

PLAN

INTRODUCTION	6
HISTORIQUE DES GREFFES TENDINEUSES	8
RAPPEL ANATOMIQUE	11
I. Rappel anatomique	12
A. Les tendons fléchisseurs des doigts	14
1. Fléchisseur superficiel des doigts	15
2. Fléchisseur profond des doigts.	17
3. Le Long fléchisseur du pouce	17
B. Les gaines tendineuses de la main	19
1. Les gaines synoviales	19
2. Les gaines digitales fibreuses	21
C. Les poulies digitales	23
1. Anatomie descriptive	23
2. Histogenèse et morphologie	27
3. Biomécanique	27
D. Nutrition	28
E. Cicatrisation.....	31
II. Les zones de la main	33
A. Zone I de la main	33
B. Zone II de la main	33
C. Zone III de la main	34
D. Zone IV de la main	34
E. Zone V de la main	34
CLINIQUE DES LESIONS TENDINEUSES CHEZ L'ENFANT	35
I. Diagnostic clinique	38
II. Diagnostic radiologique	39
LA GREFFE TENDINEUSE EN 2 TEMPS : TECHNIQUE DE HUNTER	40
I. 1 ^{er} temps de la technique de Hunter	42
II. 2 ^{ème} temps de la technique de Hunter	46
III. Rééducation après un premier temps de Hunter	49
IV. Rééducation après le deuxième temps de Hunter	49
CLASSIFICATIONS	52

I. Classifications préopératoires	53
A. Classification de Boyce et Stark	54
B. Classification modifiée de Merle et Dautel	55
II. Classification post-opératoire	56
A. La nouvelle classification de Strickland	56
B. Le score TAM	57
MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	59
I. Type d'étude	60
II. Critères d'inclusion	60
III. Méthodes	60
A. Fiche d'exploitation	61
IV. Observations des patients	68
A. Observation n°1	68
B. Observation n°2	71
C. Observation n°3	74
D. Observation n°4	77
E. Observation n°5	81
F. Observation n°6	84
G. Observation n°7	87
H. Observation n°8	91
I. Tableau récapitulatif des observations des patients	96
RESULTATS	97
I. Description des résultats	98
A. Caractéristiques de la population	98
B. Age de prise en charge des patients	98
C. Antécédents des patients	98
D. Motif de consultation	99
E. Délai de prise en charge	99
F. Nature de l'accident	100
G. Doigts et mains atteints	101
H. Tendons lésés	104
I. Radiographie de la main	105
J. Classification préopératoire	105
K. Technique opératoire	106

L. La rééducation post-opératoire	109
M. La classification postopératoire	109
DISCUSSION	111
I. Introduction	112
II. Analyse des résultats de l'étude	114
A. Age	114
B. Sexe	115
C. Les doigts atteints et le côté dominant	116
D. Les zones atteintes	117
E. Le délai de prise en charge	119
F. L'état préopératoire	120
G. La technique opératoire	121
H. Les résultats post-opératoires	125
I. Comparaison avec les autres techniques chirurgicales	128
J. Les complications post-opératoires	135
CONCLUSION	137
RÉSUMÉS	140
BIBLIOGRAPHIE	146

Abréviations

FPD	: Fléchisseur profond des doigts.
FSD	: Fléchisseur superficiel des doigts.
IPP	: Interphalangienne proximale.
IPI	: Interphalangienne intermédiaire.
IPD	: Interphalangienne distale.
MP	: Métacarpo-phalangienne.
VBS	: Vincula brève superficielle.
VBP	: Vincula brève profonde.
VLS	: Vincula longue superficielle.
VLP	: Vincula longue profonde.

INTRODUCTION

Les lésions des tendons fléchisseurs des doigts chez l'enfant sont rares. Mais la proportion de ces lésions qui sont négligées ou méconnues sont plus fréquentes que chez l'adulte. En effet, la présence d'une petite plaie d'apparence anodine ou d'un léger déficit fonctionnel qui peut passer inaperçu chez l'enfant où l'examen clinique reste difficile peuvent cacher ces lésions.[1]

Les lésions secondaires des tendons fléchisseurs des doigts peuvent être également rencontrées dans le cadre de l'infection (phlegmon) ou après une réparation primaire défailante.

La fonction des doigts peut être plus ou moins compromise avec des conséquences potentiellement graves sur la croissance.

La chirurgie secondaire peut se faire en un temps ou en deux temps notamment selon la technique de Hunter qui représente un défi pour le chirurgien orthopédiste, vu la difficulté de la technique opératoire, la rééducation qui doit être essentielle et bien menée, et le résultat final qui doit être presque parfait.

La technique de chirurgie secondaire par greffe en deux temps a été décrite par Bassett et Carroll en 1963[2], puis a été améliorée par la suite par Hunter.

La chirurgie secondaire selon la technique de HUNTER est réalisée en deux temps : le 1^{er} temps consiste en une reconstruction des poulies et à la création d'un espace de glissement par la mise en place d'un espaceur tendineux type tige en silicone ; et le 2^{ème} temps comporte le remplacement de la tige en silicone par une greffe tendineuse.

Nous rapportons l'expérience du service de traumatologie orthopédie pédiatrique du Centre Hospitalier Universitaire Hassan II Fès, à travers une étude rétrospective d'une série de 8 patients ayant bénéficié de la chirurgie secondaire des lésions tendineuses en deux temps selon la technique de HUNTER.

HISTORIQUE DES GREFFES

TENDINEUSES

La chirurgie des lésions tendineuses a été traitée par plusieurs médecins et chercheurs, depuis l'Antiquité passant par la renaissance jusqu'à nos jours.[3]

Avicenne a été le premier médecin qui a effectué une opération sur les tendons, rapporté par la littérature.

Durant la période de la renaissance, plusieurs médecins ont essayé d'améliorer ou de trouver d'autres alternatives, mais cela a été sans succès suite aux problèmes liés à la méconnaissance des règles de l'asepsie, ainsi qu'aux matériaux inadaptés.

C'est après l'apparition de l'anesthésie, de l'asepsie, de la bactériologie, avec le développement d'instruments chirurgicaux moins barbares que la chirurgie a pu se développer.

En 1881, Gluck a été le premier à expérimenter la greffe tendineuse sur un animal, cela en transplantant le tendon d'Achille d'un poulet vers un autre, et où une récupération de la fonction du tendon a été remarquée.

En 1886, Peyrot réalise un pontage par greffe venant d'un chien pour réparer le fléchisseur d'un 3^{ème} doigt gauche, mais le résultat était médiocre. En 1887, Monod réalise la transplantation de 5 cm d'un tendon d'Achille d'un lapin au niveau du pouce.

Vu le nombre élevé de rejets de greffe, Konrad Biesalski (Berlin) a défini en 1910 les premiers principes modernes à respecter lors d'une greffe.

En 1912, Erich Lexer de Jena a réalisé la 1^{ère} série de greffes de tendon fléchisseur dans la main.

En 1916, Léo Mayer publie 3 travaux princeps où il explique les différentes techniques des greffes tendineuses et les différents moyens pour prévenir les adhérences.

En 1918, Sterling Bunnell publie son premier article où il conseille de remplacer l'incision longitudinale médio-palmaire par une incision médio-latérale tout en conservant les poulies, ou bien les réparer. Il développe aussi dans son article la ténolyse.

Devant le problème de constitution d'adhérence au niveau du foyer de suture, Bunnell propose de ne pas réparer les fléchisseurs dans le canal digital, mais de les exciser et de procéder à une greffe courte dans la paume ou longue au poignet, avec un délai de 3 semaines après cicatrisation des tissus. Bunnell va définir ainsi la fameuse zone « No man's land ».

En 1950, la première greffe en 2 temps a été présentée par Bassett et Carroll[2]. Ils ont réalisé une implantation de tige de silicone flexible pour former une pseudogaine.

James Hunter vulgarise en 1965 le principe de la greffe en 2 temps afin de lutter contre les nappes adhérentielles qui se trouvent essentiellement dans les doigts contus et écrasés.[4][5]

RAPPEL ANATOMIQUE

I. Rappel anatomique :

La main contient de nombreuses structures spécialisées qui fonctionnent en synchronie fournissant une biomécanique motrice précise et des sens tactiles fins (figure N°1). Nos mains peuvent être affectées par un large éventail de pathologies, congénitales et acquises. Même des blessures traumatiques mineures peuvent entraîner une raideur importante et une perte de fonction. La prise en charge de ces affections de la main nécessite une solide connaissance de son anatomie.

La main représente la partie distale du membre supérieure, elle se trouve après l'articulation du poignet et se subdivise en 3 parties : le poignet ou le carpe, le métacarpe et les doigts qui sont au nombre de 5 : le pouce, l'index, le majeur, l'annulaire et l'auriculaire.

La main contient une structure osseuse riche avec 27 os subdivisés comme suit : 8 os au niveau du carpe, 5 métacarpiens qui se trouvent au niveau du carpe et 14 phalanges. A noter que le pouce ne possède que 2 phalanges, les autres doigts en possèdent 3 chacun.

La vascularisation de la main est très riche. Elle est principalement originaire de l'artère radiale et de l'artère ulnaire, formant des arcades vasculaires superficielle et profonde au niveau de la paume. Le réseau veineux est aussi riche avec un réseau d'interconnexion entre les veines superficielles et profondes. Les veines superficielles se drainent dans le dos de la main, précisément dans son réseau dorsal, au niveau du dos des métacarpiens ; alors que les veines profondes accompagnent les artères.

Trois nerfs contribuent à l'innervation de la main : le nerf ulnaire, le nerf médian ainsi que le nerf radial.

