Mémoire pour l'obtention du Diplôme Inter Universitaire de rééducation et Appareillage en Chirurgie de la Main.

Professeur F. MOUTET CHU de Grenoble

Protocole de rééducation avec attelle courte de Manchester dans la Chirurgie des tendons fléchisseurs en zone 2.

Attelle courte de Manchester. F.Peck

Lucie MASAY
Kinésithérapeute
promotion 2013-2015

Jury: Pr P.Y. MILLIEZ
F.DELAQUAIZE
Pr. F.MOUTET

Université Joseph Fourier
Faculté de Médecine de Grenoble

Remerciements

Au Professeur François MOUTET, pour l'énergie qu'il met à promouvoir le rôle des kinésithérapeutes dans la prise en charge des patients opérés de la main.

A tous les rééducateurs rencontrés durant ce tour de France, dont l'implication dans ce DIU est précieuse. Mr Michel BOUTAN, Mr Claude Le Lardic, Mr Jean-claude ROUZAUD, Mr François DELAQUAIZE, Mr Dominique THOMAS, vous contribuez pleinement à élever la profession par la transmission de vos connaissances, et votre savoir-faire. Merci.

Aux membres du jury

Aux intervenants pédagogiques

A Mr Laurent VIGOUROUX pour ces conseils avisés.

A Miss Fiona PECK pour son professionnalisme et sa patience.

A Christophe, Léon et Juliette, mes soleils.

Table des matières

Introduction 5
1. Anatomie des tendons fléchisseurs 6
a- fléchisseur superficiel des doigts (FDS) 6
b- fléchisseur profond des doigts (FDP) 6
c- testing tendineux 7
2. Physiologie des tendons fléchisseurs 7
a- FDS-FDP couple perforant-perforé 8
b- action du ligament rétinaculaire oblique 8
3. Le canal digital 9
a- la gaine synoviale des tendons fléchisseurs des doigts 9
b- les poulies de réflexion 10
c- rôle des poulies 11
4. Nutrition 12
a- diffusion 12
b- perfusion 14
5. Cicatrisation des tendons fléchisseurs 14
a- phases de cicatrisation 14
b- facteurs influençant la cicatrisation tendineuse 15
6. Les zones topographies selon Verdan 16
7. Chirurgie des tendons fléchisseurs en zone 2 17
8. Biomécanique des tendons fléchisseurs 18
a- répartition des contraintes 18
b- influence du poignet sur la force et l'excursion tendineuse 18
c- forces et excursions des tendons fléchisseurs en zone 2 20
d- influence de la position des doigts adjacents 21
e- résistance à l'excursion tendineuse 22
f- influence de la position des MP 22
g-influence de le position des IP 24
9. Rééducation post-opératoire des tendons fléchisseurs en zone 2 : évolution des techniques 24
a- programme en immobilisation complète 24

b- programme en mobilisation Passive contrôlée 25
c- protocole de rééducation en mobilisation active 27
d- Complémentarité des techniques de rééducation 29
10. Attelle Courte de Manchester 30
a- présentation de l'attelle courte de Manchester 30
b- cahier des charges de l'attelle courte de Manchester 31
c- conception de l'attelle courte de Manchester 31
d- protocole de rééducation proposé par Fiona PECK 32
11. Proposition de protocole avec utilisation de l'attelle courte de Manchester 33
a- cahier des charges 33
b- protocole 33
c- exercices proposés 34
d- intérêts de l'utilisation de l'attelle courte 36
12. Guide pour le patient 37
13. Conclusion 38
Bibliographie 39

Introduction

La rééducation des fléchisseurs en zone 2 est complexe et multi - facteurs dépendants, patient, chirurgie, type de traumatisme, rééducateur...ce qui implique des résultats fonctionnels inconstants. C'est cette équation que tente de résoudre les différents acteurs avec un objectif : minimiser les séquelles par adhérences, flessum, gap, éviter la rupture.

L'avancée des techniques de sutures en termes de résistance, le matériel utilisé, ainsi que les modélisations biomécaniques, permettent plus de latitudes aux différents protagonistes.

Ce travail, après un rappel anatomique et biomécanique du système fléchisseur de la main, retrace les différentes orientations thérapeutiques en rééducation de section des tendons fléchisseurs en zone 2, et propose un protocole de rééducation basé sur les travaux de Fiona PECK, à l'aide de l'attelle courte de Manchester.

1. Anatomie et physiologie des tendons fléchisseurs

a- Fléchisseur superficiel des doigts (FDS)

origine	. chef huméral sur l'épicondyle médial . chef ulnaire sur le bord médial du processus coronoïde, ligament collatéral ulnaire . chef radial le long de la ligne oblique du radius
insertion	bords latéraux de la 2ème phalange des quatre doigts longs
action	. flexion de l'articulation IPP des doigts 2 à 5 . complémentaire à la flexion de l'articulation MCP. . indépendance digitale.
innervation	nerf médian (C7, C8, T1)
vascularisation	artère ulnaire

b- Fléchisseur profond des doigts (FDP)

origine	. 3/4 proximal de la partie antéro-médiale de l'ulna . la membrane interosseuse . la face profonde de l'aponévrose antébrachiale. . division proximal du corps musculaire de D2
insertion	face antérieure de la base de P3 des doigts 2 à 5.
action	. Fléchis P3 sur P2 des doigts 2 à 5 . Flexion indépendante de D2 de P3/P2 . Flexion commune de D3, D4, D5 de P3/P2 . participe à la flexion de l'articulation IPP, de l'articulation MP, du poignet.
innervation	. chefs médiaux (D4, D5) : nerf ulnaire (C7,C8,T1) . chefs latéraux : branche interosseuse antérieure du nerf médian (C8, T1)
vascularisation	artère ulnaire et interosseuse antérieure

c-Testing tendineux

✔ Etude des mobilités passives par effet ténodèse :

- la mise en extension du poignet entraîne une flexion passive automatique et harmonieuse des doigts longs qui témoigne de la continuité des fléchisseurs, sans éliminer la présence d'une lésion partielle.
- la mise en flexion passive du poignet entraîne une extension automatique et harmonieuse des doigts longs qui témoigne de la continuité des extenseurs.

✔ Testing des tendons fléchisseurs :

L'examen cherche à distinguer une lésion du fléchisseur superficiel d'une atteinte du fléchisseur profond.

Le fléchisseur commun superficiel (FDS) de D3, D4: l'examinateur maintient les doigts sains sur P3 en extension pour neutraliser l'action du FDP. Le sujet fléchit l'IPP du doigt examiné. L'impossibilité d'exécuter ce geste traduit une lésion du FCS = test de la phalange molle.

Le FDS de D5 : maintenir les doigts sains sur P3 en extension et demander une flexion de l'IPD de D5. L'impossibilité d'effectuer ce test peu orienter l'examinateur vers une adhérence du FDS de D4 sur D5 si la flexion est active annulaire relâché, ou une absence de tendon FDS de D5.

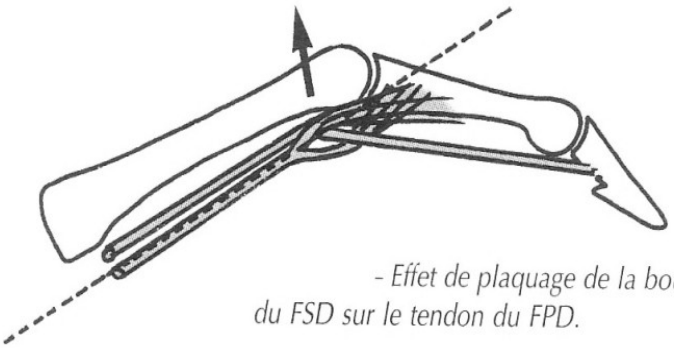
Le FDS de D2 : le testing du FDS de D2 est compromis car individualisé du corps musculaire commun. Il est proposé d'effectuer le test de la feuille. L'examinateur exerce une traction sur une feuille de papier :

- Si le patient peu la retenir avec un index en aspect de pseudo boutonnière, le FDS est présent.
- Si le patient ne peu retenir la feuille et que son index prend la forme d'un pseudo maillet, le FDS est absent.

Le fléchisseur profond (FDP) : l'examinateur bloque l'IPP du doigt lésé, et porter le poignet et la MP en extension pour sensibiliser le test. Le sujet fléchit l'IPD. L'impossibilité de réaliser ce test oriente vers une section du FDP.

2. Physiologie des tendons fléchisseurs

a-Le FDS et FDP forment un couple perforant et perforé.
En effet la perforation du FDS par le FDP assure le plaquage actif du FDP et potentialise son action.



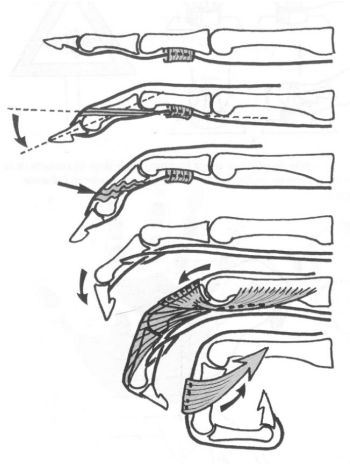
- Effet de plaquage de la boutonnière du FSD sur le tendon du FPD.

b-Flexion des IP : action du ligament rétinaculaire oblique.

Le ligament rétinaculaire oblique né de la gaine des fléchisseurs en regard du col de P1, au contact de A2, se termine sur la bandelette de l'extenseur au niveau de l'IPD en arrière de l'axe de flexion.

Lors d'une flexion active globale et sans résistance :

- Action de l'ECD qui fixe P1.
- Action du FDP qui engage la flexion de l'IPD, contrecarrée par le ligament rétinaculaire.
- La flexion de l'IPP par action conjointe du FCS et FDP relaxe le ligament rétinaculaire.
- Flexion de l'IPD libre.
- Flexion des MP, entraînées par la flexion prononcée des IPD et IPP, et complétée par l'augmentation du bras de levier de la dossière des interosseux.



Mobilité analytique des doigts.
Schémas M.Dufour, M.Pillu.
Biomécanique Fonctionnelle.
Ed. Masson, 2007.

Lors flexion des doigts contre résistance : on décrit la flexion des MCP par les interosseux, puis la flexion de P2 sur P1 par le FCS et enfin, la flexion de P3 sur P2 par le FDP pour fermer la prise.

