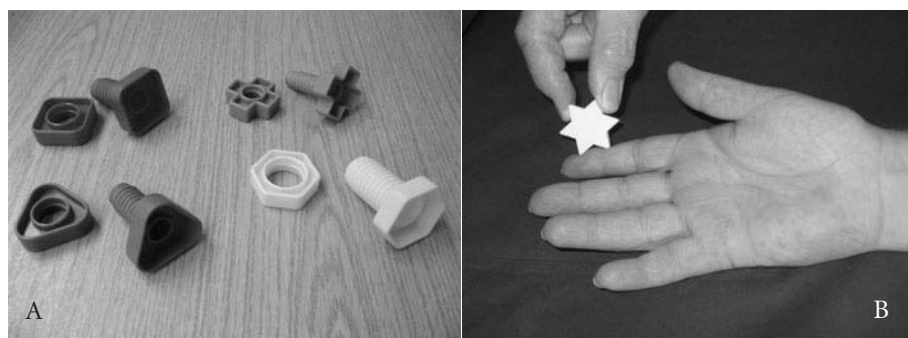


Fig. 10 – A. Objets de discrimination de « sensations ». **B.** Travail de différenciation des aspérités. Déplacement des objets sur leur tranche à l'intérieur de la zone hyposensible.

Différencier un point fixe ou « contact » d'un point mobile ou « tracé » est au départ une discrimination « grossière ». Nous agissons sur les mécanorécepteurs à adaptation lente (Merckel, Ruffini). Pour cela, le matériel nécessaire

se limite à un ou deux crayons de papiers munis d'une gomme à l'une de leurs extrémités (le 2^e est pour la tierce personne) (fig. 11a). La main est posée confortablement sur une table. La gomme du crayon est appliquée sans bouger en divers endroits de la partie hyposensible. Lorsque le patient verbalise qu'il a ressenti un contact, nous laissons le crayon sur place. Il vérifie si le site perçu est le bon et si la sensation reconnue correspond ou non à la sensation normale (fig. 11b). Progressivement, nous augmentons le nombre de points de contact. Ensuite, nous traçons soit un trait droit (fig. 11c), soit un trait courbe (fig. 11d) sur le site hyposensible toujours à l'aide de la gomme du crayon et le patient comme précédemment doit distinguer le trait droit, du trait courbe.

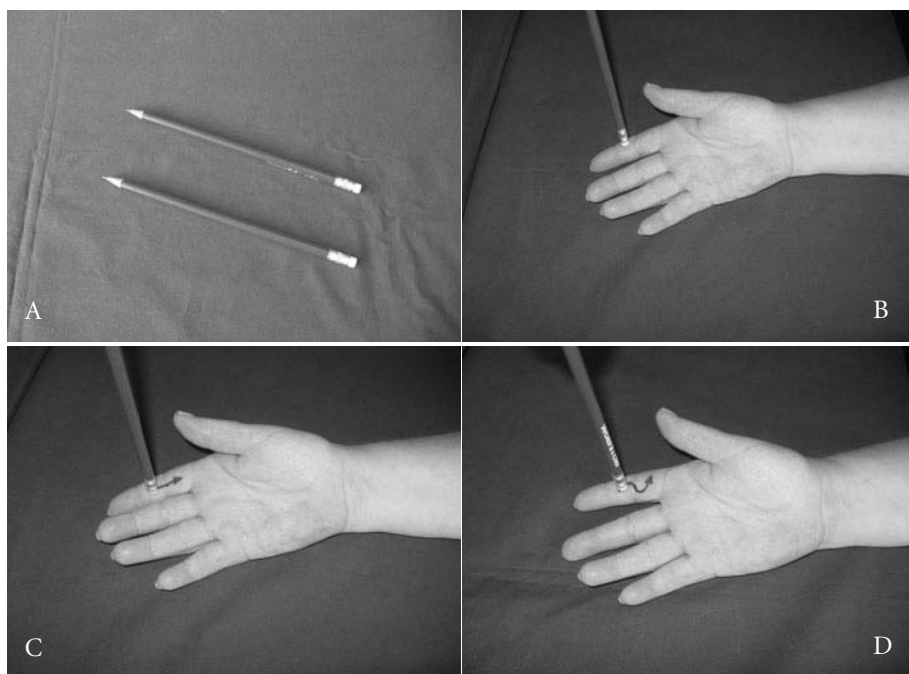


Fig. 11 – **A.** Crayons de papiers munis d'une gomme (extrémité mousse). **B.** Discrimination de points fixes à l'intérieur de la zone hyposensible. Contacts punctiformes avec la gomme. **C.** Discrimination de traits droits à l'intérieur de la zone hyposensible. Tracés avec la gomme du crayon. **D.** Discrimination de traits courbes à l'intérieur de la zone hyposensible. Tracés courbes avec la gomme du crayon.

La discrimination des textures associe la manipulation aux capacités sensitives. La rééducation agit sur tous les récepteurs cutanés mais aussi articulaires, musculaires. Un jeu de domino tactile peut être fabriqué. Les dominos sont recouverts de textures diverses et, ensuite ils sont réunis dans un sac (fig. 12a). Au départ de l'exercice il y en a deux, puis progressivement trois, puis quatre, etc. La main déficitaire touche, manipule un des dominos posés sur la table puis elle plonge dans le sac à la recherche du domino dont une des

surfaces lui paraît identique (fig. 12b). Elle le sort du sac pour le placer sur la table et comparer. Le sujet développe alors son sens tactile en manipulant, touchant, classant, triant les objets par leur texture. Il mémorise des perceptions nouvelles.

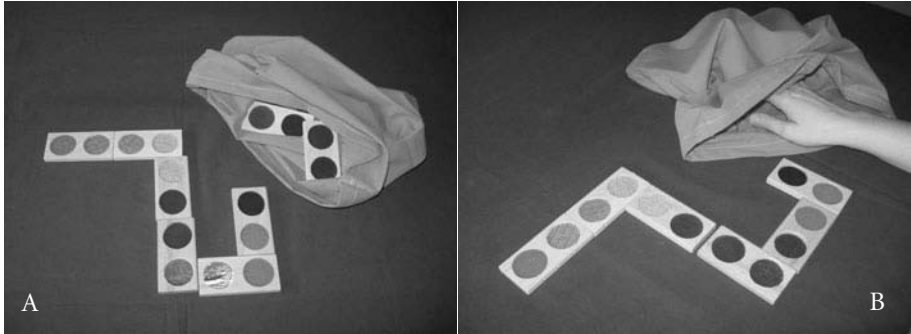


Fig. 12 – A. Jeu de dominos avec son sac. Discrimination des textures. **B.** Utilisation du jeu de dominos. La main recherche le domino dont une face est recouverte d’une texture identique à une de celles qui sont posées sur la table.

Viennent les exercices sensitivomoteurs avec l’aide de la vue. À ce stade de la discrimination, la préhension de petits objets devient plus efficace et pour ces exercices la vue est indispensable, l’apparition d’un début d’adresse se matérialise. Il faut multiplier les perceptions tactiles, proprioceptives et ajouter l’aspect fonctionnel de la main. Les exercices deviennent sensitivomoteurs. Dans un premier temps, alternons des exercices de relaxation et des exercices de préhension globale. La détente est favorisée par l’utilisation d’un tapis de billes dont la grosseur, le contact frais et l’aspect non piquant est relaxant. Le patient déplace sa paume sur les billes en les faisant rouler. Nous opposons à cette relaxation des exercices de préhension, en demandant au patient de saisir un maximum de billes. Cet exercice global est réalisé avec les muscles extrinsèques (figs. 13 et 13b).

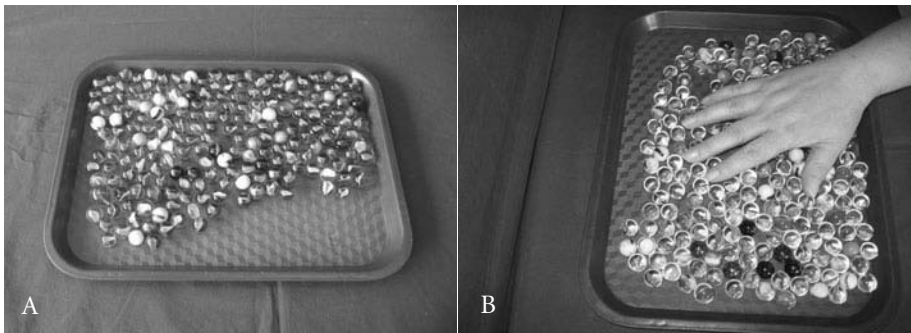


Fig. 13 – A. Tapis de billes en résine. **B.** Détente. La main ouverte se déplace sur les billes.



Fig. 13 – C. Action de préhension. La main ramasse le maximum de billes.

Puis alternons des exercices de préhension fine à la force de maintien d'un objet de plus en plus fin. L'emploi d'un jeu de Solitaire et d'une pince va mettre en action les muscles intrinsèques. Ce jeu se compose d'un socle et de pions de taille, poids et température identiques. Plus les pions sont fins, plus ils nécessitent une pince précise et bien contrôlée (fig. 14a). Les exercices demandent la participation de tous les doigts en extension (pouce opposé aux quatre doigts longs) grâce à la manipulation d'une pince en lame de ressort de résistance variable. Cette lame de ressort peut être doublée, triplée, elle peut aussi être plus ou moins longue (fig. 14b).

Enfin, l'utilisation de la main interne en complément ou opposé à la main externe permet d'acquérir un geste plus complexe, harmonieux. Tous les pions sont ramassés un par un par la « main externe » et stockés au fur et à mesure dans la « main interne », la deuxième phase de l'exercice consiste à faire ressortir ces pions un par un pour les reposer sur le support. Dans un premier temps, une pince pouce-index ramasse un pion, les troisième, quatrième et cinquième doigts s'unissent pour recueillir le pion et le maintenir en se refermant sur lui. Dans un second temps, ce même pion est dégagé par les troisième, quatrième et cinquième doigts, est rattrapé par le pouce, roulé jusqu'à la base de l'index et glissé vers la troisième phalange pour une prise pulpo-pulpaire pouce-index qui replace le pion sur le socle. La main est orientée comme pour une prise directionnelle (fig. 14c). Cette action, réalisée avec plusieurs pions qui ne doivent pas s'échapper de la main interne lorsque la main externe travaille, permet l'acquisition d'une gestuelle globale harmonieuse. À ce stade, les capacités de préhension fine et de coordination digitale sont encore tributaires des conditions d'exercices, il n'y a donc pas encore de vraie dextérité, c'est-à-dire d'adaptation de la gestuelle aux situations de la vie quotidienne. Une nouvelle évaluation sensitive et motrice confirmera l'acquisition du stade S3+.

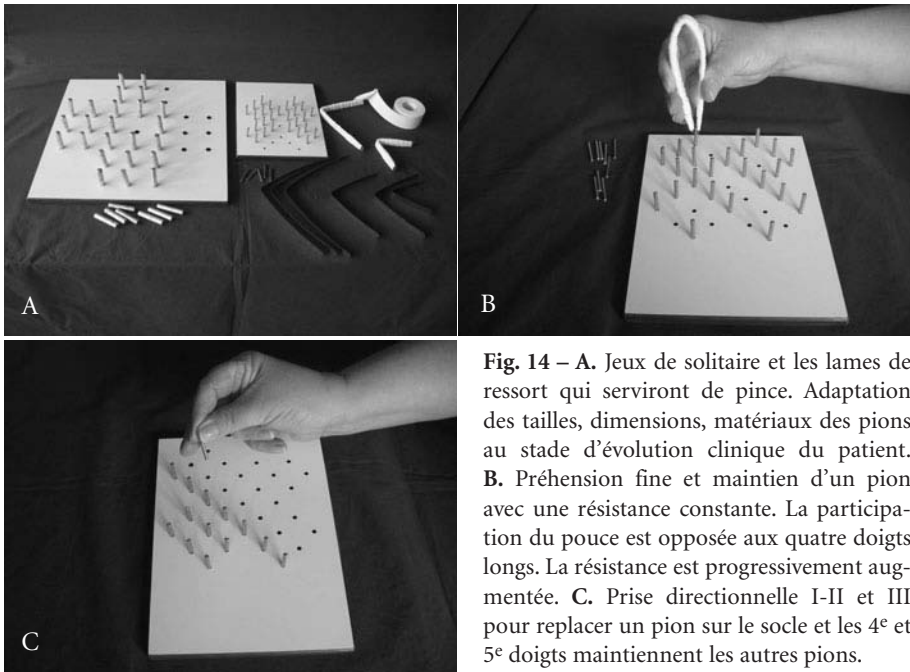


Fig. 14 – A. Jeux de solitaire et les lames de ressort qui serviront de pince. Adaptation des tailles, dimensions, matériaux des pions au stade d'évolution clinique du patient. B. Préhension fine et maintien d'un pion avec une résistance constante. La participation du pouce est opposée aux quatre doigts longs. La résistance est progressivement augmentée. C. Prise directionnelle I-II et III pour replacer un pion sur le socle et les 4^e et 5^e doigts maintiennent les autres pions.

Quatrième période

Les stades S3+ et S4 sont ceux de la stéréognosie, dextérité et performance. L'objectif est la reconnaissance des perceptions : objets, textures.

Le geste acquis doit être « perturbé » si nous voulons être assurés de la reprogrammation. Aussi, la prise d'objets très diversifiés en poids, formes, textures doit être proposée avec intervention de la vitesse, et l'obligation de ne jamais prendre à la suite deux objets identiques (figs. 15a et 15b).

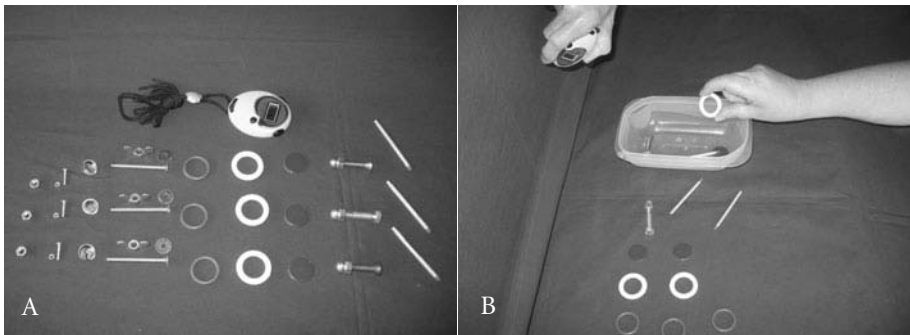


Fig. 15 – A. Objets divers en poids, forme, volume, matériau et un chronomètre. B. Obtention d'une dextérité utile. Le ramassage et le lâcher des objets en vue doivent être les plus rapides possibles.

Maintenant, le moment de reconnaître, nommer les objets avec leur fonction devient possible. Un jeu de loto avec des objets de même texture mais différents au niveau de la forme et du volume peut être procuré. Les pièces fabriquées dans le même bois ou en plastique peuvent être une bouteille, un dé à coudre, une baguette rectangulaire, un rond, etc. ; elles sont stockées dans un sac. La main atteinte plonge dans le sac à la recherche de la forme suggérée par une photo. La pièce qui paraît identique est récupérée, sortie du sac, posée sur la table et comparée avec l'originale.

Puis viennent la performance et la dextérité. La rééducation de la discrimination fine se poursuit en utilisant des textures, des objets avec des aspérités de moins en moins contrastées, etc., qu'il faut reconnaître, trier, classer enfin mémoriser sans l'aide de la vue.

La performance s'acquiert en élargissant le champ des stimulations et en sollicitant l'adresse, la vitesse, la précision, en un mot la dextérité. Les exercices de préhension fine (unguëale, pulpo-pulpaire) alternent et s'opposent aux préhensions globales (palmaire et digito-palmaire) et aux préhensions directionnelles. Ils sont chronométrés et prolongés dans la durée. À ce stade, les différents tests d'évaluations fonctionnelles sont copiés dans leurs principes ou la séance de rééducation devient un temps d'évaluation. La récupération d'une bonne sensibilité se traduit aussi par le contrôle et la maîtrise de la force musculaire.

Conclusion

Les évaluations sensibles pures ne nous dispensent pas d'évaluer la fonction motrice et les troubles annexes ou les dysfonctionnements qui traduisent l'état de récupération du patient à chaque bilan. Ainsi, les troubles trophiques et vasculaires occasionnent très longtemps des douleurs au froid, les troubles sympathiques se traduisent par une sécheresse de la peau et une absence de sudation, la perte de récepteurs pulpaire entraîne une dystrophie pulpaire et une pauvreté des dermatoglyphes digitaux. Par ailleurs, la force de préhension, impossible au départ, est un témoin du contrôle de l'effort musculaire demandé. Ainsi, l'évaluation sensitive n'est pas à dissocier de la rééducation, car toute évaluation est une rééducation en soi et permet l'éducation du patient. L'éducation, élément d'information fondamental, permet de rendre le patient acteur de sa rééducation. La participation active du patient est absolument nécessaire.

Références

1. Bell-Krotoski J (1991) Advances in sensibility evaluation. *Hand Clinics* 7: 527-46
2. Spicher C (2003) Manuel de rééducation sensitive du corps humain. Médecine et Hygiène, Fribourg

3. Dellon AL, Curtis RM, Edgerton MT (1974) Reeducation of sensation in the hand after nerve injury and repair. *Plast Reconstr Surg* 53: 297-305
4. Tubiana R, Thomine JM (1990) La main : anatomie fonctionnelle et examen clinique. Masson, Paris
5. Dellon AL (1984) Tinel or not Tinel. *J Hand Surg* 9A: 216
6. Spicher C, Kohut G, Miauton J (1999) At which stage of sensory recovery can a tingling sign be expected? *J Hand Therapy* 12: 298-308
7. Moberg E (1958) Objective methods for determining the functional value of sensibility in the hand. *J Bone Joint Surg* 40B: 454-76
8. Valemblois B, Blanchard M, Miteron B, Noël L (2006) Rééducation des troubles de la sensibilité de la main. EMC kinésithérapie-Médecine Physique-Réadaptation. Elsevier, Paris
9. Dellon AL, Munger BL (1983) Correlation of histology and sensibility after nerve repair. *J Hand Surg* 8A: 871-5
10. Roll JP (1994) Sensibilités cutanées et musculaires. In : *Traité de psychologie expérimentale*, Richelle, Requin, Robert (eds). PUF, Paris, p. 483-517
11. Comtet JJ (1987) La sensibilité : physiologie, examen, principes de rééducation de la sensation. *Ann Chir Main* 6: 230-8
12. Strauch B, Lang A, Ferder M *et al* (1997) The ten test. *Plast Reconstr Surg* 99: 1074-78
13. Dinh A (2002) L'évaluation de la sensibilité superficielle de la main. SOS Main, Clinique la Francilienne. Huitième journée d'Actualité en Rééducation de la Main et du Membre Supérieur. Marne-la-Vallée
14. Weber EH (1835) Ueber den tatsinn. *Archiv für Anatomie physiologie und wissenschaftliche medizin*. Medical Müller's Archives, Berlin, p. 152-9
15. Dellon AL (1978) The moving two-point discrimination test: clinical evaluation of the quickly adapting fiber/receptor system. *J Hand Surg* 3A: 474-81
16. Moberg E (1962) Criticism and study of methods for examining sensibility in the Hand. *Neurology* 12: 8-19
17. Allieu Y, Tchenio P (2008) Un document objectif d'évaluation de la sensibilité de la main. Intérêt de l'expertise médico-légale après lésions nerveuses périphériques. In : *Trucs et astuces en chirurgie orthopédique et traumatique*, Dubrana, Lefevre, Le Nen, Gunepin (eds). Sauramps, Montpellier, 5: 168-72
18. Alnot JY (1997) Lésions traumatiques des nerfs périphériques. *Cahiers d'enseignement de la SOFCOT*. Expansion Scientifique Française, Paris, vol. 64
19. André JM, Lustig D, Xénard J (1981) Les troubles de la sensibilité cutanée. Rééducation fonctionnelle. Masson, Paris
20. Pelissier J, Brun V, Simon L (1986) La rééducation proprioceptive. *Problèmes en Médecine de Rééducation*. Masson, Paris, vol 8
21. Romain M, Durand PA, Kizlik C, Allieu Y (1989) Question : Que peut-on attendre de la stimulation vibratoire transcutanée en rééducation. *Ann kiné* 7: 361-4
22. Romain M, Ginouves P, Durand PA, Riera G, Allieu Y (1989) La stimulation vibratoire transcutanée en algologie. *Ann Réadap Méd Phys* 32: 63-69

Plaies vasculaires

M. Schoofs et F. Leclère

Introduction

Les plaies vasculaires à la main constituent la moitié des lésions vasculaires périphériques. Beaucoup plus fréquentes qu'aux membres inférieurs, elles sont souvent associées à des lésions pluritissulaires. On distingue les plaies vasculaires nettes, par verre ou couteaux, et les plaies vasculaires contuses, plus difficiles à réparer. Dans tous les cas, il y a hémorragie et thrombose. En principe, l'hémorragie provoquée par une plaie vasculaire ou veineuse à la main est contrôlable par compression ou par garrot, et n'est donc pas fatale. Une hémostase simple peut être envisagée. Mais si une plaie artérielle entraîne une ischémie, la réparation vasculaire devient nécessaire. En raison de la petite taille des vaisseaux à la main et aux doigts, on utilisera la technique microchirurgicale. Les plaies veineuses sont à réparer également en cas d'amputation totale ou subtotale et chaque fois que le retour veineux est compromis. Le délai de revascularisation est de 6 heures, jusqu'à 8 heures pour les ischémies froides sous peine d'entraîner des altérations cellulaires irréversibles. Les indications sont étendues aux plaies artérielles associées à une lésion nerveuse pour améliorer le pronostic de récupération nerveuse. En outre, le souci de rétablir l'anatomie se justifie au titre de la préservation du capital vasculaire en cas de traumatismes ultérieurs.

Historique

D'après Dale (1), la première évocation technique de ligature des vaisseaux date de 1552 par Ambroise Paré. Le contrôle de l'hémorragie constituait déjà un progrès.

La réparation par suture à l'aide de fils a été décrite par Alexis Carrel (2) en 1902. À l'époque, les projets de transplantation d'organes et de membres mobilisaient la recherche chirurgicale. Les bases techniques de Carrel ont permis l'essor de la chirurgie vasculaire. Les pertes de substance vasculaires posaient déjà un problème. Dès 1894, Abbe (3) imaginait, dans le *New York Time Medical Journal*, une prothèse circulaire réalisée à partir de verres de montre insérée dans les vaisseaux et liés par des fils de soie. Le pontage veineux autologue est décrit en 1906 par Goyanes (4), puis par Lexer (5). Plus tard, Kulin, en 1959, expliquera la nécessité de retourner le greffon veineux pour adapter les valves au sens du flux vasculaire (6).

Le microscope entre dans les salles d'opération avec l'otologiste suédois Nylen en 1921 (7). En 1950, Peritt (8) montre l'intérêt du microscope bino-culaire dans la chirurgie ophtalmologique. En 1960, à New York, Jacobson et Suarez réparent des vaisseaux de 1 mm en utilisant un microscope et des instruments adaptés à la microchirurgie. La première réimplantation d'un pouce est faite par Tamai au Japon en 1965 (9). Depuis, on ne compte plus les réimplantations, les transplantations rendues possibles par la réparation vasculaire. Le chirurgien dispose aujourd'hui du matériel performant pour réaliser les sutures vasculaires.

Rappels anatomiques et physiologie

Rappel anatomique (figs. 1 à 4)

L'arcade palmaire superficielle est constituée par les branches palmaires superficielles des artères radiale et cubitale. Elle est située au-dessus du plan nerveux et du plan des tendons fléchisseurs et traverse la paume de la main en passant à un demi-centimètre environ du pli palmaire. Vingt pour cent des individus ont une arcade palmaire superficielle incomplète. Les anastomoses entre les artères ulnaires et radiales sont fonctionnelles chez 90 % des individus et l'ischémie aiguë après lacération ulnaire ou radiale est rare. Les artères métacarpiennes issues de cette arcade se dirigent parallèlement aux muscles lombricaux vers les commissures interdigitales. Les artères digitales cubitales et radiales de chacun des rayons s'anastomosent entre elles au niveau de la pulpe et des articulations interphalangiennes, mais aussi avec les artères digitales dorsales par deux branches dorsales. Au niveau des artères digitales, il existe, pour chacun des rayons, un pédicule dominant de plus gros diamètre par rapport à celui du pédicule du versant opposé dit mineur. L'axe digital mineur est situé du côté radial, à l'index et au majeur, et du côté ulnaire pour l'annulaire et l'auriculaire. L'artère palmaire du pouce naît de l'artère radiale et suit la face profonde de l'adducteur du pouce. Au niveau de la première phalange du pouce, elle est à la face profonde du tendon du long fléchisseur et se divise en deux branches pour chacun des deux côtés du pouce. La collatérale radiale naît de l'artère radiale ou de l'artère palmaire du pouce et descend entre le chef transverse de l'adducteur du pouce et le premier inter-osseux dorsal. L'arcade palmaire profonde constituée par l'anastomose de l'artère radiale avec la branche cubito-palmaire de l'artère cubitale est située sous le chef transverse de l'adducteur de pouce. Elle est située à mi-distance entre le ligament transverse du carpe et l'arcade palmaire superficielle. Ses branches ascendantes, descendantes et postérieures s'anastomosent respectivement avec l'arcade antérieure du carpe, les artères digitales et les artères métacarpiennes dorsales.

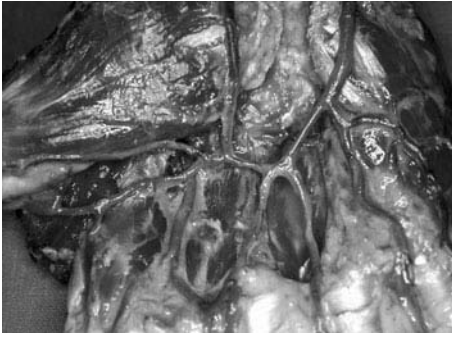


Fig. 1 – Vue anatomique d’une arcade palmaire superficielle avec anastomose radiocutibale (E. Lebreton, Nice).



Fig. 2 – Vue anatomique d’une arcade palmaire superficielle sans anastomose (E. Lebreton, Nice).



Fig. 3 – Vue anatomique des artères collatérales d’un doigt (E. Lebreton, Nice).

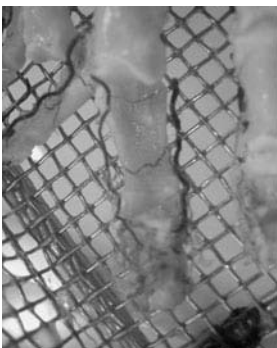


Fig. 4 – Vue anatomique des anastomoses des artères digitales (E. Lebreton, Nice).

Rappel physiologique

Les artères sont de type musculaire contenant trois couches. L'intima est mince et comporte un endothélium reposant sur sa membrane basale en contact direct avec la limitante élastique interne. La média est épaisse et constituée essentiellement de cellules musculaires lisses à disposition circulaire, enrobées dans quelques fibres collagènes et élastiques. L'adventice est constitué de faisceaux de fibres de collagène et élastiques orientées longitudinalement. La nutrition de la paroi artérielle est assurée par les vasa vasorum de l'adventice et par le sang circulant dans le vaisseau principal qui assure à lui seul la nutrition de la paroi des petites artères. Les vasa vasorum sont originaires de petites artères du tissu périadventiciel ou des branches collatérales dérivant du vaisseau à irriguer. Ils se ramifient en un réseau superficiel à maille large et un réseau plus profond, à mailles serrées et proche de la média. Les vasa vasorum se distribuent à l'adventice et aux deux tiers externes de la média. Le tiers interne de la média et l'intima sont nourris par imbibition et on comprend tout l'intérêt de réaliser des microsutures atraumatiques. Lorsque la paroi artérielle s'épaissit en cas de réaction inflammatoire, ou lorsque les vasa vasorum sont altérés, la nutrition de la partie médiane est compromise et cette dernière risque la nécrose. Les fibres nerveuses destinées à la paroi, appelées nervi vasorum, sont motrices végétatives. Elles contrôlent le calibre de l'artère et se terminent à la jonction média-adventice. Une plaie vasculaire entraîne en effet une sympathectomie, une vasodilatation en aval du vaisseau reconstruit. La paroi veineuse comporte les mêmes éléments cellulaires et les mêmes tuniques que la paroi artérielle, cependant, les différences quantitatives sont importantes et directement en accord avec les conditions de l'hémodynamique veineuse. En particulier, au niveau veineux, il n'existe pas de limitante élastique interne, la média est relativement réduite et l'adventice, couche prépondérante est mal délimitée vers l'extérieur. Leur dissection et leur microsuture restent très délicates de par la finesse de la paroi.

Techniques de réparation microchirurgicale

Micro-anastomoses artérielles et veineuses par technique conventionnelle

Il est en général possible d'intervenir sous garrot pneumatique placé au bras. Après repérage de l'axe vasculaire lésé, on pratiquera une dissection atraumatique des extrémités à suturer après lavage au sérum physiologique. On effectue un clampage des extrémités vasculaires à l'aide d'un clan double ou de deux clamps simples suivant l'expérience propre. Une résection de la partie traumatisée des vaisseaux puis une nouvelle irrigation de la lumière par du sérum physiologique sont effectuées. L'adventice est refoulé afin de limiter le risque de thrombose par une interposition dans la suture.