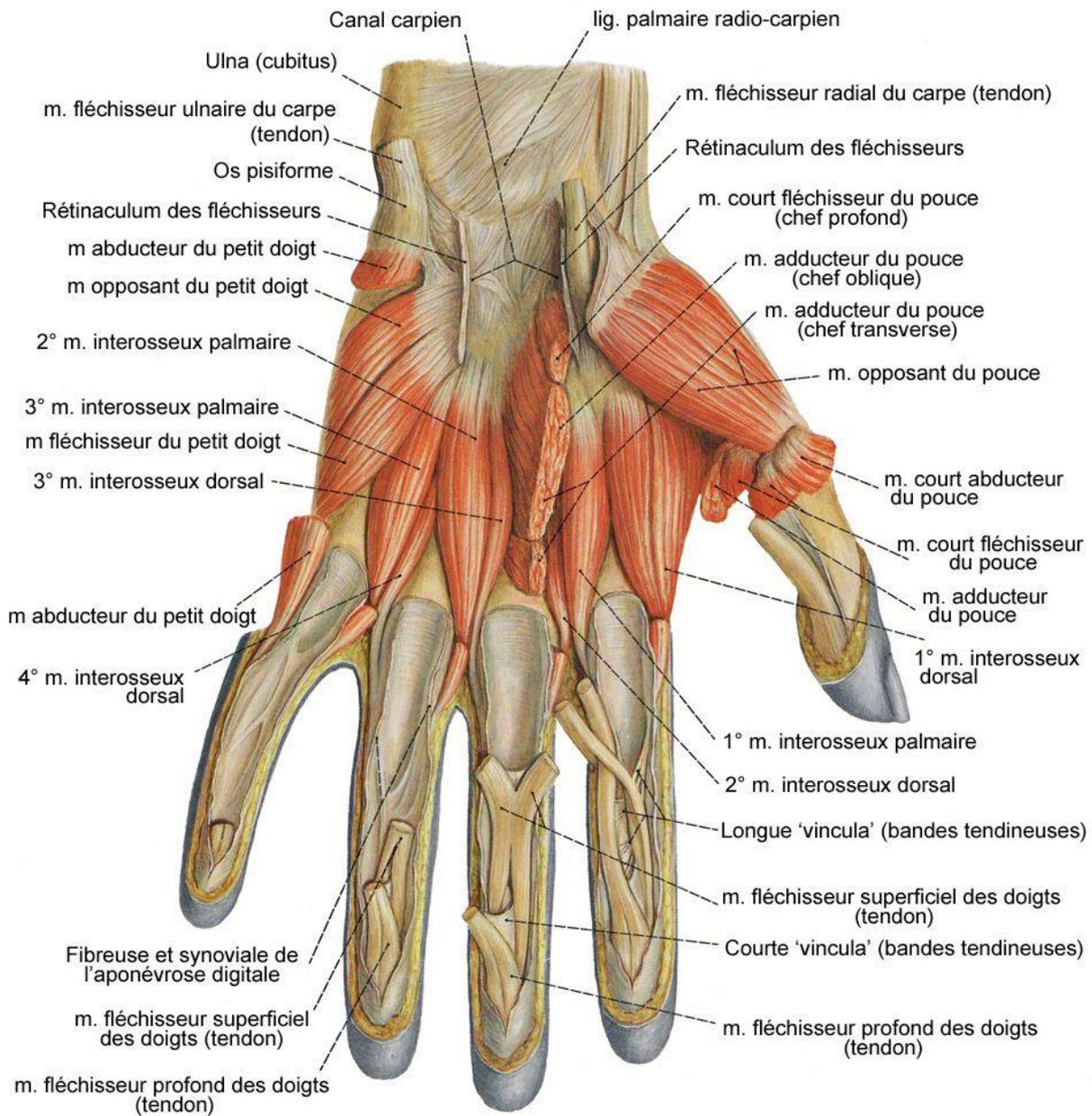


Figure N°1 : Vue antérieure de la main montrant les différentes structures musculaires et tendineuses de la face palmaire de la main. [7]

A. Les tendons fléchisseurs des doigts :

La main comporte 9 tendons fléchisseurs des doigts : un tendon fléchisseur superficiel et un tendon fléchisseur profond pour le 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} doigt, et un tendon long fléchisseur du pouce. Ils proviennent respectivement du muscle fléchisseur superficiel des doigts, du muscle fléchisseur profond des doigts et du muscle long fléchisseur du pouce (figure N°2).[6] [7]

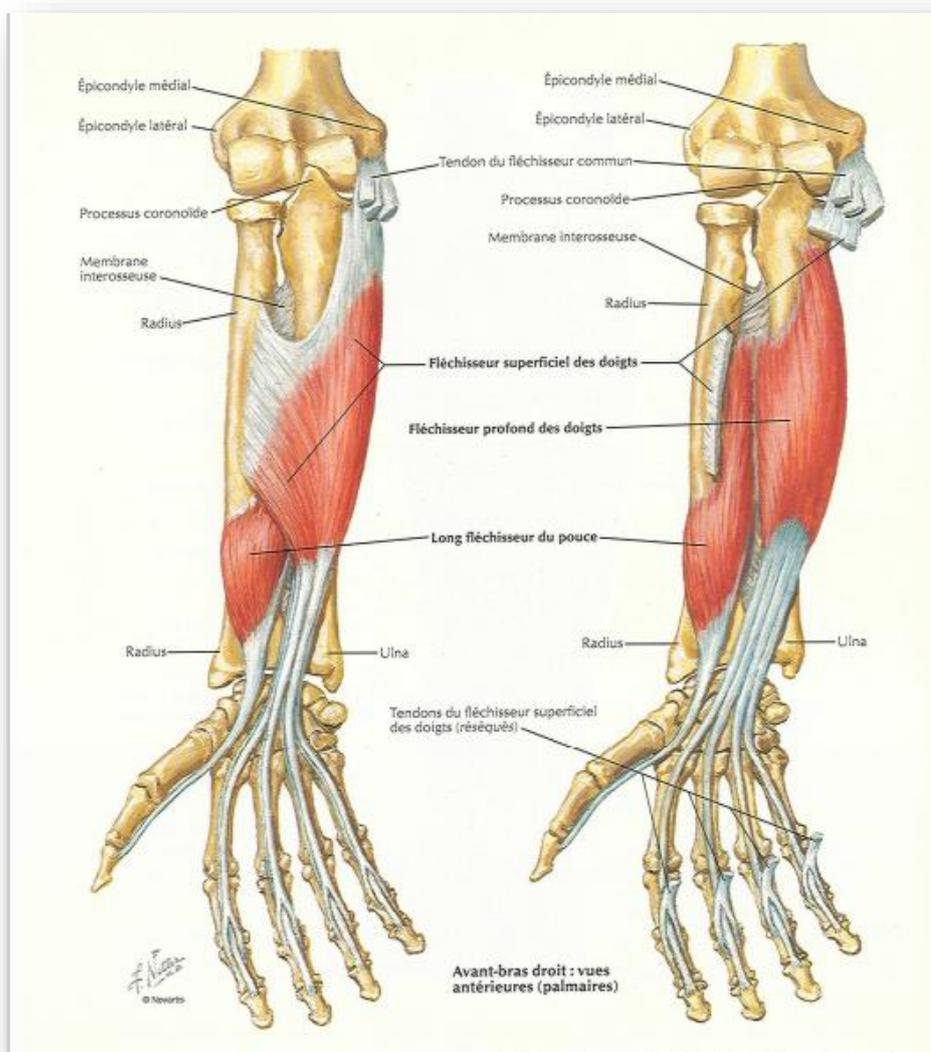


Figure N°2 : Image montrant les muscles propres de l'avant-bras : les muscles fléchisseurs des doigts. [7]

1. Fléchisseur superficiel des doigts :

Le muscle fléchisseur superficiel des doigts présente 2 chefs, donc 2 origines : le chef huméro-ulnaire qui naît au niveau de l'épicondyle médial et du bord adjacent du processus coronoïde, et le chef radial prenant naissance au niveau de la ligne oblique du radius.

Sa terminaison au niveau de la partie distale de l'avant-bras représente la naissance des 4 tendons fléchisseurs superficiels des doigts.

A travers le canal carpien, les tendons des FSD vont s'y insinuer et se continuer au niveau des 4 doigts longs.

Les tendons du fléchisseur superficiel des doigts recouvrent ceux du fléchisseur profond des doigts au niveau de l'avant-bras, précisément au niveau du canal carpien et aussi dans la région proximale des doigts.

Les tendons du majeur et de l'annulaire se trouvent en avant de ceux de l'index et de l'auriculaire.

Au niveau de la base de la phalange proximale de chaque doigt, le tendon du fléchisseur superficiel des doigts va se diviser en deux languettes tendineuses, allant de chaque côté du tendon fléchisseur profond des doigts et se greffant sur les bords de la phalange intermédiaire.

La vascularisation est assurée par l'artère ulnaire, et l'innervation est assurée par le nerf médian.

Leur rôle est de fléchir l'interphalangienne proximale de l'index, du majeur, de l'annulaire et de l'auriculaire. Il joue aussi un rôle dans la flexion de l'articulation métacarpo-phalangiennes des mêmes doigts (figure N°3).[6][7]



Figure N°3 : Figure montrant la couche intermédiaire des muscles du compartiment antérieur de l'avant-bras, et montrant l'insertion et la terminaison du muscle fléchisseur superficiel des doigts. [6]

2. Fléchisseur profond des doigts.

Le muscle fléchisseur profond des doigts naît au niveau du bord antérieur et médial du cubitus, et au niveau de la moitié de la face antéro-médiale de la membrane interosseuse adjacente.

Sa terminaison va donner naissance à 4 tendons qui se prolongent jusqu'aux 4 doigts médiaux tout en passant à travers le canal carpien. Ces 4 tendons vont passer à la face postérieure des tendons des FSD, dans la gaine commune des fléchisseurs.