3. Le canal digital [10]

Au niveau d'un doigt, le canal digital est formé d'une structure fibreuse et d'une structure synoviale entourant le tendon fléchisseur. La structure synoviale, aussi appelée gaine synoviale des tendons fléchisseurs, est constituée de deux feuillets, un feuillet pariétal et un feuillet viscéral qui entourent les tendons comme un manchon. Cette gaine protectrice produit du liquide synovial et nourris le tendon par imbibition ou effet de pompe grâce à l'existence de petits orifices à leur face superficielle. Elle est renforcée par des poulies annulaires qui assurent le glissement tout en plaquant les tendons sur le squelette.

a- La gaine synoviale des fléchisseurs des doigts :

Descendant de l'avant-bras à leurs terminaisons digitales, les tendons fléchisseurs traversent le canal carpien, la paume de la main, et les gaines digitales. Le tendon du long fléchisseur du pouce suit un trajet à part, à la partie latérale du canal carpien.

Les doigts médians (index, médius et annulaire), ont une gaine digito-palmaire qui va de la base de P3 à la tête métacarpienne correspondante (depuis l'insertion du fléchisseur profond sur P3 jusqu'au pli de flexion palmaire distal).

Le pouce et l'auriculaire ont une gaine digito-carpienne qui remonte jusqu'à la face antérieur du poignet. On distingue :

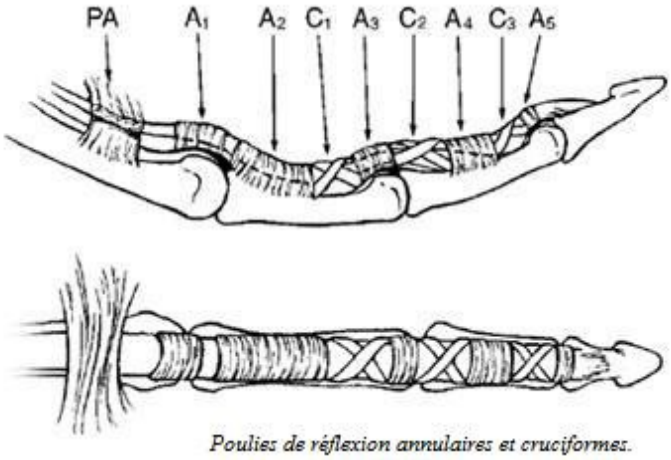
- La gaine du long fléchisseur propre du pouce, qui s'étend du tendon sur P2 jusqu'au dessus du canal carpien, à 3 cm au dessus du pli de flexion du poignet.
- La gaine des tendons de l'auriculaire, la plus vaste, qui s'étend depuis l'insertion du fléchisseur commun profond sur P3, englobant l'ensemble des tendons superficiels et profonds des quatres derniers doigts à la paume de la main, jusqu'à 6 cm au dessus du pli de flexion du poignet.

b- Les poulies de réflexion :

Les poulies digitales sont des coulisses fibreuses situées à la face antérieure des phalanges. Elles ont pour rôle de renforcer les gaines digitales et maintenir les tendons fléchisseurs plaqués contre l'appareil ostéoarticulaire lors des flexions, évitant ainsi le phénomène de corde d'arc lors de l'enroulement. Elles maximalisent la transmission des forces en flexion [42]. Elles déterminent la longueur du bras de levier relativement constants lors de mouvements de flexion du doigt.

Deux types de poulies :

- Annulaires (A0 à A5) renforcement puissant de la gaine fibreuse.
- Cruciformes (C1 à C3) moins résistantes, séparées par des zones de gaines synoviales plus souples.



Poulies de réflexion annulaires et cruciformes.

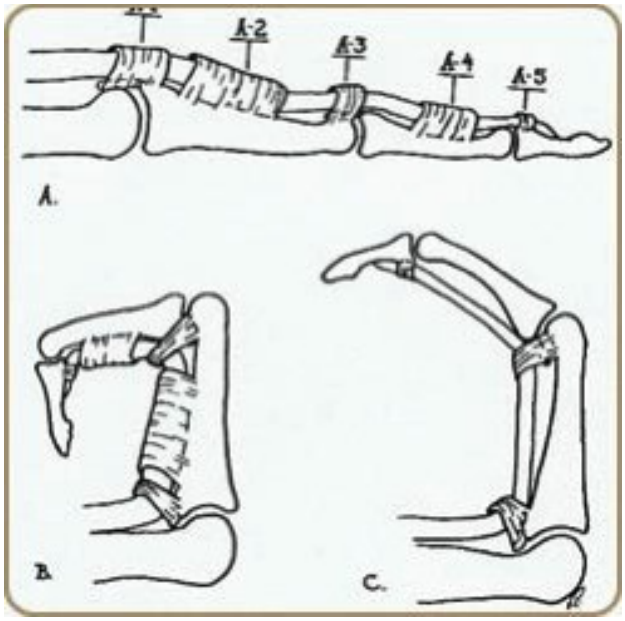
Les poulies A2 et A4 sont les plus importantes, dites poulies osseuses, indispensables à la fonction du doigt, elles préservent l'excursion du tendon, par conséquent elles doivent être conservées. Elles sont situées à mi-diaphyse de P1 et P2, et leurs insertions sont uniquement osseuses sur

les facettes latérales de la phalange correspondante.
La poulie A2 est la plus large (20 mm), et correspond à la zone de croisement des deux tendons fléchisseurs.
A4 est plus étroite (12 mm de long), et correspond à l'insertion du FCS.
Les poulies impaires A1, A3 et A5 sont situées en regard des articulations MCP, IPP, IPD, insérées sur la plaque palmaire.

Il a été démontré que lorsque l'on sacrifie des poulies, il se crée des cordes d'arcs, une diminution de l'amplitude de flexion active, une augmentation des frictions qui peuvent à terme, fragiliser les poulies avoisinantes.

Au niveau pouce : 2 poulies annulaires (A1 et A2), ainsi qu'une poulie oblique recevant l'ADD du pouce.

Incidence d'une section de poulie sur l'enroulement :

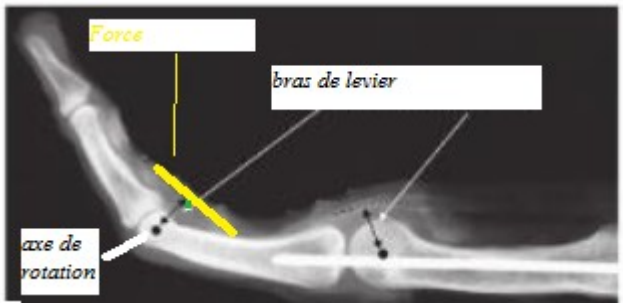


B. excursion tendineuse avec poulie.
C. excursion tendineuse sans A2 et A4 : présence de cordes d'arc.

c- Intégrité et rôle des poulies :

La chirurgie doit préserver l'intégrité des poulies, puisque la biomécanique du système fléchisseur est dictée par ce complexe. On remarque que plus le tendon est éloigné de l'axe de rotation articulaire, et plus le bras de levier sera important, moins la contraction musculaire génèrera de mouvement articulaire. Inversement, un bras de levier court, va générer une meilleure rotation, pour la même excursion tendineuse.
Ceci explique dans la zone qui nous intéresse, que la lésion partielle ou

totale des poulies A2 et A4 ait un impact biomécanique, car une situation défavorable entraîne une diminution d'enroulement des doigts, de la force, et par conséquent des risques de flessum articulaires [1].



4. Nutrition [2]

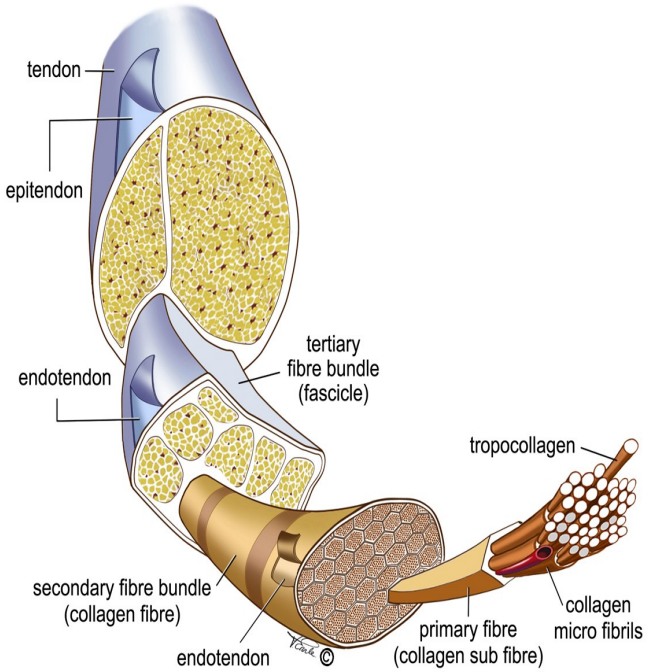
Le tendon bénéficie d'une double nutrition :

a- La diffusion :

Elle s'effectue à travers la gaine synoviale, par des petits conduits orientés à 90° les uns par rapport aux autres, passant à travers le tendon vers la surface du tendon. La circulation du liquide dans ces conduits est renforcée par les mouvements des doigts, par un mécanisme de pompage appelé imbibition, qui aspire le fluide dans les interstices du tendon.
Le liquide synovial est composé de liquide interstitiel filtré du plasma sanguin et d'acide hyaluronique. L'acide hyaluronique lui confère des propriétés viscoélastiques, anti-inflammatoires et antalgiques. Il augmente l'activité métabolique du fibroblaste synoviale, et enfin joue un rôle sur la cicatrisation en stimulant la formation de tissu de granulation.
Le liquide synovial secrété par la gaine joue un rôle mécanique de glissement, un rôle nutritif, et peut-être considérée comme un organisme immunitaire.

Le tendon fléchisseur est constitué essentiellement de collagène, mais aussi de protéoglycane, d'eau et de fibroblaste (ténocytes). La surface est recouverte d'endotendon dont les septa rejoignent superficiellement l'épitendon, recouvert lui-même d'un fin feuillet de paratendon.

Structure du tendon :



Les tendons de l'homme sont constitués de faisceaux fibreux primitifs ou primaires (subfascicules). Ceux ci s'agencent pour former des faisceaux fibreux secondaires (fascicules) aui eux-mêmes se réunissent donnant des faisceaux fibreux tertiaires. Une membrane fine l'**endotendon**, contenant vaisseaux sanguins, lymphatiques et nerfs, entoure les faisceaux fibreux primaires, secondaires et tertiaires.
L'unité tendineuse est recouverte par l'**épitendon**, gaine de tissu conjonctif lâche contenant les vaisseaux, lymphatiques et nerfs destinés au tendon.
Une troisième couche de tissu conjonctif, le **paratendon**, entoure encore le tendon. Cette membrane est parfois remplacée par une membrane synoviale.
L'épitendon et le paratendon forment le péritendon, auquel on associe des propriétés de glissement avec les tissus voisins.

