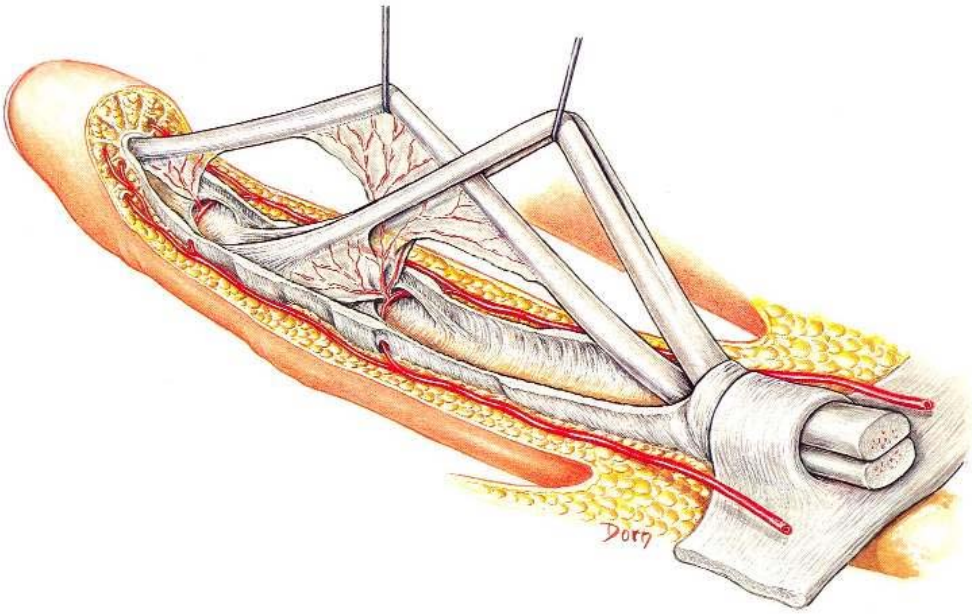
DIPLÔME INTER-UNIVERSITAIRE DE RÉÉDUCATION
ET D'APPAREILLAGE EN CHIRURGIE DE LA MAIN 2001-2003

Université Joseph Fourier
Faculté de médecine de Grenoble

C.H.U de Grenoble
Professeur F. Moutet

Tendons fléchisseurs en zone II : Réparation et rééducation Méthodes actuelles et évolution des idées



Jury : Prof. J. Baudet (Bordeaux)
C. Le Lardic (Nantes)
Prof. F. Moutet (Grenoble)

François Delaquaize
Physiothérapeute
Hôpital Universitaire de Genève
Suisse

Je tiens à exprimer mes remerciements au professeur F. Moutet pour l'organisation du Diplôme Inter-Universitaire de rééducation et d'appareillage de la main. Ainsi que pour l'enseignement dispensé.

Je remercie mes proches d'avoir supporté mon caractère, ma "mémoiropathie" ainsi que l'absence de randonnées dans nos belles neiges hivernales…

Merci à M. Giroud et A. Lacraz pour leurs remarques toujours pertinentes et judicieuses.

A Valérie.

SOMMAIRE

SOMMAIRE **2**

1 INTRODUCTION **4**

2 ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE TENDINEUSES **6**

2.1 FLÉCHISSEURS COMMUNS PROFOND ET SUPERFICIEL 6
2.2 INTEROSSEUX DORSAUX ET PALMAIRES 7
2.3 LOMBRICAUX 8
2.4 ZONES TOPOGRAPHIQUES 9
2.4.1 La zone I *9*
2.4.2 La zone II *9*
2.4.3 La zone III *11*
2.4.4 La zone IV *11*
2.4.5 La zone V *11*
2.5 GAINES SYNOVIALES 12
2.6 POULIES DE L'APPAREIL FLÉCHISSEUR DES DOIGTS 13
2.7 NUTRITION DES TENDONS FLÉCHISSEURS 16
2.7.1 Apport vasculaire *16*
2.7.2 Apport synovial *18*
2.8 UNITÉ FONCTIONNELLE DE GLISSEMENT 20
2.9 CICATRISATION TENDINEUSE 21
2.9.1 Cicatrisation extrinsèque (Fig. 12) *21*
2.9.2 Cicatrisation intrinsèque (Fig. 13) *22*
2.9.3 Variation de solidité de la cicatrisation *23*
2.9.4 Inégalités devant la cicatrisation *23*
2.9.5 Adjuvants pouvant prévenir les adhérences péri tendineuses *24*

3 RÉPARATION PRIMAIRE DES TENDONS FLÉCHISSEURS **25**

3.1 CONDITIONS ET CAHIER DES CHARGES 25
3.2 TECHNIQUES DE RÉPARATIONS TENDINEUSES 26
3.2.1 Différentes sutures *26*
3.2.2 Surjets *28*
3.2.3 Autres perspectives de réparation tendineuses ? *29*
3.3 RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES SUTURES 30
3.4 PRÉCISIONS SUR L'ALLONGEMENT DU CAL TENDINEUX 33
3.5 ATTITUDE VIS A VIS DE LA GAINE SYNOVIALE 34
3.6 ATTITUDE VIS A VIS DES POULIES 35
3.7 ATTITUDE VIS A VIS DU FLÉCHISSEUR SUPERFICIEL 35
3.8 ATTITUDE LORS D'UNE LÉSION TENDINEUSE PARTIELLE 36
3.9 CONCLUSION SUR LES SUTURES 36

4 INTÉRÊT DE LA MOBILISATION PRÉCOCE **37**

4.1 IMMOBILISATION 37
4.2 MOBILISATION PASSIVE 37
4.3 MOBILISATION ACTIVE 39
4.4 CONCLUSIONS SUR LES TYPES DE MOBILISATIONS 41
4.5 COURSES TENDINEUSES 42

5 RÉÉDUCATION POST-OPÉRATOIRE 44
5.1 LUTTE ANTI-ŒDÈME 44
5.2 OPTIONS THÉRAPEUTIQUES 44
Problème des lésions associées 45
5.3 IMMOBILISATION 45
5.4 TECHNIQUES PASSIVES 46
5.4.1 Protocole de Duran 46
5.4.2 Exercices en ténodèse 47
5.4.3 Mobilisation passive continue (CPM) 48
5.5 TECHNIQUES SEMI-ACTIVES 49
5.5.1 Kleinert 49
5.6 TECHNIQUES MIXTES 52
5.7 TECHNIQUES ACTIVES 53
5.7.1 Placé-tenu 53
5.7.2 Mobilisation active protégée 55
5.8 TECHNIQUES COMPLÉMENTAIRES 57
6 RÉSULTATS 58
6.1 MÉTHODES D'ÉVALUATION DES RÉSULTATS 58
6.1.1 Classification de la société américaine de chirurgie de la main 58
6.1.2 La classification de Strickland 58
6.1.3 La classification de Buck-Gramcko 59
6.2 COMPARAISON DES RÉSULTATS DES PROTOCOLES 61
6.3 RUPTURES TENDINEUSES 62
6.4 FACTEURS INFLUENÇANT LES RÉSULTATS 63
6.5 LA TECHNIQUE DE RÉÉDUCATION "IDÉALE" 64
7 ENQUÊTE SUR LA PRATIQUE QUOTIDIENNE 65
7.1 BUTS 65
7.2 INTERPRÉTATIONS 65
8 CONCLUSIONS 67
9 PIÈCES ANNEXES 68
10 BIBLIOGRAPHIE 73
11 ICONOGRAPHIE 82

1 INTRODUCTION

Pourquoi se pencher une énième fois sur les lésions des tendons fléchisseurs des doigts longs en zone II ?

Ce vaste sujet a déjà fait couler beaucoup d'encre depuis Galien, médecin des gladiateurs sous Marc Aurèle, qui déconseillait les sutures des tendons fléchisseurs en raison des crises convulsives qu'elles engendraient. Heureusement les techniques chirurgicales ont évolué depuis cette probable confusion entre nerfs et tendons.

Je pense que la prise en charge de ces lésions est en pleine évolution tant au niveau de la chirurgie que de la rééducation.

J'ai entrepris la rédaction de ce mémoire en partant du constat que dans différents services de chirurgie de la main les protocoles classiquement décrits étaient souvent modifiés ou appliqués simultanément. Certaines adaptations me paraissaient intéressantes.

En revanche j'ai remarqué que des thérapeutes, y compris dans le service où je travaille, appliquaient plus ou moins bien des protocoles, tels des recettes de cuisine, sans forcément comprendre leurs fondements et leurs justifications.

Je pense que, plus que dans tout autre domaine, une approximation dans la rééducation des tendons fléchisseurs en zone II peut être nuisible voir dangereuse en raison des risques de ruptures tendineuses.

L'orientation actuelle étant vers une rééducation de plus en plus active, je trouve essentiel de faire le point sur ce sujet.

Autant un protocole actif peut être bénéfique s'il est bien compris, autant il est risqué si le thérapeute n'a pas en tête toutes les bases anatomo-physiologiques et chirurgicales lors de son traitement.

Il est toujours regrettable de constater, suite à une rupture tendineuse éventuellement due à une mauvaise maîtrise d'un protocole de rééducation, qu'un chirurgien revienne à une technique de rééducation passive ou semi-active par manque de confiance dans l'équipe de rééducation.

Dans ce travail, je tente de mettre en exergue certaines particularités pouvant intéresser le rééducateur. Elles concernent l'anatomie, la physiologie du tendon et sa cicatrisation.

Je mentionne ensuite les différentes options chirurgicales, la résistance mécanique des sutures et surtout les différentes variables rentrant en jeu lors d'une mobilisation. Paramètres sur lesquels le thérapeute peut jouer.

Avant de passer aux multiples options thérapeutiques, j'essaye de montrer les bienfaits mais aussi les justifications des différents types de mobilisations passives, semi-actives et actives.

Je n'ai aucune prétention d'originalité dans cette étude bibliographique, mais je cherche à mettre l'accent sur certains points qui me semblent primordiaux pour comprendre et adapter la prise en charge.

Je note l'évolution des moyens thérapeutiques avec un regard intéressé sur les techniques actives qui ont ma préférence lorsqu'elles peuvent être utilisées.

Conjointement à cette étude bibliographique, je voulais connaître la pratique quotidienne de mes confrères dans le cadre d'une réparation des tendons fléchisseurs en zone II.

Je m'interrogeais sur un possible décalage entre leurs pratiques et celles décrites par les équipes "de pointe" qui publient des études.

Je désirais aussi connaître l'avis des rééducateurs concernant les limites des différents protocoles et les stratégies qu'ils avaient mises au point pour y remédier.

Pour cela j'ai fait parvenir un questionnaire à de nombreux centres de la main dont nous verrons les résultats.

2 ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE TENDINEUSES

2.1 FLÉCHISSEURS COMMUNS PROFOND ET SUPERFICIEL

L'anatomie musculaire qui n'est qu'un rappel est tirée de [11][23][55]
Ce sont des muscles extrinsèques, situés dans la loge antérieure de l'avant-bras

FLECHISSEUR COMMUN PROFOND	FLECHISSEUR COMMUN SUPERFICIEL
ORIGINE : • ¾ Supérieurs de la face antéro-interne du cubitus. • Face profonde de l'aponévrose anti-brachiale en regard de la face interne du cubitus. • Ligament inter-osseux, à sa partie interne, au-dessus du carré pronateur. • Bord interne et supérieur du radius (inconstant)	ORIGINE : • Epitrochlée par le tendon commun des épitrochléens. • Face antéro-interne de l'apophyse coronoïde. • Bord antérieur du radius de la tubérosité bicipitale à l'insertion du rond pronateur.
TRAJET : Corps large, enroulé autour du cubitus. Il se divise en quatre faisceaux charnus qui forment ensuite quatre tendons. Ceux-ci traversent le tunnel carpien puis s'orientent à la sortie vers les quatre doigts longs.	TRAJET : Le plan superficiel se divise en deux fuseaux qui formeront les tendons destinés aux doigts III et IV. Le plan profond se divise en deux faisceaux qui formeront les tendons des doigts II et V.
TERMINAISON : Base de la face palmaire de P3 de chaque doigt.	TERMINAISON : Chaque tendon se divise en deux languettes au milieu de P1 qui s'écartent et contournent les bords latéraux du tendon du fléchisseur profond puis se réunissent au niveau de l'IPP en arrière du tendon du fléchisseur profond, formant ainsi le chiasma de Camper. La languette ainsi reformée sert de gouttière au tendon du fléchisseur profond puis se sépare de nouveau pour se terminer à la partie moyenne des bords latéraux de P2.
INNERVATION : • Par le nerf médian (issu des racines C7, C8, D1) pour les faisceaux externes se terminant par les tendons destinés à D2, D3. • Par le nerf ulnaire (issu des racines C8, D1) pour les faisceaux internes destinés aux tendons de D4, D5.	INNERVATION : • Par le nerf médian, issu des racines C7, C8, D1.
ACTION : Flexion de l'IPD, puis flexion de l'IPP.	ACTION : Flexion de l'IPP. Participe à la flexion de la MP quand l'IPP est en flexion maximale.

2.2 INTEROSSEUX DORSAUX ET PALMAIRES

Ce sont des petits muscles courts situés dans la loge profonde de la main occupant les espaces inter métacarpiens.

On distingue quatre interosseux dorsaux et quatre interosseux palmaires.

INTEROSSEUX DORSAUX	INTEROSSEUX PALMAIRES
ORIGINE : Par des fibres charnues sur les deux métacarpiens qui limitent l'espace interosseux où il est logé : • Sur toute la face latérale du métacarpien le plus rapproché de l'axe de la main (D3). • Sur la moitié dorsale de la face latérale du métacarpien le plus éloigné de l'axe de la main.	ORIGINE : Par des fibres charnues sur la moitié antérieure et les 3/4 supérieurs de la face latérale du métacarpien le plus éloigné de l'axe de la main.
TRAJET : Corps musculaire penniforme dont les fibres convergent vers un tendon qui se forme au niveau de la MP.	TRAJET : Corps musculaire allongé, demi-penniforme, en avant de l'interosseux dorsal. Les fibres convergent vers un tendon qui se forme au niveau de la MP.
TERMINAISON : • Faisceau profond : sur le tubercule latéral de la base de P1 la plus proche de l'axe de la main. • Faisceau superficiel : lame fibreuse qui se termine sur le tendon de l'extenseur commun pour former la dossière des interosseux.	TERMINAISON : • Faisceau profond : (inconstant) sur le tubercule latéral de la base de P1 la plus éloignée de l'axe de la main. • Faisceau superficiel : lame fibreuse qui se termine sur le tendon de l'extenseur commun.
INNERVATION : Par le nerf ulnaire.	INNERVATION : Par le nerf ulnaire.
ACTION : • Ecartement des doigts de l'axe de la main. • Flexion des MP. • Extension des IPP et IPD par la dossière lorsque la MP est en extension ou en position intermédiaire de flexion.	ACTION : • Rapprochement des doigts de l'axe de la main. • Flexion des MP. • Extension des IPP et IPD par la dossière lorsque la MP est en extension ou en position intermédiaire de flexion.

2.3 LOMBRICAUX

Ce sont des petits muscles intrinsèques fusiformes liés aux tendons du fléchisseur commun profond et aux tendons de l'extenseur commun des doigts (Fig.1).

LOMBRICAUX
ORIGINE : • 1er et 2ème lombricaux : bord externe et face antérieure du tendon du FDP pour D2 et D3. • 3ème et 4ème lombricaux : bords latéraux et faces antérieures des deux tendons du FDP entre lesquels ils sont placés.
TRAJET : Dans un canal aponévrotique constitué par des expansions de l'aponévrose palmaire.
TERMINAISON : Languette tendineuse plate qui s'unit au faisceau superficiel de l'interosseux correspondant et se termine avec lui sur le bord externe du tendon de l'extenseur commun.
INNERVATION : • Par le nerf médian pour les 1er et 2ème lombricaux. • Par le nerf ulnaire pour les 3ème et 4ème lombricaux.
ACTION : Flexion des MP et extension des IPP et IPD simultanées.

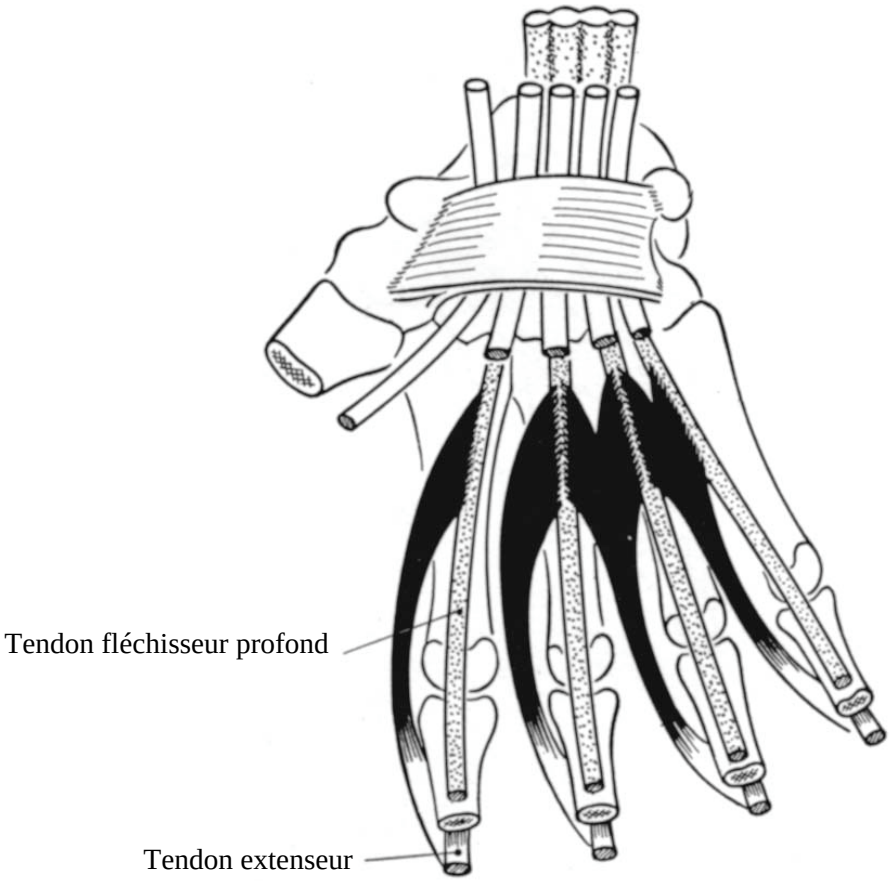


Fig.1: Lombricaux.

2.4 ZONES TOPOGRAPHIQUES

En 1961, Verdan et Michon proposent une classification comprenant sept zones. La fédération internationale des sociétés de chirurgie de la main la modifie en 1980 ; elle est actuellement largement adoptée par la communauté internationale et comprend cinq zones pour les doigts longs et trois pour le pouce. (Fig. 2)

Ces zones ont chacune une spécificité liée aux éléments qu'elle englobe et ceci détermine : les difficultés du geste chirurgical, le type et la durée de rééducation, et le pronostic de récupération.
Nous ne rappellerons dans ce mémoire que les zones intéressant les doigts longs.

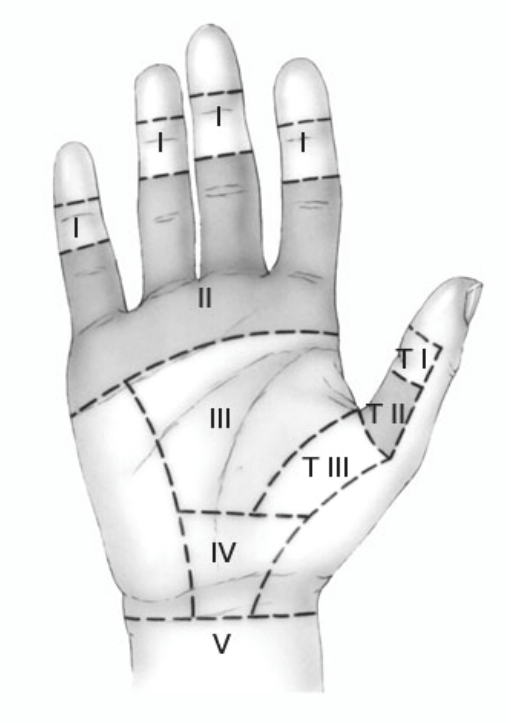


Fig. 2 : Zones topographiques.

2.4.1 La zone I

Elle est située en aval de l'insertion terminale du fléchisseur superficiel et englobe l'insertion du fléchisseur profond sur la base de la troisième phalange.

2.4.2 La zone II

Elle débute au niveau du pli palmaire distal, où les deux tendons des muscles fléchisseurs communs profond et superficiel pénètrent dans la gaine synoviale. Elle se termine à la partie moyenne de la deuxième phalange où le fléchisseur superficiel s'insère par l'intermédiaire de ses deux bandelettes.

A ce niveau les tendons passent dans un canal ostéofibreux inextensible dont le plancher est formé par le périoste des deux premières phalanges et les plaques palmaires métacarpophalangienne (MCP) et interphalangienne proximale (IPP); Le plafond correspond au feuillet pariétal de la gaine synoviale renforcé par les poulies.

Cette zone est intéressante d'un point de vue anatomique car, à ce niveau, le fléchisseur profond semble "perforer" le fléchisseur superficiel.

En effet, à la base de la première phalange (P1) le tendon du fléchisseur superficiel se divise en deux bandelettes qui moulent le fléchisseur profond en passant progressivement de la face palmaire à la face dorsale; au niveau de l'IPP il y a fusion de quelques fibres pour former le chiasma de Camper avant l'insertion distale sur la partie moyenne de la deuxième phalanges (P2).

Considérant la richesse et la complexité anatomique de cette zone II, Tang [120](Fig. 3) la subdivise en quatre (A-B-C-D).

Il met l'accent notamment sur la zone 2C correspondant juste à la poulie A2, où le canal est le plus étroit. Il indique que la fréquence des adhérences et des ruptures est plus importante à ce niveau et il en tire une conclusion chirurgicale que nous verrons plus loin.

Cette zone a déjà fait couler beaucoup d'encre, c'est une zone dangereuse, que Bunnell nomme le "no man's land".

En effet, l'anatomie nous montre deux tendons étroitement liés l'un à l'autre, avec des courses différentes, confinés dans un canal digital inextensible dont les poulies sont à préserver car indispensables à la dynamique digitale. Nous comprenons aisément que dans ce contexte difficile, le chirurgien devienne un orfèvre…

C'est le "some men's land" de l'équipe grenobloise [125].

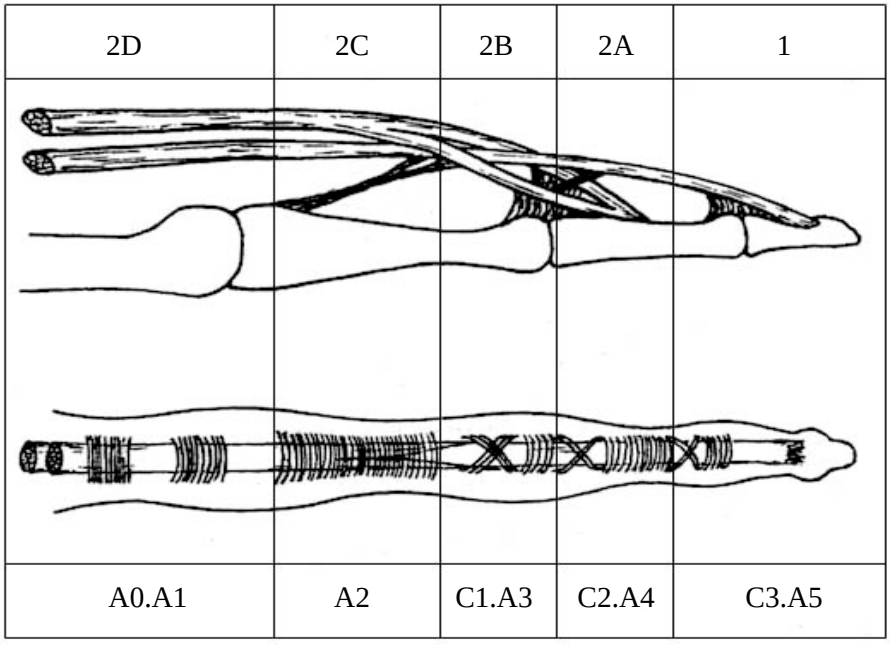


Fig. 3 : Subdivisions de la zone II selon Tang.

2.4.3 La zone III

Elle débute à la sortie du canal carpien pour se terminer à l'entrée du canal digital.

Dans cette partie de la paume, un paratendon plus lâche entoure les tendons fléchisseurs sauf en ce qui concerne l'auriculaire dont les tendons fléchisseurs coulissent dans la gaine synoviale ulnaire.

C'est à ce niveau que les lombricaux ont leurs insertions d'origine sur les tendons des fléchisseurs profonds.

Cette zone, plus spacieuse, est propice à une bonne récupération.

2.4.4 La zone IV

Elle correspond au canal carpien recouvert par le ligament annulaire antérieur du carpe qui se comporte comme une poulie évitant le phénomène de corde d'arc lors de la flexion du poignet.

En dedans nous trouvons sur un même plan les quatre fléchisseurs profonds qui sont recouverts des quatre fléchisseurs superficiels avec en dehors le tendon du long fléchisseur du pouce.

Il est à noter que le nerf médian est l'élément vulnérable le plus superficiel du canal carpien et sa lésion augure un mauvais pronostic fonctionnel.

Moutet [80] signale le risque que des tendons réparés contractent entre eux des adhérences trop intimes interférant ainsi sur l'indépendance de chaque doigt.