À niveau de la phalange proximale de chaque doigt, chaque tendon va cheminer entre les languettes tendineuses de chaque tendon FSD, puis va se continuer distalement pour arriver au niveau de la face antérieure de la base de la phalange distale où il va s'y insérer.

La vascularisation est assurée par l'artère ulnaire et l'artère interosseuse antérieure, l'innervation est assurée par le nerf ulnaire et le nerf interosseux antérieur, rameau du nerf médian.

Les FPD vont permettre de fléchir les articulations métacarpo-phalangiennes, ainsi que les articulations interphalangiennes proximales et distales de l'index, du majeur, de l'annulaire et de l'auriculaire (figure N°4).[6][7]

3. Le Long fléchisseur du pouce :

Le tendon long fléchisseur du pouce provient du muscle fléchisseur du pouce, qui prend naissance au niveau de la face antérieure du radius et de la moitié de la membrane interosseuse adjacente.

Après avoir traversé le canal carpien de façon latérale aux tendons des fléchisseurs profonds et superficiels des doigts, il arrive au niveau du pouce où il se termine sur la base de la phalange distale.

Son innervation est assurée par le nerf médian, précisément par le nerf interosseux antérieur.

Il va permettre de fléchir l'interphalangienne du pouce. Il peut aussi jouer un rôle dans la flexion de l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce (figure N°4).[6]



Figure N°4 : Image montrant la couche profonde des muscles du compartiment antérieur de l'avant-bras : on peut voir l'insertion et la terminaison du muscle fléchisseur profond des doigts et le muscle long fléchisseur du pouce. [6]

B. Les gaines tendineuses de la main :

1. Les gaines synoviales :

La gaine du tendon fléchisseur est composée de composants de tissu synovial et rétinaculaire, qui ont des fonctions séparées et distinctes. La partie membraneuse est un tube synovial scellé aux deux extrémités. La partie rétinaculaire (poulie) est une série de condensations de tissus fibreux transverses, annulaires et cruciformes qui recouvrent la partie synoviale de la gaine.[8] La base ou l'aspect dorsal de ce tunnel est composé du ligament métacarpien transversal profond, des plaques palmaires des articulations métacarpo-phalangiennes (MP), interphalangiennes proximales (IPP) et interphalangiennes distales (IPD), et des surfaces palmaires des phalanges. Dans le 2^{ème}, 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} doigt, la partie membraneuse de la gaine commence au cou des métacarpes et se continue distalement jusqu'à l'articulation interphalangienne distale. Dans la plupart des cas, la gaine synoviale du petit doigt se poursuit près du poignet.[8][9]

Les tendons des fléchisseurs superficiels et profonds des doigts, après avoir traversé le canal carpien, cheminent dans la paume de la main et arrivent dans des gaines fibreuses au niveau de la face palmaire digitale, appelées gaines digitales synoviales.

Ces gaines fibreuses naissent devant les articulations métacarpo-phalangiennes, et s'étalent jusqu'aux phalanges dans leur partie distale.

Les gaines digitales ainsi que la gaine synoviale commune jouent un rôle important dans le coulissement des tendons, de façon libre, les uns sur les autres, lors des mouvements des doigts (figure N°5). [10]

➤ **La gaine synoviale commune des muscles fléchisseurs :**

Elle englobe et les tendons fléchisseurs superficiels, et les tendons fléchisseurs profonds des doigts.

Elle affleure le bord supérieur du rétinaculum des fléchisseurs.

Elle présente 3 culs de sacs latéraux : le cul-de-sac synovial rétro tendineux sur lequel se basent les tendons fléchisseurs profonds, le cul-de-sac synovial inter-tendineux qui va permettre de dissocier les 2 plans des tendons profonds et superficiels, et enfin le cul-de-sac synovial pré tendineux qui va permettre de recouvrir les tendons fléchisseurs superficiels des 4^{ème} et 5^{ème} doigt.[6]

➤ **La gaine synoviale du tendon long fléchisseur du pouce :**

Elle va permettre d'englober le tendon du muscle long fléchisseur du pouce, et cela, depuis son insertion au niveau de la phalange allant jusqu'au-dessus du bord supérieur du rétinaculum des fléchisseurs.[6]

➤ **La gaine synoviale des tendons des doigts :**

Elles sont au nombre de quatre, et vont entourer les tendons des quatre doigts longs. Elles s'étendent de la base de la phalange distale jusqu'au-dessus de la métacarpienne correspondante.

Elles présentent deux lames séreuses chacune, interne et externe, qui vont se continuer à leur extrémité distale pour former un cul-de-sac synovial annulaire, et dans leur extrémité proximale vont former un double cul-de-sac synovial annulaire : périphérique et péritendineux.[6]

2. Les gaines digitales fibreuses :

Elles représentent des tunnels ligamenteux, très résistants, qui englobent les tendons fléchisseurs ainsi que leurs gaines synoviales.

Elles s'insèrent au niveau de la tête des métacarpiens, et s'acheminent jusqu'au niveau de la base des phalanges distales.

Avec les phalanges, les gaines fibreuses vont permettre de délimiter des canaux ostéo-fibreux destinés pour les tendons fléchisseurs et leurs gaines synoviales.

Les gaines vont permettre de maintenir les tendons au contact du squelette, et ainsi, de ne pas faire saillie dans la peau.

Elles présentent 2 parties :

- Une partie annulaire : épaisse et formée de fibres arciformes, se trouve au niveau du corps des phalanges.
- Une partie cruciforme : mince et formée de fibres optiques entrecroisées, se situe au niveau des articulations interphalangiennes.[6]

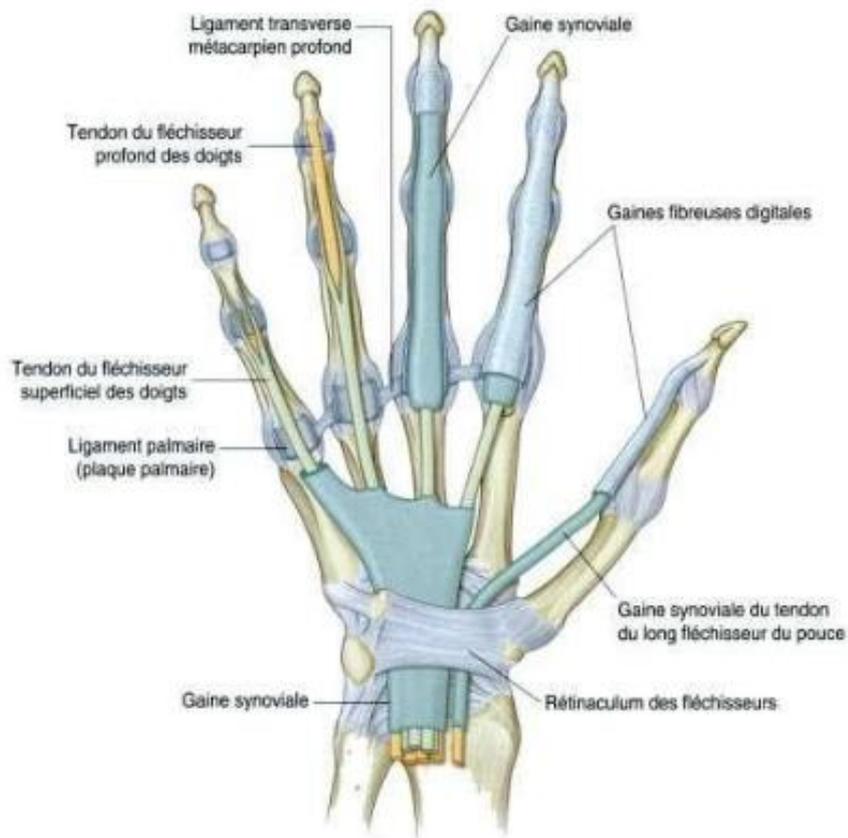


Figure N°5 : Figure montrant la gaine des tendons fléchisseurs de la main. [6]

C. Les poulies digitales :

1. Anatomie descriptive :

La première description des poulies remonte au XV–XVIème siècle, et cela grâce à Leonardo Da Vinci, qui a montré l'importance des poulies digitales dans la biomécanique des doigts, et cela, en produisant une mobilité articulaire par la traction sur les tendons, dans la création d'un effet corde d'arc. Plusieurs anatomistes ont développé cette idée dont Bichat, Portal, Boyer, Cloquet et Cruveilhier, tout en mettant une grande importance sur le rôle des poulies dans le maintien de l'appareil tendineux tout proche du squelette phalangien, ce qui va permettre d'éviter l'effet de corde d'arc lorsque les fléchisseurs se contractent.

Actuellement, on se base sur la nomenclature décrite par Doyle et Blythe en 1985 [8][11][12]. Après avoir disséqué 80 doigts provenant de cadavres frais, le canal digital a été décrit comme étant un canal ostéo–fibreux contenant des condensations fibreuses segmentaires, communément appelées les poulies, englobant les tendons fléchisseurs et tapissé de synoviale. [13]

Le système de poulie–gaine des tendons fléchisseurs des doigts est une structure complexe qui permet une fonction de flexion normale et efficace des doigts. Ce système gaine–poulie est composé d'une composante synoviale profonde et d'une composante rétinaculaire ou poulie superficielle. Les poulies sont des condensations de tissu fibreux, qui encerclent presque les tendons fléchisseurs formant un canal fibro–osseux qui fonctionne pour garder les tendons adjacents aux phalanges. Cela permet le transfert d'une force de translation générée par l'unité muscle–tendon en un moment de rotation sur les phalanges[14]. Dans les doigts, il y a 5 poulies annulaires (A1 à A5) et 3 poulies croisées (C1 à C3) en ordre décroissant de façon proximale à distale (figure N°6) [15]. Les poulies A2 et A4 s'insèrent directement dans l'os sur les

phalanges proximales et moyennes, respectivement. En revanche, A1, A3, et A5 sont plus étroites, plus souples, et s'insèrent la plupart du temps dans la plaque volante, et avec les poulies croisées, permettent la compression sans impact et l'expansion pendant la flexion des doigts et l'extension, respectivement[14]. Les poulies arciformes A1 à A5 comportent de puissantes fibres arciformes en avant des phalanges. Les poulies cruciformes C1 à C3 sont composées de fibres s'entrecroisant en avant des articulations, et qui laissent passer latéralement les vaisseaux provenant des artères collatérales digitales palmaires, et qui vont vasculariser les tendons fléchisseurs. Ces vaisseaux sont nommés les vinculas [13][16].