Il est encore inconnu cliniquement dans quelle mesure le tendon dépend de la nutrition vasculaire par rapport à la diffusion synoviale. Lundborg en 1980 [28], démontre sur des chiens après injection de traceurs radioactifs, que la mobilisation active augmente la concentration de traceurs dans la partie antérieure du tendon, et que la diffusion par le liquide synovial joue un rôle majeur dans la nutrition tendineuse.

b- **La perfusion :**

Par les vaisseaux péri-tendineux : cet apport provient des deux extrémités tendineuses (la jonction tendino-musculaire et l'insertion périostée) et du mésotendon à travers l'épitendon. Dans le canal digital, la face profonde des tendons est reliée par des tractus membraneux à la face palmaire des phalanges. Ces tractus conjonctifs contribuent à maintenir les tendons dans la cavité synoviale et servent de support aux vaisseaux irriguant les tendons. Ces mésotendons sont les vinculums des tendons, abordant le tendon par sa face dorsale. Chaque tendon fléchisseur est dépendant de deux vincula, un vinculum court en regard de l'insertion du tendon, et un vinculum long moins constant [45].

En zone 2, on décrit un désert vasculaire qui constitue un véritable enjeu à la cicatrisation. En effet, il existe physiologiquement des zones avasculaires au niveau du tendon, qui peuvent néanmoins cicatriser. Il en est de même lorsque le tendon a été privé d'une partie de son apport vasculaire. Ces zones sont situées dans les territoires adjacents aux vincula, en regard des poulies A2 et A4. On peut supposer que ces zones sont maintenues par diffusion, par imbibition [24]. Dans le canal digital, ce mécanisme ne peut fonctionner que si l'on a obtenu une réfection suffisante de cette gaine.

Si la vascularisation directe, ou l'imbibition synoviale ne peut être réalisée, la cicatrisation se fait par l'apparition d'un tissu d'adhérences péri tendineuses : c'est à partir de ce tissu que les bourgeons vasculaires repénètrent le tendon, processus de cicatrisation extrinsèque.

5. Cicatrisation des tendons fléchisseurs

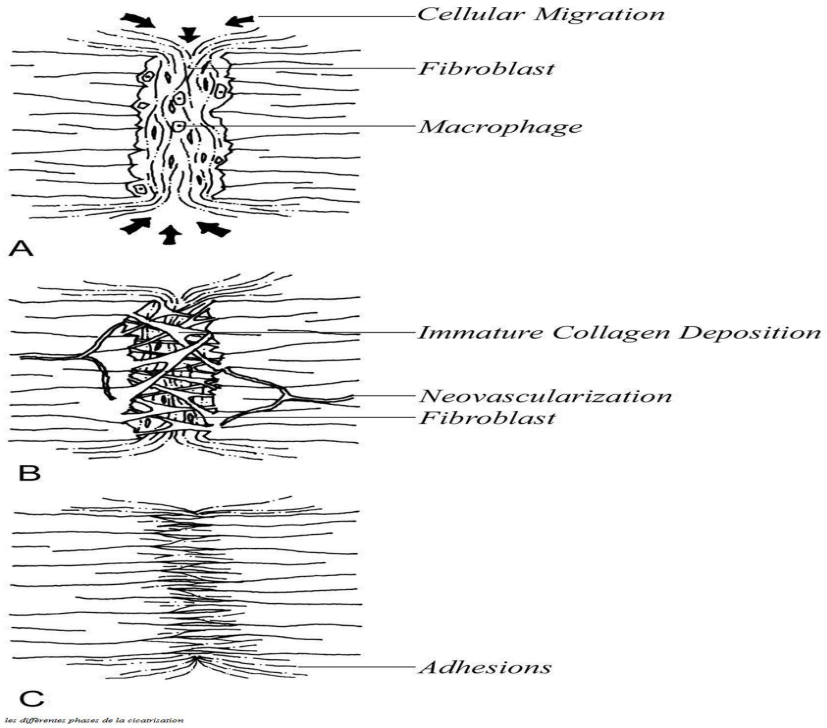
Le phénomène de cicatrisation du tendon est un vaste sujet d'étude. Nous retiendrons ces différentes phases.

a- Les phases de cicatrisations:

Phase inflammatoire : pendant 48 à 72 heures les erythrocytes et cellules inflammatoires migrent vers le site traumatisé, initient l'angiogénèse, augmentent la perméabilité vasculaire pour stimuler la prolifération de ténocytes et le recrutement d'autres cellules inflammatoires. Les cellules épitendineuses migrent en direction de la section pour rétablir la surface de glissement, alors que les cellules endotendineuses restent au repos.

Phase de prolifération :(du 5ème J à 4 semaines) se met en place par une activité intense de fibres collagènes (type 1) non orientées sur lesquelles se déposent des cellules épitendineuses. Une néovascularisation des extrémités tendineuses s'effectue par pénétration de vaisseaux.

Phase de remodelage : s'installe approximativement après 6 semaines par une modification de solidité du tissu de réparation. Le métabolisme des ténocytes s'intensifie et les fibres de collagènes et ténocytes s'alignent. Plus tard ce tissu va encore graduellement évoluer sur une année, passant du tissu fibreux à un tissu cicatriciel tendineux [16].



les différentes phases de la cicatrisation

La cicatrisation intrinsèque : le liquide synovial diffuse les nutriments et permet la prolifération des ténocytes de l'épitendon et l'endotendon.

La cicatrisation extrinsèque : réponse fibroblastique de la vascularisation, des tissus et cellules avoisinant le tendon.

La contribution de chacun des deux systèmes de cicatrisation dépend du site lésionnel, du stress induit par le mouvement post-opératoire, du geste chirurgical. Il faudra favoriser pendant la phase opératoire et post-opératoire une cicatrisation intrinsèque propice au glissement tendineux.

b- Facteurs influençant la réparation tendineuse :

Effets délétères de l'immobilisation :

- ✔ Augmente les raideurs, diminue la force, diminue la proprioceptivité, retarde la maturation du tissu cicatriciel, favorise une orientation anarchique des fibres.

Effets bénéfiques de la mobilisation précoce :

- ✔ Favorise la synthèse et le turnover du collagène et de la matrice extra-cellulaire[20].
- ✔ Améliore la qualité et la composition biochimique du tendon.
- ✔ Permet une meilleure orientation des fibres.
- ✔ Favorise la prolifération des capillaires.

Conséquences thérapeutiques:

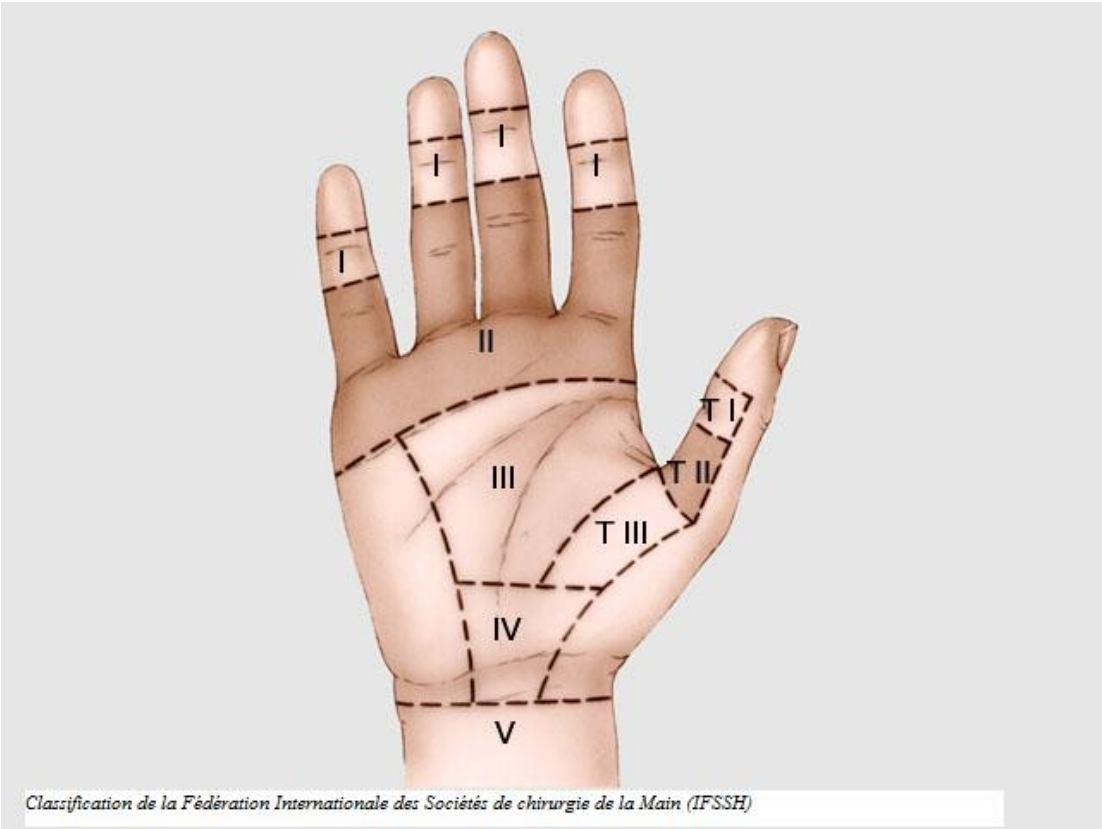
- ✔ Respect absolu de la phase inflammatoire initiale, pour ne pas biaiser le processus de régénération.
- ✔ Sollicitation mécanique en phase de réparation tendineuse à 5 jours, pour favoriser la régénération tendineuse, et stimuler la vascularisation[4].

Par conséquent, la mobilisation précoce en post-opératoire, permet de diminuer la formation d'adhérences et favorise la cicatrisation du site lésé en stimulant la diffusion synoviale et donc la cicatrisation intrinsèque du tendon.

