



Diplôme Inter-Universitaire en Appareillage et
Rééducation de la Main post chirurgicale de Grenoble

Pr F. Moutet



Importance de l'éducation thérapeutique du patient dans la rééducation active précoce protégée des lésions des tendons fléchisseurs.

Revue de 38 cas cliniques.

Jury : Dr J-L. Roux (Montpellier)
F. Delaquaize (Genève)
Pr F. Moutet (Grenoble)

Maxime Leroy
Masseur Kinésithérapeute
Toulouse

2017 - 2019

Remerciements

A Stéphanie et Alexandre pour l'expérience et le savoir-faire qu'ils me transmettent avec éthique et conscience professionnelle.

Aux chirurgiens de l'équipe ayant donné leur temps et leurs connaissances pour mener à bien cette étude,

A Marie, Amélie et Laura, ma famille et mes amis qui m'ont soutenu dans ce travail.

Table des matières

Introduction.....	3
1. Anatomie et physiologie du système fléchisseur.....	6
1.1. Muscles extrinsèques	6
1.2. Muscles intrinsèques.....	7
1.3. Zones de Verdan et Michon.....	9
1.4. Gaine digitale.....	11
1.4.1. Les gaines synoviales.....	11
1.4.2. Poulies.....	12
1.5. Structure tendineuse.....	13
1.6. Nutrition tendineuse.....	15
1.6.1. Vascularisation	15
1.6.2. Pompe synoviale.....	17
1.7. Glissement tendineux.....	17
1.8. Cicatrisation tendineuse.....	19
1.8.1. Cicatrisation extrinsèque.....	20
1.8.2. Cicatrisation intrinsèque.....	20
1.8.3. Le lag-time.....	21
1.9. Work Of Flexion.....	22
2. Prise en charge des lésions des tendons fléchisseurs.....	24
2.1. Chirurgie.....	24
2.1.1. Les sutures.....	24
2.1.2. Surjet périphérique.....	26
2.1.3. Techniques atténuant le WOF.....	27
2.2. Pansement	29
2.3. Rééducation et orthèse.....	30
2.3.1. Immobilisation	30
2.3.2. Mobilisation	30
2.3.2.1. Passive.....	30
2.3.2.2. Semi-active	31
2.3.2.3. Placé-tenu.....	33
2.3.2.4. Active précoce protégée	34
2.4. Education Thérapeutique du Patient (ETP).....	40
2.4.1. Définition et objectifs	40
2.4.2. Les principaux modèles pédagogiques	41
2.4.3. Outils pédagogiques	42
2.4.4. Observance	43
3. Etude de 38 cas	44
3.1. Méthode.....	44
3.2. Résultats.....	45
3.3. Discussion	47
4. Conclusion.....	49
Bibliographie.....	51
Iconographie.....	59
Annexes.....	62

Introduction

La prise en charge opératoire et post-opératoire des ruptures des tendons fléchisseurs a considérablement évolué au cours des 70 dernières années. Aujourd'hui, la littérature s'accorde sur une suture solide permettant une mobilisation active précoce et pluriquotidienne, réalisée auprès d'un rééducateur spécialisé.

Le système de santé évolue lui aussi. L'hospitalisation complète laisse sa place à une prise en charge avec retour précoce à domicile voire ambulatoire.

De plus, la concentration des centres FESUM (Fédération des Services d'Urgences de la Main) et des rééducateurs spécialisés dans les grandes villes complique le suivi spécialisé des patients habitants en zone rurale(1).

Selon les chiffres de la CPAM, environ 550 patients bénéficient d'une réparation de tendon fléchisseur par an dans la région toulousaine et ses départements limitrophes.

Toulouse est située au centre de l'ancienne région Midi-Pyrénées, zone sous-dotée en services d'urgences de la main (Cf. figure n°1). Plus grande région de France métropolitaine, elle compte près de 3 millions d'habitants.

La ville est dotée de deux SOS mains contrairement aux 7 départements limitrophes qui n'en comptent aucun et qui transfèrent les urgences de la main vers les établissements toulousains.

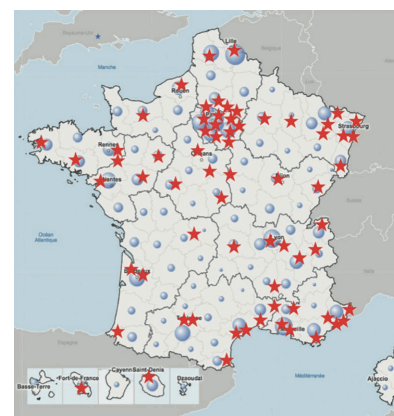


Figure 1 : Répartition des centres FESUM en France en 2018

Le nombre de rééducateurs spécialisés dans la région toulousaine est faible :

- 4 diplômés du DIU en rééducation et appareillage de la main post-chirurgicale :
 - Haute-Garonne : 3 (répartis autour de Toulouse)
 - Départements limitrophes : 0
- 4 membres du GEMMSOR en:
 - Haute-Garonne : 3 (tous à St Jean)
 - Départements limitrophes : 1 (Castres)

Ainsi, la rééducation précoce des réparations de tendons est le plus souvent réalisée par des rééducateurs de proximité, non spécialisés dans la main.

Certains chirurgiens, par sécurité ou appréhension, préfèrent prescrire un protocole moins ambitieux pour ne pas risquer la rupture, quitte à obtenir des résultats moins satisfaisants.

Dans ces conditions, nous avons décidé de proposer un protocole de rééducation type MAPP (Mobilisation Active Précoce Protégée) aux chirurgiens toulousains. Le patient le réalisera seul, plusieurs fois par jour en plus des 3 séances de rééducation hebdomadaires.

Ce protocole n'a rien de nouveau dans le domaine mais une séance d'éducation thérapeutique du patient (ETP) est mise en place avant le retour à domicile, lors de la confection de l'orthèse, pour préparer le patient à son auto-rééducation.

Ce mémoire vise à démontrer que l'ETP peut permettre une homogénéisation des résultats entre les patients suivis en rééducation de proximité et ceux suivis en rééducation spécialisée.

1. Anatomie et physiologie du système fléchisseur

Les muscles agissant sur la flexion des doigts se répartissent en deux systèmes. Le système extrinsèque agit depuis l'avant-bras sur les doigts, laissant de la place au système intrinsèque, localisé dans les doigts et la paume de la main.

1.1. Muscles extrinsèques (2)(3)(4)

Le système extrinsèque comprend le flexor digitorum superficialis et le flexor digitorum profundus. Ce sont des muscles puissants aux corps musculaires volumineux agissant à distance sur la main par de longs tendons.

Le flexor pollicis longus n'est pas décrit car non intéressé par ce travail.

Flexor digitorum superficialis (FDS)	Flexor digitorum profundus (FDP)
<p><u>Origine :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - humérus : partie antéro-inférieure de l'épicondyle médial - ligament collatéral ulnaire du coude - ulna : extrémité antéro-supérieure et processus coronoïde - arcade fibreuse interosseuse - radius : ligne oblique, bord antérieur. 	<p><u>Origine :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - ulna : $\frac{3}{4}$ supérieurs de la partie antéro-médiale - membrane interosseuse - aponévrose antébrachiale : face profonde
<p><u>Trajet :</u></p> <p>Le corps musculaire commun est épais. Les fascicules musculaires descendent jusqu'au dessus du poignet. Les tendons convergent vers le canal carpien où ils s'engagent de façon superposée (II et V antérieurs à III et IV). Ils cheminent dans la paume de la main jusqu'aux doigts longs. En regard de P1, le tendon du FDP perfore le tendon du FDS qui se divise en 2 bandelettes tendineuses (chiasma de Camper).</p>	<p><u>Trajet :</u></p> <p>Le corps musculaire est charnu et large en proximal. Il s'enroule autour de la face médiale de l'ulna et chemine dans le plan profond du FDS. Le corps musculaire du tendon destiné à l'index se différencie de ceux des autres doigts. La différenciation muscle/tendon est plus proximale que celle du FDS.</p> <p>Au niveau du poignet les tendons tapissent le repli postérieur.</p> <p>Au niveau des bases des métacarpes, ils donnent naissance aux muscles lombricaux.</p> <p>Au niveau de la face palmaire de la tête de P1, les tendons du FDP perforent les tendons du FDS, formant le chiasma tendineux.</p>

<u>Terminaison</u> : les bords latéraux de la diaphyse de la 2 ^{ème} phalange de chaque doigt long par 2 bandelettes fibreuses.	<u>Terminaison</u> : les quatre tendons se terminent à la face palmaire de la base de la 3 ^{ème} phalange (P3).
<u>Innervation</u> : Nerf médian (C7, C8, T1)	<u>Innervation</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Chefs latéraux (II et III) : nerf médian (C7, C8, T1) - Chefs médiaux (IV et V) : nerf ulnaire (C7, C8, T1)
<u>Action</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Principale : flexion de la deuxième phalange (P2) sur la première phalange (P1). - Secondaire : flexion de la métacarpo-phalangienne (MP) lorsque l'IPP est complètement fléchi et flexion du poignet en situation de prise. 	<u>Action</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Principale : flexion de la troisième phalange (P3) sur la deuxième phalange (P2) et participe à la flexion de l'interphalangienne proximale (IPP) et de la métacarpo-phalangienne (MP). - Secondaire : flexion du poignet en situation de prise.

1.2.Muscles intrinsèques (2)(3)(4)(5)(6)(7)

Cette entité comprend les thénariens, les hypothénariens, les lombricaux, les interosseux palmaires et dorsaux.

Les deux premiers groupes musculaires ne seront pas décrits car leur action de flexion des doigts longs est minime.

1.2.1.Les lombricaux (Lb)

Leur nom provient de leur ressemblance avec les vers de terre.

Ils établissent un lien contractile entre les systèmes fléchisseurs et extenseurs. Leur rôle est important dans la finesse et la coordination des mouvements, agissant comme des dynamomètres ou "longimètres".

Lombricaux
<u>Origine</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Bords radiaux des tendons du FDP de chaque doigt long <p>A noter que les lombricaux III et IV s'insèrent également sur le tendon du FDS du IV^{ème} et V^{ème} rayon.</p>

<p><u>Trajet :</u> Les corps musculaires sont grêles. Ils cheminent dans l'espace inter-métacarpien en avant des interosseux et du ligament transverse inter-métacarpien, en compagnie des vaisseaux, nerfs digitaux et collatéraux.</p>
<p><u>Terminaison :</u> Sur le bord radial de la bandelette latérale de l'extenseur, en distal de la dossière des interosseux.</p>
<p><u>Innervation :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ier et IIème lombricaux: nerf médian (C8, T1) - IIIème et IV lombricaux: nerf ulnaire (C8, T1)
<p><u>Action :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - proprioception des doigts - assistance des extenseurs dans les 30 derniers degrés d'extension des doigts longs.

1.2.2. Les interosseux (IO)

Ils sont disposés en deux groupes: les interosseux palmaires et les interosseux dorsaux.

Interosseux dorsaux	Interosseux palmaires
<p><u>Origine :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Face latérale du métacarpien le plus proche de l'axe de la main (IIIème rayon) - Moitié dorsale de la face latérale du métacarpien le plus éloigné de cet axe. 	<p><u>Origine :</u> Moitié palmaire de la face latérale du métacarpien le plus éloigné de l'axe de la main.</p>
<p><u>Trajet :</u> Les corps musculaires sont penniformes, situés dans le sillon intermétacarpien. Leurs fibres convergent vers un tendon aplati transversalement qui se forme au niveau de la face latérale de la MP.</p>	<p><u>Trajet :</u> Les corps musculaires sont demi penniformes, en avant des interosseux dorsaux. Leurs fibres convergent vers un tendon qui se forme au niveau de la MP</p>

<p><u>Terminaison :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Faisceaux profonds : bord latéro-distal de plaque palmaire de la MP et tubercule latéral de la base de P1 - Faisceaux superficiels : lame fibreuse qui s'insère largement sur l'extenseur commun en formant la dossier des interosseux. 	<p><u>Terminaison :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Faisceaux profonds (rarement retrouvé): bord latéro-distal de plaque palmaire de la MP et tubercule latéral de la base de P1 - Faisceaux superficiels : lame fibreuse qui s'insère largement sur l'extenseur commun en formant la dossier des interosseux.
<p><u>Innervation :</u> Nerf ulnaire (C8,T1)</p>	<p><u>Innervation :</u> Nerf ulnaire (C8,T1)</p>
<p><u>Action :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexion de MP et extension des IP - Ecartement des rayons digitaux 	<p><u>Action :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Flexion de MP et extension des IP - Rapprochement des rayons digitaux

1.3. Les zones de Verdan et Michon (2)(4)(8)(9)(10)(11)(12)

En 1961 Verdan et Michon ont proposé une division topographique du système fléchisseur en 7 zones. Modifiée en 5 zones par l'International Federation of Societies for Surgery of the Hand (IFSSH) en 1980, elle devient la classification internationale (figure n°2).

Chaque zone comporte des spécificités anatomiques différentes, entraînant le choix de techniques chirurgicales et rééducatives adaptées.

Seules les zones intéressant les doigts longs sont abordées.

- Zone 1

Elle s'étend entre l'insertion distale du FDP et l'insertion distale du FDS.

Seuls le tendon du FDP et les poulies A5, C3 sont donc présents dans cette zone.

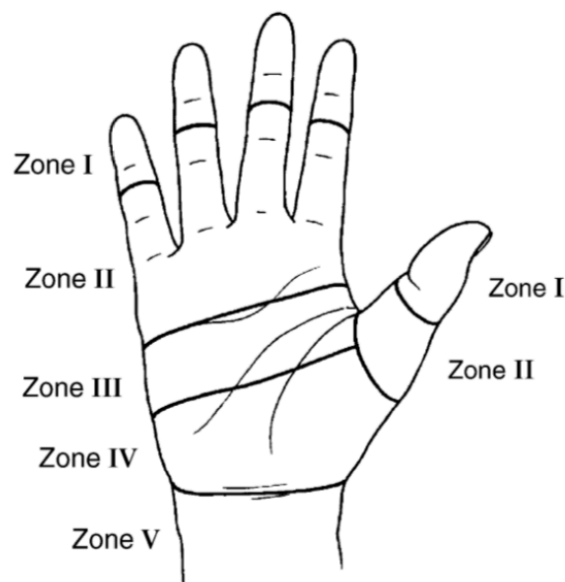


Figure n°2 : Zones de Verdan et Michon

- Zone 2

Elle s'étend entre l'insertion distale du FDS à la poulie A1. Elle comprend 3 tendons (les 2 bandelettes du FDS et le tendon du FDP) et les poulies A1, A2, C1, A3, C2, A4.

Bunnell, en 1934, baptise cette zone le « no man's land » car trop dangereuse (8). Elle est renommée « one man's land » par Verdan qui réserve le geste au chirurgien spécialisé.

Le chiasma tendineux se fait dans cet espace étroit et inextensible ce qui en fait une zone complexe. Le manque de place implique des sutures tendineuses discrètes pour ne pas entraver le glissement entre les tendons. L'apport vasculaire extrinsèque y est précaire. Nous reviendrons sur ces problématiques un peu plus loin.

Tang (11), en 1994, la subdivise en 4 zones (cf. figure n°3) pour adapter et décrire le traitement chirurgical : 2A, 2B, 2C, 2D. Il met en lumière la zone 2C et décrit un canal digital étroitement resserré par la poulie A2. Les adhérences et les ruptures y sont fréquentes, c'est pourquoi il propose de réséquer le FDS en préservant sa partie terminale vascularisée.

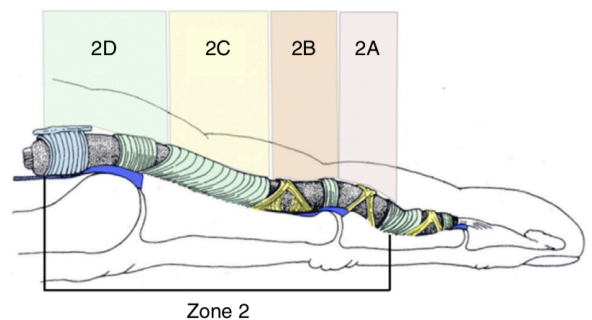


Figure n°3 : subdivisions de la zone 2

- Zone 3

Elle s'étend entre la poulie A1 et le bord distal du ligament annulaire du carpe. Les huit tendons fléchisseurs et les lombricaux ont de l'espace et la vascularisation est bonne. Cette zone être considérée comme plus favorable que les deux précédentes.

- Zone 4

Elle s'étend sur la longueur du canal carpien. Ce dernier est une poulie de réflexion qui maintient les tendons dans le canal, contre les os du carpe.

Plusieurs tendons peuvent être lésés ainsi que le nerf médian (élément le plus antérieur), ce qui aggrave le pronostic. Il existe aussi un risque d'adhérence entre tendons du fait de leur grande proximité dans cette zone entraînant une diminution de l'indépendance entre chaque doigt.

- Zone 5

Elle s'étend du bord proximal du canal carpien à la jonction musculo-tendineuse. Elle correspond à l'avant-bras. C'est une zone spacieuse.

Une lésion sans atteinte vasculo-nerveuse est signe de bonne récupération.

1.4.La gaine digitale

Elle joue un rôle primordial dans la biomécanique et la nutrition tendineuse.

Elle est formée d'une structure fibreuse externe comprenant les poulies et d'une structure synoviale interne entourant les tendons fléchisseurs.

1.4.1.Les gaines synoviales (8)(13)(14)(15)

On distingue 3 gaines synoviales pour les doigts médians et 2 longues pour le premier et le dernier rayon (cf. figure n°4) :

- La bourse synoviale ulnaire débute au niveau du canal carpien où elle contient les tendons des FDP et FDS des 4 doigts longs. Au delà du ligament annulaire elle ne renferme que les tendons du Vème rayon. Elle se termine à l'insertion distale du FDP du Vème rayon.
- La bourse synoviale radiale renferme le tendon du long fléchisseur du pouce. Elle débute à l'entrée du canal carpien et s'étend jusqu'à l'articulation IP.
- Les 3 gaines synoviales digitales débutent 15 mm au-dessus de la tête du métacarpien, en formant le cul de sac proximal, et se terminent à la base de la phalange distale.

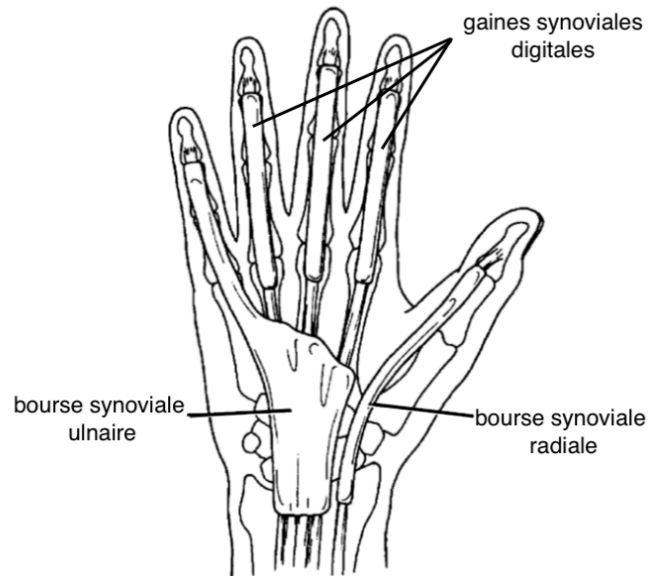


Figure n°4 : gaines synoviales de la main

Des variations anatomiques montrent la possibilité d'une gaine carpienne communicante entre la gaine du pouce et celle du Vème doigt.

La gaine synoviale joue un rôle nutritif et mécanique. Le liquide synovial qui la compose assure lubrification et la nutrition par imbibition. Cette dernière est primordiale pour les zones non vascularisées que nous verrons plus loin.

La gaine synoviale se décompose en 2 feuillets (13) :

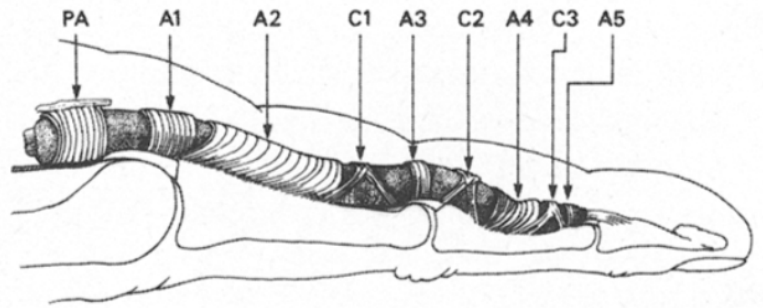
- Le feuillet viscéral est en contact avec le tendon
- Le feuillet pariétal tapisse la gaine digitale.

En 1916, Mayer. L(15) insiste déjà sur l'importance de préserver les gaines lors de la chirurgie réparatrice. Elle empêche la cicatrisation extrinsèque pourvoyeuse d'adhérences et agit comme un « moule » favorisant une cicatrisation du tendon homogène et lisse.

1.4.2. Les poulies (13)(16)(17)(18)

Ce sont des structures fibreuses qui maintiennent les tendons FDP et FDS au plus près des phalanges et des articulations.

Elles assurent la transmission précise et optimale des forces de flexion du doigt.



Doyle et Blythe les décrivent en 1975 puis en 1988 (13). Ils retiennent 5 poulies ostéofibreuses annulaires et 3 poulies cruciformes (18) (Cf. Figure n°5).

Figure n°5 : les poulies ; PA= A0

- Poulies A1, A2, A3, A4 et A5 : formées de puissantes fibres arciformes
 - A1 : elle commence à 5 mm de la MP et s'étend sur 10 mm. Elle se fixe latéralement sur la plaque palmaire.
 - A2 : elle commence en moyenne à 2 mm en aval de A1. Elle s'étend sur 20 mm soit environ 40% de la taille de P1. Elle est épaisse.
 - A3 : elle se situe au niveau de l'IPP, elle est fine (environ 3 mm) et se fixe latéralement sur la plaque palmaire de l'IPP.
 - A4 : elle se situe au niveau de la diaphyse de P2. Elle est épaisse et mesure environ 12 mm.
 - A5 : elle se situe sur l'IPD, se fixant latéralement sur la plaque palmaire. Elle est fine et étroite.
- Poulies C1, C2 et C3 : elles sont variables par leur taille et leur présence. Leurs fibres s'entrecroisent en amont de l'IPP pour C1, en aval de l'IPP pour C2 et en amont de l'IPD pour C3. C'est dans l'entrecroisement des fibres que pénètrent latéralement les vaisseaux issues des artères collatérales digitales palmaires et destinées aux tendons fléchisseurs : les vinculas.