➤ **Les poulies arciformes A1 et A2 :**

La poulie A1 débute 5 mm au-dessus de l'interligne de l'articulation métacarpo-phalangienne. Elle a une longueur de 10 mm environ.

La poulie A2 vient après la poulie A1, avec une longueur de 20 mm. Hunter a partagé cette dernière en 2 segments : un segment proximal et un segment distal [13][17].

➤ **Les poulies arciformes A3, A4 et A5 :**

A3 se trouve au niveau de l'articulation interphalangienne proximale. Elle mesure 3 mm de largeur et se trouve fixée en arrière de la plaque palmaire de l'IPP.

A4 représente avec A2 l'une des poulies les plus larges et les plus épaisses. Elle mesure environ 12 mm et se trouve au niveau de la phalange intermédiaire.

A5 se trouve fixée en arrière de la plaque palmaire de l'IPD. Il s'agit d'une poulie fine et étroite [13].

➤ **Les poulies cruciformes C1, C2 et C3 :**

Contrairement aux poulies arciformes, les poulies cruciformes sont variables dans leurs tailles et leurs présences.

Elles peuvent représenter parfois qu'une simple bande oblique étroite. Ceci est le cas de C3, qui tend souvent à n'être que le prolongement de A4 au niveau de sa partie distale au lieu d'une véritable séparation.

En aval de l'interphalangienne distale ne se trouvent pas de poulies, comme la décrit Doyle[11], mais plutôt des éléments du fascia pulpaire. Ce dernier a été décrit par Shrewsbury et Johnson [13][18].

➤ **La poulie A0 :**

Manske et Lesker décrivent, en 1983[16], une poulie proximale se situant 1 à 3 mm au-dessous du bord proximal du canal digital. Ils la nomment la poulie A0.

Cette poulie est plus large sur le 3^{ème} et le 4^{ème} doigt, et moins fixe que les autres poulies digitales [13].

➤ **Les poulies du pouce :**

Le pouce ne possède que 2 phalanges, donc il ne possède que la partie proximale du système des poulies : une poulie A1 au niveau de la métacarpo-phalangienne, et une poulie A2 au niveau de l'interphalangienne.

Les 2 poulies arciformes sont séparées par une poulie oblique, où reposent, sur sa partie proximale, les fibres terminales de l'adducteur du pouce [13].

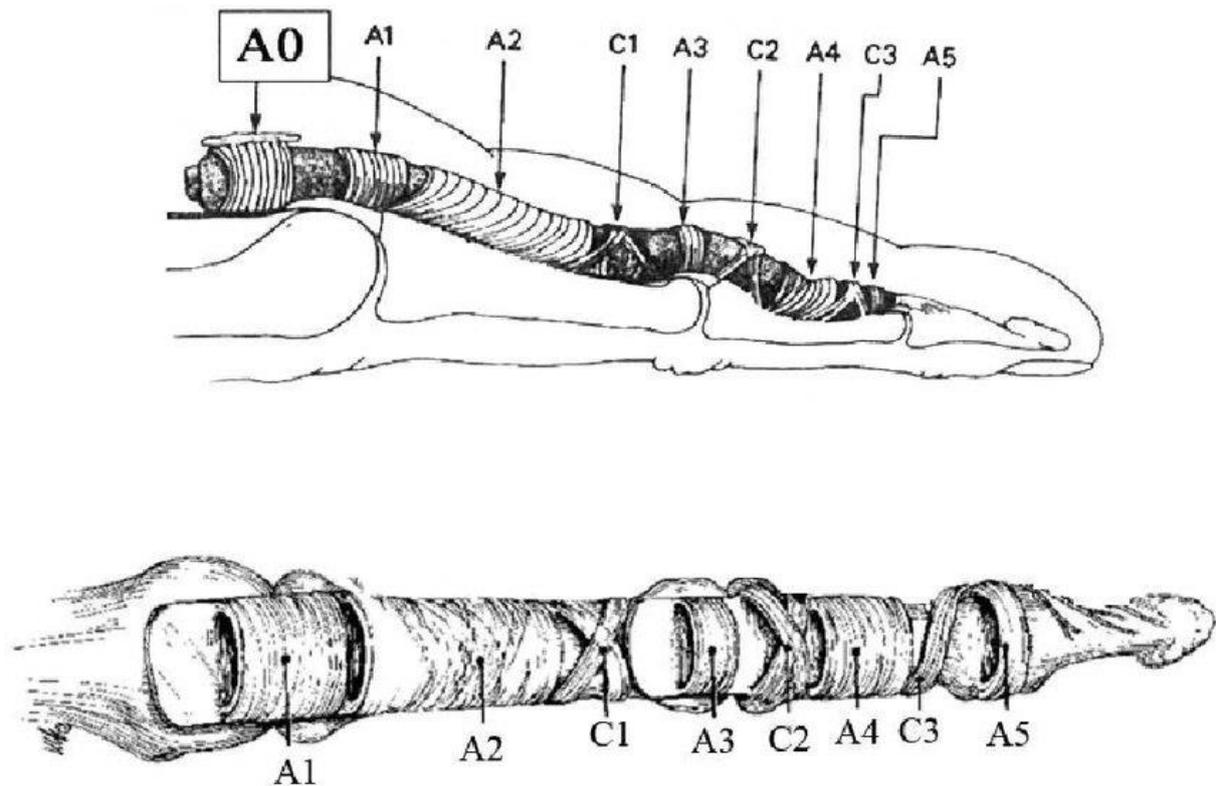


Figure N°6 : Figure montrant les différentes poulies des doigts.[13]

2. Histogenèse et morphologie :

Les poulies sont formées de 3 couches :

- Une externe richement vascularisée, faite de tissu mésenchymateux, et qui englobe l'appareil fléchisseur, l'appareil extenseur et la matrice cartilagineuse de la phalange.
- Une moyenne constituée de trousseaux de collagène et de fibroblastes.
- Et une interne, mono ou bicellulaire, qui représente le feuillet pariétal de la gaine tendineuse.

La couche moyenne va être responsable de la forme en 8 de la poulie, et qui va jouer un rôle primordial dans l'allongement ou la rétraction de l'ensemble selon la flexion ou l'extension des doigts [13][19].

3. Biomécanique :

➤ **Les poulies annulaires diaphysaires : A0, A2 et A4 :**

Maintiennent un rapport constant du fléchisseur à l'axe de rotation de l'articulation d'aval.

Se rétrécissent peu en flexion, et donc elles préviennent la corde d'arc en regard des os concaves.

Les poulies A2 et A4 ont un rôle important dans la fonction des fléchisseurs, et donc dans le bon enroulement digital [13].

➤ **Les poulies annulaires articulaires : A1, A3 et A5 :**

Préviennent l'effet « corde d'arc » qu'en avant de leur articulation, puisqu'elles se raccourcissent de plus de 50% en flexion.

Elles jouent un rôle dans la distribution des forces lors de la flexion des doigts et le mouvement en avant de la plaque palmaire [13].

➤ **Les poulies cruciformes : C1, C2 et C3 :**

Elles ont un effet faible dans l'effet « corde d'arc »[13].

D. Nutrition :

L'apport de sang aux tendons est quantitativement beaucoup moins important que pour les muscles et la plupart des autres tissus du corps. Mayer[20] a décrit la microcirculation des tendons en 1916 ; ses conclusions ont été confirmées par Edwards[21] et Brockis[22]. Toutes leurs études suggèrent que cette source de nutrition pour les tendons provient de trois sources principales : des branches musculaires ; des vaisseaux qui courent dans le paratendon du tissu conjonctif environnant, du mésotendon et de la vincula ; à partir des vaisseaux de l'os et du périoste près du point d'insertion du tendon.[23]

Grâce à des ouvertures qui se trouvent entre les poulies, quatre branches communicantes transversales des artères digitales passent dans ce canal digital. Edwards[21] a déjà décrit trois d'entre eux et les a appelées les artères digitales transverses distales, les artères interphalangiennes et les artères digitales transverses proximales. Elles sont situées au col de la phalange intermédiaire, la base de la phalange intermédiaire et le col de la phalange proximal, respectivement. Il a aussi décrit une autre branche communicante à la base de la phalange proximale. Toutes ces branches communicantes semblent jouer un rôle important dans les apports sanguins au système vinculaire des tendons fléchisseurs.[24]

Dans le canal digital, chaque tendon fléchisseur a généralement deux types de vincula : la vincula courte et la vincula longue (figure N°7).

Le VBS (vinculum breve superficialis) est né de la partie membraneuse de la plaque palmaire de l'articulation IPP, et est attaché à la décussation. Ce vinculum contient de nombreux vaisseaux artériels provenant principalement de l'artère digitale transverse proximale.

Le VBP (vinculum breve profundus), de forme triangulaire, surgit le long des deux tiers distaux de la phalange intermédiaire. Son apport artériel provient principalement de l'interphalangienne et des artères digitales transverses distales.