6. Les zones topographiques selon Verdan

Cette classification adoptée en 1980 par la Fédération internationale des sociétés de chirurgie de la Main (IFSSH), fut élaborée par Verdan et Michon en 1961, et propose de cartographier la main en zone de pronostics différents.
La zone 1 située en aval de l'IPD : lésions isolées du FDP.
La zone 2 est la zone de "no man's land" de Bunnel, où les tendons fléchisseurs sont ajustés dans un canal ostéofibreux. Cette zone intéresse les lésions des fléchisseurs dans la zone des poulies A1 à A4.
La zone 3 intéresse les lésions des fléchisseurs à la paume en aval du bord distal du ligament annulaire antérieur du carpe.
La zone 4 correspond à la zone du canal carpien.
La zone 5 correspond aux lésions des fléchisseurs situés aux poignet et à

l'avant bras, en amont du bord proximal du ligament annulaire antérieur du carpe.
Pour le pouce, la **zone T1** correspond à l'insertion distale du tendon sur P2, la **zone T2** au canal digital, et la **zone T3** à la paume. Les zones T4 et T5 sont identiques à celles des doigts longs[27].



Classification de la Fédération Internationale des Sociétés de chirurgie de la Main (IFSSH)

7. La chirurgie des fléchisseurs en zone 2 [23]

Le chirurgien suture le tendon à l'aide de technique spécifique dédiée au tendon fléchisseur. Cette technique de suture qui allie à la fois un point central (cadre) et un surjet périphérique, permettra d'obtenir une suture solide et fine, pour permettre au tendon de glisser correctement.

- ✔ Incisions : elles doivent traverser le pli de flexion transversalement ou obliquement pour éviter les rétractions tissulaires.
- ✔ Délais de prise en charge : dans les 2 à 3 jours suivant le traumatisme.
- ✔ Techniques :
  - * corrélation entre la résistance de la suture et le nombre de brins qui traversent la plaie tendineuse.
  - * 4-6 brins permettent une force adéquate pour la mobilisation active précoce.
  - * Placement antérieur de la suture centrale pour éviter de léser l'apport vasculaire postérieur.

* une suture atraumatique minimise le risque d'adhésions.

✔ Surjet épitendineux :
* améliore le glissement tendineux.
* améliore la résistance de la suture.
* diminue le risque de gap.

✔ La réparation de la gaine est controversée :
* en théorie, restaure la nutrition tendineuse par le liquide synoviale, crée une barrière contre la formation d'adhérences.
* en pratique, reste techniquement difficile, et encombre par du matériel de suture le site réparé.

✔ Préserver les poulies A2 et A4.

8. Biomécanique des fléchisseurs

Chez un sujet sain, la force nécessaire pour mobiliser un tendon sain par rapport à sa gaine est d'environ 0,1N soit 10g sans compter la force exercée pour mobiliser le poids des doigts, et les différents angles, car la force de friction sera proportionnelle à la charge appliquée sur les poulies. Après suture tendineuse en zone 2, la force nécessaire pour permettre un mouvement tendineux, augmente pour atteindre environ 6N soit 600g, et sera augmentée par le matériel de suture et les adhésions[1].

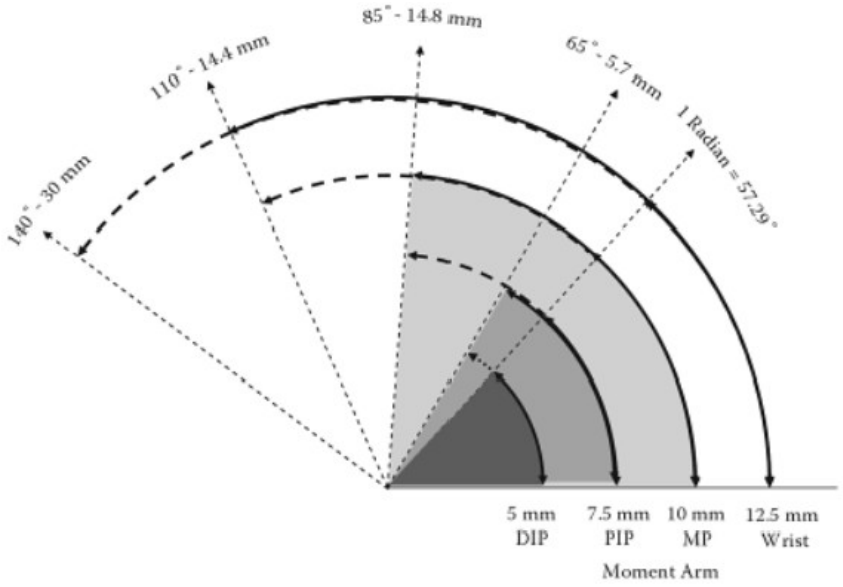
a- Répartition des contraintes :

L'étude menée par Benjamin GOISLARD de MONSABERT[15] quantifie le travail musculaire lors d'une prise de force : le poignet est libre. Les participants maintiennent le serrage maximum pendant 6s, sur un cylindre de 33 mm de diamètre.
L'analyse des résultats lors du GRASP montre que dans les doigts longs:
- les tensions musculaires du FDP ainsi que du ECD sont prépondérantes.
- la contribution du FDS ainsi que des interrosseux est moindre.
- dans la répartition des forces, le pouce contribue pour 23,8 % au serrage par l'action de l'opposant du pouce et de l'adducteur du pouce suivi de l'index (25,5 %) le majeur (22,4%), l'annulaire (17,8%) et enfin l'auriculaire (10,5%).

b- Influence du poignet sur la force et l'excursion tendineuse:

La course des fléchisseurs en amont de la poulie A2 dépend de la position du poignet en flexion - extension. La course des fléchisseurs est

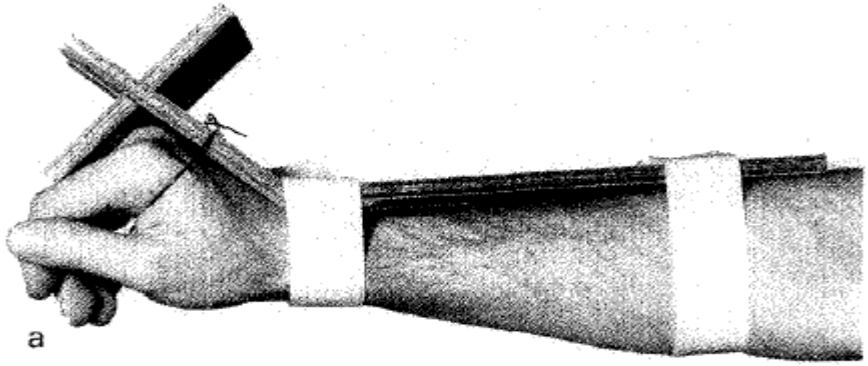
légèrement augmentée en extension du poignet et diminuée en hyper flexion. Cette différence peut être expliquée par la mise en tension des extenseurs qui limitent la flexion des MCP[43,30].



Théorie : calcul de l'excursion tendineuse du FDP en fonction du mouvement articulaire. Orthopaedic Biomechanics.

En effet, en mobilisation active comme passive, l'extension du poignet augmente la course tendineuse des fléchisseurs. Wehbé et al[44] enregistre une augmentation de l'excursion tendineuse du FDS de 104% et de 56% pour le FDP si la mobilisation est corrélée à un mouvement du poignet.

Savage (1988)[34] tente de déterminer la position du poignet qui recrute le moins de force des tendons fléchisseurs en mesurant la tension passive des extenseurs et la tension active minimale des fléchisseurs. Il démontre que la position poignet en extension (45°), associée à une flexion des MCP (90°), minimise la charge sur les tendons fléchisseurs.



The minimal active tension position. R.Savage

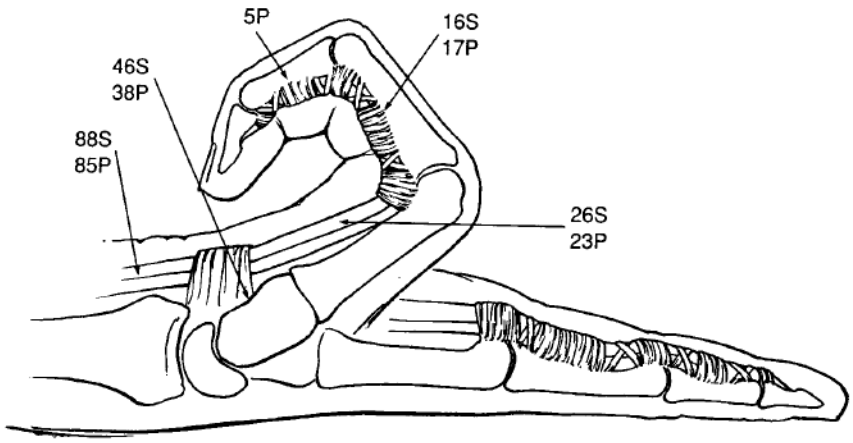
Les modèles mis en place par les biomécaniciens permettent d'évaluer le

rôle du poignet dans le mouvement de préhension de la main. Il est dès lors établit, que le poignet initie le mouvement, c'est à dire que les articulations distales vont adapter leurs positions selon l'angulation du poignet lors d'un mouvement.
Pour développer une force maximale l'extension du poignet se situe entre 34° +- 10 avec 4,8° d'inclinaison cubitale[15,34,43].

Lieber[25] en 1996 dans une étude sur des chiens détermine que la course tendineuse du FDP dépend de la position du poignet avant celle des doigts.
Il poursuit ses travaux sur les relations poignet-main et décrit en 1998 le couple Force/excursion[26].
Lorsque l'on travaille en synergie extension de poignet et flexion doigts, c'est un travail course maximale/faible contrainte.
Lorsque l'on travaille poignet en extension avec mobilisation des doigts, on travaille en course maximale/forte contrainte.

c- Force et Excursion des fléchisseurs en zone 2:

En l'état actuel des connaissances, l'excursion tendineuse des fléchisseurs est basée sur des études effectuées sur cadavres, ou mesurée à l'aide de modélisations du système musculo-squelettique. On retiendra que la course tendineuse des fléchisseurs sera plus importante en proximal qu'en distal, soit environ 9 cm au poignet pour 1,7 cm en zone 2.



Excursion des tendons fléchisseurs (en mm)approximative, en flexion totale des doigts. J. Strickland.