Dans la technique conventionnelle, trois types de suture sont possibles : les sutures à points séparés, les sutures en surjet et la suture termino-terminale dite par intubation.

Dans les sutures à points séparés, on distingue la technique de bi-angulation et la technique de triangulation. Dans la première, deux points de suture sont placés diamétralement opposés, puis suivant son habitude, on réalise la suture de la paroi postérieure puis antérieure après retournement du clamp ou l'inverse (figs. 5 à 7).



Figs. 5 à 7 – Vues opératoires d'une micro-anastomose vasculaire à l'aide d'un clamp double d'Acland.

Pour la microsuture des parois, les points sont placés équidistants les uns des autres. Dans la technique de triangulation, trois points sont placés à 120°, puis chacune des trois parties suturées de même par des points équidistants. La suture classique passe le fil en pleine épaisseur de la paroi, à une distance de la tranche de section équivalent à environ une fois et demie l'épaisseur de la paroi.

Les sutures en surjet ou demi-surjet sont utilisés, mais nécessitent une technique parfaite pour suturer les vaisseaux plus larges.

Enfin, la suture termino-terminale par intubation est réalisée exceptionnellement par intubation de l'extrémité proximale dans le vaisseau distal et la suture est effectuée par des points en U noués à l'extérieur du vaisseau distal.

Autres méthodes

En 2001, Germain (10) réalise une méta-analyse à propos de la microchirurgie vasculaire et de l'essor des transplants libres. Dans cet article, il souligne le taux d'échec de 6,6 % pour une revue de 9 503 cas issus de la littérature internationale. Ces statistiques étaient réalisées à partir des séries de microchirurgiens se situant à un niveau d'expert sur la courbe d'apprentissage. Pour réduire ce taux d'échec, simplifier la procédure et réduire le temps d'anastomose, certains artifices ont été tentés. La suture à la colle biologique apparaissait révolutionnaire mais le passage de colle dans la lumière endo-

vasculaire est à l'origine d'une thrombose immédiate et l'absence de toxicité systémique et de risque de contamination n'a jamais été démontrée (11, 12).

La suture à l'aide d'anneaux développée initialement par Payr (13) a connu de nombreuses améliorations. Le système Unilink® résultant de cette évolution est aujourd'hui commercialisé et testé dans de nombreux centres (3M Compagny, St-Paul, Minnesota, États-Unis).

Les micro-agraves non transfixiantes semblent encore séduisantes (fig. 8). Les intima sont parfaitement affrontés et la cicatrisation est excellente (14). Le matériel est coûteux.

Depuis les années 1979, les micro-anastomoses assistées par laser n'ont cessé de se développer utilisant de nombreuses longueurs d'onde incluant le laser CO₂ (16, 17), le laser YAG (17-19), le laser ARGON (20, 21) et les lasers diodes (22). De nombreuses études sur l'animal ont permis de souligner les avantages de la technique laser : l'anastomose est réalisée plus rapidement, la suture est pratiquement imperméable et aucun saignement n'est observé après lâchage des clamps, enfin la réaction inflammatoire est quasi inexistante, limitant le risque opératoire de thrombose. Cette technique largement testée sur l'animal a été récemment appliquée sur une cohorte de 27 patients avec succès (23) et devrait connaître un développement dans les prochaines années.



Fig. 8 – Vue opératoire d'anastomoses vasculaires artérielle et veineuse, points séparés 9/0.

Pontages

En cas de perte de substance vasculaire importante, la réparation vasculaire nécessite un pontage veineux. Une veine superficielle de la face palmaire de l'avant-bras est le plus souvent utilisée mais, au niveau de la partie distale des artères radiales et ulnaires, certains comme Dalman (24), recommandent d'utiliser une veine saphène prise au dos du pied pour minimiser toute différence de diamètre entre artère et veine. D'autres, comme Smith *et al.* (25), choisissent préférentiellement l'artère épigastrique pour reconstruire l'axe lésé. Dans notre expérience, les deux solutions sont identiques à partir du

moment où certaines précautions sont prises. Il faudra toujours réséquer les parties endommagées de l'artère à réparer et réaliser une adventicectomie de qualité pour éviter tout risque de thrombose. La dissection du greffon veineux comprend l'hémostase soignée de toutes les veinules transversales par ligatures ou mini-clips. Le greffon est ensuite perfusé au sérum pour contrôler son étanchéité. Une fois retourné à 180°, il est ajusté à la longueur de la perte de substance. Une longueur adéquate évite tout phénomène de tension et d'angulation, responsables tous deux de thrombose. La double suture termino-terminale doit tenir compte de l'incongruence des calibres. En cas de perte de substance cutanée associée, l'usage d'une greffe de peau totale avec segment veineux inclus ou de lambeau pontage se révèle très élégant et efficace pour combiner une réparation vasculaire et la couverture cutanée dans le même temps opératoire (figs. 9 à 11).



Fig. 9 – Vue opératoire d'une anastomose en cours de réalisation par agrafes 3 M®.



Fig. 10 – Lésion palmaire de la première phalange du 4^e rayon gauche avec section des fléchisseurs et dévascularisation.



Fig. 11 – Après réparation des fléchisseurs et des nerfs collatéraux, reconstruction de la perte de substance cutanée par greffe de peau totale incluant une veine du poignet pour pontage vasculaire artériel.



Fig. 12 – Aspect à 8 jours de la greffe de peau totale et du doigt revascularisé.



Fig. 13 – Aspect à 3 mois.

Prothèses vasculaires

La difficulté de fabrication, le coût, l'incertitude sur la persistance du flux sanguin ont fortement limité leur usage en chirurgie vasculaire de la main.

Traitements associés

Traitement de la douleur

En postopératoire, la douleur ne doit pas être négligée. Un traitement systématique par le paracétamol et ses dérivés permet de réduire les douleurs lors de la mobilisation et d'éviter une évolution chronique de celles-ci ainsi que la survenue d'algodystrophies. Si ce traitement s'avère inefficace, des antalgiques plus puissants seront utilisés.

Pansement et immobilisation

L'immobilisation présente un rôle antalgique, mais aussi stabilisateur, en cas de lésions tendineuses ou osseuses associées. Le pansement et l'attelle doivent immobiliser uniquement le segment lésé, laisser libres les articulations sus- et

sous-jacentes. La position habituelle d'immobilisation est dite « intrinsèque plus » avec le poignet en extension de 20°, les articulations métacarpo-phalangiennes fléchies à 50° et les interphalangiennes proximales et distales fléchies respectivement à 30° et 10°.

Anticoagulothérapie

Il n'existe aucune preuve de l'efficacité d'une molécule pour éviter une thrombose après microchirurgie vasculaire. Le chirurgien ne doit pas compter sur un anticoagulant quelconque pour pallier une insuffisance technique.

Dans notre pratique, un traitement par aspirine à faible dose est prescrit pour une durée de 15 jours. La prévention de la thrombose veineuse n'est nécessaire qu'en cas de lésions corporelles associées nécessitant un alitement ou sur un terrain prédisposé.

Traitement de l'œdème

Le traitement de l'œdème est mixte per- et postopératoire. Pendant l'intervention, les microsutures veineuses doivent être réalisées en nombre suffisant si possible. En postopératoire, la position surélevée, les manœuvres de pompage et les mobilisations actives et passives des doigts réduisent l'œdème. Les massages de type drainage lymphatique, les bains écossais, la cryothérapie, la pressothérapie et un traitement médical de type buflomédil peuvent être nécessaires.

Conclusion

L'exploration méthodique de toutes les plaies de la main inclut une dissection atraumatique des structures vasculaires. Les progrès de la microchirurgie permettent actuellement d'anastomoser les structures vasculaires lésées par la technique conventionnelle par fils. D'autres techniques se développent actuellement. En cas de perte de substance vasculaire, un pontage veineux peut fournir une aide précieuse.

Références

1. Pare A, In Dale WA (1974) The beginning of vascular surgery. Surg 76: 849-66
2. Carrel A (1902) La technique opératoire des anastomoses vasculaires et la transplantation des viscères. Lyon Méd 98: 859
3. Abbe R (1894) The surgery of the hand. NY Med 59: 33
4. Goyanes J (1906) Neuvos trabajos de chirurgia vascular. El Siglo Med 53: 556-61
5. Lexer E (1907) die ideale operation des arteriellen and arteriovenosen aneurysma. Arch Klein Chir 83: 459-77

6. Kunlin J (1949) Le traitement de l'artérite oblitérante par la greffe veineuse. Arch Mal Cœur 42: 371
7. Nylen C (1924) An oto Microscope. Acta otolaryng 6: 414
8. Peritt RA (1950) Recent advances in corneal surgery. Amer Acad Ophtal Otol, Course 228
9. Tamai S (1993) History of microsurgery-from the beginning until the end of the 1970s. Microsurg 14: 6-13
10. Germain MA, Legagneux J (2001) Vascular microsurgery and progress of free flap surgery. Ann Chir 126: 960-8
11. Berguer R, Staerckel RL, Moore EE *et al.* (1991) Warning: Fatal reaction to the use of fibrin glue in deep hepatic wounds. Case reports. J Trauma 31: 408-11
12. Misuhata H, Horiguchi Y, Saitoh J *et al.* (1994) An anaphylactic reaction to topical fibrin glue. Anesthesiology 81: 1074-7
13. Payr E (1900) Beiträge zur Technik der Blutgefäß und Nervennaht nebst Mitteilungen über die Verwendung eines resorbierbaren Metalles in der Chirurgie. Arch Klin Chir 62: 67-93
14. Nataf P, Kirsch W, Hill AC *et al.* (1997) Nonpenetrating clips for coronary anastomosis. Ann Thorc Surg 63: S135-7
15. Vale BH, Frenkel A, Trenka-Benthin S *et al.* (1986) Microsurgical anastomosis of rat carotid arteries with the CO2 laser. Plast Reconstr Surg 77: 759-66
16. Jain KK, Gorisch W (1979) Repair of small blood vessels with the Neodymium-Yag laser: a preliminary report. Surgery 85: 624-8
17. Badeau AF, Lee CE, Morris JR *et al.* (1986) Temperature response during microvascular anastomosis using milliwatt CO2 laser. Laser Surg Med 6: 1-9
18. Jain KK (1983) Suturless end-to-end microvascular anastomosis using Neodymium-Yag laser. Vascular Surgery 240-3
19. Ulrich F, Schober R (1988) Long term investigation of laser-assisted microvascular anastomoses with the 1.318 mm NdYag laser. Lasers Surg Med 8: 104-7
20. Godlewski C, Pradal P, Rouy S *et al.* (1986) Microvascular carotid end-to-end anastomoses with the argon laser. World J Surg 10: 829-33
21. Kuroyanagi Y, Tagachi M, Yano T *et al.* (1991) Argon laser-assisted anastomosis in medium-size vessels: one-year follow-up. Laser Surg Med 11: 223-1
22. Mordon S, Martinot V, Mitchell V *et al.* (1995) End to end anastomoses with a 1.9 mm Diode Laser. J Clinical Laser Med Surg 13: 357-61
23. Leclère FMP, Schoofs M, Buys B *et al.* (in review) Outcomes after 1.9 mm diode laser assisted anastomoses in reconstructive microsurgery: Results in 27 patients.
24. Dalman RL (1997) Upper extremity arterial bypass distal to the wrist. Ann Vasc Surg 11: 550-5
25. Smith HE, Dirks M, Patterson RB *et al.* (2004) Hypothenar hammer syndrome: distal ulnar artery reconstruction with autologous inferior epigastric artery. J Vasc Surg 40: 1238-42

Lésions multi-tissulaires des parties molles de la main

I. Auquit-Auckbur et R. Beccari

Introduction

Les traumatismes multi-tissulaires font partie des enjeux les plus importants en traumatologie de la main. Causés par des accidents de la route, des outils professionnels (toupie, dégauchisseuses, rabots, presses, pistolets à injection) ou au cours de la vie quotidienne, ils requièrent une prise en charge par un spécialiste en chirurgie de la main dans les plus brefs délais (fig. 1). Les choix thérapeutiques initiaux conditionnent la qualité du résultat fonctionnel, et l'impact socio-économique de ces traumatismes (1).

Nous traiterons donc essentiellement de stratégie dans ce chapitre. Les techniques de reconstruction des différents tissus constituant les parties molles sont abordées dans d'autres chapitres. Nous n'envisagerons pas les pertes de substance osseuses qui font l'objet d'un autre ouvrage de la même collection, de même que les replantations digitales. Il convient malgré tout de signaler que les pertes de substance des parties molles sont souvent associées à des lésions ou pertes de substances ostéo-articulaires.



Fig. 1 – Traumatisme de la face dorsale de main par machine agricole.

Principes

Le cahier des charges d'une reconstruction pluri-tissulaire de la main est assez complet (2) : restaurer la sensibilité des zones palmaires, apporter des téguements souples à la face dorsale, permettre une mobilisation la plus précoce possible, assurer une esthétique du membre en rapport avec son rôle social.

Ces éléments sont les fils conducteurs du chirurgien qui va devoir confronter ces objectifs aux lésions constatées, en y apportant les solutions techniques microchirurgicales, plastiques, et reconstructrices, que son expérience lui permet d'élaborer et de hiérarchiser.

Prise en charge chronologique

Dans un souci pratique, nous avons choisi de décrire le déroulement des événements tel qu'il se produit dans la réalité. Cette disposition permet au lecteur de s'appuyer sur une planification chronologique qu'il peut utiliser comme une « check list » à chaque temps de la prise en charge. Les spécificités liées aux lésions par écrasement, brûlure, et injections sous pression seront abordées.

Dans la salle d'accueil des urgences

L'examen du patient aux urgences est le premier temps capital de cette prise en charge. Il ne va pas seulement permettre de faire l'examen clinique et un premier bilan des lésions, mais d'évaluer le terrain, d'appréhender les problèmes de reconstruction, d'envisager les différentes possibilités thérapeutiques, et d'en tenir informé le patient.

Il débute par l'interrogatoire qui, outre les éléments habituels, doit renseigner le côté dominant, les circonstances et le mécanisme du traumatisme, l'heure de survenue, les antécédents médicaux et traitement habituel (anti-coagulants ?), la profession, l'habitus (tabac ?), les loisirs ou activités spécifiques extra-professionnelles.

L'examen clinique, après la recherche de lésions associées, va évaluer l'état de la vascularisation, la sensibilité, l'examen des tendons, l'état cutané. Ce premier temps sera complété par une imagerie si nécessaire.

Dès cet examen initial, le chirurgien de la main évalue les lésions, et imagine les possibilités de reconstruction, pour pouvoir établir une stratégie thérapeutique.

Le patient est ensuite informé de ces choix et des contraintes postopératoires ainsi que des différents temps chirurgicaux. Il est fréquent que, du fait du stress, il n'intègre pas l'ensemble des informations. Il doit comprendre des messages clairs comme le risque d'échec de revascularisation, le recours à des gestes secondaires ou le risque de main en nourrice au réveil.

Cette information initiale est capitale car elle permet d'expliquer les limites et les contraintes de la reconstruction. En outre, elle rassure le blessé quant à la prise en charge par une équipe spécialisée, et établit un climat de confiance indispensable à l'acceptation des suites et séquelles éventuelles.

L'organisation du geste opératoire est le temps suivant.

La concertation avec le médecin anesthésiste précise le degré d'urgence et la durée de l'intervention, l'installation et les sites opératoires, l'intérêt d'une vasoplogie, d'une antibiothérapie ou d'une anticoagulation.

Le dialogue avec l'infirmier de bloc opératoire permet d'envisager l'installation du patient, la prévention des points d'appui et le sondage urinaire si la durée opératoire est longue, le matériel nécessaire et les temps microchirurgicaux.

Cependant, contrairement à la chirurgie conventionnelle, cette stratégie n'est pas figée et doit être révisée à l'issue du premier temps opératoire que constitue le parage.

Au bloc opératoire

Le parage doit être carcinologique et ne pas tenir compte des problèmes de reconstruction qu'il va engendrer. Il est mené sous loupe et, dans un premier temps, sous garrot. Il épargne soigneusement les nerfs et vaisseaux encore continus même si ceux-ci sont contus.

Lorsqu'un lavage à l'eau oxygénée ou bétadinée est nécessaire, il doit être complété d'un rinçage au sérum physiologique pour éviter l'effet toxique des antiseptiques.

La levée du garrot permet de visualiser avec plus de précision les zones de vascularisation précaire, qui sont, alors, parées. Un parage insuffisant risque de compromettre les suites postopératoires en faisant le lit de l'infection.

Si ce premier temps ne permet pas d'avoir une certitude sur la vitalité des tissus, il faut envisager un « second look » à 24 ou 48 heures. La reconstruction cutanée est alors différée.

Le bilan des lésions après parage permet d'affiner la stratégie thérapeutique. La reconstruction des parties molles suit la chronologie suivante : tendons, artères, veines, nerfs et peau.

Le traitement des lésions tendineuses a pour but d'obtenir une réparation fiable qui permettent une mobilisation précoce (3). Les extrémités tendineuses sont parées sous loupe. Des abords spécifiques complémentaires sont effectués pour retrouver les extrémités rétractées. En ce cas, il ne faut léser ni les vinculae, ni les extrémités tendineuses par l'utilisation intempestive de pinces, mais tracter les tendons par des fils placés aux extrémités.

La suture est réalisée par un double point en cadre de Kessler modifié utilisant un Prolène® ou un PDS 3/0, complété par un surjet épitendineux au Prolène® 5/0 (3). Cette technique permet de diminuer les contraintes mécaniques dans le canal digital et procure des conditions favorables à une mobilisation active précoce (4).

Les poulies sont reconstruites (A2 et A4) en utilisant si besoin les tendons d'un doigt banque, le long palmaire, ou une partie du rétinaculum des extenseurs (5). S'il s'agit d'une désinsertion distale du FCP, on effectue une réinsertion avec une ancre intra-osseuse. En cas de délabrement tendineux

important ou perte de substance, ne permettant pas de réaliser une suture termino-terminale, plusieurs solutions peuvent être envisagées en fonction de la zone atteinte.

En zone 1, le bénéfice d'une arthrodèse ou ténodèse de l'IPD doit être évaluée par rapport à une reconstruction du fléchisseur commun profond en un ou deux temps. Les éléments recueillis auprès du patient en préopératoire guident ce choix, de même que le bilan des lésions connexes.

En zone 2, si une greffe en un temps peut être envisagée, on lui préfère une greffe en deux temps. On place une tige en silicone dans le canal digital et on y associe une ténodèse des fléchisseurs profonds et superficiels selon la technique de Paneva-Holevitch (6). Le second temps est réalisé 4 à 6 semaines plus tard.

En zone 3, les lésions des tendons fléchisseurs s'accompagnent souvent de lésions nerveuses et vasculaires : il faudra donc privilégier une reconstruction en un temps pour ne pas ré-aborder d'éventuels pontages et greffes nerveuses.

En zone 4, il est exceptionnel que des pertes de substances tendineuses soient isolées du fait de la protection des tendons au creux de l'arche carpienne. Si elles existent, des ténodèses seront préférentiellement réalisées.

Enfin, il faut citer les greffes composites qui permettent d'assurer en un temps une reconstruction pluritissulaire (7).

Concernant les extenseurs, la reconstruction est moins exigeante à la face dorsale de la main, qui est cependant la plus souvent exposée à ces traumatismes. Aux doigts, elle dépend de la zone atteinte et de l'étendue des lésions (8).

En aval de la MCP, la suture ou la reconstruction sont protégées par une arthrorise.

En zone VI et VII de Verdan, l'existence de juncturae entre les tendons extenseurs communs permet, en cas de perte de substance peu importante, une récupération partielle ou totale de la fonction sans nécessité d'une reconstruction. Si les pertes de substances tendineuses sont importantes et intéressent plusieurs rayons, il faut envisager une reconstruction en un temps par ténodèse sur un tendon sain adjacent, ou par transfert tendineux utilisant un extenseur propre sur un extenseur commun avulsé (figs. 2 et 3). Parfois



Fig. 2 – Avulsion cutanée et des tendons extenseurs.



Fig. 3 – Reconstruction des tendons extenseurs par suture et ténodèses. Couverture par lambeau interosseux postérieur.

deux temps sont nécessaires : le premier consistant, grâce à l'utilisation de tige de silicone à préparer le lit d'une greffe tendineuse réalisée lors du second temps. L'utilisation d'un lambeau composite est parfois possible (7, 9).

Le traitement des lésions vasculaires est l'étape suivante. Si les tissus présentent des signes de dévascularisation, c'est par ce temps qu'il faut débiter.

Le temps d'exploration des artères et nerfs débute sous microscope. Les zones contuses mais non thrombosées des artères continues sont laissées en place. On réalise le parage en zone saine des extrémités sectionnées, puis l'adventicectomy périphérique de la zone d'anastomose, et enfin le lavage distal et proximal au sérum hépariné.

Si la tension n'est pas excessive, on réalise une suture termino-terminale au fil non résorbable 9/0 ou 10/0. En cas de perte de substance, une suture croisée avec une artère adjacente peut être tentée. Si cette solution n'est pas réalisable, on choisit le pontage veineux inversé dont la longueur et le calibre doivent être adaptés. L'opérateur précise dans le compte rendu opératoire à quel délai la revascularisation est effective. Enfin, il faut citer également les lambeaux composites artérialisés qui permettent d'assurer la couverture cutanée au dessus du pontage (10).

Pour toute artère suturée, deux veines par doigt sont remises en continuité. La suture des veines par points séparés sera préférée aux hémi-sujets, plus sténosants. Là encore, il faut penser aux lambeaux porte-veine qui assurent à la fois le retour veineux et la couverture cutanée. Enfin, il faut savoir préserver toute continuité cutanée en particulier dorsale, qui peut contenir des veines et faciliter la reconstruction.

Il n'y a pas de consensus sur le protocole antithrombotique après suture vasculaire microchirurgicale. Certaines équipes utilisent une héparinothérapie, d'autres prescrivent des anti-aggrégants plaquettaires, ou des héparines de bas poids moléculaire (HBPM). Certains ne prescrivent aucune thérapeutique adjuvante. On peut choisir retenir le schéma suivant : une héparinothérapie à la seringue électrique en débutant par une dose de charge à 50 UI/kg, puis par 20UI/kg/h et adaptation en fonction du TCA entre 1,5 et 2 fois le

témoin. À 5 jours, le relais est effectué par antithrombotiques (Kardégic® 160 mg) pour une durée de 2 mois.

Le traitement des lésions nerveuses termine le temps microchirurgical et précède la couverture cutanée. La reconstruction dépend de la zone atteinte et de la longueur de la perte de substance nerveuse éventuelle. Si celle-ci est très distale, on opte pour la reconstruction pulpaire par lambeau sensible. En cas de perte de substance d'un nerf collatéral, on aura recours à une greffe en un temps. Il faudra avoir, au préalable, pris soins de placer le garrot à la racine du bras pour exposer les différents sites de prélèvement. Pour certains, la reconstruction par interposition d'un greffon veineux ou chambre de repousse peut être envisagée, de même qu'une suture termino-latérale (11). Si les risques infectieux sont importants, l'approximation simple des extrémités nerveuses est réalisée par un fil microchirurgical qui permettra de préparer la reconstruction secondaire.

La couverture cutanée est le dernier temps de cette reconstruction. Effectuée, en règle, en urgence, elle peut être parfois différée de 24 à 48 h si les solutions plastiques les plus indiquées ne peuvent être appliquées. L'indication dépend de la zone et de la surface à couvrir, ainsi que des solutions techniques maîtrisées par le chirurgien. Le cahier des charges de cette reconstruction cutanée est le suivant : i) autoriser une mobilisation précoce, ii) restaurer la sensibilité des téguments en face palmaire, iii) assurer la souplesse des téguments en face dorsale, iv) être cosmétiquement optimale. La cicatrisation dirigée est indiquée lorsque les tissus exposés sont correctement vascularisés et si la surface est limitée. Elle est très rarement admise au niveau digital sur une surface $> 1 \text{ cm}^2$ (sauf à l'extrémité pulpaire), du fait de risque de brides rétractiles.

Pour une surface supérieure à 2 ou 3 cm^2 , une greffe de peau totale est préférée à la paume, et une greffe de peau mince à la face dorsale. Elle est toujours posée sur un sous-sol vascularisé et maintenue en place par un pansement gras appliqué pendant quelques jours, de type « Bourdonnet ». Depuis peu, lorsque les pertes de substance sont étendues, à la face dorsale de la main ou des doigts, un substitut dermique permet d'éviter la rétraction et de diminuer les séquelles fonctionnelles.

La couverture par lambeau sera nécessaire en cas d'exposition d'éléments nobles. On privilégiera toujours la solution la plus fiable et dont les téguments sont les plus adaptés à la zone à reconstruire. On choisira d'abord les plasties locales puis les solutions régionales (figs. 4 et 5). Les lambeaux à distance ou libres seront réservés aux les pertes de substance ne pouvant bénéficier des deux solutions précédentes.

Ces techniques et plus encore leurs indications nécessitent un apprentissage spécifique qui justifie pleinement la prise en charge initiale par un chirurgien maîtrisant l'ensemble de l'éventail thérapeutique.



Figs. 4 et 5 – Plaies par rabot de la face dorsale des doigts longs : reconstruction par lambeau homodigital sur les 3^e et 4^e doigts; reconstruction par greffe de peau face dorsale de l'index.

Période postopératoire

La gestion de la douleur postopératoire est capitale. L'anesthésiste adapte ses prescriptions en fonction des observations de l'équipe infirmière et des kinésithérapeutes. La prise en charge de ces patients ne se conçoit que si le malade peut bénéficier en postopératoire de l'expertise d'une équipe infirmière rompue à la surveillance des lambeaux et des extrémités revascularisées.

C'est durant cette période immédiate que le chirurgien explique au patient les gestes effectués et les suites de la prise en charge. En effet, on remarque au fil du temps l'importance des retentissements psychologiques qu'ont ces traumatismes de la main sur les patients et leur famille. L'angoisse du début doit être progressivement remplacée par une relation de confiance qui va lier le patient et son chirurgien tout au long de la période de réhabilitation. L'adhésion du patient au projet thérapeutique est un élément indispensable à la qualité du résultat. C'est pourquoi un soutien est proposé au patient durant son hospitalisation sous la forme d'entretiens avec un psychologue.

Spécificités liées à certains mécanismes lésionnels

Il existe des traumatismes pluritissulaires fermés ou à plaie punctiforme : c'est le cas des écrasements, des injections sous pression, et des brûlures. Le piège essentiel de ce type de blessure est de masquer une partie des lésions initiales. Elles sont cependant graves et compromettent l'avenir fonctionnel, voire tissulaire de la main.

Écrasement de la main

Ils sont dépistés par l'interrogatoire et les circonstances (compression prolongée de la main, coma, etc.).

À l'examen clinique l'œdème et la douleur prédominent. Il peut exister une ischémie digitale qui doit conduire à un bilan artériel. La douleur à l'étiement des masses musculaires, et la tension des muscles intrinsèques sont des signes évocateurs de syndrome de loges. Il s'agit d'une urgence chirurgicale. Le traitement consiste en une aponévrotomie pratiquée par une incision palmaire unique à la base de la paume avec incision sous-cutanée les aponévroses des éminences thénar et hypothénar, et ouverture du canal carpien. À la face dorsale de la main, deux incisions en S permettent d'ouvrir les loges des muscles interosseux du premier et du deuxième espace pour l'une et des deux derniers espaces pour l'autre. Les incisions cutanées ne seront refermées qu'après fonte de l'œdème, ou bien greffées. Ce traitement est associé aux mesures favorisant la fonte de l'œdème : surélévation de la main, glaçage. La rééducation postopératoire et la mise en position intrinsèque + de la main dans une attelle adaptée doivent succéder immédiatement à cette phase.

Brûlure

Il existe des spécificités propres à ces lésions au niveau de la main. Toute brûlure circonférentielle peut entraîner un syndrome de loge ou une ischémie et doit être traitée par escarrotomie jusqu'à obtention d'un saignement. Les brûlures profondes sont souvent des traumatismes pluritissulaires surtout à la face dorsale des doigts : des lésions tendineuses et des ouvertures articulaires doivent être suspectées et prévenues en cas de brûlure du 3^e degré. De même, les brûlures électriques peuvent masquer des lésions profondes nerveuses ou articulaires.

Les pansements sont faits « doigts séparés » et en position intrinsèque +, la pratique du pansement « boule » ayant été abandonnée. L'immobilisation doit être réalisé de façon à ouvrir les commissures et éviter les rétractions. Si une solution de couverture par greffe de peau est choisie elle doit être réalisée dans les 15 jours qui suivent la lésion.

Injections sous pression

Ces traumatismes d'apparence bénigne sont en réalité des urgences absolues qui compromettent souvent la vitalité du doigt (12). Les circonstances de survenue sont stéréotypées : dans la tentative de désobstruction d'un pistolet à injection avec l'extrémité du doigt, le jet puissant fait pénétrer par la pulpe du doigt le produit sous pression. Infiltrant largement le doigt en remontant le long des gaines digitales et pédicules, le produit va diffuser dans la main, pouvant atteindre l'avant-bras. Sa toxicité éventuelle, surajoutée à l'effet « garrot interne » provoque un traumatisme multi-tissulaire.

Il s'agit d'une urgence vraie dont le traitement associera : décompression, levée de l'effet « garrot interne », et excision de tous les tissus envahis par le produit, ou paraissant de vitalité douteuse.