Le VLS est né du côté radial ou ulnaire de la base de la phalange proximale, et est attaché à l'un des deux glissements du tendon superficiel juste en amont de la décussation. Il reçoit son approvisionnement en sang de la branche communicante transversale qui entre dans le canal digital à travers la base de la phalange proximale. Ces longues vinculas ont été nommées le radial ou l'ulnaire, en fonction de leur origine.

Les cinq types de distribution de VLP ont été nommés le distal, moyen, mixte, proximal et absent. Le type distal de VLP est apparu au niveau de l'insertion du tendon superficiel, et est attaché directement au tendon profond. Son approvisionnement en sang provient principalement de l'artère interphalangienne digitale transversale.

Le type intermédiaire de VLP est ponté entre le tendon du fléchisseur profond et le VBS grâce à la décussation du tendon superficiel. Son approvisionnement en sang vient de l'artère digitale transverse proximale.

Le type proximal de VLP provient de la membrane synoviale entre les deux glissements du tendon fléchisseur superficiel et est attaché au tendon profond où il passe par la bifurcation du FSD. Son alimentation artérielle provient principalement du VLS.

Le type mixte de VLP a la même relation avec les deux tendons comme le type proximal, mais dans ce type, il y n'a pas de VLS et son approvisionnement en sang provient du VBS indirectement à travers la membrane synoviale entre deux glissements du tendon superficiel [24].

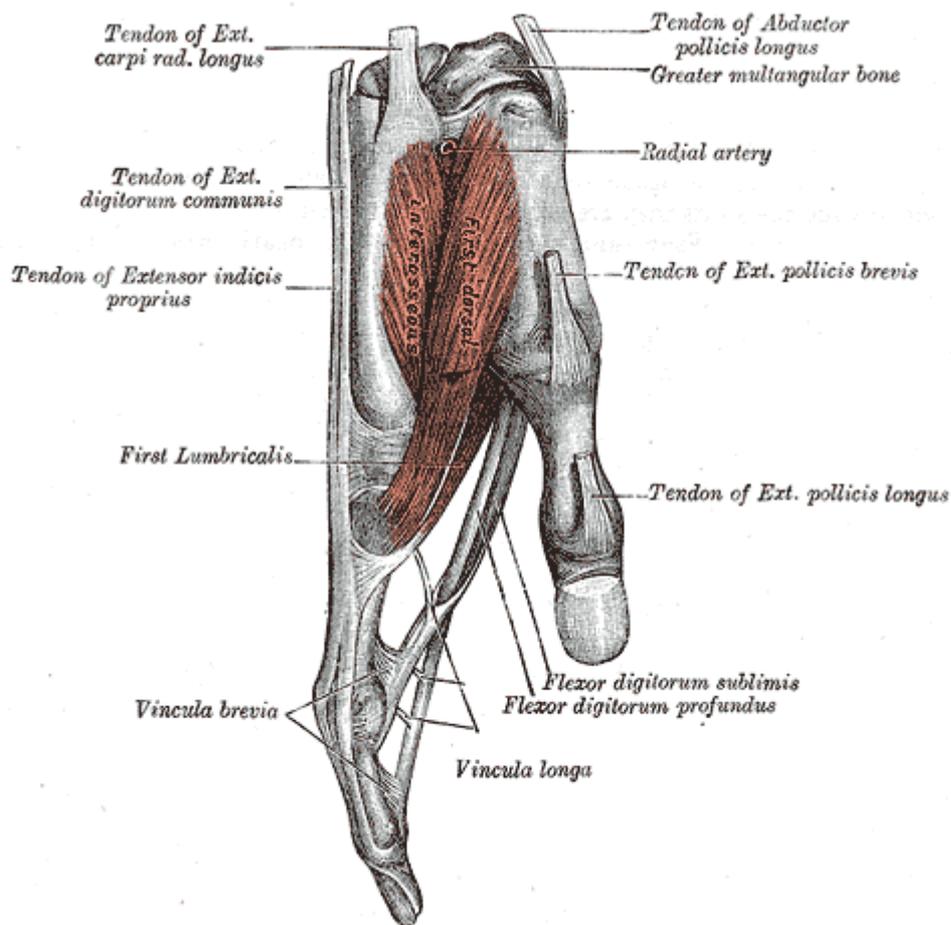


Figure N°7 : Figure montrant la nutrition des tendons fléchisseurs de la main. [6]

E. Cicatrisation

Dans les années 1950 et 1960, trois chercheurs indépendants ont apporté des contributions notables à notre compréhension de la réparation des tendons fléchisseurs : Peacock, Potenza et Lindsay[25][26][27]. Peacock (1964, 1965, 1970) s'est concentré sur les aspects cellulaires et métaboliques de la cicatrisation des tendons et a reconnu trois phases du processus de réparation :

1. La première phase comprenait la migration des cellules périphériques dans le site de la plaie, fournissant des vaisseaux sanguins et des fibroblastes capables de produire du collagène ; les cellules tendineuses elles-mêmes n'étaient pas considérées comme capables de produire du collagène. Il s'agit de la phase inflammatoire, et dure entre 4 à 8 jours.[28]
2. La deuxième phase qui est la phase de prolifération fibroblastique débute vers le quatrième jour et est caractérisée par la formation d'agrégats protéiques et de fibres de collagène qui unissent les extrémités des tendons et le tissu environnant. Cette phase dure entre 5 à 45 jours.[28]
3. La troisième phase consistait en un remodelage des tendons sur le site de réparation en raison des forces biophysiques (tension contrôlée) et de l'activité biochimique (enzymes collagénolytiques). Cette troisième phase, très importante, permet de restaurer la surface lisse du tendon et de faciliter son mouvement de glissement [29]. Elle dure jusqu'à J112.[28]

La cicatrisation idéale d'un tendon fléchisseur lacéré comprend le rétablissement de la continuité des fibres de collagène et la restauration de la surface de glissement lisse. C'est cette dernière exigence qui distingue la réparation du tendon fléchisseur de celle de la plupart des autres tissus, où seule la production de collagène de pontage (avec ou sans minéralisation) est essentielle pour une restauration complète de la fonction [29].

Bien que les adhérences puissent contribuer au rétablissement de la continuité tendineuse, elles interfèrent également avec la restauration de la surface de glissement lisse. Peacock et Potenza croyaient fermement que les adhérences étaient nécessaires à la guérison des tendons, comme il a été mentionné précédemment ; toutefois, des études subséquentes suggèrent qu'elles représentent une réponse inflammatoire au traumatisme (Gelberman et coll., 1983)[29][30][31].

La cicatrisation du tendon sera obtenue après 6 semaines, par contre, la solidité du tendon ne sera obtenue qu'au bout de 3 mois minimum. Une mobilisation active est souhaitable, vu que les 1^{ers} travaux ont montré une diminution de la résistance du tendon autour de la première semaine après la suture. La mobilisation active précoce semble diminuer la durée de cette phase de faiblesse. [28]

II. Les zones de la main :

Bien que le même système de classification des zones s'applique aux enfants, l'âge de l'enfant semble être plus important que la zone de blessure. Par conséquent, de nombreux chirurgiens pédiatriques de la main préfèrent classer les enfants ayant subi des lésions du tendon fléchisseur en trois groupes selon l'âge : les enfants d'âge préscolaire (moins de 5 ans), les enfants (entre 5 et 10 ans) et les adolescents (de 11 à 15 ans). L'âge aura une influence majeure sur la taille du tendon, la technique de suture, la taille des sutures utilisées dans la réparation et la rééducation postopératoire (figure N°8) [32].

A. Zone I de la main :

La zone I est définie comme la région comprise entre le tendon du FP et l'insertion du tendon du FS.

Les blessures dans cette zone impliquent une lacération ou une avulsion. Ces blessures surviennent généralement chez les jeunes adultes. Généralement, le mécanisme de la blessure est une extension forcée d'un doigt qui fléchit activement [33][34].

B. Zone II de la main :

La zone II est définie entre la zone proximale de la poulie A1 et l'insertion du FSD. Les blessures de la zone II sont particulièrement difficiles à gérer.

Bunnell a décrit les blessures en zone II en 1918 et était contre la réparation primaire en raison de mauvais résultats. Ceci est dû à un risque accru de formation d'adhérence, la nécessité d'accueillir deux tendons dans un tunnel fibro-osseux serré et les ruptures dans le site de réparation résultant d'une mauvaise vascularisation [35]. Pour ces raisons, la zone était historiquement appelée « No man's land »[33][34].

C. Zone III de la main :

La zone III est comprise entre la partie distale transverse du ligament carpien et la poulie A1. En raison de l'absence de gaine, les blessures dans cette zone ont souvent un bon pronostic, sauf s'il existe un traumatisme neuro-vasculaire associé [33][34].

D. Zone IV de la main :

La zone IV représente le canal carpien, et une lésion au niveau de la zone IV est anatomiquement définie comme une lacération dans le canal carpien. Les blessures au tendon seul sont rares en zone IV en raison de l'effet protecteur du rétinaculum fléchisseur ; les blessures peuvent également impliquer une atteinte nerveuse, notamment le nerf médian ou ulnaire. Une blessure en zone IV ou V impliquant plusieurs tendons et le nerf médian est souvent appelée « poignet spaghetti »[33][34].

E. Zone V de la main :

La zone V est définie par les bords proximaux du ligament transverse carpien, et il termine au niveau de la jonction musculo-tendineuse dans la partie proximale de l'avant-bras. Les blessures en zone V associent généralement des lésions vasculo-nerveuses [33][34].