2.4.5 La zone V

Elle débute à la jonction musculo-tendineuse des fléchisseurs pour se terminer à l'entrée du canal carpien. C'est une zone où les tendons sont entourés d'un paratendon lâche qui autorise des mouvements de grande amplitude.

C'est donc une zone très favorable pour la récupération s'il n'existe pas de lésions vasculo-nerveuses associées.

2.5 GAINES SYNOVIALES

Elles ont un rôle primordial de nutrition grâce au liquide synovial mais aussi un rôle de glissement tendineux.

La main comporte plusieurs gaines synoviales (Fig. 4) :

- La bourse synoviale radiale qui englobe le long fléchisseur du pouce, débute à la partie proximale du ligament annulaire antérieur du carpe et se termine au niveau de l'IP.
- La bourse synoviale ulnaire est plus large; elle commence à l'entrée du canal carpien et englobe à ce niveau les tendons fléchisseurs profonds et superficiels des quatre doigts longs. Puis elle se rétrécit à la partie distale du ligament annulaire pour ne concerner plus que les fléchisseurs de l'auriculaire et se terminer sur l'IPD.
  Quelquefois les deux gaines radiale et ulnaire sont en communication à leur partie proximale.
- Les trois doigts médians ont chacun leur gaine qui débute au niveau du pli palmaire distal pour se terminer au niveau de l'IPD.

La gaine synoviale des tendons fléchisseurs comprend deux feuillets fermés à leurs deux extrémités par un cul de sac. Le feuillet viscéral est en contact direct avec le tendon et le feuillet pariétal tapisse le canal digital.

Cette gaine synoviale est renforcée à l'extérieur par les processus fibreux des poulies.

Doyle [27], Strauch [114]ont décrit au niveau du canal digital, d'autres culs-de-sac plus petits, faisant saillie entre les différentes poulies et dont le jeu s'adapte à la flexion et à l'extension digitale. Nous pouvons penser que la mobilisation digitale a aussi à ce niveau un rôle mécanique de pompage synovial.

Fig. 4 : Gaines synoviales.

2.6 POULIES DE L'APPAREIL FLÉCHISSEUR DES DOIGTS

Leur description est faite pour la première fois en 1975 par Doyle [26][27][28], complétée par Hunter [53] avec la poulie A5, puis par Manske et Lesker [68] qui montrent l'importance de l'aponévrose palmaire assimilée à une poulie et souvent notée A0 par analogie au reste de la classification.

Les poulies (Fig. 5) sont des bandes de tissu conjonctif fibreux, inextensibles, renforçant le feuillet pariétal de la gaine synoviale.

De caractéristiques variables selon leurs localisations, elles maintiennent l'appareil fléchisseur en contact permanent avec le squelette - pour être le plus proche de l'axe de rotation des articulations - évitant ainsi le phénomène de corde d'arc lors de la flexion digitale.

Ces poulies déterminent la longueur du bras de levier entre l'axe articulaire et le point d'application de la force et permettent en conséquence un raccourcissement moindre du ventre musculaire lors de sa contraction.

Description :

- Le ligament annulaire antérieur du carpe ne doit pas être oublié car il constitue la première poulie de réflexion de l'appareil fléchisseur en amont.

- La poulie de l'aponévrose palmaire (A0) constituée des fibres transversales se fixe de part et d'autre de la gaine synoviale par des fibres sagittales qui la relient au ligament transverse inter-métacarpien.
  En position de repos, elle est moins contiguë aux tendons que les autres poulies. Elle joue néanmoins tout son rôle, lors du grasping, par la mise en tension des fibres longitudinales de l'aponévrose palmaire réalisée par la contraction du petit palmaire et du cubital antérieur [27].

- Les cinq poulies annulaires sont très résistantes et supportent des pressions très élevées, de l'ordre de 70 mm Hg [16] lors de la flexion digitale. Il est à noter une métaplasie cartilagineuse à l'interface poulie-tendon due à ces fortes pressions ; nous reviendrons sur ce point dans le chapitre concernant la nutrition tendineuse.
  Les poulies A1, A3, A5 sont respectivement fixées aux plaques palmaires des MCP, IPP, IPD et de ce fait ont une mobilité et un raccourcissement importants.
  Les poulies A2 et A4 sont plus épaisses et sont fixées au périoste de P1 et P2.
  La poulie A1 située à l'entrée du canal digital a un rôle directionnel des tendons fléchisseurs dans le plan frontal en fonction de la position du poignet [14].

- Les trois poulies cruciformes C1, C2, C3 font respectivement la jonction entre les poulies annulaires A2-A3, A3-A4 et A4-A5.
  Elles sont moins épaisses, plus lâches et se replient en accordéon lors de la flexion. Ce sont des portes d'entrée idéales pour la réparation tendineuse dans le canal digital, ménageant ainsi, dans la mesure du possible, les poulies annulaires.

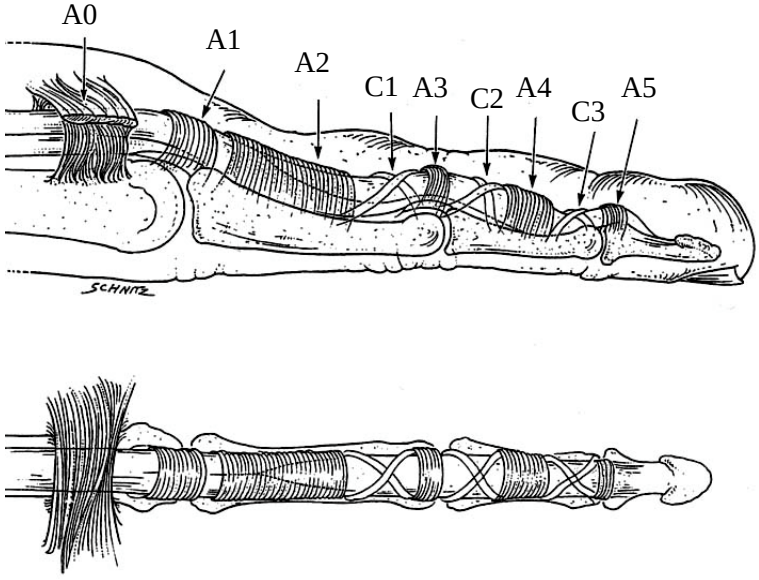


Fig. 5 : Poulies de l'appareil fléchisseur des doigts longs.

Tubiana [128] a expérimenté sur cadavre la flexion des doigts en fonction des poulies préservées (Fig. 6).

Il note que malgré la suppression de A1 et de A3, la flexion digitale complète est possible, mais au prix d'une contraction musculaire importante.

En revanche le phénomène de corde d'arc joue à plein quand les poulies A2 et/ou A4 sont sectionnées, rendant impossible la flexion complète.

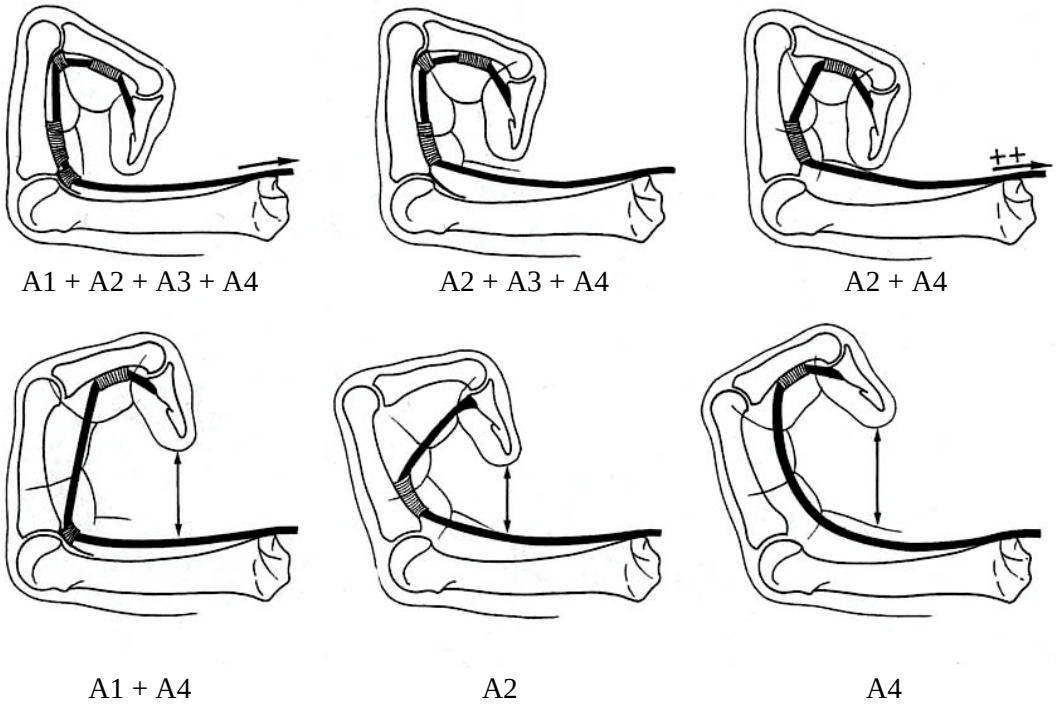


Fig. 6 : Phénomène de corde d'arc en fonction des poulies sectionnées.

Manske [68] montre l'importance de la poulie A0 associée aux poulies A1 et A2, en effet la perte de flexion occasionnée par la suppression des poulies A1 ou A2 avec A0 intacte est négligeable (de 1 à 1,6 %). Cette perte augmente (de 2,8 à 3,2 %) lors de la section des poulies A1 ou A2 combinée à la section de A0. Lors de la section de A1 et A2, la poulie A0 étant intacte, la perte est de 5,7 %. Enfin il est intéressant de noter un déficit de flexion de 12,6 % lors de la section des trois poulies.

Phillips [86], dans une expérience similaire ne considère pas le mouvement angulaire mais l'excursion tendineuse ainsi que d'autres paramètres. Comme Manske il note l'importance de la poulie A0 mais revoit les chiffres à la hausse : une section combinée des poulies A0, A1 et A2 entraîne une diminution de 28% de la course tendineuse alors que la suppression de A1 et A2 avec la préservation de l'aponévrose palmaire n'entraîne qu'une diminution de 15% de la course.

Rispler [89], dans une expérience in vitro, confirme l'intérêt des poulies A2 et A4 mais précise la prépondérance de la poulie A4. En effet sa section entraîne une diminution de 15% de l'excursion digitale et du travail. Comparativement la section de la poulie A2 engendre une diminution de 6% de l'excursion.

Il note d'autre part le rôle de la peau et de ses propriétés viscoélastiques dans l'efficacité de ce système de poulies. Propriétés viscoélastiques qui sont sûrement modifiées lors d'une intervention chirurgicale.

Lin [63] souligne que la courbure osseuse de P1 et P2 induit aussi un phénomène de corde d'arc qui est contrôlé par la position des poulies A2 et A4. Avec d'autres auteurs [42], il pense aussi que cette concavité phalangienne aurait un rôle d'initialisation de la flexion de l'IPP par l'action du fléchisseur profond.

Nous venons donc de voir toute l'importance des poulies. Actuellement les chirurgiens s'accordent à les sauvegarder et à les reconstruire, dans la mesure du possible, pour conserver la dynamique de la flexion digitale, à la condition que cela n'entraîne pas une diminution de la lumière du canal digital gênant le glissement tendineux. Nous verrons plus loin quelques options chirurgicales concernant les poulies.

2.7 NUTRITION DES TENDONS FLÉCHISSEURS

Le tendon est une structure métaboliquement active. Sa nutrition est assurée par un apport vasculaire et par un apport synovial d'imbibition, longtemps ignoré.
Guimberteau [44] a bien illustré par des images vidéos le saignement et donc la vascularisation d'une tranche de section de tendon avec un débit similaire à celui de la peau.

La connaissance de la nutrition et des phénomènes de cicatrisation est primordiale. Elle conditionne le geste chirurgical ainsi que la rééducation par une meilleure compréhension des causes d'adhérence, de fragilisation tendineuse voir même de rupture, véritable bête noire du thérapeute. Les protocoles de rééducation utilisés seront ainsi mieux adaptés.

2.7.1 Apport vasculaire

2.7.1.1 En dehors du canal digital

A son extrémité proximale, c'est à dire à la jonction musculo-tendineuse, le tendon reçoit une vascularisation directe d'origine musculaire qui est efficace sur quelques centimètres.

Ensuite et jusqu'à l'entrée du canal digital, le tendon est entouré d'un tissu conjonctif lâche richement vascularisé : le paratendon. Ce tissu comporte des sortes d'ombilics : les mésotendons, véritables structures porte-vaisseaux qui pénètrent l'épitendon. Les vaisseaux sont ensuite distribués dans l'endotendon entre les fibres de collagène, formant des réseaux vasculaires longitudinaux.

A son extrémité distale le tendon reçoit un apport vasculaire minime de son insertion tendino-périostée.

Ainsi la nutrition du tendon en dehors de la gaine synoviale est uniquement vasculaire.

2.7.1.2 Dans le canal digital

Des condensations du mésotendon forment les vincula qui sont alimentées par les anastomoses rétro-tendineuses des artères collatérales (Fig. 7).

Ochiai [81] a décrit de façon exhaustive les variations anatomiques des vincula, leurs points d'entrée dans le tendon et leurs distributions pouvant varier d'un doigt à l'autre [113].

Tubiana [129] note d'autre part l'appauvrissement de la vascularisation avec l'âge du sujet.

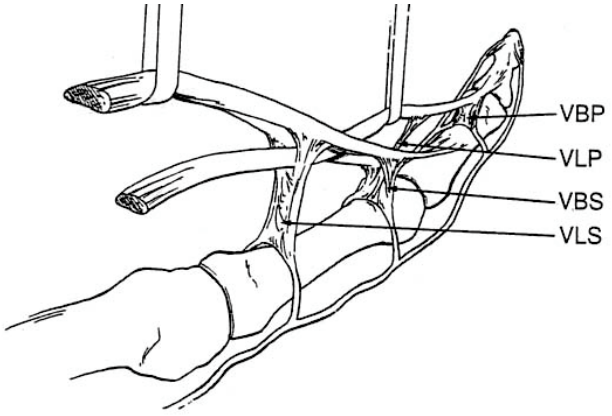


Fig. 7 : Système des vincula.

Les vincula perfusent la partie dorsale des tendons fléchisseurs superficiels et profonds de façon discontinue (Fig. 8); en conséquence la zone antérieure des tendons est pratiquement avasculaire.

Tous les auteurs [22][24][78] rappellent l'importance de placer les sutures en zone palmaire pour préserver cette vascularisation et être le moins ischémiant possible. Certains auteurs [10][112] montrent malgré tout une augmentation de 25% de la résistance de la suture si celle-ci est placée en dorsal.

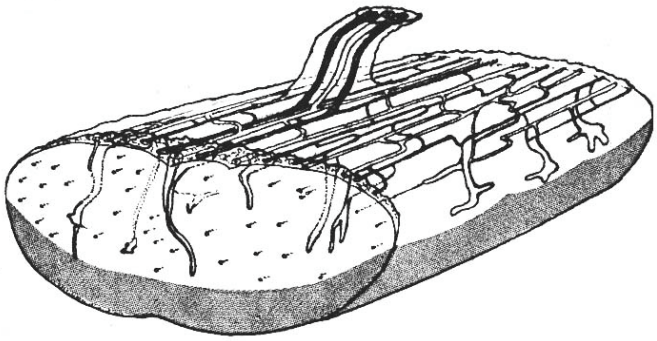


Fig. 8 : Perfusion dorsale des tendons fléchisseurs.

Chaque tendon dispose d'un vinculum court à proximité de son insertion terminale et d'un vinculum long (Fig. couverture).

Les vincula longs, grâce à leur morphologie en éventail et leur taille, permettent d'accompagner les tendons lors de leurs excursions [110].

Nous devons noter l'importance du chiasma de Camper, en effet le vinculum court du fléchisseur superficiel s'insère à sa face dorsale ; en avant du chiasma le vinculum long va atteindre la face dorsale du fléchisseur profond. Ainsi le vinculum long est en étroite connexion avec le vinculum court et peut être considéré comme la continuité de cette structure [65]. Nous voyons là toute l'importance de cette zone et la majorité des auteurs [24][83][120] s'accordent à ne plus réséquer totalement, dans la mesure du possible, le fléchisseur superficiel ; cette attitude entraînant une devascularisation du fléchisseur profond dans cette zone déjà mal perfusée.

L'efficacité de l'apport vasculaire longitudinal intrinsèque cesse à la partie moyenne de la première phalange, puis l'apport vasculaire segmentaire des vincula prend le relais.

Lundborg [65][66] et Ochiai [81] ont décrit des zones plus ou moins bien vascularisées. (Fig. 9). Le fléchisseur superficiel est faiblement vascularisé juste en amont de la séparation de son tendon en deux bandelettes. Le fléchisseur profond quant à lui présente deux zones pauvrement vascularisées en amont et en aval de son vinculum long. Ces zones sont situées en regard des poulies A2 et A4 [10].

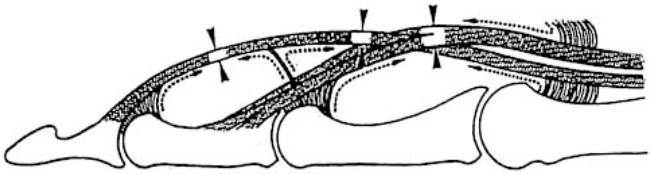


Fig. 9 : Zones avasculaires des fléchisseurs selon Lundborg.

Amadio [2] a étudié l'incidence des lésions des vincula sur les résultats des réparations tendineuses, évalués à l'aide du T.A.M. (total active motion) ; il trouve un T.A.M. à 222° si les vincula sont intacts contre un T.A.M. de 176° lorsque les vincula sont lésés. La conclusion s'impose d'elle-même.

Bellemère [8] fait le même constat : les lésions grade 3 associant une rétraction majeure du FDP à la base du doigt et un vinculum rompu, obtiennent de moins bons résultats que lors de lésions moins sévères.

Manske [69], par ses expériences sur les singes avec l'utilisation d'un marqueur radioactif, a pu montrer la répartition entre l'apport synovial et l'apport vasculaire en fonction des différents segments de tendons ; il retrouve les zones de vascularisation décrites précédemment mais il montre aussi, comme Lundborg [66], toute l'importance de la diffusion synoviale qui peut suppléer à une dévascularisation.

2.7.2 Apport synovial

Dans le canal digital le liquide synovial a un rôle mécanique de lubrification tendineuse, mais aussi un rôle de nutrition primordial [70].

Lundborg [64][65] et d'autres auteurs [3][25][27][118] ont décrit une métaplasie cartilagineuse à l'interface tendon-poulie : lors de la flexion digitale, des pressions majeures s'exercent entre la face palmaire des tendons et la face dorsale des poulies (principalement A2, A4); aucune vascularisation n'est viable sous ce régime de pression et, histologiquement, il y a une différenciation cartilagineuse des cellules à ce niveau.

De ce fait ces zones de métaplasie cartilagineuse, qui présentent des similitudes anatomo-physiologiques avec des surfaces articulaires, sont très bien adaptées à une nutrition par imbibition du liquide synovial, cette dernière étant augmentée par la mobilisation active.

Weber [133] avec son concept de pompe (Fig. 10) a décrit une circulation intra-tendineuse du liquide synovial :

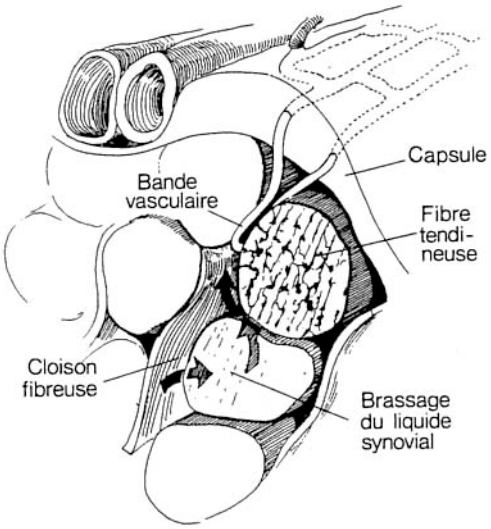


Fig. 10 : Pompe synoviale selon Weber.

Il existe une différence de pression entre les zones épaisses (poulies) et les zones minces (membranes) de la gaine. De plus les mouvements de glissement du tendon augmentent et font varier la pression à l'intérieur de la gaine.

Le liquide est ainsi poussé à l'intérieur de canaux situés entre les fibres de collagène, jusqu'au contact des ténocytes, qu'il nourrit.

L'excédent de liquide accompagné de ses déchets retourne ensuite dans les espaces séparant les fibres où il rentre en contact avec les boucles vasculaires situées à la partie dorsale du tendon.

Le liquide est ensuite évacué du tendon faisant place à un nouvel apport nutritif.

Weber [133] a montré sur le chien toute l'importance de la mobilisation, qui permet un doublement du taux de pénétration d'une substance par diffusion dans le tendon. La mobilisation serait donc un moyen d'augmenter la prédominance d'un système de nutrition, diminuant ainsi la formation d'adhérences denses et serrées [93].

Il a été souligné [51][70] que l'imbibition synoviale était cinq fois plus importante que l'apport vasculaire pour le fléchisseur profond et deux fois plus pour le fléchisseur superficiel.

Ainsi en zone II la perfusion tendineuse et la nutrition par diffusion sont deux systèmes complémentaires qui lors d'un traumatisme sont perturbés ; le chirurgien doit les restaurer au maximum en préservant les vincula, la vascularisation, les gaines synoviales et en autorisant une mobilisation tendineuse précoce quand cela est possible.

La cicatrisation tendineuse dépend de ces facteurs et le pronostic est d'autant plus mauvais que les vincula et les gaines sont détruites.

2.8 UNITÉ FONCTIONNELLE DE GLISSEMENT

Guimberteau [44] propose une nouvelle approche avec la notion d'unité fonctionnelle de glissement.

Suite à ses recherches anatomiques, il décrit un "système collagénique multi-vacuolaire d'absorption dynamique". Pour lui, il n'existe pas d'espace virtuel entre le tendon et la structure environnante ; il y a une continuité vasculaire au travers de la continuité collagénique.

Le tendon n'est pas le seul responsable de la transmission de la force. Il ne le fait qu'au travers des gaines de glissement dont il est indissociable sur le plan histologique et vasculaire. Le tendon est un des éléments de son concept d'unité fonctionnelle de glissement : tendon + gaine + vascularisation.

Ce concept l'a conduit à faire appel aux transferts vascularisés tendineux en îlot pour la reconstruction du système fléchisseur des doigts en un temps, mais ceci nous éloigne de notre sujet.

Il décrit cependant une interface au niveau de la poulie A1 (Fig. 11) entre les zones V, IV, III et les zones II, I. Ainsi dans cette zone il existe une adaptation de ce système **micro** vacuolaire à une nouvelle fonction dans un environnement subissant des pressions et des répétitions de mouvements importantes. Ces conditions mécaniques transforment son système en un système **macro** vacuolaire caractérisé par une vascularisation segmentaire du tendon grâce aux vincula.

Finalement, en ce qui concerne la région traitée dans ce mémoire, la description de Guimberteau des zones I et II est assez similaire à celles plus classiques mentionnées précédemment, excepté pour le cul de sac et le tissu synovial qui serait une transformation de ce tissu micro vacuolaire sous l'effet des conditions mécaniques de mouvement.

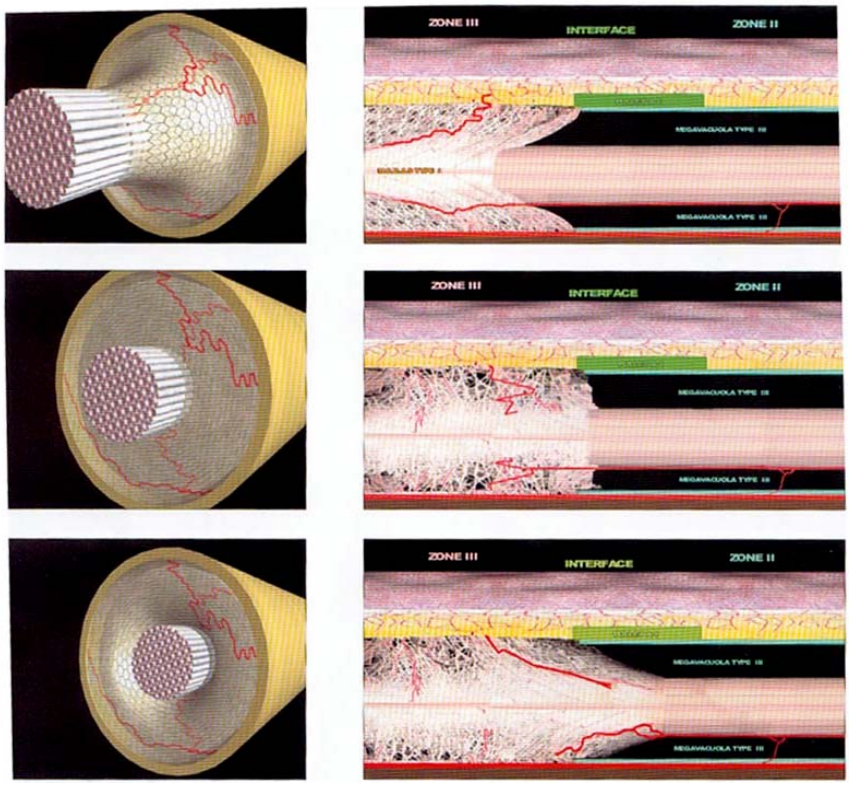


Fig. 11 : Interface entre la zone 3 et la zone 2.