Conclusion

Ces traumatismes multi-tissulaires revêtent des formes très variées. Leur prise en charge requiert des compétences spécifiques de chirurgie de la main, dès le stade initial. La pertinence des choix thérapeutiques du chirurgien dans les premières heures conditionne les suites et donc la qualité de la réhabilitation du membre blessé. Ces décisions doivent, dès le stade de l'urgence, et malgré le traumatisme psychologique du patient, lui être explicitées.

La réhabilitation du patient dans la vie privée et professionnelle est fortement conditionnée par la qualité de la prise en charge de l'équipe multidisciplinaire spécialisée coordonnée par le chirurgien de la main et associant infirmières, médecins anesthésistes, psychologues, kinésithérapeutes et ergothérapeutes.

Références

1. Raimbeau G (2003) Costs of hand emergencies. *Chir Main* 22: 258-63
2. Lee JYL, Teoh LC, Seah VWT (2006) Extending the reach of the heterodigital arterialized flap by cross-finger transfer. *Plast Reconstr Surg* 117: 2320-28
3. Dubert T (2002) Current techniques for primary flexor tendon repair. *Chir Main* 21: 218-24
4. Strickland JW (1995) Flexor tendon injuries: II, Operative technique. *J Am Acad Orthop Surg* 3: 55-62
5. Moutet F (2003) Flexor tendon pulley system: anatomy, pathology, treatment. *Chir Main* 22: 1-12
6. Paneva-Holevitch E (1972) Results of the treatment of multiple flexor tendon lesions of the fingers with two stage grafts. *Rev Chir Orthop* 58: 481-7
7. Yajima H, Inada Y, Shono M *et al.* (1996) Radial forearm flap with vascularized tendons for hand reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 98: 328-33
8. Hanz KR, Saint-Cyr M, Semmler MJ, Rohrich RJ (2008) Extensor tendon injuries: acute management and secondary reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 121: 109-20
9. Adani R, Marcoccio I, Tarollo L (2003) Flap coverage of dorsum of hand associated with extensor tendons injuries: A completely vascularized single- reconstruction. *Microsurg* 23: 32-9
10. Maloney CT, Wages D, Upton J, Lee A (2003) Free omental tissue transfer for extremity coverage and revascularization. *Plast Reconstr Surg* 111: 1899-904
11. Viterbo F, Amr AH, Stipp EJ, Reis FJ (2009) End-to-side neuroorrhaphy: past, present, and future. *Plast Reconstr Surg* 124: 351-8
12. Obert L, Lepage D, Jeunet D, Gérard F, Garbuio P, Tropet Y (2002) Hand injuries resulting from high-pressure injection: lesions specific to industrial oil. *Chir Main* 21: 343-9

Plaies complexes : replantations

S. Barbary

Introduction

Depuis la première réimplantation de pouce réalisée par Tamaï et Komatsu (1, 2), en 1965, les chirurgiens n'ont cessé de repousser les limites des indications. L'instrumentation, initialement empruntée à la joaillerie, est devenue spécifique aux exigences microchirurgicales. Nous sommes passés de l'expérimentale, illustrée par le premier transfert d'orteil d'Harry Buncke dans son garage (3), en 1964, à l'actuelle sectorisation des urgences main dans les centres FESUM (5) du territoire. Dans cet article, nous commençons par décrire les classifications utilisées en pratique courante puis nous rappelons les conditions de conservation du segment amputé. Nous précisons ensuite les temps chirurgicaux en distinguant les cas particuliers du pouce, de la réimplantation distale et du doigt d'alliance en détaillant les artifices techniques pour pallier la perte de substance tissulaire. Nous exposons notre protocole postopératoire puis nous terminons sur les indications chirurgicales.

Classifications

Depuis les premières replantations digitales publiées par Tamaï, les replantations digitales sont passées dans la chirurgie traumatique courante. La classification de Biemer (6, 7) s'est imposée comme la plus logique car applicable à la pratique quotidienne. Elle concerne les amputations totales et subtotales (tableau I), les traumatismes complexes sans dévascularisation étant traités dans le chapitre précédent.

Pour les amputations distales, deux classifications sont utilisées dans la littérature actuelle. La classification de Tamaï (8) divise la troisième phalange en deux zones (fig. 1). La zone I s'étend de la base de l'ongle jusqu'à l'extrémité du doigt. La zone II s'étend de l'articulation interphalangienne distale jusqu'à la base de l'ongle. Ishikawa (9) a divisé la troisième phalange en quatre zones afin d'être encore plus précis (fig. 2). Cette classification a notre préférence pour sa précision et sa facilité d'utilisation en pratique courante. La zone I s'étend de l'extrémité distale jusqu'au contact osseux de P3, la zone II jusqu'à la moitié de l'ongle. La zone III s'étend de la moitié de l'ongle jusqu'à sa base et la zone IV de la base de l'ongle jusqu'à l'articulation interphalangienne distale.

Tableau I –

<i>Amputation</i>	<i>Sous-zone</i>	<i>Description</i>
Totale	Absence de connexion anatomique entre les deux segments de membre	
Subtotale	Dévascularisation avec persistance continuité > 1/4 des parties molles	
	Type 1	<i>Bone</i> (Os)
	Type 2	<i>Extensor Tendon</i> (tendon extenseur)
	Type 3	<i>Flexor Tendon</i> (tendon fléchisseur)
	Type 4	<i>Nerve</i> (nerf)
	Type 5	<i>Skin</i> (peau)

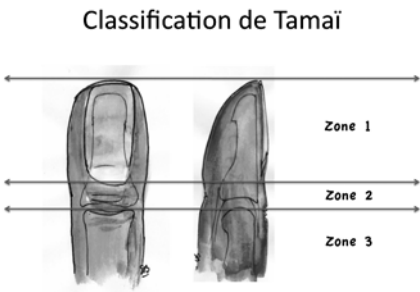


Fig. 1 – Classification de Tamaï.

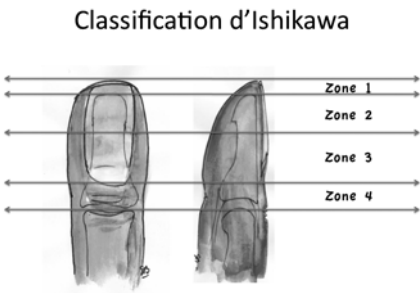


Fig. 2 – Classification d'Ishikawa.

Conditions de conservation du fragment

Il faut s'efforcer de récupérer tous les fragments, les conditionner sans autre additif dans un sachet plastique étanche posé sur un lit de glace ; le but étant de ralentir le métabolisme cellulaire mais éviter la gelure qui détruit les cellules. Mis à part le tissu musculaire, un fragment amputé bien refroidi peut survivre après 12 heures d'ischémie (10). C'est le cas d'un doigt mais pas d'une main qui doit être réimplantée dans les 6 heures. Au niveau de la zone d'amputation, un pansement compressif est mis en place sans mettre de garrot y compris dans les amputations au poignet. Ce compressif est très souvent suffisant pour stopper l'hémorragie. Un garrot en revanche peut devenir nocif s'il n'est pas desserré toutes les heures.

Dans les amputations partielles, il n'est pas conseillé d'entourer la main avec de la glace car elle provoque un spasme des vaisseaux restants tout en étant fort désagréable pour le patient. En revanche, la revascularisation doit être très rapide car nous sommes ici dans une situation d'ischémie chaude.

Technique opératoire

Règle générale : tout en un temps mobilisation précoce (TTMP)

Foucher soulignait déjà, il y a 30 ans, qu'il faut « profiter de l'heure de grâce de l'urgence » (11). D'abord en termes de reconstruction tissulaire, en faisant appel à notre ingéniosité, notre culture chirurgicale et en appliquant le principe du doigt banque (utilisation de tout ou partie d'un doigt sacrifié pour en reconstruire un autre). Mais également en effectuant une réparation tissulaire permettant une mobilisation précoce (12) afin d'éviter l'enraidissement digital. Ainsi, il faut privilégier une ostéosynthèse stable, effectuer des sutures vasculo-nerveuse et cutanée sans tension et, en cas de défaut tégumentaire, lever en urgence un lambeau de couverture (pour couvrir une plaque vissée par exemple).

Ostéosynthèse, accourcissement osseux et incisions latéro-digitales

La préparation du fragment amputé commence en salle d'opération (figs. 3 et 4) avant même que le malade ne soit anesthésié. C'est un gain de temps important. Un fois préparé, le fragment est posé sur un gant stérile retourné sur une cupule remplie de glace.

L'incision est latéro-digitale (fig. 5) de chaque côté du doigt et le lambeau cutané palmaire et dorsal est retourné afin d'exposer les structures vasculo-nerveuse, tendineuse et la tranche de section osseuse (fig. 6).

L'os est quasi systématiquement recoupé à la scie oscillante pour parer les berges, éviter l'infection mais aussi dans un but de raccourcissement pour faciliter la réparation sans tension des différentes structures vasculaire, nerveuse, tendineuse et cutanée. Le matériel d'ostéosynthèse dépend de la

zone d'amputation. Les broches de Kirchner ont notre préférence de par leur rapidité et leur facilité d'usage. La taille habituellement utilisée est 10 dixièmes. Elles sont introduites en va-et-vient dans le fragment amputé après avoir repéré les éléments vasculo-nerveux (qui doivent être protégés pour ne pas s'enrouler avec les broches).

En cas d'amputation trans-IPD, on pratique une arthrodèse par brochage en croix. Quand un seul doigt est amputé en trans-IPP, il vaut mieux ne pas le réimplanter sauf chez un enfant. En cas d'amputation pluridigitale trans-IPP, l'arthrodèse est la règle. L'utilisation d'un brochage-haubanage (fig. 7) est facile à réaliser et permet une bonne compression du foyer. L'angulation dépend du doigt amputé : 30° pour un index, 50° pour un cinquième doigt. En cas d'amputation en col de P2, on pratique un brochage en croix avec une broche axiale arthrodésant temporairement l'IPD (et protégeant la suture du tendon extenseur) et une broche antirotatoire oblique. En cas d'amputation en col de P1, on pratique un brochage en croix sans bloquer l'IPP ; en cas d'amputation en diaphyse de P1 ou P2, un brochage en croix (fig. 8) ou bilboquet (fig. 9).



Fig. 3 – Préparation du segment amputé.

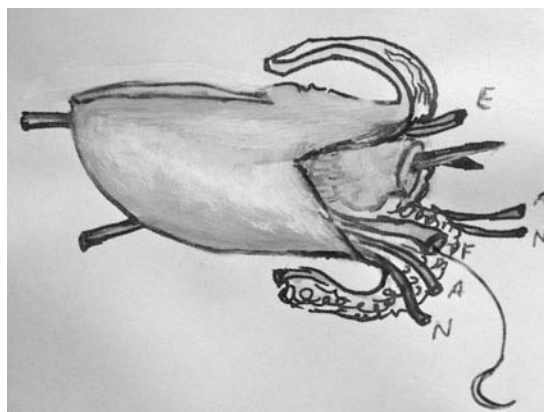


Fig. 4 – Préparation du segment amputé.

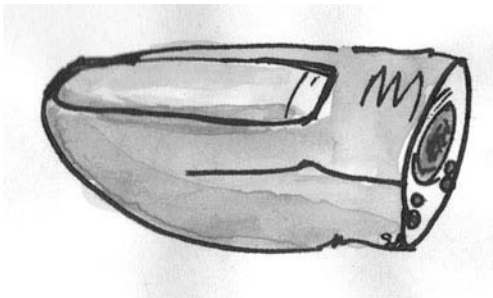


Fig. 5 – Incisions latérales.

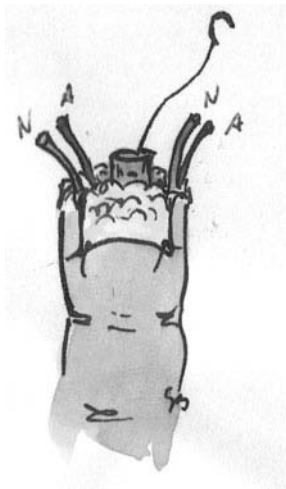


Fig. 6 – Préparation digitale.

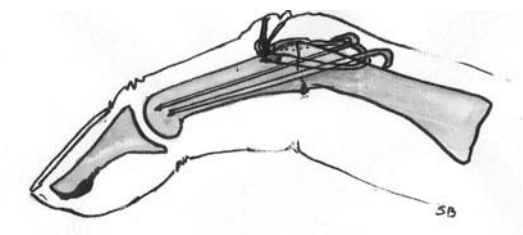


Fig. 7 – Arthrodèse sur IPP.

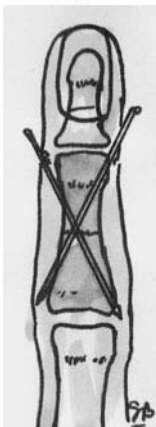


Fig. 8 – Ostéosynthèse par brochage en croix.

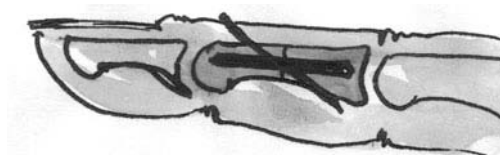


Fig. 9 – Ostéosynthèse par billoquet.

Temps palmaire

Il commence par la suture des tenons fléchisseurs.

En zone I, l'utilisation d'une suture en *pull out* (PDS 4/0 double) est recommandée pour réinsérer le fléchisseur profond sur P3. L'amputation est en col de P2 et l'ostéosynthèse fait appel à une broche axiale en arthrodèse provisoire d'IPD. Par conséquent, la réinsertion tendineuse par ancre fichée dans P3 est déconseillée. De même, cette broche d'arthrodèse provisoire IPD évite le flexum accusé de l'IPD après *pull out* et protège la suture de la bandelette terminale de l'extenseur.

En zone II, le fléchisseur profond est toujours réparé. Le fléchisseur superficiel est parfois sacrifié pour ne pas encombrer le canal digital d'une deuxième suture tendineuse qui générerait le bon coulisement sous les poulies. Le bon compromis passe par la suture d'une des deux bandelettes (point en « U » de PDS 4/0) du superficiel et le fléchisseur profond. Le point de Kessler (13) modifié par Tajima (PDS 4/0) a notre préférence, ainsi que le point de Tsuge (14) (PDS 4/0 boucle) qui est plus rapide à réaliser. La tendance actuelle est d'effectuer une suture multibrins pour débiter la mobilisation active précocement. Nous recommandons de doubler les sutures (deux points de Kessler ou deux points de Tsuge tête-bêche) et de compléter systématiquement par un surjet péri-tendineux (PDS 6/0).

En zone III, on pratique comme en zone II mais les deux tendons sont systématiquement réparés.

Il se poursuit par les sutures nerveuses.

La récupération sensitive est fortement corrélée (15, 16) à l'âge du patient, du mécanisme lésionnel et conditionne la qualité de la fonction finale du doigt replanté. Un doigt insensible est exclu du schéma corporel et devient gênant. Par conséquent, il faut apporter un soin tout particulier à la réparation nerveuse. De plus, un nerf sans terminal pulpaire forme systématiquement un névrome qui devient plus ou moins douloureux suivant sa localisation. Pour toutes ces raisons, nous conseillons de faire les sutures nerveuses (premier véritable temps microchirurgical) avant les anastomoses vasculaires. Ainsi, l'opérateur est plus détendu qu'après le temps vasculaire parfois stressant et les sutures sont faites dans un champ exsangue. Nous utilisons deux à trois points de fils 9/0 ou 10/0.

En cas de perte de substance nerveuse, le premier choix est celui du doigt banque (17). Si ce n'est pas possible, la branche terminale sensitive du musculo-cutané ou nerf cutané latéral (18, 19) de l'avant-bras (fig. 10) est le

plus approprié. Il se prélève par une incision rectiligne à deux ou trois travers de doigt sous le pli du coude, 2 cm environ en latéral de la ligne médiane. Environ 7 cm de nerf peuvent être prélevés. Il faut le tracter légèrement avant sa section au ras de l'aponévrose car il se rétracte spontanément dans les masses musculaires, évitant la formation d'un névrome douloureux (à l'inverse du nerf cutané médial de l'avant-bras). Nous n'avons pas été convaincus dans le service par les résultats des différentes méthodes de tube conducteur (20) sur la repousse nerveuse : tube synthétique, veine (21), artère (22).

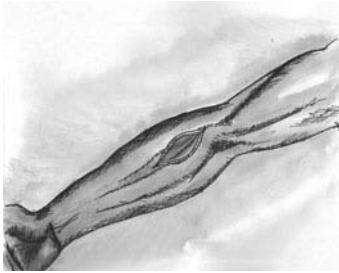


Fig. 10 – Prélèvement du nerf cutané latéral avant-bras.

On termine par les réparations vasculaires. C'est souvent le temps le plus long et certainement le plus imprévisible. Après dissection des éléments vasculaires, et guidés par la nature du mécanisme lésionnel, nous déterminons si une anastomose directe est réalisable.

Concernant les anastomoses artérielles directes, après application de clamp de Tamaï, recoupe des berges vasculaires, adventicectomie a minima, application de sérum hépariné dans la tranche de section vasculaire, l'anastomose commence. Nous avons l'habitude de démarrer par le point postérieur « back wall first » et de ne faire que des points séparés. Le clamp est retourné à 180° au milieu de la procédure. Six points de 10/0 suffisent pour une artère digitale, jusqu'à l'IPD. Au-delà, nous utilisons volontiers du 11/0 avec seulement quatre points, notamment pour une artère centrale de pulpe. En cas de petite perte de substance artérielle ou de réseau d'aval de mauvaise qualité, une suture directe croisée est souvent la solution la plus simple avant d'envisager un pontage (figs. 11 à 13).

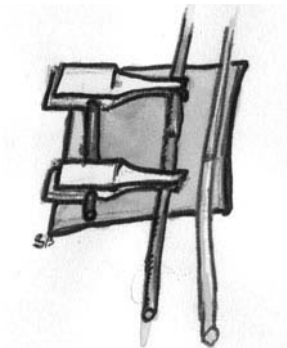


Fig. 11 – Clamp de Tamaï.



Fig. 12 – Anastomose artérielle croisée.

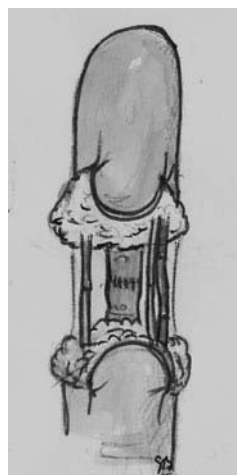


Fig. 13 – Temps palmaire de la réimplantation. Suture du tendon fléchisseur ; anastomoses artérielles et nerveuses.

En cas de perte de substance artérielle, il existe plusieurs solutions. La première est l'artère banque. C'est une situation assez rare mais qui doit devenir un réflexe en chirurgie de la main. Le pontage veineux est inversé. Dans ce cas, la zone donneuse dépend du type d'artère à ponter (fig. 14). Pour les artères digitales, les veines axiales de l'avant-bras conviennent parfaitement. En revanche, pour les artères de plus petit calibre, les veines transversales au poignet ou même, pour un pontage sur l'artère centrale de pulpe, les veines thénariennes (fig. 15). L'artère saine d'un doigt voisin (figs. 16 et 17) peut être disséquée en gardant sa continuité proximale pour faire l'économie d'une anastomose artérielle sur le doigt à revasculariser. Certes, la qualité vasculaire est parfaite mais la morbidité sur le doigt voisin n'est pas négligeable (intolérance au froid, abord extensif). Nous n'utilisons ce principe qu'exceptionnellement. Il peut cependant rendre service en cas de défaut composite (artère et peau) pour assurer à la fois la revascularisation et la couverture par un lambeau hétérodactyle porte-artère.

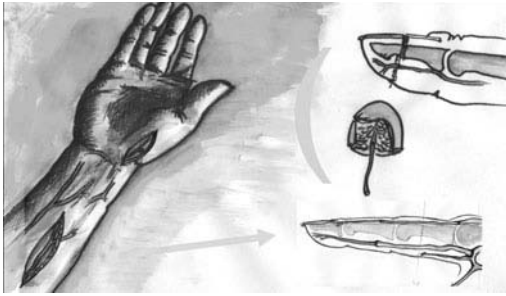


Fig. 14 – Zones donneuses pour greffe veineuse inversée en cas de pontage.

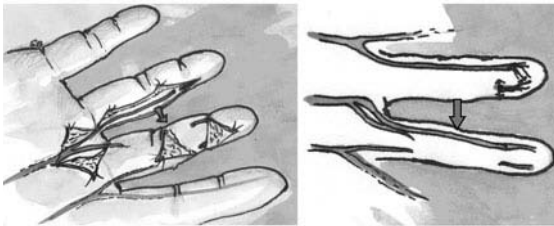


Fig. 15 – Artère banque provenant d'un doigt sain (doit rester exceptionnelle).

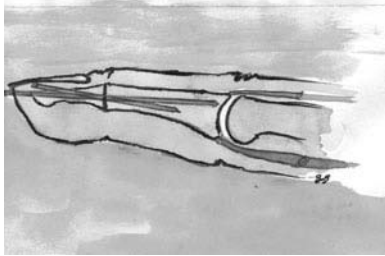


Fig. 16 – Arthrodèse IPD.

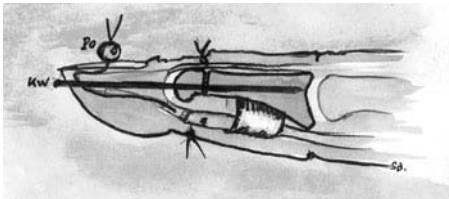


Fig. 17 – Amputation col de P2.

Temps dorsal

On commence par la suture des tendons extenseurs.

En zones I et II, on pratique une suture classique en « u » ou un surjet de PDS 4/0 mais protégé par une broche d'arthrodèse temporaire IPD qui sert également à l'ostéosynthèse de la fracture sous-jacente (fig. 18). Lorsque l'articulation IPD est détruite, il n'y a pas de suture tendineuse car l'articulation est arthrodésée (fig. 16).

En zone III, on pratique une arthrodèse IPP mais il est bon de suturer l'extenseur, notamment les bandelettes latérales pour récupérer une mobilité active de l'IPD (fig. 18).

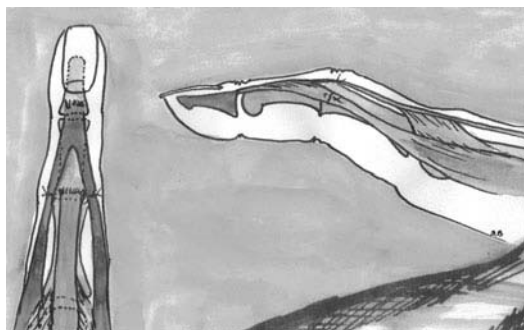


Fig. 18 – Suture extenseur en zone 3 en cas d'arthrodèse IPP : prendre soit des bandelettes latérales pour assurer la mobilité IPD.

Le temps suivant est les sutures veineuses.

Dans la suture directe, le lambeau cutané dorsal est retourné en passant au ras du tendon extenseur en respectant son péri-tendon. Une ou plusieurs veines sont ainsi repérées et disséquées aux ciseaux microchirurgicaux. Elles sont souvent de faible calibre et fragiles. Ce temps minutieux parfois fastidieux arrivant en fin d'intervention est facilité par un lâchage de garrot. Les veines se gorgent de sang, sont donc plus faciles à repérer. Le choix se portera sur la veine la plus productive. Quatre points de 11/0 suffisent.

En cas de perte de substance veineuse, tout dépend de la complexité.

En cas de perte de substance veineuse simple, l'utilisation d'un pontage aux dépens d'une veine de la face antérieure du poignet ou de l'éminence thénar convient parfaitement (15). Si elle est complexe (veine et couverture cutanée), si le péri-tendon est respecté ou que le sous-sol est bon (très rare), on pratique une greffe de peau mince. S'il existe une exposition tendineuse, osseuse ou articulaire, on réalise un lambeau porte-veine. Pour le pouce, on réalise un lambeau cerf volant de Foucher (23) (fig. 19) et pour les doigts longs un lambeau désépidermisé retourné (24) (fig. 20) ou en drapeau (fig. 21).

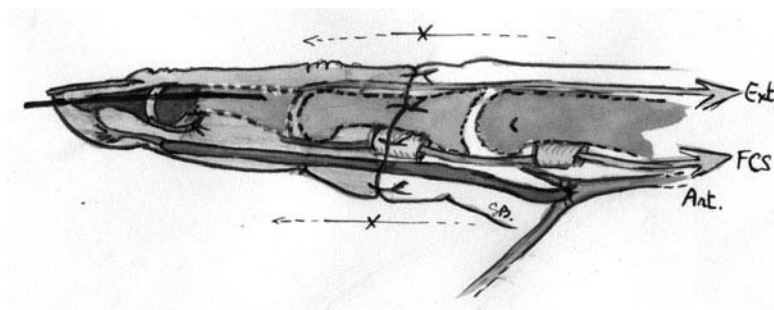


Fig. 19 – Schéma d'une réimplantation d'un Ring finger stade 4B par pontage artériel long, ténodèse du FCP, ostéosynthèse par double brochage en arthrodèse temporaire d'IPD. Le doigt reste motorisé par le fléchisseur superficiel et la bandelette médiane de l'extenseur.

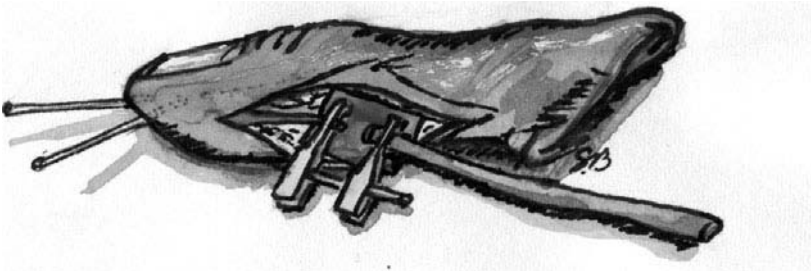


Fig. 20 – Préparation du segment digital avulsé selon Foucher par incision latérodigitale et pontage long d'emblée sur l'artère la plus courte.

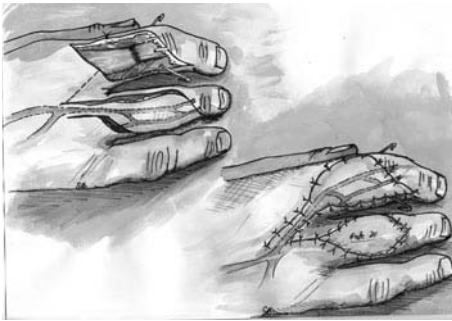


Fig. 21 – Lambeau en drapeau porte-veine.

Fermeture cutanée

C'est un moment souvent long et fastidieux, qui clôture une intervention parfois épuisante nerveusement. Les erreurs sont donc fréquentes, par exemple des sutures en tension entraînant une compression vasculaire ou une nécrose cutanée ou une blessure d'une artère ou d'une veine lors de la réalisation des points de suture.

La couverture cutanée fait appel à de nombreux artifices techniques qui ne font pas l'objet de ce chapitre. Retenons cependant l'utilisation fréquente de la simple greffe de peau mince aux dépens de l'éminence hypothénar (si le sous-sol le permet, y compris en cas d'exposition pédiculaire vasculaire) ; le lambeau de Hueston dorsal (simple ou double) ; le lambeau *cross finger* et désépidermisé retourné (20) ou en drapeau (21) ; les lambeaux cités ci-dessus en version porte-veine ; le lambeau en îlot dorsal de main sous la dépendance des perforantes commissurales.

Cas particuliers

Pouce

C'est une indication formelle de réimplantation. Le pouce doit bénéficier de toutes les connaissances microchirurgicales pour être sauvé tant son rôle est fondamental dans la préhension.

L'installation est difficile. Les pédicules vasculo-nerveux sont difficiles d'accès car en position palmaire. L'aide opératoire a un rôle important mais l'usage d'une main malléable (Arex®) peut faciliter la tâche en exposant le pédicule collatéral ulnaire dominant ou radial (fig. 22).

Il faut décider d'un site d'anastomose vasculaire. Lorsqu'il s'agit d'un mécanisme d'avulsion ou que la perte de substance artérielle est trop importante pour une suture directe, il faut réaliser un pontage long d'emblée sur l'artère radiale. Tenter un pontage court sur une artère digitale est inconfortable et peu fiable. Lorsqu'il s'agit d'une amputation complète, l'anastomose distale doit être réalisée en premier sur table puis le pontage est tunné jusqu'au sommet de la première commissure et anastomosé en terminolateral avec l'artère radiale (23). La veine céphalique à proximité de la tabatière anatomique permet un bon drainage veineux. Cependant, son diamètre est parfois trop important pour les veines du pouce à replanter. Dans ce cas, les veines commitantes de l'artère radiale conviennent parfaitement.



Fig. 22 – Installation sur main malléable (Arex®) pour une réimplantation du pouce.

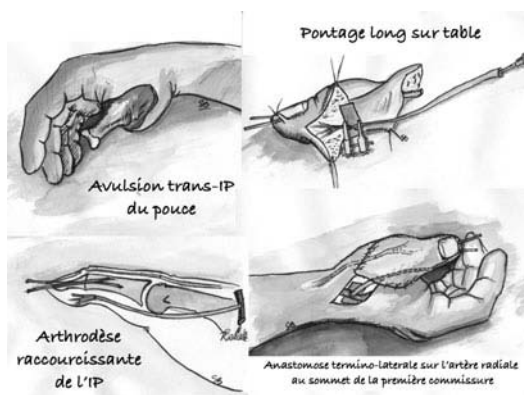


Fig. 23 – Réimplantation d'une avulsion du pouce.