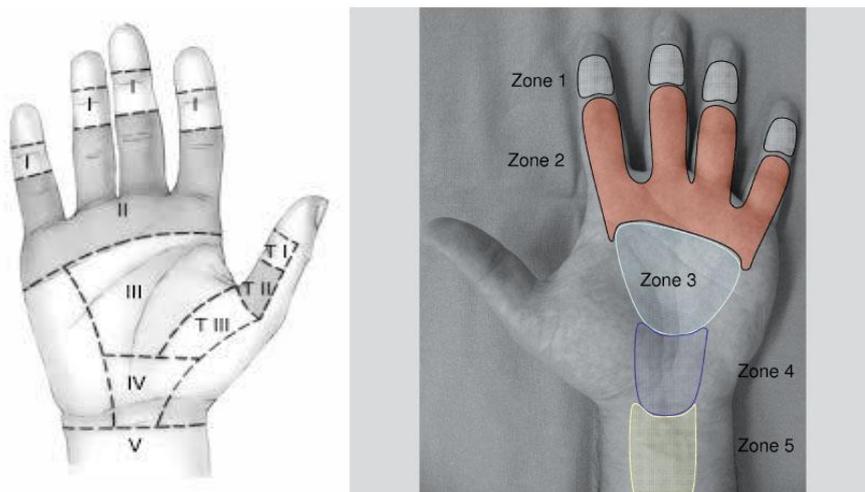


Figure N°8 : Figure montrant les différentes zones de la main. [34]

CLINIQUE DES LESIONS
TENDINEUSES CHEZ
L'ENFANT

Le diagnostic des lésions du tendon fléchisseur est plus difficile chez les jeunes enfants que chez les adultes. La présentation tardive est également plus fréquente chez les enfants [32].

Dans la main pédiatrique, les lésions du tendon fléchisseur sont le plus souvent causées par du verre ou une arme blanche [36][37]. Un médecin peut ne pas reconnaître ou apprécier la gravité de la blessure et, par conséquent, un indice élevé de soupçon devrait être maintenu. Chez les jeunes enfants, les parents et les médecins peuvent manquer la lésion tendineuse en raison du piégeage avec flexion, dans lequel l'enfant fléchit le doigt blessé avec le doigt voisin [38].

Il se peut que ces blessures ne soient pas diagnostiquées lors de l'examen initial ou qu'elles soient délibérément laissées de côté en raison d'autres blessures graves ou mortelles. Lorsque ces blessures sont diagnostiquées plus d'une semaine après le traumatisme initial, le traitement devient plus difficile et elles sont considérées comme négligées. Ces blessures sont alors associées à la rétraction des extrémités lésées des tendons, à la raideur articulaire ou à la peau adhérente ou contractée qui doit être traitée avant que la reconstruction tendineuse puisse être effectuée. Dans les lésions négligées des tendons fléchisseurs, l'approximation directe des extrémités des tendons n'est plus possible en raison du raccourcissement musculo-tendineux ou de la perte segmentaire de la substance tendineuse. Les patients souffrant de ces blessures sont traités par greffe tendineuse. Une cicatrisation importante dans le lit du tendon nécessite une reconstruction du tendon par étapes à l'aide d'un implant de tendon en silicone [39].

Les lésions du tendon fléchisseur chez les enfants guérissent rapidement et les contractures sont rares, tant que l'articulation n'a pas été blessée. Les tendons fléchisseurs chez les enfants sont plus petits et plus délicats que chez les adultes, mais il n'y a aucune différence anatomique entre eux. L'approche chirurgicale et les techniques de réparation sont les mêmes que chez l'adulte, mais pour des raisons évidentes le diagnostic et la réhabilitation posent des défis uniques. Contrairement aux enfants, les adultes sont en mesure de reconnaître la blessure, de se conformer à l'examen et de participer à un protocole de réadaptation. Ces différences influent également sur l'identification des complications et leur gestion [38].

I. Diagnostic clinique :

L'examen commence par l'observation de la posture de repos de la main. Un doigt en extension et qui ne repose pas dans la cascade habituelle a probablement une lésion du tendon fléchisseur (figure N°9). Si l'enfant le permet, la flexion douce du poignet et l'extension utilisent l'effet ténodèse pour générer l'excursion du fléchisseur. Par ailleurs, la compression des structures de l'avant-bras génère une sortie passive du fléchisseur. La compression sur le tendon du fléchisseur radial du carpe (FRC) génère la flexion du pouce, et la compression ulnaire sur le FRC génère la flexion des autres doigts [38].



Figure N°9 : Image d'un patient montrant l'absence de la cascade naturelle des
doigts.[38]

II. Diagnostic radiologique :

Des radiographies de la main peuvent être utiles pour montrer un corps étranger retenu ou une fracture associée. L'échographie a une précision diagnostique limitée, et l'IRM est coûteuse et nécessite une anesthésie générale pour les jeunes enfants. Les deux sont peu susceptibles de faciliter le diagnostic, car ils nécessitent un patient coopératif. La possibilité d'une lésion associée aux structures neurovasculaires doit toujours être suspectée [38].

Le diagnostic d'une lésion tendineuse (ou nerveuse) chez un jeune enfant effrayé est toujours difficile et la recommandation est une exploration chirurgicale sous anesthésie générale [38].

LA GREFFE TENDINEUSE EN 2 TEMPS : TECHNIQUE DE HUNTER

La reconstruction tendineuse des tendons fléchisseurs en deux temps est généralement effectuée selon la technique originale utilisée par Hunter et Salisbury [40].

La première étape de la greffe en deux temps est réservée à la reconstruction des poulies et à la création d'un espace de glissement. Le but est d'obtenir, à la fin de cette première étape, un doigt souple ayant un système de flexion (poulies) mécaniquement convenable, et d'un bon environnement trophique pour le futur greffon tendineux [41]. Un système de poulies adéquat et fonctionnel est nécessaire avant l'implantation de la tige en silicone. Les poulies les plus importantes, surtout en reconstruction, sont A2, situées au-dessus de la phalange proximale, et A4, sur la phalange du milieu. Au minimum, A2 et A4 doivent être présents ou reconstruits pour avoir un système de poulies fonctionnelles [42][43].

Ce premier temps comporte aussi la mise en place d'une tige en silicone comme espaceur tendineux, dont l'excursion permanente lors des mouvements passifs du doigt va contribuer à recréer un espace de glissement qui accueillera ensuite la greffe tendineuse définitive qui se fait lors du 2^{ème} temps. [41]

I. 1^{er} temps de la technique de Hunter :

L'abord cutané est effectué selon les règles habituelles de la chirurgie en zone palmaire digitale. Habituellement, ce sont des incisions brisées du type Brunner qui sont utilisées, en essayant d'intégrer les cicatrices existantes. Si cela s'avère nécessaire, des plasties ou lambeaux cutanés peuvent être réalisés au cours de ce premier temps [41].

Les poulies A1 jusqu'à A5 sont exposées. Soigneusement, les nerfs et les vaisseaux digitaux sont identifiés et protégés. Les poulies A2 et A4 sont soigneusement inspectées et préservées si possible [1].

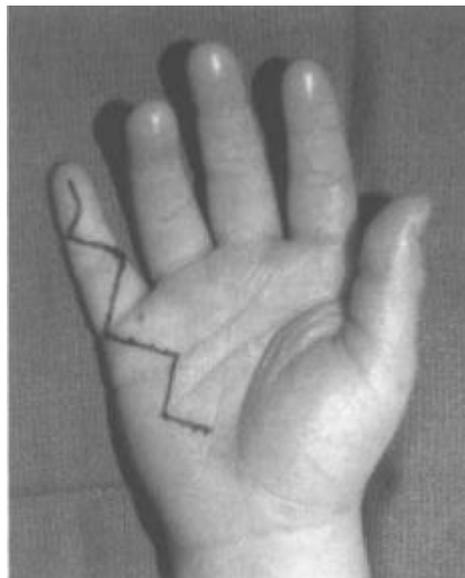


Figure N°10 : Photo per-opératoire montrant la voie d'abord faite lors de la technique de Hunter qui est une incision en zigzag type Brunner. [1]

Généralement, après adhésiolyse, le bout distal du FPD est recherché et extrait de sa gaine. Une incision en distale du fléchisseur radial du carpe est ensuite faite (3 cm) pour permettre d'identifier et de protéger le nerf médian entre le long palmaire et le fléchisseur radial du carpe. Cette incision va permettre aussi d'identifier et de récupérer le FPD en appliquant une pression constante dans l'axe [1][44][45][46][47].

Parfois, des gestes associés peuvent être réalisés à ce stade comme :

- Une greffe nerveuse sur un nerf digital palmaire propre, en veillant à dimensionner la greffe pour qu'aucune tension ne s'exerce en position d'extension digitale complète.
- Une arthrolyse palmaire portant sur une articulation IPP ou IPD, après l'excision des reliquats fibreux des tendons fléchisseurs, et avant la couverture cutanée et la reconstruction des poulies. [41]

Lorsqu'une indication de greffe a été retenue, l'excision des reliquats tendineux constitue la première étape chirurgicale, après le temps d'incision cutanée. Cette excision porte sur toutes les structures tendineuses présentes en zone 2, débutant en amont du bord proximal de la poulie A1 et se terminant à hauteur de l'insertion distale du tendon fléchisseur profond sur P3. Si cela s'avère nécessaire, l'ouverture d'une poulie annulaire ou cruciforme est possible pour autoriser cette excision tendineuse. Quelques millimètres sont conservés à ce niveau pour permettre la suture facile de l'espaceur tendineux. Le tendon fléchisseur superficiel est excisé en totalité. Il est devenu exceptionnel de réaliser une greffe « longue » imposant une suture proximale réalisée non plus dans la paume, mais au poignet. Si tel est le cas, l'excision des reliquats tendineux (profonds et superficiels) doit être prolongée dans la paume et dans le canal carpien, jusqu'en zone 5. [41]