2.9 CICATRISATION TENDINEUSE

Après une longue évolution des idées, tout le monde s'accorde à penser qu'il existe deux mécanismes de cicatrisation tendineuse : une cicatrisation extrinsèque qui se traduit par un envahissement fibroblastique de la zone à réparer à partir des tissus environnants et une cicatrisation intrinsèque qui est la capacité propre du tendon à se régénérer.

Lors d'une réparation tendineuse, Strickland [117] décrit trois phases au cours desquelles les deux mécanismes de cicatrisation vont coexister de façon indissociable :

- Une phase inflammatoire pendant les trois à cinq premiers jours, caractérisée par un œdème et un hématome.
- Une phase fibroblastique de trois à six semaines, caractérisée par une grosse production de collagène dont l'organisation assez anarchique se répartit selon un plan perpendiculaire au grand axe du tendon.
- Une phase de remodelage s'étalant sur six à neuf mois, au cours de laquelle la maturation et l'organisation des fibres s'effectuent selon un mode longitudinal sous l'effet des mouvements et des forces de traction.

2.9.1 Cicatrisation extrinsèque (Fig. 12)

Suite à une lésion, il se produit une invasion fibroblastique par les tissus environnants, génératrice d'adhérences, véritables portes-vaisseaux nourriciers.
Ces adhérences réalisent un véritable blocage tendineux. Dans des conditions favorables, leurs structures deviennent plus lâches, se remodèlent sous l'effet des forces de traction permettant ainsi le glissement tendineux. Dans d'autres cas moins favorables, une ténolyse est envisageable.

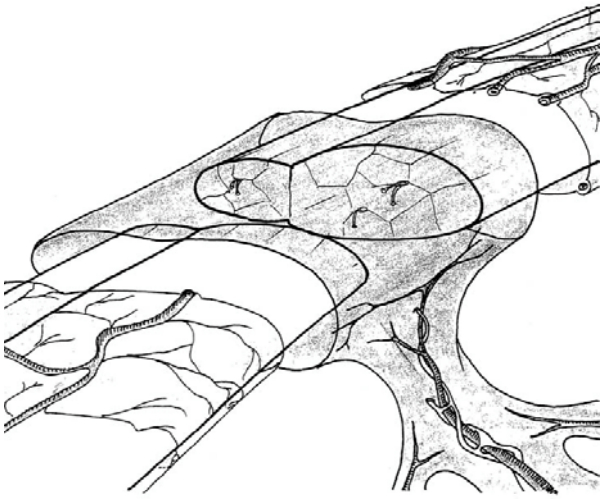


Fig. 12 : Cicatrisation extrinsèque.

Le tendon a longtemps été considéré comme une structure inerte non vascularisée. Ce type de cicatrisation tendineuse était le seul moyen concevable, c'était un mal nécessaire.

Dans ce contexte Bunnell en 1922 avec son concept de "no man's land" considère la zone du canal digital comme ne pouvant bénéficier d'une suture primaire et il préconise la résection des fléchisseurs suivie d'une greffe tendineuse. Cette conception a évolué sous l'impulsion de Verdan et Michon qui ont prôné une réparation primaire.

2.9.2 Cicatrisation intrinsèque (Fig. 13)

De nombreux travaux sur des animaux, notamment ceux de Matthews [74] ont montré le rôle de la nutrition par le liquide synovial et la capacité du tendon à cicatriser grâce à ses propres fibroblastes intra-tendineux, qui migrent vers la lésion et synthétisent le collagène, tout ceci sans faire appel à des cellules extérieures. Plus récemment des expérimentations in vitro sur des tendons fléchisseurs humains [72][73]ont abouti aux mêmes conclusions.

Ce type de cicatrisation et très intéressant car il est exempt d'adhérence et tout doit être mis en œuvre pour le favoriser.

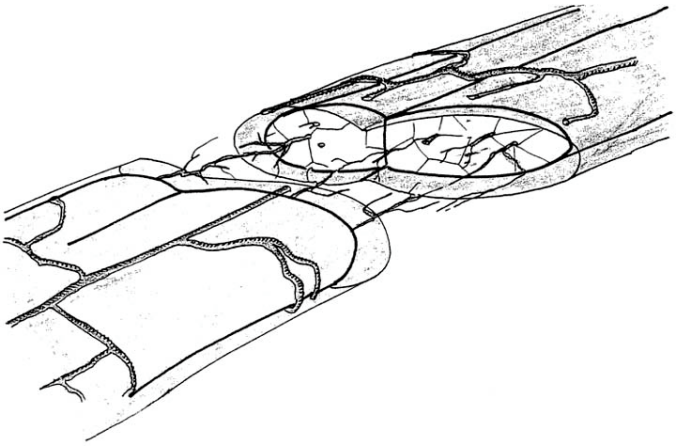


Fig. 13 : Cicatrisation intrinsèque.

Comme nous le voyons, ces deux mécanismes de cicatrisation cohabitent mais ils sont plus ou moins prédominants selon l'importance du traumatisme et le type de geste chirurgical pratiqué.

La cicatrisation extrinsèque accompagnée de ses adhérences est favorisée par :

- Un traumatisme initial important avec une plaie complexe et des lésions associées.
- Un geste chirurgical traumatisant lors de l'extraction et de la manipulation des extrémités tendineuses ; les travaux déjà anciens de Potenza[113] montrent que même la marque des pinces à la surface du tendon déclenche des adhérences.
- La lésion ou le non-respect des vincula.
- Le délabrement ou l'excision de la gaine synoviale.
- L'emploi d'une suture mal tolérée source de réactions inflammatoires.
- L'immobilisation post-opératoire.

La cicatrisation intrinsèque que l'on doit rechercher est favorisée par :

- La restauration de l'intégrité de la gaine synoviale favorisant l'imbibition synoviale [66].
- Le surjet épitendineux qui en rétablissant la continuité de la surface tendineuse permet de diminuer la réaction inflammatoire des tissus environnants et de minimiser la colonisation par des substances extrinsèques.

- La mobilisation postopératoire augmente la résistance du cal, oriente les fibres de collagène, améliore la surface de glissement, favorise la course tendineuse en diminuant les adhérences et "motorise" la pompe de Weber.
  Nous reviendrons plus en détail sur la mobilisation et ses nombreux bienfaits dans un chapitre ultérieur car elle est la clé de voûte des différents protocoles de rééducation.

La cicatrisation intrinsèque est sous la dépendance de phénomènes biochimiques complexes encore mal connus. La connaissance de ces phénomènes ainsi que leurs contrôles et manipulations éventuels est la prochaine étape vers une amélioration des résultats d'une réparation tendineuse.

2.9.3 Variation de solidité de la cicatrisation

Les travaux classiques de Mason et Allen [129] sur des tendons suturés et immobilisés montrent que la résistance du tendon diminue rapidement jusque vers le cinquième jour, ce qui correspond au "lag time". Elle augmente ensuite lentement pour n'atteindre que vers le quinzième jour une résistance équivalente à celle du premier jour de la suture. Pendant cette phase exsudative il est décrit un ramollissement des extrémités tendineuses.

Ces études sont remises en cause par plusieurs expérimentations :

Hitchcock [50] compare la résistance de la suture dans un groupe de poules immobilisées et un autre bénéficiant d'une mobilisation active. Dans le groupe actif, il ne retrouve pas de diminution de la résistance. Il en conclue que cette phase de ramollissement n'est pas inévitable et qu'elle est plutôt la conséquence de l'immobilisation.

Aoki [5] arrive aux mêmes conclusions puisque dans son groupe de chiens mobilisés activement, il ne retrouve pas de diminution de la résistance tendineuse lors des trois premières semaines postopératoires.

L'équipe de Saint-Louis [9], en utilisant cette fois une mobilisation passive, ne retrouve pas non plus de ramollissement du cal tendineux durant les dix premiers jours.

Kusano [59] ne retrouve pas non plus cette fragilisation dans une expérimentation sur la résistance de différentes sutures sollicitées par des exercices actifs. Il se demande si ce n'est pas l'utilisation, par Mason et Allen, d'une suture en soie tressée qui est responsable d'une inflammation du tendon et de son ramollissement.

Ainsi il semble que la perte de résistance de la réparation durant les quinze à vingt premiers jours est l'apanage de l'immobilisation. Elle n'existe plus quand le tendon est mobilisé. Nous voyons là un premier effet bénéfique de la mobilisation d'une réparation tendineuse.

2.9.4 Inégalités devant la cicatrisation

A lésions équivalentes, les patients cicatrisent avec plus ou moins d'adhérences. Hunter [90] distingue deux populations, celle à "low scar formation" et celle à "high scar formation".

Ainsi les patients, indépendamment du traumatisme et des mesures prises visant à favoriser la cicatrisation intrinsèque, ont une cicatrisation plus extrinsèque ou plus intrinsèque.

Ceci est très important pour le rééducateur car il doit adapter les délais de son protocole.

Face à un patient évoluant très favorablement et avec une grande mobilité, il faut redoubler de prudence car cela signifie que la cicatrisation est à majorité intrinsèque et donc que le cal tendineux est plus fragile. Dans ce cas, le patient est mis en garde, la mobilisation est diminuée et l'attelle de protection est gardée deux semaines de plus.

Dans le cas contraire où la cicatrisation extrinsèque est prépondérante, la mobilisation peut être plus "agressive" pour lutter contre les adhérences. Un sevrage progressif de l'attelle est envisagé la journée après un mois postopératoire.

2.9.5 Adjuvants pouvant prévenir les adhérences péri tendineuses

Certains facteurs physiques comme les champs électriques ou les ultrasons pourraient avoir une incidence sur la cicatrisation et la diminution des adhérences. Les résultats des études sont néanmoins controversés et l’emploi de telles techniques reste marginal.

L’emploi de diverses substances chimiques, anti-inflammatoires, notamment l’acide hyaluronique, est encore à l’étude.

L’application d’un inducteur de surfaces de glissement comme le gel d’ADCON-T/N est étudiée par de nombreuses équipes [62][77] notamment Merle-Dautel [79]. Son efficacité commence à être reconnue lors d’une ténolyse, c’est l’indication qui est appliquée à l’hôpital universitaire de Genève. En revanche, son action n’a pas encore été prouvée de façon significative dans le cas d’une réparation primaire des fléchisseurs et elle reste un sujet d’étude et de discussion [32].

3 RÉPARATION PRIMAIRE DES TENDONS FLÉCHISSEURS

3.1 CONDITIONS ET CAHIER DES CHARGES

L'intérêt du chapitre précédent sur l'anatomie et la physiologie tendineuse en zone II permet de définir un cahier des charges de la réparation tendineuse qui doit favoriser au maximum la cicatrisation intrinsèque:

- La manipulation tendineuse lors du geste chirurgicale sera la moins traumatisante possible car génératrice d'inflammation, de dévascularisation et d'adhérences. Par exemple, l'utilisation d'un cathéter souple pour la recherche de l'extrémité proximale du tendon sera préconisée [34][78].

- La vascularisation sera respectée dans la mesure du possible en réparant les artères collatérales digitales et en préservant les vincula si ces derniers n'ont pas été lésés, par une ascension "coup de fouet" des moignons proximaux des tendons, lors du traumatisme.

- La suture tendineuse devra être résistante et respecter l'anatomie pour autoriser une mobilisation précoce sans risque de désunion des berges. Elle devra respecter la vascularisation en se situant en zone palmaire. Les nœuds seront placés si possible dans la tranche de section pour éviter d'entraver le glissement. Le matériel devra être bien toléré pour éviter une réaction inflammatoire.

- Un surjet épitendineux modèlera la surface de glissement, limitera la colonisation fibroblastique extrinsèque et augmentera la résistance mécanique. Il diminuera avec la suture l'apparition d'un diastasis (gap).

- Le fléchisseur superficiel hormis sa fonction de flexion analytique de l'IPP joue un rôle de plan de glissement [122] mais aussi supporte, comme nous l'avons vu, les vincula. Les différentes options chirurgicales concernant sa réparation seront abordées plus loin

- La gaine synoviale sera si possible réparée pour favoriser l'imbibition mais nous reviendrons sur ce sujet controversé.

- Les poulies dont le rôle mécanique est primordial seront sujettes à différents gestes chirurgicaux que nous verrons plus tard.

3.2 TECHNIQUES DE RÉPARATIONS TENDINEUSES

L'évolution des techniques de rééducation se fait vers des programmes de plus en plus actifs dont l'incidence bénéfique sur le résultat fonctionnel commence à être admise par tous. En contrepartie, ces protocoles actifs sollicitent beaucoup plus la réparation tendineuse.

La tendance actuelle est la recherche de techniques de sutures de plus en plus sophistiquées, multibrins, ayant des résistances mécaniques importantes et autorisant une mobilisation active précoce protégée, avec un risque de diastasis voir de rupture, minimal.

3.2.1 Différentes sutures

Je ne détaillerai pas les multiples techniques de sutures qui dépassent mon champ de compétence. Le tableau (Fig.14) n'est pas exhaustif tant la diversité des sutures est grande. Il permettra au rééducateur d'avoir ainsi une idée du type de suture employée chez le patient et d'adapter sa prise en charge, conformément aux instructions du chirurgien. Pour de plus amples détails sur l'aspect technique de la réalisation de ces sutures, je renvoie le lecteur intéressé aux nombreuses publications citées.

Un aspect technique commun à toutes les sutures me semble important : leurs points transversaux d'accrochage sont à distance des extrémités (environ 10mm) pour ne pas entraîner un effet "fil à couper le beurre".

En ce qui concerne les sutures simples, les plus employées sont : le Kessler modifié, le Kessler-Tajima et le Tsuge en sachant que ces sutures à deux passages peuvent voir leurs résistances accrues par l'utilisation de plusieurs fils ou même plusieurs sutures en ce qui concerne le Tsuge.

Je ne détaille pas les cas où la lésion en zone II est très distale et où une réparation avec la technique du pull-out de Brunelli et Montero peut être mise en œuvre.

En effet ces cas sont très favorables puisque les forces de tractions sont reportées sur le bouton pulpaire ou unguéal. La suture est ainsi bien protégée pendant six semaines. La rééducation est facilitée et un travail actif peut être entrepris immédiatement.

Bunnell	Kessler	** Kessler modifié
Kessler-Tajima	Tsuge	Suture en biseau de Becker
Double grasping 1 suture	Double grasping 2 sutures	Double loop
Indiana 4 strand repair	Suture 4 brins en croix	Interlock stich
* 4 brins de Becker	* 6 brins de Savage	Single-cross grasp 6 strand
6 brins avec 3 paires de suture	** Tang = triple Tsuge	Suture 8 brins fil double

Fig. 14 : Différents types de sutures.

3.2.2 Surjets

Un des rôles du surjet épitendineux (Fig. 15) est la régularisation de la surface tendineuse avec un rapprochement anatomique des berges du tendon permettant alors un glissement optimum et harmonieux du tendon dans sa gaine.

En rétablissant la continuité de la surface tendineuse, le surjet épitendineux permet de diminuer la réaction inflammatoire des tissus environnants et ainsi minimiser la colonisation fibroblastique de la cicatrisation extrinsèque.

Il augmente la résistance au gap [87] et à la rupture de la réparation de 10 à 50% selon les auteurs [43][118] voir même plus.

Silfverskïold [106] attribue même toutes les vertus à son surjet croisé : à lui seul il a une résistance à la rupture 36% supérieure à celle obtenue avec un Kessler modifié complété par un surjet simple. Il se comporte comme un doigtier chinois avec effet compressif lors d'une mise en tension du tendon, diminuant ainsi le volume de la réparation et favorisant le glissement. Il affirme en outre qu'il est facile et rapide à réaliser… Elliot [32], devant un taux de rupture élevé de ses sutures du long fléchisseur du pouce, a utilisé ce surjet croisé avec succès.

Comme pour les sutures nous assistons à la mise au point de surjets de plus en plus solides et sophistiqués qui ont les mêmes inconvénients potentiels de complexité, d'épaisseur, de risque de dévascularisation…

Certaines équipes comme celle de Bichat [1] remplacent le surjet par de la colle biologique ce qui à l'avantage d'être rapide et de diminuer les manipulations délétères. En plus de son effet mécanique elle aurait une action sur la cicatrisation avec une orientation des fibroblastes.

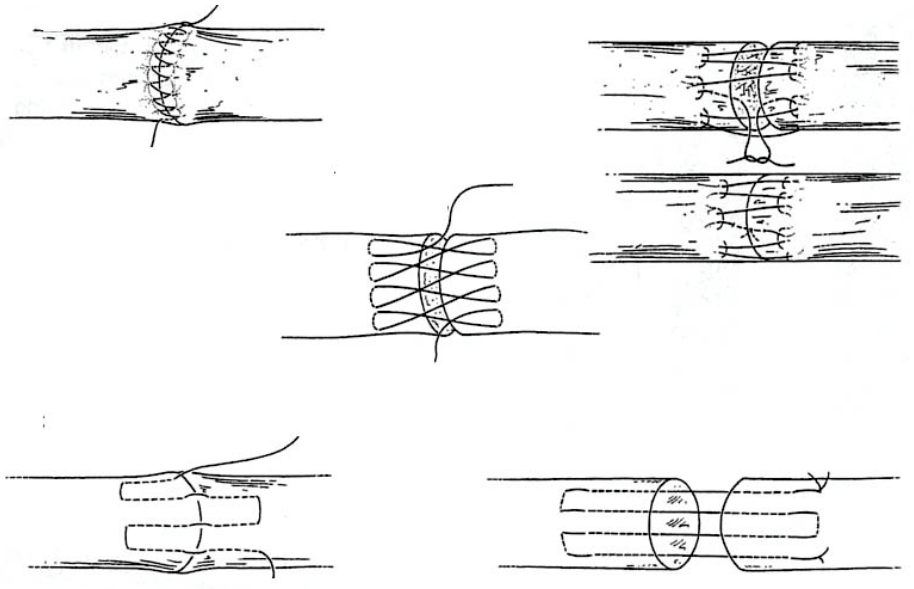


Fig. 15: Différents surjets épitendineux.

3.2.3 Autres perspectives de réparation tendineuses ?

Des recherches pour la mise au point d'implants intra ou extra-tendineux sont en cours mais le recul est encore insuffisant pour avoir une idée précise.

Le Teno Fix™ présenté lors du dernier congrès du GEM à Paris paraît séduisant avec son fin câble d'acier et ses deux "petites queues de cochon" aux extrémités.

Trois équipes sud-africaines comparent (dans une étude non publiée mais diffusée par les promoteurs de la techniques) les résultats obtenus avec l'utilisation d'une part du Teno Fix™ et d'autre part d'une suture quatre brins en croix. Vingt-neuf patients bénéficient du Teno Fix™ et trente-huit patients d'une suture quatre brins. Le recul est de huit à dix-sept mois.

Un protocole passif pendant les trois premières semaines suivi d'une mobilisation active progressive les semaines suivantes est appliqué. La prise en charge est de une à trois fois par semaine.

Le fait remarquable est le taux de rupture de 0% avec le Teno Fix™ contre 23,7% dans le groupe contrôle.

L'évaluation avec la classification de Strickland 2ème version est de 66,7% de bons à excellents résultats.

Nous pouvons tout de même nous étonner d'un taux de rupture aussi élevé dans le groupe contrôle avec un protocole passif pendant les trois premières semaines.

Les promoteurs de cette technique indiquent qu'elle permet l'utilisation d'un protocole de rééducation actif, avec des précautions minimales, sans risque de rupture.

Cette technique étant nouvelle il y a encore peu d'études disponibles. Outre son coût qui peut pénaliser certaines équipes il n'y a pas, à ma connaissance, d'étude sur la résistance et les éventuels effets négatifs sur la vascularisation, du fait de la grosseur des deux petites ancres.

La réparation simultanée du FDP et du FDS avant sa séparation en deux bandelettes est possible avec deux Teno Fix™.

L'attrait de cette technique étant de permettre une mobilisation active immédiate sans restriction nous pouvons nous poser la question suivante:

Lorsqu'il y a pose d'un Teno Fix™ sur le FDP accompagnée d'une suture des bandelettes du FDS, quelle technique de mobilisation et de protection utiliser ? En effet j'ai des doutes sur la protection possible par le FDP du FDS. Les glissements tendineux étant différents, je pense que dans le cas de sutures de bandelettes associées il faudra utiliser un protocole moins ambitieux adapté à la protection du FDS.

Cette technique de réparation semble prometteuse et nous allons la tester à l'hôpital cantonal de Genève avec un protocole de rééducation qui reste à élaborer.

3.3 RÉSISTANCE MÉCANIQUE DES SUTURES

De nombreuses études de résistance mécanique des différents types de réparations tendineuses ont été réalisées dans des conditions variées [4][106][109][121][136]. Leur comparaison est difficile vue la diversité des modalités d'expérimentations. D'autre part, les conclusions sont souvent contradictoires et le cheminement du rééducateur dans cette "jungle" est ardu…

Il en ressort tout de même que :

- La résistance de la suture au diastasis (gap) et à la rupture est directement proportionnelle au nombre de brins pontant la tranche de section tendineuse [79][103][118].
- Le surjet épitendineux augmente la résistance de la réparation, diminue la formation d'un gap et modèle la surface tendineuse [10][87].

L'utilisation de sutures "ultra-solides" avec un nombre de brins croissant ne fait pas l'unanimité [29][31][32] : la complexité de ces sutures les réserve à certains chirurgiens. La manipulation chirurgicale plus longue et traumatisante peut être génératrice d'œdème et d'adhérences; d'autre part la grosseur de la réparation s'en trouve accrue. Tout ceci entraîne un frein au glissement tendineux qu'il serait intéressant d'évaluer in vivo chez l'homme, comme le souligne Evans [31].

Il est légitime de se poser aussi la question de l'incidence de ces sutures sur la vascularisation et la nutrition tendineuse.

Hatanaka [49] préfère utiliser une suture à deux brins mais réalisée avec un fil de plus gros calibres. Il trouve que le réglage de la tension d'une suture multibrins est difficile à effectuer.

Pour sa part l'équipe de Saint-Louis[9][103] dans une étude récente sur le chien, indique que l'augmentation du nombre de passages dans la tranche de section d'une suture à huit brins n'interfère pas négativement sur la cicatrisation en fragilisant le tendon. La grosseur de la réparation ne gêne pas non plus le glissement et la course tendineuse.

Ces études soulèvent plusieurs remarques et doivent être affinées par l'intégration de plusieurs paramètres :

L'inconvénient de ces études est qu'elles sont réalisées in vitro ou chez l'animal dans des conditions difficilement transposables cliniquement chez l'homme.

Evans [31] passe en revue 64 études de résistance. Elle remarque justement qu'aucune d'elles ne tient compte de la variation de fragilité tendineuse [129] au cours de la cicatrisation. Une correction utilisant les estimations de Strickland [116] doit intégrer une diminution de 50% de la résistance à la fin de la première semaine, de 33% à la fin de la troisième semaine, avant d'avoir une augmentation de 20% à la fin de la sixième semaine. Gardons tout de même à l'esprit que le concept de ramollissement du cal tendineux pendant la phase exsudative est remis en cause.

Un modèle articulaire (Fig. 16)[31] montre bien les différentes forces et paramètres en présence lors d'une mobilisation :

- La friction du tendon dans la gaine synoviale et les poulies.
- Les adhérences distales.
- La compression et la mise en tension des tissus péri-articulaires.
- L'étirement musculaire des extenseurs antagonistes.
- Les forces externes appliquées au segment mobilisé.
- L'œdème majorant certaines de ces contraintes sur la suture (notées par un * sur le schéma).
- Nous pouvons ajouter les réactions de vigilance du patient.

Lors d'une mobilisation le site de réparation est soumis à ces différents paramètres qui mettent en péril la suture.

Tout rééducateur devrait conserver à l'esprit la figure ci-dessous, pour pouvoir jouer sur ces éléments lors de son intervention et ainsi minimiser les sollicitations de la réparation tendineuse.

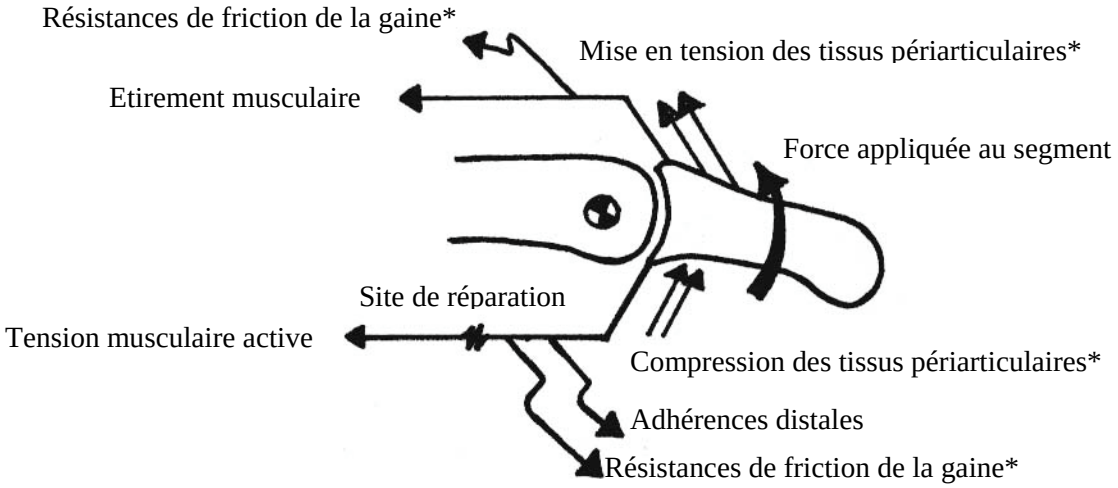


Fig. 16 : Modèle articulaire selon Evans.