Dans l'accourcissement osseux, pour le pouce, plus encore que pour les doigts longs, la réalisation d'une arthrodèse accourcissante de l'interphalangienne ou de la métacarpo-phalangienne entraîne peu de déficit fonctionnel. Ce raccourcissement a trois avantages majeurs (25, 26) : faciliter la fermeture cutanée, faire des anastomoses vasculaire et nerveuses directes sans greffe, et surtout le pouce est plus court donc moins vulnérable lorsque le patient ferme le poing.

Concernant le tendon fléchisseur, les techniques de suture sont les mêmes que pour les doigts longs mais la récupération du moignon tendineux proximal peut parfois nécessiter un contre-abord au pli de flexion du poignet. Le passage dans le canal digital jusqu'à la zone de suture se fait à l'aide d'un Redon ou d'une tige de silicone (fig. 24).

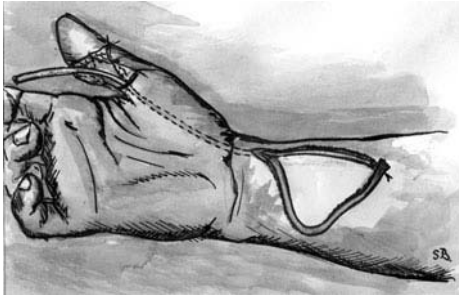


Fig. 24 – Récupération fléchisseur pouce.

Ring finger

Il s'agit de l'avulsion par une bague du fourreau cutané digital avec éventuellement une partie du squelette. L'annulaire est le plus fréquemment concerné. Le geste chirurgical est long, difficile et fait souvent appel à des pontages. Le taux de succès est faible (27-29) (de 35 à 80 %) aboutissant souvent d'emblée ou à distance à une amputation plus proximale (29) (basi-métacarpienne). Nous avons recours à la classification de Merle-Michon (27), facile d'utilisation et qui a l'avantage de différencier les niveaux d'amputation en fonction de leur gravité et de leur pronostic (tableau II).

Tableau II – Classification des Ring finger selon Michon-Merle-Foucher.

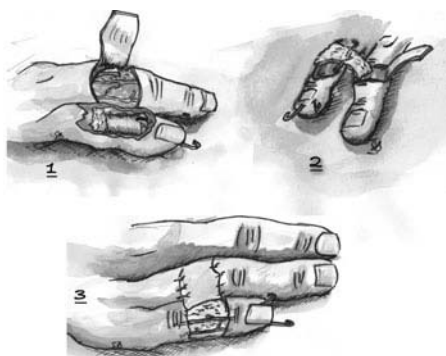
<i>Stades</i>	<i>Description</i>
1	Lésion cutanée simple
2	Lésion vasculaire partielle
3	Lésion vasculaire totale (dévascularisation sans amputation)
4	Amputation digitale complète
4 A	Amputation proximale avec avulsion tendineuse
4 B	Amputation en col de P2 ou trans-IPD
4 C	Dégantage complet sans lésion squelettique

Tous les stades hormis le stade 4A peuvent être réimplantés. Dans ce cas de figure, le pronostic fonctionnel est trop sombre pour tenter un tel geste. La résection basi-métacarpienne d'emblée semble une bonne alternative (29). Elle accourcit considérablement le temps de convalescence, évite un grand nombre de complications (pseudarthrose, enraidissement digital, intolérance au froid, insensibilité et exclusion digitale). La seule exception est le jeune enfant pour lequel des transferts tendineux peuvent être envisagés pour motoriser ce doigt replanté et pour lequel les capacités de réinnervation sont grandes.

Dans la technique chirurgicale, la préparation du fragment à replanter est fondamentale. L'amputation la plus fréquente est le stade 4B, c'est-à-dire trans-P2 ou trans-IPD.

Le temps ostéo-tendineux dépend du niveau lésionnel. En cas d'amputation trans-IPD, l'arthrodèse est de rigueur. Pour les amputations trans-col de P2 (fig. 25), la ténodèse du fléchisseur profond associé à un double brochage en arthrorise temporaire d'IPD est suffisant le temps de la consolidation. Dans ces deux cas, le fléchisseur superficiel, intègre, devient le seul moteur pour la flexion. L'IPP doit donc être rapidement mobilisée pour éviter un enraidissement certain.

La préparation vasculaire est artérielle et veineuse. Pour l'artère, Foucher (27) a bien décrit la façon de procéder (fig. 26). Par une incision latéro-digitale, l'artère la plus courte est disséquée. Elle sera recoupée jusqu'à ce qu'aucune lésion intimale ne soit visible au microscope. C'est sur cette artère que le pontage veineux inversé doit être anastomosé pour revasculariser le doigt. Le flux sanguin, après avoir passé l'arcade pulpaire, va circuler dans le doigt *a contrario* (fig. 27). Si l'on utilise l'autre artère digitale (la plus longue), le fourreau cutané n'est pas entièrement vascularisé et risque de nécroser. Pour la veine, par ce même abord, une ou deux veines sont disséquées. Il est parfois possible de détourner une veine afin d'effectuer une anastomose directe (contrairement à l'artère). Lorsque c'est impossible, il faut ponter ou utiliser un lambeau porte-veine désépidermisé retourné (fig. 20) ou en drapeau (fig. 21). Le site d'anastomose proximale du pontage artériel est l'artère digitale commune (fig. 15). Le flux est important et le calibre des vaisseaux est suffisant. Une anastomose termino-latérale est préférable pour ne pas altérer la vascularisation du doigt voisin mais, en cas de difficulté technique, mieux vaut faire une termino-terminale.



Le flux est important et le calibre des vaisseaux est suffisant. Une anastomose termino-latérale est préférable pour ne pas altérer la vascularisation du doigt voisin mais, en cas de difficulté technique, mieux vaut faire une termino-terminale.

Fig. 25 – Lambeau désépidermisé-retourné porte-veine.

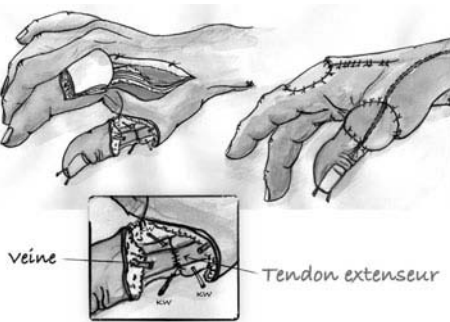


Fig. 26 – Lambeau cerf volant de Foucher porte-veine.

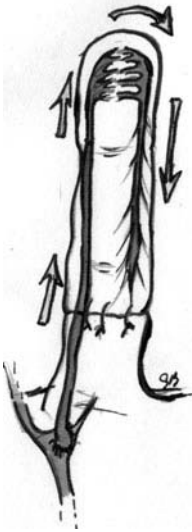


Fig. 27 – Ring finger ; schéma de la circulation artérielle *a contrario*.

La fermeture cutanée se fait souvent directement mais parfois le fourreau cutané est incisé sur toute sa longueur et la fermeture est impossible. Une greffe de peau latéro-digitale ou une simple cicatrisation dirigée (lorsque le pontage n'est pas exposé) est possible.

Principe du doigt banque

Foucher (11) le décrit comme « l'utilisation de tout ou partie d'un doigt sacrifié pour en reconstruire un autre ». La morbidité du site donneur est donc nulle et toutes les audaces sont défendables. Les exemples sont trop nombreux pour être exhaustif, il faut simplement en comprendre la philosophie. Tous les tissus peuvent être utilisés de façon individuelle (peau, os, tendons, artères, nerfs, veines) ou en unité composite (unité pulpo-unguéale avec ses pédicules vasculo-nerveux, articulation vascularisée, hétéroreplantation (fig. 28)).

La reconstruction du pouce, *a fortiori* d'une pince pollici-digitale, reste la priorité.

Réimplantation digitale distale

Nous avons déjà parlé des classifications de Tamai (fig. 1) et Ishikawa (fig. 2). C'est cette dernière que nous utiliserons. Elle divise la dernière phalange en quatre zones jusqu'à l'IPD.

C'est une excellente indication de réimplantation tant les résultats fonctionnels sont bons (30, 31). La seule précaution concerne l'index facilement exclu par le patient et pour lequel il faut être particulièrement vigilant en postopératoire.

La technique opératoire est très différente suivant les différents niveaux d'amputation.

En zone I d'Ishikawa, s'il s'agit d'une amputation « guillotine », la cicatrisation dirigée ou un lambeau local sont idéaux. En cas d'amputation en biseau (amputation pulpaire), la réimplantation est faite sur l'artère centrale de pulpe avec si possible un drainage veineux par une veine palmaire ou saignement dirigé (fig. 29).

En zone II d'Ishikawa, on pratique un abord chirurgical en « z » selon Tsumin-tsaï (32) en simple désépidermisation (fig. 30). L'amputation en guillotine peut faire l'objet d'une anastomose artérielle avec l'artère centrale de pulpe et une veine palmaire si possible ou saignement dirigé.

En zone III d'Ishikawa, si une seule artère est exploitable dans le fragment, on pratique une anastomose directe et une veine palmaire ou latéro-unguéal ou saignement dirigé comme en zone II (fig. 31). Si deux artères sont exploitables dans le fragment, mais aucune veine dorsale, on propose la technique de Zhang (33) (fig. 32), c'est-à-dire avec deux anastomoses artérielles. La dissection du doigt est plus rigoureuse que celle du fragment à réimplanter. On réalise une incision latéro-digitale et non pas en « z ». L'artère digitale de plus faible calibre est disséquée largement et sert d'apport artériel. L'autre artère de plus fort calibre est laissée en connexion avec la face dorsale du doigt, ligaturée en amont de l'interphalangienne distale et sert de drainage par engorgement via ses connexions péri-articulaires avec le réseau veineux dorsal (fig. 32).



Fig. 28 – Principe du doigt banque. Cas d'une hétéroreplantation du majeur sur l'index chez un enfant de 3 ans.

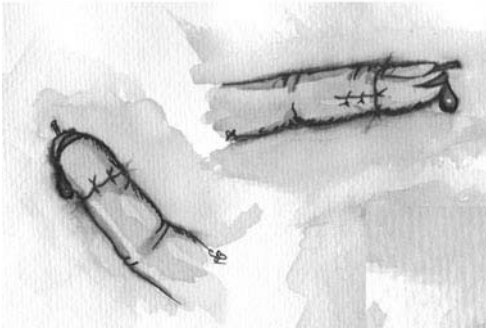


Fig. 29 – Saignement dirigé.

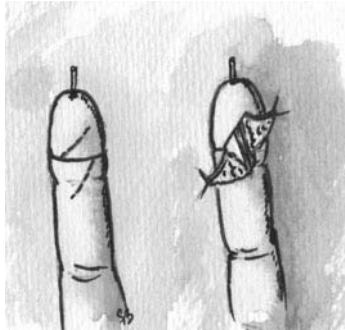


Fig. 30 – Incision de Tsu-Min-Tsai.

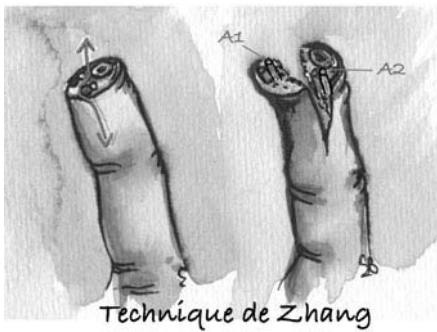


Fig. 31 – Incision de Zhang (latéro-digitale en prenant une artère dans le lambeau palmaire et une artère laissée au contact du réseau dorsal).

Réimplantation distale en l'absence de veine de drainage

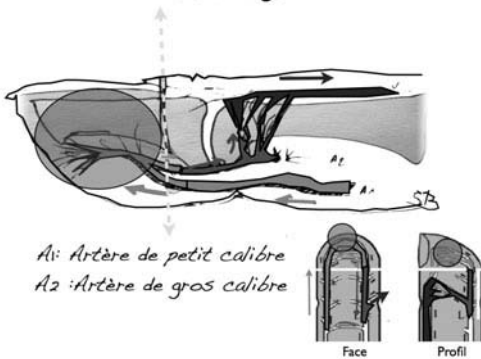


Fig. 32 – Principe de la technique de Zhang dans les amputations en zone III d'Ishikawa. Les deux artères sont anastomosées mais les connexions de la plus volumineuse avec le réseau veineux dorsal ont été respectées lors de la dissection et servent de drainage. Cette même artère a été ligaturée en amont de l'IPD. A1 : artère de petit calibre. A2 : artère de gros calibre.

En zone IV d'Ishikawa, il est souvent préférable de faire une arthrodèse de l'IPD d'emblée par un double brochage, des anastomoses nerveuses d'un ou deux nerfs digitaux nécessaires pour assurer une bonne sensibilité et surtout éviter la formation de névrome douloureux, contrairement aux replantations plus distales pour lesquelles apparaît une neurotisation de continuité (34). On pratique également une anastomose artérielle, double si possible. Le drainage veineux est le problème principal de ces replantations distales. À ce niveau (base de P3 ou IPD), une ou deux veines dorsales ou latéro-unguéales sont généralement suturables avec quatre points de 11/0. Si aucune veine dorsale n'est exploitable, il faut compter en première intention sur une anastomose de veine palmaire et à défaut sur un saignement dirigé. Pour le saignement dirigé, l'incision est faite en gueule de requin (31) à l'extrémité pulpaire ou latéro-unguéale ou sur la tablette unguéale après avoir reséqué un rectangle d'ongle. Le protocole est bien codifié. Une compresse héparinée est appliquée sur la scarification et le saignement est entretenu par les infirmières par frottement : j1 = toutes les heures ; j2 = toutes les 2 heures ; j3 = toutes les 3 heures ; j4 = toutes les 4 heures ; j5 = toutes les 5 heures. Si le saignement est trop important, le pansement souillé est refait et nous ralentissons le rythme de « grattage ». Le saignement est arrêté au sixième jour, sauf si l'engorgement persiste. Sont décrits dans la littérature de multiples protocoles de décongestion digitale (35-39). Nous ne retiendrons que l'utilisation de sangsues (40) qui facilite le saignement dirigé mais dont l'utilisation chez l'enfant doit être extrêmement contrôlé tant les risques d'anémie, d'hypovolémie sévère sont grands.

Certains trucs et astuces sont utiles à retenir. Le pontage veineux d'emblée sur l'artère centrale de pulpe avant l'ostéosynthèse (41) évite l'inconfort d'une anastomose en tension au fond de la graisse pulpaire. L'ostéosynthèse à l'aiguille sous-cutanée pour les jeunes enfants (31, 42) est plus facile, moins risquée qu'avec un moteur. On ne pratique pas de suture nerveuse dans les amputations en zones I à III car il y a une neurotisation de continuité (34). On fait une instillation locale de papavérine sur les vaisseaux en cas de spasme artériel.

Protocole postopératoire et surveillance

Traitement postopératoire

Tous les auteurs (43) sont d'accord pour souligner l'intérêt des antiagrégants plaquettaires. Les patients sont alités pour éviter les variations tensionnelles et les vasospasmes. L'injection d'héparine ou d'HBPM est nécessaire pour éviter une phlébite et tout autre complication thrombo-embolique grave. L'usage des vasodilatateurs est beaucoup plus controversé (44, 45).

Par conséquent, nous entreprenons pour nos patients le traitement suivant : alitement strict pendant 5 à 8 jours ; ambiance chaude autour du

doigt par lampe chauffante protégée ou chaufferette scotchée sur le pansement chez les jeunes enfants ; antiagrégants plaquettaire (Aspégic® 30 à 100 mg/j chez les enfants ; Kardégic® 160 mg/j chez les adultes) à commencer en intraveineuse en peropératoire et à poursuivre per os pendant 1 mois ; héparine de bas poids moléculaire à dose préventive durant la période d'alimentation (5 à 8 jours) à dose curative en cas de pontage veineux ; dans les cas de spasmes récalcitrants : infusion continue locale de papavérine (46) par un cathéter posé chirurgicalement à proximité de l'artère anastomosée ou injection intraveineuse à la seringue électrique d'ilomédine (47) (attention aux interactions médicamenteuses, aux contre-indications et au protocole rigoureux d'administration) ; interdiction formelle de fumer (48, 49) faisant partie du contrat préopératoire avec le patient et conditionnant l'indication de réimplantation.

Surveillance postopératoire

La surveillance clinique est de loin la méthode la plus fiable à l'heure actuelle. Durant les cinq premiers jours, la surveillance clinique est horaire : couleur du doigt, recoloration pulpaire, température digitale. Au moindre doute, le patient est repris rapidement au bloc opératoire : ischémie artérielle lorsque le doigt est blanc livide (fig. 33), ischémie veineuse lorsque le doigt est congestionné, lie de vin.

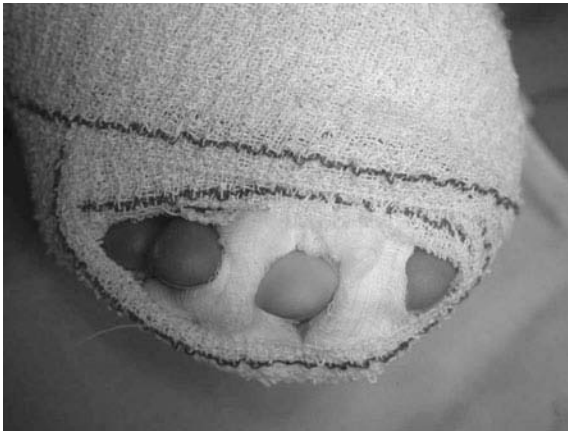


Fig. 33 – Ischémie artérielle.

La surveillance paraclinique recherche l'hémoglobine en cas de saignement dirigé, particulièrement chez les enfants ; l'oxymétrie de pouls du doigt replanté n'est pas très fiable mais peut être utile chez le jeune enfant ; la température digitale (50, 51) avec de nouveaux lasers infrarouge semble prometteur ; la fluorométrie (52) très utilisée outre-Atlantique est peu populaire en France.

Indications chirurgicales

Indications de réimplantation

Concernant les enfants, quel que soit le niveau car les facultés d'adaptation sont immenses, la réinnervation est souvent proche de la normale notamment chez le jeune enfant. Les articulations ne doivent pas être trop rapidement condamnées car le remodelage articulaire est surprenant. Les transferts tendineux pour réanimer un doigt avulsé donnent de bien meilleurs résultats que chez les adultes.

La position d'opposition du pouce est fondamentale pour la préhension. On estime qu'il représente 40 % de la fonction de la main. L'amputation distale par rapport à l'articulation interphalangienne proximale et des insertions tendineuses du fléchisseur superficiel et de la bandelette médiane de l'extenseur. Certains patients ont des besoins professionnels particuliers (musiciens, etc.), et des patients ayant déjà une main mutilée et pour laquelle chaque doigt restant est précieux.

Indication de régularisation

Les indications de régularisation suivantes sont formelles : comorbidités associées contre-indiquant la microchirurgie ; mauvaise condition de conservation du segment amputé (lésion de gelures, délai de réimplantation trop long) ; délabrement trop important du segment à réimplanter ; *ring finger* stade 4A (avec avulsion des deux tendons fléchisseurs).

Indication relative de régularisation

Ce sont des indications à discuter longuement avec le patient en estimant ses exigences fonctionnelles et à pondérer avec son âge (corrélé à la réinnervation), le mécanisme lésionnel, sa profession (salarié, profession libérale, travailleur manuel lourd ou intellectuel), la couverture sociale au moment de l'accident (AT ou maladie).

L'indication de réimplantation est relative quand l'amputation est proximale par rapport à l'IPP car la fonction finale du doigt est souvent mauvaise. De même, la réimplantation de l'index abouti souvent à une exclusion digitale alors qu'une amputation de ce doigt a très peu de répercussion sur la fonction de la main.

Conclusion

La microchirurgie n'a pas 50 ans mais l'imagination des chirurgiens et les innovations techniques ont été considérables. Le succès actuel des réimplantations digitales est d'environ 85 % et elles font désormais partie du quotidien d'un SOS-main. Une meilleure information concernant le conditionnement

du segment amputé permettrait d'augmenter encore ce taux de succès. En revanche, les indications chirurgicales doivent être respectées pour éviter un échec fonctionnel qui est source d'une grande déception tant pour le malade que pour son chirurgien. Ces mauvais résultats sont responsables d'arrêt de travail prolongés et aboutissent souvent à une amputation « à froid » après un ou deux ans d'errance médicale.

Références

1. Masuhara K, Tamai S, Fukunishi H, Obama K, Komatsu S (1967) Experience with reanastomosis of the amputated thumb. *Seikei Geka* 18: 403-4
2. Komatsu S, Tamai S (1968) Successful replantation of a completely cut-off thumb. *Plast Reconstr Surg* 42: 374-8
3. Buncke H, Buncke C, Schulz W (1964) Immediate Nicoladoni procedure in the Rhesus monkey, or hallux-to-hand transplantation, utilizing microminiature vascular anastomoses. *Br J Plast Surg* 19: 332-7
4. Buncke HJ Jr., Schulz WP (1965) Experimental Digital Amputation and Reimplantation. *Plast Reconstr Surg* 36: 62-70
5. Allieu Y (2003) FESUM I. Naissance et évolution de la FESUM (Fédération européenne des services d'urgences mains. *Chir Main* 22: 223-4
6. Biemer E (1977) Classification of total and subtotal amputations. *Handchirurgie* 9: 21-3
7. Biemer E (1980) Definitions and classifications in replantation surgery. *British Journal of Plastic Surgery* 33: 164-8
8. Tamai S (1982) Twenty years' experience of limb replantation--review of 293 upper extremity replants. *J Hand Surg* 7A: 549-56
9. Ishikawa K, Ogawa Y, Soeda H, Yoshida Y (1990) A new classification of the amputation level for the distal part of the finger. *J Jpn Soc Microsurg* 3: 54-62
10. Foucher G, Norris RW (1992) Distal and very distal digital replantations. *Br J Plast Surg* 45: 199-203
11. Foucher G, Braun F, Merle M, Michon J (1980) Le doigt "banque" en traumatologie de la main. *Ann Chir* 34: 693-8
12. Michon J, Merle M, Foucher G (1977) Traumatisme complexe de la main. Traitement tout en un temps avec mobilisation précoce. *chirurgie* 103: 956-64
13. Kessler I (1973) The "grasping" technique for tendon repair. *Hand* 5: 253-5
14. Tsuge K, Ikuta Y, Matsuishi Y (1975) Intra-tendinous tendon suture in the hand--a new technique. *Hand* 7: 250-5
15. Glickman LT, Mackinnon SE (1990) Sensory recovery following digital replantation. *Microsurg* 11: 236-42
16. Yamauchi S, Nomura S, Yoshimura M, Ueno T, Iwai Y, Shimamura K (1983) A clinical study of the order and speed of sensory recovery after digital replantation. *J Hand Surg* 8A: 545-9
17. Schoofs M, Raoult S, Fevrier P, Elia A, Patenotre P, De Greef C, Leps P (1994) The strategy of the finger bank. *Ann Chir Main* 13: 240-6
18. Higgins JP, Fisher S, Serletti JM, Orlando GS (2002) Assessment of nerve graft donor sites used for reconstruction of traumatic digital nerve defects. *J Hand Surg* 27A: 286-92

19. Ettelson CD (1984) Lateral antebrachial cutaneous nerve as a graft for digital nerve. *J Hand Surg* 9A: 767
20. Restrepo Y, Merle M, Petry D, Michon J (1985) Empty perineurial tube graft used to repair a digital nerve: a first case report. *Microsurg* 6: 73-7
21. Stahl S, Rosenberg N (1999) Digital nerve repair by autogenous vein graft in high-velocity gunshot wounds. *Mil Med* 164: 603-4
22. Kosutic D, Krajnc I, Pejkoivic B, Solman L (2009) Autogenous digital artery graft for repair of digital nerve defects in emergency hand reconstruction: two-year follow-up. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 62: 553
23. Foucher G, Braun JB, Merle M, Sibilly A (1978) The "skin kite flap". *Ann Chir* 32: 593-6
24. Foucher G, Merle M, Debry R (1982) The reversed de-epithelialized flap. *Ann Chir Main* 1: 355-7
25. Merle M, Dap F, Foucher G, Bouchon Y, Michon J (1984) Reimplantation and revascularization of the thumb. Technical problems and results. Apropos of 125 cases. *Chirurgie* 110: 255-65
26. Foucher G (1996) Reconstruction surgery after traumatic amputation of the thumb. *Ann Chir Plast Esthet* 41: 197-207
27. Foucher G, Citron N, Merle M, Dury M (1986) Revascularization of digital avulsion injuries caused by rings. *Ann Chir Main* 5: 256-9
28. Schoofs M, Leps P, Millot F, Migaud H (1990) Review of 30 digital ring avulsions. *Ann Chir Main* 9: 245-51
29. Segret J, Barbary S, Petry D, Dautel G (2008) Primary ray resection as an alternative to microsurgical replantation in the management of ring finger avulsion. *Chir Main* 27: 202-7
30. Foucher G (1986) Distal replantation. *J Hand Surg* 11A: 456-7
31. Dautel G, Barbary S (2007) Mini replants: fingertip replant distal to the IP or DIP joint. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 60: 811-5
32. Tsai TM, McCabe SJ, Maki Y (1989) A technique for replantation of the finger tip. *Microsurg* 10: 1-4
33. Zhang X, Wen S, Wang B, Wang Q, Li C, Zhu H (2008) Reconstruction of circulation in the fingertip without vein repair in zone I replantation. *J Hand Surg* 33A: 1597-601
34. Faivre S, Lim A, Dautel G, Duteille F, Merle M (2003) Adjacent and spontaneous neurotization after distal digital replantation in children. *Plast Reconstr Surg* 111: 159-65
35. Hattori Y, Doi K, Sakamoto S, Yamasaki H, Wahegaonkar A, Addosooki A (2007) Fingertip replantation. *J Hand Surg* 32A: 548-55
36. Nichter LS, Haines PC, Edgerton MT (1985) Successful replantation in the face of absent venous drainage: an experimental study. *Plast Reconstr Surg* 75: 686-91
37. Golden MA, Quinn JJ, Partington MT (1995) Leech therapy in digital replantation. *Aorn J* 62: 364-6
38. Lee BI, Chung HY, Kim WK, Kim SW, Dhong ES (2000) The effects of the number and ratio of repaired arteries and veins on the survival rate in digital replantation. *Ann Plast Surg* 44: 288-94
39. Yokoyama T, Hosaka Y, Takagi S (2007) The place of chemical leeching with heparin in digital replantation: subcutaneous calcium heparin for patients not treatable with systemic heparin. *Plast Reconstr Surg* 119: 1284-93
40. Baudet J (1991) The use of leeches in distal digital replantation. *Blood Coagul Fibrinolysis* 2: 193-6

41. Ikeda K, Morikawa S, Hashimoto F, Tomita K (1994) Fingertip replantation: pre-osteosynthesis vein graft technique. *Microsurg* 15: 430-2
42. Dautel G (2000) Fingertip replantation in children. *Hand Clin* 16:541-6
43. Han SK, Lee BI, Kim WK (2000) Topical and systemic anticoagulation in the treatment of absent or compromised venous outflow in replanted fingertips. *J Hand Surg* 25A: 659-67
44. Phelps DB, Rutherford RB, Boswick JA Jr (1979) Control of vasospasm following trauma and microvascular surgery. *J Hand Surg* 4A: 109-17
45. Evans RA, Sanderson PL, Stanley JK (1992) Reversal of digital vasospasm by glyceryl trinitrate patch. *J Hand Surg* 17B: 357-8
46. Evans GR, Gherardini G, Gurlek A, Langstein H, Joly GA, Cromeens DM *et al.* (1997) Drug-induced vasodilation in an in vitro and in vivo study: the effects of nicardipine, papaverine, and lidocaine on the rabbit carotid artery. *Plast Reconstr Surg* 100: 1475-81
47. Frick A, Baumeister RG, Wohllaib U (1993) Free flap survival improved by prostacyclin analogues. *Microsurg* 14: 464-7
48. van Adrichem LN, Hovius SE, van Strik R, van der Meulen JC (1992) The acute effect of cigarette smoking on the microcirculation of a replanted digit. *J Hand Surg* 17A: 230-4
49. Heistein JB, Cook PA (2003) Factors affecting composite graft survival in digital tip amputations. *Ann Plast Surg* 50-3: 299-303
50. Ruopisa N, Kujala S, Kaarela O, Ohtonen P, Ryhanen J (2009) Wireless Infrared Thermometer in The Follow-Up Of Finger Temperatures. *J Hand Surg E*
51. Lu SY, Chiu HY, Lin TW, Chen MT (1984) Evaluation of survival in digital replantation with thermometric monitoring. *J Hand Surg* 6A: 805-9
52. Durlik M, Benichoux R, Mainard D, Merle M (1989) Laser-Doppler versus fluorometry in the postoperative assessment of a cutaneous free flap. *Microsurg* 10: 170-4

Cas particuliers : syndromes des loges

A. Kilinc et C. Dumontier

Introduction

Le syndrome des loges ou syndrome compartimentaire correspond à l'ischémie d'un ou plusieurs muscles d'une même loge ostéo-aponévrotique par compression dans une loge inextensible. Les causes sont multiples, internes (hématome ou tout autre processus expansif au sein de la loge) ou externes (brûlures, pansement, garrot ou plâtre trop serré ou toute autre compression extrinsèque). Il s'agit d'une urgence thérapeutique chirurgicale nécessitant une aponévrotomie chirurgicale. L'évolution en l'absence de traitement approprié se fait vers la nécrose musculaire (et/ou nerveuse) avec rétraction secondaire responsable de séquelles fonctionnelles (syndrome de Volkmann...) et esthétiques importantes. À côté des formes aiguës habituellement post-traumatiques, on distingue des formes chroniques résultants d'effort prolongé, qui sont l'apanage des sportifs.