La plus grande tige que peut accepter la gaine tendineuse doit être placée dans le canal digital, de telle façon qu'elle se situe à hauteur du bord proximal de la poulie A1 en position d'extension digitale. Parfois, la mise en place initiale de la tige est difficile, et la poulie A1 peut être sacrifiée partiellement ou totalement pour permettre le passage de la tige. Distalement, la tige est fixée aux tissus mous du doigt juste après la poulie A5 en plaçant deux sutures 4-0 à travers la pointe de la tige. A noter que la suture doit être passée avec une petite aiguille conique pour éviter de déchirer la tige. Si le passage reste difficile, une nouvelle dilatation des structures digitales est effectuée avec un dilatateur ou des petites sondes à ballonnet. En proximal, la tige est fixée au niveau du canal carpien et coupée en regard du bout distal du tendon FPD en préparation au 2^{ème} temps de Hunter. [1][44][45][46][47]



Figure N°11 : Image en per-opératoire montrant la mise en place d'un espaceur tendineux. [41]

La reconstruction des poulies représente l'étape essentielle de ce premier temps de Hunter. L'effort de reconstruction doit porter avant tout sur les poulies annulaires (A1, A2, A4), dont le rôle mécanique est prépondérant, si la reconstruction est nécessaire. La reconstruction de la poulie A5 joue un rôle important en plaquant la greffe au contact de la base de P3, contribuant à éviter un effet de corde d'arc et un flessum de l'IPD [41]. La poulie A2 peut être reconstruite par le bout distal du FSD en le croisant au-dessus de la tige pour la stabiliser. La poulie A4 peut être reconstruite en utilisant le tendon du long palmaire ou d'autres tendons...[1][44][45][46][47]

Les poulies reconstruites ne doivent pas être trop serrées pour ne pas générer le glissement de la tige. Une vérification du glissement est faite afin de s'assurer qu'il n'y a pas de « corde d'arc », et cela en mobilisant l'IPD sur la MP [1][44][45][46][47]. Si ce test est satisfaisant, et après contrôle de l'hémostase, la fermeture cutanée est réalisée, comportant si nécessaire l'agencement des lambeaux ou plasties cutanées locales nécessaires pour obtenir une fermeture cutanée sans aucune tension en position d'extension. À ce stade, en l'absence de tout tendon fléchisseur extrinsèque, le doigt reconstruit ne dispose d'aucun tonus postural en flexion. Sa posture de repos normal est donc en extension, contrastant avec la cascade naturelle en flexion des doigts adjacents [41].

Après le 1^{er} temps de HUNTER, les efforts de réadaptation visent à rétablir le mouvement passif complet du doigt tout en permettant la guérison et la restauration de la gaine reconstruite du tendon fléchisseur. Cette période de réadaptation nécessite un enfant coopératif et un parent attentif. Sans la participation d'un parent avec la capacité cognitive de fournir la thérapie à domicile, la reconstruction tendineuse de fléchisseur échelonnée chez l'enfant n'est pas indiquée. [1][44][45][46][47]

II. 2^{ème} temps de la technique de Hunter :

L'objectif de ce deuxième temps est de remplacer la tige par le greffon définitif à l'intérieur de la pseudogaine néoformée. Suivant les cas, on utilise un tendon du long palmaire comme greffon s'il est présent, à un tendon du muscle plantaire à défaut ou même à un extenseur d'orteil si les deux premiers sont absents [41].

Le greffon le plus utilisé est celui du long palmaire qui peut être prélevé par l'ancienne incision du poignet. Mais, le tendon du long palmaire peut être absent chez approximativement 13% des enfants. Dans ce cas, le greffon utilisé est l'extenseur du 5^{ème} orteil ; muscle plantaire grêle, ... ou d'autres tendons [1][44][45][46][47].

Après reprise de l'ancienne incision au niveau du poignet, l'extrémité proximale de la tige est identifiée. Dans la plupart des cas, elle est facile à repérer vu le granulome qui l'entoure. Puis le greffon tendineux est suturé à l'extrémité proximale de la tige [1][44][45][46][47]. Il convient de vérifier à ce stade que le fléchisseur profond coulisse librement dans la paume et dans le canal carpien. Si ce n'est pas le cas, une étape de ténolyse est nécessaire, jusqu'à restaurer la mobilité normale du tendon [41].

Ensuite, après reprise d'une partie distale de l'incision de Brunner, on retrouve la partie distale de l'espaceur tendineux encore solidaire du moignon distal du fléchisseur profond[41].

Le tendon prendra place dans le doigt en retirant la tige par cette incision en distal de la poulie A4 [1][44][45][46][47].

Le tendon est ensuite détaché de la tige et pourra être fixé à la base de la dernière phalange par 2 méthodes :

- Celle préférée chez l'enfant (vu l'os en croissance) est de réaliser une fixation sur la phalange distale par une suture extériorisée nouée sur un bouton externe placé sur l'ongle. Dans ce cas, le fil de suture préféré est le Prolène vu sa résistance adéquate et son retrait facile. Un creux est réalisé par une curette sur la phalange distale au niveau du site proposé pour la fixation du tendon. 2 forages parallèles et obliques sont réalisés. Les sutures passeront à travers ses trous et seront fixées sur un bouton. A noter que les sutures sans forages sont également possibles.
- Les sutures peuvent être également passées à travers la pulpe du doigt, et fixées sur un bouton pour éviter de léser les structures osseuses et unguéales (petit enfant).
- La suture peut être également réalisée avec le bout distal des tendons laissé en place. [1][44][45][46][47]

Avant toute suture, on vérifie que le greffon coulisse librement dans la néogaine fibreuse digitale par des mouvements alternatifs de traction directe[41].

La dernière étape consiste en la réalisation d'une ténorrhaphie proximale[1].



Figure N°12 : Image en per-opératoire : Après réalisation d'un abord proximal et distal, repérage de la tige et fixation du transplant à la tige en proximal, traction sur la tige permettant d'introduire le greffon dans la néogaine. [41]

L'étape de réglage de la tension est décisive. Au préalable, la suture des incisions proximales et distales est réalisée pour permettre un test de la tension dans des conditions optimales. Même si le corps charnu du fléchisseur profond est capable d'une certaine adaptation, tout excès de tension va se traduire par une tendance au flectum IPP et IPD. À l'inverse, toute insuffisance de tension risque d'entraîner un défaut d'enroulement actif. Le repère le plus simple pour ce réglage est la « cascade naturelle » des doigts en flexion[41]. Sur la table opératoire, le doigt doit faire une extension complète poignet en flexion et une flexion complète poignet en extension[1]. Il est de règle cependant d'accentuer un peu la tension sur le greffon pour obtenir un tonus postural en flexion comportant une flexion plus accusée pour le doigt opéré que pour les doigts adjacents, ceci pour anticiper sur une habituelle détente postopératoire du greffon[41].



Figure N°13 : Image en per-opératoire montrant la fixation définitive du greffon à l'ongle. [41]

Le geste se termine par la fermeture des incisions avec mise en place d'une attelle (Poignet fléchi à 15°, MP à 90° et IPP en légère flexion). L'attelle sera gardée pendant 3 à 5 jours en post-opératoire et l'enfant pourra commencer le programme de réadaptation. [1][44][45][46][47]

III. Rééducation après un premier temps de Hunter :

Elle comporte une auto-mobilisation passive en flexion et une auto-mobilisation passive et active en extension. Tout cela doit être enseigné au patient.

La mobilité passive est entretenue par le port d'une orthèse ou une attelle en flexion.

Un masseur-kinésithérapeute peut aussi intervenir pour le contrôle de l'œdème et l'assouplissement de la cicatrice.

Le but de la rééducation après le 1^{er} temps de Hunter est d'obtenir une bonne trophicité cutanée, tout en conservant des amplitudes digitales passives complètes, et cela, dans l'attente de la réalisation du 2^{ème} temps de Hunter.[48]

IV. Rééducation après le deuxième temps de Hunter :

Les principes de la rééducation après le deuxième temps de Hunter sont presque identiques à ceux d'une rééducation après une réparation primaire des tendons fléchisseurs de la main [49].

La rééducation après le second temps est réalisée en suivant les grands principes de la mobilisation précoce d'un tendon fléchisseur réparé[50][51]. Il s'agit donc d'obtenir un mouvement d'excursion du greffon tendineux, sans générer pour autant de tension excessive sur les anastomoses, tout en autorisant l'entretien de la souplesse articulaire.[41]

Le protocole généralement utilisé est une auto-mobilisation précoce protégée active durant les 4 premières semaines en post-opératoire, associée systématiquement à une auto-mobilisation passive protégée.

Dans le cas d'un tendon fléchisseur superficiel conservé, on recommande aussi une auto-mobilisation active analytique de l'articulation interphalangienne proximale, et cela, afin d'éviter toute adhérence du fléchisseur superficiel avec le tendon greffé.

La mauvaise vascularisation du greffon représente un facteur de risque très important d'élongation ou de rupture de ce dernier.[48]

Pour les phases suivantes, les principes de la rééducation sont les mêmes qu'une rééducation après réparation primaire du tendon fléchisseur.[49]

Durant les 4 premières semaines en post-opératoire, une orthèse ou une attelle en flexion est portée par le patient en permanence :

- L'orthèse utilisée comporte un module dorsal antébrachio-digital avec un contre-appui palmaire. Ce dernier est limité proximale par le pli de flexion du poignet, et distalement par les plis digito-palmaires, ce qui va permettre de bien plaquer les articulations métacarpo-phalangiennes contre la partie dorsale.
- Les articulations métacarpo-phalangiennes sont positionnées à 60° minimums de flexion, tandis que les interphalangiennes sont positionnées à 0° de flexion.
- Lors d'un protocole de mobilisation active, on doit faciliter le glissement des fléchisseurs, et pour cela, le poignet doit être positionné à 0°.
- Le poignet est par contre positionné à 30° de flexion si la lésion du tendon ou du nerf se trouve dans la zone IV/V, ou si la mobilisation active n'est pas réalisable.