Schuind [102] a fait des mesures in vivo de la tension interne des tendons lors de différents mouvements actifs, notamment lors de la contraction des fléchisseurs profond et superficiel de l'index. Beaucoup d'études se fondent sur ces résultats pour déterminer la solidité nécessaire des réparations tendineuses. Or cette étude, bien qu'elle soit réalisée in vivo à l'occasion d'une chirurgie de tunnel carpien, se fait sur des **tendons intacts**.

Toutes les conséquences de l'opération sur les différentes structures ne sont donc pas prises en compte et des auteurs [45], entre autres Aoki [4], ont dégagé la notion de "work of flexion" (WOF) correspondant à la résistance au glissement du tendon fléchisseur, lors d'une course normale. Ainsi la sollicitation de la suture est directement dépendante du WOF.

De multiples facteurs influencent le WOF ; nous venons d'en voir quelques-uns. Nous citerons donc :

- L'œdème, majoré par la complexité de la lésion et par une manipulation chirurgicale excessive. Selon Strickland [117], il peut augmenter le WOF de 25%.
- L'hématome.
- Les adhérences favorisées par l'immobilisation.
- La plasticité des tissus péri-articulaires.
- Le type de suture et donc l'épaisseur de la réparation tendineuse [4].
- La diminution du canal digital suite à la réparation des poulies, de la gaine ou du fléchisseur superficiel.
- La position du poignet par l'incidence sur la tension des extenseurs [100].
- Les amplitudes extrêmes par la mise en tension et la compression des différents tissus [31]. Plus l'articulation est en flexion, plus la sollicitation de la suture est élevée [123].
- La vitesse élevée dans l'exécution du mouvement.
- La position de repos du doigt quand la flexion est débutée.

Une étude de l'équipe de Saint-Louis [45] montre l'intérêt de différer la mobilisation au quatrième jour post-opératoire pour éviter une augmentation du WOF ; en effet la mobilisation immédiate stimule le développement de l'œdème et de l'inflammation durant les trois premiers jours.

En revanche une immobilisation laisse le WOF stable pendant les trois premiers jours, puis on assiste à une augmentation spectaculaire de 36% à la première semaine, pour augmenter encore jusqu'à la troisième semaine à 63% ; ceci reflète la formation des adhérences à partie du troisième jour.

Il est dommage que cette étude sur le poulet, très intéressante pour le rééducateur, ne puisse tenir compte de la mise en oeuvre d'une lutte anti-œdème en post-opératoire immédiat.

Compte tenu de ceci il est conseillé de débuter la mobilisation le quatrième jour, mais rien ne nous empêche d'entreprendre une lutte contre l'œdème plus précocement.

Strickland [118] (Fig. 17), propose à partir des différentes études, une estimation dans le temps : de la résistance des sutures en fonction du nombre de brins et des forces générées par une mobilisation "passive", "active légère" et "active forte".

Il intègre pour cela différents paramètres comme l'œdème, la résistance au glissement et le phénomène de cicatrisation avec sa période de fragilité.

Ainsi la mise en parallèle des différentes courbes permet de se faire une idée du type de rééducation à utiliser en fonction de la suture. Il en conclut qu'une suture à quatre brins complétée par un surjet permet une rééducation "active légère" en post-opératoire immédiat.

Nous pouvons regretter que ces estimations soit réalisées à partir d'expériences, in vitro ou sur l'animal. D'autre part l'emploi de terme comme "active légère" n'est pas très précis et ne renseigne pas sur les amplitudes de mobilisation.

Nous voyons dans le cas d'une suture à deux brins que la rééducation active est délicate et même interdite par certains. De nombreuses équipes, dont la nôtre, utilisent cependant des sutures classiques à deux brins associées à une mobilisation active protégée immédiate et obtiennent des résultats très satisfaisants avec des taux de rupture équivalent aux autres séries.

Tout l'art du rééducateur réside dans le dosage de ses techniques et dans la bonne connaissance des divers paramètres susmentionnés.

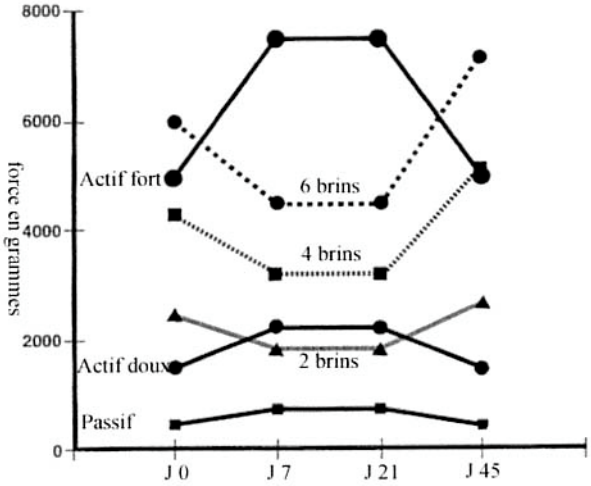


Fig. 17 : Corrélation résistance des sutures-type de mobilisation.

3.4 PRÉCISIONS SUR L'ALLONGEMENT DU CAL TENDINEUX

Le diastasis de la suture (gap) a toujours été une des hantises du rééducateur car il était décrit comme étant la source : d'adhérences [37], d'un mauvais résultat des amplitudes et d'une fragilisation tendineuse conduisant à la rupture.

Dans le cas d'un déficit de mobilité active, il est difficile de différencier un gap des adhérences ou même d'une rupture. A l'hôpital de Genève, où nous sommes dotés d'un échographe à haute résolution, nous utilisons parfois ce moyen diagnostic, avec des résultats qui ne sont souvent pas à la hauteur de nos espérances. La résonance magnétique [75], abstraction faite du coût, peut aider au diagnostique et permettre éventuellement une reprise chirurgicale immédiate en cas de rupture précoce.

Silfverskoïld [106] et Hagberg [46] montrent bien que le placé-tenu et à fortiori la mobilisation active contrôlée augmentent le gap. En revanche cet allongement n'a pas d'incidence sur les résultats fonctionnels comme le T.A.M. Ils concluent que malgré son incidence sur le diastasis la mobilisation est bénéfique.

Des études récentes de Gelberman [38] et de Silva [103] précisent encore les choses : un gap supérieur à trois millimètres n'augmente pas les adhérences et n'a pas d'influence sur la mobilité. Il a en revanche une incidence sur la résistance à la rupture: il empêche son accroissement dans le temps.

Les auteurs [87][103] s'accordent à penser qu'un allongement du cal tendineux jusqu'à trois millimètres est compatible avec des bons résultats sans augmenter pour autant les risques de rupture. Ceci modère un peu les arguments des détracteurs de la mobilisation active.

La conclusion de ceci est que bien qu'il faille tout mettre en oeuvre pour minimiser le gap, ceci ne doit pas nous empêcher de faire une rééducation active contrôlée.

3.5 ATTITUDE VIS A VIS DE LA GAINE SYNOVIALE

Il n'y a pas de position tranchée sur la fermeture ou non de la gaine synoviale. En effet il faut faire la balance entre avantages et inconvénients :

Nous avons vu dans un chapitre précédent toute l'importance de l'apport synovial pour la nutrition tendineuse et ainsi le rôle majeur joué par cette gaine.

Une fermeture de la gaine limite la formation d'adhérences par la cicatrisation extrinsèque, D'autre part, elle permet la reconstruction d'un plan de glissement harmonieux pour les tendons, bénéfique au remodelage des surfaces tendineuses.

L'inconvénient majeur de la fermeture est le rétrécissement de la lumière du canal digital freinant le glissement tendineux.

Les différentes études sur l'utilité d'une fermeture sont contradictoires et peu comparables. Par exemple Saldana [98] montre que laisser la gaine ouverte ou la refermer n'a pas d'incidence sur les résultats, alors que Peterson [84] montre qu'une restauration de la gaine diminue les adhérences.

Les positions de ces dernières années sur la fermeture coûte que coûte de la gaine ont évolué:

Certains auteurs [24][25][34] préconisent, dans le cas de lésions simples, la fermeture de la gaine pour bénéficier de ses propriétés et éviter aussi un accrochage de la suture au passage de la poulie.

Lister [24] montre que, lorsque la gaine est laissée ouverte, la suture tendineuse vient buter contre son bord libre et provoque une diminution du canal digital entravant le glissement tendineux (Fig. 18)

D'autres [32][119] préconisent de laisser la gaine ouverte ou partiellement ouverte.

Tout dépend de l'étendue de la lésion. Il semble tout de même qu'une excision de la gaine est à proscrire [24].

En fait quelle que soit la technique utilisée le chirurgien s'assure de la liberté de glissement du tendon en per-opératoire.

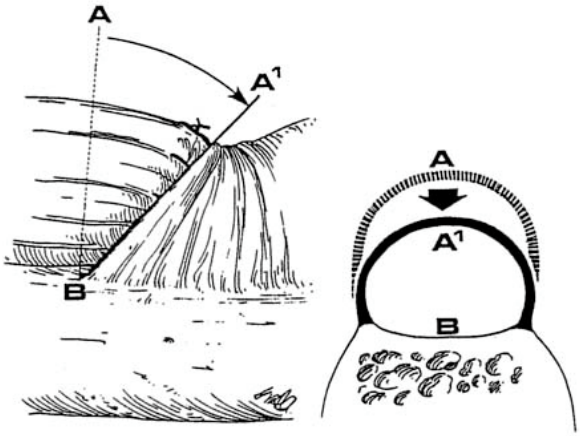


Fig. 18 : Diminution de la lumière du canal digital selon Lister.

3.6 ATTITUDE VIS A VIS DES POULIES

Le problème des poulies est assez similaire à celui des gaines. L'utilité des poulies et leur rôle mécanique, comme nous l'avons vu précédemment, n'est pas remis en cause ; les poulies annulaires en particulier A2 et A4 doivent être préservées dans la mesure du possible. En revanche ceci ne doit pas être au prix d'une entrave au glissement tendineux.

C'est dans ce contexte qu'Elliot [32][60] et Tang [122][124] proposent une ouverture partielle des poulies A2 ou A4 en faisant tout de même attention de ne pas compromettre leur rôle mécanique. Ceci permet un meilleur glissement tendineux.

Kapandji [54] propose une plastie d'agrandissement de poulie toujours dans le même but.

Moutet indique qu'une poulie conservée à 50% de sa taille reste fonctionnelle.

L'indication de reconstruction de poulie dans le cas de perte de substance doit être bien posée, pour que la contraction des fléchisseurs soit la plus fonctionnelle possible.

3.7 ATTITUDE VIS A VIS DU FLÉCHISSEUR SUPERFICIEL

Nous devons nous souvenir des rapports du FDS avec les vincula et son implication dans la vascularisation du FDP.

La conservation du FDS est préconisée, s'il n'y a pas eu un arrachement des vincula accompagnant la remontée-coup de fouet du moignon proximal. Dans le cas contraire, une résection peut être envisagée pour éviter des adhérences et une gène au coulissement tendineux.

Si la fonction de flexion de l'IPP par le FDS peut être compensée par le FDP, en revanche une résection du FDS entraîne une déformation en col de cygne [130] ainsi qu'une diminution de la force de préhension.

L'équipe de Nancy [17] constate, dans sa récente étude prospective, la péjoration des résultats et même l'accentuation des risques de rupture lors de la résection du FDS.

Toujours avec l'état d'esprit qui consiste à trouver un compromis entre un bon glissement de la réparation tendineuse dans le canal digital et la reconstruction maximale des structures, plusieurs options concernent le fléchisseur superficiel :

Pour augmenter la lumière du canal digital, Tang [120] préconise dans ce contexte une résection du FDS en préservant sa partie terminale nourricière correspondant à la zone 2B.

Paillard [83] compare, dans une étude récente, la diminution de la résistance au glissement. Dans le cas d'une plastie d'agrandissement de poulie A2 type Kapandji, et dans le cas d'une résection d'une bandelette du FDS ; il note une nette amélioration du glissement avec les deux techniques. D'autre part l'effet de la suppression d'une bandelette sur la résistance tendineuse est compatible avec une mobilisation précoce.

Il en déduit que cette technique de résection d'une bandelette remplit bien ses objectifs et peut être conseillée.

3.8 ATTITUDE LORS D'UNE LÉSION TENDINEUSE PARTIELLE

Les avis sur l'intervention ou la non-intervention chirurgicale de ces lésions divergent.

Autant un geste opératoire accompagné de ses diverses manipulations peut augmenter les phénomènes d'adhérences, autant si la brèche tendineuse n'est pas fermée, il peut y avoir un comblement par des tissus fibroblastiques importants, des phénomènes de ressaut et un risque de rupture secondaire accru.

Beaucoup d'équipes les réparent systématiquement d'autant qu'une exploration pour mesurer l'étendue des lésions est pratiquée.

D'autres équipes [16][24] s'accordent à penser qu'au-dessous de 50 à 60% de lésion un simple surjet peut suffire.

Amadio et Zobitz [138]montrent même, in vitro, que dans le cas d'une lésion partielle à 75% réparée par différents types de sutures il y a une diminution de la résistance du tendon par rapport à une abstention chirurgicale. Pour ces auteurs les sutures fragilisent la portion tendineuse intacte.

3.9 CONCLUSION SUR LES SUTURES

La grande majorité des équipes utilise encore les sutures conventionnelles type Kessler modifié, Kessler-Tajima ou Tsuge, combinées à des protocoles de rééducation passifs, semi-actifs, ou même actifs; leurs résultats étant très satisfaisants.

Les résultats de mon questionnaire indiquent que les équipes qui utilisent un protocole actif le font avec des sutures classiques à deux brins.

Néanmoins de nombreux auteurs [29][103][106][109][132] s’accordent à penser que l’utilisation de sutures à quatre brins est un bon compromis pour l’utilisation de protocoles actifs, diminuant ainsi les risques d’infarctus du rééducateur…

4 INTÉRÊT DE LA MOBILISATION PRÉCOCE

4.1 IMMOBILISATION

Après le dogme du "mal nécessaire de l'adhérence" avec interdiction de toute mobilisation les trois, voir même, les quatre premières semaines, les différentes équipes ont cherché à démontrer l'intérêt de la mobilisation après une réparation tendineuse.

4.2 MOBILISATION PASSIVE

Avec ses nombreux travaux sur le chien, Gelberman [35][36][37] compare les effets sur la cicatrisation d'une immobilisation par rapport à une mobilisation passive immédiate ou différée.

Il montre tous les bienfaits de la mobilisation qui se traduisent par une amélioration de la cicatrisation. En effet, nous assistons à un accroissement et à une réorientation de la vascularisation au niveau de la lésion ainsi qu'à une accélération de la maturation cellulaire du tendon.

Buckwalter [12] confirme les conclusions précédentes et montre aussi que la mobilisation permet une orientation longitudinale des fibres de collagène selon les lignes de traction de la sollicitation.

Gelberman établit aussi que la mobilisation passive augmente la résistance à la rupture du tendon (Fig. 19). A trois semaines postopératoires, cette résistance est doublée dans le groupe immédiatement mobilisé. Il prouve que la mobilisation passive en diminuant les adhérences, augmente la course tendineuse ainsi que la mobilité.

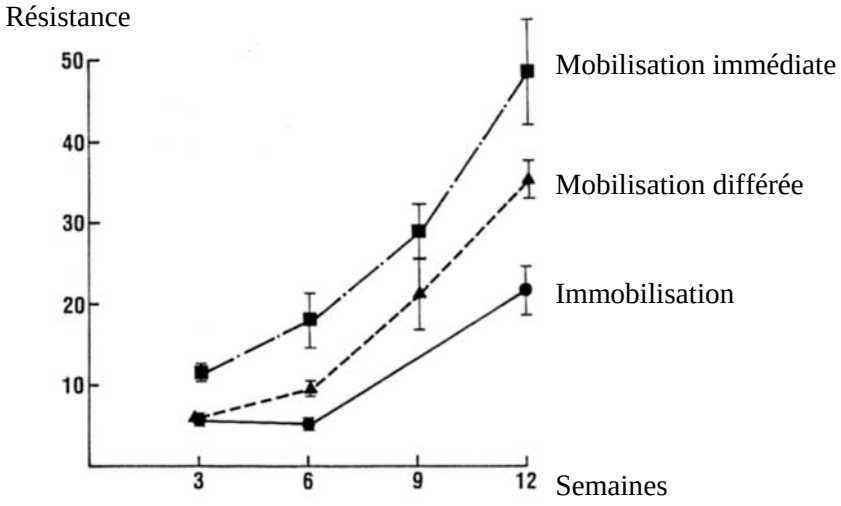


Fig. 19 : Incidence de la mobilisation sur la résistance tendineuse.

L'incidence de l'immobilisation sur le WOF est importante :

Halikis [45] obtient une augmentation du WOF dès le quatrième jour en raison du début de la formation d'adhérences.

Rothkopf [92], sur des chiens immobilisés trois semaines, mesure une augmentation du WOF de 118 % et une diminution de la course tendineuse de 41%.

Nous devons nous souvenir des effets négatifs d'une augmentation du WOF sur la sollicitation de la réparation tendineuse.

La mobilisation qui diminue la formation d'adhérences, va en outre les modeler vers une structure plus lâche, plus longue et donc moins restrictive.

En 1975, Duran, propose un protocole passif car il constate qu'une course tendineuse de 3 à 5mm est suffisante pour prévenir la formation d'adhérences.

Très récemment l'équipe de Saint-Louis [9][103] va même plus loin en indiquant qu'une excursion tendineuse de 1,7 à 3,5 mm suffit et qu'une mobilisation **passive** plus agressive n'est pas utile.

Ce concept est controversé comme nous le verrons plus loin. Small, le promoteur des techniques actives, constate la présence d'adhérences bien installées, particulièrement au niveau des bandelettes du FDS, lors de ses reprises chirurgicales de ruptures et ceci malgré des amplitudes passives honorables. Il conclut que, plus l'amplitude de glissement obtenue avec sécurité est grande, meilleurs sont les résultats.

Je ne peux parler de mobilisation sans mentionner l'étude désormais classique de Strickland et Glogovac[115] de 1980. Ils comparent les résultats entre des patients ayant été immobilisés trois semaines et demie et des patients ayant bénéficié d'un protocole passif de Duran. Le groupe de patients immobilisés n'obtient que 12% de bons résultats et un taux de rupture de 12 %, contre 56% d'excellents et bons résultats et 4% de ruptures dans le groupe traité selon le protocole Duran.

Comme nous l'avons vu précédemment, la période de fragilité du cal tendineux durant les quinze à vingt premiers jours, semble être due à l'immobilisation. Elle n'est pas retrouvée en cas de mobilisation passive ou active.

4.3 MOBILISATION ACTIVE

L'utilité de la mobilisation passive par rapport à l'immobilisation, étant admise par tous, les études se sont orientées vers les effets d'une mobilisation active.

La mobilisation active entretient l'image motrice des fléchisseurs et diminue les phénomènes de sidération musculaire post-opératoire.

A juste titre, Thomas [126] souligne l'effet de la mobilisation, notamment active, sur la diminution de l'œdème avec la notion de cœur périphérique.

D'après Lundborg [64], la diffusion synoviale au niveau de la zone avasculaire antérieure du tendon est augmentée grâce à la mobilisation active ce qui n'est pas le cas avec la mobilisation passive.

La mobilisation active dynamise de façon plus efficace la pompe de Weber, renforce ainsi la nutrition synoviale et favorise la cicatrisation intrinsèque.

Hitchcock [50] confirme la supériorité de la mobilisation active pour augmenter la cicatrisation, la résistance à la rupture et pour diminuer les adhérences.

De nombreuses équipes se sont penchées sur l'interaction entre la mobilisation active et le glissement tendineux :

Silfverskiöld [106] montre que la course tendineuse lors d'une mobilisation active est beaucoup plus importante que celle obtenue avec une mobilisation passive.

Une flexion passive de l'IPP entraîne une mobilisation tendineuse du FDP d'une valeur équivalente à 90% de celle obtenue avec une flexion active. En revanche la flexion passive de l'IPD a un moins bon rendement avec seulement 36% de l'excursion tendineuse obtenue lors d'une flexion active. En d'autres termes, la mobilisation active de l'IPD multiplie par trois le glissement tendineux du FDP. Nous pouvons donc supposer que la mobilisation active est une technique de choix pour une lésion du FDP au niveau de la deuxième phalange.

Silfverskiöld [106][107] compare les résultats à trois semaines post-opératoires, d'une mobilisation semi-active type Kleinert (les quatre doigts équipés d'un rappel élastique) et de la même mobilisation complétée par du placé-tenu. La course tendineuse, l'amplitude de mouvement et la course tendineuse pour 10° de flexion sont nettement plus importantes avec la combinaison des deux techniques.

D'autre part, l'amplitude active à une année est directement proportionnelle à la course tendineuse obtenue lors de la mobilisation précoce [108].

Tajima [119] se référant aux observations de Kessler et Manske [70] indiquent que la mobilisation passive ne mobilise pas forcement le site de la réparation. En effet, Kessler observe dans certains cas, en visualisant la position des sutures en acier sur des radiographies, que ni la mobilisation passive en flexion, ni le retour actif en extension ne mobilisent la suture. La mobilisation de la suture est donc très variable en fonction des individus, de leur type de cicatrisation et de la lésion.

Tajima [119] (Fig. 20) explique ceci par le fait que sous attelle de Kleinert, lors de la flexion passive, la partie distale du tendon se replie en accordéon, puis lors du retour actif en extension à l'aide des lombricaux, le tendon est étiré distalement. Tout ceci se réalise sans dynamiser la suture adhérée.

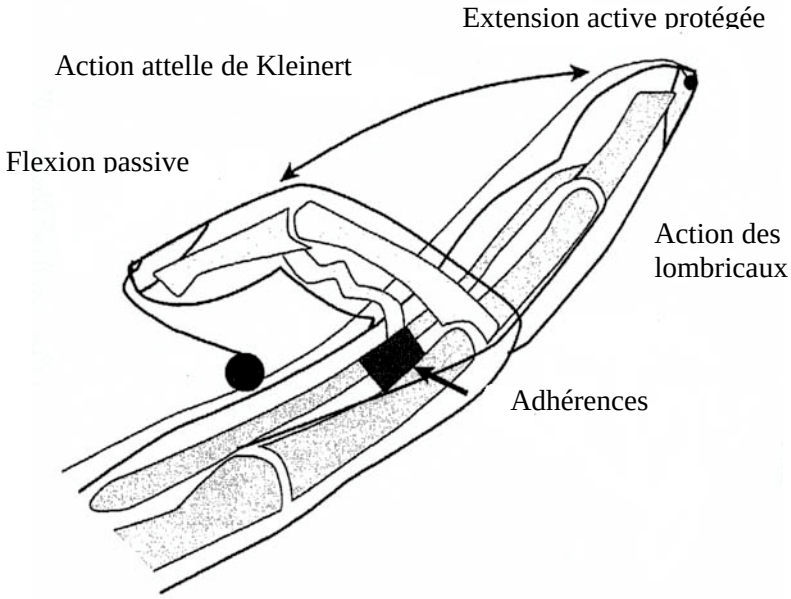


Fig. 20 : Immobilité de la suture lors de la mobilisation type Kleinert.

Manske [69] pense que les bons résultats des protocoles de rééducation passifs ou semi-actifs sont dus au fait que le patient "triche" et contracte inconsciemment ses muscles. Le patient ainsi mobiliserait activement son site de suture.

Dans le même ordre d'idée Horii [52] constate que lors de la mobilisation passive de l'IPD le tendon du FDP se replie, se déforme, se bloque dans la gaine synoviale et bute contre la partie distale de la poulie A3. Il montre que pour obtenir un bon glissement tendineux il faut une contraction active avec une tension minimum de 300 grammes.

Hagberg [46] implante des marqueurs visibles à la radiographie dans des fléchisseurs profonds. Il compare ensuite les courses tendineuses obtenues lors d'une mobilisation type Kleinert, d'un placé-tenu et d'une mobilisation active protégée.

Les résultats sont très intéressants, ils diffèrent selon la localisation de la lésion :

- Lors d'une blessure au niveau des poulies A3 et A4 avec le protocole de Kleinert, il y a très peu de glissement; il retrouve même un mouvement tendineux rétrograde en A4. En revanche la méthode active, type placé-tenu, obtient une meilleure course tendineuse sans être trop contraignante pour la suture.
- Pour une blessure en regard de la poulie A2, le glissement est beaucoup plus important et les différentes techniques de mobilisation semblent équivalentes.
  Ainsi pour l'auteur le placé-tenu est la technique de choix pour une lésion en zone II.

Silverman [104][105] en utilisant différentes positions (poing fermé, ténodèse, intrinsèque plus, intrinsèque moins) observe très peu de glissement tendineux en zone II mais beaucoup au niveau du tunnel carpien. Elle suppose que seul le travail actif permet une excursion tendineuse adéquate au niveau de l'IPP. Pour elle, contrairement à Duran, un glissement de un centimètre est nécessaire pour limiter les adhérences.

Kubota [58] fait un comparatif très intéressant entre quatre sollicitations différentes de tendons lésés de gallinacés en jouant sur la mobilisation et sur la tension.

Il analyse les effets sur les processus cellulaires de cicatrisation et sur la résistance à la rupture :

- Groupe avec un mouvement passif et une contraction active avec tension.
- Groupe avec seulement un mouvement passif, sans tension.
- Groupe avec seulement une tension active, sans mouvement.
- Groupe sans tension et sans mouvement.