Anatomie

Une loge musculaire est un espace cloisonné par des parois non extensibles (os, aponévroses, cloisons intermusculaires) et contenant un ou plusieurs muscles et, en général, les structures vasculo-nerveuses de passage.

À l'avant-bras

On distingue trois loges (fig. 1).

La loge antérieure contient les : *flexor pollicis longus*, *flexor carpi radialis*, *flexor carpi ulnaris*, *flexor digitorum superficialis*, *flexor digitorum profundus* et *palmaris longus*. La loge antérieure est parfois séparée en loge profonde (*pronator quadratus* et *flexor pollicis longus*) et loge superficielle. Cette différence ne semble pas avoir de conséquences en pratique.

La loge postérieure contient les : *extensor pollicis brevis*, *extensor carpi ulnaris*, *extensor digiti minimi* et *extensor digitorum communis*.

La loge externe (ou « mobile wad » des Anglo-Saxons) comprend les : *brachio-radialis* et *extensor carpi radialis longus* et *brevis*.

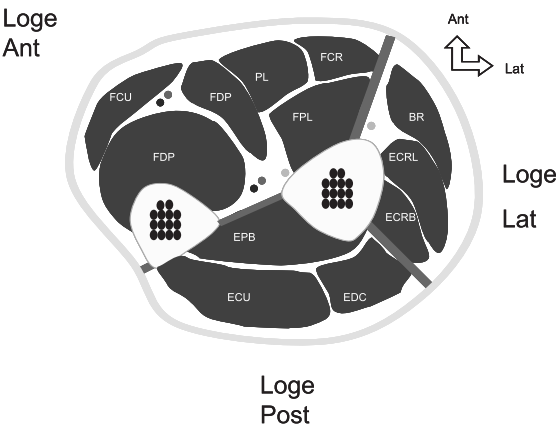


Fig. 1 – On distingue trois loges à l'avant-bras (antérieure, postérieure et latérale).

À la main

On distingue dix loges différentes (fig. 2) : quatre loges pour les interosseux dorsaux, trois loges pour les interosseux palmaires, une loge thénarienne comprenant les muscles *opponens pollicis*, *abductor pollicis brevis* et *flexor pollicis brevis*, un compartiment pour l'adducteur du pollicis, une loge hypothénarienne.

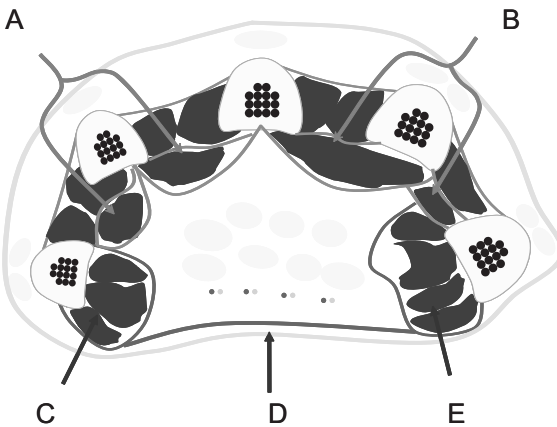
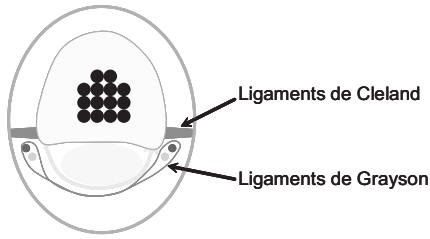


Fig. 2 – Au niveau de la main, on distingue dix loges différentes, quatre loges interosseuses dorsales, trois loges interosseuses palmaires, la loge thénar, le compartiment de l'adducteur du pouce et la loge hypothénar. On pratique deux incisions dorsales (A et B) en regard des 2^e et 4^e métacarpiens pour ouvrir les loges interosseuses et la loge de l'adducteur du pouce. Les loges hypothénar et thénar sont ouvertes par des incisions palmaires (C et E). L'ouverture du canal carpien est classique (D).

Aux doigts

Il n'y a pas de loge musculaire proprement dite (pas de muscles dans les doigts) ; cependant, les ligaments de Cleland et de Grayson qui entourent les pédicules latéralement (fig. 3) permettent de séparer un compartiment palmaire (fléchisseur) et un compartiment dorsal (extenseur). La faible élasticité de la peau rend les pédicules très sensibles à une augmentation de pression (injection à haute pression, morsures de serpent, etc.).

Dorsal



Palmaire

Fig. 3 – Il n'y a pas de loge véritable mais on distingue de compartiments séparés par les ligaments de Cleland et Grayson, la peau peu extensible agit comme un fascia en cas d'augmentation importante de la pression dans le doigt.

Physiopathologie

Qu'il soit aigu ou chronique, le syndrome de loge se caractérise par une augmentation de la pression tissulaire moyenne. Plusieurs théories existent et il semble que la diminution du gradient artério-veineux (1) s'accompagne de phénomènes d'ischémie-reperfusion.

L'équation suivante établit une relation entre le débit sanguin local (LBF ou *local blood flow*), la pression artérielle (Pa), la pression veineuse (Pv) et les résistances vasculaires (R) : $LBF = (Pa - Pv) / R$.

Lorsque la pression tissulaire locale augmente, la Pv tissulaire augmente rapidement et s'accompagne d'une diminution du gradient artério-veineux et d'une baisse de la perfusion tissulaire. L'ischémie tissulaire entraîne des lésions cellulaires et un œdème qui diminue encore plus le gradient artério-veineux (fig. 4).

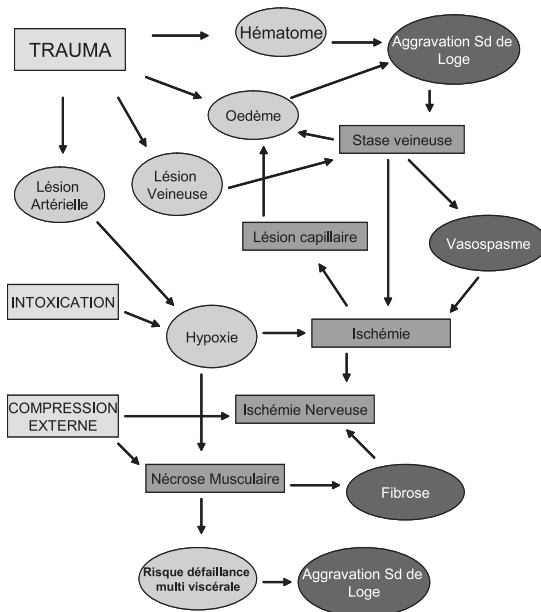


Fig. 4 – Physiologie du syndrome de loge aigu.

Des phénomènes plus complexes ont lieu au niveau cellulaire, en particulier une diminution de l'adénosine triphosphate, une accumulation de Ca^{2+} libre et une activation enzymatique. À un stade plus avancé, la membrane phospholipidique ainsi que les myofibrilles sont détruits, aboutissant à une lyse des myosites et à la libération de toxines dans l'espace extracellulaire. En cas d'absence ou de retard thérapeutique, la nécrose musculaire est inévitable et produit à terme une fibrose responsable de rétractions. Cette nécrose musculaire s'accompagne parfois d'une souffrance nerveuse avec nécrose localisée.

Dans les formes chroniques, il semble que l'effort musculaire s'accompagne d'une augmentation anormale du volume tissulaire ainsi que d'un œdème important. Cependant, il est important de noter que, dans les formes chroniques, les phénomènes douloureux sont totalement réversibles en l'absence de traitement chirurgical tant que la souffrance tissulaire n'a pas été trop importante.

Étiologies

Syndrome de loge aigu

Les causes des syndromes de loges aigus sont nombreuses et peuvent être classés en deux groupes.

Les principales causes de diminution du volume du compartiment sont : garrot trop serré ou maintenu trop longtemps ; pansement, attelle ou plâtre trop serré ; fermeture des hernies musculaires ; allongement des membres ; brûlures étendues ou profondes ; traction excessive appliquée pour réduire les fractures ; point de compression sur alitement prolongé (comas toxiques).

Les principales causes d'augmentation du contenu sont : fracture ; hématome ; revascularisation et replantation ; lésions vasculaires ; toxique (morsure) ; surdosage en anticoagulant, coagulopathie ; infection ; rhabdomyolyse ; injection sous pression ; syndrome de fuite capillaire.

Syndrome de loge chronique

Au membre supérieur, il survient préférentiellement à l'avant-bras et sont l'apanage des sportifs (cyclistes, motards, véliplanchistes, golf, tennis, etc.), des motards ou des musiciens.

Diagnostic clinique

Le diagnostic de syndrome de loge aigu est clinique et impose la réalisation en urgence d'une aponévrotomie.

Forme aiguë

Le symptôme le plus important est la douleur chez les patients vigiles. Il s'agit d'une douleur persistante, s'aggravant progressivement et sans proportion par rapport au traumatisme ou à la lésion initiale. La douleur est résistante au traitement antalgique et non soulagée par l'immobilisation ou la surélévation du membre (la surélévation a tendance à diminuer le gradient artério-veineux tissulaire et la souffrance tissulaire). La douleur est augmentée par l'extension passive des muscles concernés (tableau I) et peut après plusieurs heures diminuer du fait de l'ischémie nerveuse.

Tableau I – Examen des loges au membre supérieur.

<i>Loge</i>	<i>Douleur passive à la mobilisation</i>
Loge antérieure avant-bras Loge postérieure avant-bras Interosseux	Extension des doigts Flexion des doigts Abduction ou adduction des doigts Flexion des interphalangiennes MCP en extension
Loge thénar Loge de l'adducteur du I Loge hypothénar	Abduction du pouce Adduction du pouce Extension et adduction du 5 ^e doigt

À l'examen, il existe une tension importante à la palpation des loges (loge dure comme du bois), la peau est rouge, parfois siège de phlyctènes ou de marbrures. Les signes neurologiques (paresthésie, hypoesthésie et paralysie) doivent être systématiquement recherchés. L'hypoesthésie est un signe précoce, fiable et oriente la topographie de la compression. Autant les troubles musculaires sont difficiles à analyser si une fracture est la cause du syndrome de loge, autant les troubles sensitifs peuvent être testés dans pratiquement toutes les étiologies. La disparition de la sensibilité au diapason 256 Hz est un signe précoce, mais, en l'absence habituelle de diapason, les troubles de la sensibilité au test des deux pointes de Weber, ou la perte de sensibilité subjective du « Ten test » (2) sont des éléments cliniques importants et fiables. Au stade initial, les pouls sont perçus (les artères de gros calibres sont entre les loges), mais lorsque le diagnostic n'a pas été porté suffisamment tôt et que les lésions tissulaires sont importantes les pouls disparaissent.

Formes cliniques

Sujet dans le coma

Le risque de méconnaissance est important. L'examen clinique doit être régulier et il faut palper la tension des loges musculaires chez tout sujet à risque. La mesure des pressions dans les différentes loges doit être systématique au moindre doute. Un monitoring des pressions dans les loges est également possible. L'existence de lésions phlycténulaires en miroir (notamment lors des tentatives d'autolyse) est un signe important qui oriente vers une compression prolongée et doit faire évoquer la possibilité d'un syndrome de loge.

Sujet avec un bloc analgésique

Au moindre doute, le bloc doit être retiré pour examen clinique et éventuellement mesure des pressions.

Formes chroniques (ou claudication intermittente d'effort)

Habituellement, il s'agit d'un sujet jeune (pic entre 20 et 30 ans) sportif ou motard (3, 4). Le patient décrit des douleurs d'effort avec une sensation de lourdeur, crampe ou de compression. La loge antérieure de l'avant-bras est le plus souvent touchée. Ces douleurs apparaissent au cours d'activités sportives avec un intervalle libre et diminuent progressivement à l'arrêt du sport. Des paresthésies occasionnelles peuvent exister. L'examen clinique au repos est normal, la mesure des pressions au cours d'activité sportives permet de porter le diagnostic. L'IRM peut également montrer des anomalies tissulaires.

Examens complémentaires

Qu'il soit aigu ou chronique, le diagnostic de syndrome de loge est clinique. Les examens complémentaires sont réservés aux formes douteuses ou au sujet dans le coma ou sous bloc analgésique. Tout retard diagnostique est source de séquelles fonctionnelles et esthétiques.

Différentes techniques de mesure des pressions ont été décrites (*wick catheter*, *slit catheter*). L'utilisation d'un dispositif standardisé du commerce « STIC Cathether® » ou *solid state transducer intracompartmental catheter* est un moyen fiable et rapide (fig. 5) de mesure (5, 6). La pression doit être mesurée dans toutes les loges.

Dans les formes aiguës, une valeur absolue ≥ 30 mmHg est en faveur d'un syndrome des loges. Une valeur supérieure de 20 mmHg à la pression du côté controlatéral est considérée comme pathologique (7).



Fig. 5 – Dispositif de mesure des pressions Stryker®.

Dans les formes chroniques, la mesure peut être sensibilisée par un exercice physique. Une valeur de repos ≥ 15 mmHg ou une mesure prise 1 minute après un effort ≥ 30 mmHg ou ≥ 20 mmHg 5 minutes après l'effort sont pathologiques (8).

L'IRM et l'angio-IRM ne doivent pas retarder le traitement. Elles peuvent montrer l'ischémie tissulaire dans les formes aiguës et l'œdème dans les formes chroniques (9).

Complications

Les complications sont d'autant plus graves que le traitement est entrepris tardivement ou que l'aponévrotomie est insuffisante.

Le syndrome de Volkmann est caractéristique (10, 11). Il correspond à une rétraction ischémique et à une fibrose des muscles fléchisseurs (le plus souvent fléchisseurs profond). Les déformations dépendent de l'importance de la fibrose et du groupe musculaire touché mais, le plus souvent, on constate l'association de griffes digitales (hyperextension des MCP et flexion des interphalangiennes) et une flexion du poignet. L'avant-bras est parfois en pronation marquée.

La défaillance multiviscérale fait suite à une rhabdomyolyse. Elle est plus fréquente au membre inférieur dans les suites d'un syndrome de loge de jambe qu'au membre supérieur.

Les autres complications sont : l'infection, la myonécrose calcifiante, l'ischémie et la nécrose digitale.

Traitement

Prévention

Elle est capitale. Il faut éviter les pansements et plâtres trop serrés ; éviter les points de compression lors de l'installation chirurgicale ; éviter de garder un garrot trop longtemps ; éviter de trop surélever les membres ; surveiller parti-

culièrement les sujets dans le coma, les patients sous bloc analgésique, les enfants traités pour fracture de la palette humérale.

Aponévrotomie

Il n'y a pas de place pour un traitement médical du syndrome de loge, le seul traitement curatif est chirurgical par aponévrotomie. Elle est réalisée en urgence au bloc opératoire idéalement dans les 6 heures après le début de la symptomatologie.

Dans la technique à l'avant-bras à ciel ouvert, l'aponévrotomie débute par l'ouverture de la loge antérieure. Celle-ci est le plus souvent atteinte et son ouverture suffit habituellement à décompresser les loges dorsales et externes. Il faut pratiquer une incision antérieure (fig. 6) type voie de Henry (7), mais penser à adapter son dessin aux éventuelles lésions sous-jacentes (ne pas découvrir une plaque d'ostéosynthèse par exemple). À la partie proximale, le *lacertus fibrosus* est réséqué, afin de décompresser le nerf médian et l'artère brachiale puis l'aponévrose antébrachiale est ouverte de haut en bas. Les nerfs médian et ulnaire sont libérés. Le canal carpien est ouvert afin de compléter la libération du nerf médian. Toutes les enveloppes musculaires sont ensuite ouvertes. Après avoir ouvert la loge antérieure, la loge postérieure est palpée et la pression éventuellement mesurée. En cas de compression résiduelle ou en cas de doute, la loge est ouverte par une voie postérieure. L'incision s'étend sur une ligne allant de l'épicondyle latéral à l'articulation radio-ulnaire distale. L'aponévrose est ouverte en respectant le rétinaculum des extenseurs. Exceptionnellement, il est nécessaire d'ouvrir le compartiment externe par une courte incision le long du brachio-radialis. En fin d'intervention, un surjet d'attente est placé. Celui-ci est progressivement tendu dès diminution de l'œdème. Des pansements gras sont pratiqués toutes les 24-48 heures et le membre est immobilisé dans une attelle souple et non compressive. Le recours à une greffe de peau peut également être nécessaire.

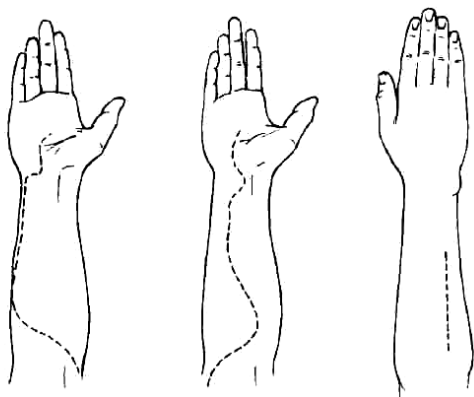


Fig. 6 – Incisions à l'avant-bras. Pour pratiquer l'aponévrotomie de la loge antérieure, on pratique une voie de Henry (\pm curviligne selon qu'une structure sous-jacente ne doit pas être découverte, comme dans le cas d'une fracture synthésée par exemple). Le canal carpien doit également être ouvert. Pour la loge postérieure, l'incision est dorsale de l'épicondyle latéral à l'articulation radio-ulnaire distale (7).

À la main, l'aponévrotomie est pratiquée à l'aide de quatre incisions. Les loges thénarienne et hypothénarienne sont ouvertes par des incisions respectivement sur le bord radial du 1^{er} et sur le bord ulnaire du 5^e métacarpien (fig. 7). Pour décompresser les espaces interosseux, il faut pratiquer deux voies dorsales longitudinales en regard des 2^e et 4^e métacarpiens (fig. 2). La loge de l'adducteur du pouce est ouverte par la voie dorsale en regard du 2^e métacarpien. Le canal carpien est systématiquement ouvert par une incision palmaire standard.

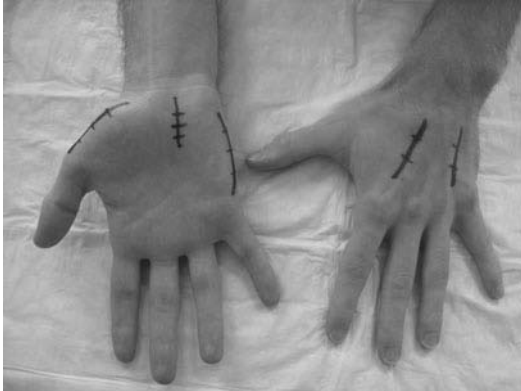


Fig. 7 – Incisions à la main.

Aux doigts, on pratique des voies latérales, sur le bord ulnaire des 2^e et 3^e rayons et sur le bord radial des 1^{er}, 4^e et 5^e doigt.

Le traitement endoscopique est réservé aux formes chroniques. Il consiste à ouvrir sous contrôle endoscopique les loges antérieure et postérieure à l'aide d'un ancillaire spécifique (fig. 8) (12).

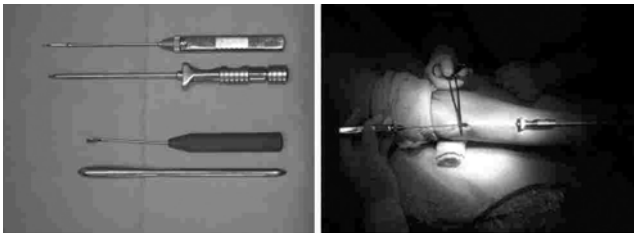


Fig. 8 – Traitement endoscopique du syndrome de loge (12).

Références

1. Shrier I, Magder S (1995) Pressure-flow relationships in vitro model of compartment syndrome. *J Appl Physiol* 79: 214-21
2. Strauch B, Lang A, Ferder M, Keyes-Ford M, Freeman K, Newstein D (1997) The ten test. *Plast Reconstr Surg* 99: 1074-8
3. Detmer DE, Sharpe K, Sufit RL, Girdley FM (1985) Chronic compartment syndrome: diagnosis, management, and outcomes. *Am J Sports Med* 13: 162-70
4. Kouvalchouk JF, Watin Augouard L, Dufour O, Coudert X, Paszkowski A (1993) Chronic stress-related compartment syndrome of the forearm. *Rev Chir Orthop* 79: 351-6
5. Moed BR, Thorderson PK (1993) Measurement of intracompartmental pressure: a comparison of the slit catheter, side-porting needle, and simple needle. *J Bone Joint Surg* 75A: 231-5
6. McDermott, Marble AE, Yabsley RH (1984) Monitoring acute compartment pressures with the S.T.I.C. catheter. *Clin Orthop Relat Res* 190: 192-8
7. Whitesides TE, Heckman MM (1996) Acute Compartment Syndrome: Update on Diagnosis and Treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 4: 209-18
8. Pedowitz RA, Hargens AR, Mubarak SJ, Gershuni DH (1990) Modified criteria for the objective diagnosis of chronic compartment syndrome of the leg. *Am J Sports Med* 18: 35-40
9. Van den Brand JG, Nelson T, Verleisdonk EJ, van der Werken C (2005) The diagnostic value of intracompartmental pressure measurement, magnetic resonance imaging, and near-infrared spectroscopy in chronic exertional compartment syndrome: a prospective study in 50 patients. *Am J Sports Med* 33: 699-704
10. Seddon HJ (1956) Volkmann's contracture: treatment by excision of the infarct. *J Bone Joint Surg* 38B: 152-74
11. Von Volkmann R (2007) Ischaemic muscle paralyses and contractures. 1881. *Clin Orthop Relat Res* 456: 20-1
12. Fontes D, Clement R, Roure P (2003) Endoscopic aponeurotomy for chronic exertional compartmental syndrome of the forearm: report of 41 cases. *Chir Main* 22: 186-96

Cas particulier : syndrome de Secrétan

S. Facca, M.-C. Welby-Geraud et P. Liverneaux

Historique

C'est au médecin suisse Henri-François Secrétan (1856-1916) que l'on doit la première description de l'« œdème dur du dos de la main » (1). C'est dans un contexte social particulier, entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle en Suisse, qu'il est amené à décrire le syndrome dit de Secrétan. Cette période correspond à l'apparition des premières assurances en Suisse. Ces assurances dites « obligatoires » sont instituées tout d'abord par des compagnies privées, puis par la Caisse nationale suisse d'Assurance (2). C'est ainsi que, grâce à ces premières assurances, les ouvriers suisses victimes d'accident du travail peuvent être indemnisés : leurs soins sont entièrement pris en charge, une indemnité chômage égale à 100 % du salaire leur est délivrée, puis une prime d'invalidité peut leur être reversée. Plus tard, une seconde assurance entra en vigueur en 1918 et fixa l'indemnité chômage à 80 % du salaire (2, 3).

C'est dans le cadre de première couverture sociale offerte aux travailleurs suisses que Secrétan, médecin des accidents, va observer et décrire cette pathologie. La période de la fin du XIX^e et le début du XX^e siècle correspondent également à la période dite des « grands travaux » en Europe. Ainsi, en 1898, la construction du tunnel du Simplon entre la Suisse et l'Italie débute dans des conditions très difficiles. Ce tunnel de 18 903 mètres fut achevé en 1905, et on décompta un total de 67 morts durant les travaux. Il fut littéralement creusé « à la main », par 4 000 ouvriers suisses et par près de 10 000 ouvriers italiens. Ces employés avec un niveau de vie bas sont alors nouvellement assurés. Ils peuvent ainsi, suite à un accident, prétendre au chômage, puis se retrouver invalides et riches.

Le premier cas fut décrit en 1899. Secrétan décrira au total plus de 42 cas. Les victimes d'accident de travail, suite à un choc direct ou une chute de pierres sur le dos de la main, sont alors traités par repos, bains, applications diverses de topiques et arrêt de travail.

Classiquement, le patient décrit initialement des douleurs, associées à une impotence des doigts, un manque de force et surtout à un œdème du dos de la main. Cet œdème est caractérisé par son induration (1), sa localisation à la main gauche le plus souvent et par l'absence de fractures, plaies ou d'ecchymoses initiales associées (3). Son évolution est longue et non régressive. L'incapacité de travail dure généralement plusieurs mois (8 à 12 mois), le

patient désirant « chômer » jusqu'à guérison parfaite (1, 2). En Suisse, le salaire du chômage est alors équivalent à celui du travail. Assez vite, il apparaît que l'assuré provoquerait ou entretiendrait lui-même ses lésions pour retarder la reprise au travail. Un bon nombre de cas obtiennent l'« invalidité ». Puis les patients disparaissent et leur tuméfaction finit aussi spontanément par disparaître.

Parallèlement, en 1903, un chirurgien genevois, Eugène Patry (1866-1934), publie 48 observations dans une mise au point (4). Les ouvriers italiens présentent tous les mêmes symptômes que ceux décrits par Secrétan, le plus souvent à la main gauche (ou main non dominante). Des courriers sont envoyés à l'assurance maladie suisse concernant quelques ouvriers suspectés de fraudes à l'assurance : les accidents seraient simulés ou aggravés pour obtenir une source de revenus, une fois le chantier touchant à sa fin. Patry remarque des traces de ligatures à l'avant-bras. Trois d'entre eux ont intenté un procès à l'Assurance maladie mais ont été déboutés. Patry incise l'« œdème » sur deux patients à 6 et 8 semaines de l'accident : l'exsudat recueilli est composé de sang, « petites hémorragies fraîches » dues aux tapotements répétés, alors qu'aucune ecchymose ou aucun hématome n'avait été constaté auparavant (3). Il tente d'appliquer des contentions plâtrées, qui sont fréquemment mal supportées, soit cassées, soit mouillées, voire ôtées (3). Il arrive à recueillir le témoignage d'un patient qui raconte avoir enroulé sa main dans un linge, l'avoir posée sur un plan dur puis l'avoir frappée plusieurs fois avec un objet tenu dans sa main dominante (droite le plus souvent).

Cas clinique

Dans notre service, nous avons été amenés à prendre en charge Monsieur X., âgé de 38 ans, chauffeur-routier et droitier. Il s'est présenté aux urgences suite à un choc à la face dorsale de la main gauche dans le cadre d'un accident de travail. Un œdème du dos de la main sans hématome initial associé a été constaté et le bilan radiologique n'a pas retrouvé de fracture de la main ou du poignet (fig. 1). Une immobilisation par attelle plâtrée en position neutre du poignet a été mise en place. Lors du contrôle à une semaine, on constata une persistance des douleurs, de l'œdème de la main et l'apparition d'un nouvel hématome jaune violacé en regard de la face dorsale de la première commissure (fig. 2). Une échographie de la première commissure a été demandée. Cet examen n'a retrouvé ni hématome ni anomalies des muscles de la première loge commissurale (figs. 3 et 4). L'aspect et le signal au Doppler des veines et de l'artère radiale étaient normaux.

Les douleurs et l'hématome persistèrent au-delà de 2 mois, malgré les séances de drainage lymphatique, de balnéothérapie, d'applications de pansement humides et de topiques AINS. Le patient a été convoqué en consultation multidisciplinaire et un premier diagnostic de syndrome des loges chronique

a été évoqué. Une prise des pressions a été effectuée, les pressions des loges dorsale et antérieure au niveau de la première commissure de la main gauche étaient identiques au côté controlatéral. Le diagnostic de syndrome de Secrétan a alors été évoqué et une immobilisation type brachial-antébrachial (BAB) en plâtre réalisée. Après 10 jours, le patient était convoqué en consultation. On constata alors que le plâtre était en mauvais état, présentant de multiples points d'impacts de martèlements, agrandi en proximal comme en distal par le patient qui reconnut qu'il se sentait trop serré. L'hématome jaune violacé de la première commissure était toujours présent, ainsi que l'œdème dur après ablation de l'immobilisation (fig. 5).



Fig. 1 – Radiographie de face normale de la main gauche.

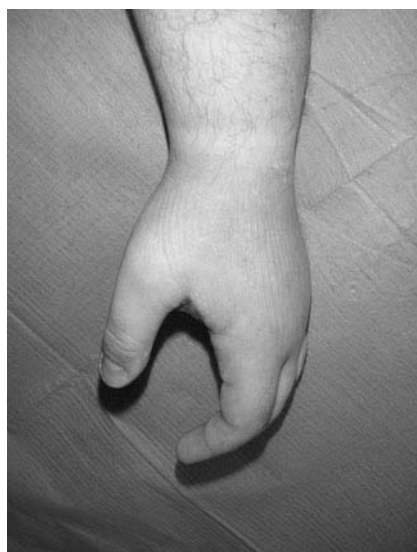


Fig. 2 – Photographie de la main gauche, avec hématome sur la face dorsale de la première commissure.