Tableau récapitulatif des mesures de Forces et excursions rapportées par différentes études :

exercices	position poignet	excursion	F
Grasp cylindre de 33mm diamètre (GOISLARD de MONSABERT)	± 34°ext + 5° inclinaison cubitale		FDP D2 : 84,3 N FDP D2 : 58,1N
(Mc Grouther) flexion poignet + doigts en passif	fléchis max	9 cm	
Flexion totale des doigts	neutre	2,5 cm	
fermeture poing actif (Korstanje)	flexion 30° mcp 60°	23,4 mm FDP	
fermeture poing passif	30°	17,8 mm FDP	
kleinert protocole 4 doigts	30°	13,9 mm FDP	
Mc Grouther, Horibe, Wehbé flexion passive doigts			2 à4 N
Mc Grouther, Horibe, Wehbé Flexion active Resistance moy	idem light actif placé-tenu		10 N
Mc Grouther, Horibe, Wehbé flexion active résistance modérée			17 N
Mc Grouther, Horibe, Wehbé **grasp**			70 N
Straight fist(A. Wehbé) glidiexercices)	neutre	28mm FDS; 27mm FDP	
Hook	neutre	13mm FDS; 24mmFDP	
Fist	neutre	23mm FDS; 34mm FDP	1N à 1,5N passif (Amadio)
Schuind et al 1992 mobilisation passive du poignet			1 à 6N
mobilisation passive des doigts			9N
mobilisation active des doigts			35N
Tip pinch			120N

d- Influence de la position des doigts adjacents:

L'étude de Korstanje[22] démontre l'influence de la position des doigts adjacents sur l'excursion tendineuse. Il souligne l'intérêt du travail actif sur l'excursion relative des fléchisseurs (on lui soustrait la résistance des

tissus environnants). De plus, il remarque que l'excursion relative des fléchisseurs reste intéressante en flexion passive, à condition que le doigt lésé ne soit pas mobilisé de façon isolée, mais qu'il soit accompagné ou précédé des doigts adjacents lors du mouvement.

e- Résistance à l'excursion tendineuse:

La résistance au glissement tendineux est avant tout liée aux forces de frictions entre la suture tendineuse et la poulie. Cette résistance est influencée par le dessin de la suture, le nombre de brins, le matériel utilisé, et la localisation du nœud sur le site opéré. De nombreuses recherches visent à affiner les techniques de sutures dans le but de diminuer la résistance occasionnée et amoindrir l'effet « bulking » ou bouchon à l'entrée de la poulie.

L'interface tendon-poulie n'est pas le seul inconvénient au glissement tendineux. Le "Work of flexion"(WOF) représente la somme de toutes les résistances à la flexion du doigt.
Nous distinguerons les résistances internes :

- Les forces de friction entre le tendon et la gaine.
- Les adhérences.
- l'oedème et facteurs associés au processus de cicatrisation.
- L'adaptation du ou des tendons opérés dans le passage de la gaine des fléchisseurs.

Les résistances externes :

- les raideurs articulaires liées au traumatisme et à l'immobilisation.
- Les résistances des tissus mous péri-articulaires.
- Le poids du doigt.
- La résistance des muscles antagonistes.

Pour Tanaka et al [31-41], la période propice à la mobilisation correspondant à la chute du WOF, est située à J5 post opératoire, et augmente à partir du 7ème jours post opératoire.

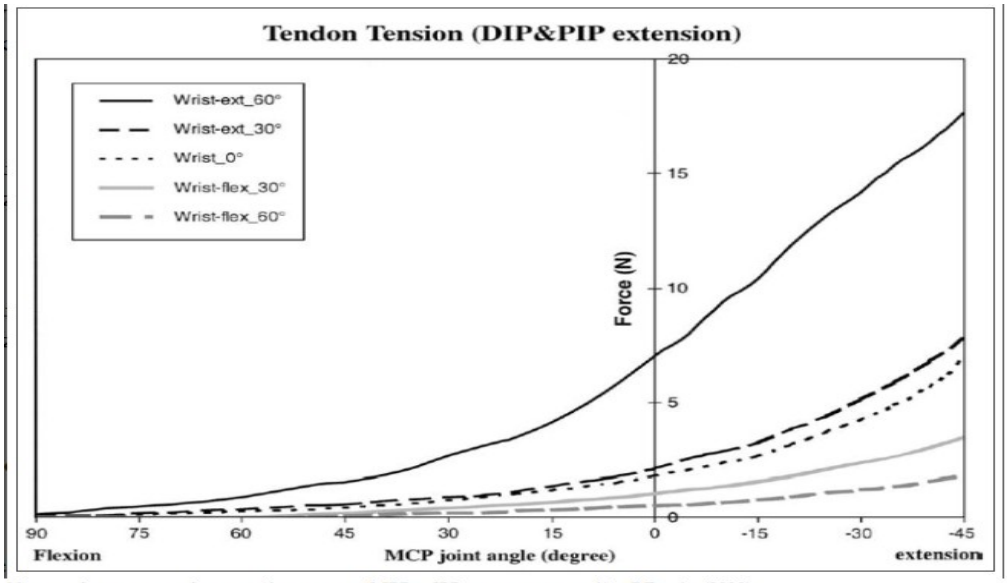
f- influence de la position des MP :

Plusieurs auteurs soulignent la faible contribution de l'articulation MCP lors de sa mobilisation isolée sur la course relative du FDP.

En effet, R. Evans[14], J. Strickland[39], Mc Grouther[29], démontrent d'une part qu'une flexion trop importante en actif et passif des MP augmente les résistances internes et crée une inflammation localisée qui freinerait une

cicatrisation et augmenterait le risque d'adhérences.
De plus, la mobilisation pure des MP n'aurait pas d'impact sur la course du FDP en zone 2. Le passage de la position MP 0° et IP 0° à 60° de flexion des MP ne modifie pas la course tendineuse par rapport à la gaine.

Si l'articulation MP à elle seule ne sollicite que peu les tendons en zone 2, sa position contribue à augmenter la course tendineuse lors de mouvements couplés avec le poignet [34,38], ou poignet+MP+IP.
En effet, on remarque que la position en extension complète des MP couplée à un travail de flexion / extension des IPP et IPD pour une position de poignet à 0°, augmente considérablement la charge induite sur le tendon. L'étude de Tanaka et al[40], permet de comprendre le rôle de chaque position articulaire lors de la mobilisation, et son impact sur la suture. De plus, elle permet de visualiser la zone de sécurité délimitée par la résistance de la suture tendineuse d'un côté, et de l'autre le minimum de charge à surmonter pour initier le mouvement tendineux.



Moyenne des tensions tendineuses induites en zone 2 IPD et IPP en extension complète. T.Tanaka (2005).

Mais il faut noter, que l'intérêt de cette position fléchie dans l'attelle, permet par la mise en jeu des muscles intrinsèques, une extension complète des IP, minimisant ainsi le risque de flessum, et annule les contraintes sur les fléchisseurs.

L'idée de positionner les MCP à 30° de flexion, est suggérée par D. ELLIOT[12]. En effet, cette flexion est une position de confort pour les patients parce qu'elle est physiologique, donc favorable, puisque la longueur du tendon est optimale pour créer une tension.
A 70° de flexion des MP, le mouvement est initié dans l'articulation IPP par le FDP déjà faible, ce qui réduit sa course.

Inversement, à 30° de flexion des MCP, le FDP en état de précontrainte, permet un glissement différentiel sur une course plus longue. Cette position permet, en accord avec les propos de R. Evans, de diminuer le WOF, et donc le stress sur le tendon.

g- Influence de la position des IP:

Mc Grouther[29] observe une excursion différentielle FDS/FDP lors de la mobilisation de l'IPD, une course commune lors de la mobilisation de l'IPP.

Wehbé et al[44], corrobore ces résultats et observe que la corrélation flexion/tendon excursion est pratiquement linéaire, ce qui lui permet de prédire la course tendineuse sur toute l'amplitude du mouvement. Dés lors, il note que pour l'index, la valeur de l'excursion du FDP est de l'ordre de 1mm par tranche de 10° de flexion de l'IPD.
Le constat est identique concernant la mobilisation de l'IPP. Pour une flexion pure de 10° de l'articulation IPP, l'excursion du tendon FDS par rapport à la gaine est de 1,3mm.

Les travaux de la Mayo Clinic et de Wehbé ont permis de mettre en place 3 positions préférentielles pour travailler l'excursion tendineuse :

- La position poing fermé (Fist), produit une excursion du FDP maximum.
- La position poing fermé, IPD tendu (Straight Fist), produit une excursion maximale du FDS.
- La position en griffe (Hook), permet une excursion différentielle maximale en favorisant la course du FDP.

9. Rééducation post-opératoire des tendons fléchisseurs en zone 2 : Evolution des techniques

a- Programme en immobilisation complète :

L'utilisation d'un programme en immobilisation relève d'une approche conservatrice. Elle est indiquée après chirurgie chez les enfants et les adultes qui ne peuvent comprendre les modalités d'exécutions complexes d'un programme, ou bien encore dans le cas de chirurgie tendineuse associée à d'autres lésions (vasculaires, fractures instables, polyarthrite rhumatoïde...). On réalise une immobilisation stricte pour 4 semaines en

position de protection : Poignet à 30° de flexion, MCP à 80° de flexion et extension des IP.

b- Programme en mobilisation passive contrôlée :

La suture en zone 2, a fait l'objet de nombreuses recherches et descriptions techniques. Les différences portent sur la taille et la matière du fil employée, son caractère résorbable ou non, le nombre de brins, le trajet du fil, le type de surjet épitendineux et sa profondeur, l'encombrement. Cette évolution a, en partie, permis la mise en place de protocoles de rééducations plus contraignants. En contrôlant les tensions appliquées au tendon, on améliore la résistance à la traction, diminue les adhésions, améliore l'excursion tendineuse, augmente la prolifération des capillaires, oriente les fibres, et améliore la qualité et la composition biochimique du tendon. Ces protocoles ont été développés principalement pour la prise en charge des tendons fléchisseurs en Zone 2, et par la suite adaptés pour les zones 1 à 5.

Deux protocoles de mobilisation passive précoce servent de base de réflexion pour tous les protocoles de mobilisation.

En 1967, Kleinert introduit un protocole de mobilisation passive à l'aide d'une attelle dorsale de protection avec traction élastique (poignet à 30°de flexion, 60° de flexion des MCP, les IP sont libres). Il propose alors une technique semi-active, active en extension avec un retour passif par rappel élastique. L'extension active du doigt opéré déploie successivement IPP et IPD afin que les deux tendons fléchisseurs soient mobilisés et dissociés, dès lors, le tendon est tiré en distale pendant l'extension, et poussé en proximale en flexion. Le rôle de l'élastique est de créer une résistance aux extenseurs extrinsèques, et donc induire un relâchement des antagonistes fléchisseurs et minimiser le stress sur le tendon opéré. Cette thèse n'est pas soutenue par Citron et Forester[6]qui considèrent que si la résistance de l'élastique est trop forte, le patient développe petit à petit un flessum sur l'IPP. Ils ajoutent que la résistance qui est appliquée, doit être celle qui ramène les doigts en position fléchie, c'est-à-dire minime. Dans le cas contraire, elle provoque une co-contraction du FDP.