Manske et Lesker en 1983 (19) puis Doyle en 1990 (20) décrivent une poulie A0. Il s'agit de fibres transversales de la partie distale de l'aponévrose palmaire moyenne formées en structure arciforme. Elle se situe de 1 à 3 mm en amont du bord proximal du canal digital. Ses fibres se fixent latéralement au ligament intermétacarpien et aux fibres de l'aponévrose palmaire profonde. Son rôle est d'orienter les tendons vers le canal digital. Doyle cite Hunter, affirmant que la fonction de la poulie A0 est similaire à celle d'un chaumard ou d'un guide. Son utilité augmente en absence des poulies A1 et A2.

Le ligament annulaire du carpe constitue, au poignet, la première poulie du système fléchisseur. Il n'y a pas de poulie en aval de l'IPD.

Schuind (21) a évalué en 1992 les contraintes que les tendons fléchisseurs appliquaient sur les poulies. Il les quantifie à 34 N pour une mobilisation sans résistance, de 63 N pour la

prise en serrage globale (grasp), de 65 N pour la pince digitale latérale et de 118 N pour la pince pulpaire termino-terminale.

Plusieurs études (22)(23)(24) ont cherché à chiffrer la résistance des poulies. Les chiffres varient en fonction des auteurs mais tous s'accordent à dire que les poulies A2 et A4 sont les plus résistantes.

Les poulies A2 et A4 sont indispensables aux activités nécessitant des flexions en force mais pas à la flexion active libre.

En 1986, Tubiana (25) observe la flexion de doigt de cadavre en fonction des poulies préservées. Il constate la corde d'arc (cf. figure n°6) et la diminution de flexion totale en l'absence de la poulie A2 ou A4. Il montre également que l'unique présence de ces deux dernières poulies suffit pour obtenir une flexion digitale complète, impliquant une contraction musculaire plus conséquente.

En 1990, Savage (26) montre que ces poulies ne sont pas individuellement plus importantes que les autres poulies tant que la majorité de la gaine digitale est intacte.

En 1996, Rispler (27) souligne l'importance de la poulie A3. Il montre l'efficacité du complexe A2-A3-A4 dans la flexion totale. En présence de A2 et A4, la poulie A3 permet une plus grande flexion digitale tout en diminuant la contraction musculaire nécessaire.

En 2003, Moutet (18) insiste sur l'évidence de la réparation des poulies lors de la réparation des tendons fléchisseurs. Il préconise de réparer au moins A2 et A4. La néo-poulie se doit d'être anatomiquement bien placée, de permettre le glissement tendineux le plus parfait et d'être solide.

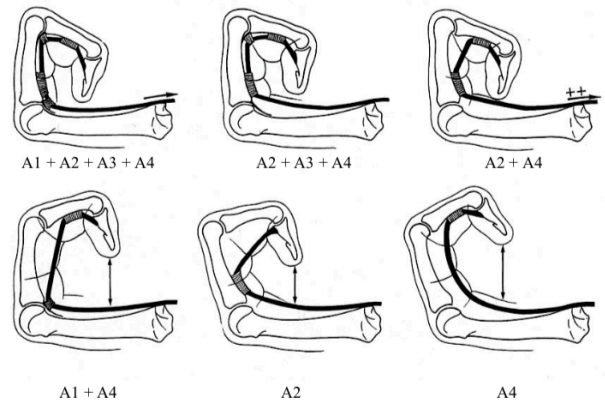


Figure n°6 : Phénomène de corde d'arc en fonction des poulies sectionnées

1.5. Structure tendineuse

Le tendon est un tissu conjonctif dense constitué d'éléments cellulaires et non cellulaires.

Les cellules présentes sont essentiellement des fibroblastes. Ce sont des cellules en forme de fuseaux composées d'eau, de collagène, de protéoglycanes et d'élastines. Leur rôle est la production de collagène et la réorganisation de la matrice extracellulaire(28).

Les fibroblastes du tendon interne sont organisés en rayons linéaires orientés longitudinalement, entourés de leur propre matrice extracellulaire(29)(30).

Le collagène de type I est le composant majeur du milieu extracellulaire. La molécule de collagène est organisée avec des acides aminés acides et basiques complémentaires qui renforcent la structure du tendon.

La micro-architecture du tendon est représentée sur la figure n°7 (28)(31). Cinq unités de tropocollagène s'unissent pour former une microfibrille, entité fibreuse plus grande. Ces dernières se groupent pour former des sous-fibrilles qui se joignent pour former de plus grosses fibrilles. Les fibrilles sont étroitement groupées en paquets parallèles avec des protéoglycanes et de l'eau pour constituer la matrice non organique d'un fascicule. Les fascicules tendineux sont liés à l'endotendon, tissu conjonctif lâche qui sert de voie de passage aux vaisseaux et aux nerfs. Les fascicules forment le tendon, entouré de son épitendon qui produit du liquide synovial.

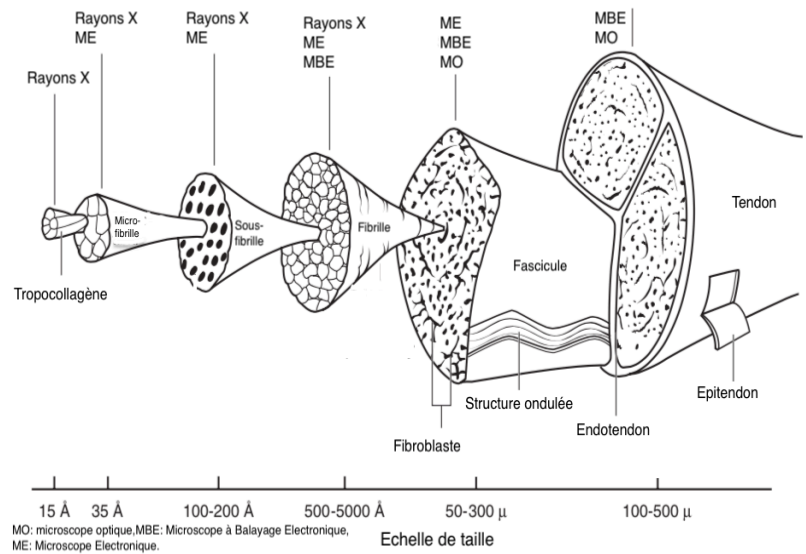


Figure n°7 : micro-architecture tendineuse

Comme son nom latin - tendere (tendre) – l'indique, le tendon sert à conduire la tension entre le muscle et l'os. Cette propriété lui est conférée par le collagène, dont la courbe contrainte-déformation (cf. figure n°8) est similaire à la sienne(28).

Cette courbe se décompose en 3 zones :

- La zone A est la phase initiale de chargement, elle correspond au déplissage des fibres de collagène.
- La zone B est linéaire, elle montre un allongement proportionnel à la charge. Elle fait apparaître une propriété fondamentale du tendon : le module d'élasticité de Young.
- La zone C marque la déformation irréversible des fibres.
- Le point D est le point de rupture.

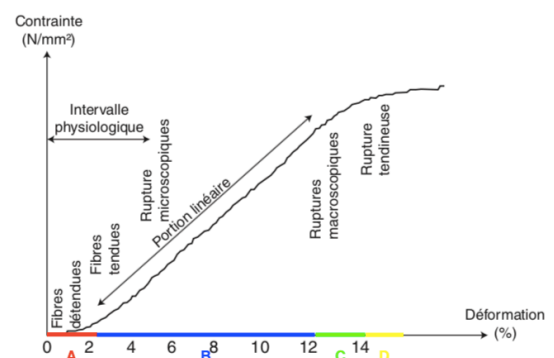
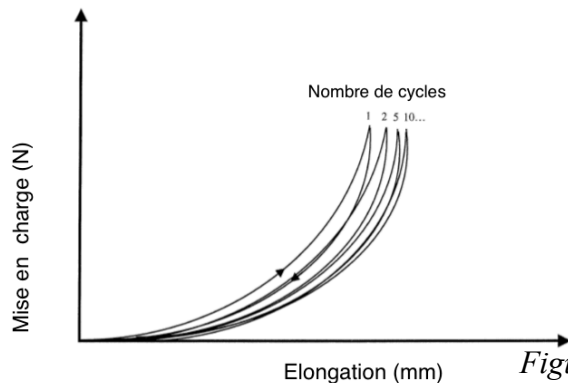


Figure n°8 Courbe déformation-contrainte tendineuse

De plus, le comportement mécanique du tendon évolue lors de la répétition du mouvement. Woo (32) nous montre deux autres propriétés du tendon : (cf. figure n°9)



- La tension du tendon au chargement entraîne moins d'allongement qu'au déchargement
- La répétition de mises en tension du tendon induit une augmentation progressive de l'allongement tendineux pour une même charge

Figure n°9 : réponse tendineuse à la mise en charge répétitive

1.6.Nutrition tendineuse

Le tendon a longtemps été considéré comme un organe non vascularisé, décrit comme une simple corde collagénique passant dans un cylindre. Ce modèle est dépassé, le tendon est bel et bien un organe vivant vascularisé.(33)

Les tendons fléchisseurs bénéficient d'un double système de nutrition. (34)

1.6.1.La vascularisation (34)(35)(36) (37)

L'apport sanguin tendineux est variable, il est habituellement décrit sur 3 régions(37) :

- La jonction musculo-tendineuse
- Le corps du tendon
- La jonction ostéo-tendineuse

L'apport sanguin de la jonction musculo-tendineuse provient de vaisseaux superficiels issus de tissus voisins (périoste et pérимыsium) via le paratendon et le mesotendon.

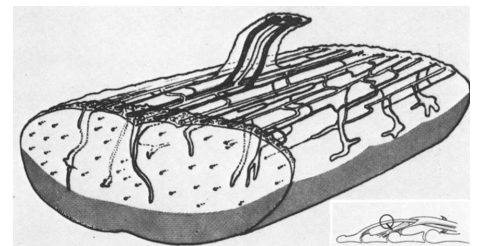


Figure n°10 : vascularisation tendineuse dorsale

La vascularisation du corps du tendon provient du paratendon. Les vaisseaux s'orientent soit longitudinalement soit transversalement pour alimenter toute l'épaisseur du tendon. La nutrition paratendineuse sera abordée un peu plus loin, selon le concept de Guimberteau.

A l'entrée de la gaine synoviale, la vascularisation change. La vascularisation d'origine proximale est suppléée par une vascularisation distale. Lundborg (35) en 1977 et Ochiai (36) en 1979 décrivent des vincula courtes et longues propres à chaque tendon (cf. figure n°11). Les vincula sont alimentées à travers les poulies cruciformes par les branches transverses des artères collatérales digitales. Dans cette zone digitale, l'apport sanguin tendineux est majoritairement dorsal (cf. figure n°10).

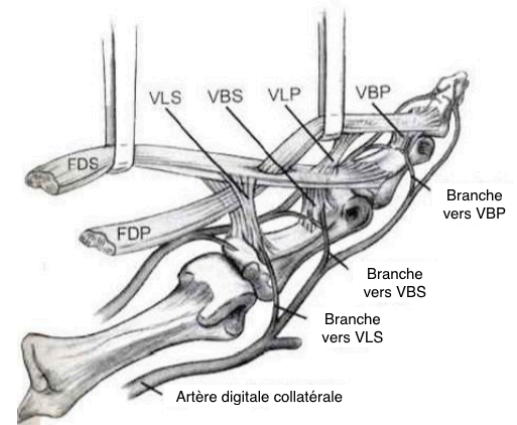
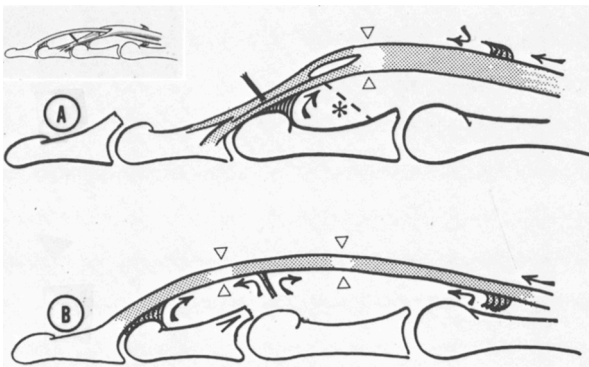


Figure n°11 : vascularisation tendineuse extrinsèque - VLS : vincula longus superficialis ; VBS : vincula brevis superficialis ; VLP : vincula longus profundus.



Lundborg montre dans ses travaux en 1977 que la vascularisation tendineuse dans la gaine est inégale longitudinalement. Il localise deux zones avascularisées pour le FDP et une pour le FDS (cf. figure n°12)

Figure n°12 : Zones avascularisées du FDS et du FDP (en blanc)

Le respect des vincula lors de la chirurgie est essentiel à la bonne nutrition des tendons et optimise la cicatrisation. Lors de la lésion tendineuse, les vincula peuvent être arrachées par la rétraction du tendon, diminuant la qualité de la cicatrisation.

En 2002, Leversedge (38) montre que la terminaison distale du FDP apporte une vascularisation tendineuse d'origine osseuse (cf. figure n°13). Les vaisseaux intra-osseux pénètrent directement le tendon et suppléent la Vincula Brevis profundus (VBP). Il montre également une zone sous vascularisée sur la partie dorsale du tendon entre la VBP et l'insertion tendineuse d'une longueur moyenne de 3,4mm.

En 1986, Gelberman (39) montre que l'immobilisation est néfaste à la vascularisation tendineuse. Il préconise alors la mobilisation précoce protégée, passive.

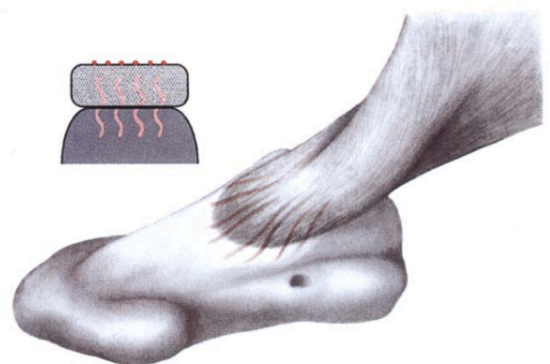


Figure n°13 : vascularisation d'origine osseuse à l'insertion distale du FDP

1.6.2. La pompe synoviale (34) (40)

En plus de la lubrification, le liquide synovial permet la nutrition du tendon par diffusion et perfusion. C'est la zone antérieure qui bénéficie le plus de cet apport nutritionnel. Le liquide synovial s'imbibe dans les fibres de collagène pour alimenter le métabolisme des ténocytes puis s'évacue, avec ses déchets, par le système vasculaire dorsal.

En 1978, Lundborg (41), confirme, par des expériences sur des lapins, que la couche superficielle du tendon reçoit un apport nutritionnel du fluide synovial. En comparant la nutrition tendineuse à celle du cartilage, il suppose que la diffusion des nutriments est favorisée par l'alternance de pression et par l'effet de succion créé par le mouvement des tendons. Il explique alors que l'immobilisation de longue durée influe défavorablement sur la nutrition par imbibition.

En 1986, Weber (40) (4) démontre son concept de pompe synoviale. A l'intérieur du péri-tendon les fibres tendineuses baignent dans du liquide synovial. Ce dernier se déplace en fonction de la mobilisation du tendon et des pressions plus ou moins fortes le long de la gaine digitale. Les zones épaisses (poules) appliquent une pression forte contrairement aux zones minces de la gaine qui appliquent une pression faible sur le tendon.

Par des expériences sur le chien, Weber (40) a également montré que la mobilisation doublait le taux de pénétration d'une substance par diffusion dans le tendon.

La vascularisation tendineuse est primordiale à la cicatrisation du tendon. Elle est compromise lors de la lésion. Il convient de la restaurer en préservant au maximum la gaine et les vincula lors de l'intervention chirurgicale et de stimuler son fonctionnement lors de la rééducation.

1.7. Glissement tendineux (42)(33)

En 1944, Bunnell (43) déclarait que le tendon glissait sur une fine pellicule de liquide synovial entre deux surfaces synoviales lisses, de la même manière qu'une pièce mécanique sur une fine pellicule d'huile.

Depuis le début des années 2000, Guimberteau (42) bouscule les modèles traditionnels établis jusqu'alors. Sur la base de dissections et d'observations microscopiques in-vivo, il établit un nouveau modèle fonctionnel du glissement tendineux basé sur le principe de continuité tissulaire (cf. figure n°14).

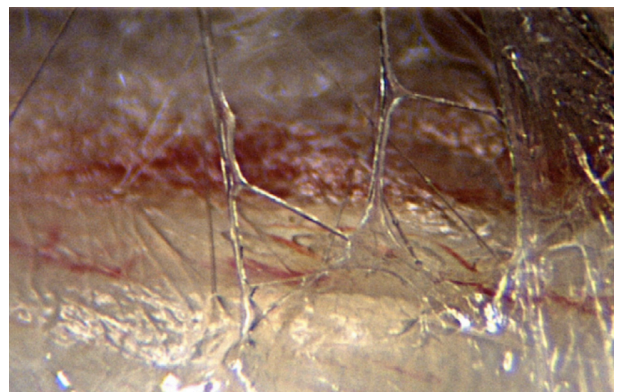


Figure n°14 : continuité tissulaire entre le système de glissement et la surface tendineuse

Ses observations portent sur le paratendon, un tissu très mobile aussi appelé tissu conjonctif ou tissu aréolaire sur les autres structures.

Il se compose d'un cadre fibrillaire délimitant des vacuoles. Le cadre fibrillaire est constitué essentiellement de collagène de type I (70%) et de type III et IV et d'élastine (20%). Il est également constitué de lipides (4%). Le diamètre de ces fibres est variable, de quelques microns à quelques dizaines de microns. Leur organisation est chaotique, leur direction ne suit aucun schéma, aucune logique attendue. Elles délimitent des espaces inter-fibrillaires nommés vacuoles. Ces vacuoles contiennent un gel de protéoglycanes hydrophile. La composition ionique des protéoglycanes attire les molécules d'eau à l'intérieur de la vacuole, expliquant leur capacité d'adaptation aux changements de volume et de pression, créant l'œdème.

Guimberteau nomme cet ensemble le système collagénique multimicrovacuolaire d'absorption dynamique, MCDAS en anglais, (cf. figure n°15).

Son premier rôle est de s'adapter aux contraintes mécaniques. L'ensemble intravacuolaire permet de résister à la compression alors que les fibres collagéniques résistent à la tension, en se dépliant et se repliant sous la contrainte mécanique. Le tissu permet ainsi d'assurer une complète progression du tendon tout en préservant la stabilité des tissus avoisinants.

Son second rôle est l'apport nutritionnel et informatif. Les fibrilles sont utilisées comme supports par les micro-vaisseaux et micro-nerfs. Cette organisation permet une mobilité accrue sans risque de rupture. (cf. figure n° 16)



Figure n°15 : modélisation du MCDAS

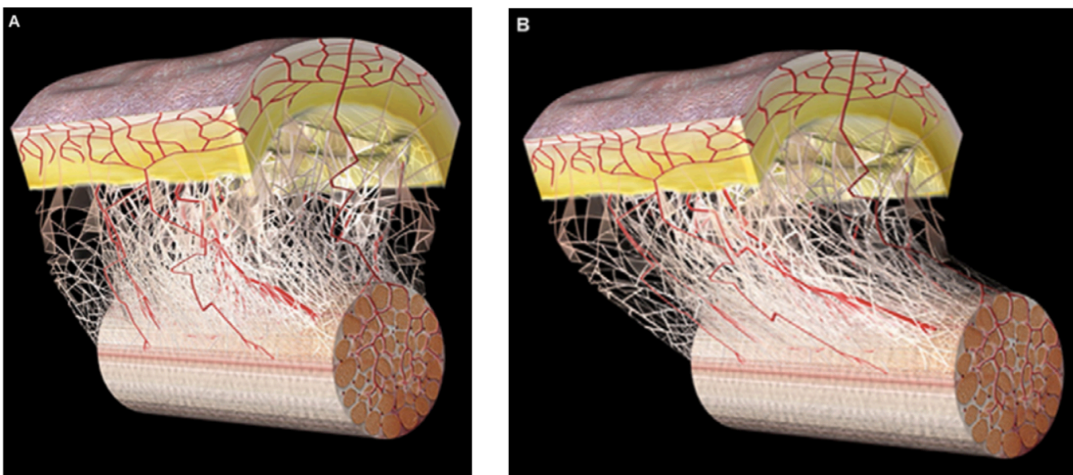


Figure n°16 :
Modélisation des
mouvements
permis par le
MCDAS

Grace à ce modèle, Guimberteau explique certains états tissulaires pathologiques « mal définis » comme le vieillissement, l'inflammation, l'obésité, les adhérences cicatricielles et l'œdème post-traumatique(42).

L'œdème post traumatique ou opératoire est décrit comme une augmentation brutale des pressions intravacuolaires avec hyperdistension des structures fibrillaires. La mécanique

de glissement est alors altérée car les fibres ne peuvent pas se déplier et donner plus de longueur. L'œdème peut évoluer en phénomène adhérentiel si les altérations de la fibre et du liquide intravacuolaire perdurent et s'installent.

En pratique, l'objectif est la lutte anti-œdème et la mobilisation précoce du tendon.

1.8.Cicatrisation tendineuse

En 1962, Potenza disait « le tendon colle ou meurt ». Quinze ans après, Lundborg (35,41,44), Matthews et Richards (45) et d'autres (36) mettent à jour les connaissances sur la cicatrisation tendineuse par de nombreuses expériences sur l'humain et l'animal. Ils montrent que la cicatrisation intrinsèque existe et que la cicatrisation extrinsèque est source d'adhérences et nuisible à la mobilité du tendon réparé.