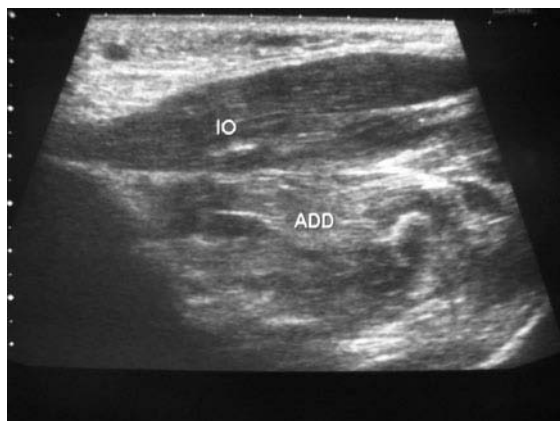


Fig. 3 – Échographie de la première commissure de la main gauche sans hématome constaté autour du muscle interosseux (IO), aspect du tendon court adducteur du pouce en continuité.

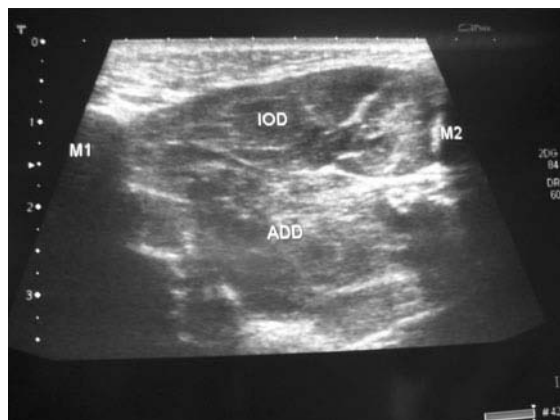


Fig. 4 – Échographie de la première commissure de la main gauche avec un aspect normal du muscle interosseux dorsal (IOD) et du tendon court adducteur du pouce entre le premier métacarpien (M1) et le second métacarpien (M2).



Fig. 5 – Photographie de la main gauche après ablation de l'immobilisation brachio-anté-brachiale plâtrée, un hématome au niveau de la première commissure persiste ainsi qu'un œdème à la face dorsale de la main.

Une nouvelle immobilisation type BAB a été confectionnée en résine. Une quinzaine de jours plus tard, la résine était intacte, mais on constata des stries à la base de doigts et des hématomes qui avaient migré à la face dorsale des premières phalanges des doigts (fig. 6). Les périmètres de la main et du poignet gauches restaient inchangés (1 cm de plus) par rapport au côté controlatéral. Une dernière contention type BAB en résine occluant les doigts en position intrinsèque plus et interdisant tout accès aux doigts ou au à la main était confectionnée (fig. 7). À l'ablation, il n'existait plus d'hématome, et l'œdème dur du dos de la main avait régressé. Un certificat final de consolidation concernant son accident de travail était rédigé et le patient orienté auprès de nos confrères psychiatres. Le patient ne s'est plus représenté au service SOS Main et n'a pas consulté en psychiatrie.



Fig. 6 – Photographie de la main gauche après ablation de l'immobilisation brachio-antébrachiale en résine, avec hématomes au niveau de la face dorsale des premières phalanges.



Fig. 7 – Dernière contention antébrachiale en résine occluant les doigts.

Profil psychologique

Le syndrome de Secrétan relève d'un trouble des conduites comportementales de type simulation. Le simulateur présente au médecin une lésion auto-infligée et auto-entretendue, en mentant délibérément. Ce mensonge a pour but d'obtenir un bénéfice direct généralement matériel (une pension, une dispense, etc.). Il ne veut reprendre son travail que lorsqu'il sera « complètement guéri », c'est-à-dire pas avant la disparition totale de l'œdème induré. Or, cette induration étant auto-entretendue, si le médecin erre dans son diagnostic et dans ses traitements, la durée d'arrêt de travail peut se prolonger des mois voire déboucher sur une reconnaissance d'invalidité. La personnalité des simulateurs est marquée notamment par la tendance à tromper son prochain, le manque de remords, le mépris pour sa propre sécurité, l'incapacité répétée à maintenir un emploi stable et l'impossibilité de se conformer aux normes sociales. Elle est à rapprocher de la personnalité antisociale et relève du registre de la perversion.

La simulation fait partie du groupe des pathologies de la dissimulation (*dissimulating disorders*) qui comprend les troubles factices (pathomimie), la simulation, et les troubles somatoformes (conversion) (5, 6). Le tableau I rappelle les principales caractéristiques de ces troubles. Il faut donc distinguer la simulation de la pathomimie et de la conversion. La pathomimie se définit comme un trouble factice, provoqué dans un état de conscience claire par le patient lui-même (ce qui n'est pas le cas dans la conversion où le mécanisme est inconscient). Tout comme dans la simulation, la responsabilité du pathomime dans l'apparition des lésions est donc dissimulée aux soignants successivement interpellés, mais contrairement aux simulateurs, il n'y a pas de motif rationnel précis à l'origine de sa conduite (7). Le but n'est pas directement utilitaire, mais plutôt psychologique : lancer un défi au corps médical par exemple, ou être simplement l'objet de leur intérêt, alors que le simulateur est à la recherche de bénéfices concrets.

Tableau I – Principales caractéristiques des troubles psychiatriques à la main.

Pathologie	Production	Motivation
Simulation	Consciente	Consciente
Pathomimie	Consciente	Inconsciente
Conversion	Inconsciente	Inconsciente

La difficulté pour les praticiens est de démasquer ces simulateurs et d'envisager que des patients puissent leur mentir délibérément et provoquer leurs lésions. C'est pourquoi il est judicieux de mettre en place une prise en charge globale : consultations et staffs pluridisciplinaires, étude de la personnalité du patient, longue observation de ses réactions face à la contention plâtrée, puis

face à la reprise de travail. Il faut également se renseigner sur ses conditions de travail, sa couverture sociale ou par des assurances privées.

Diagnostic

Le diagnostic du syndrome de Secrétan est difficile pour deux raisons. D'une part, le syndrome de Secrétan est peu fréquent, souvent méconnu (décrit initialement il y a plus d'un siècle) (1, 2, 4). D'autre part, le patient cache l'étiologie de ses lésions et son automutilation à ses thérapeutes. Ainsi, lors de la prise en charge, bien souvent une escalade d'examens à visée diagnostic s'engage, suivie peu à peu d'une escalade de solutions thérapeutiques. Mais au fur et à mesure que les examens complémentaires apparaissent négatifs, le contexte socio-professionnel et d'escroquerie possible à l'assurance ainsi que le profil psychologique particulier du patient doivent alerter le chirurgien qui finira par évoquer le diagnostic.

Trois mécanismes inducteurs de l'œdème dur de la main sont décrits : le plus souvent, il s'agit de tapotements quotidiens par le patient, sur sa main enveloppée préalablement dans un linge ou dans le plâtre, avec une bouteille par exemple ; l'œdème peut être aussi la conséquence de ligatures au niveau du poignet ou de l'avant-bras, on constate alors des sillons de striction ; enfin, plus rarement, l'œdème peut être secondaire à des injections d'acides sous-cutanées (3).

Plusieurs diagnostics différentiels doivent être écartés : contusion, fracture, syndrome de loge, algodystrophie, infection, inflammation, thrombose veineuse superficielle, lymphoedème, œdème angio-neurotique, par différents examens complémentaires. Un avis dermatologique et phlébologique avec écho-Doppler (8, 9) peut être indiqué pour infirmer diverses pathologies. Enfin, un suivi psychologique doit être initié pour cerner le profil du patient, rechercher l'autoentretien des lésions (tapotements répétés), et discuter des conditions de travail pour comprendre les raisons qui ont poussé ce patient à agir ainsi...

Parallèlement, le chirurgien doit étayer son diagnostic d'œdème factice autoentretenu (10, 11) par le suivi régulier de la contention inamovible (d'abord plâtrée puis en résine) et de son effet sur la main. L'aspect typique et les photographies des différentes immobilisations et de l'aspect de la main après ablation vont l'y aider. Certains auteurs ont même décrit dans la littérature un subterfuge diagnostique qui consiste à ajouter des bris de morceaux de verres entre le coton et les couches de plâtre, pour constater des microlésions cutanées, si le patient a martelé régulièrement son plâtre. Des photographies des hématomes parfois migrants, des lésions des stries de strangulation, des plâtres cassés, fissurés ou agrandis doivent figurer dans le dossier médical.

Une première immobilisation « test » par plâtre doit être confectionnée. Le chirurgien constate que, malgré l'immobilisation, les lésions persistent et que

le plâtre est endommagé. Le plâtre est en effet une matière souple sur laquelle le patient peut frapper de façon douce mais régulière. Si l'immobilisation est trop courte, il peut introduire distalement et/ou proximale des corps étrangers ou des objets contendants (aiguilles à tricoter) toujours dans l'optique d'entretenir ses lésions.

Seule une contention de type BAB rigide en résine occluant les doigts permet souvent de constater la disparition des lésions (hématomes et œdème), que l'on photographiera pour clôturer le dossier d'accident de travail.

Traitement

Prise en charge orthopédique

Une fois le diagnostic de syndrome de Secrétan évoqué, la contention aide à poser le diagnostic et à faire disparaître l'œdème. Il n'y a aucune place au traitement chirurgical chez ces patients simulateurs ni pour exciser l'œdème, ni pour faire des prélèvements anatomopathologiques (3, 4, 12). En revanche, le suivi psychiatrique doit démarrer parallèlement au suivi chirurgical. Le traitement des patients présentant ces œdèmes durs du dos de la main reste long et difficile, d'autant que le patient est peu compliant et ne reconnaît pas sa participation à l'entretien des lésions.

Seule une immobilisation en résine (matière plus rigide) et longue, type BAB, du niveau axillaire jusqu'aux doigts occlus en position intrinsèques plus, permet d'éviter l'autoentretien des lésions. La disparition des lésions témoigne de la guérison et permet d'envisager la consolidation. Toutefois, le patient ôte parfois son immobilisation. Il faut alors se doter de patience et de bienveillance (3).

Prise en charge psychiatrique

Face à ces simulateurs escrocs, la psychiatrie a peu de réponses à apporter à la prise en charge thérapeutique. Elle permet certes de confirmer les soupçons du chirurgien qui peut mettre en place une immobilisation comme décrite précédemment, empêchant l'autoentretien des lésions mais bien vite, comme il en a été question dans le cas de Monsieur X., le patient une fois démasqué se tient à distance du corps médical, dont il n'attend désormais plus aucun bénéfice. Les médecins qui se sentent abusés doivent résister à la tentation d'adjoindre des bris de verre au plâtre en raison du risque iatrogène. Un éclairage psychiatrique peut aider le chirurgien à maîtriser une attitude de rejet et d'agressivité à l'égard de son patient.

Conclusion

Le syndrome de Secrétan est une maladie aux frontières des affections psychiatriques et traumatiques, mais que tout chirurgien de la main, même au XXI^e siècle, peut être amené à rencontrer au cours de sa carrière. Même si les conditions de travail des patients et le régime de couverture sociale ont évolué, la description et le type des lésions provoquées par l'automutilation restent identiques un siècle plus tard. Le chirurgien se retrouve confronté au problème de diagnostic puis de traitement. Il s'agit, dans un premier temps, de poser le diagnostic, après avoir éliminé d'autres pathologies sous-jacentes. Dans un second temps, il faut mettre en œuvre un traitement efficace qui passe par une prise en charge multidisciplinaire. La contention en résine (plus résistante aux autotapotements quotidiens que le plâtre) peut faire disparaître l'œdème dur et donc permettre de clôturer l'accident de travail. Toutefois, le problème psychiatrique sous-jacent reste entier.

Le syndrome de Secrétan décrit il y a plus de 110 ans est rare, mais reste d'actualité dans la pratique des chirurgiens de la main et dans le contexte des indemnisations d'accidents de travail par l'Assurance maladie.

Références

1. Secrétan HF (1904) Œdème dur traumatique. *Rev Med Suisse Romande* 24: 240-5
2. Secrétan HF (1906) L'assurance contre les accidents. Observations chirurgicales et professionnelles. Librairie Eggimann et Cie, Genève, 3^e Ed, p. 5-18
3. Verdan CE (1991) Œdème dur du dos de la main dit « de Secrétan ». In : *Traité de chirurgie de la main*, Tubiana (ed). Masson, Paris, Tome 4, p. 847-54
4. Patry E (1903) L'œdème dur du dos de la main. *Rev Med Suisse Romande* 23: 326-38
5. Jonas JM, Pope H. (1985) The dissimulating disorders: a single diagnostic entity? *Comprehensive Psychiatry* 26: 58-61
6. Pilowski I (1978) A general classification of abnormal illness behaviour. *Br J Med Psychol* 51: 131-7
7. Consoli SG (1995) Artefacta dermatitis: a general review. *Eur J Dermatol* 5: 5-11
8. Belenger M, Van Der Elst E (1965) Œdème chronique du dos de la main. *Phlébologie*, 18: 69
9. Gromyer AJ, Bruner JM, Dragstedt LR (1968) Closed lymphangoplasty in Secretan's disease. *Ann Surg* 7: 81
10. Bureau H, Decaillet JM, Magalon G (1978) Le syndrome de Secrétan existe-t-il ? *Ann Chir* 32: 571-8
11. Smith RJ (1975) Factitious lymphedema of the hand. *J Bone Joint Surg* 57A: 89
12. Leriche R, Fontaine R (1923) Œdème dur post-traumatique de la main avec impotence fonctionnelle complète. *Lyon Chir* 20: 814

Cas particulier : syndrome du marteau hypothénarien

P.-Y. Milliez

Introduction

On doit le nom du syndrome du marteau hypothénarien (*hypothenar hammer syndrome*) à Conn *et al.* (1) qui l'ont défini, en 1970, mais la première description d'un cas d'ischémie digitale de ce type chez un travailleur de force a été rapportée par Von Rosen (2) en 1934.

Le syndrome du « marteau » fait référence au mécanisme incriminé, puisque les microtraumatismes répétés du talon de la main, utilisé comme un marteau, seraient susceptibles d'entraîner des lésions endothéliales compliquées d'occlusion par thrombose artérielle. La portion ulnaire pathologique concernée mesure 2 à 3 cm, constituée de faux anévrysme au sein d'un segment artériel tortueux, compris entre l'origine de l'artère ulno-palmaire en regard de l'hamulus et la branche collatérale médiale destinée à l'auriculaire, dès sa sortie du canal de Guyon, à un endroit où elle n'est plus « protégée » que par la peau.

C'est ainsi que le syndrome du marteau hypothénarien atteint préférentiellement des hommes jeunes aux professions exposées : travailleurs manuels des travaux publics, maçons, charpentiers ou des sportifs qui subissent des traumatismes directs répétés de la main tels les sports de balle (gardiens de buts), les sports de combats, le cyclisme (VTT), le golf, le tennis, le ski, etc.

Cependant, seule une centaine de cas a été rapportée dans la littérature, témoignant d'une relative rareté de ce syndrome du marteau, pour lequel bon nombre d'auteurs ont évoqué la participation d'une prédisposition constitutionnelle associée à type de dysplasie artérielle.

Modes de découverte

Le plus souvent, c'est la découverte par le patient lui-même d'une masse sensible et pulsatile au bord médial de paume de la main, parfois douloureuse lors du serrage, qui l'amène à consulter.

Il peut aussi s'agir de phénomènes de Raynaud intermittents à type de pâleur, de froideur et d'engourdissements des doigts, ou encore de paresthésies isolées des deux derniers doigts, témoins d'une compression de la branche ulnaire sensitive terminale, voire d'une perte de force au serrage avec amyotrophie variable des intrinsèques (hypothénariens, interosseux et adducteur du pouce) par compression de la branche motrice ulnaire terminale.

Parfois, enfin, les premiers signes témoignent d'une complication à type d'embolies distales avec ischémie dans le territoire des quatre doigts longs, réalisant des aspects soit de faux panaris unguéaux, soit de gangrènes digitales. La notion de tabagisme, de facteurs de risques et d'antécédents vasculaires, doit être recherchée.

Examen clinique

Il doit s'attacher à réaliser un examen complet tant au plan vasculaire que nerveux.

Sur le plan vasculaire, on recherche les pouls radial et ulnaire, le plus souvent conservés. Le test d'Allen permet d'étudier la participation de ces deux axes artériels à la vascularisation de la main ; l'absence totale de revascularisation par l'axe ulnaire témoigne soit de sa thrombose avérée, soit d'une variation anatomique constitutionnelle des arcades vasculaires à la main qui peut aussi être révélée par l'absence totale de participation de l'axe radial. Dans ces cas, on peut déjà envisager la nécessité impérative de restaurer l'axe ulnaire. On recherche systématiquement un souffle au stéthoscope au bord médial de la paume, en s'aidant au besoin d'un stétho-Doppler, sans oublier non plus d'ausculter aussi le cœur et les gros vaisseaux, à la recherche d'une atteinte artérielle plus diffuse.

Sur le plan neurologique, on pratique un examen sensitif objectif comparatif : Semmes-Weinstein, Weber et Dellon, de toutes les pulpes digitales ; puis un examen moteur : testing comparatif de tous les intrinsèques, et force de serrage au JAMAR.

Examens complémentaires

Deux examens sont essentiels.

L'écho-Doppler artériel retrouve le plus souvent des courbes normales pour les artères ulnaire et radiale, mais des anomalies franches pour les artères destinées aux 3^e, 4^e et 5^e doigts. L'échographie peut directement visualiser les variations de calibre artériel, et ainsi le faux anévrisme ou l'aspect sinueux de la portion artérielle concernée.

L'artériographie reste invasive. C'est maintenant plutôt l'angio-IRM ou l'angio-scan qui donneront des renseignements capitaux (figs. 1, 2 et 3) : visualisation directe du faux anévrisme et des anomalies artérielles segmentaires associées avec parfois arrêt net de l'opacification du fait d'une thrombose artérielle. Kaji *et al.* (3) en ont proposé une classification : type 1 : sténose de l'arcade palmaire superficielle (APS) proche de l'hamulus ; type 2a : occlusion de l'APS proche de l'hamulus ; type 2b : occlusion de l'APS et de l'arcade palmaire profonde (APP) proche de l'hamulus ; type 3a : occlusion de l'artère ulnaire au niveau de la partie proximale du poignet ; type 3b : occlusion de l'artère ulnaire près du poignet.

Cet examen permettra aussi d'étudier le type des suppléances vasculaires, la constitution des arcades à la main, et d'éventuelles embolies distales sur les artères digitales ; il ne faudra pas oublier d'analyser les artères sus-jacentes, humérale et sous-clavière.

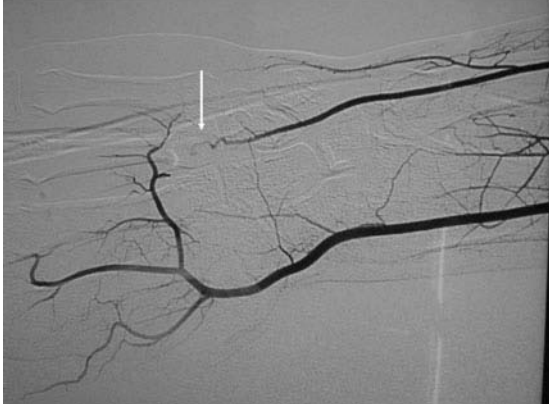


Fig. 1 – Angio-scan au temps précoce. Arrêt net sur l'artère ulnaire en aval de l'hamulus. Pas d'opacification de l'APS.



Fig. 2 – Angio-scan. Artère ulnaire tortueuse en amont du faux anévrisme.



Fig. 3 – Angio-scan au temps tardif. Revascularisation de l'APS.

Finalement, un ECG, éventuellement complété par une échographie transœsophagienne, permettra d'éliminer un trouble du rythme ou une source thromboembolique associés; un bilan de la coagulation recherchera une thrombophilie, avec protéine C et S, antithrombine III, mutation génétique des facteurs II et V et les anticorps anti-cardiolipides.

Traitement

Il est chirurgical, au risque de voir survenir des complications thromboemboliques qui peuvent se solder par des amputations pluridigitales. Bien entendu, il faudra traiter les facteurs de risques associés, arrêter le tabac, et mettre en route un traitement anticoagulant s'il existe des complications emboliques.

Le traitement chirurgical reste controversé, car certains proposent quasi systématiquement une revascularisation de l'axe ulnaire. Cette chirurgie n'est cependant pas dénuée de risques, en particulier pour les pontages, qui risquent de thromboser, et ainsi d'être à leur tour responsables d'embolies digitales. Pour cette raison, il semble préférable de ne réparer cet axe que si la suppléance artérielle est insuffisante.

L'intervention doit comporter une exérèse de toute la zone artérielle pathologique, faux anévrysme et portion ulnaire tortueuse comprises, après avoir placé des clamps « doux » de part et d'autre de la lésion (fig. 4). Si la main reste vascularisée, il faut se contenter d'une ligature artérielle. Dans le cas contraire et au moindre doute, il faut se résoudre à rétablir l'axe ulnaire, soit par suture directe si cela est possible sans tension, soit par pontage veineux, à l'aide d'une veine dorsale de la main de calibre légèrement inférieur à celui de l'artère, au mieux sous microscope.

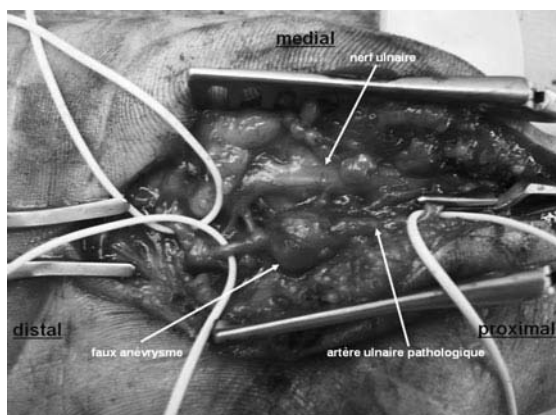


Fig. 4 – Vue opératoire main gauche. Artère cubitale sur lacs.

Un traitement anticoagulant ou antiagrégant sera institué selon les habitudes de l'équipe, le plus souvent pendant 6 mois. Il ne faudra pas oublier d'adresser systématiquement la pièce d'exérèse en anatomopathologie à la

recherche d'une fibro-dysplasie artérielle, même si cette recherche n'est pas toujours contributive. Enfin, pour certaines professions exposées, certains auteurs ont proposé le port systématique de gants de protection.

Références

1. Van Rosen S (1934) Ein Fall von thrombose in der Arteria ulnaris nach Einwirkung von stumpfer Gewalt. *Acta Chir Scand* 73: 500-6
2. Conn J, Bergan JJ, Bell JL (1970) Hypothenar hammer syndrome: post traumatic digital ischaemia. *Surg* 68: 1122-8
3. Kaji H, Honma H, Usui M, Yasuno Y, Saito K (1993) Hypothenar hammer syndrome in workers occupationally exposed to vibrating tools. *J Hand Surg* 18B: 761-6

Cas particulier : syndrome douloureux régional complexe de type I

R. Legré et A. Gay

Introduction

Décrit pour la première fois par Ambroise Paré au milieu du XVI^e siècle, le syndrome douloureux régional complexe de type I (SDRC I) peut se définir comme un syndrome douloureux articulaire et périarticulaire lié à des perturbations vasomotrices déclenchées par des agressions diverses, sans relation entre la sévérité de la douleur persistante et l'intensité du traumatisme initial (1). De nombreux noms lui ont été associés tels que causalgie, dystrophie sympathique réflexe, syndrome épaule-main, et le plus utilisé : algodystrophie, terme théoriquement obsolète depuis 1994 (2). L'incidence reportée du SDRC I est autour de 25 pour 100 000 (3). Les facteurs favorisant reconnus sont le tabac et le sexe féminin (1/4 hommes) (3). Si tous les membres peuvent être atteints, le membre supérieur est de loin le plus fréquemment touché. Le SDRC I est une complication classique et fréquente des fractures de l'extrémité inférieure du radius (4-37 % des cas), et de la chirurgie du canal carpien (2-4 % des cas) (1). Un diagnostic et une prise en charge précoce sont les éléments les plus importants du traitement de cette pathologie à l'évolution longue et invalidante. De nombreux traitements médicamenteux ont été proposés, AINS, antidépresseurs et anticonvulsivants ; ces derniers, malgré leurs effets antalgiques intéressants, ne permettent pas de guérir le SDRC I. Dans certains cas précis, une intervention chirurgicale visant à retirer un stimulus nociceptif neurogène ou mécanique peut améliorer le pronostic de façon spectaculaire. Au final, 80 % des patients diagnostiqués et traités auront évolué favorablement à un an. Cependant, le pronostic d'un SDRC I compliquant une fracture du radius est moins favorable, une raideur des métacarpophalangienne 12 semaines après l'accident initial est très fortement corrélée au développement d'un SDRC I chronique.

Définition

Le SDRC I est un état clinique, sans aucun marqueur pathognomonique. L'Association internationale d'étude de la douleur (IASP) a défini des critères diagnostiques (tableau I) : présence d'un événement nociceptif déclenchant, ou d'une immobilisation ; douleur persistante, allodynie, ou hyperalgie avec douleur disproportionnée par rapport à l'élément déclenchant ; présence

durant l'évolution d'un œdème, de troubles de la vascularisation cutanée ou troubles de la sudation dans la région douloureuse ; absence d'autre facteur pouvant expliquer les désordres sus cités (tableau I).

Le SDRC I correspond à la définition classique de l'algodystrophie et est défini par la présence d'un SDRC sans atteinte nerveuse identifiable ; contrairement au SDRC II qui correspond lui à l'ancienne définition de la causalgie et est associé à une atteinte nerveuse.

Tableau I – Critères diagnostiques IASP du SDRC I.

1	présence d'un événement douloureux initiateur ou d'une immobilisation
2	douleur continue, allodynie ou hyperalgie avec une douleur disproportionnée par rapport à l'événement initiateur
3	présence avérée au moment d'un examen clinique d'un œdème, de troubles de la vascularisation cutanée ou d'une dyshidrose dans la région douloureuse
4	ce diagnostic est exclu par l'existence d'un état pathologique autre pouvant expliquer la douleur et les troubles dysautonomiques
Signes associés pouvant être présents mais n'entrant pas en compte pour le diagnostic :	
1	atrophie des ongles, des poils ou des parties molles
2	trouble de la croissance des poils
3	raideurs articulaires
4	troubles moteurs tels que tremblement, dystonie ou faiblesse musculaire
5	douleur sympathique

Physiopathologie

La physiopathologie de cette affection reste mal connue. Le terrain psychologique, longtemps accusé de faire le lit du SDRC I, ne semble pas être un facteur de risque, mais seulement un syndrome associé. L'hypothèse d'une hyperactivité sympathique au niveau du membre atteint, longtemps soutenue par de nombreux auteurs, est aujourd'hui en recul. Cette hypothèse était principalement confortée par l'observation d'une augmentation de la sensibilité locale des récepteurs alpha2-adrénergiques et par l'amélioration de la symptomatologie après sympathectomie, mais l'efficacité de cette dernière n'a jamais pu être montrée dans les nombreuses études réalisées *versus* placebo. Une évolution importante pour la compréhension des mécanismes physiopathologiques du SDRC I ces dernières années a été la mise en évidence d'une participation du système nerveux central dans son étiopathogénie. Janig et Baron suggèrent que le SDRC I aurait pour origine une altération des processus d'intégration sensorimotrice impliquant notamment le cortex pariétal responsable d'un défaut de l'organisation et de l'exécution du mouvement (4). Ces altérations corticales, en réduisant le contrôle central des afférences nociceptives, pourraient également être responsables des douleurs chroniques invalidantes affectant les patients. Ces hypothèses sont confortées

par des travaux récents qui, en rétablissant la congruence entre la commande motrice et le feedback visuel, dans le cadre d'études prospectives non randomisées, ont montré une amélioration de la symptomatologie du SDRC I, et en particulier de la douleur. La disparition des anomalies corticales était corrélée à l'amélioration de la symptomatologie douloureuse. L'ensemble de ces travaux suggère fortement que le SDRC I serait une pathologie du système nerveux central et non pas du système nerveux périphérique.

Diagnostic

Le diagnostic du SDRC I demande un interrogatoire et un examen clinique minutieux. Le SDRC I n'est pas, contrairement aux idées reçues, associé à un désordre psychologique, cependant, certaines pathologies comme la conversion hystérique peuvent mimer un SDRC I.

L'évolution classique commence par un stade aigu « inflammatoire » pendant les trois premiers mois, le stade suivant, entre le troisième et le sixième mois, est caractérisé par les troubles trophiques ; pour ensuite évoluer vers le stade atrophique aux alentours du sixième mois. La durée de ces différentes phases est extrêmement variable ; et les différents stades ne se suivent pas forcément de manière séquentielle. À la phase aiguë, les caractéristiques cliniques regroupent des troubles sensitifs à type de brûlure, allodynie ou hyperalgie et des atteintes motrices associant à des degrés divers des tremblements, une faiblesse musculaire et des contractures. À ces symptômes sensitivo-moteurs sont régulièrement associés des troubles de la vascularisation cutanée, un œdème local et des variations de température. L'ensemble de ces symptômes conduit souvent à une exclusion fonctionnelle du membre, et dans les cas extrêmes à un véritable syndrome de « pseudo-négligence ». Au stade dystrophique, l'œdème diminue et les raideurs articulaires deviennent plus évidentes. Une main froide avec une atrophie des tissus cutané et sous-cutanés est la présentation la plus typique du stade tardif. À ce stade, la raideur voire l'ankylose des articulations métacarpo-phalangiennes (MCP) et interphalangiennes proximales sont fréquentes.