L'attelle est peu à peu améliorée, mais entraîne des flessums séquellaires malgré le plaquage nocturne des doigts contre l'attelle. Ces résultats s'expliquent soit par mauvais placement de la poulie, une tension de l'élastique importante, mauvais suivi ou une mauvaise compréhension du patient.

En 1975 Duran[11] propose un protocole de mobilisation passive. Il utilise une attelle dorsale de protection, positionne le poignet à 30° de flexion, les MCP à 60° de flexion, et IP en extension complète sans traction élastique. A l'origine, le poignet était placé à 20° de flexion, et les doigts relâchés en position fléchie de protection à l'aide d'une sangle fixée à l'ongle. Deux fois par jour, le patient effectue 8 répétitions de 2 exercices.
Théoriquement, chaque exercice pousse les tendons fléchisseurs en proximal, et les tire en distale : flexion et extension passives de l'IPD en maintenant les IPP et MP en flexion, fait coulisser le FDP par rapport à la gaine, et par rapport au FDS; flexion et extension passives de l'IPP en maintenant la MCP et IPD en flexion, fait coulisser le FDP et FDS par rapport aux tissus environnants. Ce programme est conçu dans le but de favoriser 3 à 5 mm de glissement tendineux et d'éviter des adhérences restrictives.

Cooney[7] en 1989, utilise l'effet ténodèse passif poignet-doigts pour favoriser le glissement tendineux au niveau de la zone lésée, et met en évidence une augmentation de l'excursion tendineuse par rapport à la technique de kleinert.
En combinant la flexion de la MCP et l'extension du poignet, la tension sur le tendon est minime et on permet un travail différencié entre le FDS et le FDP [34].
Des études sur cadavres utilisant le mouvement ténodèse, déterminent une course du FDS de 15,2mm; FDP 19,8mm; et une course différentielle de 4,6mm[7]. Lieber[25]en 1996, écrit que la tension imposée au FCP en mobilisation passive, dépend principalement de la position du poignet, et démontre en 1999[26] sur des chiens, que le travail en synergie poignet en extension-IP fléchis et poignet fléchis-IP en extension est un travail tension faible-course importante. Il ajoute que le travail poignet en extension-IP tendu est un travail tension forte-course importante.
Zhao et al [46]concluent en soulignant que l'utilisation de l'effet ténodèse, permet d'augmenter la course tendineuse et par conséquent, diminue la formation d'adhérences en comparaison à un protocole de mobilisation passive traditionnelle.

De nombreux auteurs s'accordent à dire que la flexion passive des doigts a tendance à pousser la zone de suture en proximal, en particulier poignet fléchi, ce qui peut engendrer un "plissement" du tendon contre la poulie proximale plus qu'un véritable glissement. La mobilisation active n'élimine pas totalement cet effet accordéon, mais tracte le tendon pour permettre plus de course.

Effet de plissement du tendon lors de la mobilisation Passive.

Cet inconvénient est majoré par le WOF ou résistance à l'excursion tendineuse.
En effet, le matériel de suture, les poulies, les tissus péri- articulaires, l'œdème, l'inflammation, la contraction des muscles antagonistes, la raideur du système articulaire, la force des extenseurs, la rapidité d'exécution de l'exercice, sont un frein à la mobilité du tendon dans la mesure où il serait poussé.

c- Protocoles de mobilisation active :

Les années 80 font place aux protocoles de rééducation actifs combinés aux protocoles de Kleinert et Duran. Ces protocoles ont pour but d'augmenter la course tendineuse de différentes façons :
- par **effet ténodèse**, avec mobilisation active du poignet.
- en **placé tenu**, par mise en flexion des doigts et tenu actifs.
- par **flexion active** des doigts.

En 1989 un programme de mobilisation active précoce est proposé par Small[36,8].Les doigts sont protégés par une attelle recouvrant les doigts 2 cm au delà du bout des ongles pour éviter toutes manipulations. Les mouvements effectués dans l'attelle à 48H post-opératoire, prévoient une flexion passive totale, une flexion active et extension active. Ces exercices sont effectués toutes les 4 heures, et on augmente graduellement l'angle de flexion des IPP de 30° à 90° sur 5 semaines.

Evans et Thompson en 1993[13],étudient la tension induite lors de la technique du placé - tenu et décrivent le concept MAMTT (minimal active muscle tendon - tension) ou tension minimum requise pour contrer la résistance viscoélastique des muscles antagonistes. Plus qu'un

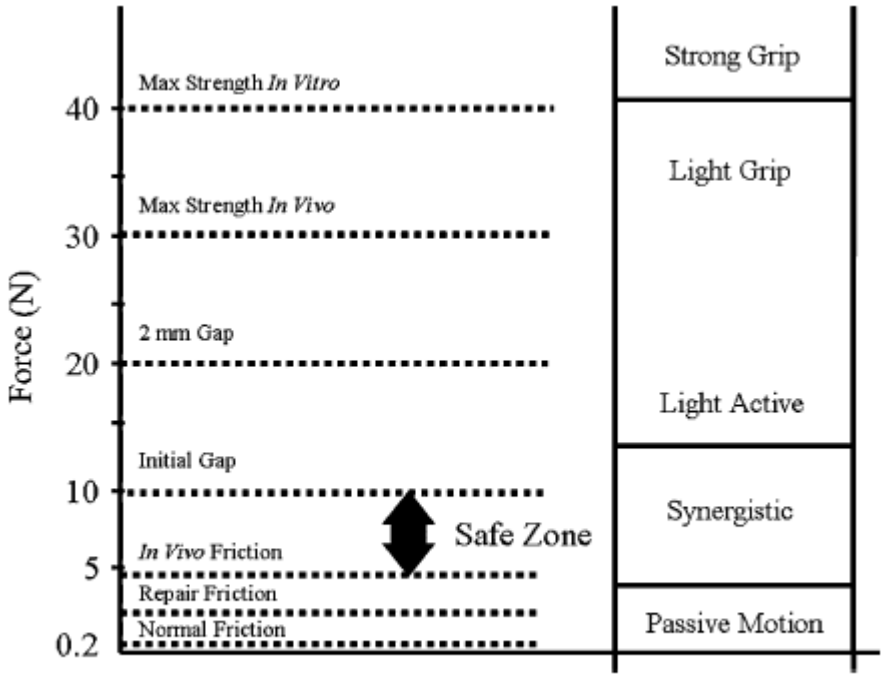
protocole, Evans met en place un guide de prise en charge, permettant d'adapter le protocole de rééducation à l'évolution du WOF. Elle préconise une position de "placé" avec flexions articulaires sous maximale afin d'éviter une tension excessive sur la suture : ext. poignet 20°; MP 83°; PIP 75°; DIP 40°.

En 1995, Strickland et Cannon[3] proposent un protocole actif placé - tenu. Les doigts sont placés passivement en flexion, et le patient maintient la flexion avec un minimum de contraction musculaire. Le patient apprend à utiliser le minimum de force avec la main lésée à l'aide de biofeedback. Ce protocole est uniquement prévu pour la rééducation des tendons suturés à 4 brins, accompagné d'un surjet épitendineux.

Sapienza en 2012[33]simule des mouvements actifs et passifs sur cadavres, et souligne à travers cette étude, l'intérêt de la mobilisation active. Elle permet une plus longue course tendineuse, parce que provoquée par une tension plus importante.
Il est donc indispensable de renforcer les sutures tendineuses, pour permettre d'augmenter les tensions transmises sur la lésion.

Une suture classique deux brins avec surjet épitendineux peut résister de 20 à 30N (2,5kg), alors qu'une suture multibrins (4, 5, 6) peut résister jusqu'à 70N. Pour obtenir un mouvement du tendon sans risque de Gap ou de rupture, il faut que la suture résiste à toutes ces forces opposantes, forces qui augmentent considérablement en situation post-opératoire. Dans ces conditions, la force pour mobiliser un tendon en passif est de l'ordre de 5 N[35], et 15 à 30N pour un mouvement actif sans résistance.

Dès lors, Amadio[1]propose une échelle de force à appliquer au tendon pour permettre une mobilisation sans risque d'engendrer rupture ou gap tendineux, et préconise une tension n'excédant pas 5 à 10N sur un tendon suturé à 4 brins.



La Zone de sécurité correspondant à une suture 4 brins, se situe entre 5N et 10N. P.C.Amadio.

En effet, les différents modèles biomécaniques proposés dans la littérature[5-9], conditionnent la rééducation post opératoire des tendons fléchisseurs. La force appliquée par le doigt sur un objet, son angle d'attaque, la taille de l'objet, autant de paramètres qui influent sur le site suturé.
On remarque, que la force appliquée sur l'objet est toujours 2 à 3 fois inférieur à la tension induite sur le tendon, il est donc important d'en tenir compte lors de la phase de cicatrisation tendineuse, si le patient est amené à manipuler des objets.
La taille, la manipulation d'objets larges, va augmenter l'extension des IP et MP, augmenter le ratio de force, et par conséquent augmenter la tension sur les sutures. Il est donc important de moduler les angles et la résistance aux doigts en fonction de la résistance de la suture.

d- Complémentarité des techniques de rééducation :

Au vue de ces techniques de rééducation, nous pouvons établir une synthèse des contraintes engendrées pour chacune d'elles en fonction de l'excursion tendineuse effectuée.

Excursion	++	mobilisation synergique par effet ténodèse poignet/main	STRICKLAND placé-tenu + mobilisation synergique		
	+	DURAN mobilisation passive		ACTIF VRAI	ACTIF c/ résistance
		+	++	+++	**DANGER**
			Contrainte		

10. Attelle courte de Manchester

a- Présentation de l'attelle courte de Manchester

En accord avec les travaux de Lieber[25,26] qui soulignent l'interdépendance entre la position du poignet et la charge exercée sur le FDP, l'objectif premier de l'équipe de Manchester[31] est de mettre en place un protocole de rééducation basé sur la mobilisation synergique poignet/doigts en modifiant l'attelle de Strickland[37]jugée trop complexe.

Le développement de l'attelle courte de Manchester évolue depuis une dizaine d'années et se base sur la progression des techniques chirurgicales et des principes de rééducations. On notera en particulier :

- Les travaux de R. Savage qui promeuvent une position : poignet positionné à 45° d'extension associé à une flexion des articulations MP à 90° dans le but de diminuer les tensions des extenseurs lors du travail actif des fléchisseurs.
- Les travaux de J. Strickland et Cannon portant sur l'effet ténodèse combiné à des exercices actifs isométrique de placé-tenu. Ces études ont permis de raccourcir l'attelle en libérant les mouvements du poignet, limité à 45° d'extension.
- Depuis 2004, la quasi généralisation de la pratique des sutures à 4 brins des tendons fléchisseurs, par les chirurgiens de Manchester. Cette technique leur a permis de laisser les doigts libres dans l'attelle 24h/24.
- Le positionnement à 30° de flexion des articulations MP, qui permet d'initier le mouvement de flexion dans les IPD et augmenter le travail différentiel tendineux.