Dans le temps, les phénomènes de cicatrisation tendineuse se divisent en trois phases, (37),(46) (47), (48), (49) (cf. figure n° 17) :

- Phase inflammatoire : durant les 48 à 72 premières heures, les cellules inflammatoires (fibroblastes et macrophages notamment) migrent vers le site lésionnel. L'apoptose cellulaire se met en place.
- Phase de réparation (ou fibroblastique) : elle dure jusqu'à la sixième semaine environ, les fibroblastes stimulés par l'inflammation du site lésé produisent le collagène et les éléments de la matrice extracellulaire. C'est la période de formation des adhérences.
- Phase de remodelage : elle dure jusqu'à six à neuf mois après la lésion. Les fibres mûrissent et s'organisent dans le sens longitudinal sous l'effet des mobilisations et des forces de traction. Des croisements se forment entre certaines fibres de collagène, ce qui renforce le tendon cicatrisant.

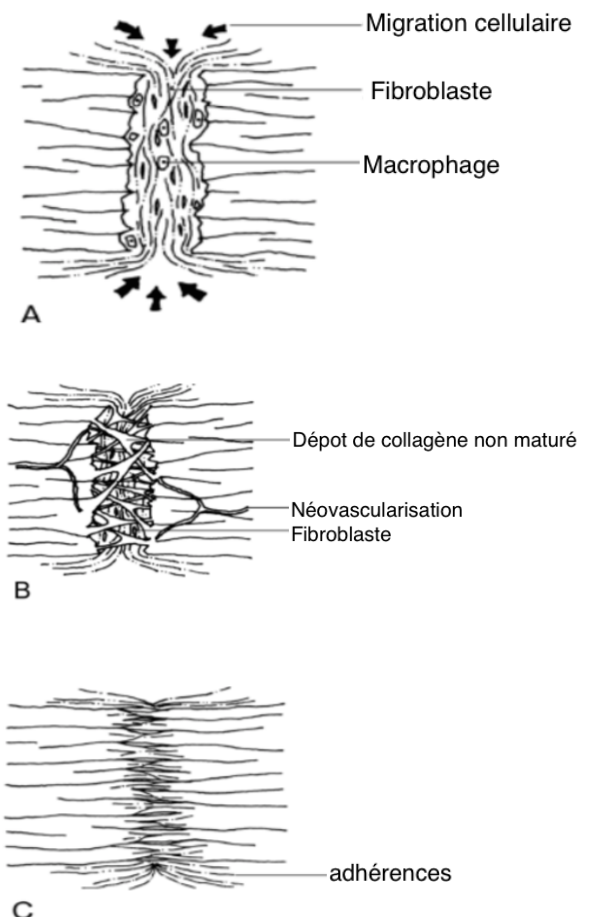


Figure n°17 : Les trois phases de la cicatrisation tendineuse : A : inflammatoire; B : fibroblastique ; C : remodelage

1.8.1.Cicatrisation extrinsèque

C'est le premier mécanisme qui se met en place. Le siège lésionnel est envahi de cellules inflammatoires produites par le tissu conjonctif environnant qui crée des adhérences responsables du blocage lors de l'excursion tendineuse (48) (cf. Figure n°18).

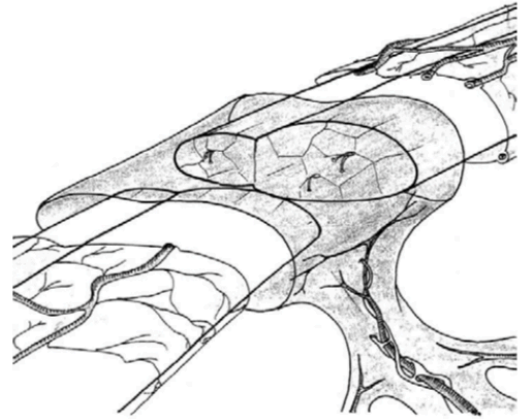


Figure n°18 : cicatrisation extrinsèque

Tous les auteurs (48)(50)(51)(52)(39) s'accordent à dire que la formation des adhérences est favorisée par l'immobilisation du tendon.

Leur développement est favorisé par d'autres facteurs qui se superposent à la lésion originelle :

- Le traumatisme initial (lésion franche, avulsion, perte de matière, écrasement)
- Le traumatisme chirurgical (notamment la technique de récupération du tendon rétracté)
- La lésion du système vasculaire
- La lésion de la gaine
- Les infections post-opératoires

1.8.2.Cicatrisation intrinsèque

Dans les années 70, Lundborg (35,44,41), Matthews et Richards (45), Gelberman (39) et plus récemment Wong et Al (50), s'attachent à montrer l'existence de la cicatrisation tendineuse intrinsèque (cf. figure n° 19). Par des expériences sur le lapin notamment, ils prouvent que la cicatrisation tendineuse peut se faire sans apport sanguin extérieur au tendon. Les fibroblastes présents dans le tendon migrent vers le site lésionnel et produisent du collagène sans l'aide de cellules extérieures.

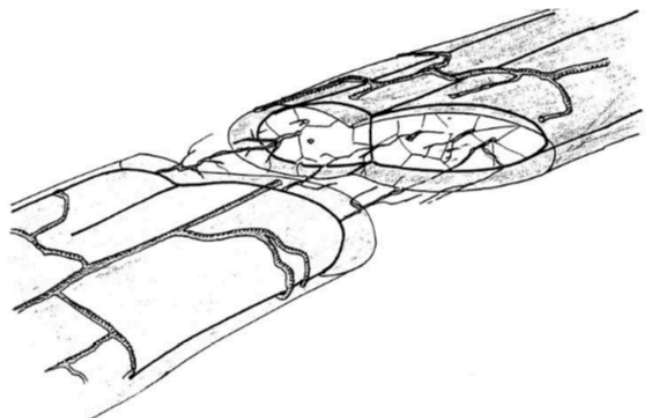


Figure n°19 : cicatrisation intrinsèque

La cicatrisation intrinsèque induit très peu d'adhérences (48). Il convient donc de la favoriser et la stimuler par (4) :

- la restauration de la gaine synoviale pour favoriser l'imbibition synoviale
- le surjet tendineux, qui rétablit la continuité de la surface tendineuse, limitant ainsi l'inflammation lors du glissement tendineux et la colonisation intra-tendineuse par des substances extrinsèques.
- la mobilisation active précoce qui augmente la diffusion du liquide synovial dans le tendon (40), augmente la résistance du cal tendineux et oriente les fibres de collagène (47).

1.8.3. Le lag time

En 1975, Urbaniak (53) confirme les travaux réalisés par Mason et Allen (54) en 1941 sur la période de fragilité tendineuse. En mesurant chez le chien la résistance à la tension des sutures tendineuses en fonction du type et du temps d'immobilisation, ils montrent:

- Qu'il existe une période de fragilité pendant les 2 à 3 premières semaines chez le tendon immobilisé dû à un ramollissement tendineux.
La résistance à J3 est même inférieure à la résistance au jour de la réalisation de la suture.
- Que la suture mobilisée dès J7 en actif protégé ne subit pas cette phase de ramollissement et devient plus solide plus tôt.

Hitchcock (55) s'intéresse aussi au sujet. Comparant des tendons de poulets lacérés puis immobilisés ou mobilisés en actif protégé, il ne trouve pas de période de fragilité. Cependant, il conforte les résultats de Mason et Allen en décrivant une augmentation immédiate et progressive de résistance de la suture à la traction.

Tanaka(56) va plus loin en prouvant en 1995 que la mise en tension cyclique du tendon stimule la production de collagène en stimulant les cellules tendineuses. Il préconise également la mobilisation active précoce.

Kubota (57) expérimente l'association de la mobilisation active et de la mise en tension précoce sur la réparation tendineuse de poulet. Il décrit une période de fragilité plus longue que Mason et Allen et Urbaniak, qu'il n'explique pas. Cependant il montre que les tendons mobilisés et mis en tension précocement sont plus résistants à la tension que les tendons n'ayant subi qu'un seul des deux traitements ou aucun.

A Taiwan, Hsiao (58) cherche à définir le moment opportun pour débiter la rééducation active. Sa méta-analyse d'ampleur nationale compare le nombre de reprises chirurgicales de trois groupes ayant bénéficié de rééducation active : 1 - immédiate (première semaine), 2 - différée (1^{ère} semaine à 6^{ème} semaine) ou 3 - tardive (après la 6^{ème} semaine).

L'étude porte sur l'ensemble des lésions tendineuses de la main, elle est donc peu spécifique pour les lésions des tendons fléchisseurs. Cependant l'ampleur des chiffres (patients) appuie les expériences précédentes : 12% des patients débutant la mobilisation

active tardive sont réopérés contre 3,8 % des patients ayant bénéficié d'une mobilisation active immédiate.

Ainsi il semble que l'immobilisation soit néfaste à la cicatrisation. Inversement, la mobilisation active protégée favorise la cicatrisation et améliore la résistance de la zone de suture.

1.9. Work Of Flexion (WOF)

Le work of flexion (WOF) est la somme des résistances à la flexion du doigt. Il s'agit d'une association des résistances au glissement tendineux et des résistances à la flexion des articulations (59).

Une augmentation du WOF correspond à une augmentation de la force de traction nécessaire pour fléchir le doigt.

Halikis (59) expérimente, sur des tendons de poulets, les effets de l'immobilisation, de la mobilisation immédiate et de la mobilisation différée (immobilisation 3 ou 5 jours puis mobilisation active) sur le WOF (cf. figure n° 20).

Il décrit deux paramètres augmentant le WOF : les adhérences qui limitent le glissement tendineux et le facteur œdème-inflammation limitant la mobilisation des articulations et des tissus.

Dans les 7 premiers jours, le WOF est augmenté par la réaction inflammatoire et l'œdème. La mobilisation immédiate stimule le phénomène.

Les jours suivants, sur le tendon immobilisé, les adhérences s'installent et augmentent le WOF (51). Sur les tendons mobilisés, les adhérences se forment moins, le WOF diminue jusqu'au 21^{ème} jour.

Ainsi, pour minimiser le WOF, Halikis montre que le meilleur compromis est la mobilisation active différée de 3 jours d'immobilisation.

En 2013, par des expériences in vitro puis in vivo, Wu et Tang (48) confirment que l'œdème sous cutané et intra-tendineux augmente fortement le WOF. Ils montrent également que les adhérences tendineuses commencent à se former autour du 9^{ème} jour. Ils suggèrent alors de commencer la mobilisation active entre le 4^{ème} et le 7^{ème} jour.

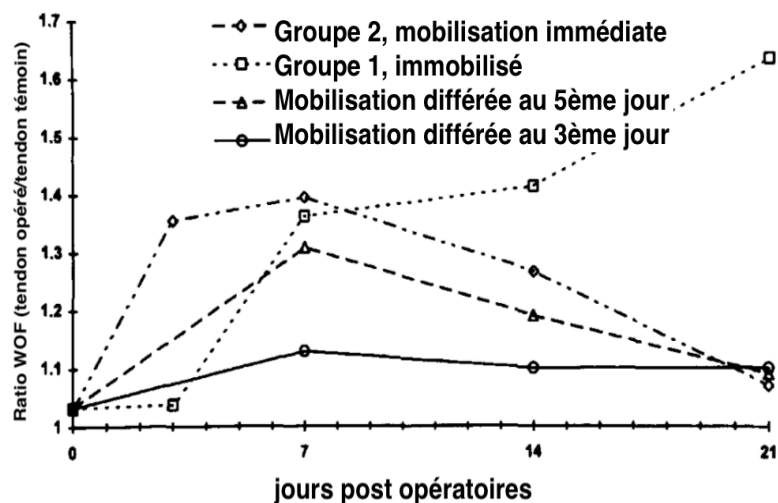


Figure n°20 : WOF en fonction du temps pour chaque groupe

Le WOF est donc augmenté par l'immobilisation, les adhérences et l'œdème, mais également par d'autres facteurs plus ou moins maîtrisables (48,60) :

- La biomécanique : Savage (26) montre en 1990 que la force nécessaire aux derniers 50% de flexion du doigt correspond au 2/3 de la force nécessaire à la flexion totale du doigt. Les derniers degrés de flexion du doigt demandent donc une force de traction beaucoup plus importante que les premiers degrés (cf. figure n° 21). Fu confirme ces observations par des expériences en 2010. Ceci s'explique notamment par la mise en tension des structures dorsales comme la peau, les tendons extenseurs et les capsules articulaires dorsales et par la compression des structures cutanées palmaires.
- Raideurs articulaires entraînées par une immobilisation ou une lésion capsulo-articulaire associée
- Qualité de la suture: une suture peu discrète ou volumineuse aura du mal à glisser dans la gaine, créant possiblement un conflit avec la poulie. Nous aborderons ce point un peu plus loin.
- Pansement : un pansement trop gros en palmaire ou trop peu étirable en dorsal limite la flexion du doigt.
- Bague de protection de poulie

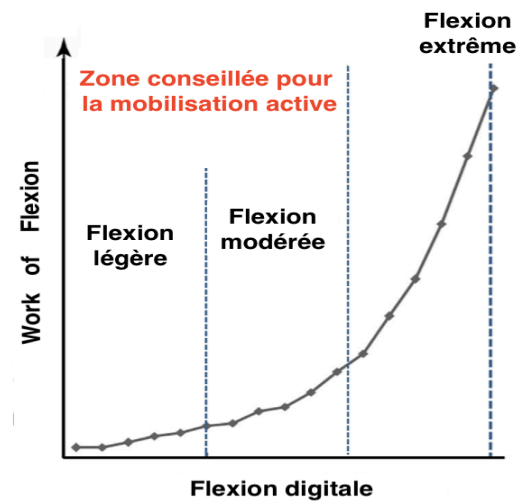


Figure n°21 : Le WOF augmente de manière exponentielle avec la flexion digitale

Pour mettre en œuvre une mobilisation active précocement, il est nécessaire de diminuer au maximum le WOF. Le meilleur compromis semble donc de commencer la rééducation active entre le 3^{ème} et le 5^{ème} jour post opératoire, après une immobilisation de courte durée.

2. Prise en charge des lésions des tendons fléchisseurs

Les techniques de réparation des tendons fléchisseurs ont beaucoup évolué en plus de 2000 ans. (8) De nombreux noms se sont succédés, marquant leurs avancées, leurs innovations techniques, certains leurs dogmes.

Ce travail n'ayant pas une visée historique, il détaillera, de manière non exhaustive, les techniques actuelles décrites par la littérature.

2.1.Chirurgie

La réparation tendineuse est une chirurgie d'urgence, elle doit se faire de préférence dans les 48 heures après la lésion, par un chirurgien spécialiste de la main.

L'objectif est de restaurer un lien solide et mobile entre le muscle et la phalange tout en limitant le WOF lors de rééducation active précoce.

Tous les tendons doivent être réparés, ainsi que les nerfs et les artères. Dans le cas de la zone 2, la gaine doit également être restaurée.

Il n'existe pas de consensus sur la chirurgie tendineuse mais la littérature suggère un certain nombre de recommandations (61).

2.1.1.Les Sutures

La solidité de la suture est primordiale, elle doit permettre la mobilisation active sans risquer la rupture ou la formation d'un gap tendineux.

Plusieurs études ont montré qu'augmenter le nombre de brins augmentait la résistance à la rupture et à la formation du gap (62)(63).

Il n'existe pas de consensus sur le nombre de brin que doit comporter une suture tendineuse mais on retrouve dans la littérature la nécessité d'utiliser au moins 4 brins pour permettre la rééducation active (61)(64)(65)(63). La suture 4 brins est utilisée par 65% des chirurgiens de la main en France (60).

Barrie (65) démontre que ses sutures 4 brins ont une résistance initiale à la traction de 66 à 70 N, suffisante selon lui à la mobilisation active. Plus tard, Elliot et Giesen (66) puis Edsfeldt (67) confirment. Ils évaluent respectivement entre 15 et 20 N et 13 N et 24N la force à laquelle est soumise la suture lors de la rééducation active.

Il existe une multitude de sutures tendineuses. Le grasping de Kessler(68) et le « locking » de Pennington (69) se sont historiquement opposé (61), déclinés en de multiples variantes souvent doublées pour obtenir 4 brins. Les sutures de type cross-locks telles que la Adélaïde et la Mc Larney sont actuellement les plus courantes (61).

La figure n °22 présente, de manière non exhaustive, les différents types de sutures actuelles.

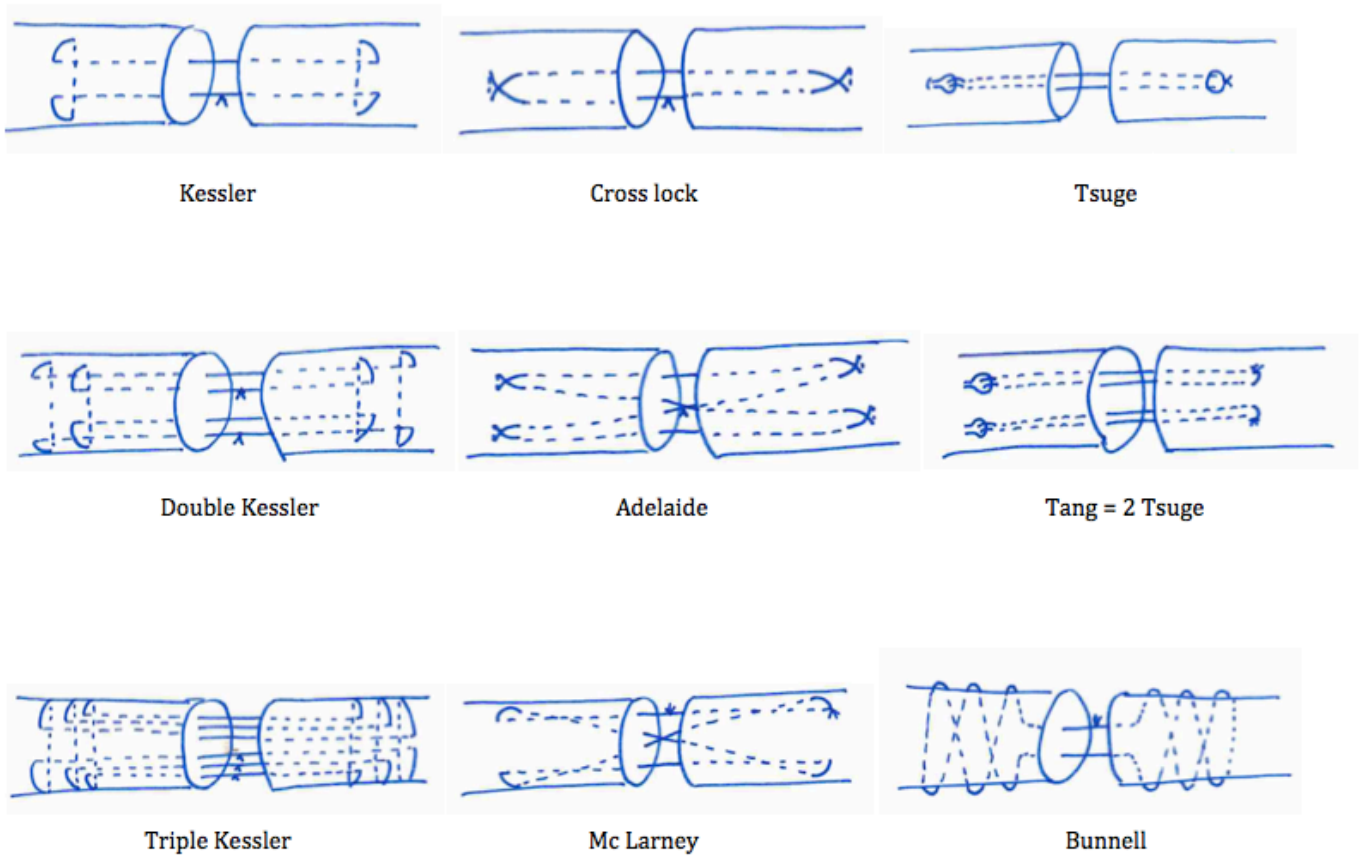


Figure n°22 : Différents types de sutures

La littérature (60)(61)(64) suggère :

- d'utiliser les fils 3/0, plus résistants que les fils 5/0 et créant moins de WOF que les fils 2/0,
- de garder une distance de 7 à 10 mm entre le moignon tendineux et la boucle de suture,
- de réaliser 3 nœuds pour verrouiller la suture. L'emplacement du nœud fait débat. Le nœud extra-tendineux favorise l'inflammation lors du glissement tendineux. Chen (70) a montré récemment que placer le nœud dans la tranche de section gêne la cicatrisation et favorise la formation de gap.
- Réaliser la suture en légère tension pour prévenir la formation d'un gap lors de la mise en tension active du tendon(64).

En zone I, dans le cas d'une section tendineuse proche de l'insertion osseuse, la technique du pull out de Brunelli et Montero peut être mise en œuvre. Cette technique permet la mobilisation active immédiate car sa solidité est majorée (71) par le report des forces de traction sur le bouton pulpaire ou unguéal. D'autres techniques sont utilisées comme la réinsertion osseuse par ancre ou la suture osseuse en « no-button » décrite par Sood et Elliot(66) (cf. figure n° 23).

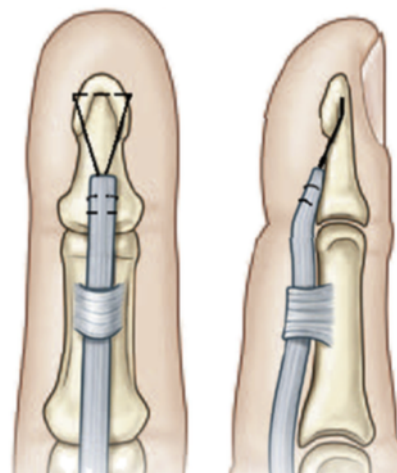


Figure n°23 : technique du « no-button »

2.1.2. Le surjet périphérique

Le surjet périphérique a été développé dans les années 80 et 90 dans le but d'augmenter la résistance de la réparation tendineuse, minorer le risque de gap tendineux et améliorer le glissement tendineux dans la gaine synoviale (cf. figure n° 24).