Les résultats confirment l'utilité d'associer une mobilisation passive à une contraction active qui génère une tension sur le site de réparation. En effet, il y a une stimulation des processus de cicatrisation ainsi qu'une amélioration de la résistance à la rupture dans le groupe associant mouvement et tension.

Les résultats sont équivalents dans les groupes autorisant soit le mouvement, soit la tension. Ils se traduisent par une amélioration des paramètres évalués ceci par rapport au groupe sans mouvement ni tension.

Nous voyons là tous les avantages que nous avons à tirer de la mobilisation active par rapport à la mobilisation passive en ce qui concerne :

- L'œdème.
- Le schéma moteur.
- La nutrition synoviale et la cicatrisation intrinsèque.
- La résistance tendineuse.
- Les adhérences.
- La course tendineuse.

4.4 CONCLUSIONS SUR LES TYPES DE MOBILISATIONS

Les bénéfices d'une mobilisation passive contrôlée comparés à ceux d'une immobilisation sont indiscutables. Les techniques actives apportent aussi leur lot d'avantages par rapport à la mobilisation passive.

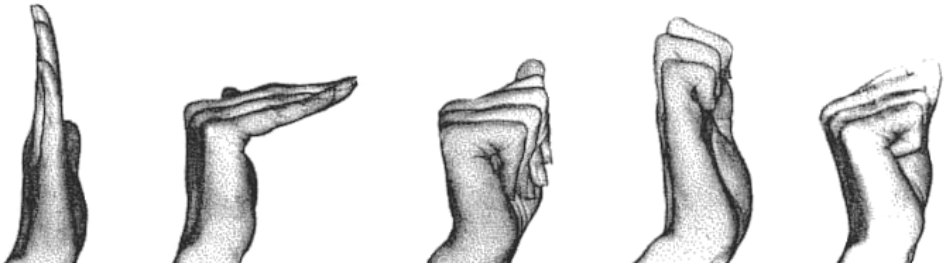
Il est évident qu'il ne faut pas compromettre les bienfaits obtenus avec du travail actif contrôlé, sans intégrer les risques de gap ou de rupture ; tout est une question de dosage.

Ces observations sur l'intérêt de la mobilisation précoce ont conduit les différentes équipes à mettre au point de nombreux protocoles de rééducation.

4.5 COURSES TENDINEUSES

Quelques précisions sur les courses tendineuses peuvent intéresser le rééducateur :

Wehbé [134](Fig. 21) a fait des mesures radiologiques au cours d'une chirurgie de tunnel carpien. Il implante des marqueurs sur les tendons des FDP et FDS et analyse les glissements tendineux au cours de cinq positions des doigts :



A B C D E

Fig. 21 : Glissements tendineux avec cinq positions différentes selon Wehbé.

A : Doigts en rectitude.
B : Position intrinsèque : MCP à 90°, IPP et IPD à 0°.
C : Poing doigts tendus : MCP et IPP à 90°, IPD à 0°.
D : Crochet : MCP à 0°, IPP et IPD en flexions maximales.
E : Poing fermé : MCP, IPP et IPD en flexions maximales.

La course tendineuse par rapport à la gaine est maximale poing tendu pour le FDS et poing fermé pour le FDP.

Le passage du poing doigts tendus à la position du crochet permet un glissement différentiel maximum entre le FDP et le FDS. Il est de l'ordre de 13 mm.

Wehbé a calculé avec la même méthode les courses tendineuses du FDP et du FDS au cours d'un mouvement complet de flexion-extension des doigts. Il a associé ceci avec des mouvements de flexion-extension maximaux du poignet.

Le poignet étant en position neutre, le FDS a une course de 24 mm et le FDP de 32 mm. Ces courses augmentent au cours de la mobilisation complète du poignet pour atteindre 49 mm pour le FDS et 50 mm pour le FDP.

Cette mobilisation du poignet induisant un glissement tendineux est intéressante puisque, comme nous le verrons plus loin, la mobilisation en ténodèse exploite ces mouvements.

Mc Grouther [67] constate que la zone où les glissements du FDS et du FDP sont les plus faibles correspond à peu de chose près au "no man's land".

Il montre que dans cette zone, une course tendineuse complète du FDP et un glissement différentiel maximum du FDP par rapport au FDS sont obtenus par la flexion de l'IPD. En effet, la mobilisation passive de l'IPD produit un glissement différentiel de 1mm pour chaque dizaine de degrés de flexion de l'IPD.

Horii [52] trouve que la flexion de l’IPP entraîne un maximum de glissement des deux tendons par rapport à la gaine synoviale. Mc Grouther [67] le chiffre à 1,3mm pour chaque dizaine de degrés de flexion passive de l'IPP.

Ces deux constatations abondent dans le sens de la mobilisation passive de Duran.

Souvenons-nous ici des résultats de Silfverskiold [106] sur l'importance de la mobilisation active de l'IPD qui multiplie par trois la course tendineuse du FDP par rapport à la mobilisation passive.

5 RÉÉDUCATION POST-OPÉRATOIRE

5.1 LUTTE ANTI-ŒDÈME

Plus que dans toute autre rééducation de la main, la lutte anti-œdème est primordiale.

Je renvoie le lecteur à la page 31 pour se remémorer les effets délétères de l'œdème sur les résistances internes et sur l'augmentation jusqu'à 25% du WOF.

C'est là que le schéma du modèle articulaire d'Evans prend tout son sens.

Quel que soit le protocole utilisé une lutte anti-œdème est mise en œuvre pour éviter sa fixation et son organisation fibrosante.

Le non-respect de cette règle entraîne une majoration des contraintes sur la réparation tendineuse et un risque de rupture accru.

Les moyens classiques sont utilisés :

- La surélévation de la main au-dessus du cœur.
- L'activation du cœur périphérique, chère à Thomas [126], par la mobilisation passive.
- Le drainage lymphatique.
- Les bandages compressifs type Coheban ou les doigtiers en jersey élastique réajustés en fonction de la fonte de l'œdème.

N'oublions pas l'étude de l'équipe de Saint-Louis [45] qui préconise de différer la mobilisation au quatrième jour post-opératoire pour éviter de stimuler l'inflammation et la formation de l'œdème.

5.2 OPTIONS THÉRAPEUTIQUES

Après une suture tendineuse, plusieurs options de rééducation sont possibles. Le chirurgien décide quel type de protocole utiliser en fonction de la coopération du patient, de l'étendue des lésions, du geste chirurgical pratiqué, et de la technicité de l'équipe de rééducation.

Il a le choix entre l'immobilisation et les techniques de mobilisation protégée.

La multitude des protocoles, leurs variantes ainsi que les termes employés pour les décrire ne permettent pas toujours de se situer rapidement lors de la lecture d'articles notamment anglo-saxons.

Tubiana [61][126] pour plus de clarté les classe en :

- Techniques passives qui consistent en une flexion passive et une extension passive.
- Techniques semi-actives qui comportent une flexion passive et une extension active.
- Techniques actives qui consistent en une flexion active et une extension active.

Toutes ces techniques de mobilisation sont accompagnées d'une attelle de protection pour ne pas mettre en péril la réparation tendineuse.

Problème des lésions associées

Tous les types de lésions peuvent être présents lors d'une atteinte des tendons fléchisseurs que ce soient ostéo-articulaires, cutanés, vasculo-nerveux.

Ces lésions conditionnent la qualité de la récupération ainsi que le type de protocole à utiliser.

Si une mobilisation immédiate est possible après les réductions et ostéosynthèses des fractures osseuses ce n'est pas toujours le cas après les sutures vasculo-nerveuses.

La microchirurgie permet de récupérer une sensibilité et une trophicité digitale à long terme. Le rééducateur doit cependant être prudent, après une lésion vasculo-nerveuse la cicatrisation est moins bonne et la fragilité tendineuse accrue

Cependant un geste chirurgical vasculo-nerveux ne doit pas condamner toute rééducation pendant quinze jours. N'oublions pas que la phase fibroblastique génératrice d'adhérences est à son comble pendant cette période.

Le chirurgien en fonction de sa réparation peut autoriser une mobilisation douce après quelques jours sans mise en tension des sutures vasculo-nerveuses.

Pour cela il faut garder les interphalangiennes fléchies à 15°-20° au cours de la mobilisation et dans l'attelle pendant 10 à 15 jours. Cette mobilisation se fera sur un doigt préparé et débarrassé au maximum de son œdème.

Je ne décris pas en détail les différents protocoles qui sont devenus des classiques, mais je vais m’attacher à décrire les particularités qui peuvent intéresser les rééducateurs.

5.3 IMMOBILISATION

Considérant les résultats médiocres (cf. les résultats de l’étude de Strickland[115]), les indications d’une immobilisation sont limitées aux patients non-coopérants, aux enfants en dessous de dix ans, aux traumatismes avec lésions associées nécessitant une immobilisation et à quelques pays ou planètes où la rééducation n’existerait pas…

Dans ces cas là, un plâtre circulaire antébrachial est réalisé en position de protection : poignet à 30° de flexion, MCP à 60° de flexion et IP en rectitude.

Ce plâtre est conservé quatre semaines, puis il est remplacé par une attelle dorsale de protection pendant encore quinze jours.

A l’ablation du plâtre, la mobilisation passive et le travail actif sont débutés.

Comme pour les autres techniques de rééducation, le travail contre résistances progressives est entrepris à partir du troisième mois.

5.4 TECHNIQUES PASSIVES

5.4.1 Protocole de Duran

Les protocoles de rééducation passive sont tous inspirés de la technique de Duran qui constate, en 1975, qu'une course tendineuse de 3 à 5mm est suffisante pour prévenir la formation d'adhérences.

Le patient est immobilisé dans une attelle dorsale de protection pendant quatre à cinq semaines. Le poignet est à 20°–30° de flexion, les MCP sont à 60° de flexion et les interphalangiennes sont maintenues en extension par une bande Velcro®. L'attelle peut ensuite être remplacée pour deux semaines par un bracelet, le doigt lésé étant relié à un élastique qui le maintient en flexion assurant ainsi sa protection par effet ténodèse.

Lors des exercices, le coude est placé en flexion-pronation pour obtenir une détente des fléchisseurs.

Pendant toute la durée d'immobilisation par l'attelle de protection une mobilisation passive des doigts est pratiquée toutes les heures. Duran décrit deux types de mobilisation pour optimiser les glissements (Fig. 22) :

- Une mobilisation passive (a) en flexion-extension de l'IPD qui permet un glissement différentiel du FDP par rapport au FDS et donc des sites de sutures l'un par rapport à l'autre.
- Une mobilisation passive (b) en flexion-extension de l'IPP qui permet un glissement des deux tendons par rapport aux structures environnantes du canal digital.

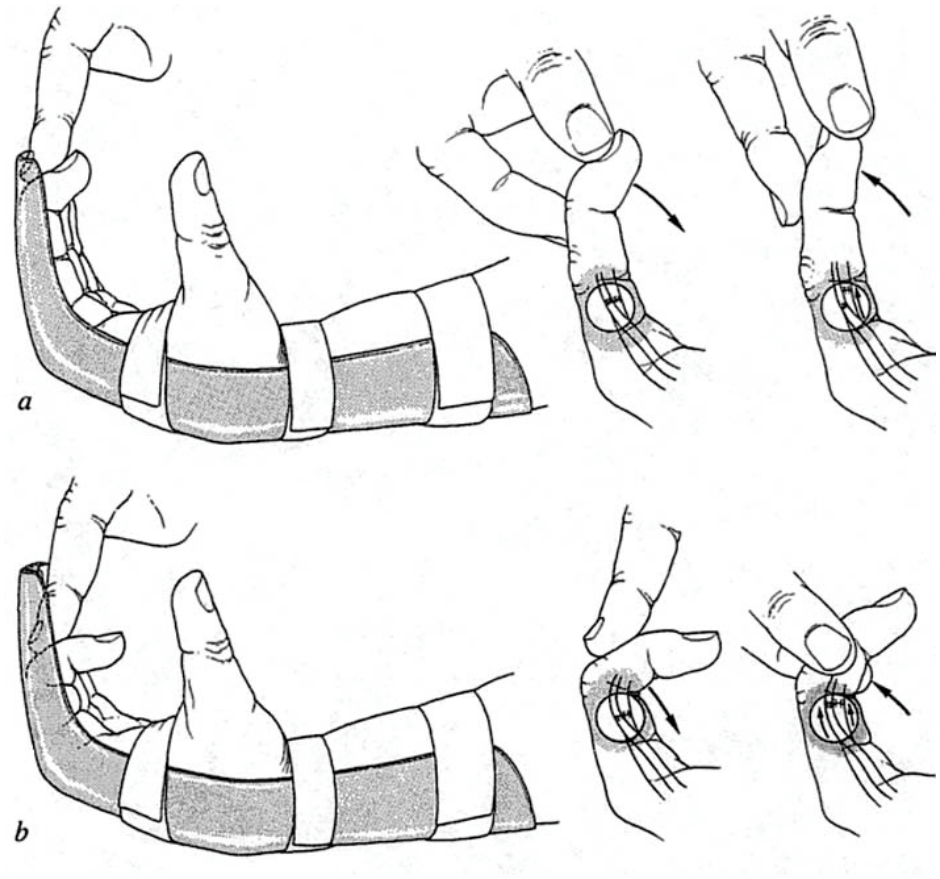


Fig. 22 : Mobilisations passives selon Duran.

La mobilisation active est débutée à la quatrième semaine et la protection est assurée par le bracelet décrit précédemment.

Comme dans tous les autres protocoles, le travail contre résistance progressive est débuté à partir de la huitième semaine. Quant aux résistances maximales, elles ne sont appliquées qu'à partir de la douzième semaine.

L'équipe de Bichat [1][82] qui utilise largement la technique de Duran et l'effet ténodèse, mobilise aussi en flexion-extension chaque articulation du coude aux doigts en plaçant les articulations sus et sous-jacentes en flexion maximum pour détendre le système fléchisseur.

5.4.2 Exercices en ténodèse

Pour augmenter la course tendineuse sans augmenter de façon dangereuse la traction sur les sutures, la mobilisation en ténodèse (Fig. 23) est une piste à retenir.

Elle consiste à utiliser les mouvements actifs de flexion-extension du poignet pour engendrer un mouvement passif des doigts et induire un glissement tendineux.

Lors de la flexion active du poignet, les extenseurs sont mis en tension ce qui entraîne une extension passive des doigts. Inversement, l'extension active du poignet induit une flexion passive des doigts.

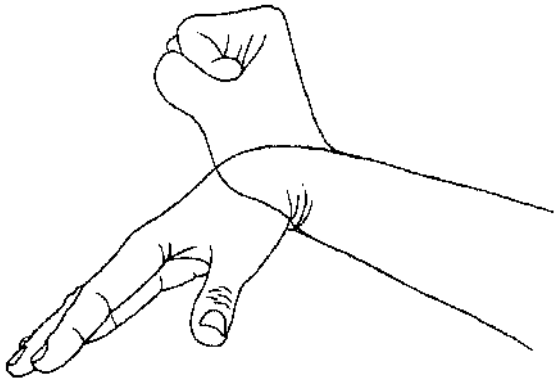


Fig. 23 : Effet ténodèse.

Cooney [20] s'est intéressé à cette mobilisation en ténodèse. Il a mesuré les courses tendineuses et les glissements différentiels tendineux en comparant l'utilisation de trois types d'attelles :

- Attelle de Kleinert.
- Attelle de Kleinert modifiée avec une poulie de réflexion au niveau du pli palmaire distal pour le tracteur élastique.
- Attelle permettant les mouvements de ténodèse.

Cooney enregistre une nette supériorité des résultats en utilisant l'effet ténodèse.

Cette même équipe de la Mayo clinic [52] a cependant modéré ces résultats quelques années plus tard avec une étude similaire : s'il y a bien une nette augmentation de la course tendineuse du FDP et du FDS avec l'utilisation de l'effet ténodèse, en revanche le glissement différentiel entre le FDP et le FDS est équivalent avec les trois types d'attelles.

Les bienfaits de la mobilisation en ténodèse sont encore démontrés par la Mayo clinic [137] qui vient de quantifier les adhérences tendineuses survenant au cours d'une rééducation passive classique et au cours d'une rééducation avec l'utilisation de mouvements synergiques de ténodèse. Une nette diminution de la formation d'adhérence est observée dans le deuxième cas.

Cette mobilisation avec effet ténodèse est exploitée par de multiples équipes en complément d'un protocole classique pour améliorer la course tendineuse.

Il faut prendre bien soin d'enseigner au patient à se relâcher lors de ces mobilisations en ténodèse. En effet, il a souvent tendance à effectuer des contractions actives parasites.

Cannon et Strickland [118] utilisent une attelle articulée, permettant des mouvements synergiques du poignet, combinée à des exercices actifs de placé-tenu comme nous le verrons plus loin.

5.4.3 Mobilisation passive continue (CPM)

Gelberman [39], dans une étude prospective, analyse les résultats obtenus par des patients qui sont mobilisés onze heures par jour avec un arthromoteur et d'autres patients qui suivent un protocole de mobilisation passive classique avec environ trente minutes de mobilisation par jour.

Les résultats sont meilleurs avec le CPM. Une évaluation selon Strickland donne une mobilité de l'IPP + IPD de 138° contre 119° avec une technique classique.

Néanmoins, il a rencontré avec le CPM beaucoup de problèmes mécaniques ainsi qu'un manque de compréhension des patients.

Bunker [13] qui utilise une attelle CPM rencontre les même problèmes. Il note en plus, qu'avec son montage, la mobilisation de l'IPD est limitée.

Si la mobilisation passive continue améliore sensiblement les résultats, je trouve que la CPM est difficile à mettre en œuvre, vu les contraintes techniques et la nécessité d'une bonne collaboration du patient, sans compter les problèmes de coût.

D'autre part comme le souligne Gelberman [39], les résultats peuvent être équivalents avec une technique passive classique en augmentant la périodicité des mobilisations.

En définitive peu d'équipes utilisent ces systèmes.

5.5 TECHNIQUES SEMI-ACTIVES

5.5.1 Kleinert

5.5.1.1 Description

En 1967 Kleinert [57] décrit la technique semi-active pour la réparation des tendons fléchisseurs inspirée de celle de Young et Harman [131]. Ces derniers utilisent bien un rappel élastique en flexion mais le doigt est ramené passivement en extension à l'aide de l'autre main.

Avec le protocole de Kleinert, le patient est immobilisé dans une attelle dorsale de protection pendant quatre à six semaines. Le poignet est à 30°- 40° de flexion, les MCP sont à 60°-70° de flexion.

Un élastique est fixé à l'ongle du doigt lésé soit par un point trans-unguéal soit par l'intermédiaire d'un crochet collé. Il protège en permanence la réparation en tirant en flexion les interphalangiennes.

Lors des exercices de rééducation sous couvert de l'attelle, une extension active des interphalangiennes est demandée jusqu'au contact de l'attelle, puis un retour passif en flexion est réalisé par l'élastique.

Au 21ème jour post-opératoire le poignet est redressé. Le tracteur élastique est enlevé au 30ème jour et des exercices de flexions actives sans résistance sont débutés.

La technique d'origine a subit plusieurs modifications notamment avec l'ajout d'une barre palmaire (Fig. 24) ou d'une poulie de réflexion au niveau du pli palmaire proximal pour l'index et le majeur et du pli palmaire distal pour l'annulaire et l'auriculaire. En effet, ceci permet une flexion maximale de l'IPD dont nous avons vu le rôle indispensable sur la course tendineuse et le glissement différentiel FDP-FDS.

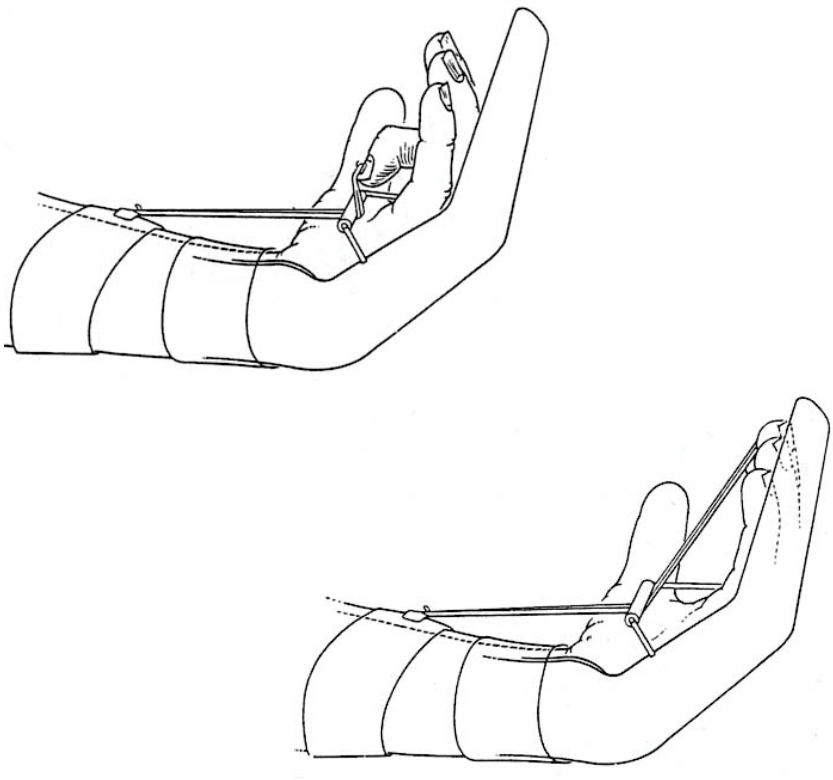


Fig. 24 : Attelle de Kleinert modifiée.

5.5.1.2 Electromyogramme

Kleinert affirme que lors de l'extension des doigts contre la résistance de l'élastique il y a un silence des fléchisseurs à l'électromyogramme (EMG).

Ce repos des fléchisseurs sur lequel se fonde Kleinert est remis en cause par de nombreux auteurs [94].

Citron [19] montre qu'avec une attelle de Kleinert l'extension active du doigt contre la résistance de l'élastique engendre une réponse électromyographique du FDP variable en fonction des individus. D'autre part, l'augmentation de la résistance à l'extension par le tracteur élastique ou par l'œdème majore la co-contraction réflexe du FDP.

Tajima [119] explique que lors de l'extension des interphalangiennes par les lombricaux, il y a une cocontraction réflexe du FDP pour éviter la migration distale de l'origine des lombricaux, permettant ainsi un renforcement de la puissance de l'extension des IP.

Pour Wang [132] la migration distale de l'origine des lombricaux permettrait de protéger le site de suture en tractant distalement les fléchisseurs.

Van Alphen [131] qui réalise des EMG du FDP et du FDS sous différents types d'attelles et de tracteurs dynamiques arrive aux même conclusions. Il note aussi que seule l'extension digitale sans résistance n'entraîne aucune contraction des fléchisseurs.

Ainsi, si l'on désire diminuer les co-contractions réflexes des fléchisseurs il faudra réduire au maximum les résistances à l'extension que se soient celles du tracteur dynamique ou celles engendrées par l'œdème.

5.5.1.3 Systèmes dynamiques

Le tracteur le plus utilisé est un élastique.

Plusieurs équipes ont essayé de diminuer la résistance à l'extension du système dynamique en utilisant divers types d'élastiques. En effet le patient n'arrive pas toujours à étendre complètement ses interphalangiennes.

Werntz [135] a conçu l'attelle PFT (Kleinert 3ème génération). Cette attelle comporte un levier avec un ressort sur lequel est relié l'élastique qui tire le doigt en flexion. Au cours de l'extension digitale active, le levier bouge distalement permettant ainsi de diminuer la résistance appliquée au doigt.

De plus pendant la flexion, la barre palmaire se rapproche de la paume permettant d'obtenir une plus grande flexion de l'IPD. En extension cette barre s'éloigne de la paume contribuant ainsi à diminuer la résistance à l'extension.

Elle mesure la résistance de l'élastique qui passe de 65g à 210g au cours de l'extension du doigt dans une attelle de Kleinert classique, alors qu'avec l'attelle PFT la résistance atteint seulement 85g.

Rouzeaud [96] a mis au point une gamme de différents ressorts spiralés étalonnés et adaptés à la force de chacun des doigts. Ils permettent d'obtenir une résistance à l'extension plus homogène. Ce système a depuis été abandonné à cause de son coût.

Je trouve que tous ces procédés sont bien compliqués et onéreux pour un résultat que l'on peut obtenir de façon beaucoup plus simple. Si l'indication d'une attelle de Kleinert est posée, ceci sous-entend que le patient est suffisamment collaborant et motivé pour faire ses exercices. Pour ma part, je demande donc au patient, quand il étend le doigt, de relâcher la tension de l'élastique en s'aidant de l'autre main.

5.5.1.4 Nombre de doigts concernés par le rappel élastique

Les avis divergent sur le nombre de doigts à appareiller.

Alors que dans la technique de Kleinert l'élastique ne tracte qu'un seul doigt, les équipes suédoises [56][76][106] défendent l'emploi de tracteurs élastiques fixés sur tous les doigts.

Ce protocole "quatre doigts" présente plusieurs avantages :

- Empêcher le patient de se servir des autres doigts libres.
- Diminuer les résistances à la flexion du doigt en tractant distalement l'appareil extenseur par l'intermédiaire des juncta tendineux. Ceci évite l'effet quadrige et la mobilité du doigt s'en trouve augmentée.
- Recruter le maximum d'unités motrices lors de l'extension contre la résistance des élastiques.

May [76] et Karlander [56] comparent leur technique "quatre doigts" avec le protocole de Kleinert modifié. Ils obtiennent des résultats bien meilleurs. La mobilité est augmentée et les contractures des IP sont nettement diminuées.