L'étude parue en 2014 et menée par DA Mc Grouther, Fiona Peck, propose de comparer deux protocoles de prise en charge des sections de fléchisseurs en zone 2. Un premier groupe A utilise une attelle classique longue sur l'avant bras, poignet en rectitude, 70° de flexion des MP accompagné d'un protocole de rééducation type mobilisation active précoce. Le deuxième groupe B utilise une attelle courte de Manchester accompagné d'un protocole type mobilisation active précoce + travail synergique actif poignet-doigts. Résultats à 12 semaines : le groupe B a significativement moins de flessum de l'articulation IPP (10° ± 11° vs 19°± 16° ; P=,034). On dénombre 3 ruptures (3,9%) dans le groupe A, et 2 ruptures dans le groupe B (4,4%). On note qu'une nouvelle étude, cette fois randomisée, est en cours à l'hôpital Universitaire de Manchester.

b- Cahier des charges de l'attelle courte de Manchester (Peck et al)

- ✔ L'attelle courte est portée pendant 6 semaines.
- ✔ Restaurer en priorité la flexion digitale passive complète.
- ✔ Initier la mobilisation active précoce de l'articulation IPD, poignet en extension, pour promouvoir un glissement différentié.
- ✔ Eviter le travail en amplitude complète.
- ✔ Encourager l'extension active des doigts, poignet en flexion.
- ✔ Une contention élastique digitale peut être appliquée la nuit en cas de perte d'extension du doigt lésé.
- ✔ Promouvoir la mobilité.
- ✔ Commencer les postures d'étirement et attelle d'extension la nuit, en cas de flessum des IPP.
- ✔ Reprise des activités ordinaires entre 10 et 12 semaines.
- ✔ Si la lésion tendineuse porte sur D3, D4 ou D5, le patient est autorisé à utiliser uniquement la pince pouce-index pour des tâches légères. Inversement si la lésion porte sur l'index, le patient peu utiliser D3, D4, D5 pour des tâches légères.

c- Conception de l'attelle courte de Manchester:

- ✔ Une coque dorsale thermoformée qui s'étend du pli proximal du poignet jusqu'au bout des doigts.
- ✔ Elle permet une flexion maximale du poignet et une extension bloquée à 45°.

✔ Elle bloque l'extension des MCP à -30°.
✔ L'attelle est solidarisée à la main à l'aide de deux bandes, une située sur le pli de flexion palmaire distal, et l'autre au poignet.

Attelle courte de Manchester. F.Peck

Attelle courte de Manchester. F.Peck.

d- Protocole de rééducation proposé par Fiona Peck et son équipe :

Entre le 4 ème et le 5 ème jour post-opératoire, les patients sont vus à la clinique pour mettre en place l'attelle courte et le protocole de rééducation.

Exercice 1 : flexion passive et totale des articulations IP, dans le but d'une part de minimiser l'effet de l'œdème sur la mobilité articulaire, d'éviter les fibroses des structures dorsales, et de préparer le doigt à la mobilisation active. Ces exercices sont pratiqués pendant 6 semaines.

Exercice 2 : flexion active des doigts, initiée dans l'articulation IPD pour maximaliser le glissement FDP/FDS. La force exercée par le patient pour fléchir son doigt est minimale et l'amplitude incomplète. Ceci dans le but de rester en "zone de sécurité" décrite par Amadio et al, et de restreindre la tension appliquée au tendon par un angle de flexion trop important.

Exercice 3 : extension active des IP contre l'attelle pour minimiser le

risque de flessum articulaire.

Exercices 4 et 5 travail synergique actif poignet/main : on associe de façon synergique une flexion active des doigts et l'extension du poignet à 45° d'extension. Inversement, on associe de la même façon, l'extension active des doigts contre la coque et la flexion maximale du poignet.

11. Proposition de protocole de rééducation avec Attelle courte

Toute la physiologie du tendon fléchisseur et son fonctionnement biomécanique dicte les étapes du protocole de rééducation. N'oublions pas que l'attelle courte de Manchester contrairement aux attelles actuellement utilisées ne fixe pas les différentes articulations dans une position de sécurité, elle agit comme un garde-fou, balise les amplitudes périlleuses tout en laissant le complexe poignet-main-doigt totalement libre. A mon sens, c'est cette liberté qui constitue le risque sur cette attelle, et le rôle prépondérant du rééducateur sera de fixer les règles de vigilance et s'assurer qu'elles sont respectées et comprises.

a- Cahier des charges :

- ✔ Suture 4 brins + surjet périphérique.
- ✔ GPM : poignet neutre, 30° de flexion des MP, IPP et IPD en extension.
- ✔ Lésion tendineuse unique avec ou sans lésion des nerfs digitaux.
- ✔ Immobilisation < à 7 jours.

b- Protocole :

1) J1 post-opératoire : Lutte contre l'œdème

La prise en charge par le rééducateur doit être immédiate, dans le but de rassurer le patient d'une part, et de donner les premières consignes de drainage de l'œdème d'autre part. En effet, les douleurs plus ou moins tenaces générées par l'œdème dans les premiers jours, détermine la position du patient dans son traitement, soit victime ou actif.

- ✔ Surélévation de la main.
- ✔ Utilisation d'une bande compressive élastique autoadhésive type Coban pour favoriser la résorption liquidienne.

- ✔ Cryothérapie.
- ✔ Drainage lymphatique.
- ✔ Flexion et extension douce du coude, de l'épaule.

2) J5 post-opératoire : Education du patient :

Cette étape permet d'expliquer au patient de façon schématique la technique chirurgicale qu'il vient de subir, ainsi que les risques encourus en cas de surmenage de la suture tendineuse.

- ✔ L'accent est mis sur l'**interdiction** d'utiliser le doigt lésé ainsi que les doigts adjacents.

    - ✔ Si la lésion est située sur D3, D4, D5, seule la pince-pouce index peut être utilisée pour des **tâches légères** (boutonner sa chemise, lacets, prendre une tasse...).
    - ✔ Si la lésion est située sur D2, le patient peu utiliser D3, D4, D5 pour des tâches légères.

- ✔ Interdiction d'utiliser la main pour des activités soutenues même "light", comme l'écriture, les jeux vidéo. Une activité prolongée applique une contrainte constante sur la suture et peut occasionner la fatigue de la suture entraînant un espace, favoriser une cicatrisation extrinsèque et diminuer le glissement tendineux

3) Conception de l'attelle :

L'attelle est portée 24h/24 jusqu'à 6 semaines post-opératoire.

- ✔ Coque dorsale moulée sur le poignet positionné à 30° d'extension, MP à 30° de flexion et IP en rectitude;
- ✔ Prise du pouce pour améliorer la stabilité de l'ensemble du bloc.
- ✔ 2 bandes velcros situées au niveau du pli palmaire de flexion, et au niveau du poignet (élastique).
- ✔ Prévoir une bande velcro supplémentaire en regard de P3 pour intercaler une cale sous l'articulation IPP en cas de flessum.

c- Exercices : Exercices à réaliser 1x/h.

- ✔ Il est judicieux de commencer les exercices au 5ème jour[4,14], lorsque le pic de contraintes lié à l'œdème post-opératoire est diminué.
- ✔ Les exercices passifs effectués permettent de travailler les amplitudes maximales articulaires sans douleurs.
- ✔ La mobilité passive doit être totalement restaurée avant d'initier les mobilisations actives.

✔ Les exercices sont réalisés avec l'attelle.
✔ La main est libre dans l'attelle entre les sessions d'exercices.
✔ La main reste libre la nuit.

mobilisations passives	mobilisations actives	fqce	progression
1) flexion et extension passive **IPD (**MCP et IPP relâchées).		10X/1H	ne pas comprimer les structures en forçant sur l'œdème.
flexion et extension passive **IPP**. (MCP et IPD relâchées).		10X/1H	ne pas comprimer les structures en forçant sur l'œdème.
2) travail synergique passif: emmener le poignet en extension et enrouler passivement les 4 doigts.	**3) placé-tenu** : compléter le travail passif en maintenant activement la position finale sous-maximale.	10X/1H	la force à exercer pour tenir la position poignet en extension/doigts fléchis, doit être ressentie côté sain. (<200g)
travail synergique passif: emmener le poignet en flexion et étendre passivement les 4 doigts.	**placé-tenu** : compléter le travail synergique par un maintien actif de la position finale.	10X/1H	Lent et progressif
	4) poignet en extension : **triple flexion des doigts**.	10x/1H	sans forcer contre les résistances internes.
	poignet en flexion: **extension des doigts contre l'attelle**.	10x/1H	sans forcer contre les résistances internes.
	poignet en extension : **HOOK** Flexion IPP et IPD extension MCP	10x/1H	> J30
	électrostimulation	3x/sem	> J45

L'intensité du travail actif sera progressif pendant 45 jours est dépendra :
✔ de la douleur ressentie par le patient,
✔ des amplitudes articulaires passives,
✔ de l'arc de mobilité active.

J45 Post-opératoire :

Le travail actif sera complété par un travail en électrostimulation pour améliorer la course tendineuse et modeler la cicatrice péri-tendineuse.
Un travail cicatriciel pourra être mis en place :

- ✔ Compression à l'aide silicone,
- ✔ Vacuothérapie,
- ✔ Technique de crochetage,
- ✔ Ultra-sons.

d- **Intérêts de l'attelle courte :**

- ✔ Maintenir une mobilité quasi permanente du tendon suturé en état de sous contrainte, puisque le mouvement est initié par effet ténodèse et que le doigt lésé n'est sous tension que lors d'exercices dirigés.

- ✔ Cette attelle ne fonctionne pas comme une "arthrodèse" du poignet à l'instar des attelles type DURAN utilisées classiquement. En initiant les mouvements par le poignet, on diminue la force déployée par le système musculo-squelettique des doigts (IPP et IPD) lors d'un mouvement de préhension, ou lors de mouvements automatiques (par exemple : au cours d'une conversation). On permet donc aux différentes articulations poignet-main d'adapter leurs angles de flexion en fonction de l'objet, et par ce biais, de diminuer les tensions sur le tendon.