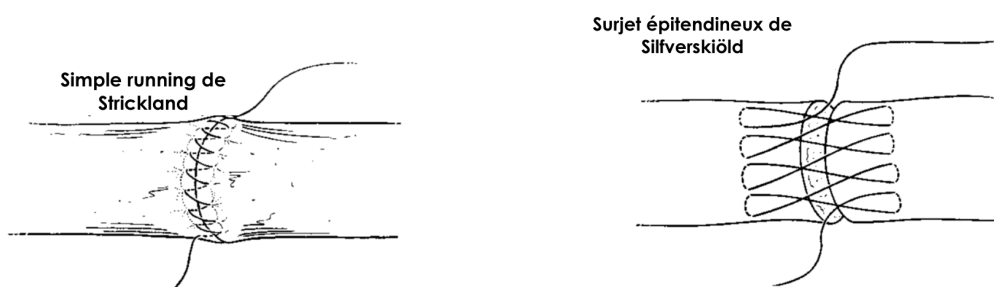


Figure n°24 : Exemples de surjets périphériques

La littérature est partagée à propos du surjet tendineux.

Giesen (72) (73) puis Tang (64) montrent que sa réalisation n'est pas indispensable notamment si une suture à plus de 4 brins est réalisée.

Wu (61) conseille de réaliser un surjet tendineux le moins complexe possible.

Wit(74) remarque, par des expériences sur des tendons porcins, que l'utilisation du surjet tendineux en association avec la suture de Kessler diminue considérablement la formation du gap.

En s'appuyant sur les travaux de Lister, Bigorre (60) le préconise pour mieux calibrer la zone de suture et en diminuer l'encombrement.

2.1.3. Techniques atténuant le WOF

"It is not difficult to suture tendons and prepare the ground for sound union; the real problem is to obtain a freely sliding tendon capable of restoring good function."

Pulvertaft 1948

2.1.3.1. Libérer les poulies

Dans le canal digital étroit et inextensible, l'œdème intra-tendineux et la suture augmentent la circonférence du tendon. Le glissement devient difficile et le WOF augmente.

De nombreux auteurs (64)(60)(75)(76) (77) suggèrent de libérer partiellement les poulies annulaires autour de la zone de suture pour favoriser le glissement tendineux et diminuer le risque de rupture lors de la rééducation active. Cette technique ne crée pas d'effet corde d'arc si les autres poulies principales sont intactes et que la libération de la poulie reste limitée à la zone de la suture.

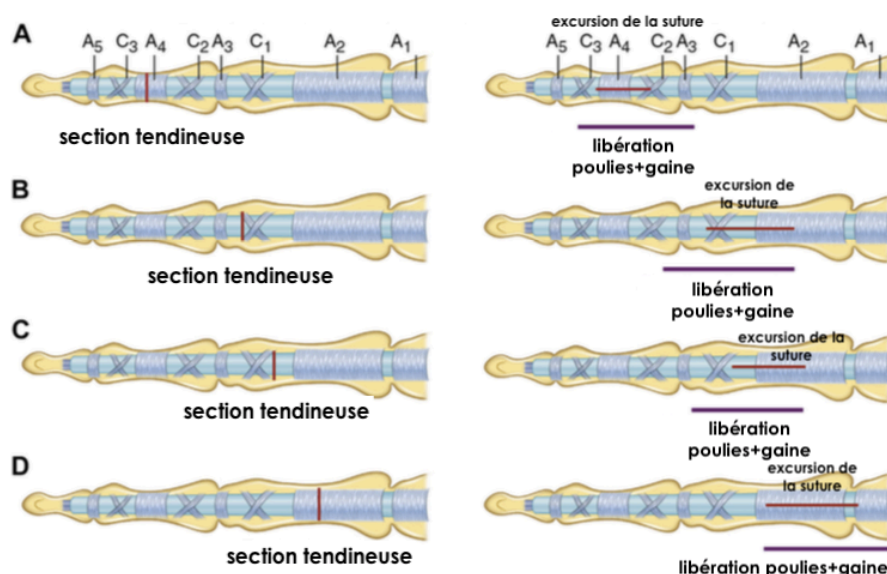


Figure n°25 : Différentes libérations de poulies selon Tang

Tang (10) propose différentes libérations en fonction de la zone (2A, 2B, 2C ou 2D) et de l'excursion de la suture (cf. figure n°25).

En cas de perte de substance, il peut être indiqué de reconstruire certaines poulies. Moutet (18) et Mehta (78) décrivent les différentes techniques existantes. Un fragment du FDS, le tendon du palmarès longue ou encore une partie du retinaculum des extenseurs peuvent être utilisés pour reconstruire les poulies.

2.1.3.2. Attitude envers la gaine synoviale

En 1910, Mayer (8) insistait sur l'importance de la gaine dans le glissement tendineux. Aujourd'hui, il n'existe pas de consensus sur la fermeture de la gaine synoviale. Sa réalisation entraîne des avantages et des inconvénients.

Suturer la gaine synoviale favorise la cicatrisation intrinsèque, comme nous l'avons vu précédemment, réduisant le risque de formation d'adhérences. Cependant, la technique réduit la lumière du canal digital et augmente la résistance au glissement tendineux.

De plus, selon Lister, repris par Delaquaize (4), lorsque la gaine est laissée ouverte, la suture vient buter contre son bord libre. Ce mécanisme diminue alors la lumière du canal digital et freine le glissement tendineux.

Au contraire, Tang (64), affirme que la fermeture de la gaine synoviale n'est plus considérée comme essentielle.

Saldana(79), en 1987, montre même des meilleurs résultats in-vivo en laissant la gaine ouverte que refermée. Tous les patients ayant bénéficié du même protocole de rééducation active précoce, par le même rééducateur.

2.1.3.3.Résection d'une bandelette du FDS

Face à cette problématique de la zone II, certains auteurs(61) proposent de réséquer une bandelette du FDS.

Hwang (80) en fait l'expérience sur des tendon de cadavres humains. Il observe un WOF fortement diminué lorsqu'une seule des 2 bandelettes du FDS est réparée.

Geary (81) propose la réparation du FDS en dehors de la poulie A2 pour libérer l'espace canalaire et montre une diminution du WOF. Cette étude réalisée ex-vivo, reste expérimentale.

2.1.3.4.« Contrôle qualité »

Tang (64) présente le test d'extension-flexion digitale comme un « contrôle de qualité ». Il préconise de le réaliser après chaque réparation de tendon fléchisseur. Il consiste à apprécier le glissement tendineux lors d'une extension totale du doigt suivie d'une flexion maximale avant de réaliser les sutures cutanées. Il permet de voir la formation précoce d'un gap tendineux ou le blocage de la suture à l'entrée d'une poulie et d'y remédier.

La technique de réparation tendineuse en Wide-Awake développée par Lalonde(82) (83) permet de réaliser ce test activement. Aussi appelée WALANT (Wide Awake Local Anesthesia No Tourniquet), cette technique utilise un mélange de lidocaine et d'épinephrine permet de conserver la motricité et ainsi de demander au patient une flexion active totale vigoureuse et une extension totale à la fin de la réparation tendineuse. Lalonde affirme avoir diminué son taux de rupture de 7% par l'utilisation de cette technique.

2.2.Pansement

Le pansement est trop peu décrit dans les protocoles, pourtant il peut être gênant et augmenter inutilement le WOF.

Le réseau Prévention Main – Auvergne Rhône Alpes explique par tutoriel (84) comment réaliser un pansement qui ne gêne pas la mobilisation immédiate.

Après déterction au savon, lavage, séchage et application d'antiseptique, le pansement est posé. Il doit :

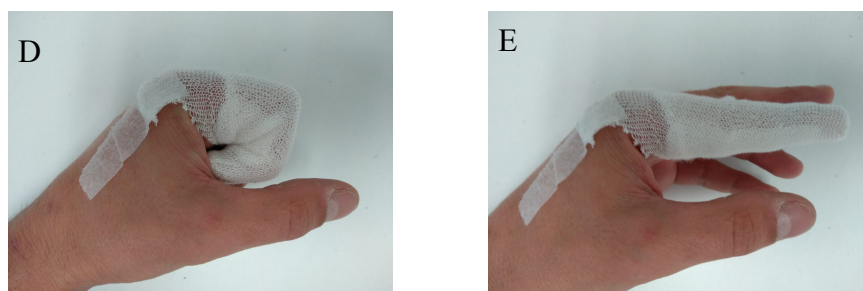
- Entièrement protéger la cicatrice pour éviter l'infection,
- Etre fin en palmaire
- Ne pas être posé tendu sur les zones cutanées dorsales des articulations.
- Etre le plus petit possible

Il peut s'avérer intéressant d'expliquer au patient les principes de confection du pansement pour ne pas augmenter inutilement la résistance à la flexion lors des séances d'auto-mobilisation.

La figure n°26 propose un type de pansement n'accentuant pas le WOF. Il est réalisé avec du tulle gras, une compresse et un pansement tubulaire en coton. Un sparadrap fixe le coton tubulaire pour ne pas qu'il glisse en distal.



*Figure n°26 : A-B-C : étapes de confection du pansement proposé ;
C-D : mobilité permise sans résistance*



2.3.Rééducation et orthèse

Delaquaize (4) a décrit les différents protocoles de rééducation des fléchisseurs et leurs orthèses en 2003. Son travail complet nous montre les diverses pratiques évoluant avec les progrès chirurgicaux et la spécialisation des rééducateurs.

Je rappellerai dans cette partie les protocoles de la fin du XXème siècle et ceux utilisés actuellement.

2.3.1.Immobilisation

Elle est aujourd'hui très peu utilisée (60) mais peut être indiquée chez des patients très peu collaborant, ayant un déficit mental ou chez les enfants en bas âge.

L'immobilisation est décrite dans une orthèse dorsale, poignet à 30° de flexion, MP à 60° de flexion, IP en rectitude.

Strickland (85) confirme en 1980 que l'immobilisation donne de moins bons résultats que la mobilisation passive. Elle est pourvoyeuse d'adhérences et fragilise le tendon, comme nous avons pu le voir précédemment.

2.3.2.Mobilisation

Les travaux de Mason et Allen (54) et d'autres auteurs (39,55) nous ont montré les bénéfices de la mobilisation précoce sur la mobilisation retardée et l'immobilisation :

- Prédominance de la cicatrisation intrinsèque qui diminue la formation d'adhérences,
- Augmentation de résistance de la suture et du tendon aux tractions par suppression du lag-time, période de fragilité tendineuse,
- Homogénéisation de la surface de glissement tendineuse et une baisse progressive des résistances à la flexion digitale.

Les protocoles de mobilisation précoce sont donc logiquement les plus utilisés, avec une préférence en France et en Suisse pour le protocole de Duran (60).

De nombreux protocoles existent, voici les plus couramment utilisés.

2.3.2.1.Passive : Le protocole de Duran

Duran et Houser mettent au point en 1975 un protocole passif de mobilisation tendineuse en considérant qu'une course de 3 à 5 mm est suffisante pour éviter la formation d'adhérence.

Une attelle dorsale immobilise le patient les 5 premières semaines en dehors de séances de rééducation. Le poignet est maintenu à 30° de flexion, les MP à 60° de flexion, les IP maintenues en extension par une bande Velcro®.

Duran préconise une mobilisation des doigts toutes les 2 heures en plaçant le poignet et les MP en flexion, le coude en flexion et l'avant bras en pronation pour détendre le système fléchisseur. Il suggère les exercices suivants, répétés 10 fois chacun :

- Mobilisation passive de l'IPD en flexion-extension pour impliquer un glissement du FDP par rapport au FDS et des sutures l'une par rapport à l'autre,
- Mobilisation passive de l'IPP en flexion extension pour impliquer un glissement des 2 tendons dans la gaine digitale.

A la 4^{ème} semaine, le travail actif peut être démarré auprès d'un kinésithérapeute et une résistance progressive peut être appliquée à partir de la 8^{ème} semaine.

C'est le protocole le plus utilisé par les rééducateurs de la main en France (60). Cette méthode est moins exigeante qu'un protocole actif ou activo-passive et plus facile à comprendre pour le patient qui peut la reproduire chez lui.

Elle présente les avantages d'une mobilisation précoce sans prendre le risque d'une rupture. Cependant la mise en tension légère et répétitive suggérée par Tanaka (56) pour stimuler la résistance tendineuse n'est pas utilisée.

De nombreuses équipes ajoutent des exercices de mobilisations synergiques ou effet ténodèse au protocole passif.

L'effet Ténodèse consiste à une mobilisation passive des doigts induite par la traction des tendons extenseurs et fléchisseurs lors de la mobilisation du poignet.

Lors de l'exercice, seul le poignet est mobilisé activement vers la flexion et l'extension, en laissant le reste de la main relâchée. Lors d'une extension de poignet, les doigts sont amenés passivement en flexion globale par la mise en tension du système fléchisseur et inversement.

La Mayo Clinic (86) montre que cette technique réduit significativement les adhérences par rapport à l'utilisation d'une technique purement passive.

Strickland (87) rapporte que l'effet ténodèse est le meilleur moyen d'augmenter l'excursion de chaque tendon fléchisseur par rapport aux structures adjacentes et entre eux.

2.3.2.2.Semi-active : le protocole de Kleinert

En 1967, Kleinert (88), inspiré par Young et Harmon (89), décrit un protocole novateur de rééducation semi-actif des réparations tendineuses.

Le patient est immobilisé par une orthèse, poignet à 30° de flexion et MCP à 60° de flexion pendant 4 à 6 semaines (cf. figure n°27). Un rappel élastique fixé sur l'ongle tire le doigt lésé en flexion en direction du tubercule du scaphoïde. La flexion des IP et MP du doigt lésé se fait alors en passif et l'extension du doigt en actif.

La rééducation consiste en des extensions des IP pour toucher l'orthèse en butée dorsale et des retours en flexion passive grâce à l'élastique.

Après 21 jours, le poignet est redressé.

Au 30^{ème} jour, l'élastique est retiré et la mobilisation active sans résistance débute.

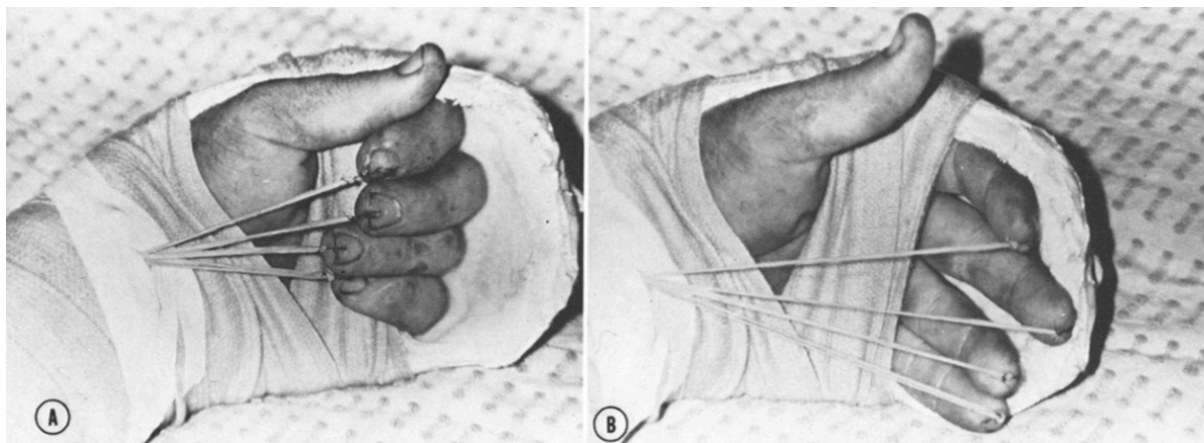


Figure n°27 : orthèse de Kleinert dans sa première version

L'orthèse a ensuite été modifiée (cf. figure n° 28) à plusieurs reprises (90–93) notamment en ajoutant une poulie à la base du doigt pour augmenter la flexion de l'IPD et ainsi le glissement différentiel entre le FDS et le FDP.

Par ce système, Kleinert affirme détendre totalement le système fléchisseur. D'autres auteurs (94) (95) ont montré qu'une contraction contre résistance des extenseurs entraînait une co-contraction des muscles antagonistes.

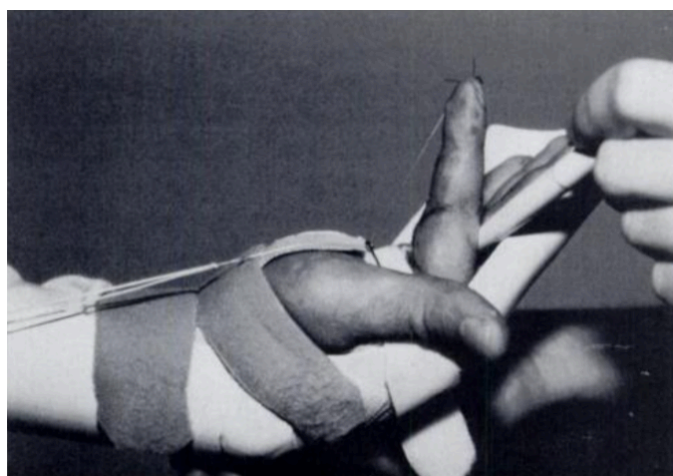


Figure n°28 : orthèse de Kleinert modifiée

A la parution de son étude, Kleinert affiche des résultats bien meilleurs que toutes les autres publications antérieures qui traitaient de protocoles passifs.

Tropet (96) confirme que le protocole semi-actif donne de meilleurs résultats qu'une immobilisation de 3 semaines.

Plusieurs auteurs (98)(99)(100) ne trouvent pas de différence significative de résultats entre le protocole de Kleinert et un protocole actif à 12 semaines. Prowse (98) montre que les patients de plus de 30 ans ont de moins bons résultats avec le protocole semi-actif qu'avec un protocole actif contrôlé, alors même qu'elle utilise des sutures 2 brins.

Neiduski (97) met en lumière les flexums qui se forment souvent lors de l'utilisation du protocole de Kleinert, induisant une baisse des résultats.

Malgré les améliorations apportées et les bons résultats rapportés, ce protocole reste complexe à mettre en place. Le patient doit être coopérant et bien comprendre l'anatomie et la biomécanique du système en jeu. De plus l'action permanente des élastiques induit la formation d'un flexum de l'IPP qui peut être long à récupérer.

De moins en moins préconisé par les chirurgiens (10), utilisé pour 12% des réparations tendineuses en France et en Suisse (60), il peut s'avérer efficace lorsqu'il n'a pas été possible de réaliser une suture solide.

Dans le cas où la suture réalisée est solide (au moins 4 brins), et le patient compliant, il me semble plus simple et moins contraignant de mettre en place une rééducation active.

2.3.2.3. En placé tenu de Strickland (46,87)

Egalement connu sous le nom de « frayed tendon program », cette technique consiste en des contractions isométriques sans résistance des fléchisseurs extrinsèques.

Lors des séances de rééducation, le poignet est placé en extension. Sur un doigt préalablement drainé et assoupli, le thérapeute place le doigt du patient en position de flexion et demande au patient de tenir la position environ 5 secondes avec le moins de force possible.

Strickland s'appuie sur les travaux de Savage(101) pour préconiser une position de poignet à 45° d'extension et des MCP en flexion à 70° lors du placé tenu. Cela permet de relâcher les extenseurs et ainsi, d'obtenir une course tendineuse maximale par une traction minimale.

Pour cela, il équipe les patients d'une orthèse articulée (cf. figure n°29) permettant l'extension du poignet durant les exercices et d'une autre orthèse de protection en légère flexion (20°) le reste du temps.

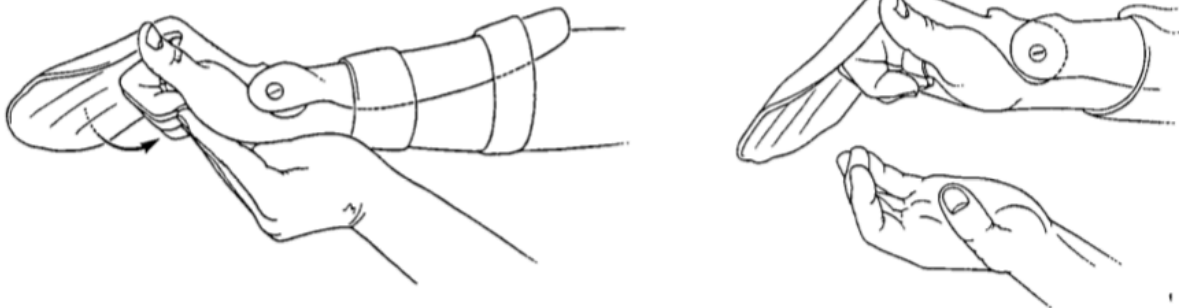


Figure n°29 : effet ténodèse dans l'orthèse articulée de Strickland

L'équipe de Coats(102), à Chicago, immobilise ses patients directement à 30° d'extension de poignet. Elle associe un travail de placé-tenu en séance à des exercices de type Kleinert en auto-rééducation.

Sanmartin-Fernandez et son équipe espagnole de Vigo (132) expérimentent le placé-tenu en auto-rééducation. Partant du principe que ses patients sont rééduqués loin des centres de thérapie de la main, ils proposent un protocole actif aux sutures solides (au moins 4 brins) associée à une première séance d'explications et de conseils. L'orthèse est classique, poignet en position neutre, MCP à 70° de flexion.

Des exercices passifs sont d'abord montrés au patient pour assouplir le doigt. Il effectue 50 flexions passives suivies d'extensions par doigt par heure.

Ensuite les patients jugés suffisamment compliants et sérieux apprennent comment réaliser les exercices de placé-tenu suivi d'extension active, à effectuer 3 fois par heure après les exercices passifs.

Son étude porte sur 21 doigts. Il montre 17 excellents et bons résultats, selon les critères de Strickland modifiés (cf. annexe n°I), pour une rupture.

L'équipe de Vigo s'intéresse à l'auto-rééducation pour palier au manque de rééducateurs spécialisés dans les régions qui l'entourent. Sanmartin-Fernandez (132) insiste sur l'importance des conseils et la transmission d'informations dès la confection de l'orthèse et durant les premières séances.

Edsfeldt (67) mesure les forces générées in-vivo sur les tendons FDS et FDP durant les différents types de mobilisation. Il compare le placé-tenu, la flexion active, la flexion isolée du FDP (IPP et MCP maintenues tendues), la flexion isolée du FDS (par l'effet quadrige) et la mobilisation par effet ténodèse.

Les flexions actives isolées du FDP et du FDS montrent la mise en tension la plus grande (jusqu'à de 24 N). Au contraire, le placé-tenu et la flexion active globale en position neutre de poignet se révèlent être les mobilisations les moins contraignantes.