Ce dernier point mérite d'être précisé. En effet ils n'attribuent pas ce résultat sur les flessums au seul emploi de quatre élastiques. Dans leurs protocoles ils utilisent une attelle dorsale de protection courte qui s'arrête aux IPP évitant une entrave à l'extension. D'autre part la nuit les IP sont positionnées en extension avec le rajout d'une coque palmaire. Ils notent un taux de rupture équivalent.

5.5.1.5 Problème de flessums des interphalangiennes

Une des critiques de la méthode de Kleinert est la survenue de flessums des interphalangiennes, en particulier de l'IPP, due au maintien prolongé en flexion digitale, à une surveillance négligée et à une mauvaise compréhension du patient.

En ce qui nous concerne, en dehors des séances d'exercices nous décrochons le système de traction et nous positionnons les interphalangiennes en extension contre l'attelle dorsale. Pour ce faire la nuit nous utilisons une bande Velcro® élastique pour éviter qu'une contraction réflexe se produise contre un élément fixe et conduise à une rupture tendineuse.

Rouvillois [95] pense que le fait, de ne pas immobiliser complètement en course interne les tendons fléchisseurs, permet de diminuer les phénomènes de sidération musculaire lors de la reprise du travail actif.

Thomas [126] préconise dans les premiers temps de ne pas s'acharner à tout prix sur les flessums qui pourront être réduits plus tard. Si malgré tout un gain d'extension est nécessaire, il conseille de posturer les doigts en extension le jour et non pas la nuit car il craint l'effet délétère sur les sutures des contractions réflexes nocturnes.

Il est à noté que dans beaucoup d'études le taux de rupture est équivalent avec le positionnement digital en extension nocturne.

Il faut être très vigilant et bien enseigner au patient les exercices d'extension active en diminuant au maximum la résistance.

Nous lui apprenons à positionner la MCP en flexion maximale pour obtenir un travail actif des lombricaux le plus efficace possible.

Le rééducateur peut mobiliser passivement en extension chaque IP en positionnant les autres articulations en flexion forcée pour travailler en gain articulaire tout en ménageant la suture.

Si malgré tout un flessum est présent, le port à partir du trentième jour d'une orthèse statique d'extension puis à la sixième semaine d'une orthèse dynamique est préconisé.

En cas de suture vasculo-nerveuse nous laissons une flexion des IP d'une quinzaine de degrés pendant dix à quinze jours pour ne pas compromettre le geste micro-chirurgical.

5.6 TECHNIQUES MIXTES

Chow [18] dans son étude désormais classique, combine le protocole de Duran avec celui de Kleinert modifié par l'ajout d'une poulie de réflexion palmaire.

Malgré les réserves émises sur la représentativité de ses patients qui sont tous des militaires disciplinés et coopérants qui bénéficient d'un suivi très strict, il obtient 98% de bons à excellents résultats avec la classification de Strickland première version.

L'équipe de Saldana et Chow[99] effectue une évaluation quelques années plus tard dans des conditions analogues. Elle modère un peu ces résultats avec tout de même 93% de bons à excellents résultats avec la même classification.

Ainsi il semble que la combinaison des techniques soit bénéfique en gardant à l'esprit la représentativité des patients et les conditions de traitement très favorables.

Rappelons-nous à ce sujet que Manske [69] pense que les bons résultats des protocoles de rééducation passifs ou semi-actifs sont dus au fait que le patient "triche" et contracte inconsciemment ses muscles. Le patient ainsi mobiliserait activement son site de suture.

5.7 TECHNIQUES ACTIVES

Nous avons vu tous les bénéfices que nous pouvons tirer des techniques actives en ce qui concerne la cicatrisation et le glissement tendineux. Si le type de lésion et la coopération du patient le permettent une mobilisation active peut être envisagée. La résistance et la protection de la suture restent une question majeure.

Ces dernières années de nombreuses équipes mettent au point des protocoles de rééducation actifs ou comportant une dose de travail actif.

5.7.1 Placé-tenu

Cette technique largement développée par Cannon et Strickland [15] est connue sous le nom de "Frayed tendon program".

Elle consiste, sur un doigt assoupli et drainé de son œdème, à positionner passivement les doigts en flexion puis le patient tient activement la position avec le moins de force possible pendant cinq secondes.

La contraction isométrique des fléchisseurs permet d'obtenir une course tendineuse maximale tout en exerçant une force de traction minimale sur le site de réparation.

En effet la contraction des fléchisseurs n'a pas à réaliser la mobilisation des segments en luttant contre toutes les résistances internes.

Le placé-tenu est utilisé par de nombreux rééducateurs qui désirent travailler avec une technique active peu contraignante pour la suture [15][17][31][106][113][126]

Thomas [126] qui est un des précurseurs de l'utilisation du placé-tenu dans le programme grenoblois et Stewart [113] préconisent d'utiliser un appareil de myofeedback pour apprendre au patient à doser sa contraction. Ceci peut s'avérer particulièrement utile les premiers jours dans le cas d'une sidération musculaire.

Silfverskiöld [106][107] qui utilise le placé-tenu sous couvert d'une attelle de Kleinert modifiée avec les quatre doigts munis d'un rappel élastique, obtient comme nous l'avons vu précédemment de bien meilleurs résultats sur la course tendineuse et l'amplitude de mouvement, par rapport à une mobilisation uniquement passive.

Savage [100], dans le but de diminuer les forces de traction au niveau de la suture, a déterminé la position du poignet et des MCP pour que la tension au niveau des fléchisseurs, au cours d'un travail de flexion active, soit minimale.

L'extension du poignet permet de diminuer la résistance passive des extenseurs lors de la flexion digitale, en contrepartie elle augmente la puissance des fléchisseurs.

Avec le poignet en extension nous bénéficions du glissement tendineux passif de l'effet ténodèse majoré du glissement actif du placé-tenu.

Il préconise donc de positionner le poignet à 45° d'extension et les MCP à 90° de flexion. Il est conscient que cette mise en position de fonction de la main peut susciter des mouvements incontrôlés du patient qui est tenté d'utiliser sa main.

Pour cette raison je pense qu'il faut réserver cette position uniquement à la réalisation d'exercices de flexion sous contrôle et non pas comme position permanente de protection dans l'attelle.

Savage [101] a du reste modifié sa position de protection puisqu'il place maintenant le poignet en position neutre en gardant les MCP à 90° de flexion et les IP en extension.

Cependant Elliot [32], ainsi que plusieurs équipes, positionne le poignet avec quelques degrés d'extension sans subir plus de rupture et en ayant les mêmes pourcentages de bons et excellents résultats qu'avec une position de protection classique.

Certains gardent tout de même le poignet en flexion lors des exercices de placé-tenu.

C'est le cas d'Evans [31] qui détermine la position des différentes articulations pour effectuer un placé-tenu : poignet entre 20° et 30° de flexion, MCP à 80° de flexion, IPP à 75° de flexion et IPD à 40° de flexion.

Dans cette position la tension musculaire est minimale pour vaincre les résistances viscoélastiques des différents éléments antagonistes.

Elle indique que le placé-tenu, ainsi réalisé est compatible avec la résistance mécanique de toutes les sutures y compris les doubles brins.

Cannon et Strickland [118] ont associé la mobilisation en ténodèse avec des exercices de placé-tenu en utilisant une attelle articulée (Fig.25-26).

Le patient fléchit passivement les doigts puis étend le poignet. Ensuite le patient doit tenir la position de flexion digitale cinq secondes, avec la contraction la plus légère possible. Il termine l'exercice en relâchant le poignet ce qui entraîne le retour en extension des doigts contre l'attelle.

L'utilisation de cette attelle articulée est intéressante mais elle oblige le patient à avoir aussi une attelle de protection en dehors des séances d'exercices. Ceci implique un changement d'attelle par le patient avec les risques que cela comporte pour la réparation tendineuse.

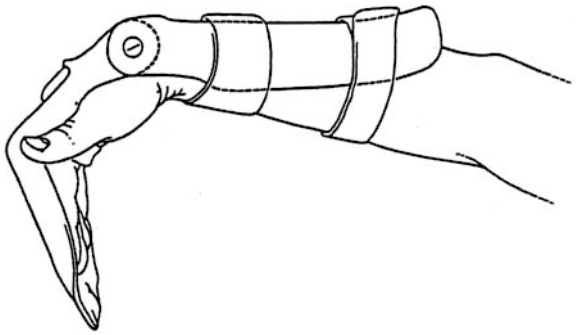


Fig. 25 : Attelle articulée en flexion de poignet.

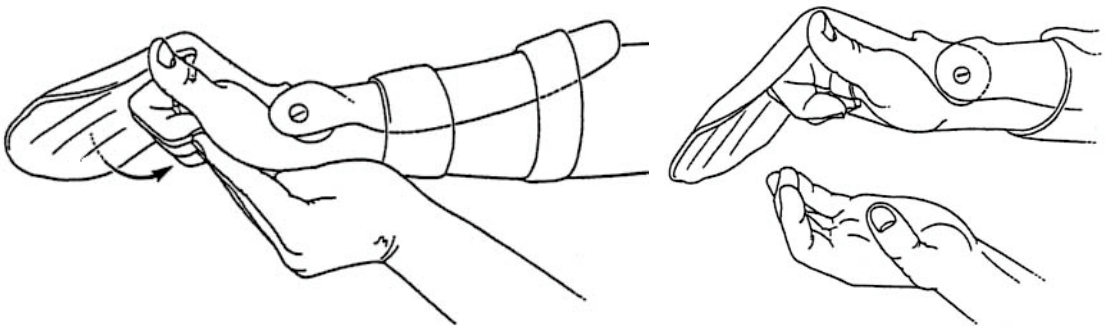


Fig. 26 : Exercices de placer-tenir dans l'attelle.

Dymarczyk [30] qui applique ce protocole vient de modifier son attelle articulée. Elle sert à la fois pour la période de protection tendineuse et pour le temps des exercices. Elle rajoute en face dorsale une pièce amovible permettant de bloquer l'attelle avec 30 degrés de flexion de poignet pour la position de protection de la suture. Pendant les exercices, elle libère les mouvements du poignet qui sont autorisés dans un secteur de 30/0/30.

5.7.2 Mobilisation active protégée

Si le placé-tenu fait partie de l'arsenal thérapeutique d'un grand nombre de confrères, en revanche les protocoles plus actifs sont encore controversés en raison du risque qu'ils peuvent engendrer pour les sutures si l'indication est mal posée et si les rééducateurs ne sont pas rompus à ce genre de techniques.

Ces dernières années, une part croissante de centres spécialisés arrivent à dompter leurs peurs et adoptent la mobilisation active dont nous avons vu les effets bénéfiques que nous pouvions en tirer.

D'autre part n'avons-nous pas tous constaté que la majorité des patients font des contractions actives volontaires ou inconscientes, chez eux ou en se rhabillant après notre "belle séance de rééducation bien cadrée" ?

Ne faut-il pas mieux utiliser une rééducation active contrôlée bien conduite et supervisée, plutôt que de laisser le patient contracter chez lui ses fléchisseurs "juste pour voir si ça marche", ceci dans des positions dangereuses ?

Small [111] est l'un des promoteurs de la technique de mobilisation active protégée avec des sutures en cadre de type Kessler. Son protocole de "controlled active motion" rebaptisé "Belfast regimen" a été repris ou a inspiré la majorité des équipes [6][7][21][32][33][41] en particulier britanniques.

Small réalise une attelle plâtrée circulaire au niveau du poignet pour éviter tout glissement dans l'attelle. Il positionne le poignet à 45° de flexion, les MCP à 90° de flexion et les IP en rectitude. Toutes les deux heures, sous la supervision du rééducateur, deux mouvements de flexion passive suivis de deux mouvements de flexion active sont réalisés. Les amplitudes permises en flexion des IP sont augmentées progressivement. Le plâtre est retiré à six semaines.

Il obtient dans cette grande série de 114 patients, 77% d'excellents à bons résultats avec le T.A.M. Il est à noter tout de même un taux de ruptures non négligeable de 9,4% dont 25% des sutures du cinquième doigt.

Ce protocole original est adapté par les différents rééducateurs; ainsi la flexion du poignet de 45° est souvent diminuée car elle n'est pas toujours bien supportée.

Cullen [21] et Bainbridge [6] préconisent 30° de flexion. Gratton [41] préfère 20° de flexion.

Elliot et Harris [32][33] reprenant le protocole de Small de façon plus agressive ont commencé par positionner le poignet à 30° pour le placer actuellement en position neutre voir en légère extension.

Ils augmentent chaque semaine de 25% l'amplitude de flexion active permise pour arriver à 100% de la mobilité totale à la quatrième semaine.

L'originalité du protocole d'Elliot est l'adjonction d'une plaque garde-fou antérieure qui rend l'utilisation de la main impossible. Dernièrement Harris [47] a remplacé cette plaque par un filet élastique qui prévient l'usage des doigts mais aussi

maintient les doigts contre l'attelle avec une certaine élasticité en cas de contractions réflexes.

Pour éviter au patient la tentation d'utiliser sa main de façon inconsidérée plusieurs remèdes sont préconisés :

- Gratton [41] fait déborder son attelle de deux centimètres distalement.
- Les partisans du protocole de Kleinert avec le maintient permanent du doigt en flexion pensent que cette position "anti-fonctionnelle" est un bon moyen de dissuasion.
- La technique des "quatre doigts" équipés d'élastiques de l'école suédoise [56][76][106] est un autre moyen.
- Je pense que l'éducation thérapeutique du patient est primordiale dans ce domaine et reste le meilleur moyen de prévention.

Pour sa part, l'équipe nantaise [8] adapte le protocole de Belfast avec la mobilisation active précoce (MAP), gardant toujours le principe d'une auto-rééducation.

Sous couvert d'une attelle de protection thermoformée le patient réalise une auto-mobilisation passive en flexion-extension globale puis analytique.

Ensuite le patient effectue de façon douce et progressive des contractions actives globales en flexion.

Puis, le patient réalise quelques flexions actives analytiques en bloquant avec l'aide de la main opposée la première puis la deuxième phalange.

Comme me l'a confirmé l'un des auteurs, ce dernier exercice est à réserver à quelques rares patients particulièrement collaborants. En effet le blocage mal dosé d'une articulation peut être équivalent à un travail contre résistance.

En 1989, l'équipe bordelaise [93][94][95] avec son protocole de mobilisation en flexion active protégée (MFAP) associe une mobilisation active à un protocole de Kleinert modifié.

Une attelle dorsale de Kleinert modifiée est utilisée avec comme position de protection : le poignet à 30° de flexion, les MCP à 70° de flexion et les IP en rectitude. Une poulie de réflexion palmaire pour le rappel élastique est mise en place.

Rouvillois et Baudet dans leur protocole original cherchent à diminuer les résistances passives à l'allongement du système extenseur pour obtenir une sollicitation active minimale en flexion. Pour cela les autres doigts sains sont placés en flexion pour attirer distalement le système extenseur par l'intermédiaire des juncta tendineux. Actuellement ce positionnement n'est plus appliqué systématiquement.

Les sollicitations actives, dans des secteurs angulaires prédéterminés évoluant avec le temps, sont réalisées sous la supervision du rééducateur. Une mobilisation active analytique des IPP et des IPD est recherchée.

En dehors des séances le patient réalise des exercices semi-actifs type Kleinert. Au repos les IP sont maintenues en extension.

A l'hôpital cantonal de Genève nous appliquons depuis 1995 le protocole MFAP bordelais quand les conditions d'un travail actif sont réunies.

Nous avons la chance, grâce à notre service de garde, de pouvoir traiter le patient tous les jours y compris le week-end durant le premier mois. Ensuite selon l'évolution, le traitement passe à trois fois par semaine. Nous avons légèrement modifié et adapté le protocole de Bordeaux décrit précédemment :

- La nuit nous positionnons les interphalangiennes en extension dans l'attelle de protection à l'aide d'une sangle élastique munie de Velcro®.
- En dehors des séances de rééducation, le patient effectue des mobilisations semi-actives sous couvert de son attelle de Kleinert plusieurs fois par jour. Nous demandons au patient lors de l'extension des interphalangiennes de relâcher la tension de l'élastique en s'aidant de l'autre main.
- Pendant la séance, le rééducateur effectue des mobilisations passives globales et analytiques en respectant les positions de protection.
- Sous l'impulsion de l'école grenobloise, nous utilisons depuis deux ans la technique du placé-tenu en gardant le poignet en flexion voir en position neutre.
- Puis nous réalisons les mobilisations type MFAP.

Lors de la réalisation de ce mémoire, j'ai constaté les résultats encourageants des nombreuses études utilisant la mobilisation en ténodèse. Je pense que je vais essayer d'introduire prochainement cette technique dans mon service en l'associant à du placé-tenu. Ceci étant réalisé sous supervision.

Nous avons de la peine à "lâcher les patients dans la nature" avec seulement des consignes d'exercices. En effet, la diversité socioculturelle de nos patients genevois n'est pas toujours un atout en matière de collaboration.

Des protocoles actifs de plus en plus audacieux sans restriction d'amplitude en flexion sont utilisés par certaines équipes [49] qui emploient des techniques de suture plus solides. Ceci sera peut être une des voies d'avenir.

L'emploi du Teno Fix en est une illustration puisque les promoteurs de la technique indiquent que le travail actif immédiat est possible avec des mesures de protection minimales. Tout ceci avec un taux de rupture inexistant.

5.8 TECHNIQUES COMPLÉMENTAIRES

Je ne vais pas détailler les autres techniques adjuvantes connues de tous comme les ultrasons lytiques que l'on débutera à partir du quarante-cinquième jour post-opératoire en cas d'adhérences, l'application de silicone, la vacuothérapie, la pressothérapie, la cryothérapie et l'électrostimulation pouvant être débutée progressivement entre la 6ème et la 8ème semaine.

Le rééducateur adaptera tout son arsenal thérapeutique en fonction des délais, du protocole de rééducation choisi et de l'évolution.

6 RÉSULTATS

6.1 MÉTHODES D'ÉVALUATION DES RÉSULTATS

Plusieurs méthodes d'évaluation sont proposées. Chacune présente des avantages mais aussi des points faibles. En effet nous cherchons à évaluer des chaînes polyarticulaires qui sont contrôlées par les muscles extrinsèques, qui nous intéressent, mais aussi par les muscles intrinsèques.

Je ne présente que les trois méthodes d'évaluation les plus souvent employées.

6.1.1 Classification de la société américaine de chirurgie de la main

Proposée en 1976, elle est fondée sur la mobilité active totale (T.A.M)

Le T.A.M. est la somme des flexions des trois articulations: MCP, IPP, IPD, diminuée des déficits d'extension active de ces mêmes articulations. Ce chiffre est ramené à un pourcentage par rapport au T.A.M. du coté sain. (Tableau 1)

Un T.A.M. de référence de 260° est proposé dans le cas où le coté controlatéral ne serait pas utilisable. Il correspond à une flexion de: 80° de la MCP, 110° de l'IPP et 70° de l'IPD. L'utilisation de ce T.A.M. de référence de 260° n'est cependant pas souhaitable car comme le soulignent Romain et Allieu [91] il peut varier de 220° à 300°.

L'inconvénient de cette classification est qu'elle prend en compte la mobilité de la MCP. Des compensations peuvent interférer sur le résultat. Small [111] note qu'une faible flexion des IP peut être compensée par une hyper flexion de la MCP.

Un autre inconvénient est qu'un résultat excellent est difficile à atteindre puisqu'il correspond à 100% de la mobilité controlatérale.

Excellent	100 %
Bon	75 – 99 %
Moyen	50 – 74 %
Mauvais	< 50 %

Tableau 1 : Classification selon le T.A.M.

6.1.2 La classification de Strickland

Elle paraît mieux adaptée aux lésions des tendons fléchisseurs en zone II puisqu'elle ne tient pas compte des amplitudes de la MCP.

C'est la somme de la flexion active des IP diminuée des déficits d'extension éventuels. Ce T.A.M. interphalangien comparé à une valeur de référence standard de 175° est ramené à un pourcentage.

Ces 175° de référence correspondent à une flexion de 100° de l'IPP et de 75° de l'IPD. Certains conseillent de se servir plutôt des mesures du coté controlatéral.

Cette classification proposée en 1980 est très sévère. Strickland en 1985 la modifie et revoit les chiffres à la baisse, permettant ainsi à cette dernière version d'être plus optimiste que le T.A.M.

Or ceci n'est pas anecdotique. En effet quand nous regardons les différentes études et comparons les résultats, peu d'auteurs mentionnent si l'évaluation est réalisée avec un "Strickland" première (tableau 2) ou deuxième version (tableau 3).

Nous pourrions supposer que toutes les études effectuées après 1985 utilisent la deuxième version de Strickland or ceci n'est pas le cas. Je prends comme simple exemple l'étude de Baktir [7] réalisée en 1996 qui est citée par une majorité de travaux récents et qui utilise la première version de Strickland.

La classification de Strickland deuxième version a notre préférence. Elle est rapide à réaliser et elle est bien adaptée à la zone II.

Résultats	Pourcentage de mobilité IPP + IPD / 175	Mobilité IPP + IPD
Excellent	85 à 100 %	> 150°
Bon	70 à 84 %	125° à 149°
Moyen	50 à 69 %	90° à 124°
Mauvais	< 50 %	< 90°

Tableau 2 : Strickland première version.

Résultats	Pourcentage de mobilité IPP + IPD / 175	Mobilité IPP + IPD
Excellent	75 à 100 %	> 132°
Bon	50 à 74 %	88° à 131°
Moyen	25 à 49 %	44° à 87°
Mauvais	< 25 %	< 44°

Tableau 3 : Strickland deuxième version.

6.1.3 La classification de Buck-Gramcko

Elle tient compte de quatre paramètres:

- La distance de la pulpe au pli palmaire composé (DPP). Pli formé par une ligne passant par le pli palmaire distal ulnaire et le pli palmaire proximal radial.
- La mobilité active totale T.A.M.
- Le déficit d'extension MCP + IPP + IPD.
- La somme des flexions MCP + IPP + IPD.

Il attribue un score à chaque mesure (Tableau 4).

Cette méthode qui prend en compte plusieurs paramètres est assez fastidieuse à réaliser. De plus elle utilise la notion de DDP qui demande beaucoup de rigueur pour ne pas être la source d'approximations.

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

Tableau 4 : Classification de Buck-Gramcko.

6.2 COMPARAISON DES RÉSULTATS DES PROTOCOLES

Il est pratiquement impossible de comparer les résultats tant les conditions des études sont différentes et les classifications utilisées multiples.

Une étude, selon qu'elle est évaluée avec une classification optimiste ou non, peut voir ses résultats basculer de bons à moyens par exemple.

Au cours de ce travail, j'ai vu bon nombre d'auteurs qui se risquent à le faire et qui mélangent, sans le préciser, dans le même tableau des résultats évalués par le T.A.M., le "Strickland" première ou deuxième version, le "Buck-Gramcko" ou autres classifications.

J'ai été confronté à ce problème quand j'ai voulu situer nos résultats par rapport à ceux obtenus par d'autres équipes. Si nous désirons absolument faire une comparaison, nous devons reprendre chaque étude originale et noter l'outil d'évaluation.

Nous voyons que pour essayer de parler un langage commun et pouvoir comparer les différentes études il serait bon qu'il y ait un consensus au sujet des méthodes d'évaluations.

Une étude a été réalisée à Genève pour évaluer le protocole MFAP bordelais utilisé dans notre service sur des patients entre 1996 et 2000 [40]. Il s'agit d'une petite série de vingt-deux patients. L'utilisation de la classification de Strickland deuxième version montre 81 % de bons à excellents résultats et aucune rupture tendineuse.

Il est à noter toutefois que parmi les huit patients exclus de l'étude pour manque de collaboration, trois ruptures sont à déplorer. Deux patients avaient abandonné leur attelle de protection entre la troisième et la quatrième semaine et un autre grimpait à un arbre…

Pour illustrer mon propos sur les classifications optimistes ou non, je me suis amusé à refaire les calculs de l'étude de Genève en utilisant le Strickland première version. Nous n'obtenons que 50% de bons à excellents résultats au lieu des 81% précédemment. Ceci est dû au fait qu'il y a beaucoup de résultats qui passent juste la barre du bon avec la deuxième version et qui tombent dans le moyen avec la première version.

Malgré la comparaison difficile, Elliot [32][33] souligne que les résultats des différentes études, quelle que soit la technique utilisée, sont bons à excellents dans 70% à 80% des cas.

Il relativise les résultats obtenus et modère le sentiment de satisfaction. En remarquant que même avec une classification de Strickland première version qui est pourtant sévère, un résultat excellent peut être obtenu avec 85% de la fonction normale.

Il pense d'autre part que les résultats publiés sont probablement meilleurs que ceux obtenus par la moyenne des différentes équipes qui traitent des lésions tendineuses.

Une petite précision peut intéresser les rééducateurs concernant entre autres les patients travaillant en plein air. Riaz et Small [88] dans une analyse de résultats à 10 ans notent que près de la moitié des patients ont des problèmes de sensibilité au froid. Ils ne présentaient pas tous au départ de lésions vasculo-nerveuses associées.

6.3 RUPTURES TENDINEUSES

La rupture tendineuse est la complication majeure tant redoutée des rééducateurs. Harris et Elliot [34] notent dans leur étude qu'elle survient dans 91% des cas au cours des cinq premières semaines; période pendant laquelle ils suggèrent un port continu de l'attelle de protection.

La reprise chirurgicale immédiate n'est pas toujours possible et le recours à une greffe en deux temps de type Hunter est fréquemment utilisé. Les prises en charge sont ainsi beaucoup plus longues. D'autre part, lors d'une rupture, le patient est souvent à classer dans la catégorie "moyennement collaborant" avec un risque de lassitude au cours de son traitement entraînant des résultats plus aléatoires.