Histoire clinique

L'interrogatoire retrouve souvent un traumatisme ou un geste chirurgical ; l'élément déclenchant peut toutefois être un événement mineur. Il est très important de bien faire préciser la nature du traumatisme déclenchant et les traitements déjà entrepris, à la fois pour le diagnostic, mais également pour la prise en charge à venir.

La douleur est le symptôme prédominant et est disproportionnée par rapport au traumatisme initial et/ou s'étend aux régions adjacentes à la zone traumatisée. Les patients atteints de SDRC I décrivent souvent leur douleur comme une brûlure, une sensation d'écrasement ou de piqûre. La douleur du

SDRC I peut être qualifiée d'hyperalgie, d'allodynie ou d'hyperpathie. Il est également important de bien différencier les douleurs spontanées de douleurs pouvant être rattachées à une cause mécanique, qu'elle soit endogène ou exogène. La douleur du SDRC I est souvent exacerbée par le froid, le chaud ou les contacts physiques (allodynie). Les symptômes du SDRC I peuvent également être des difficultés d'endormissement à cause des « sensations de brûlure », de tension cutanée excessive, un œdème prolongé du membre. La quantification de la douleur au moyen d'une échelle visuelle analogique permet une analyse objective et un suivi de la douleur du patient.

Examen clinique

L'examen clinique doit être complet et rechercher en plus des signes physiques du SDRC I des symptômes en rapport avec une atteinte nerveuse. Il commence par la recherche de modification de la texture et de la coloration cutanée, les mobilités articulaires doivent être mesurées de façon bilatérale et comparative. Un examen neurologique et articulaire complet du membre atteint à la recherche d'une cause curable de SDRC est le seul véritable traitement curatif à l'heure actuelle.

Les troubles trophiques rencontrés dans le SDRC I comprennent : raideurs articulaires, œdème, ostéopénie, atrophie des phanères (ongles et poils) et hypertrophie cutanée. Des raideurs articulaires fixées avec arthrofibrose sont fréquentes dans les SDRC I anciens. Le membre atteint peut être chaud ou froid par rapport au côté sain, selon le stade de la maladie (5).

Paraclinique

Le bilan radiographique standard permet de rechercher une ostéopénie. L'ostéopénie est très souvent présente chez les patients atteints de SDRC I, mais elle ne se retrouve sur les radiographies standard qu'à des stades avancés de la maladie. En effet, il faut une déminéralisation osseuse d'environ 30 % pour pouvoir observer un retentissement radiologique. Les signes classiques d'atrophie sous-chondrale comprennent une atteinte diffuse des zones sous-corticales et sous-chondrale du membre atteint.

La scintigraphie osseuse est également un examen fréquemment utilisé pour conforter un diagnostic de SDRC I, elle est plus sensible que les radiographies standard. Une fixation périarticulaire de l'ensemble des articulations du membre atteint est souvent observée aux trois temps de l'examen dans les formes classiques de SDRC I. La sensibilité et la spécificité rapportées de la scintigraphie osseuse sont extrêmement variables dans la littérature. En général, la scintigraphie osseuse triphasée est utile au diagnostic à la phase précoce de la maladie, mais devient de moins en moins sensible au fur et à mesure de l'évolution. Toutefois, à l'heure actuelle, une scintigraphie positive n'est pas requise pour le diagnostic de SDRC I (5).

Prise en charge

L'élément le plus important de la prise en charge du SDRC I est une reconnaissance rapide des symptômes, permettant une prise en charge précoce et intensive. Le traitement optimal du SDRC I est une approche multidisciplinaire basée sur la collaboration entre chirurgien, médecin généraliste, rhumatologue, algologue, kinésithérapeute ; et, éventuellement, psychologue ou psychiatre. La localisation et l'identification d'une « épine irritative » et sa prise en charge chirurgicale peuvent grandement accélérer la récupération et diminuer la prise d'antalgiques (6).

Kinésithérapie, ergothérapie

La kinésithérapie est un élément fondamental du traitement du SDRC I, elle est le seul traitement à avoir fait la preuve de son efficacité lors d'une étude prospective randomisée (7). Elle doit s'adresser à l'ensemble des articulations du membre atteint de l'épaule aux interphalangiennes. Le protocole thérapeutique doit tenir compte des symptômes du patient et du stade de la maladie. Au stade « inflammatoire », elle doit insister sur la mobilisation douce, la lutte contre l'œdème et des attelles de posture pour lutter contre les attitudes vicieuses. Une prise en charge trop agressive doit être proscrite car elle risque d'entretenir la douleur et l'inflammation (6). La prévention de l'ankylose articulaire doit être l'objectif principal dès que le patient évolue vers le stade atrophique. À ce stade, la mobilisation doit être à la fois active et passive et combinée à l'hydrothérapie, la stimulation électrique transcutanée, des appareillages de mobilisation passive continue et des séances de pression positive intermittentes. L'alternance de bains chaud et froid a un effet antalgique en surstimulant les fibres sensibles de gros diamètre non nociceptives et ainsi, selon la théorie du gate-control, de bloquer au niveau spinal les afférences nociceptives. Les techniques visant à stimuler le canal proprioceptif et ainsi renforcer la représentation corticale du membre, telles que la rééducation proprioceptive vibratoire ou la thérapie par miroir, semblent avoir à la fois un effet antalgique, mais également sur l'exclusion fonctionnelle du membre qui accompagne le SDRC I dans plus de 70 % des cas (1, 8, 9).

Traitements pharmacologiques

Le faible nombre d'études randomisées n'a pas permis de montrer l'efficacité des traitements médicamenteux, en dehors des traitements antalgiques, qui peuvent parfois aller jusqu'à la prescription d'anticonvulsivants ou de gabapentine. Seuls les biphosphonates semblent avoir une action sur la douleur dans certaines formes de SDRC I sans qu'il existe actuellement de facteur prédictif de leur effet (10). La calcitonine, longtemps utilisée malgré des résultats contradictoires, n'a aujourd'hui plus l'Autorisation de mise sur le marché en France (1) ; les blocs sympathiques locaux à la guanéthidine semblaient

avoir une efficacité sur la douleur, lors d'études ouvertes, mais les études récentes randomisées et comparatives n'ont pas montré de différence statistiquement significative entre bloc intraveineux à la guanéthidine et placebo. Les sympathectomies chirurgicales ainsi que les neurostimulations médullaires sont parfois indiquées dans les formes graves de SDRC I en seconde intention devant des douleurs rebelles, après échec des traitements médicaux (11).

En pratique

Le SDRC I est un état pathologique souvent chronique et extrêmement invalidant pour le patient, et même si le traitement n'en est qu'exceptionnellement chirurgical, le patient atteint de SDRC I doit faire l'objet d'une attention toute particulière. Il convient notamment de prendre soins de ne pas négliger un SDRCI débutant, parfois par simple peur d'évoquer le diagnostic d'une pathologie souvent vécue par anticipation comme un échec par le chirurgien.

Au vu des récentes avancées dans la compréhension de cette maladie, la première des prises en charge est d'expliquer au patient que l'origine probable de son état est un « oubli » de son cerveau, et que la base de la guérison sera de réintégrer le membre atteint dans son schéma corporel en insistant sur le caractère impératif de la lutte contre l'exclusion du membre. La kinésithérapie et les traitement antalgiques restent à ce jour les seuls traitements efficaces, l'usage de la calcitonine doit être proscrit, et celui des biphosphonates rester dans le cadre de protocoles en collaboration avec des rhumatologues.

Dans certains cas, la prise en charge chirurgicale d'une « épine irritative » locale, en permettant la diminution d'une douleur locale, peut avoir un effet extrêmement bénéfique sur l'évolution du SDRC I. Il convient donc de chercher devant tout SDRC I une cause curable de douleur, comme par exemple un cal vicieux articulaire après fracture de l'extrémité inférieure du radius. La recherche de cette épine irritative doit donc être systématique devant tout SDRC I.

Conclusion

Le SDRC I est un état pathologique dont les caractéristiques cliniques regroupent des troubles sensitifs à type de brûlure, allodynie ou hyperalgie, des atteintes motrices associant à des degrés divers des tremblements, une faiblesse musculaire, des contractures et des troubles de la vascularisation cutanée, un œdème local et des variations de température. Le diagnostic et la prise en charge précoce du SDRC I sont les éléments les plus importants d'une guérison sans séquelles. Le traitement requiert une approche multidisciplinaire et doit être basé sur le stade de la maladie et les symptômes de chaque patient. Un geste chirurgical permettant de régler un problème nociceptif peut être utile chez des patients bien sélectionnés.

Références

1. Gay A, Parratte S, Salazard B, Guinard D, Pham T, Legre R, Roll JP (2007) Proprioceptive feedback enhancement induced by vibratory stimulation in complex regional pain syndrome type I: An open comparative pilot study in 11 patients. *Joint Bone Spine* 74: 461-6
2. Alvarez-Lario B, Aretxabala-Alcibar I, Alegre-Lopez J, Alonso-Valdivielso JL (2001) Acceptance of the different denominations for reflex sympathetic dystrophy. *Ann Rheum Dis* 60: 77-7
3. De Mos M, de Bruijn AG, Huygen FJ, Dieleman JP, Stricker BH, Sturkenboom MC (2007) The incidence of complex regional pain syndrome: a population-based study. *Pain* 129: 12-20
4. Janig W, Baron R (2006) Is CRPS I a neuropathic pain syndrome? *Pain* 120: 227-9
5. Ghai B, Dureja GP (2004) Complex regional pain syndrome: a review. *J Postgrad Med* 50: 300-7
6. Doro C, Hayden RJ, Louis DS (2006) Complex regional pain syndrome type I in the upper extremity. *Clin Occup Environ Med* 5: 445-54
7. Oerlemans HM, Oostendorp RA, de Boo T, Goris RJ (1999) Pain and reduced mobility in complex regional pain syndrome I: outcome of a prospective randomised controlled clinical trial of adjuvant physical therapy versus occupational therapy. *Pain* 83: 77-83
8. Pleger B, Tegenthoff M, Ragert P, Forster AF, Dinse HR, Schwenkreis P *et al.* (2005) Sensorimotor retuning in complex regional pain syndrome parallels pain reduction. *Ann Neurol* 57: 425-9
9. McCabe CS, Haigh RC, Ring EF, Halligan PW, Wall PD, Blake DR (2003) A controlled pilot study of the utility of mirror visual feedback in the treatment of complex regional pain syndrome (type 1). *Rheumatology (Oxford)* 42: 97-101
10. Diaz-Zuluaga PA, Plancarte-Sanchez R, Tamayo-Valenzuela AC (2004) Complex regional pain syndrome. Current status. *Cir Cir* 72: 225-38
11. Grabow TS, Tella PK, Raja SN (2003) Spinal cord stimulation for complex regional pain syndrome: an evidence-based medicine review of the literature. *Clin J Pain* 19: 371-83

Techniques nouvelles : télé-médecine

Y. Abou Altout et P. Liverneaux

Introduction

Dans ce chapitre, nous envisagerons l'intérêt de la télé-médecine dans la prise en charge des urgences de la main sur la base d'une étude de faisabilité effectuée au Centre hospitalier général de Sarreguemines en collaboration avec le SOS Main des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg (1).

L'encombrement des unités structurées de chirurgie de la main par des urgences mineures susceptibles d'être prises en charge par un médecin non spécialiste nous a conduits à chercher un moyen de tri (2-5). L'utilisation et l'application de la télé-médecine en urgences mains sont de bons moyens pour faire ce tri et en même temps d'obtenir un avis spécialisé à distance, surtout dans les endroits où le chirurgien spécialiste de la main est éloigné. La santé n'appartient plus au médecin isolé.

La télé-médecine consiste à utiliser les technologies de l'information et de la communication pour permettre la prestation des soins à distance (6-10). Il existe plusieurs formes de télé-médecine telles la téléconsultation, la télésurveillance, la télé-réunion et la télé-expertise. C'est cette dernière qui semble la plus adaptée à la problématique du triage des urgences de la main. Il s'agit du transfert d'informations médicales à distance d'un médecin vers un autre médecin en vue d'apporter une aide au diagnostic et à la décision médicale et thérapeutique.

En effet, les objectifs de la télé-médecine sont de permettre une plus grande efficacité médicale (rapidité accrue et une meilleure qualité de la décision), une meilleure organisation de la prise en charge des patients, une limitation des transferts des patients, des déplacements des équipes médicales, une meilleure accessibilité aux soins quel que soit l'endroit (égalité de chance), une décentralisation réelle du savoir, une réduction des coûts liés à la santé par mutualisation des moyens mis en réseau.

Technologies

Le matériel informatique utilisé est à la fois varié et en pleine évolution.

Il peut être coûteux comme la visioconférence (11) où il faut des équipements compatibles entre établissements et oblige le télé-expert à se retrouver dans un endroit fixe, ce qui est très contraignant.

L'apport des téléphones portables (3, 12-18), équipés d'appareils photos et vidéos et internet, n'est pas négligeable et sera probablement dans le futur proche un bon moyen et courant de toute télé-expertise, en émettant toutefois certaines réserves.

La technologie que nous utilisons est simple, académique et pédagogique. Elle consiste en un ordinateur personnel, un appareil photo numérique avec vidéo, ainsi qu'un site internet sécurisé. Ce site dispose d'un espace personnel (fig. 1) pour chaque membre avec des rubriques et sous-rubriques à renseigner pour la constitution de l'e-dossier de télé-expertise.



Fig. 1 – Espace personnel du site SOS Urgence Main.

Méthodologie

L'accès au site (<http://sos-urgence-main.medtool.net/>) permet au médecin demandeur de la télé-expertise de constituer un e-dossier médical comportant une observation, des photographies et/ou des radiographies, des vidéos (figs. 2 et 3). Dès la validation d'un e-dossier, un message électronique avertit le télé-expert qu'un avis est demandé. Le télé-expert membre d'un SOS Main fait connaître sa conduite à tenir. Bien entendu, le consentement des patients est demandé pour la télétransmission des données concernant leur e-dossier médical. Ce dernier, accepté par le télé-expert, est toujours archivé et documenté.

Résultats

Pendant 3 mois et demi, nous avons constitué 129 e-dossiers à partir d'observations réalisées en temps réel dans le service d'accueil et des urgences d'un centre hospitalier général de proximité. Soixante-six patients présentaient une pathologie des parties molles et 63 une pathologie ostéo-articulaire. L'âge moyen était de 34 ans avec deux bébés de moins de 2 ans. Pour les



Fig. 2 – La rubrique diagnostic pour faire l'observation du e-dossier du patient.



Fig. 3 – La rubrique des photos à télécharger du e-dossier du patient.

129 e-dossiers, 460 photos, soit 3,5 en moyenne, ont été déposées. Quatre séquences vidéo ont été déposées. Le télé-expert a répondu à l'ensemble des e-dossiers depuis la France, cinq fois depuis l'Allemagne et trois fois depuis le Japon. Une fois, le télé-expert n'a pu analyser le e-dossier en raison de la qualité médiocre des photographies. L'attitude thérapeutique a été modifiée 19 fois par l'avis du télé-expert : quatre fois pour une prescription médicamenteuse, dix fois pour modifier une orientation thérapeutique orthopédique et/ou chirurgicale et cinq fois pour modifier l'orientation du patient.

Aspects déontologiques

L'avis du télé-expert n'engage pas le médecin urgentiste. Il est libre dans sa décision et le problème délicat de relation et de confiance est une question essentielle. Il faut parler de plusieurs points concernant le droit, la responsabilité (19) et la rémunération.

Le développement de la télémedecine conduit à un nouveau mode d'exercice de la médecine qui doit s'inscrire dans le respect des règles légales et déontologiques et qui encadrent la profession (20, 21). Les droits en matière de télémedecine ne sont pas encore bien définis. S'agissant d'une nouvelle pratique très récente, il n'existe à ce jour aucune jurisprudence. Toutefois, on peut se reporter aux principes généraux du droit médical et de la déontologie médicale. La reconnaissance par le Conseil de l'Ordre des Médecins de la consultation de télémedecine est une question d'actualité. C'est le cas dans certains pays européens comme l'Allemagne. En effet, certains auteurs (22) abordent le thème de la déontologie médicale dans le cadre de la télémedecine : ce sont les articles 32, 33 et 60 du Code de déontologie et 32, 33 et 34 de la loi sur l'Assurance maladie signée en 2004, qui définissent les règles élémentaires de la télémedecine (qualité, consentement et information du patient, secret professionnel, traçabilité, responsabilité et valorisation). Le Code de déontologie devra être mis en harmonie avec ces articles de loi. Le Conseil national mène une réflexion sur les prescriptions à distance et s'interroge sur la nécessité d'une réécriture de certains commentaires du Code de déontologie mieux adapté aux conditions actuelles de pratique de la télémedecine.

Quel est le médecin responsable en cas de dommage provoqué par l'utilisation de la télé-expertise ? Peut-on considérer que le patient qui a accepté de recourir à la télémedecine a accepté également de prendre les risques consécutifs à ce système de diagnostic ? Il convient de préciser que, pour la télé-expertise, les dialogues entre les médecins doivent être archivés et signés, ce qui peut constituer des éléments déterminants dans la recherche de faute. Dans le cas où plusieurs médecins sont intervenus, en principe chacun est responsable de son fait personnel. Cependant, la jurisprudence a admis que, dans le cadre d'un travail d'équipe, le chef de l'équipe peut être reconnu responsable des fautes commises par l'un de ses membres, à défaut de lien contractuel direct établi entre le patient et l'intervenant fautif.

La rémunération du chirurgien télé-expert prête à controverse puisque, aujourd'hui, l'utilisation du réseau pour un avis est assimilée à un acte de formation continue du médecin demandeur (23). Il serait illégal de procéder à un partage d'honoraires ou une surfacturation au patient. Cette situation devra nécessairement évoluer puisque la responsabilité du médecin recevant le patient pourrait être engagée pour ne pas avoir fait appel à un système de télé-expertise, puisque le médecin doit toujours élaborer son diagnostic avec le plus grand soin, en y consacrant le temps nécessaire, en s'aidant dans toute la mesure du possible des méthodes scientifiques les mieux adaptées et, s'il y a lieu, de concours appropriés (24). Comme dans un contrat inter-laboratoire passé entre le médecin demandeur et le médecin télé-expert, contrat soumis au Conseil de l'Ordre des Médecins, le télé-expert perçoit des honoraires pour ses prestations, sur la base du récapitulatif des actes qu'il a effectués au profit du médecin demandeur. Le médecin demandeur reverse au télé-expert le

montant des actes effectués, selon la NGAP en vigueur, diminué du montant des frais réels justifiés qu'il a engagés pour la gestion des prélèvements ou des documents. La Sécurité sociale travaille à coût constant et les économies de télé-médecine peuvent financer les télé-expertises en évaluant les indicateurs médicaux et économiques (25).

Pour une fois, la loi est en avance sur la pratique de terrain (26). Habituellement, c'est la jurisprudence qui conduit à des lois générales. Alors qu'en matière de télé-médecine, les lois sont déjà rédigées (27). Il donc étonnant que la télé-médecine ne trouve pas un usage plus fréquent dans la pratique quotidienne. L'une des raisons à notre avis est la trop faible motivation des intervenants médicaux. En effet, la pratique de la télé-expertise nécessite une disponibilité importante, difficilement compatible avec l'exercice actuel de la médecine et notamment de la chirurgie. Toutefois, la rémunération de la télé-expertise est en œuvre dans des pays européens, et semble être à l'étude dans notre pays (28, 29). D'ailleurs, la plupart des SROS (schéma régional d'organisation sanitaire 3^e génération) comportent un volet télé-médecine (30).

Conclusion

La télé-expertise en matière de triage des urgences de la main pourrait jouer un rôle dans l'amélioration de la qualité et le coût des soins, où on note une augmentation d'activité des services d'urgence de la main de l'ordre de 10 à 15 % par an (31). La condition est de s'inscrire dans le cadre d'un réseau régional d'experts motivés, disponibles et organisés.

Références

1. Abou Al Tout Y, Taleb C, Koyaser M, Liverneaux P (2009) Télé-médecine et urgences de la main : étude de faisabilité (abstract). *Ann Chir Plast* 3:
2. Buntic RF, Siko PP, Buncke GM, Ruebeck D, Kind GM, Buncke HJ (1997) Using the Internet for rapid exchange of photographs and X-ray images to evaluate potential extremity replantation candidates. *J Trauma* 43: 342-4
3. Lam TK, Preketes A, Gates R (2004) Mobile phone photo messaging assisted communication in the assessment of hand trauma. *ANZ J Surg* 74: 598-602
4. Raimbeau G (1998) La réalité de la chirurgie de la main. In : *Le livre blanc de la chirurgie de la main en France*. *Chir Main* 3: 31-2
5. Whitemann M, Jung A, Horwung R, Germann G (1994) The so-called minor hand injury and its socio-economic sequelae. *Chirg* 65: 1004-7
6. Ewers R, Schicho K, Wagner A, Undt G, Seemann R, Figurel M, Truppe M (2005) Seven years of clinical experience with teleconsultation in cranio-maxillofacial surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 63: 1447-54
7. Flesche CW, Jalowy A, Inselmann G (2004) Maritime environment-hightech with a fine tradition. *Med Klin (Munich)* 15: 163-8

8. Giansanti D, Morelli S, Macellari V (2007) Telemedicine technology assessment part I: setup and validation of a quality control system. *Telemed J E Health* 13: 118-29
9. Pap SA, Lach E, Upton J (2002) Telemedicine in plastic surgery: E-consult the attending surgeon. *Plast Reconstr Surg* 110: 452-6
10. Wooton R (2001) Telemedicine: Recent advances. *BMJ* 323: 557-60
11. Aarnio P, Lamminen H, Lepisto J, Alho A (1999) A prospective study of teleconferencing for orthopaedic consultations. *J Telemed Telecare* 5: 62-6
12. Banitsas KA, Perakis K, Tachakra S, Koutsouris D (2006) Use of 3G mobile phone links for teleconsultation between a moving ambulance and a hospital base station. *J Telemed Telecare* 12: 23-6
13. Braun RP, Vecchietti JL, Thomas L, Prins C, French LE, Gewirtzman AJ, Saurat JH, Salomon D (2005) Telemedical wound care using a new generation of mobile telephones: a feasibility study. *Arch Dermatol* 141: 254-8
14. Hsieh CH, Tsai HH, Yin JW, Chen CY, Yang JC, Jeng SF (2004) Teleconsultation with the mobile camera-phone in digital soft-tissue injury: a feasibility study. *Plast Reconstr Surg* 114: 1776-2
15. Hsieh CH, Jeng SF, Chen CY, Yin JW, Yang JC, Tsai NH, Yeh MC (2005) Teleconsultation with the mobile camera-phone in remote evaluation of replantation potential. *J Trauma* 58: 1208-12
16. Kondo Y (2002) Medical image transfer for emergency care utilizing internet and mobile-phone. *Nippon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* 58: 1393-401
17. Yoo SK, Park IC, Kim SH, Jo JH, Chun HJ, Jung SM, Kim DK (2003) Evaluation of two mobile telemedicine systems in the emergency room. *J Telemed Telecare* 9: S82-4
18. Yoshiyama N, Hashimoto A, Nakajima K, Hattori S, Sugita F (2004) An applied research on effective health care planning using cellular phone with the digital still camera function. *Gan To Kagaku Ryoho* 31: S208-S10
19. Esper C (2006) La responsabilité en télé médecine. *Bull Acad Natl Med* 190: 357-64
20. Diebolt C (2000) La télé médecine. Association-droit pour tous, 2 pages <http://sos-net.eu.org/medical/telexp.htm>
21. Dusserre L (2001) La sécurité des échanges électroniques d'informations médicales nominatives entre médecins. <http://www.web.ordre.medecin.fr/rapport/echangeselectro-niques.pdf>
22. Deau X (2005) Télé médecine et déontologie. Conseil National de l'Ordre des Médecins http://www.mer.equipement.gouv.fr/hommes/05_medical/03_journee/2005/deau_p.pdf
23. Code de déontologie médicale, article 25
24. Code de déontologie médicale, article 33
25. McIntosh E, Cairns J (1997) A framework for the economic evaluation of telemedicine. *J Telemedicine and Telecare* 3: 132-9
26. Azebroucq V (2003) Rapport sur l'état des lieux en 2003 de la télé médecine française. Ministère de la recherche et des nouvelles technologies. <http://www.recherche.gouv.fr/cisi/telemedecine.pdf>
27. ANAES (2003) Etat des lieux de la téléimagerie médicale en France et perspectives de développement. Rapport d'étape http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/Teleradiologie_rap.pdf
28. Dusserre L (1999) La télé expertise : un acte médical à reconnaître et rémunérer. <http://www.web.ordre.medecin.fr/rapport/teleexpertise.pdf>

29. Loi n° 2004-810 du 13 août 2004 de l'assurance maladie relative à la télémedecine. Art. 32, 33, 34, 67 sous-section 2 http://www.legifrance.gouv.fr/imagesJOE/2004/0817/joe_20040817_0190_0002.pdf
30. Circulaire n° 195 DHOS/01/2003 du 16 avril 2003 relative à la prise en charge des urgences http://www.sante.gouv.fr/htm/e-e-dossier_s/urgence/index.htm
31. Moutet F (1998) Centres d'urgences et centres formateurs en France. In: Le livre blanc de la chirurgie de la main en France. Chir Main 3: 33-8

Techniques nouvelles : téléchirurgie

C. Taleb et P. Liverneaux

Introduction

La téléchirurgie a-t-elle un avenir en chirurgie de la main ? La question pourrait se poser face au nombre croissant des traumatismes complexes de la main et la carence de médecins qualifiés. En effet, on dénombre environ 1,4 million d'accidents de la main par an en France avec 620 000 traumatismes complexes de la main. Si la majorité des traumatismes fait appel à une prise en charge standard de traumatologie courante, la complexité de certains traumatismes nécessite une prise en charge diagnostique et thérapeutique par un chirurgien spécialisé en chirurgie de la main. La télé médecine apporte déjà une aide diagnostique dans les centres non spécialisés en chirurgie de la main (1). La téléchirurgie paraît utopique par son côté onéreux, peu répandu et technique, mais elle peut constituer un moyen intéressant pour la prise en charge thérapeutique à distance dans certains centres non qualifiés et dans certaines chirurgies complexes.

Historique

Les notions de téléchirurgie et de télémanipulateur apparaissent dans les années 1990 (2), au travers du projet de recherche JPL (NASA's Jet Propulsion Laboratory). Ce projet avait pour but la mise au point d'un robot pour l'exploration en toute sécurité de sites potentiellement dangereux (désamorçage de bombes). Ce concept de gestes à distance fut repris par l'armée américaine pour le transposer en chirurgie de guerre avec pour objectif de limiter la mise en danger des chirurgiens militaires (3).

En parallèle, dans les années 1990, deux sociétés civiles développèrent des aides robotisées chirurgicales. La première, Computer Motion, mit au point un robot nommé « Aesop » destiné à mouvoir une caméra de chirurgie laparoscopique. Les évolutions ultérieures du bras caméra (ajout d'autres bras, augmentation des degrés de liberté) permirent le développement du premier télémanipulateur chirurgical du nom de « Zeus ». La principale caractéristique de ce télémanipulateur était le filtrage numérique du tremblement humain. La seconde société, Intuitive Surgical, développa un second télémanipulateur « Da Vinci » (fig. 1). Par ce télémanipulateur, une nouvelle étape majeure de la robotique chirurgicale fut franchie avec la mise au point d'une

véritable main miniaturisée « Endowrist® » dotée de sept degrés de liberté. En reproduisant la mobilité et la dextérité de la main du chirurgien en temps réel, elle autorise non seulement une gestuelle très fine mais également une souplesse telle que la rotation des instruments chirurgicaux à 360° à travers n'importe quelle mini-incision devenait possible. Aujourd'hui, la téléchirurgie est devenue courante dans de nombreuses spécialités comme la chirurgie digestive, urologique, gynécologique ou encore cardiaque.



Fig. 1 – Télém manipulateur Da Vinci S. À droite, la console permettant à l'opérateur de contrôler les bras articulés du chariot mobile situé à gauche. Les mains de l'opérateur contrôlent les mouvements des bras du chariot mobile par le biais des manettes reliées aux instruments chirurgicaux par des circuits électroniques transmis par des servomoteurs.

Concernant la microchirurgie, discipline transversale par excellence, l'intérêt de la téléchirurgie est apparu plus tardivement avec la première anastomose coronaire en 1998 (4, 5). A suivi la première procédure de suture sans thoracotomie sous télém manipulateur (6). Les premiers travaux sur les anastomoses millimétriques vasculaires et nerveuses sont très récents (7-9) et montrent leur faisabilité sous télém manipulateur et ce malgré l'absence d'ancillaire dédié à la microchirurgie.

Principe de la téléchirurgie

La téléchirurgie se définit comme toute intervention assistée à distance par un ordinateur (10). Une interface entre le chirurgien et le patient va lisser et améliorer le geste de l'opérateur. Mais la téléchirurgie ne doit pas se confondre avec l'automatisation ou la robotisation du geste chirurgical. En effet, les télém manipulateurs ne sont pas des robots qui exécuteraient sans contrôle des gestes programmés, mais plutôt des instruments de chirurgie qui possèdent la particularité d'être manipulés à distance sous le contrôle total de l'opérateur.