Il note également que la position du poignet n'interfère pas sur la tension du FDP.

Neiduski (97) a récemment comparé les résultats de plusieurs études. Elle montre que le protocole en placé tenu apporte de meilleurs résultats que les protocoles passifs, protocoles de Kleinert inclus.

Le placé-tenu a l'avantage d'être une technique très peu contraignante pour la suture. Elle convient parfaitement pour la mobilisation active des réparations tendineuses à 2 brins en centre spécialisé. Cette technique permet également d'envisager l'auto-rééducation active si la solidité des sutures le permet.

2.3.2.4.Active précoce protégée

Les protocoles comprenant des techniques de mobilisation active apparaissent à la fin des années 70 et se développent dans les années 1990.

Becker (103), en 1979, fait partie des pionniers. Il présente une série de 50 réparations tendineuses rééduquées activement en « mobilisation libre non protégée ». Il débute les mobilisations 3 à 4 jours après la suture, sans protection d'extension. Son étude montre 70% de bon à excellents résultats et 10% de ruptures, selon les critères de Kleinert (cf. annexe n°I). Il évoque la possibilité de réaliser le même protocole dans une orthèse de protection en flexion pour minimiser le risque de rupture.

Small (104) en 1989 présente un protocole de rééducation active à démarrer 48h après la suture tendineuse. Dans un plâtre d'immobilisation permanente à 45° de flexion de poignet 80° de flexion des MCP et IP tendues, le patient doit réaliser, en présence du rééducateur, 2 flexions passives suivies de 2 flexions actives toutes les 2 heures. L'auteur insiste sur les

explications à donner au patient : il est important de montrer le mouvement différentiel de flexion de l'IPD pour permettre le glissement inter-tendineux.

Si la mobilité active est satisfaisante, l'orthèse de protection est gardée 6 semaines, si au contraire la flexion active est pauvre, l'orthèse est retirée à la 4^{ème} semaine pour commencer des exercices plus « vigoureux ».

Son étude, qui porte sur 138 tendons en zone II, montre 75% de bon à excellents résultats selon les critères de Kleinert (cf. annexe n°I).

Le protocole de Small, rebaptisé protocole de Belfast, a inspiré de nombreuses équipes (105)(106)(107)(108)et notamment celle d'Elliot (109).

En France, Rouvillois et Baudet(110) sont les premiers à proposer un protocole de mobilisation en flexion active protégée (MFAP).

L'orthèse est thermo-moulée au dos de la main lésée à 40° de flexion de poignet, 70° de flexion des MCP et IP en rectitude.

Dans le but de diminuer le WOF créée par la mise en tension du système extenseur, l'équipe bordelaise propose de placer manuellement (ou avec une bande) les doigts adjacents au doigt lésé en triple flexion.

Les séances sont biquotidiennes auprès du kinésithérapeute du service dans l'orthèse de protection. Elles consistent en 5 flexions actives légères par IP. En dehors des séances il est demandé au patient de réaliser des mobilisations semi-actives de type Kleinert. La sollicitation active n'est réalisée qu'en présence du kinésithérapeute spécialisé.

Entre le 8^{ème} et le 12^{ème} jour l'intensité des séances baisse, seul les exercices de type Kleinert modifiés sont effectués.

La rééducation s'intensifie ensuite petit à petit. Le 30^{ème} jour l'orthèse est retirée le jour mais doit être gardée pendant 15 jours durant les activités à risque (nuit, transports en commun par exemple).

Les auteurs mettent en avant les bénéfices physiologiques sur la cicatrisation tendineuse vus précédemment mais également un entretien de l'image corticale du mouvement et une baisse de sidération rapide des muscles fléchisseurs intrinsèques.

Ces protocoles montrent l'intérêt grandissant des équipes pour la mobilisation active précoce mais aussi l'appréhension de la rupture qu'elle implique. La crainte est légitime, Small réalise son étude sur des sutures de Kessler 2 brins, la suture 4 brins n'est pas encore la norme.

Elles montrent aussi que le chirurgien ne fait pas confiance au patient mais au rééducateur spécialisé pour encadrer les séances de mobilisations actives.

Rigo (112) tente récemment d'ajouter des exercices actifs au protocole de Kleinert pour les zones 1 à 3 et compare les résultats avec un groupe ayant bénéficié d'un protocole de Kleinert classique. Les résultats à long terme (12 mois) ne montrent pas de différence. Cependant, il montre une récupération fonctionnelle plus rapide après le protocole actif.

Tang(10)(64) (111) insiste sur l'importance de réaliser une suture solide (au moins 4 brins) et de prévenir le WOF par un test d'extension-flexion pour permettre la rééducation active précoce.

La position d'immobilisation du poignet n'a pour lui pas d'importance. Il faut que l'orthèse soit confortable, en position neutre voire en légère extension. Les MCP doivent être légèrement fléchies et les IP en rectitude.

Il préconise de démarrer la mobilisation entre le 3^{ème} et le 5^{ème} jour pour laisser passer la phase d'inflammation-œdème, qui est douloureuse et non pourvoyeuse d'adhérence.

La séance débute par 20 à 40 mobilisations passives visant à assoupir le doigt et à diminuer le WOF pour préparer la flexion active. Ensuite le patient fléchit activement et sans force tous les doigts une trentaine de fois. La mobilisation se fait dans le secteur confortable, sans douleur. La flexion active totale n'est pas encouragée. Il termine la séance par des extensions actives jusqu'à l'orthèse, en butée dorsale. Le rééducateur insiste alors sur l'importance d'entretenir l'extension totale du doigt.

Le patient réalise ces exercices seul le matin, le midi, l'après-midi et avant de se coucher.

Après 2 semaines et demi, une nouvelle orthèse est moulée, poignet à 30° d'extension, les exercices sont les mêmes, la flexion active indolore augmente. Dans les 3-4 premières semaines, il vise 1/3 à 2/3 de la flexion totale active.

A la 5^{ème} semaine l'orthèse est retirée la journée. Des exercices de mobilisation différentielle FDS/FDP sont débutés et la flexion totale et active est progressivement demandée au patient.

En 2017, il publie les résultats d'une série de 300 tendons réalisée sur 3 hôpitaux différents. Il montre, en zone II, en moyenne 85% de bons et excellents résultats selon les critères de Strickland (annexe n°I) et seulement une rupture !

Elliot (66)(72)(109) propose son premier protocole de mobilisation active sur des réparations à 2 brins avec suture périphérique en zone II en 1994. Sa technique opératoire évolue vers une suture plus solide au WOF minimisé qui lui permet de proposer, avec Giesen le protocole suivant :

J1 à J5 : confection de l'orthèse dorsale à 20° d'extension de poignet, 40° de flexion des MCP et IP en rectitude.

Pendant les 3 premières semaines, le patient est vu 2 fois par semaine par les rééducateurs spécialisés. En dehors du centre, le patient réalise les auto-mobilisations suivantes toutes les heures, en gardant l'orthèse de protection :

Première semaine : 10 flexions et extensions totales passives suivies d'extensions actives totales (jusqu'à la butée postérieure) puis de 10 flexions actives à 25% de la flexion totale, en utilisant la main opposée dans la paume, créant une butée haute de 3 doigts. La flexion est initiée par le FDP.

Les semaines suivantes, les exercices sont les mêmes, la flexion active progresse de 25% (une hauteur de doigt en butée) par semaine.

A la 3^{ème} semaine, le patient peut fermer le poing si cela ne crée pas de douleur.

Durant les 4^{ème} et 5^{ème} semaines, le patient peut enlever l'orthèse pour réaliser des exercices ténodèse, 10 répétitions, 4 fois par jour.

Le patient consulte le chirurgien à la 6^{ème} semaine et l'orthèse est retirée. Il est alors autorisé à utiliser sa main doucement, il remet la protection postérieure la nuit et dans les situations dangereuses.

Peck et son équipe (113,114) s'appuient sur les travaux de Savage(101) et Cooney(115) pour apporter la dernière avancée : l'orthèse courte de Manchester (figure n°30). Il s'agit d'une orthèse thermo-formée postérieure permettant une liberté totale du poignet en flexion et en extension. L'extension des MCP est limitée à 30° et les IP sont en rectitude. L'attelle est mise en place 4 à 5 jours après une réparation tendineuse solide (au moins 4 brins). L'orthèse est portée de manière permanente.

La rééducation démarre au 4^{ème} ou 5^{ème} jour. Le pansement est changé et les conseils sont donnés au patient : il doit porter l'orthèse de manière permanente et il peut utiliser sa main sans force en excluant le doigt lésé. Il réalise une séance par semaine au centre de rééducation spécialisé et doit faire des exercices quotidiens :

- Mobilisations passives en extension et flexion totale pour assoupir le doigt
- Mobilisation active en flexion initiée par la flexion de l'IPD. La flexion totale en force est déconseillée au patient, les risques lui sont expliqués.



Figure n°30 : orthèse courte de Manchester

En 2013, elle compare les patients orthésés avec le poignet immobilisé en position neutre et ceux avec l'orthèse courte de Manchester. Elle remarque que les patients ayant le poignet libre montrent moins de flexions que les autres. Elle relève 2 ruptures pour 45 tendons dans le second groupe contre 3 ruptures pour 76 tendons dans le premier groupe.

Delaquaize et son équipe adoptent ce traitement pour réparations tendineuses à 4 brins des doigts longs en toutes zones, à l'Hôpital Universitaire de Genève (HUG). Ils y ajoutent un rappel maintenant les IP en extension et une cale dorsale nocturne, limitant l'extension du poignet (cf. figure n° 31).

Après une semaine en immobilisation classique, poignet neutre, le patient bénéficie du traitement de Manchester si ses capacités de compréhension et sa compliance aux premières séances sont jugés adéquats. Delaquaize insiste sur l'importance d'adapter le traitement aux capacités du patient, à sa lésion et à la chirurgie pratiquée.

La rééducation commence au 4^{ème} jour pour limiter le WOF créé par le complexe inflammation-œdème. Le

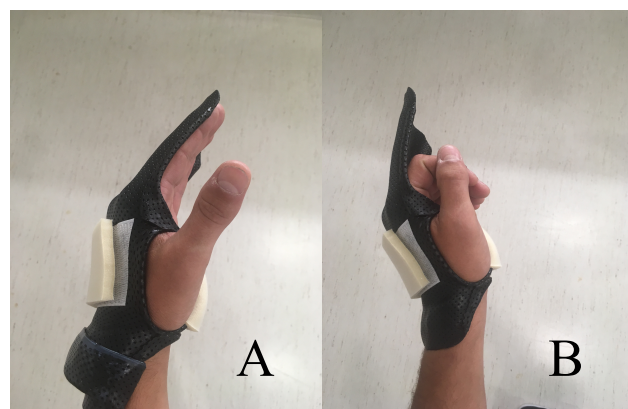


Figure n°31 : orthèse courte type HUG. Extension maximale de poignet avec la cale dorsale (A) et sans (B)

doigt est assoupi par des mobilisations passives totales. Le glissement tendineux est ensuite stimulé par des exercices de mobilisation synergiques du poignet. Ensuite à la manière du MFAP bordelais, les doigts adjacents sont maintenus en triple flexion pour permettre un placé-tenu du doigt lésé sans tension superflue. Puis quelques flexions actives initiées par l'IPD sont demandées. Enfin, pour les patients les plus « afférentés », il est demandé une flexion douce de l'IPD en bloquant l'IPP.

Lalonde (83) s'inspire également de Peck dans son protocole Saint-James. La chirurgie sous WALANT, décrite précédemment, lui permet de vérifier que sa suture est solide et n'augmente pas le WOF. Il préconise alors une immobilisation à 45° d'extension de poignet les 2 premières semaines puis une orthèse courte de type Manchester associée à la consigne : « Vous pouvez la bouger mais pas l'utiliser ! ».

Fujihara(116) réalise une analyse statistique sur 118 réparations tendineuses présentant des lésions associées comme des fractures ou des lésions du système extenseur. Malgré l'absence d'étude comparative, il décrit les bénéfices de l'utilisation des protocoles actifs pour la rééducation de ces lésions : 63% d'excellents et bons résultats selon les critères de Strickland.

Cette revue des pratiques n'est pas exhaustive. Elle nous montre que chaque équipe adapte son protocole post-opératoire en s'inspirant de la littérature et des progrès techniques.

Les différentes études sur les protocoles actifs (66)(91)(104)(105)(106)(108) (109) (111) rapportent entre 69 et 98% de bons et excellents résultats avec un taux de rupture secondaire de 0 à 18%.

La critique principale aux protocoles actifs est le risque de rupture secondaire mais les études (99)(117) ne montrent pas de différences significatives entre les protocoles actifs et les protocoles passifs.

De plus, une étude (112) révèle que la récupération fonctionnelle est plus rapide lors de la mobilisation active précoce que lors des mobilisations passives ou semi-actives.

50 ans après les premières descriptions de mobilisations actives précoces, le protocole passif de Duran reste le plus utilisé en France et en Suisse par les rééducateurs spécialisés(60) (cf. figure n°32), seulement 48,9% des chirurgiens spécialisés prescrivent un protocole de rééducation active.

Pourtant, la mobilisation active précoce sous couvert d'une suture solide (au moins 4 brins avec surjet périphérique) est la technique la plus plébiscitée actuellement par les auteurs (4)(58)(60)(72)(82)(91)(116)(118)(119)(120).

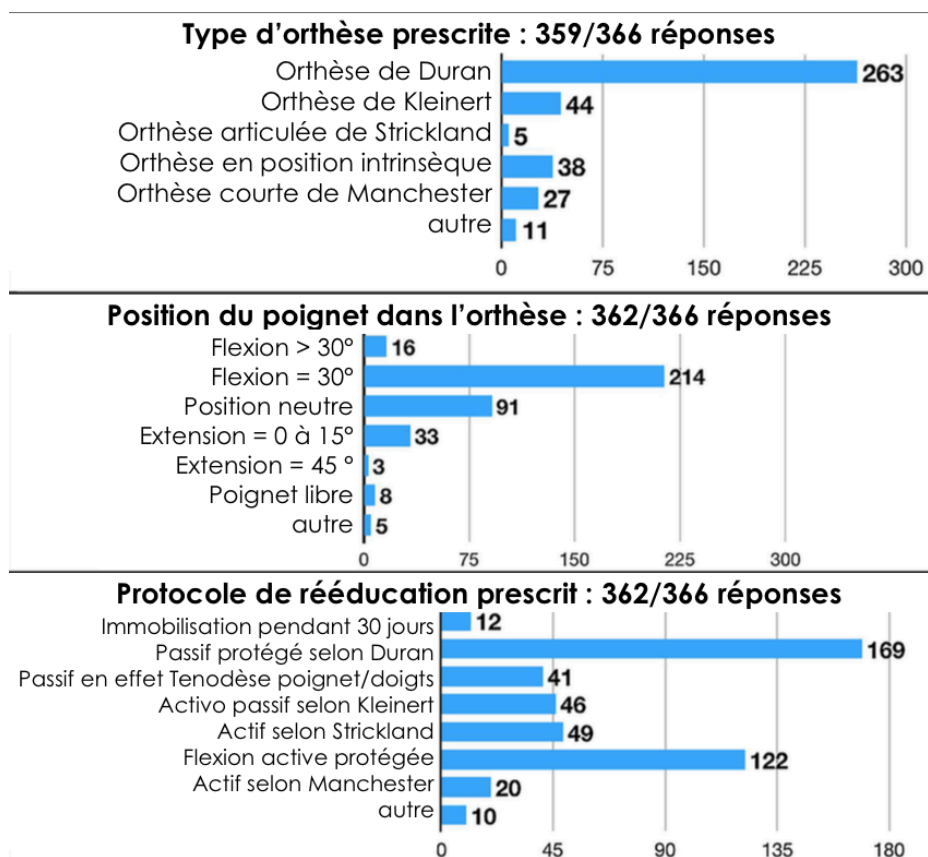


Figure n°32 : Statistiques issues du questionnaire GEMMSOR 2017 (Bigorre)

Cette hétérogénéité des pratiques dans la prise en charge des réparations de tendons fléchisseurs n'est pas en conformité avec les données de la littérature actuelle.

L'appréhension de la rupture secondaire semble freiner les équipes chirurgicales quant à l'utilisation des mobilisations actives précoces, notamment dans le cas des patients rééduqués en dehors des centres spécialisés.

Pour favoriser l'amélioration des résultats, il est important d'autonomiser précocement le patient quant à sa rééducation dès le début de la prise en charge par une séance d'éducation thérapeutique spécifique.

2.4. Education Thérapeutique du Patient (ETP)

Pour optimiser les résultats des réparations tendineuses, la chirurgie a progressé vers des sutures plus solides permettant aux rééducateurs de pratiquer une mobilisation tendineuse active précoce régulière qui favorise la physiologie cicatricielle du tendon. Ces résultats sont obtenus par la spécialisation des acteurs de soins.

Mais en bout de chaîne, le patient, qui n'est pas spécialisé, se retrouve seul. Il convient donc qu'il le devienne le plus rapidement, d'autant plus s'il habite loin du centre spécialisé.

Une chaîne n'a que la force de son maillon le plus faible.

L'éducation thérapeutique semble être une solution pour améliorer les résultats de l'ensemble des patients ayant bénéficié d'une réparation tendineuse, qu'ils soient suivis quotidiennement en centre spécialisé ou par un rééducateur de proximité quelques fois par semaine.

2.4.1. Définitions et objectifs

L'HAS définit l'éducation thérapeutique du patient (ETP) comme une démarche éducative qui repose sur la relation de soin par une approche structurée et qui accorde une place prépondérante au patient en tant qu'acteur de santé.

L'ETP a pour but l'acquisition et le maintien par le patient de compétences d'auto-soin (121):

- dites de sécurité qui visent à éviter les complications
- personnelles, cognitives et physiques permettant maîtriser leur traitement.

Face à l'évolution du système de santé vers les prises en charges de plus en plus ambulatoires, l'ETP s'impose progressivement comme le modèle d'apprentissage sécurisant le retour précoce à domicile.

De plus le développement de l'ETP redéfinit le rôle du patient. Il devient acteur de son soin et n'est plus passif, bénéficiant d'une intervention.

Dans le cadre de la prise en charge des réparations de tendons fléchisseurs, l'ETP a pour but :

- de favoriser l'auto-mobilisation pluriquotidienne pour améliorer les résultats,
- de minimiser les risques de ruptures liés à une utilisation inappropriée de la main lésée
- améliorer l'observance du traitement (orthèse et rééducation)

2.4.2. Les principaux modèles pédagogiques

« La pédagogie est l'ensemble des méthodes dont l'objet est d'assurer l'adaptation réciproque d'un contenu de formation et des individus à former » (122)

Différents modèles pédagogiques existent pour aborder le patient et mettre en place l'ETP (121,123) :

Pédagogie classique, ou frontale : imitant le modèle universitaire, cette pédagogie est basée sur la communication, le décodage puis la mémorisation. Le soignant transmet frontalement ce qu'il sait au patient. Il s'appuie souvent sur des outils pédagogiques comme des films, schémas ou photos.

Ce modèle est jugé délicat d'utilisation (121) car il nécessite que le soignant et le patient aient le même objectif, le même langage et la même manière de raisonner. Or il existe souvent un décalage entre le patient et le savoir médical ce qui diminue la compréhension du patient et sa compliance.

Ce modèle implique que le soignant adapte son langage et son mode de raisonnement au patient. Le soignant et le patient doivent avoir le même objectif.

Pédagogie comportementale ou behavioriste : ce modèle repose sur le conditionnement du patient. L'apprentissage s'effectue par une modification du comportement sur le long terme. Le soignant accompagne le patient dans son environnement et oriente son comportement par des stimuli positifs ou négatifs.

Ce modèle est efficace pour apprendre les gestes techniques et réflexes de santé mais nécessite un long temps d'apprentissage.

Pédagogie constructiviste : Le patient construit progressivement son savoir en travaillant avec d'autres par le biais d'expressions et d'activités. Il peut faire appel au tâtonnement (incluant le droit à l'erreur) et à l'investigation (projet, défi). Cet apprentissage est centré sur le patient qui apprend par le vécu.

Ce modèle s'inspire des expériences et des conceptions du patient pour favoriser un apprentissage déjà en place et stimuler la motivation. Il convient parfaitement dans le cadre des maladies chroniques.

En ce qui concerne les réparations de tendons fléchisseurs et dans le cas d'un retour à domicile précoce, le modèle pédagogique le plus adapté est le modèle classique car il permet un apprentissage rapide. Le soignant doit alors adapter son langage, son mode de raisonnement voire son protocole de rééducation au patient.

Dans le cas d'une prise en charge spécialisée en centre de rééducation ou en hospitalisation complète, il est intéressant d'utiliser dans un second temps le modèle comportemental, plus efficace à long terme.

2.4.3. Outils pédagogiques

Dans ses expériences, Hagan (124) annonce : « Nous nous souvenons de 10% de ce que nous lisons, 20% de ce que nous entendons , 30% de ce que nous voyons, 50% de ce que nous voyons et entendons à la fois, 80% de ce que nous disons et 90% de ce que nous disons et faisons à la fois. »

Il paraît donc important de multiplier les modes d 'interactions avec le patient en utilisant différents outils pédagogiques pour favoriser l'éducation thérapeutique du patient.

Les outils pédagogiques les plus utilisés sont les brochures et les vidéos (DVD ou internet).

Plusieurs études (125,126) ont tenté de montrer une amélioration des résultats en rééducation de la main par l'utilisation de DVD, de brochures et d'instructions personnalisées. Les résultats n'ont pas permis de conclure que ces outils étaient bénéfiques à la rééducation. Cependant les auteurs relèvent que l'utilisation des outils pédagogiques n'entraînent pas de baisse des résultats et préconisent donc leur utilisation dans les zones rurales pour potentiellement améliorer la compliance et la récupération.

Gremaux (127) étudie les bénéfices de l'utilisation d'internet dans l'éducation thérapeutique du patient en rééducations diverses. L'analyse de 39 études sélectionnées sur une période de 19 ans montre une efficacité de l'utilisation d'internet dans les programmes d'éducation thérapeutique du patient.