La cause d'une rupture tendineuse est très difficile à déterminer. En effet, un patient peut très bien fragiliser progressivement la réparation avec des activités plus ou moins dangereuses, la rupture se produisant alors ultérieurement au cours d'une action autorisée. D'autre part, le patient se sent tellement fautif qu'il n'ose pas toujours indiquer les vraies circonstances du lâchage tendineux.

Une des raisons souvent invoquée dans les causes de rupture est la mobilisation active en flexion.

Peck [84] constate un taux de rupture anormalement élevé de 46% en utilisant un protocole actif de Belfast alors qu'il n'est que de 7,7% avec un protocole de Kleinert. Devant un taux de rupture aussi important qui n'est retrouvé dans aucune autre étude, nous pouvons nous poser des questions sur la population traitée et le bien fondé de l'indication d'un protocole actif. Peck admet que les patients n'ont probablement pas respecté les consignes de prudence.

Pour sa part Elliot [33] qui compare les différentes études et les résultats obtenus par les protocoles passifs, semi-actifs et actifs, note un taux de rupture d'environ 5% quelle que soit la technique utilisée.

Dans une étude récente Harris et Elliot [34] analysent le taux et les causes de ruptures dans une série de 440 patients traités sur une période de sept années pour des lésions tendineuses en zone I et II.

Les patients bénéficient tous d'une suture classique en cadre type Kessler modifié.

En appliquant leur protocole précédemment décrit ils obtiennent, dans cette large série, un taux de ruptures de 4% en zone II et de 5% en zone I.

Ils notent que la moitié des cas de ruptures se produisent lors d'activités stupides où la main est utilisée avec ou sans attelle et que ces causes de rupture sont probablement sous estimées. D'autres encore, ont lieu à l'occasion d'une chute.

Ils relèvent que certaines se produisent la nuit. A ce sujet, nous avons vu les adaptations ou les précautions suggérées pour minimiser ce phénomène.

Enfin certaines de ces ruptures ont lieu lors d'exercices autorisés mais en est-ce vraiment la cause ?

Ils ne retrouvent pas de corrélation entre le taux de ruptures et l'âge, le sexe, la consommation de tabac et ni la localisation en zone 2C contrairement à Tang [120].

La morphologie tendineuse du cinquième doigt l'expose à un taux de rupture plus important et impose une vigilance accrue aux rééducateurs.

Small [111] note un taux de rupture de 25% des réparations au niveau du cinquième doigt contre 9,4% tous doigts confondus.

6.4 FACTEURS INFLUENÇANT LES RÉSULTATS

Nous avons déjà vu les facteurs aggravants comme les lésions associées notamment vasculo-nerveuses, les différents facteurs inhérents au geste chirurgical et au type de rééducation.

D'autres paramètres vont aussi conditionner les résultats:

- L'âge du patient:

  L'équipe de Besançon [127] montre que c'est un facteur de moins bon pronostic.

  Silfverskiöld [108] précise que l'âge a une incidence uniquement au niveau de l'amplitude du mouvement de l'IPD.

  Souvenons-nous ici que Tubiana [129] note un appauvrissement de la vascularisation avec l'âge du sujet; Amadio [3] note une influence de l'âge sur la structure tendineuse et les phénomènes de nutrition.

- Le nombre de tendons lésés:

  Silfverskiöld [108] constate un effet négatif sur l'amplitude de mouvement de l'IPP.

- Le nombre de doigts lésés sur la même main:

  Ceci a une influence, selon l'équipe suédoise [108], sur l'amplitude de mouvement de l'IPD.

- La prise en charge:

  L'équipe de Dautel [17] apporte une petite touche "discriminatoire" en constatant un accroissement de 14% des résultats satisfaisants lorsque la rééducation est effectuée dans un service spécialisé. Il est bien évident que la proximité des différents intervenants d'une équipe est un atout majeur pour la communication et l'ajustement des protocoles.

  Je pense que ceci doit inciter ces services à faire un travail d'information et d'explication auprès de confrères qui n'ont pas la chance de traiter fréquemment des lésions tendineuses.

  Dans le même état d'esprit l'utilisation du simulateur de rééducation des tendons (SIRETE) [71] peut être un bon moyen d'apprentissage dans les écoles pour les futurs professionnels mais aussi pour affiner les perceptions des rééducateurs de la main lors d'une mobilisation. En effet il faut une solide expérience pour sentir "dans ses doigts" et appliquer une force mobilisatrice suffisante pour entretenir un glissement tendineux tout en restant au dessous du seuil de rupture. Cet appareil qui permet de régler plusieurs paramètres de simulations peut être un bon outil d'entraînement sans le risque de "se faire la main" aux dépens du patient.

  Tous les moyens d'éducation thérapeutique seront utilisés pour obtenir une collaboration maximale du patient, garant d'un bon résultat.

  J'ai remarqué dans ma pratique que ce ne sont pas forcément les patients les plus frustres qui comprennent le moins bien les protocoles. Nous devons nous méfier des patients qui pensent comprendre tout de suite les explications. Le rappel des conseils n'est jamais superflu.

6.5 LA TECHNIQUE DE RÉÉDUCATION "IDÉALE"

Au vu des différentes études, nous ne pouvons affirmer la supériorité d'une technique par rapport à une autre tant les critères d'inclusion, la classification utilisée, le geste opératoire, la technicité et la pratique de l'équipe chirurgicale et de rééducation, sont différents.

Le chirurgien décide quel type de protocole utiliser en fonction de la coopération du patient, de son éloignement géographique, de la nature et de l'étendue des lésions, du geste chirurgical pratiqué et de la technicité de l'équipe de rééducation en charge du patient.

Il serait bon que les données reprises dans ce mémoire soient connues de tout rééducateur de la main contribuant ainsi à instaurer (ou à garder) un climat de confiance et un dialogue entre le chirurgien et le thérapeute.

Au vu du protocole opératoire et des indications du chirurgien, le rééducateur peut bâtir un programme personnalisé en tirant parti des différentes techniques et en les utilisant à bon escient de façon réfléchie.

La rééducation "idéale" d'une réparation tendineuse est un mélange, au cours d'une même séance, de techniques passives, semi-actives et actives, adaptées au patient.

Il n'y a pas de recette miracle mais il semble que la mobilisation active bien conduite, associée aux autres techniques, soit la plus judicieuse..

7 ENQUÊTE SUR LA PRATIQUE QUOTIDIENNE

7.1 BUTS

J'ai voulu, conjointement à mon étude bibliographique, connaître la pratique quotidienne de mes confrères dans le cadre d'une réparation des tendons fléchisseurs en zone II.

En effet, j'ai constaté que les protocoles classiquement décrits étaient très souvent modifiés, avec des adaptations personnelles qui pouvaient être intéressantes.

Je désirais connaître l'avis des rééducateurs concernant les limites des différents protocoles et les stratégies mises au point pour y remédier.

Je voulais d'autre part savoir s'il y avait un décalage entre la pratique de mes confrères et celles décrites par les équipes "de pointe" qui publient des études.

Pour ce travail, j'ai envoyé un questionnaire en trois feuillets (à lire en pièces annexes).

Cette enquête a été postée à 81 exemplaires, avec une enveloppe timbrée pour la réponse, aux centres de la main français et suisses et à différents membres de la société française de rééducation de la main (GEMMSOR).

Le taux de réponse de 37% est un score très honorable pour ce genre de questionnaire, sans obligation de suite, envoyé par un confrère étranger. Ceci confirme l'intérêt et l'implication des différents professionnels sur ce sujet.

Le questionnaire à été rempli par des kinésithérapeutes, des ergothérapeutes mais aussi des chirurgiens qui ont su trouver le temps de le faire.

Ceci prouve, que plus que dans toutes autres disciplines, il y a une prise de conscience de l'intérêt d'avoir une cohésion entre les différents acteurs d'une équipe de chirurgie de la main.

Rappelons ici le constat de Stanley [125]:

Bon chirurgien + bon rééducateur = bons résultats
Bon chirurgien + mauvais rééducateur = résultats médiocres
Mauvais chirurgien + bon rééducateur = résultats acceptables
Mauvais chirurgien + mauvais rééducateur = résultats désastreux

7.2 INTERPRÉTATIONS

Parmi les réponses, il n'y a pas de nouveauté inédite concernant les techniques utilisées par nos confrères Je tire néanmoins de ce questionnaire, quelques faits notables qui me semblent intéressants bien qu'ils n'aient aucune valeur statistique :

La très grande majorité des points de suture utilisés sont des sutures classiques type Kessler modifié, Kessler-Tajima ou Tsuge. Nous voyons là une discordance avec les nombreuses publications actuelles sur des réparations de plus en plus sophistiquées et résistantes.

Je constate aussi que quelques confrères n'ont aucune idée du type de point utilisé montrant ainsi l'utilité d'une communication interdisciplinaire.

La fréquence de la prise en charge est aussi très variable d'un thérapeute à l'autre allant de deux fois par jour, sept jours sur sept à une fois par semaine.

Je remarque qu'un tiers des rééducateurs utilisent uniquement des protocoles passifs ou semi-actifs.

Cette proportion serait même probablement plus importante si j'avais questionné les thérapeutes prenant en charge de façon épisodique des lésions des tendons fléchisseurs. Ceci montre encore quelques discordances avec la tendance actuelle d'une mobilisation active précoce.

La position d'immobilisation de protection du poignet est toujours en flexion variant de 60° à 10°. Elle n'est jamais en position neutre ou même en légère extension comme peut le suggérer Elliot [32].

Peu de confrères utilisent l'effet ténodèse du poignet et une rééducation type Strickland avec un travail de placer-tenir poignet en extension.

J'ai trouvé un nombre intéressant de confrères qui font un travail d'explication auprès des patients avec distribution de fiches conseils. Je trouve que ceci est primordial pour permettre une prise en charge efficace sécurisée.

Au cours de ce travail, j'ai eu parfois quelques déceptions en m'apercevant que certains rééducateurs ont une connaissance très approximative des protocoles classiques et confondent un peu toutes les techniques. Ils appliquent certaines recettes sans en connaître forcément leur justification et leur fondement. Ceci confirme l'impression que j'avais avant de débuter ce travail.

8 CONCLUSIONS

La prise en charge des lésions des tendons fléchisseurs en zone II est un sujet passionnant donnant lieu à de perpétuelles recherches et innovations ainsi qu'à certaines controverses.

La recherche dans ce domaine n'est pas terminée tant du point de vue chirurgical, biochimique, que rééducatif. Les voies, vers des techniques de réparation tendineuse de plus en plus résistantes ainsi que la connaissance et le contrôle des phénomènes biochimiques de la cicatrisation, sont ouvertes.

Les conditions idéales d'une bonne prise en charge doivent réunir un tandem chirugien-rééducateur performant et spécialisé mais aussi un patient collaborant et informé des tenants et aboutissants de son opération et de sa rééducation.

Le thérapeute doit sans cesse se remettre en cause. Il doit absolument garder son sens critique au cours de lecture d'études car nous avons vu les variations importantes, spécialement au niveau des résultats.

N'oublions pas, comme me le rappelle Degez, que le doute rend fort…

Pour améliorer la compréhension et la collaboration du patient, la piste de l'éducation thérapeutique doit être suivie en utilisant des fiches illustrées, vidéos ou autres supports informatiques. Je pense que cet aspect est primordial car il est gage de résultats optimums.

Les techniques actives sont de plus en plus employées mais le sectarisme ne doit pas avoir cours dans ce domaine. Nous tirons bénéfices à panacher les différentes techniques à notre disposition en utilisant des techniques passives, semi-actives et actives simultanément, si les conditions sont propices.

Néanmoins, sauf dans le cas d'une collaboration exceptionnelle, je pense que les techniques actives doivent être employées sous la supervision quotidienne d'un thérapeute nous épargnant ainsi des mauvaises surprises. En dehors des séances le patient suit son programme passif et semi-actif pluri-quotidien.

Cette attitude fait peut être preuve d'une certaine frilosité mais une étude a montré la très grande disparité concernant le suivi des instructions et le nombre d'exercices effectués par le patient.

En réalisant ce travail, la lecture des nombreux articles m'a appris beaucoup en nourrissant ma réflexion. Je souhaite que ce mémoire apporte une petite contribution aux thérapeutes qui n'ont pas toujours le loisir de lire autant d'articles.

"Le mouvement est la vie"

Lucas-Championnière

9 PIÈCES ANNEXES

François Delaquaize
Kinésithérapeute
Service de physiothérapie de la main
Hôpital Cantonal Universitaire
Rue Micheli-du-Crest, 24
CH- 1211 Genève 14
Tél. prof. : (00.41).22.37.23.625
Fax. Prof. : (00.41).22.37.23.626
francois.delaquaize@hcuge.ch

Genève, le 11 novembre 2003

Chère Consœur, cher Confrère,

Dans le cadre du diplôme inter-universitaire de rééducation et d'appareillage en chirurgie de la main de Grenoble, que je prépare, mon mémoire porte sur les lésions des tendons fléchisseurs en zone 2 ainsi que les différents protocoles de rééducation.

En effet, dans ma pratique quotidienne et dans différents autres centres de la main, j'ai pu constater que les protocoles de rééducations utilisés étaient souvent modifiés ou appliqués conjointement avec des adaptations personnelles très intéressantes.

Vous avez certainement remarqué que ces protocoles ont leurs points forts mais aussi quelques faiblesses. Ce sont ces limites qui m'intéressent et surtout les stratégies que vous auriez pu mettre au point pour y remédier, ainsi que les modifications que vous appliquez dans votre service.

Afin de m'aider dans cette recherche, je vous serai très reconnaissant de remplir le questionnaire ci-joint et de m'envoyer, si vous en avez, vos protocoles imprimés avec leurs indications et la durée des différentes phases de rééducation. Il est bien entendu que ces documents ne seront utilisés que dans le cadre de mon mémoire.

Ce vaste sujet a déjà fait couler beaucoup d'encre depuis Galien. Ce médecin des gladiateurs sous Marc Aurèle déconseillait les sutures des tendons fléchisseurs en raison des crises convulsives qu'elles engendraient. Un large débat est toujours ouvert et le consensus n'est pas encore réalisé.

En vous remerciant pour l'attention que vous porterez à ma demande et dans l'attente de vos renseignements je vous prie d'agréer, chère Consœur, cher Confrère, ma reconnaissance et mes salutations très sincères.

François Delaquaize

P.S. : ce questionnaire n'est qu'une base de réflexion. Vos ratures sont les bienvenues et vos rajouts encore plus !

QUESTIONNAIRE

1 PRISE EN CHARGE EN RÉÉDUCATION

Protocoles utilisés

- Immobilisation, passif (Duran…), semi-actif (Kleinert…), actif (Placer-Tenir, M.F.A.P., Elliot, groupe de Belfast, M.A.P…), combinaison de plusieurs protocoles ?

- Critères de choix (type de suture, lésions associées, coopération du patient…) ?

- Type de travail actif (placé-tenu, actif avec restrictions d'amplitudes, actif sans restriction…) ?

- Quelle est la position des autres doigts lors du travail actif ?

- Lors d'un protocole actif : quel type de suture utilise le chirurgien ? Combien de passages de fils dans la tranche de section tendineuse réalise-t-il ? Utilise-t-il un type de surjet spécial aux propriétés mécaniques renforcées ?

Délais

- Début de prise en charge :

- Rythme des séances :

- Début du travail actif (arrêts éventuels lors de la phase de fragilité tendineuse ?) :

- Début de travail contre résistance :

- Ultrasons lytiques :

- Electrostimulation :

2 IMMOBILISATION

Position de la main dans l'attelle

- Degré de flexion du poignet :
  des MCP :
  des IPP :
  des IPD :

- Durée totale d'immobilisation :

- Redressement du poignet, si oui, quand ?

- Nombre de doigts immobilisés :

Système dynamique utilisé

- Tracteur (élastique, ressort…) :

- Système de fixation (colle, antidérapant, point trans-unguéal…) :

- Réglage de la force de traction (ressort étalonné, dynamomètre, réglage empirique…) :

Consignes et exercices

Donnés aux patients pour la réalisation d'exercices en dehors des séances :

3 NOS REFLEXIONS :

- Dans notre service, les doigts au repos sont maintenus par une bande Velcro◆ contre l'attelle (interphalangiennes en extension). Les contractions involontaires (par exemple les contractions réflexes lors du sommeil) sont alors équivalentes à un travail contre résistance qui peut-être générateur de fragilisations, de cals cicatriciels longs voir même de ruptures. L'utilisation d'une bande d'attache élastique pour la nuit semble pouvoir limiter ce phénomène.

- L'œdème post-opératoire et les pansements augmentent la résistance à la flexion. La force appliquée par le système dynamique de l'attelle pour obtenir un enroulement digital complet est telle que le patient ne peut plus réaliser l'extension active sans danger (co-contraction parasite des fléchisseurs lors d'une forte contraction des extenseurs). Dans les premiers jours, nous proposons que le patient tire avec sa main saine l'élastique jusqu'à obtenir l'enroulement maximum du doigt puis qu'il accompagne l'extension active en relâchant progressivement l'élastique.

- Certains services, luttent systématiquement contre l'installation de flexums des interphalangiennes alors que d'autres services tolèrent des flexums de 10 à 20°. Quelle est la meilleure attitude ?

4 VOS REFLEXIONS

Vos doutes, vos certitudes ou incertitudes, vos questions, vos solutions, vos espoirs… :

10 BIBLIOGRAPHIE

1 Alnot J.Y., Azzi A., Lericolais J.M., Ovieve J.M. – Sections récentes des tendons fléchisseurs des doigts et du pouce. *Ann Chir Main* 1993, 12, n°5, 302-312.

2 Amadio P.C., Hunter J.M., Jaeger S.H., Wehbe M.A., Schneider L.H. – The effect of vincular injury on the results of flexor tendon surgery in zone 2. *J Hand Surg* 1985, 10A: 626-632.

3 Amadio P.C., Jaeger S.H., Hunter J.M. – Nutritional aspects of tendon healing. In Hunter J.M., Mackin E.J., Callahan A.D. Mosby. Rehabilitation of the hand and upper extremity : Vol 1, 1-1096, Fifth edition 2002 p. 409-416.

4 Aoki M., Manske P.R., Pruitt D.L. Larson B.J. – Work of flexion after tendon repair with various suture methods. *J Hand Surg* 1995, 20B: 3: 310-313.

5 Aoki M., Kubota H., Pruitt D.L., Manske P.R. – Biomechanical and histologic characteristics of canine flexor tendon repair using early postoperative mobilization. *J Hand Surg* 1997, 22A: 107-114.

6 Bainbridge L.C., Robertson C., Gillies D., Elliot D. – A comparison of post-operative mobilization of flexor tendon repairs with "controlled active motion" techniques. *J Hand Surg* 1994, 19B: 4: 517-521.

7 Baktir A., Türk C.Y., Kabak S., Sahin V., Kardas Y. – Flexor tendon repair in zone 2 followed by early active mobilization. *J Hand Surg* 1996, 21B: 5: 624-628.

8 Bellemère P., Chaise F., Friol J.P., Gaisne E., Le Lardic C. – Résultats de la mobilisation active précoce après réparation premier des tendons fléchisseurs. *La main* 1998, 3: 221-234.

9 Boyer M.I., Gelberman R.H., Burns M.E., Dinopoulos H., Hofem R., Silva M.J.– Intrasynovial flexor repair. *J Bone Joint Surg* 2001, Vol 83-A, n°6: 891-899.

10 Boyer M.I., Strickland J.W., Engles D.R., Sachar K., Leversedge F.J. – Flexor tendon repair and rehabilitation. *J Bone Joint Surg* 2002, Vol 84-A, n°9: 1684-1706.

11 Brizon J., Castaing J. – Muscles du membre supérieur. In: Brizon J., Castaing J. *Les feuillets d'anatomie.* Fasc. IV Paris, Maloine, 1953 p. 1-66.

12 Buckwalter J.A. – Effects of early motion on healing of musculoskeletal tissues. *Hand clinics* 1996, Vol 12, n°1: 13-24.

13 Bunker T.D., Potter B., Barton N.J. – Continuous passive motion following flexor tendon repair. *J Hand Surg* 1989, 14B: 406-411.

14 de la Caffinière J.Y., Simmons B.P. – Physiologie de la flexion des doigts. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 1, Paris, Masson, 1980 p. 399-411.

15 Cannon N.M., Strickland J.W. – Therapy following flexor tendon surgery. *Hand Clinics* 1985, Vol 1, n°1: 147-165.

16 Chaise F. – Réparations primaires des plaies des tendons fléchisseurs des doigts. *Cah Ens Sofcot*. 2001, 78: 225-240.

17 Chambon X., Paysant J., Gavillot C., Petry D., André J.M., Dap F., Dautel G., Merle M. – Protocoles de rééducation après réparation des tendons fléchisseurs de la main en zone II : présentation et indications. *Chirurgie de la main* 2001, 20: 368-377.

18 Chow J.A., Thomes L.J., Dovelle S., Milnor W.H., Seyfer A.E., Smith A.C. A combined regimen of contolled motion following flexor tendon repair in "No man's land". *Plast and reconstr surg* 1987, 9, 3: 447-453.

19 Citron N.D., Forster A. – Dynamic splinting following flexor tendon repair. *J Hand Surg* 1987, 12B: 96-100.

20 Cooney W.P., Lin G.T., An K.N. – Improved tendon excursion following flexor tendon repair. *J Hand Ther* 1989, 2: 102-106.

21 Cullen K.W., Tolhurst P., Lang D., Page R.E. – Flexor tendon repair in zone 2 followed by controlled active mobilisation. *J Hand Surg* 1989, 14B: 392-395.

22 Culp R. W., Taras J.S. – Primary care of flexor tendon injuries. In Hunter J.M., Mackin E.J., Callahan A.D. Mosby. Rehabilitation of the hand and upper extremity: Vol 1, 1-1096, Fifth edition 2002, p. 417-431.

23 Daniels L., Worthingham C. – Techniques de l'examen manuel. In: *Daniels L., Worthingham C .Le testing.* Paris. Maloine, 1974 p. 142-155.

24 Dap F. – Lésions traumatiques récentes des tendons fléchisseurs de la main. *Cah Ens Soc Fr Chir Main*. 1992, 4 : 1-32.

25 Della Santa D.R. – La cicatrisation des plaies tendineuse. *Helv. Chir Acta* 1991, 58: 425-429.

26 Doyle J.R., Blythe W. – The flexor tendon sheath and pulleys : anatomy and reconstruction. *AAOS Symposium* on tendon surgery in the hand. St. Louis : Mosby, 1975. p. 81-87.

27 Doyle J.R. – Anatomy of the flexor sheath and pulley system. *J Hand Surg* 1988, 13A: 473-484.

28 Doyle J.R. – Anatomy and function of the palmar aponeurosis pulley. *J Hand Surg* 1990, 15A: 78-82.

29 Dubert T. – Techniques actuelles de suture primitive des tendons fléchisseurs *Chirurgie de la main* 2002, 21: 218-224

30 Dymarczyk M. – A locking mechanism for the tenodesis splint for flexor tendon repairs. *J Hand Ther* 2001, 3: 216-218.

31 Evans R.B., Thompson D.E. – Immediate active short arc motion following tendon repair. In: Hunter J.M., Schneider L.H., Mackin E.J. Eds.Tendon and nerve surgery in the hand. Third decade. St Louis C.V. Mosby 1997. p. 362-393.

32 Elliot D. – A personal view of primary flexor tendon repair. *Conférence et travaux pratiques* : immobilisation, mobilisation post-opératoire de la main : quand et comment ? 17-18 oct. 2002 Palavas. Non paginé.

33 Elliot D., Moiemen N.S., Flemming A.F.S., Harris S.B., Foster A.J. – The rupture rate of acute flexor tendon repairs mobilized by the contolled active motion regimen. *J Hand Surg* 1994, 19B, 5: 607-612.

34 Foucher G. – Chirurgie primaire du tendon fléchisseur. *Monographie du groupe d'étude de la main* 1992, n°19, p. 87-98.

35 Gelberman R.H., Amifl D., Gonsalves M., Woo S., Akeson W.H. – The influence of protected passive mobilization on the healing of flexor tendons: A biochemical and microangiographic study. *The Hand* 1981, Vol 13, n°2. 121-128.

36 Gelberman R.H., Woo S., Lothringer K., Akeson W.H., Amiel D. – Effects of early intermittent passive mobilization on healing canine flexor tendons. *J Hand Surg* 1982, Vol. 7, n°2: 170-175.

37 Gelberman R.H., Vandeberg J.S., Manske P.R., Akeson W.H. – The early stages of flexor tendon healing: A morphologic study of the first fourteen days. *J Hand Surg* 1985, 10A: 776-784.

38 Gelberman R.H., Boyer M.I., Brodt M.D., Winters S.C., Silva M.J. – The effect of gap formation at the repair site on the strength and excursion of intrasynovial flexor tendons. *J Bone Joint Surg* 1999 Vol. 81A, n°7: 975-982.

39 Gelberman R.H., Nunley J.A., Osterman A.L., Breen T.F., Dimick M.P., Woo S.L.Y. Influences of protected passive mobilization interval on flexor tendon healing. *Clin Orthopedics Related Research* 1991, n° 264: 189-196.

40 Graf V., Papaloïzos M., Borisch N., Della Santa D. – Intérêt de la mobilisation en flexion active protégée après suture des tendons fléchisseurs en zone II. *Chirurgie de la main* 2001; 20: 458-465.