Le télém manipulateur apporte trois grandes améliorations en pratique chirurgicale classique : la précision du geste opératoire, la possibilité de gestes

à distance et enfin un support pédagogique pour la formation des jeunes chirurgiens.

La précision du geste opératoire est améliorée par lissage du mouvement humain en réduisant le tremblement physiologique et par l'acquisition de la vision tridimensionnelle du champ opératoire. Par une démultiplication du geste réalisé sur la commande, le tremblement sinusoïdal, rythmique et involontaire de l'opérateur est gommé (11). En effet, le déplacement de 5 millimètres de la commande n'entraîne qu'un déplacement de 1 millimètre sur le site opératoire (12-15). Grâce au télémanipulateur, la vision du champ opératoire a été améliorée, non seulement parce qu'elle est passée de deux à trois dimensions (16), mais encore parce que l'angle de vue pouvait être contrôlé par l'opérateur lui-même et à distance, sans recourir à une aide extérieure. En effet, il a été démontré que le passage d'une vision bidimensionnelle à une vision tridimensionnelle, associé à la grande liberté de mouvement des bras du Da Vinci S®, sont synergiques (17). Ainsi, la télémanipulation permet de transcender la gestuelle de l'opérateur en lui offrant des secteurs articulaires supplémentaires et une vision tridimensionnelle du site opératoire. Isolément, aucun de ces deux éléments n'explique une telle aisance gestuelle. L'opérateur n'est gêné par aucun tremblement physiologique et a à disposition deux, trois, voire quatre mains, dont chacune est capable d'une grande précision gestuelle (fig. 2).



Fig. 2 – Poignées de télémanipulation. Elles permettent la manipulation à distance des quatre bras articulés portant les instruments chirurgicaux et l'optique. Les poignées ne peuvent manipuler que deux bras articulés à la fois.

L'objectif initial de la téléchirurgie était la réalisation de gestes chirurgicaux à distance. L'opération Lindbergh, une cholécystectomie laparoscopique transatlantique, est la première intervention à distance réalisée chez l'homme (12). Mais en pratique courante, la téléchirurgie n'est utilisée que pour des opérations réglées, uniquement en chirurgie thoracique, abdominale ou pelvienne. La distance entre l'opérateur et le patient reste de quelques mètres,

ce qui sous-exploite le potentiel de cette technologie qui pourrait être utilisée sur de plus longues distances. Le facteur limitant n'est pas le télémanipulateur qui autorise des gestes chirurgicaux d'une qualité supérieure aux procédures classiques mais la transmission sécurisée des données entre le centre où se trouve l'opérateur et le centre où se trouve le patient.

Les télémanipulateurs peuvent jouer enfin un rôle pédagogique. Grâce à une fonction de simulateur à la manière des écoles de pilotage, le chirurgien junior pourra développer son habileté technique et gestuelle sur des procédures microchirurgicales délicates et sans risque pour le patient. L'application est évidente : entraîner les chirurgiens à pratiquer divers actes chirurgicaux pour lisser leur courbe d'apprentissage, sans mettre en danger la qualité des soins.

Application à la chirurgie de la main

La téléchirurgie autorise désormais à pratiquer certains gestes microchirurgicaux courants en chirurgie de la main (8, 9).

À l'heure où la paupérisation de la démographie médicale s'associe à la nécessaire mutualisation des moyens, il apparaît possible de concevoir un maillage régional où les opérateurs d'un centre référent pourraient apporter une aide technique en temps réel aux opérateurs des établissements de proximité lors d'interventions chirurgicales spécialisées, évitant ainsi des transports inutiles et valorisant les équipes de soins locales. Certains gestes nécessitant une technicité particulière comme les replantations et macroreplantations pourraient en bénéficier. D'ailleurs, la faisabilité de ces gestes est déjà réelle chez l'animal à l'exception du temps osseux par absence d'ancillaire osseux adapté (18). La précision gestuelle autorisée par le télémanipulateur peut améliorer également certaines procédures chirurgicales délicates comme la chirurgie nerveuse plexique (fig. 3).

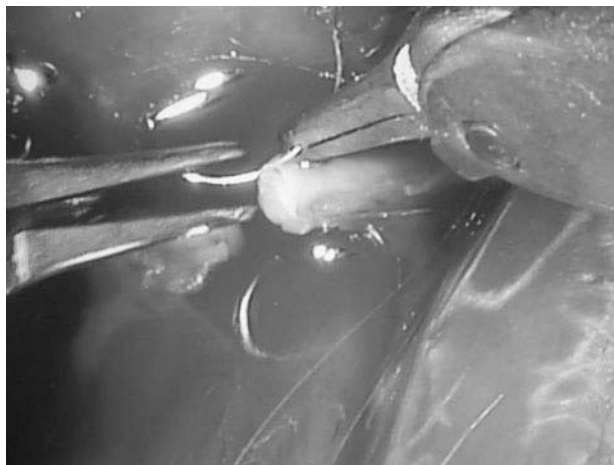


Fig. 3 – Suture nerveuse. On note la bonne définition des structures nerveuses permettant une suture de bonne qualité.

Toutefois, nous avons rencontré, comme d'autres (19-21) dans notre étude préliminaire de télémicrochirurgie, quelques difficultés liées au fait que le télémanipulateur n'a pas été conçu pour la microchirurgie à ciel ouvert. Par exemple, les instruments chirurgicaux que nous avons utilisés étaient dédiés à la téléchirurgie vasculaire et pouvaient expliquer une certaine difficulté dans la télémanipulation des fils de 10/0. L'absence de rétrocontrôle proprioceptif ne permettait pas d'apprécier la force avec laquelle les pinces à disséquer étaient fermées. De même, le serrage des nœuds de suture nécessitait un contrôle visuel pour pallier l'absence de sensation de la force de traction sur les tissus mous ou sur les fils de suture. Après un temps d'adaptation de quelques minutes, le rétrocontrôle proprioceptif a été remplacé efficacement par un rétrocontrôle visuel, conformément aux autres expériences rapportées dans la littérature (22). Le coût important d'équipement des systèmes de téléchirurgie pourrait être le facteur limitant essentiel de ce type de projets, bien que certains auteurs aient mis en évidence une réduction paradoxale des coûts de santé lors de leur utilisation (23), du fait de l'amélioration de certaines procédures opératoires.

À côté de ces problèmes techniques peuvent se soulever des questions éthiques, comme la responsabilité, la sécurité ou encore la relation patient-médecin. La responsabilité médicale est une question fondamentale. Qui est responsable du geste, le chirurgien en salle d'opération ou celui qui pilote le télémanipulateur depuis la console ? Cette question est actuellement en débat dans le cadre de la télé médecine (1, 24, 25). La sécurité de la transmission des données est une autre question fondamentale. Il faut en effet s'assurer qu'aucun autre opérateur ne soit en mesure de prendre le contrôle de la machine à distance. Enfin, il est encore difficile de mesurer l'impact sur la perception de la relation patient-médecin que pourrait induire la téléchirurgie, supprimant par définition tout contact relationnel direct entre le patient et son chirurgien (26).

Conclusion

Au présent, cette technologie n'existe que sous forme de balbutiements expérimentaux en microchirurgie. Révolutionnera-t-elle la microchirurgie et la chirurgie de la main ? Assisterons-nous à une nouvelle ère chirurgicale avec une nouvelle gestuelle de l'opérateur voire l'automatisation de certaines procédures ? Personne ne peut encore le dire. Mais une chose est sûre, elle s'inscrit résolument dans la modernité, et fera nécessairement appel à une profonde mutation du statut voire de la condition de chirurgien de la main, l'action ne sera plus directe sur et dans le corps du patient. Mais le fait-elle encore : quelle différence en effet entre une table d'instruments conventionnels et la console d'un robot ? Une affaire de génération ?

Références

1. Abou Al Tout Y, Taleb C, Koyaser M, Liverneaux P (2009) Télémédecine et urgences de la main: étude de faisabilité (abstract). *Ann Chir Plast* 3
2. Saraf S (2006) Role of robot assisted microsurgery in plastic surgery. *Indian J Plastic Surg* 39: 57-61
3. Marohn MR, Hanly EJ (2004) Twenty-first Century Surgery Using Twenty-first Century Technology: Surgical Robotics. *Curr Surg* 61: 466-73
4. Stephenson ER, Sankholkar S, Ducko CT, Damiano RJ (1998) Robotically assisted microsurgery for endoscopic coronary artery bypass grafting. *Ann Thoracic Surg* 66: 1064-7
5. Stephenson ER, Sankholkar S, Ducko CT, Damiano RJ (1998) Successful endoscopic coronary artery bypass grafting: An acute large animal trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 116: 1071-3
6. Schaff TA (2001) Robotic Surgery: The Future is Now Telerobotic Application <http://www.device.link.com/mx/archive/01/03/0103mx024.html>
7. Katz R, Rosson G, Taylor J, Singh N (2005) Robotics in microsurgery: Use of a surgical robot to perform a free flap in a pig. *Microsurg* 25: 566-9
8. Taleb C, Nectoux E, Liverneaux P (2008) Telemicrosurgery: a feasibility study in a rat model. *Chir Main* 28: 104-8
9. Nectoux E, Taleb C, Liverneaux P (2008) Nerve repair in telemicrosurgery: an experimental study. *J Reconstruc Microsurg* 4: 261-5
10. Satava RM (2003) Robotic surgery: from past to future-a personal journey. *Surg Clin North Am* 83: 1-2
11. Elbe RJ (1996) Central mechanisms of Tremor. *J Clin Neurophysiol* 13: 133-44
12. Marescaux J, Leroy J, Gagner M, Rubino F, Mutter D, Vix M (2001) Transatlantic robot-assisted telesurgery. *Nature* 413: 379-80
13. Bressler L (2006) Place de l'assistance robotique par le système Da Vinci en chirurgie digestive et endocrinienne. *Ann Chir* 131: 299-301
14. Zorn KC (2007) Robotic radical prostatectomy learning curve of a fellowship-trained laparoscopic surgeon. *J Endourol* 21: 441-7
15. Cohn LH (2006) Futures directions in cardiac surgery. *Am Heart Hosp J* 4: 174-8
16. Edwards PJ, Hawkes DJ, Hill DL, Jewell D, Spink R, Strong A, Gleeson MJ (1995) Augmentation of reality using an operative microscope for otolaryngology and neurosurgical guidance. *J Image Guided Surg* 1: 172-8
17. Smith A, Smith J, Jayne DG (2006) Telerobotics: surgery for the 21st century. *Surgery* 24: 74-8
18. Taleb C, Nectoux E, Liverneaux P (2009) Limb replantation with two robots: a feasibility study in a pig model. *Microsurg* 29: 232-5
19. Abou Altout S, Taleb C, Liverneaux P (2007) Télémédecine et urgences main : étude de faisabilité. *Chir Main* 26: 322
20. Blavier A, Gaudissart Q, Cadière GB, Nyssen AS (2007) Perceptual and instrumental impacts of robotic laparoscopy on surgical performance. *Surg Endosc* 65: 80-91
21. Blavier A, Gaudissart Q, Cadière GB, Nyssen AS (2006) Impact of 2D and 3D Vision on performance of novice subjects using Da Vinci robotic system. *Acta Chir Belg* 106: 662-4
22. Pierrot F, Dombre E, Degoulange E, Urbain L, Caron P *et al.* Hippocrate: A safe robot arm for medical applications with force feedback. *Medical Image Analysis* 3: 285-300

23. Van der Hulst R (2007) Microvascular anastomosis: is there a role for robotic surgery? *J Plast Reconstr aesthet Surg* 60: 101-2
24. Esper C (2006) La responsabilité en télé médecine. *Bull Acad Natl Med* 190: 357-64
25. Smith A, Smith J, Jayne DG (2006) Telerobotics: surgery for the 21st century. *Surgery* 24: 74-8
26. Blavier A, Gaudissart Q, Cadière GB, Nyssen AS (2007) Perceptual and instrumental impacts of robotic laparoscopy on surgical performance. *Surg Endosc* 65: 80-91

Cas cliniques : lésions tendineuses (*Rugby finger*)

M. Ebelin et J. Pierrart

Cas clinique

Maxime, 18 ans, rugbyman, présente lors d'un plaquage une douleur traçante de l'annulaire remontant à l'avant-bras pour laquelle il ne s'inquiète pas immédiatement. Le lendemain, la pulpe de son doigt est devenue ecchymotique (fig. 1) et il constate l'absence de flexion de son extrémité distale (fig. 2) s'accompagnant d'un défaut d'enroulement complet du doigt pour lequel il consulte en urgence.

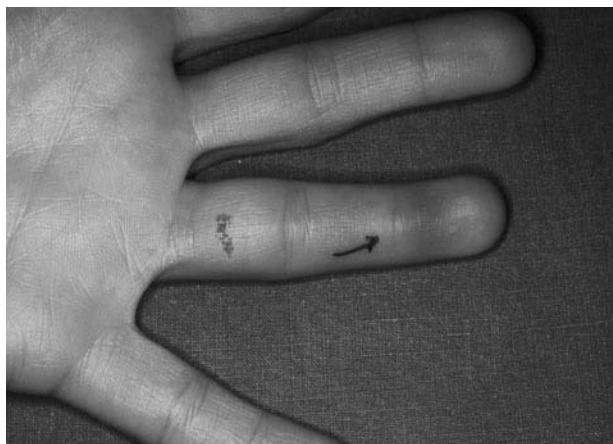


Fig. 1 – Ecchymose digitale distale.



Fig. 2 – Impossibilité de flexion active de l'interphalangienne distale.

Questions

- **Question 1 :** Devant une impossibilité aiguë de flexion active du doigt vous évoquez :
- a. un *mallet-finger*
 - b. une avulsion du fléchisseur profond (FCP)
 - c. une lésion de la plaque palmaire
 - d. une rupture de poulie
- **Question 2 :** Quel(s) examen(s) doit (ou doivent) être réalisé(s) ?
- a. aucun
 - b. des radiographies standard du doigt
 - c. une échographie
 - d. une IRM
 - e. un scanner
- **Question 3 :** Concernant le Rugby (ou Jersey) Finger, parmi les propositions suivantes laquelle (ou lesquelles) est (ou sont) exacte(s) ?
- a. le doigt le plus fréquemment atteint est l'auriculaire
 - b. le traumatisme sportif est l'étiologie la plus courante
 - c. le mécanisme lésionnel est un mouvement d'hyperflexion brutale contrariée
- **Question 4 :** La radiographie retrouve un fragment osseux intéressant la partie proximale et palmaire de la phalange distale. Il peut s'agir :
- a. d'une fracture articulaire isolée sans lésion tendineuse
 - b. d'un type I de la classification de Mansat
 - c. d'un type III selon Leddy et Packer
 - d. d'un type IV selon Smith
- **Question 5 :** Que recherchez-vous à l'interrogatoire et à l'examen clinique pouvant guider votre conduite à tenir ?
- a. le délai entre le traumatisme et la prise en charge
 - b. une douleur remontant vers la paume de la main
 - c. une impossibilité associée de flexion active de l'interphalangienne proximale
- **Question 6 :** Que peut-on proposer en urgence à ce patient ?
- a. un traitement fonctionnel avec rééducation immédiate
 - b. un traitement orthopédique par immobilisation simple sur attelle
 - c. une réinsertion chirurgicale par suture de type pull-out
 - d. la réinsertion du tendon sur un lambeau de plaque palmaire
 - e. l'utilisation d'une micro-ancrage pour réinsertion du fragment osseux
 - f. une greffe tendineuse
 - g. une arthrodèse interphalangienne distale
- **Question 7 :** Le lendemain, vous recevez en consultation un autre rugbyman à 2 semaines d'un traumatisme digital, avec une attelle de doigt mise en place aux urgences. Après le même type de traumatisme, il présente également l'impossibilité de fléchir

activement l'interphalangienne distale. Parmi les propositions suivantes, laquelle ou lesquelles sont exactes ?

- a. le retard diagnostic est fréquent dans cette pathologie
 - b. à 2 semaines, la prise en charge doit être identique à celle menée en urgence
 - c. une languette de plaque palmaire peut être utilisée en cas de rétraction tendineuse
 - d. en cas de rétraction tendineuse importante, les greffes tendineuses semblent donner de bons résultats
- **Question 8 :** Si ce même patient s'était présenté à 2 mois du traumatisme, qu'auriez-vous proposé ?
- a. simplement de la kinésithérapie
 - b. une prise en charge chirurgicale
 - c. une arthrodèse interphalangienne distale

Réponses

→ Question 1

L'impossibilité aiguë de flexion active du doigt au niveau de l'articulation interphalangienne distale signe *a priori* chez le sportif l'avulsion du fléchisseur profond.

→ Question 2

La radiographie du doigt doit être systématique, de face et profil, à la recherche d'un fragment osseux détaché de la base de la phalange (P3).

L'échographie ou l'IRM peuvent être utiles dans certains cas vus tardivement pour apprécier l'importance de la rétraction tendineuse, alors que le scanner n'est pas indiqué dans cette pathologie.

→ Question 3

Le mécanisme lésionnel correspond à une prise de force contrariée, responsable d'une hyperextension brutale de l'interphalangienne distale arrachant l'insertion du fléchisseur profond sur la troisième phalange, emportant ou non un fragment osseux de base de P3.

L'étiologie est en pratique dans plus de la moitié des cas un accident sportif, faisant suite à une tentative de plaquage avec agrippement du maillot, comme on peut le rencontrer dans les sports de contact type rugby ou football américain.

L'annulaire est le doigt le plus souvent atteint du fait de sa faible indépendance de flexion et de la plus grande fragilité de son insertion ostéo-tendineuse sur la troisième phalange.

→ Question 4

La classification de Leddy et Packer (J Hand Surg 1977 2A: 66-9) n'a pas notre faveur car elle individualise trois types de gravité décroissante. Smith (J Hand Surg 1981 6A: 600-1) ajoute en 1981 un quatrième type de rare dissociation osseuse et tendineuse de l'avulsion.

Nous restons fidèles pour notre part à la classification française de Mansat (Ann Chir Main 1985 4: 185-96), qui permet de distinguer logiquement trois types de lésions :

- le type 1 correspond aux ruptures avec rétraction modérée du FCP au niveau de la décussation ;
- le type 2 comprend les ruptures avec rétraction importante du FCP en regard ou en amont de l'articulation métacarpo-phalangienne, correspondant en pratique à une dévascularisation complète du tendon ;
- le type 3 individualise les ruptures avec fragment osseux réalisant une fracture articulaire de l'interphalangienne distale, qui peut même se compliquer d'une subluxation de l'articulation lorsque la fracture emporte plus du tiers de la surface articulaire de P3 (fig. 3).



Fig. 3 – Avulsion tendineuse avec fragment osseux et subluxation dorsale.

→ Question 5

La conduite à tenir est principalement fonction du délai opératoire, comme en témoigne la revue de la littérature faisant état de résultats chirurgicaux médiocres, donnant globalement seulement 30 % des résultats satisfaisants, 30 % des résultats moyens et 40 % de mauvais résultats. Les facteurs de pronostic sont ainsi :

- le délai opératoire : idéalement la réparation chirurgicale doit être effectuée avant le 8^e jour, mais seuls 50 % des cas sont diagnostiqués avant ce délai ;
- la présence d'une avulsion osseuse qui paraît favorable en dehors du rare type 4 de Smith ;
- l'importance de la rétraction tendineuse qui conditionne la vascularisation résiduelle et donc les possibilités de cicatrisation tendineuse. À la rétraction initiale, s'ajoute à partir de la 3^e semaine un raccourcissement progressif de l'unité motrice majorant la rétraction tendineuse, par atrophie du corps charnu musculaire à l'avant-bras.

→ Question 6

En urgence ou face à une lésion fraîche vue avant la 2^e semaine, la chirurgie est systématique.

Si l'avulsion de la tendineuse est pure, nous restons fidèles au pull-out. Si cette réinsertion induit un flessum de l'IPD, nous préférons utiliser le procédé de suture sur la plaque palmaire. Cette technique originale (ME) consiste à découper une bandelette médiane de plaque palmaire à pédicule distal tout en conservant deux ponts latéraux pour ne pas déstabiliser l'articulation (fig. 4). Sur cette languette pseudo-tendineuse, l'extrémité du FCP est réinsérée par un point en cadre classique ou de Tsuge, complété par un surjet antérieur (fig. 5). Cette technique permet d'avancer de 5 à 10 mm l'insertion du FCP en modifiant son moment d'action, tout en conservant néanmoins une flexion active de l'IPD (fig. 6).

S'il existe un fragment osseux, il faut le synthésiser (par broche, mini-vis (fig. 7) ou ancre) pour réinsérer le fléchisseur profond, en y associant en cas de subluxation dorsale de l'IPD un brochage axial de stabilisation articulaire.

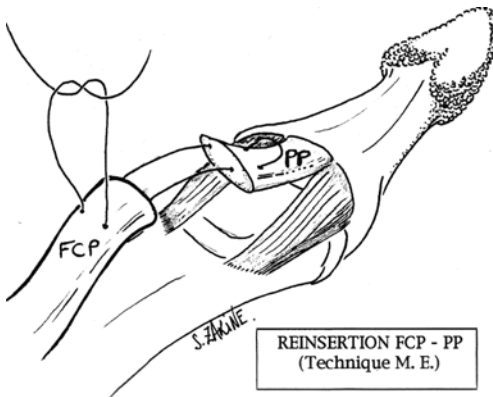


Fig. 4 – Technique de réinsertion à la plaque palmaire (M. Ebelin).



Fig. 5 – Vue peropératoire.



Fig. 6 – Résultat clinique à 6 mois.



Fig. 7 – Réinsertion d'un fragment osseux par mini-vis.

→ Question 7

L'avulsion du fléchisseur profond est souvent vue secondairement, c'est-à-dire au-delà de la première semaine (un cas sur deux). Lorsqu'il s'agit d'une lésion secondaire, l'indication chirurgicale est plus nuancée, tenant compte de la gêne fonctionnelle et du niveau de rétraction :

- en cas de rétraction tendineuse, la réinsertion du FCP est réalisée sur une languette de plaque palmaire qui permet de gagner 5 à 10 mm, sinon après allongement à l'avant-bras à la jonction musculo-tendineuse si celle-ci dépasse 10 mm ;
- si la réinsertion est impossible sans induire de flessum ou du fait du collapsus du canal digital, il semble préférable de réaliser (plutôt qu'une greffe tendineuse) la résection du fléchisseur profond à la paume, associée à une éventuelle ténodèse de stabilisation de l'IPD.

→ Question 8

Si l'avulsion est diagnostiquée tardivement au-delà de la 3^e semaine, toute tentative de réinsertion tendineuse risque d'induire un crochet digital gênant et de toute façon peu actif. Dans ces conditions, l'indication chirurgicale dépend exclusivement de la gêne fonctionnelle :

- si elle est nulle ou modérée, l'abstention chirurgicale est l'attitude la plus prudente ;
- si le patient est demandeur, il est raisonnable de proposer une résection du FCP si celui-ci est douloureux dans la paume (fig. 8), associée soit à une ténodèse, soit éventuellement à une arthrodèse de l'IPD si celle-ci gêne par son défaut de flexion active.



Fig. 8 – Résection du fléchisseur profond à la paume.

Cas cliniques : lésions nerveuses

B. Lallemand et M. Merle

Cas clinique n°1

Un patient, âgé de 28 ans, se présente à la suite d'une chute sur un tesson de bouteille. Il s'est occasionné une plaie au niveau de la face palmaire du poignet en zone IV (fig. 1). Il décrit une perte de sensibilité au niveau des trois premiers doigts.

Après ouverture du ligament annulaire, l'exploration chirurgicale permet de montrer une plaie en biseau du nerf médian et une section complète du tendon du *palmaris longus* (fig. 2).

La réparation de ce nerf s'effectue, en urgence et sous microscope, par des points séparés épipérineux avec du monofil 9/0 et 10/0 (fig. 3). Le tendon du *palmaris longus* est réparé pour prévoir un éventuel transfert d'opposition selon Camitz. Une attelle plâtrée dorsale est mise en place en laissant le poignet à 30° de flexion pour une période de 4 semaines.

Les suites opératoires ont été simples avec la reprise de son travail d'informaticien à 3 mois. En effet, la récupération de la sensibilité des doigts a été excellente. À 6 mois, il décrit une sensibilité discriminative en dessous de 8 mm pour les trois premiers doigts. L'opposition du pouce est normale à plus de 6 mois.



Fig. 1 – Plaie oblique en zone IV. Le tendon du *palmaris longus* est visible.



Fig. 2 – Section oblique du nerf médian et du petit palmaire.



Fig. 3 – Suture du nerf médian par des points épi-périneuraux.

Cas clinique n°2

Il s'agit d'un patient, âgé de 59 ans, qui s'est présenté aux urgences quatre jours après une tentative d'autolyse. Le poignet gauche présente de multiples lacérations au niveau de la face palmaire. Le patient décrivait une perte de sensibilité dans le territoire des nerfs médian et cubital (fig. 4).

L'exploration a permis de montrer des lésions pluri-étagées au niveau des nerfs médian et ulnaire. Par ailleurs, les tendons FCS, FCR et FCU, et l'artère ulnaire étaient aussi sectionnés. Après parage et régularisation des berges des deux nerfs, nous avons une perte de substance de près de 10 cm pour les deux nerfs. Au vu de la perte de substance et de l'âge du patient, la réparation du nerf ulnaire n'a pas été envisagée. Le nerf médian a été réparé par une greffe fasciculaire prélevée aux dépens du nerf saphène externe (fig. 5).

Les suites opératoires ont été simples avec une immobilisation et une rééducation adéquate. Après un an, le patient ne présentait aucune sensibilité

dans le territoire du nerf médian. L'électromyographie montrait l'absence de régénération nerveuse distale.

Une deuxième intervention a été réalisée pour restaurer une sensibilité de protection au niveau des trois premiers doigts. Notre choix s'est porté vers un transfert vascularisé de nerf cubital (fig. 6).

Au bout d'un an et demi, le patient a commencé à présenter des signes de sensibilité dite de protection au niveau des trois premiers doigts. Il avait une sensibilité nociceptive profonde. Il n'y a eu aucune amélioration au niveau des muscles intrinsèques. Il a refusé la réalisation d'une électromyographie pour évaluer la régénération nerveuse.



Fig. 4 – Tentative d'autolyse avec de multiples lacérations au niveau du poignet gauche.



Fig. 5 – Greffe fasciculaire pour le nerf médian.

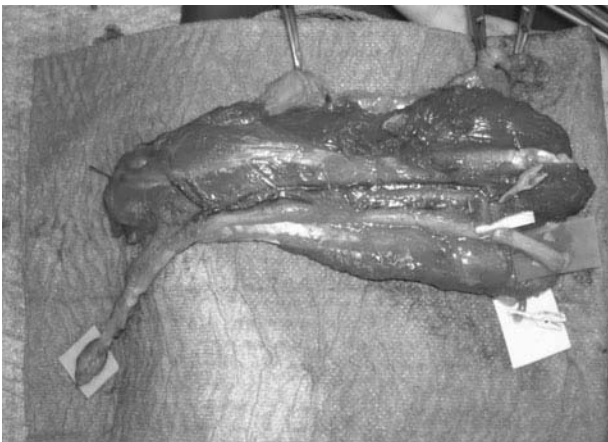


Fig. 6 – Le lambeau avec la greffe nerveuse cubitale vascularisée.

Cas clinique n°3

La patiente, âgée de 30 ans, s'est présentée aux urgences avec une plaie au niveau du bord cubital du poignet droit. Elle présentait une perte de sensibilité au niveau des deux derniers doigts. Une réparation du nerf cubital avait été envisagée sans aucune amélioration après plus d'un an. Elle avait une anesthésie complète dans le territoire du nerf ulnaire, une amyotrophie des intrinsèques et du premier interosseux dorsal, une griffe cubitale souple et un signe de Wartenberg.

Une intervention chirurgicale a été décidée après cette période au vu de la gêne éprouvée par la patiente. L'exploration a permis de montrer la présence d'un névrome sur la suture du nerf cubital (fig. 7). Les recoups ont été faites à l'aide du ciseau de Victor Meyer.

La perte de substance était de 10 mm. Nous avons réalisé une greffe du nerf ulnaire avec un neurotube Revolnerv® de 4 mm/30 mm (fig. 8).



Fig. 7 – Névrome de la suture du nerf ulnaire.

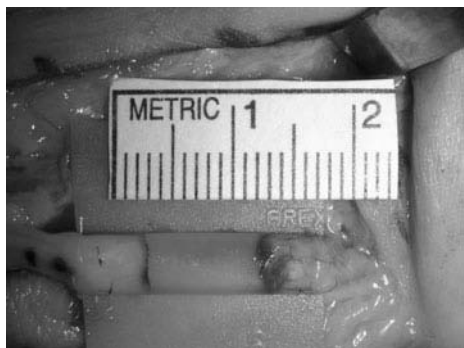


Fig. 8 – Greffe avec un neurotube Revolnerv®.

Une immobilisation avec le poignet à 30° de flexion a été placée pour une période de 3 semaines. À 3 mois, la patiente présentait des signes de réinervation avec un signe de Tinel au niveau de l'éminence hypothénar et l'apparition d'une sensibilité nociceptive profonde. À 6 mois, la sensibilité discriminative de l'hémipulpe ulnaire de l'annulaire est inférieure à 15 mm. Pour l'auriculaire, elle a une sensibilité à la compresse. On retrouve une amélioration de la trophicité des muscles intrinsèques. La griffe cubitale disparaît et l'abduction de l'auriculaire commence à devenir intermittente.