Dans le cadre de l'éducation thérapeutique du patient à l'auto-mobilisation précoce, il est important d'utiliser les outils pédagogiques. Dans un premier temps utilisés comme supports explicatifs lors de la séance d' ETP, ils peuvent ensuite être consultés lors des auto-mobilisations comme rappels. Ils peuvent également servir au thérapeute de proximité en cas de doute ou de désaccord avec le patient.

Lors de la séance d'ETP au SOS main de la clinique de l'Union, notre équipe utilise :

- Un doigt modélisant le système fléchisseur extrinsèque en zones 1 et 2 (cf. figure n°33). Ce modèle nous permet d'expliquer l'anatomie et la biomécanique au patient.
- Une brochure expliquant les auto-mobilisations et les gestes déconseillés (cf. annexe n°III)
- Le portable du patient pour réaliser une vidéo d'une séance entière d'auto-mobilisation. Le patient réalise les mobilisations seul pendant que le rééducateur filme et commente les mouvement stipulant le plus d'informations possibles dans la bande son de la vidéo.

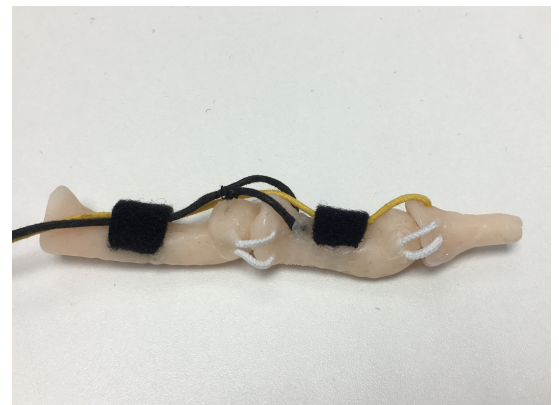


Figure n°33 : doigt modélisé utilisé par l'équipe de la clinique de l'Union

2.4.4.Observance (128)

Il s'agit de la capacité du patient à suivre les recommandations thérapeutiques du professionnel de santé.

Groth(130) décrit l'observance comme la variable la moins contrôlable dans le une prise en charge opératoire de la main. En 1992, il étudie les résultats de doigts en maillet en fonction de la compliance du patient. Il montre alors que l'observance du patient est le premier facteur de réussite.

Il recommande d'intégrer un programme d'auto-rééducation dans les habitudes de vie et d'insister sur les mouvements déconseillés tout en montrant les gestes autorisés. Il préconise des mouvements autonomes simples et peu nombreux appris par répétition et démonstration. Il suggère de maintenir la communication entre les équipes de soins et le patient pour un meilleur suivi.

Sandford(129) s'intéresse en 2008 à l'observance des patient opéré d'une section de tendon fléchisseur vis à vis du port de l'orthèse. Il constate que plus de 67% des patients ont retiré leur orthèse lors des 4 premières semaines. Plus étonnant, 25 % des ces patients non compliants l'ont retiré tous les jours au moins une heure.

Les raisons fréquentes de retrait sont la toilette, l'habillage et l'inconfort.

Ainsi, il me semble important d'insister lors de l'éducation thérapeutique du patient sur les gestes déconseillés sans interdire totalement l'utilisation de la main. Il est alors possible en discutant d'adapter certains gestes du quotidien du patient pour les rendre moins dangereux.

L'équipe de Manchester explique par exemple au patient comment toucher un écran tactile avec le doigt sain le plus éloigné du doigt lésé ou comment ouvrir une bouteille d'eau en la bloquant contre le corps avec l'avant-bras du coté lésé.

Essery (131) étudie les facteurs favorisant l'observance à un protocole d'auto-rééducation. Il montre que l'intention de s'investir dans l'auto-rééducation, la motivation personnelle, les antécédents de bonne observance et le soutien familial sont des facteurs prédictifs forts à l'observance d'un protocole d'auto-rééducation.

La communication et l'échange sont les bases de l'ETP. Ils permettent de favoriser le lien patient-soignant et ainsi d'optimiser la compliance et la compréhension du patient.

Une relation de confiance doit être établie en consacrant du temps lors de la séance d'ETP et en restant disponible tout au long de la rééducation.

3. Etude du SOS mains de la clinique de l'Union

Actuellement, la littérature préconise une suture solide (au moins 4 brins) suivie d'une rééducation active précoce protégée pluriquotidienne.

Une rééducation spécialisée est souvent possible dans les grandes villes équipées de centres spécialisés de la main. Dans les zones rurales, les patients bénéficient de rééducation de proximité plus ou moins adaptée qui, après discussions avec différentes équipes, montre des résultats extrêmes dans les deux sens.

Cette étude vise à proposer un protocole de rééducation active protégée autonome aux patients habitants en zone rurale qui n'y avaient pas accès jusqu'alors.

Le but de l'étude est de montrer que l'ETP permet d'obtenir des résultats similaires entre les patients suivis par des rééducateurs de proximité et par des rééducateurs spécialisés.

3.1.Méthode

Les patients inclus bénéficient d'une réparation simple ou multiple de tendons fléchisseurs, qu'importe la zone. Les patients atteints de lésions vasculo-nerveuses associées sont inclus. Les enfants de plus de 10 ans le sont aussi.

Sont exclues les réparations secondaires, les greffes, les fractures associées, les lésions du flexor pollicis longus.

Aucune sélection de patient en fonction des capacités de compréhension et de compliance au protocole n'est effectuée.

Les patients sont divisés en 2 groupes selon le lieu de rééducation suivi. Les patients du groupe 1 sont suivis par un rééducateur de proximité indépendant du SOS main et les patients du groupe 2 sont suivis par les rééducateurs du SOS main.

Technique opératoire

Les réparations tendineuses sont réalisées par différents chirurgiens spécialistes de la main. Le type de suture est variable mais solide (au moins 4 brins, ancre ou pull out). Une libération des poulies est effectuée suivi d'un test d'extension-flexion décrit par Tang(64).

Procédure post-opératoire

Au 5^{ème} jour, le patient vient à la clinique de l'Union. Chaque étape est l'occasion d'expliquer les principes de la prise en charge de la pathologie :

- ⇒ un pansement léger et permettant la mobilisation libre des articulations est confectionné
- ⇒ l'immobilisation de bloc est remplacée par une orthèse amovible immobilisant le poignet en position neutre, les MP à 60° de flexion et les IP en rectitude. La bande

bloquant les IP est élastique. Elle est posée en détente pour permettre les flexions involontaires des doigts sans résistance.

- ⇒ Une première séance de rééducation est réalisée. Elle associe drainage, mobilisations passives totales en flexion et extensions, puis extensions actives et enfin flexions actives dans les secteurs confortables.
- ⇒ Une séance d'ETP et d'explications des auto-mobilisations termine la séance.
 - Explications des principes biomécaniques à l'aide d'une maquette anatomique de doigt (cf. figure n°32).
 - Explications des exercices d'auto-rééducation au patient qui lui seront rappelés par une brochure explicative (cf. annexe n°III).
 - Réalisation d'une vidéo, sur le téléphone portable du patient, d'une séance d'auto-mobilisation faite par le patient et commentée par le rééducateur
 - Discussion autour des activités réalisables par le patient. Il lui est par exemple déconseillé de conduire, autorisé d'utiliser le tactile du portable avec les doigts non lésés.

Protocole d'auto-mobilisation

Il est conseillé au patient de réaliser 2 à 3 séances de rééducation par semaine chez un kinésithérapeute près de chez lui et de réaliser des exercices d'auto-mobilisation toutes les deux heures sauf la nuit.

Le protocole d'auto-mobilisation est inspiré du protocole d'Elliot et Giesen (72). Le patient commence par des mobilisations passives totales en flexion de chaque doigt. Puis il effectue 10 extensions actives totales, MP bloquées à 80°. Enfin, plaçant sa main saine dans la paume de la main lésée, il effectue 10 flexions actives vers le premier doigt de la main saine la première semaine, le second la deuxième semaine, etc.

La flexion digitale est initiée par une flexion de l'IPD pour favoriser le glissement FDS/FDP.

L'équipe de rééducation se tient à disposition du patient et de son rééducateur de proximité à n'importe quel moment de son traitement.

Le patient retire l'orthèse à la 6^{ème} semaine lors de la consultation chirurgicale. Il reprend alors progressivement l'utilisation de sa main en continuant la rééducation jusqu'à la 12^{ème} semaine où il est évalué.

3.2.Résultats

L'étude relève les résultats de 41 doigts pris en charge entre février 2018 et avril 2019. 3 patients ont été « perdu de vue » et n'apparaissent donc pas dans les statistiques. Seul un patient montre une lésion sur 2 doigts.

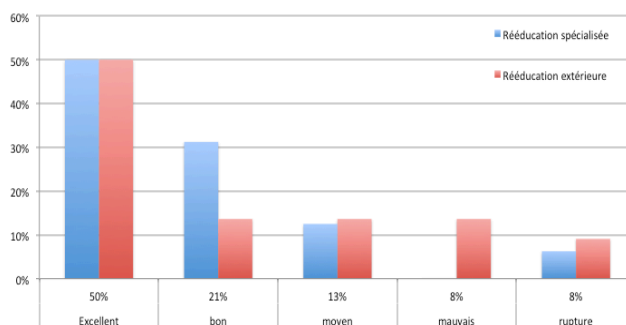
- 22 patients ont été rééduqués à l'extérieur du SOS contre 16 au SOS main
- 16% des patients étaient des femmes contre 82% d'hommes
- 3 patients ont développé un SDR, diagnostiqué par le chirurgien lors de la visite de contrôle,

Les résultats sont mesurés selon les critères de Strickland modifiés (cf. annexe I) à la 12^{ème} semaine. Les patients habitant trop loin du SOS main réalisent des photos de leur main.

Il leur est demandé de reproduire les positions préalablement envoyées en actif. La mesure est alors réalisée sur des photos agrandies.

Les patients du groupe 1 (rouge) montrent 64% de bons et excellents résultats pour 9% de ruptures

Les patients du groupe 2 (bleu) montrent 81% de bons et excellents résultats pour 6% de rupture.



Au total, les chiffres montrent 71% de bons et excellents pour 8% de ruptures.

Cette différence de résultats ne nous permet pas de montrer que la mise en place d'une séance d'ETP introduisant un protocole d'auto-mobilisation actif homogénéise les résultats entre les groupes 1 et 2.

3.3.Discussion

La prise en charge des lésions des tendons fléchisseurs reste un sujet très controversé en chirurgie de la main. Les 70 dernières années ont vu l'amélioration des techniques opératoires et l'évolution des dogmes post-opératoires.

Ainsi, l'immobilisation a laissé place à la mobilisation précoce de plus en plus active.

Cependant la plupart des études et des avancées se font dans les centres spécialisés avec des patients ayant la possibilité de se rendre quotidiennement ou hebdomadairement en rééducation spécialisée. Est-il possible de faire bénéficier aux patients habitants en zone rurale d'une rééducation active précoce, suivie par un rééducateur de proximité en obtenant les mêmes résultats que les patients ayant suivis le même protocole en centre spécialisé ?

Cette étude vise à montrer que l'utilisation de l'ETP dans la mise en place d'un protocole de rééducation actif précoce protégé autonome permet d'homogénéiser les résultats entre les patients suivis en rééducation de proximité et ceux suivis en rééducation spécialisée.

Les chiffres ne montrent pas d'homogénéité des résultats. On observe, dans notre structure, une différence de résultats entre les patients suivis par le SOS main (81% de bons et excellents résultats pour 6% de ruptures) et ceux suivis par leur rééducateur de proximité (64% de bons et excellents résultats pour 9% de ruptures), malgré la mise en place d'une éducation thérapeutique du patient systématique et précoce.

Prenons un peu de recul pour comparer ces résultats avec les résultats de la littérature. Les différentes études avancent entre 69 et 98% de bons et excellents résultats pour moins de 18% de taux de rupture.

Cependant, très peu de ces études ont évalué les résultats des patients suivis par un rééducateur non spécialisé. Ceux(132) ayant tenté un protocole autonome sans suivi spécialisé ont exclus les patients jugés incapables de réaliser l'auto-rééducation.

Or l'étude proposée ici montre un taux de rupture dans les normes de la littérature sans aucune sélection préalable des patients. La rééducation semi-autonome et non spécialisée n'est donc pas plus pourvoyeuse de rupture. Par contre, la proportion moins grande de bons et excellents résultats démontre qu'elle est plus pourvoyeuse d'adhérence et de flexions.

La date de réalisation du bilan est également importante. Les résultats fonctionnels d'une réparation tendineuse évoluent pendant 6 mois voire 1 an. Pour des questions de temps, les bilans de cette étude ont été réalisés à la 12^{ème} semaine post-opératoire.

De plus, nous ne possédons pas d'étude comparative montrant les résultats d'un protocole actif précoce proposé autonome sans ETP.

Les statistiques annexes de cette étude (cf annexe n°II) montrent également que les patients fumeurs développent de bien meilleurs résultats (79% de bons et excellents résultats avec 5% de rupture) que les patients non fumeurs (59% de bons et excellents résultats avec 12% de rupture). Cette donnée est contraire aux connaissances scientifiques actuelles.

L'ensemble des chiffres obtenus est à relativiser en raison de la faible population observée.

L'auto-mobilisation active précoce initiée par une séance d'éducation thérapeutique du patient reste à mon sens importante dans la prise en charge d'une réparation de tendon fléchisseur. Elle permet de préparer le patient vers le retour à domicile et sa rééducation de proximité.

4. Conclusion

La réussite de la prise en charge des lésions des tendons fléchisseurs dépend de multiples de facteurs. Les innovations techniques et la spécialisation des équipes chirurgicales et rééducatives permettent aujourd'hui de réaliser une suture solide autorisant la mobilisation active précoce, comme le préconise la littérature.

Le patient est un acteur de soins à ne pas négliger, il est le seul à pouvoir mettre en œuvre pluriquotidiennement les mobilisations actives précoces.

L'évolution du système de santé vers la centralisation des spécialités dans les grandes villes, et vers le retour à domicile précoce, implique une autonomisation rapide du patient. Il doit être informé des principes de la chirurgie dont il a bénéficié et préparé à l'auto-rééducation qu'il va devoir suivre avec compliance.

L'ETP est une piste pour permettre aux patients suivis en rééducation de proximité d'optimiser leurs résultats.

Cette étude ne permet pas de montrer pas que l'ETP homogénéise les résultats entre les patients suivis en rééducation de proximité et ceux suivis en rééducation spécialisée.

Cependant, elle confirme que l'ETP associé à un protocole de mobilisation active précoce autonome permet de diminuer le nombre de séances spécialisées à 3 par semaine en gardant des résultats similaires à ceux fournis par la littérature.

Il me semble que l'ETP reste un maillon important de la chaîne de soin, quelque soit le suivi rééducatif, actif ou non, spécialisé ou non, pour améliorer l'apprentissage, la compliance et favoriser le lien de confiance entre l'équipe soignante spécialisée et le patient.

Les outils pédagogiques, bien que n'ayant pas prouvé leurs effets, doivent être utilisés au maximum pour améliorer la compréhension et la collaboration du patient et in fine le résultat fonctionnel.

La réalisation de ce travail m'a permis d'expérimenter la rigueur nécessaire à l'étude statistique et d'aborder en profondeur un sujet passionnant dont les avancées semblent perpétuelles.

Bibliographie

1. Le règlement intérieur | FESUM [Internet]. [cité 30 janv 2019]. Disponible sur: <http://www.fesum.fr/reglement-interieur-de-la-fesum>
2. Boutan M, Thomas D, Céli er S, Casoli V, Moutet F. R education de la main et du poignet. Elsevier Masson. 2013.
3. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur. 2 eme. Masson;
4. Delaquaize, François A. Tendons fléchisseurs en zone II: Réparation et r education. Méthodes actuelles et évolution des idées. Grenoble; 2003.
5. Bonnel F. Anatomie des muscles interosseux et lombricaux de la main. Ann Chir Main. janv 1983;2(2):172-8.
6. Revol M, Servant J-M. Paralyse des muscles intrinsèques des doigts longs. Chir Main. févr 2008;27(1):1-11.
7. Boutan M, Casoli V. Mains et préhensions entre fonctions et anatomie. sauramps médical; 2005.
8. Moutet F, Corcella D, Forli A, Mesquida V. Une histoire de la réparation des tendons fléchisseurs. Chir Main. déc 2014;33:S2-12.
9. Verdan C, Michon J. Le traitement des plaies des tendons des fléchisseurs des doigts. Rev Chir Orthopédique Réparatrice Appar Locomoteur. 1961;47.
10. Tang JB. Indications, Methods, Postoperative Motion and Outcome Evaluation of Primary Flexor Tendon Repairs in Zone 2. J Hand Surg Eur Vol. avr 2007;32(2):118-29.
11. TANG JB. Flexor Tendon Repair in Zone 2C. J Hand Surg. 1994;19(1):72-5.
12. Moutet F, Lebrun C, Tourne Y. La réparation des tendons fléchisseurs. 1988;6.
13. Doyle JR. Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg. juill 1988;13(4):473-84.
14. Mamane W, Silvera J, Vuillemin V, Masm jean E. Panaris et phlegmons des gaines des tendons fléchisseurs des doigts. :16.
15. Mayer L. The physiological method of tendon transplantation. Berlin: Springer; 1916.
16. Allan CH. Flexor Tendons: Anatomy and Surgical Approaches. Hand Clin. mai 2005;21(2):151-7.
17. Doyle JR. Palmar and Digital Flexor Tendon Pulleys: Clin Orthop. f evr 2001;383:84-96.
18. Moutet F. Les poulies de l'appareil fléchisseur : anatomie, pathologies, traitement Flexor tendon pulley system: anatomy, pathology, treatment. Chir Main. 2003;12.
19. Manske P, Lesker P. Palmar aponeurosis pulley. J Hand Surg. 1983;
20. Doyle JR. Anatomy and function of the palmar aponeurosis pulley. J Hand Surg. janv 1990;15(1):78-82.
21. Schuind F, M Garcia-Elias, WP Cooney, AN K. Flexor tendon forces: in vivo measurements. ; J Hand Surg. 1992;17A:291-8.
22. Lin G-T, Amadio PC, An K-N, Cooney WP. Functional anatomy of the human digital flexor pulley system. J Hand Surg. nov 1989;14(6):949-56.
23. Mitsionis G, Fischer KJ, Bastidas JA, Grewal R, Pfaeffle HJ, Tomaino MM. Feasibility of Partial A2 and A4 Pulley Excision: Residual Pulley Strength. J Hand Surg. f evr 2000;25(1):90-4.

24. Manske P, Lesker P. Strength of human pulley. *The Hand*. 1977;(9):147–52.
25. Tubiana R. Greffes des tendons fléchisseurs. In: Tubiana R *Traité de chirurgie de la main*. Masson. Paris; 1986 p. 217–42.
26. Savage R. The Mechanical Effect of Partial Resection of the Digital Fibrous Flexor Sheath. *J Hand Surg*. août 1990;15(4):435–42.
27. Rispler D, Greenwald D, Shumway S, Allan C, Mass D. Efficiency of the flexor tendon pulley system in human cadaver hands. *J Hand Surg*. mai 1996;21(3):444–50.
28. Goodman HJ, Choueka J. Biomechanics of the Flexor Tendons. *Hand Clin*. mai 2005;21(2):129–49.
29. Boyer MI. Flexor Tendon Biology. *Hand Clin*. mai 2005;21(2):159–66.
30. Ritty TM, Roth R, Heuser JE. Tendon Cell Array Isolation Reveals a Previously Unknown Fibrillin-2-Containing Macromolecular Assembly. *Structure*. sept 2003;11(9):1179–88.
31. Kastelic J, Galeski A, Baer E. The Multicomposite Structure of Tendon. *Connect Tissue Res*. janv 1978;6(1):11–23.
32. Woo S, An K-N, Frank C. Anatomy, biology, and biomechanics of tendon and ligament. In: *Orthopaedic basic science*. 2ème. St Louis: Buckwalter JA, Einhorn TA, Simon SR, editors; 2000. (Américan academy of orthopaedic surgeons).
33. Guimberteau J-C, Delage J-P. Les tendons et le système de glissement multifibrillaire. *Ann Chir Plast Esthét*. oct 2012;57(5):467–81.
34. Merle M, Jager T. Lésions des tendons fléchisseurs. In: *Chirurgie de la main L'urgence*. 4ème. Elsevier Masson; 2016. p. 309–48.
35. Lundborg G, Myrhage R, Rydevik B. The vascularization of human flexor tendons within the digital synovial sheath region—structural and functional aspects. *J Hand Surg*. nov 1977;2(6):417–27.
36. Ochiai N, Matsui T, Miyaji N, Merklin RJ, Hunter JM. Vascular anatomy of flexor tendons. I. Vincular system and blood supply of the profundus tendon in the digital sheath. *J Hand Surg*. juill 1979;4(4):321–30.
37. Wavreille G, Fontaine C. Tendon normal : anatomie, physiologie. EMC - Appar Locomoteur. janv 2008;3(3):1–11.
38. Leversedge FJ, Ditsios K, Goldfarb CA, Silva MJ, Gelberman RH, Boyer MI. Vascular anatomy of the human flexor digitorum profundus tendon insertion. *J Hand Surg*. sept 2002;27(5):806–12.
39. Gelberman RH, Manske PR, Akeson WH, Woo SL-Y, Lundborg G, Amiel D. Flexor tendon repair. *J Orthop Res*. 1986;4(1):119–28.
40. Weber ER. La réparation des tendons fléchisseurs dans le canal digital : Rôle nutritionnel du liquide synovial. In: *Traité de chirurgie de la main*. Paris: Masson; 1986. p. 217–42.
41. Lundborg G, Rank F. Experimental intrinsic healing of flexor tendons based upon synovial fluid nutrition. *J Hand Surg*. janv 1978;3(1):21–31.
42. Guimberteau JC, Sentucq-Rigall J, Panconi B, Boileau R, Mouton P, Bakhach J. Introduction à la connaissance du glissement des structures sous-cutanées humaines. *Ann Chir Plast Esthét*. févr 2005;50(1):19–34.
43. Bunnell S. *Surgery of the Hand*. Philadelphia: JB Lippincott; 1944.
44. Lundborg G. Experimental flexor tendon healing without adhesion formation — A

new concept of tendon nutrition and intrinsic healing mechanisms A preliminary report. *Hand*. oct 1976;8(3):235-8.