41 Gratton P. – Early active mobilization after flexor tendon repairs. J Han*d Ther* 1993, 4: 285-289.

42 Guinard D., Gérard P., Moutet F. – Le fléchisseur – Anatomie et cicatrisation. *Cah Kinésithér* 1996, 178, 2: 1-11.

43 Guinard D., de Soras X., Moutet F. – La cicatrisation tendineuse Aspects physiologiques. *Cah Kinésithér* 1995, 174, 4: 15-20.

44 Guimberteau J.C., - The sliding system. Vascularized flexor tendon transfers. In: *Guimberteau J.C. New ideas in hand flexor tendon surgery*. Bègles, Les ateliers graphiques de l'ardoisière. 2001, p. 14-90.

45 Halikis M.N., Manske P.R., Kubota H., Aoki M. – Effect of immobilization, immediate mobilization, and delayed mobilization on the using a tendon injury model. *J Hand Surg* 1997, 22A: 464-472.

46 Hagberg L., Selvik G., - Tendon excursion and dehiscence during early contolled mobilizatioin after flexor tendon repair in zone II: An x-ray stereophotogrammetric analysis. *J Hand Surg* 1991; 16A: 669-680.

47 Harris S. – Mobilisation précoce des réparations des tendons fléchisseurs. *Conférence et travaux pratiques* : immobilisation, mobilisation post-opératoire de la main : quand et comment ? 17-18 oct. 2002 Palavas. Non paginé.

48 Harris S.H., Harris D., Foster A.J., Elliot D. – The aetiology of acute rupture of flexor tendon repairs in zones 1 and 2 of fingers during early mobilization. *J Hand Surg* 1999, 24B, 3: 275-280.

49 Hatanaka H., Kojima T., Mizoguchi T., Ueshin Y. – Agrressive active mobilization following zone II flexor tendon repair using a two-strand heavy-gauge locking loop technique. *J Orthop Sci* 2002, 7: 457-461.

50 Hitchcock T.F. et coll. – The effect of immediate constrained digital motion on the strength of flexor tendon repairs in chickens. *J Hand Surg* 1987, 12A: 590-595.

51 Hooper G., Davies R., Tothill P. – Blood flow and clearance in tendons. *J Bone Joint Surg* 1984, 66B, 3: 441-443.

52 Horii E., Lin G.T., Cooney W.P., Linscheid R.L., An K.N. – Comparative flexor excursion after passive mobilization: An in vitro study. *J Hand Surg* 1992, 17A: 559-566.

53 Hunter J.M., Cook J.F., Ochiai N., KonikoffJ.J., Merklin R.J., Mackin G.A. – The pulley system. *J Hand Surg* 1980, 5: 283.

54 Kapandji I.A. – Plastie d'agrandissement des poulies proximales. *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 214-216.

55 Kapandji I.A. – La main et les doigts. In : *Kapandji I.A. Physiologie articulaire*. T 1 Paris, Maloine, 2001 p. 172-289.

56 Karlander L.E., Berggren M., Larsson M., Söderberg G., Nylander G. – Improved results in zone II flexor tendon injuries with a modified technique of immediate controlled mobilization. *J Hand Surg* 1993, 18B: 26-30.

57 Kleinert H.E. – Réparations primitives des tendons fléchisseurs. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 198-205.

58 Kubota H., Manske P.R. Aoki M., Pruitt D.L., Larson B.J. – Effect of motion and tension on injured flexor tendons in chickens. *J Hand Surg* 1996, 21A: 456-463.

59 Kusano N., Yoshizu T., Maki Y. – Experimental study of two new flexor tendon suture for postoperative early active flexion exercises. *J Hand Surg* 1999, 24B, 2: 152-156.

60 Kwai Ben I., Elliot D. – "Venting" or partial lateral release of the A2 and A4 pulleys after repair of zone II flexor tendon injuries. *J Hand Surg* 1998, 23B, 5: 649-654.

61 Langlais F., Gibon Y., Canciani J.P. Thomine J.M. – Sutures primitives des tendons fléchisseurs en zone II. *Ann Chir Main* 1986, 5, 4: 301-314.

62 Liew S.H., Potokar T., Bantick G.L., Morgan I., Ford C.,Murison M.S.C. The use of ADCON-T/N after repair of zone II flexor tendons. *Chirurgie de la main* 2001, 20: 384-387.

63 Lin G.T., Amadio P.C., Cooney W.P. – Functional anatomy of the human digital flexor pulley system. *J Hand Surg* 1989,14A: 949-956.

64 Lundborg G. - The role of the synovial fluid and tendon sheath for flexor tendon nutrition . *Scand J plast reconstruc Surg* 1980, 14: 99-107.

65 Lundborg G. – Nutrition des tendons fléchisseurs. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 62-74.

66 Lundborg G., Myrhage R., Rydevik B. – The vascularization of human flexor tendons within the digital synovial sheat region - Structural and functional aspects. *J Hand Surg* 1977, 2: 417-427.

67 Mc Grouther D.A., Ahmed M.R. – Flexor tendon excursions in "no-man's land". *The Hand ;*Vol 13, n°2, 1981: 129-141.

68 Manske P.R., Lesker P.A. – Palmar aponeurosis pulley. *J Hand Surg* 1983, 8: 259-263.

69 Manske P.R., Lesker P.A. – Nutrient pathways of flexor tendons in primates. *J Hand Surg* 1982, 7: 436-444.

70 Manske P.R. – Flexor tendon healing. *J Hand Surg* 1988, 13B: 237-245.

71 Marc T., Dardenne A., Gaudin T., Teissier J. – Le simulateur de rééducation des tendons: SIRETE. Table ronde GEMMSOR-GEM. Quel travail actif précoce pour les réparations primitives des tendons fléchisseurs ? *La main* 1997, 2: 347-368.

72 Mass D.P., Tuel R.J. – Intrinsic healing of laceration site in human superficialis flexor tendons in vitro. *J Hand Surg* 1991, 16A: 24-30.

73 Mass D.P., Tuel R.J. – Human flexor tendon participation in the in vitro repair process. *J Hand Surg* 1989, 14A: 64-71.

74 Matthews P., Richards H. – The repair potential of digital flexor tendons . *J bone Joint surg* 1974, Vol. 56B, n°4: 618-625.

75 Matloub H.S. et coll. – Magnetic resonance imaging scanning in the diagnosis of zone II flexor tendon rupture. *J Hand Surg* 1996, 21A: 451-455.

76 May E.J., Silfverskiöld K.L., Sollerman C.J. – Controlled mobilization after flexor tendon repair in zone II: a prospective comparison of three methods. *J Hand surg* 1992, 17A: 942-952.

77 Mentzel M., Hoss H., Keppler P., Ebinger T., Kinzl L., Wachter N.J. – The effectivness of ADCOM-T/N, a new anti adhesion barrier gel in fresh divisions of the flexor tendon in zone II. *J Hand Surg* 2000, 25B: 6: 590-592.

78 Merle M. – Lésions des tendons fléchisseurs. In : Merle M., Dautel G. La main traumatique 1. l'urgence Paris, Masson, 1997, 2ème édition. p. 212-232.

79 Merle M., Dautel G., Dumontier C. – Comment améliorer la chirurgie des tendons de la main. *Maîtrise orthop* 1998, 75: 1-20.

80 Moutet F., Lebrun C, Tourne Y. – La réparation des tendons fléchisseurs. *Cah Kinésithér* 1988, 130, 2: 7-12.

81 Ochiai N., Matsui T., Miyaji N., Merklin R.J., Hunter J.M. – Vascular anatomy of flexor tendons. I. Vincular system and blood supply of the profondus tendon in the digital sheath. *J Hand Surg* 1979, 4: 321-330.

82 Ovieve J.M. Rééducation précoce des réparations primitives des lésions traumatiques des tendons fléchisseurs.Table ronde GEMMSOR-GEM. Quel travail actif précoce pour les réparations primitives des tendons fléchisseurs ? *La main* 1997, 2: 347-368.

83 Paillard P.J., Amadio P.C., Zhao C., Zobitz M.E., An K.N. – Pulley plasty versus resection of one slip of the flexor digitorum superficialis after repair of both flexor tendons in zone II. *J Bone Joint Surg* 2002, Vol 84A, n°11: 2039-2045.

84 Peck F.H., Bücher C.A., Watson J.S., Roe A. – a comparative study of two methods of controlled mobilization of flexor tendon repairs in zone 2. *J Hand Surg* 1998, 23B,1: 41-45.

85 Peterson W.W., Manske P.R., Dunlap J., Horwitz D.S., Kahn B. – Effectof various methods of restoring flexor sheath on the formation of adhesions after tendon injury. *J Hand Surg* 1990, 15A: 48-56.

86 Phillips C., Mass D. – Mechanical analysis of the palmar aponeurosis pulley in human cadavers. *J Hand Surg* 1996, 21A: 240-244.

87 Pruitt D.L., Manske P.R., Fink B. – Cyclic stress analysis of flexor tendon repair. *J Hand Surg* 1991, 16A: 701-707.

88 Riaz M., Hill C., Khan K., Small J.O. – Long term outcome of early active mobilization following flexor tendon repair in zone 2.*J Hand Surg* 1999, 24B, 2: 157-160.

89 Rispler D., Greenwald D., Shumway S., Allan C., Mass D. – Efficiency of the flexor tendon pulley system in human cadaver hands. *J Hand Surg* 1996, 21A: 444-450.

90 Romain M., Allieu Y., Rigout C. – Rééducation des lésions tendineuses traumatiques de la main. *Encycl Méd Chir* (Elsevier, Paris), Kinésithérapie.Médecine physique.Réadaptation, 26.220.A.10, 1999, 9p.

91 Romain M., Allieu Y. – Bilan de la fonction des tendons fléchisseurs et extenseurs de la main. *Ann Chir Main* 1998, 17, n°3: 259-264.

92 Rothkopf D.M., Webb S., Szabo R.M., Gelberman R.H., May J.W. – An experimental model for the study of canine flexor tendon adhesions. *J Hand Surg* 1991, 16A: 694-700.

93 Rouvillois A. – Les orthèses de rééducation après réparation primitive des tendons extrinsèques des quatre derniers doigts. *Kinésithérapie scientifique* 1995, 350: 23-44.

94 Rouvillois A., Sifre G., Hu W., Martin D., Baudet J. – Mobilisation en flexion active protégée associée à la technique de Kleinert "aménagée" (après réparation des tendons longs fléchisseurs des doigts) *Ann. Kinésithér* 1992, T 19, n°3: 123-138.

95 Rouvillois A., Baudet J. – Réflexions et propositions sur les techniques rééducatives postopératoires après réparation des lésions des tendons longs fléchisseurs des doigts. *Ann Kinésithér* 1989, T 16, n°9: 413-418.

96 Rouzaud J.C. – l'appareillage et la rééducation dans les lésions traumatiques des tendons fléchisseurs. *Cah Ens Soc Fr Chir Main*. 1991, 3: 16-35.

97 Rouzaud J.C. – Historique et ses applications d'aujourd'hui *Conférence et travaux pratiques* : immobilisation, mobilisation post-opératoire de la main : quand et comment ? 17-18 oct. 2002 Palavas. Non paginé.

98 Saldana M.J., Ho P.K., Lichtman D.M., Chow J.A., Dovelle S., Thomes L.J. – flexor tendon repair and rehabilitation in zone II open sheath technique versus closed sheath technique. *J Hand Surg* 1987, 12A: 1110-1114.

99 Saldana M.J., Chow J.A., Gerbino P., Westerbeck P., Schacherer T.G. – Further experience in rehabilitation of zone II flexor tendon repair with dynamic traction splinting. *Plast and reconstr surg* 1991, 87, 3: 543-546.

100 Savage R. – The influence of wrist position on the minimum force required for active movement of the interphalangeal joints. *J Hand Surg* 1988, 13B: 3: 262-268.

101 Savage R., Risitano G. – Flexor tendon repair using a "six strand" method of repair and early active mobilisation. *J Hand Surg* 1989, 14B: 396-399.

102 Schuind F., Garcia-Elias M., Cooney W.P., An K.N. – Flexor tendon forces: In vivo measurements. *J Hand Surg* 1992, 17A: 291-298.

103 Silva M.J., Boyer M.I., Gelberman R.H. – Recent progress in flexor tendon healing. *J Orthop Sci* 2002, 7: 508-514.

104 Silverman P. – Rééducation. Table ronde GEMMSOR-GEM. Quel travail actif précoce pour les réparations primitives des tendons fléchisseurs ? *La main* 1997 2: 347-368.

105 Silverman P., Gordon L. – Early motion after replantation. *Hand clinics* 1996, Vol.12, n°1: .97-107.

106 Silfverskiöld K.L., May E.J. – Flexor tendon repair with active mobilization. In: Hunter J.M., Schneider L.H., Mackin E.J. Eds. Tendon and nerve surgery in the hand. A third decade. St Louis C.V. Mosby 1997 p. 342-352.

107 Silfverskiöld K.L., May E.J. – Flexor tendon repair in zone II with a new suture technique and an early mobilization program combining passive and active flexion. *J Hand Surg* 1994, 19A: 53-60.

108 Silfverskiöld K.L., May E.J., Oden A. – Factors affecting results after flexor tendon repair in zone II: A multivariate prospective analysis. *J Hand Surg* 1993, 18A: 654-662.

109 Singer G., Ebramzadeh E., Jones N.F., Meals R. – Use of Taguchi method for biomechanical comparison of flexor-tendon-repair techniques to allow immediate active flexion. *J Bone Joint Surg* 1998, Vol. 80A, n°10: 1499-1506.

110 Smith J.W., Bellinger C.G. – La vascularisation des tendons. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 1 Paris, Masson, 1980 p. 375-380.

111 Small J.O., Brennen M.D., Colville J. – Early active mobilization following flexor tendon repair in zone II. *J Hand Surg* 1989, 14B: 383-391.

112 Soejima O., Diao E., Lotz J.C., Hariharan J.S., - Comparative mechanical analysis of dorsal versus palmar placement of core suture for flexor tendon repairs. *J Hand Surg* 1995, 20A: 801-807.

113 Stewart-Pettengill K.M., Van Strien G. – Postoperative management of flexor tendon injuries. In Hunter J.M., Mackin E.J., Callahan A.D. Mosby. Rehabilitation of the hand and upper extremity : Vol 1, 1-1096, Fifth edition 2002 p. 431-456.

114 Strauch B., de Moura W. – Digital flexor tendon sheath : An anatomic study. *J Hand Surg* 1985, 10A: 785-789.

115 Strickland J.W., Glogovac S.V. – Digital function following flexor tendon repair in zone II: A comparison of immobilization and controlled passive motion techniques. *J Hand Surg* 1980, Vol 5, n°6: 537-543.

116 Strickland J.W. – Flexor tendon repair. The Indianapolis method. In: Hunter J.M., Schneider L.H., Mackin E.J. Eds. Tendon and nerve surgery in the hand. A third decade. St Louis C.V. Mosby 1997 p. 353-361.

117 Strickland J.W. – Flexor tendons-Acute injuries. In: Green D.P., Hotchkiss R.N., Pederson W.C. Eds. Green's operative hand surgery. Vol. 2, Fourth edition 1999 p.1851-1897.

118 Strickland J.W. – Development of flexor tendon surgery : Twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 2000, 25A: 214-235.

119 Tajima T. – Indication and techniques for early postoperative motion after repair of digital flexor tendon particularly in zone II. In: Hunter J.H., Schneider L.H, Mackin E.J. Eds. Tendon and nerve surgery in the hand. A third decade. St Louis C.V. Mosby 1997 p. 324-331.

120 Tang J.B. – Flexor tendon repair in zone 2C. *J Hand Surg* 1994, 19B: 72-75.

121 Tang J.B., Gu Y.T., Rice K., Chen F., Pan C.Z. – Evaluation of four methods of flexor tendon repair for postoperative active mobilization. *Plast Reconstr Surg* 2001, 107: 742-749.

122 Tang J.B. – The double sheath system and tendon gliding in zone 2C. *J Hand Surg* 1995, 20B, 3: 281-285.

123 Tang J.B., Cao Y., Xie R.G. – Effects of tension direction on strength of tendon repair. *J Hand Surg* 2001, 26A: 1105-1110.

124 Tang J.B., Wang Y.H., Gu Y.T., Chen F. – Effect of pulley integrity on excursions and work of flexion in healing flexor tendons. *J Hand Surg* 2001, 26A: 347-353.

125 Thomas D., Moutet F., Guinard D., Corcella D. - Mobilisation active après réparation chirurgicale des tendons fléchisseurs. Table ronde GEMMSOR-GEM. Quel travail actif précoce pour les réparations primitives des tendons fléchisseurs ? *La main* 1997, 2: 347-368.

126 Thomas D., Moutet F., Guinard D., Corcella D. – Mobilisation postopératoire immédiate des tendons fléchisseurs. *Ann. Kinésithér* 2000, T.27, n°8: 338-347.

127 Tropet Y., Menez D., Dreyfus-Schmidt G., Vichard P. – Plaies récentes et simples des tendons fléchisseurs des doigts en zones I, II, III de Verdan. *Ann Chir Main* 1988, 7, n°2: 109-114.

128 Tubiana R. – Greffes des tendons fléchisseurs. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 217-242.

129 Tubiana R. – Considérations anatomo-pathologiques et biologiques. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 49-61.

130 Tubiana R. – Indications thérapeutiques en presence de lésions des tendons fléchisseurs de la main. *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 287-309.

131 van Alphen J.C., Oepkes C.T., Bos K.E. – Activity of the extrinsic finger flexors during mobilization in the Kleinert splint. *J Hand Surg* 1996, 21A: 77-84.

132 Wang A.W., Gupta A. – Early motion after flexor tendon surgery. *Hand clinics* 1996 ; Vol.12, n°1: 43-55.

133 Weber E.R. – La réparation des tendons fléchisseurs dans le canal digital : Rôle nutritionnel du liquide synovial. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 217-242.

134 Wehbé M.A., Hunter J.M. – Flexor tendon gliding in the hand. Part I: in vivo excursions ; Part II : differential gliding. *J Hand Surg* 1985, 10A: 570-579.

135 Werntz J.R., Chesher S.P., Breidenbach W.C., Kleinert H.E., Bissonnette M.A. A new dynamic splint for postoperative treatment of flexor tendon injury. *J Hand Surg* 1989, 14A: 559-566.

136 Winters S.C., Seiler J.G., Woo S.L.Y., Gelberman R.H. – Suture methods for flexor tendon repair. *Ann Chir Main* 1997, 16, n°3, 229-234.

137 Zhao C., Amadio P.C., Momose T., Couvreur P., Zobitz M., An K.N. Effect of synergistic wrist motion on adhesion formation after repair of partial flexor digitorum profondus tendon lacerations in a canine model. *J Bone Joint Surg* 2002, Vol 80-A, n°1: 78-84.

138 Zobitz M. E., Zhao C., Amadio P.C., An K.N. – Comparison of mechanical properties of various suture repair techniques in a partially lacerated tendon. *J Biomechanical Engineering* 2000, Vol 122: 604-607.

11 ICONOGRAPHIE

Couverture Fléchisseurs profond et superficiel.
Dorn L. – Tendons fléchisseurs. In : Tubiana R., Mc Cullough C.J., Masquelet A.C. Voies d'abord chirurgicales du membre supérieur. Paris, Masson, 1992. p. 281.

Fig. 1 Lombricaux.
Brizon J., Castaing J. – Muscles du membre supérieur. In: Brizon J., Castaing J. *Les feuillets d'anatomie.* Fasc. IV Paris, Maloine, 1953 p. 1-66.

Fig. 2 Zones topographiques.
Merle M. – Lésions des tendons fléchisseurs. In : Merle M., Dautel G. La main traumatique 1. l'urgence. Paris, Masson, 1997, 2ème édition. p. 212-232.

Fig. 3 Subdivisions de la zone II selon Tang.
Adaptée de: Tang J.B. – Flexor tendon repair in zone 2C. *J Hand Surg* 1994, 19B: 72-75.

Fig. 4 Gaines synoviales.
Merle M. – Lésions des tendons fléchisseurs. In : Merle M., Dautel G. La main traumatique 1. l'urgence Paris, Masson, 1997, 2ème édition. p. 212-232.

Fig. 5 Poulies de l'appareil fléchisseur des doigts longs.
Strickland J.W. : Development of flexor tendon surgery : Twenty-five years of progress. J Hand Surg ; 2000 Vol 25A, n° 2: 214-235.

Fig. 6 Phénomène de corde d'arc en fonction des poulies sectionnées.
Tubiana R. – Greffes des tendons fléchisseurs. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 217-242.

Fig. 7 Système des vincula.
Strickland J.W. : Flexor tendon injuries : I. Foundations of Treatment. J Am Acad Orthop Surg 1995, 3: 44-54.

Fig. 8 Perfusion dorsale des tendons fléchisseurs.
Lundborg G., Myrhage R., Rydevik B. – The vascularization of human flexor tendons within the digital synovial sheat region - Structural and functional aspects. J Hand Surg 1977, 2: 417-427.

Fig. 9 Zones avasculaires des fléchisseurs selon Lundborg.
Lundborg G. – Nutrition des tendons fléchisseurs. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 62-74.

Fig. 10 Pompe synoviale selon Weber.
Weber E.R. – La réparation des tendons fléchisseurs dans le canal digital : Rôle nutritionnel du liquide synovial. In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p.217-242.

Fig. 11 Interface entre la zone 3 et la zone 2.
Guimberteau J.C., - The sliding system. Vascularized flexor tendon transfers. In: *Guimbertau J.C. New ideas in hand flexor tendon surgery*. Bègles, Les ateliers graphiques de l'ardoisière, 2001. p. 88.

Fig. 12 Cicatrisation extrinsèque.
Guinard D., de Soras X., Moutet F. – La cicatrisation tendineuse Aspects physiologiques : *Cah kinésithér* 1995, 174, 4: 15-20.

Fig. 13 Cicatrisation intrinsèque.
Guinard D., de Soras X., Moutet F. – La cicatrisation tendineuse Aspects physiologiques : *Cah kinésithér* 1995, 174, 4: 15-20.

Fig. 14 Différents types de sutures.
Adaptée de: Strickland J.W. – Development of flexor tendon surgery: Twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 2000, 25A: 214-235.

* Adaptée de: Singer G., Ebramzadeh E., Jones N.F., Meals R. – Use of Taguchi method for biomechanical comparison of flexor-tendon-repair techniques to allow immediate active flexion. *J Bone Joint Surg* 1998, Vol. 80A, n° 10: 1499-1506.

** Adaptée de: Tang J.B., Gu Y.T., Rice K., Chen F., Pan C.Z. – Evaluation of four methods of flexor tendon repair for postoperative active mobilization. *Plast Reconstr Surg* 2001, 107: 742-749.

Fig. 15 Différents surjet épitendineux.
Adaptée de: Strickland J.W. – Development of flexor tendon surgery: Twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 2000, 25A: 214-235.

Fig. 16 Modèle articulaire selon Evans.
Adaptée de Evans R.B., Thompson D.E. – Immediate active short arc motion following tendon repair. In: Tendon and nerve surgery in the hand. Third decade. St Louis C.V. Mosby 1997. p. 362-393.

Fig. 17 Corrélation résistance des sutures-type de mobilisation.
Adaptée de: Strickland J.W. – Development of flexor tendon surgery: Twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 2000, 25A: 214-235.

Fig. 18 Diminution de la lumière du canal digital selon Lister.
Tirée de: Dap F. – Lésions traumatiques récentes des tendons fléchisseurs de la main. *Cah Ens Soc Fr Chir Main*. 1992, 4: 1-32.

Fig. 19 Incidence de la mobilisation sur la résistance tendineuse.
Adaptée de : Gelberman R.H., Woo S., Lothringer K., Akeson W.H., Amiel D. Effects of early intermittent passive mobilization on healing canine flexor tendons. *J Hand Surg* 1982, vol. 7, n°2: 170-175.

Fig. 20 Immobilité de la suture lors de la mobilisation type Kleinert.
Adaptée de : Tajima T. – Indication and techniques for early postoperative motion after repair of digital flexor tendon particularly in zone II. In: Hunter J.H., Schneider L.H., Mackin E.J. Eds. Tendon and nerve surgery in the hand. A third decade. St Louis C.V. Mosby 1997, p. 324-331.

Fig. 21 Glissement tendineux avec cinq positions différentes selon Wehbé.
Wehbé M.A., Hunter J.M. – Flexor tendon gliding in the hand. Part I: in vivo excursions; Part II: differential gliding. *J Hand Surg* 1985, 10A: 570-579.

Fig. 22 Mobilisations passives selon Duran.
Tubiana R..- Indications thérapeutiques en présence de lésions traumatiques des tendons fléchisseurs de la main In : *Tubiana R. Traité de chirurgie de la main.* Tome 3 Paris, Masson, 1986 p. 287-309.
D'après Duran J., Houser G. *Symposium on tendon surgery in the hand*, C V. Mosby 1975

Fig. 23 Effet ténodèse.
D'après Cooney W.P., Lin G.T., An K.N. – Improved tendon excursion following flexor tendon repair. *J Hand Ther* 1989, 2: 102-106.

Fig. 24 Attelle de Kleinert modifiée.
Strickland J.W. – Flexor tendons-Acute injuries. In: Green D.P., Hotchkiss R.N., Pederson W.C. Eds. Green's operative hand surgery. Vol. 2, Fourth edition 1999.p.1851-1897.

Fig. 25-26 Attelle articulée et exercices de placer-tenir.
Strickland J.W. – Development of flexor tendon surgery: Twenty-five years of progress. *J Hand Surg* 2000, 25A: 214-235.