- ✔ Une attelle proprioceptive : elle n'exclue pas la main du fonctionnement globale.

- ✔ Améliorer le confort du patient et éviter des douleurs résiduelles au poignet, voir un syndrome douloureux régional complexe.

12. Guide pour le patient:

Vous présentez une plaie avec section d'un tendon fléchisseur. Le chirurgien a réalisé la suture du tendon, mais celle-ci ne sera solide que dans quelques semaines (2 à 3 mois). Il est donc nécessaire de prendre certaines précautions dans les activités quotidiennes, afin de ne pas risquer une rupture du tendon opéré. En cas de doute ou de fortes douleurs, n'hésitez pas à contacter votre chirurgien.

L'attelle :

- Elle est portée 24H/24 pendant 6 semaines, et cela même pour la toilette.
- Ne pas conduire avec l'attelle.

Protection du tendon :

- Effectuer les exercices 1x/H, ce qui permettra aux articulations de rester souples et de faire bouger le tendon pendant la phase de cicatrisation.
- Ne pas retirer l'attelle.
- Ne pas utiliser le doigt lésé.
- Les exercices sont effectués dans l'attelle.

Exercices :

1) Utiliser la main saine pour mobiliser la main opérée. Fléchir au maximum les phalanges des doigts jusqu'au contact de la paume, puis les étendre complètement contre l'attelle. (10 fois par doigt).

2) Poignet fléchi au maximum, tendre les doigts au contact de l'attelle. (10x)

3) Poignet en extension, enrouler les 4 doigts ensembles.(10x). Ne jamais forcer dans le but d'effectuer une flexion complète, cela prendra quelques semaines avant de toucher la paume de la main.

13. Conclusion

La prise en charge des ruptures de fléchisseurs en zone 2 au Royaume Uni est audacieuse, et étroitement liée à un système socio-économique différent du système français. En effet, la politique sociale moins paternaliste que la nôtre, encourage l'auto-rééducation, et pour bon nombre de patients travaillants pour des entreprises privées, elle encourage à poursuivre parallèlement une activité professionnelle. Par conséquent, les thérapeutes ont adapté les protocoles de rééducation, en responsabilisant les patients étiquetés comme "non dangereux" pour eux-mêmes à évoluer pendant cette phase critique des 45 jours postopératoires, de façon à maintenir en mouvement le tendon, tout en réduisant le risque de d'étirement voir de rupture de la zone suturée.

C'est dans ce contexte que s'inscrit l'attelle courte de Manchester de Fiona PECK : permettre de mobiliser sa main en sécurité, intégrer son doigt lésé dans son schéma corporel. Bien sûr, le risque d'utiliser le doigt lésé, par réflexe en situation périlleuse reste présent, mais ne semble pas constituer une cause de rupture plus importante que lors d'un protocole classique.
On dénombre quelques équipes Françaises et Suisses de rééducation, qui commencent à mettre en place des protocoles de rééducation avec utilisation de l'attelle courte de Manchester. Les premiers résultats certes précoces, semblent encourageant et peuvent constituer une base de réflexion pour améliorer la prise en charge des sections tendineuses des fléchisseurs en zone 2.

Bibliographie.

1. Amadio PC. Friction of the gliding surface : Implications for tendon surgery and rehabilitation. *J Hand Ther* 2005;18:112-119.
2. Beauthier J-P, Lefèvre Ph. Traité d'anatomie : de la théorie à la palpatoire, volume 2.
3. Cannon N. Post flexor tendon repair motion protocol. Indiana Hand center Newsletter. 1993;1:13-8.
4. Cao Y, Tang JB. Resistance to motion of flexor tendons and digital edema : An in vivo study in a chicken model. *J Hand Surg* 2006;31A:1645-1651.
5. Chao E.Y, An K-N, Cooney W.P III, Linscheid R L. Biomechanics of the hand. A basic research study. 1989.
6. Citron ND, Forster A. Dynamic splinting following flexor tendon repair. *J Hand Surg* (Br). 1987;12:96-100.
7. Cooney WP, Lin GT, An K-N. Improved tendon excursion following flexor tendon repair. *J Hand Ther* 1989;2:102-106.
8. Cullen KW, Tolhurst P, Lang D, et al. flexor tendon repair in zone 2 followed by controlled active mobilisation. *J Hand Surg* (Br).1989;14:392-5.
9. Domalain M, Vigouroux L, Berton E. Modélisation biomécanique de la main : influence des caractéristiques de l'objet sur la distribution des tensions des tendons lors de la tâche de préhension. *Staps* 3/2008(n°81),p.7-22.
10. Doyle JR. Anatomy of the flexor teendon sheath and pulley sustem: A current review. *J Hand Surg Am*. 1989;14:349-351.
11. Duran RE, Houser RG. Controlled passive motion following flexor tendon repair in zones 2 and 3. In: *The American Academy of Orthopaedic Surgeons*: Symposium on tendon surgery in the hand. St.Louis: Mosby;1975:105-114.
12. Elliot D. Primary flexor tendon repair-operative repair, pulley management and rehabilitation. *J Hand Surg* (Br). 2002;27:507-13.
13. Evans RB, Thompson DE. The application of force to the healing tendon. *J Hand Ther* 1993;6:266-284.
14. Evans RB. Managing the injured Tendon : Current Concepts. *J Hand Ther.* 2012;25:173-90.
15. Goislard de Monsabert B, Rossi J, Berton E, Vigouroux L. Quantification of hand and forearm muscle forces during a maximal power grip task. *Med. Sci. Sports Exerc*.,Vol 44, N°10,pp.1906-1916,2012.
16. Griffin M, Hindocha S, Jordan D, Saleh M, Khan W. An overview of the management of the flexor tendon injuries. *Open Orthop J*.

2012;6:28-35.
17. Howell J W, Peck F. Rehabilitation of flexor and extensor tendon injuries in the hand : current updates. *Injury. Int.J.Care injured* 44 (2013)397-402.
18. Horibe S, Woo SL, et al. Excursion of the flexor digitorum profundus tendon: a kinematic study of the human and canine digits. *J Orthop Res*. 1990;8(2):167-74.
19. Horii E, Lin GT, Cooney WP, et al. Comparative flexor tendon excursion after passive mobilization: an in vitro study. *J Hand Surg* (Am) 1992;17:559-66.
20. Kjaer M, Magnusson P et al. Extracellular matrix adaptation of tendon and skeletal muscle to exercise. *J Anat*.2006 Apr; 208(4):445-450.
21. Korstanje et al. Ultrasonographic assessment of long finger tendon excursion in Zone V during passive and active tendon gliding exercises. *J Hand Surg 2010*;35A:559-565.
22. Korstanje JW, Soeters JN et al. Ultrasonographic assessment of flexor tendon mobilization : effect of different protocols on tendon excursion. *J Bone Joint Surg Am*. 2012 Mar 7;94(5):394-402.
23. Kotwal P.P, Ansari M,T. Zone 2 flexor tendon injuries : venturing into the no man's land. *Indian J Orthop*. 2012 NOv-Dec;46(6):608-615.
24. Langlais F et le groupe France Ouest Main Service. Plaies récentes des tendons fléchisseurs. Orientation thérapeutiques actuelles. *Ann.Kinésithér*.,1985,6-12,n°10,pp.505-515.
25. Lieber RL, Amiel D, Kaufman KR et al. Relationship between joint motion and flexor tendon force in the canine forelimb. *J Hand Surg*. 1996;21A:957-962.
26. Lieber RL, Silva MJ, Amiel D, Gelberman RH. Wrist and digital joint motion produce unique flexor tendon force and excursion in the canine forelimb. *J Biomech* 1999;32:175-181.
27. Liverneaux P A, Chantelot Ch. La traumatologie des parties molles de la main.
28. Lundborg G, Holm S, Myrhage R. The role of synovial fluid and tendon sheath for flexor tendon nutrition. *Scand J Plast reconstr Surg Hand Surg*. 1980;14:99-107.
29. McGrouther DA, Ahmed M. Flexor tendon excursions in "no man's land". *The Hand* 1981;13:129-141.
30. Orthopaedic Biomechanics. livre publié par Beth A. Winkelstein, PhD.
31. Peck F. The rehabilitation of the flexor tendon injuries in zone 2. *ifssh ezine* 2014;4:32-37.
32. Pettengill KM. The evolution of early mobilization of the repaired flexor tendon. *J Hand Ther* 2005;18:157-168.
33. Sapienza A, Youn HK, Karia R, Lee SK. Flexor tendon excursion and load during passive and active simulated motion : a cadaver study. *J*

Hand Surg Eur Vol. 2013 Nov;38(9):964-71.
34. Savage R. The influence of wrist position on the minimum force required for active movement of the interphalangeal joints. *J Hand Surg* 1988;13B:262-268.
35. Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP, III, et al. Flexor tendon forces : in vivo measurements. *J Hand Surg* (Am) 1992;17:291-8.
36. Small JO, Brennen MD, Colville J. Early active mobilisation following flexor tendon repair in zone 2. *J Hand Surg Br*. 1989;14:383-391.
37. Strickland JW. Flexor tendon repair. *Hand Clin*. 1985;1:55-68.
38. Strickland JW. Development of flexor tendon surgery: Twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 2000, 25A: 214-235.
39. Strickland JW. The scientific basis foe adcances in flexor tendon surgery. *J Hand Ther*. 2005 Apr-Jun;18(2):94-110..
40. Tanaka T, Amadio PC, Zhao C et al. Flexor digitorum profundus tendon tension during finger manipulation : a study in human cadaver hands. *J.Hand Ther*. 2005;18(3):330-338.
41. Tanaka T et al, Gliding resistance versus work of flexion two methods to assess flexor tendon repair. Journal of Orthopaedic Research. 21. (2003)813-818.
42. Tonkin M A, F.R.C.S. Ed. Orth., F.R.A.C.S. Primary Flexor tendon repair: Surgical Techniques Based on the Anatomy and Biology of the Flexor Tendon System.
43. Tubiana R. Traité de chirurgie de la main. Anatomie, physiologie, biologie, méthodes d'examen, livre tome1, 1980.P 400-410.
44. Wehbé MA. Tendon gliding exercises. *Am J Occup Ther*. 1987 Mar;41(3):164-7.
45. Wood C.B, M. flexor tendon lacerations. Jorge 1 de la torre, MD,FACS. (2012).
46. Zhao C, Amadio PC, Momose T et al. Effect of synergistic wrist motion on adhesion formation after repair of partial flexor digitorum profundus tendon laceration in a canine model in vivo. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84-A:78-84.