45. Matthews P, Richards H. THE REPAIR REACTION OF FLEXOR TENDON WITHIN THE DIGITAL SHEATH. *The Hand*. 1975;7(1):3.
46. Strickland JW. Flexor tendons - Acute injuries. In: Green's operative hand surgery. 4ème. Pederson W.C; 1999. p. 1851-97.
47. Legrand A, Kaufman Y, Long C, Fox PM. Molecular Biology of Flexor Tendon Healing in Relation to Reduction of Tendon Adhesions. *J Hand Surg*. sept 2017;42(9):722-6.
48. Wu YF, Tang JB. Tendon Healing, Edema, and Resistance to Flexor Tendon Gliding. *Hand Clin*. mai 2013;29(2):167-78.
49. Kannus P, Józsa L, Natri A, Järvinen M. Effects of training, immobilization and remobilization on tendons. *Scand J Med Sci Sports*. 30 janv 2007;7(2):67-71.
50. Wong JKF, Lui YH, Kapacee Z, Kadler KE, Ferguson MWJ, McGrouther DA. The Cellular Biology of Flexor Tendon Adhesion Formation. *Am J Pathol*. nov 2009;175(5):1938-51.
51. Cao Y, Chen CH, Wu YF, Xu XF, Xie RG, Tang JB. Digital Oedema, Adhesion Formation and Resistance to Digital Motion after Primary Flexor Tendon Repair. *J Hand Surg Eur Vol*. déc 2008;33(6):745-52.
52. Lindsay W, Thomson H. Digital flexor tendons: an experimental study. The significance of each component of the flexor mechanism in tendon healing. *Br J Plast Surg*. 12^e éd. 1960;289-316.
53. Urbaniak JR, Cahill JD, Mortenson RA. Tendon suturing methods: analysis of tensile strengths. *Am Acad Orthop Surg Symp Tendon Surg Hand*. 1975;70-80.
54. Mason ML, Allen HS. The rate of healing, an experimental study of tensile strength. *Ann Surg*. 1941;113(3):424-59.
55. Hitchcock TF, Light TR, Bunch WH, Knight GW, Sartori MJ, Patwardhan AG, et al. The effect of immediate constrained digital motion on the strength of flexor tendon repairs in chickens. *J Hand Surg*. juill 1987;12(4):590-5.
56. Tanaka H, Manske PR, Pruitt DL, Larson BJ. Effect of cyclic tension on lacerated flexor tendons in vitro. *J Hand Surg*. mai 1995;20(3):467-73.
57. Kubota H, Manske PR, Aoki M, Pruitt DL, Larson BJ. Effect of motion and tension on injured flexor tendons in chickens. *J Hand Surg*. mai 1996;21(3):456-63.
58. Hsiao P-C, Yang S-Y, Ho C-H, Chou W, Lu S-R. The benefit of early rehabilitation following tendon repair of the hand: A population-based claims database analysis. *J Hand Ther*. janv 2015;28(1):20-6.
59. Halikis MN, Manske PR, Kubota H, Aoki M. Effect of immobilization, immediate mobilization, and delayed mobilization on the resistance to digital flexion using a tendon injury model. *J Hand Surg*. mai 1997;22(3):464-72.
60. Bigorre N, Delaquaize, François, Degez F, Célérier S. Réparation des tendons fléchisseurs en zone II. Tendances actuelles des pratiques: les bénéfices d'une liberté contrôlée. Résultats du questionnaire GEMMSOR 2017. *Hand Surg Rehabil*. oct 2018;37:281-8.
61. Wu YF, Tang JB. Recent developments in flexor tendon repair techniques and factors influencing strength of the tendon repair. *J Hand Surg Eur Vol*. janv 2014;39(1):6-19.
62. Viinikainen A, Go H, Huovinen K, Kelloma M, Rokkanen P. A COMPARATIVE

ANALYSIS OF THE BIOMECHANICAL BEHAVIOUR OF FIVE FLEXOR TENDON CORE SUTURES. 2004;29(6):8.

63. Chauhan A, Palmer BA, Merrell GA. Flexor Tendon Repairs: Techniques, Eponyms, and Evidence. *J Hand Surg.* sept 2014;39(9):1846-53.
64. Tang - 2018 - New Developments Are Improving Flexor Tendon Repair.pdf.
65. Barrie KA, Wolfe SW, Shean C, Shenbagamurthi D, Slade JF, Panjabi MM. A biomechanical comparison of multistrand flexor tendon repairs using an in situ testing model. *J Hand Surg.* mai 2000;25(3):499-506.
66. Elliot D, Giesen T. Primary Flexor Tendon Surgery. *Hand Clin.* mai 2013;29(2):191-206.
67. Edsfieldt S, Rempel D, Kursk K, Diao E, Lattanza L. In vivo flexor tendon forces generated during different rehabilitation exercises. *J Hand Surg Eur Vol.* sept 2015;40(7):705-10.
68. Kessler I. The "Grasping" Technique for Tendon Repair. *Hand.* juin 1973;5(3):253-5.
69. Pennington DG, Pennington DG. The Locking Loop Tendon Suture: *Plast Reconstr Surg.* mai 1979;63(5):648-52.
70. Chen J, Fang Wu Y, Xing SG, Jun Pan Z. Suture knots between tendon stumps may not benefit tendon repairs. *J Hand Surg Eur Vol.* nov 2018;43(9):1005-6.
71. Bernstein DT, Alexander JJ, Petersen NJ, Lambert BS, Noble PC, Netscher DT. The Impact of Suture Caliber and Looped Configurations on the Suture-Tendon Interface in Zone II Flexor Tendon Repair. *J Hand Surg.* févr 2019;44(2):156.e1-156.e8.
72. Giesen T, Calcagni M, Elliot D. Primary Flexor Tendon Repair with Early Active Motion. *Hand Clin.* août 2017;33(3):465-72.
73. Giesen T, Sirotakova M, Copsey AJ, Elliot D. Flexor pollicis longus primary repair: further experience with the tang technique and controlled active mobilization. *J Hand Surg Eur Vol.* déc 2009;34(6):758-61.
74. Wit T de, Walbeehm ET, Hovius SER, McGrouther DA. The mechanical interaction between three geometric types of nylon core suture and a running epitendon suture in repair of porcine flexor tendons. *J Hand Surg Eur Vol.* sept 2013;38(7):788-94.
75. Ben IK, Elliot D. "Venting" or Partial Lateral Release of the A2 and A4 Pulleys after Repair of Zone 2 Flexor Tendon Injuries. *J Hand Surg.* oct 1998;23(5):649-54.
76. Tang JB, Wang YH, Gu YT, Chen F. Effect of pulley integrity on excursions and work of flexion in healing flexor tendons. *J Hand Surg.* mars 2001;26(2):347-53.
77. Tang JB. Release of the A4 Pulley to Facilitate Zone II Flexor Tendon Repair. *J Hand Surg.* nov 2014;39(11):2300-7.
78. Mehta V, Phillips CS. Flexor Tendon Pulley Reconstruction. *Hand Clin.* mai 2005;21(2):245-51.
79. Saldana MJ, Ho PK, Lichtman DM, Chow JA, Dovel S, Thoms LJ. Flexor tendon repair and rehabilitation in zone II open sheath technique versus closed sheath technique. *J Hand Surg.* nov 1987;12(6):1110-4.
80. Hwang MD, Pettrone S, Trumble TE. Work of Flexion Related to Different Suture Materials After Flexor Digitorum Profundus and Flexor Digitorum Superficialis Tendon Repair in Zone II: A Biomechanical Study. *J Hand Surg.* avr 2009;34(4):700-4.
81. Geary MB, English C, Yaseen Z, Stanbury S, Awad H, Elfar JC. Flexor Digitorum Superficialis Repair Outside the A2 Pulley After Zone II Laceration: Gliding and

- Bowstringing. *J Hand Surg.* avr 2015;40(4):653-9.
82. Lalonde DH, Martin AL. Wide-awake Flexor Tendon Repair and Early Tendon Mobilization in Zones 1 and 2. *Hand Clin.* mai 2013;29(2):207-13.
83. Higgins A, Lalonde DH. Flexor Tendon Repair Postoperative Rehabilitation: The Saint John Protocol. :3.
84. SanteRhôneAlpes. Réseau Prévention Main - Rhône-Alpes Auvergne [Internet]. [cité 14 avr 2019]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=2o2yikQYx-0&fbclid=IwAR2Aa_EDkmRBBvIPyJBdAzZXrt3t3YatqvyISbFivM5CD5YcgCre0PvQQQM
85. Strickland JW, Glogovac SV. Digital function following flexor tendon repair in Zone II: A comparison of immobilization and controlled passive motion techniques. *J Hand Surg.* nov 1980;5(6):537-43.
86. Zhao C, Amadio PC, Momose T, Couvreur P, Zobitz M, AN K. Effect of synergistic wrist motion on adhesion formation after repair of partial flexor digitorum profundus tendon lacerations in a canine model. *J Bone Joint Surg* 2002. Vol 80-A. :78-84.
87. Strickland JW. Flexor Tendon Injuries: I. Foundations of Treatment: *J Am Acad Orthop Surg.* janv 1995;3(1):44-54.
88. Kleinert H.E. Réparations primitives des tendons fléchisseurs. In: Tubiana R *Traité de chirurgie de la main.* Paris: Masson; 1986. p. 198-205.
89. Young RES, Harmox JM. Repair of Tendon Injuries of the Hand*: *Ann Surg.* avr 1960;151(4):562-6.
90. Chow J, Thomes L, Dovel S, Monsivais J, Milnor W, Jackson J. Controlled motion rehabilitation after flexor tendon repair and grafting. A multi-centre study. *J Bone Joint Surg Br.* août 1988;70-B(4):591-5.
91. Moriya K, Yoshizu T, Tsubokawa N, Narisawa H, Matsuzawa S, Maki Y. Outcomes of flexor tendon repairs in zone 2 subzones with early active mobilization. *J Hand Surg Eur Vol.* nov 2017;42(9):896-902.
92. Schenck RR, Lenhart DE. Results of Zone II Flexor Tendon Lacerations in Civilians Treated by the Washington Regiment. :4.
93. Silfverskiöld KL, May EJ. / Flexor Tendon Repair in Zone II With / a New Suture Technique and an Early Mobilization Program Combining Passive and Active Flexion. :8.
94. Citron N, Forster A. Dynamic splinting following flexor tendon repair. *J Hand Surg J Br Soc Surg Hand.* févr 1987;12(1):96-100.
95. van Alphen JC, Oepkes CT, Bos KE. Activity of the extrinsic finger flexors during mobilization in the Kleinert splint. *J Hand Surg.* janv 1996;21(1):77-84.
96. Tropet Y. Plates Rdcertes et Simples des Tendons Fléchisseurs des Doigts en Zones I, II, III de Verdan Résultats de Réparations de 115 Plates chez 99 Patients. *Ann Chir.* :6.
97. Neiduski RL, Powell RK. Flexor tendon rehabilitation in the 21st century: A systematic review. *J Hand Ther.* déc 2018;S0894113017303174.
98. Prowse P, Nixon M, Constantinides J, Hunter J, Henry A, Feldberg L. Outcome of zone 2 flexor tendon injuries: Kleinert versus controlled active motion therapy regimens. *Hand Ther.* déc 2011;16(4):102-6.
99. Frueh FS, Kunz VS, Gravestock IJ, Held L, Haefeli M, Giovanoli P, et al. Primary Flexor Tendon Repair in Zones 1 and 2: Early Passive Mobilization Versus Controlled Active Motion. *J Hand Surg.* juill 2014;39(7):1344-50.

100. Güntürk ÖB, Kayalar M, Kaplan İ, Uludağ A, Özaksar K, Keleşoğlu B. Results of 4-strand modified Kessler core suture and epitendinous interlocking suture followed by modified Kleinert protocol for flexor tendon repairs in Zone 2. *Acta Orthop Traumatol Turc.* sept 2018;52(5):382-6.
101. Savage R. The influence of wrist position on the minimum force required for active movement of the interphalangeal joints. *J Hand Surg J Br Soc Surg Hand.* août 1988;13(3):262-8.
102. Coats RW, Echevarría-Oré JC, Mass DP. Acute Flexor Tendon Repairs in Zone II. *Hand Clin.* mai 2005;21(2):173-9.
103. Becker H, Orak F, Duponselle E. Early active motion following a beveled technique of flexor tendon repair: Report on fifty cases. *J Hand Surg.* sept 1979;4(5):454-60.
104. Small J, Brennen M, Colville J. Early active mobilisation following flexor tendon repair in zone 2. *J Hand Surg J Br Soc Surg Hand.* nov 1989;14(4):383-91.
105. Cullen K, Tolhurst P, Lang D, Page R. Flexor tendon repair in zone 2 followed by controlled active mobilisation. *J Hand Surg J Br Soc Surg Hand.* nov 1989;14(4):392-5.
106. Gratton P. Early Active Mobilization after Flexor Tendon Repairs. *J Hand Ther.* oct 1993;6(4):285-9.
107. Lee H. Double loop locking suture: A technique of tendon repair for early active mobilization Part II: Clinical experience. *J Hand Surg.* nov 1990;15(6):953-8.
108. Savage R, Risitano G. Flexor tendon repair using a "six strand" method of repair and early active mobilisation. *J Hand Surg J Br Soc Surg Hand.* nov 1989;14(4):396-9.
109. Elliot D, Moiemens NS, Flemming AFS, Harris SB, Foster AJ. The Rupture Rate of Acute Flexor Tendon Repairs Mobilized by the Controlled Active Motion Regimen. *J Hand Surg.* oct 1994;19(5):607-12.
110. Rouvillois A, Baudet J. Réflexions et propositions sur les techniques rééducatives postopératoires après réparation des lésions des tendons longs fléchisseurs des doigts. :6.
111. Tang JB, Zhou X, Pan ZJ, Qing J, Gong KT, Chen J. Strong Digital Flexor Tendon Repair, Extension-Flexion Test, and Early Active Flexion. *Hand Clin.* août 2017;33(3):455-63.
112. Rigó IZ, Haugstvedt J-R, Røkkum M. The effect of adding active flexion to modified Kleinert regime on outcomes for zone 1 to 3 flexor tendon repairs. A prospective randomized trial. *J Hand Surg Eur Vol.* nov 2017;42(9):920-9.
113. Peck F, Roe A, Ng C, Duff C, McGrouther D, Lees V. The Manchester short splint: A change to splinting practice in the rehabilitation of zone II flexor tendon repairs. *Hand Ther.* juin 2014;19(2):47-53.
114. Ng C, Peck F, Roe A, Duff CG, McGrouther DA, Lees VC. Rehabilitation Following Zone II Flexor Tendon Repairs: A Change to Splinting Practice Using the Manchester Short Splint. *J Hand Surg.* oct 2013;38(10):e35.
115. Cooney WP, Lin GT, An K-N. Improved tendon excursion following flexor tendon repair. *J Hand Ther.* avr 1989;2(2):102-6.
116. Fujihara Y, Ota H, Watanabe K. Utility of early active motion for flexor tendon repair with concomitant injuries: A multivariate analysis. *Injury.* déc 2018;49(12):2248-51.
117. Trumble TE, Vedder NB, Seiler JG, Hanel DP, Diao E, Pettrone S. Zone-II Flexor Tendon Repair: A Randomized Prospective Trial of Active Place-and-Hold Therapy Compared with Passive Motion Therapy: *J Bone Jt Surg-Am Vol.* juin 2010;92(6):1381-9.

118. Evans RB. Managing the Injured Tendon: Current Concepts. *J Hand Ther.* avr 2012;25(2):173-90.
119. Al-Qattan MM. Flexor tendon repair in zone III. *J Hand Surg Eur Vol.* janv 2011;36(1):48-52.
120. Athwal GS, Wolfe SW. Treatment of Acute Flexor Tendon Injury: Zones III-V. *Hand Clin.* mai 2005;21(2):181-6.
121. Giordan A. Éducation thérapeutique du patient : les grands modèles pédagogiques qui les sous-tendent. *Médecine Mal Métaboliques.* mai 2010;4(3):305-11.
122. PÉDAGOGIE : Définition de PÉDAGOGIE [Internet]. [cité 28 avr 2019]. Disponible sur: <http://www.cnrtl.fr/definition/p%C3%A9dagogie>
123. Anabelle G. Aider le patient à se prendre en main. [Dijon]: Institut de formation en Masso-Kinesithérapie de Dijon; 2017.
124. Hagan L. Eduquer pour maîtriser l'asthme: principes et méthodes. In: *L'asthme: notions de base- éducation - intervention.* Ottawa: les presses de l'université de Laval; 1997.
125. Kingston G, Gray MA, Williams G. A critical review of the evidence on the use of videotapes or DVD to promote patient compliance with home programmes. *Disabil Rehabil Assist Technol.* mai 2010;5(3):153-63.
126. Kingston GA, Williams G, Gray MA, Judd J. Does a DVD improve compliance with home exercise programs for people who have sustained a traumatic hand injury? Results of a feasibility study. *Disabil Rehabil Assist Technol.* mai 2014;9(3):188-94.
127. Gremeaux V, Coudeyre E. The Internet and the therapeutic education of patients: A systematic review of the literature. *Ann Phys Rehabil Med.* déc 2010;53(10):669-92.
128. Postel-Vinay N, Ménard J. Observance en pratique médicale courante. In: *La relation médecin-malade.* Paris: Elsevier; 2004.
129. Sandford F, Barlow N, Lewis J. A Study to Examine Patient Adherence to Wearing 24-Hour Forearm Thermoplastic Splints after Tendon Repairs. *J Hand Ther.* janv 2008;21(1):44-53.
130. Groth GN, Wulf MB. Compliance with Hand Rehabilitation. *J Hand Ther.* janv 1995;8(1):18-22.
131. Essery R, Geraghty AWA, Kirby S, Yardley L. Predictors of adherence to home-based physical therapies: a systematic review. *Disabil Rehabil.* 13 mars 2017;39(6):519-34.
132. Sanmartín-Fernández M, Fernández-Bran B, Couceiro-Otero J. Home-based rehabilitation in the postoperative treatment of flexor tendon repair. *Rev Esp Cir Ortopédica Traumatol Engl Ed.* juill 2017;61(4):224-32.
133. Rouzaud J, Chammas M, Allieu Y. Evaluation de la fonction des tendons fléchisseurs et extenseurs à la main. *Les feuillets du GEMMSOR;* 2002.
134. Romain M, Allieu Y. Bilan de la fonction des tendons fléchisseurs et extenseurs de la main. *Ann Chir Main Memb Supér.* janv 1998;17(3):259-65.
135. Lister GD, Kleinert HE, Kutz JE, Atasoy E. Primary flexor tendon repair followed by immediate controlled mobilization. *J Hand Surg.* nov 1977;2(6):441-51.

Iconographie

- 1 : Livre blanc - Etat des lieux des urgences de la main en France; FESUM; 2018
- 2 : Zones de Verdan et Michon : Allan CH. Flexor Tendons: Anatomy and Surgical Approaches. *Hand Clin.* mai 2005;21(2):151-7.
- 3 : Subdivisions de la zone 2 : Sanmartín-Fernández M, Fernández-Bran B, Couceiro-Otero J. Home-based rehabilitation in the postoperative treatment of flexor tendon repair. *Rev Esp Cir Ortopédica Traumatol Engl Ed.* juill 2017;61(4):224-32.
- 4 : Gaines synoviales de la main : traduit de : Allan CH. Flexor Tendons: Anatomy and Surgical Approaches. *Hand Clin.* mai 2005;21(2):151-7.
- 5 : Les poulies : Doyle JR. Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. *J Hand Surg.* juill 1988;13(4):473-84.
- 6 : Phénomène de corde d'arc en fonction de poulies sectionnées : Tubiana R. Greffes des tendons fléchisseurs. In: Tubiana R *Traité de chirurgie de la main.* Masson. 1986 Paris; p. 217-42.
- 7 : Micro-architecture tendineuse : traduit de : Goodman HJ, Choueka J. Biomechanics of the Flexor Tendons. *Hand Clin.* mai 2005;21(2):129-49.
- 8 : Courbe déformation contrainte tendineuse : Wavreille G, Fontaine C. Tendon normal : anatomie, physiologie. *EMC - Appar Locomoteur.* janv 2008;3(3):1-11.
- 9 : Réponse tendineuse à la mise en charge répétitive : traduit de : Woo S, An K-N, Frank C. Anatomy, biology, and biomechanics of tendon and ligament. In: *Orthopaedic basic science.* 2ème. St Louis: Buckwalter JA, Einhorn TA, Simon SR, editors; 2000. (American academy of orthopaedic surgeons).
- 10 : Vascularisation tendineuse dorsale : Lundborg G, Myrhage R, Rydevik B. The vascularization of human flexor tendons within the digital synovial sheath region—structural and functional aspects. *J Hand Surg.* nov 1977;2(6):417-27.
- 11 : Vascularisation tendineuse extrinsèque : traduit de : Coats RW, Echevarría-Oré JC, Mass DP. Acute Flexor Tendon Repairs in Zone II. *Hand Clin.* mai 2005;21(2):173-9.
- 12 : Zones avascularisées du FDS et du FDP : Lundborg G, Myrhage R, Rydevik B. The vascularization of human flexor tendons within the digital synovial sheath region—structural and functional aspects. *J Hand Surg.* nov 1977;2(6):417-27.

13 : Vascularisation d'origine osseuse : Leversedge FJ, Ditsios K, Goldfarb CA, Silva MJ, Gelberman RH, Boyer MI. Vascular anatomy of the human flexor digitorum profundus tendon insertion. *J Hand Surg.* sept 2002;27(5):806-12.

14 : Continuité tissulaire entre le système de glissement et la surface tendineuse : Guimberteau J-C, Delage J-P. Les tendons et le système de glissement multifibrillaire. *Ann Chir Plast Esthét.* oct 2012;57(5):467-81.

15 : Modélisation du MCDAS: Guimberteau JC, Sentucq-Rigall J, Panconi B, Boileau R, Mouton P, Bakhach J. Introduction à la connaissance du glissement des structures sous-cutanées humaines. *Ann Chir Plast Esthét.* févr 2005;50(1):19-34.

16 : Modélisation des mouvements permis par le MCDAS : Guimberteau JC, Sentucq-Rigall J, Panconi B, Boileau R, Mouton P, Bakhach J. Introduction à la connaissance du glissement des structures sous-cutanées humaines. *Ann Chir Plast Esthét.* févr 2005;50(1):19-34.

17 : Les trois phases de cicatrisation tendineuse : Traduit de : Beredjiklian P. Biologic aspects of flexor tendon laceration and repair. *Journal of Bone and Joint Surgery.* March 2005. 85 : 539-550

18 : Cicatrisation extrinsèque : Buckwalter JA – Effetcs of early motion on healing of musculoskeletal tissues. *Hand clinics* 1996, Vol 12, n°1 : 13-24

19 : Cicatrisation intrinsèque : Bunker TD, Potter B, Barton NJ – Continuous passive motion following flexor tendon repair. *J Hand Surgery* 1989, 14B : 406-411.

20 : WOF en fonction du temps pour chaque groupe : Halikis MN, Manske PR, Kubota H, Aoki M. Effect of immobilization, immediate mobilization, and delayed mobilization on the resistance to digital flexion using a tendon injury model. *J Hand Surg.* mai 1997;22(3): 464-72.

21 : Le WOF augmente de manière exponentielle avec la flexion digitale : Wu YF, Tang JB. Tendon Healing, Edema, and Resistance to Flexor Tendon Gliding. *Hand Clin.* mai 2013;29(2):167-78.

22 : Différents types de sutures : dessins personnels

23 : Technique du « no-button » : Elliot D, Giesen T. Primary Flexor Tendon Surgery. *Hand Clin.* mai 2013;29(2):191-206.

24 : Exemples de surjets périphériques : Strickland JW. Flexor tendons - Acute injuries. In: *Green's operative hand surgery.* 4ème. Pederson W.C; 1999. p. 1851-97.

25 : Différentes libération de poulies : Tang JB, Zhou X, Pan ZJ, Qing J, Gong KT, Chen J. Strong Digital Flexor Tendon Repair, Extension-Flexion Test, and Early Active Flexion. *Hand Clin.* août 2017;33(3):455-63.

26 : Confection d'un pansement limitant le WOF : photos réalisées dans le service de rééducation et d'orthèses de la clinique de l'Union.

27 : orthèse de Kleinert dans sa première version : Lister GD, Kleinert HE, Kutz JE, Atasoy E. Primary flexor tendon repair followed by immediate controlled mobilization. *J Hand Surg.* nov 1977;2(6):441-51.

28 : orthèse de Kleinert modifiée : Chow J, Thomes L, Dovel S, Monsivais J, Milnor W, Jackson J. Controlled motion rehabilitation after flexor tendon repair and grafting. A multi-centre study. *J Bone Joint Surg Br.* août 1988;70-B(4):591-5.

29 : Effet de ténodèse dans l'orthèse articulée de Strickland : Strickland JW. Flexor tendons - Acute injuries. In: *Green's operative hand surgery.* 4ème. Pederson W.C; 1999. p. 1851-97.

30 : orthèse courte de Manchester : Peck F, Roe A, Ng C, Duff C, McGrouther D, Lees V. The Manchester short splint: A change to splinting practice in the rehabilitation of zone II flexor tendon repairs. *Hand Ther.* juin 2014;19(2):47-53.

31 : Orthèse courte de type HUG, réalisée lors d'un stage au HUG auprès de François Delaquaize

32 : Statistiques issues du questionnaire GEMMSOR 2017 : Bigorre N, Delaquaize, François, Degez F, Célérier S. Réparation des tendons fléchisseurs en zone II. Tendances actuelles des pratiques: les bénéfices d'une liberté contrôlée. Résultats du questionnaire GEMMSOR 2017. *Hand Surg Rehabil.* oct 2018;37:281-8.

33 : doigt modélisé, photo réalisée dans le service de rééducation et d'orthèses de la clinique de l'Union.

Annexes

I. Méthodes d'évaluation des résultats (5),(133),(134),(135)

A. TAM –TPM

Le total active motion (TAM) et total passive motion (TPM) sont décrit en 1976 par le comité d'évaluation de la Société Américaine de chirurgie de la Main et approuvés au congrès de la société internationale en 1983.

La mesure correspond à la somme des flexions des MCP, IPP et IPD soustraites des déficits d'extensions de ces mêmes articulations. Le poignet doit être en position neutre. Le résultat est comparé au coté sain et permet d'établir un pourcentage.

Excellent	Bon	Moyen	Mauvais
100%	99% à 75%	75% à 50%	<50%

Cette méthode à l'avantage d'être rapide à mettre en place. Cependant elle ne mesure pas spécifiquement la fonction des fléchisseurs extrinsèques puisque les muscles intrinsèques sont fléchisseurs de la MCP.

B. Classification de Buck Gramcko

Décrite en 1976, elle tient compte de différents paramètres :

- Distance pulpe-paume
- Somme des flexions MCP et IP
- Déficit d'extension de la chaîne digitale
- TAM

Chaque paramètre est coté, donnant un résultat entre 0 et 15.

		Score
DPP/Flexion MCP + IPP =IPD	0 – 2,5 cm / >200°	6
	2,5 – 4 cm / >180°	4
	4 – 6 cm / >150°	2
	>6 cm / < 150°	0
Déficit d'extension	0° à 30°	3
	31° à 50°	2
	51° à 70°	1
	>70°	0
T.A.M	>160°	6
	>140°	4
	>120°	2
	<120°	0
Classification	Excellent	14 – 15
	Bon	11 -13
	Moyen	7- 10
	Mauvais	0 - 6

Cette méthode est longue à mettre en place et jugée trop optimiste. Plusieurs auteurs l'ont modifié à la baisse.

C. Méthode de Kleinert et Lister(135)

Décrite en 1977, elle prend en compte la distance pulpe-pli palmaire distale et la somme des déficits d'extension active des doigts. Les auteurs ne précisent pas la position du poignet lors des mesures.

		grade
Distance pulpe/pli palmaire distal	<1cm	I
	1cm - 1,5cm	II
	1,5 – 3 cm	III
Déficit d'extension active	<15°	I
	15°-30°	II
	30°-50°	III
Classification	Excellent Bon Moyen Mauvais	Grade le plus faible = I Grade le plus faible = II Grade le plus faible=III Inférieur a III

Cette méthode est peu utilisée actuellement par les auteurs

D. Classification de Strickland

Décrite en 1980, cette mesure correspond à la somme des flexions actives des IP soustraites des déficits d'extensions actif des mêmes IP. Il s'agit d'un TAM inter-phalangien. Strickland fixe à 175° la somme maximale des flexions actives des IP.

Strickland première version	TAM IP	% = TAM/175
Excellent	>150°	85% -100%
Bon	125° - 149°	70 – 84 %
Moyen	90 – 124°	50 – 69 %
Mauvais	< 90°	<50%

Strickland ne précise pas la position du poignet lors des mesures. La méthode a l'avantage d'évaluer uniquement la fonction des fléchisseurs extrinsèques.

Cette première classification a été modifiée par Strickland lui-même en 1985 car jugée trop sévère. Une nouvelle version plus optimiste est alors décrite, la méthode ne change pas, seule la classification évolue :

Strickland modifié	TAM IP	% = TAM/175
Excellent	>132°	75% -100%
Bon	88° - 131°	50 – 74 %
Moyen	44° – 187°	25 – 49 %
Mauvais	< 44°	<25%

Cette seconde version est la méthode retenue pour mesurer les résultats de cette étude. Il s'agit d'une technique simple, spécifique aux fléchisseurs extrinsèques.

La plus part des auteurs utilisent la classification de Strickland mais ne stipulent pas laquelle, ce qui complique la comparaison des résultats.

E. Méthode de Romain et Allieu (134)

Décrite en 1986, cette technique permet de faire apparaître l'effet de ténodèse et les adhérences du système fléchisseur. Les auteurs décrivent qu'une fonction des fléchisseurs normale doit permettre une extension des doigts lorsque le poignet est à 45° d'extension et un contact pulpe-pli palmaire distal lorsque le poignet est neutre.

Calcul flexion active : poignet en rectitude, MP stabilisées passivement à 90° de flexion, le patient fléchit les doigts et l'opérateur mesure la distance pulpe pli palmaire distal.

Calcul de l'extension passive : le poignet est placé à 45° d'extension et on calcule la somme des déficits d'extension passive des 3 articulations digitales.

		Excellent	Bon	Moyen	Mauvais
D.P-P.PD		< 1 cm	1 à 2cm	2 à 3 cm	> 3cm
Déficit d'extension	Zone 2	<15°	15 à 30°	30 à 45°	> 45°
	Zones 3 à 5	< 30°	30° à 60°	60° à 90°	> 90°

Cette méthode a l'avantage de prendre en compte les éventuels effets de Ténodèse mais reste moins utilisé par les auteurs à l'international.

F. Critères fonctionnels de Tang

En 2007, Tang décrit une nouvelle classification. Il se base sur 3 critères :

- TAM inter-phalangien en % de la main controlatérale
- Force de préhension : Cotée + si :
 - égale à la force de préhension main controlatérale non-dominante
 - >70% de la force de préhension de la main controlatérale dominante
- Qualité de la cinétique de flexion : jugé par observation « en fonction de la vitesse, de l'arc de flexion, de la coordination » en 4 cotations : excellent, bon, mauvais.

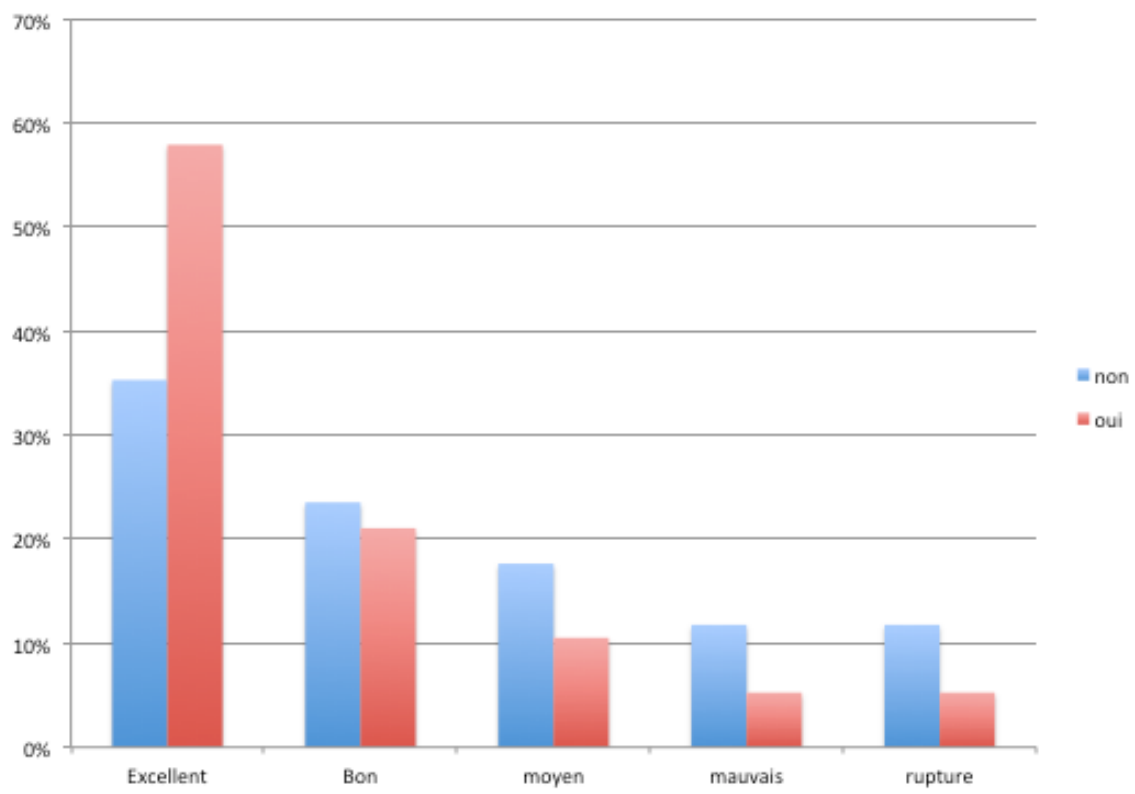
TAP IP en %	Force de préhension	Qualité de la cinétique de flexion	Résultat
90 - 100	+	Excellent ou bon	Excellent +
	-	mauvais	Excellent -
70 - 89	+	Excellent ou bon	Bon +
	-	mauvais	Bon -
50 – 69			Moyen
30 – 49			Mauvais
0 - 30			Echec

Cette nouvelle classification est plutôt complexe à utiliser. De plus elle relève d'une évaluation subjective pour la qualité de la cinétique de flexion ce qui la rend peu reproductible.

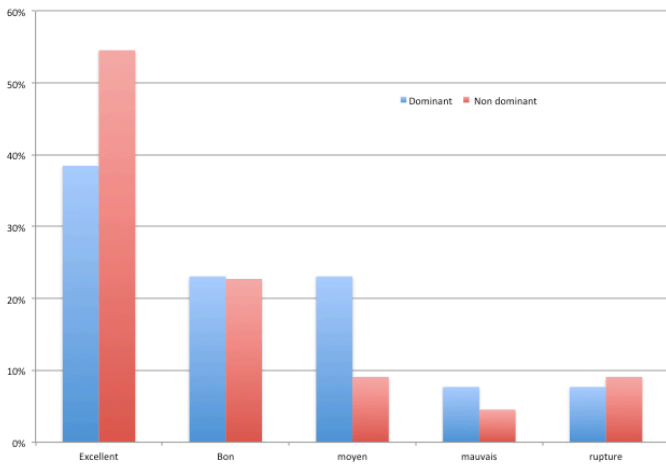
Elle est peu utilisée par la littérature.

II. Résultats annexes de l'étude

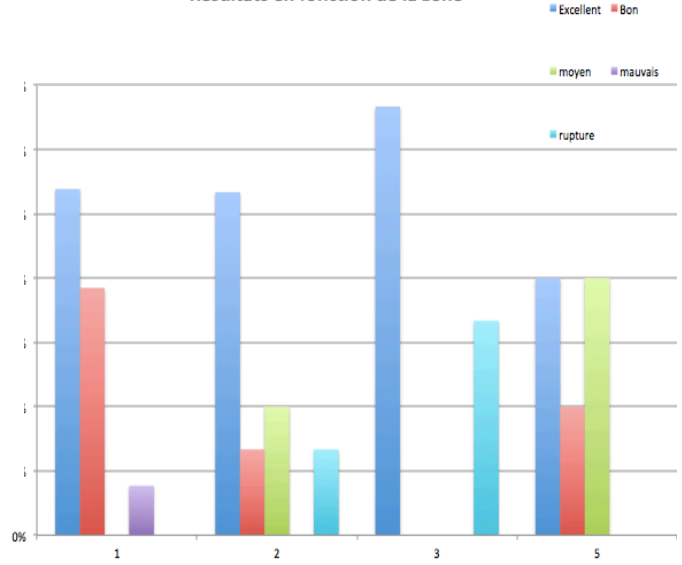
Résultats en fonction du tabagisme



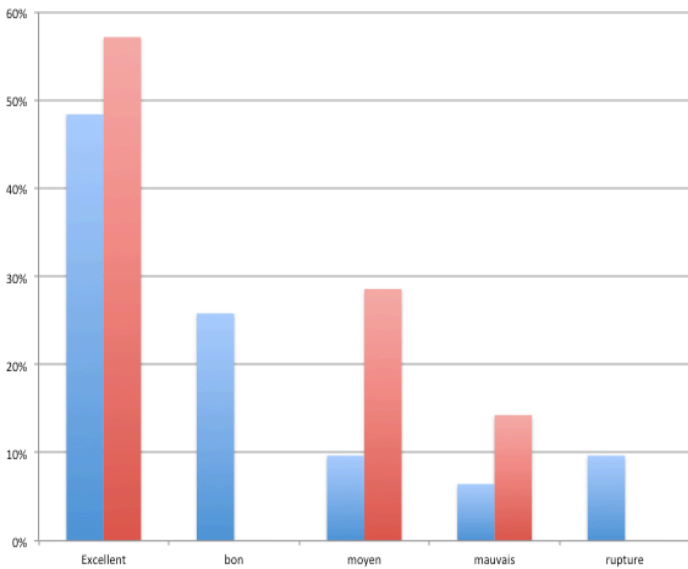
Résultats en fonction du coté atteint



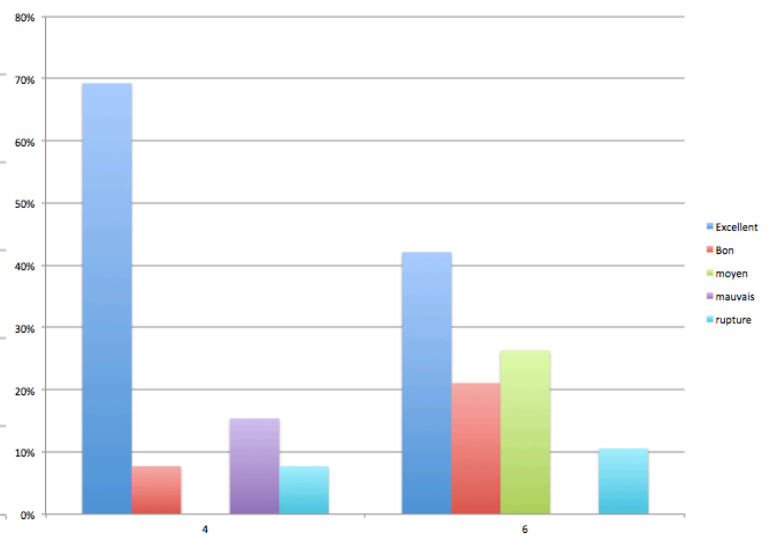
Résultats en fonction de la zone



Résultats en fonction du sexe



Résultats en fonction du nombre de brins

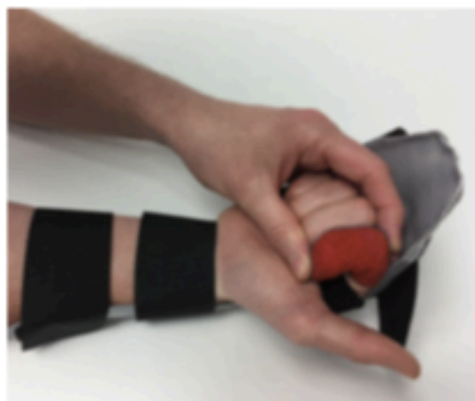


III. Brochure d'auto-rééducation



EXERCICES (à réaliser dans l'attelle en enlevant uniquement la dernière attache)

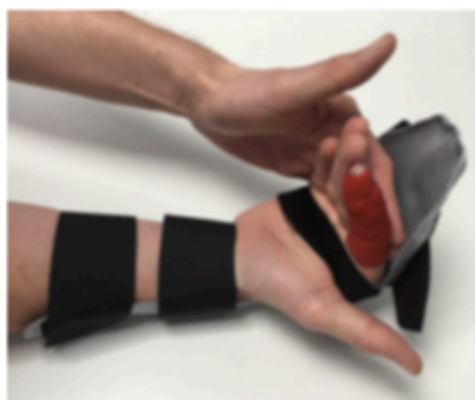
À EFFECTUER EN DOUCEUR, SANS FORCER, PENDANT LES 5 PREMIÈRES SEMAINES
(6 FOIS PAR JOUR, 10 RÉPÉTITIONS POUR CHAQUE EXERCICE)



A l'aide de la main saine, enrrouler passivement les doigts. La main lésée est détendue et ne fait aucun effort.

QUAND ?

🕒 DÈS LA 1ÈRE SEMAINE ET TOUT AU LONG DE LA RÉÉDUCATION



Étendre activement tous les doigts de la main lésée en maintenant un appui sur la base dorsale des doigts.

QUAND ?

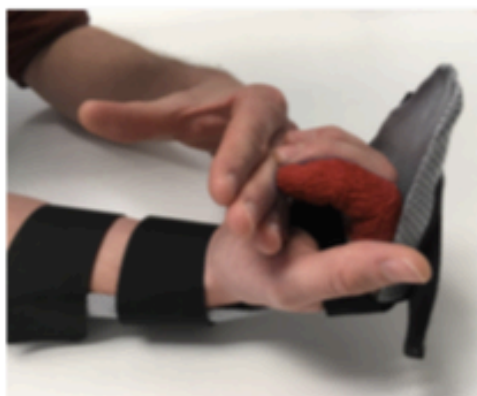
🕒 DÈS LA 1ÈRE SEMAINE ET TOUT AU LONG DE LA RÉÉDUCATION



Placer la main saine dans la main lésée en regard de la base du pouce. Enrouler les doigts de la main lésée pour toucher l'index de la main saine. Puis étendre les doigts jusqu'à l'attelle.

QUAND ?

🕒 LA 1ÈRE SEMAINE



Placer la main saine dans la main lésée en regard de la base du pouce. Enrouler les doigts de la main lésée pour toucher le majeur de la main saine. Puis étendre les doigts jusqu'à l'attelle.

QUAND ?

🕒 LA 2ÈME SEMAINE



Placer la main saine dans la main lésée en regard de la base du pouce. Enrouler les doigts de la main lésée pour toucher l'annulaire de la main saine. Puis étendre les doigts jusqu'à l'attelle.

QUAND ?

🕒 LA 3ÈME SEMAINE



Placer la main saine dans la main lésée en regard de la base du pouce. Enrouler les doigts de la main lésée pour toucher l'auriculaire de la main saine. Puis étendre les doigts jusqu'à l'attelle.

QUAND ?

🕒 LA 4ÈME SEMAINE

RECOMMANDATIONS

NE PAS ENLEVER L'ATTELLE SANS L'ACCORD DE VOTRE CHIRURGIEN OU DE VOTRE KINÉSITHÉRAPEUTE.



PORTER JOUR ET NUIT



SURÉLEVER LE BRAS



PORTER SOUS LA DOUCHE



NE PAS CONDUIRE



NE PAS FAIRE DE SPORT



NE PAS MOILLER



NE PAS ENLEVER

Centre d'Appareillage et de Rééducation de la Main
Clinique de l'Union
Boulevard de Ratalens
31240 Saint-Jean

05 67 04 52 15
reeducation.mains@clinique-union.fr