Dans les 2 semaines qui suivent, on remplace l'orthèse de protection par un module antébrachio-palmaire de stabilisation du poignet à 0° d'extension, accompagné d'un auvent dorsal amovible, qui va positionner tous les MP des doigts longs en flexion à 60°, tandis que les interphalangiennes seront positionnés à 0°. Le module sera porté en permanence, tandis que l'auvent sera retiré progressivement au cours de la journée, et ne sera porté que pendant la nuit ou lors des situations à risque.[49]

CLASSIFICATIONS

I. Classifications préopératoires :

Avant l'intervention, certains paramètres doivent être identifiés : des articulations souples avec amplitudes passives complètes, l'absence de cicatrice extensive et de retard de cicatrisation cutanée, la présence d'au moins un nerf digital palmaire propre intact et une vascularisation digitale complète. Ces paramètres permettent aussi de voir s'il y a indication à une greffe en un seul temps ou en deux temps. Toute suspicion d'un appareil de poulies incompetent ou toute situation d'hypovascularisation digitale doit faire exclure d'emblée la réalisation d'une greffe en un seul temps. A noter que le patient doit toujours être averti de la possibilité de switcher vers une greffe en deux temps même avec la présence de critères favorables pour la greffe en un seul temps, puisque l'exploration chirurgicale va permettre de confirmer l'absence de tissu cicatriciel au sein du canal digital et la compétence parfaite du système de poulies pour pouvoir réaliser une greffe en un seul temps. Si ces paramètres ne sont pas présents, une greffe en deux temps selon la technique de Hunter est largement préférable [41].

Les classifications de Boyce et Stark (tableau 1) [37] et de Merle et Dautel (tableau 2) [52] permettent de classier les lésions tendineuses afin de choisir entre une greffe en un seul ou deux temps. Les stades 1 de ces classifications représentent l'essentiel des indications de la greffe en un seul temps [41].

A. Classification de Boyce et Stark :

Tableau N°1 : Classification préopératoire de Boyes et Stark

Stade	Etat préopératoire :
1	Bon : séquelles cicatricielles minimales avec des articulations souples et absence de troubles trophiques
2	Cicatriciel : peau cicatricielle et fine (traumatisme initial ou chirurgie antérieure) ; séquelles cicatricielles importantes en raison d'infection ou échec de réparation primaire
3	Lésions articulaires : mobilités passives enraidies
4	Lésions nerveuses : troubles de la sensibilité et trophiques
5	Lésions multiples : lésions de plusieurs chaînes digitales avec combinaison des problèmes cités ci-dessus

B. Classification modifiée de Merle et Dautel :

Tableau N°2 : Classification préopératoire modifiée de Merle et Dautel.

Stade	Etat préopératoire :
1	Séquelles cicatricielles minimales sans lésions vasculo-nerveuses
2	Séquelles cicatricielles importantes avec atteinte du lit tissulaire + /- lésions des poulies +/- raideurs articulaires Au moins un des pédicules est intact pour chaque doigt
3	Séquelles cicatricielles importantes avec lésions des deux pédicules pour chaque doigt et/ou des axes vasculaires principaux de la main

II. Classification post-opératoire :

L'évaluation post-opératoire a été faite selon 2 classifications : la nouvelle classification de Strickland et le score TAM.

A. La nouvelle classification de Strickland :

Strickland, dans sa classification, exclut la MP, et ne se contente dans son évaluation que sur la mobilité active des IPP.

Le bilan est calculé par la méthode suivante, avec un résultat en pourcentage :

$$[\text{Flexion active IPP} + \text{IPD} - \text{déficit d'extension IPP} + \text{IPD} \times 100] / 175$$

Il s'agit donc du TAM interphalangien [53].

La classification initiale est légèrement sévère, et donc a été modifiée en 1985 (tableau N°3) [54].

Il s'agit d'une méthode qui est particulièrement simple, rapide, et permet d'évaluer l'action des fléchisseurs [55].

Tableau N°3 : Nouvelle classification postopératoire de Strickland.

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°

B. Le score TAM :

Un score fonctionnel a été calculé pour chaque doigt à l'aide de l'American Society for Surgery of the Hand ; total active motion (ASSH TAM) system, et a été comparé au TAM normalisé prévu de 260 degrés pour le doigt et de 130 degrés pour le pouce (tableau N°4)[56].

Son but est de faire la somme des 3 articulations digitales lors de la flexion active, métacarpo-phalangienne (MP), interphalangienne proximale (IPP), interphalangienne distale (IPD), poing fermé, poignet en position neutre, et d'y soustraire la somme des éventuels déficits d'extension concernant les trois articulations [55].

Dans ce système, excellent est de 100%, bon est >75%, moyen est >50%, et mauvais est <50%. [56]

Il s'agit d'une méthode qui est très simple à utiliser, d'où son utilisation par la plupart des chirurgiens pour l'évaluation post-opératoire. Cependant, elle comporte quelques inconvénients notamment :

- Elle accorde la même valeur aux trois articulations, alors que les fléchisseurs agissent essentiellement sur les IP, et non sur les MP. Ces derniers sont sous l'influence des muscles intrinsèques.
- Si une lésion des extenseurs est associée, le résultat est erroné.
- La valeur normale du TAM est comprise entre 220° et 300°.
- La classification est beaucoup trop sévère, vu que le résultat excellent correspond à une flexion du doigt normale, exact au doigt controlatéral.

Au total, ce n'est pas une classification spécifique des fléchisseurs, cependant, elle reste un excellent score pour évaluer la fonction globale des fléchisseurs-extenseurs des doigts [55].

Tableau N°4 : Classification postopératoire TAM.

Classification	TAM	Amplitude de mouvement active (ASSH)
Excellent	>260°	100%
Bien	195° et 259°	75 et 99%
Moyen	130° et 194°	50 et 74%
Mauvais	<130°	<50%

MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. Type d'étude :

Il s'agit d'une étude rétrospective menée au sein du service de traumatologie orthopédie pédiatrique au CHU Hassan II Fès, sur une période étalée entre mars 2012 et décembre 2020, à propos d'une série de 8 patients ayant bénéficié de la chirurgie secondaire des lésions tendineuses de la main par technique de Hunter.

II. Critères d'inclusion :

Ont été inclus : tous les patients qui présentaient une rupture négligée d'un ou de plusieurs tendons fléchisseurs de la main, tous les patients qui ont eu une rupture tendineuse après réparation primitive des lésions d'un ou de plusieurs tendons fléchisseurs de la main, et enfin tous les patients qui ont présenté un échec de réparation primaire.

III. Méthodes :

Dans cette étude, et pour réaliser une collecte de données épidémiologiques, cliniques, paracliniques et évolutives, nous avons dû consulter les dossiers des malades ainsi que les registres. Pour cela, nous avons établi une fiche d'exploitation qui nous a permis de collecter les différentes données nécessaires pour cette étude.

Afin d'évaluer l'état préopératoire de la lésion, deux classifications ont été utilisées : la classification de Boyce et Stark[37], et la classification modifiée de Merle et Dautel[52].

Nos critères principaux pour évaluer les résultats de la technique chirurgicale étaient la possibilité de flexion des doigts avec absence de toutes complications.

Pour évaluer la flexion des doigts, nous avons utilisé deux classifications : la nouvelle classification de Strickland et la classification TAM.

Lésions des tendons fléchisseurs :

	1 ^{er} doigt	2 ^{ème} doigt	3 ^{ème} doigt	4 ^{ème} doigt	5 ^{ème} doigt
FS : zone atteinte					
FP : zone atteinte					

Radiographie de la main face et profil : Délai de prise en charge après la lésion :

Stade de Boyce chez ce patient(e) : Stade de Merle et Dautel pour ce patient(e) :

La réparation chirurgicale : Date : Position du malade : Garrot : Anesthésie :

Voie d'abord : Excision des tissus cicatriciels : Excision des possibles adhérences :

Réparation des poulies A2 et A4 : Mise en place de l'espaceur tendineux : Nature de l'espaceur tendineux : Greffon tendineux prélevé : Mise en place du greffon tendineux :

Immobilisation post-opératoire :

La rééducation post-opératoire : Après le 1^{er} temps de Hunter : Après le 2^{ème} temps de Hunter : Délai entre le geste opératoire et le début de rééducation :

Auto-mobilisation précoce active : Auto-mobilisation passive protégée :

Mise en place d'une attelle :

Le statut fonctionnel post-opératoire : La classification de Strickland 2^{ème} version de ce (tte) patient(e) :

Score TAM :

Complications post-opératoires : Suite simple : Rupture de l'ancrage distal de l'espaceur :

Migration proximale de l'espaceur : Infection : Inefficacité mécanique du greffon :

Rupture du greffon : Constitution d'une raideur digitale :

B. Technique opératoire :

La technique utilisée est une reconstruction tendineuse en 2 temps selon Hunter : le 1^{er} qui consiste en la création d'un espace de glissement par la mise en place d'un espaceur tendineux, et le 2^{ème} temps comporte le remplacement de l'espaceur par la greffe tendineuse.

a. 1^{er} temps :

La voie d'abord utilisée est palmaire en Zigzag de type Brunner, qui peut aller jusqu'à la zone III pour permettre d'identifier les bouts proximaux et distaux des tendons lésés. (Figure N°12)



Figure N°14 : Image per-opératoire montrant l'incision faite au cours du 1^{er} temps de Hunter : Incision en zigzag type Brunner.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

Après dissection sous-cutanée, les pédicules vasculo-nerveux latéraux sont repérés et écartés et l'excision des tissus cicatriciels est réalisée pour permettre de redonner au doigt atteint sa mobilité et sa souplesse. (Figure N°13)

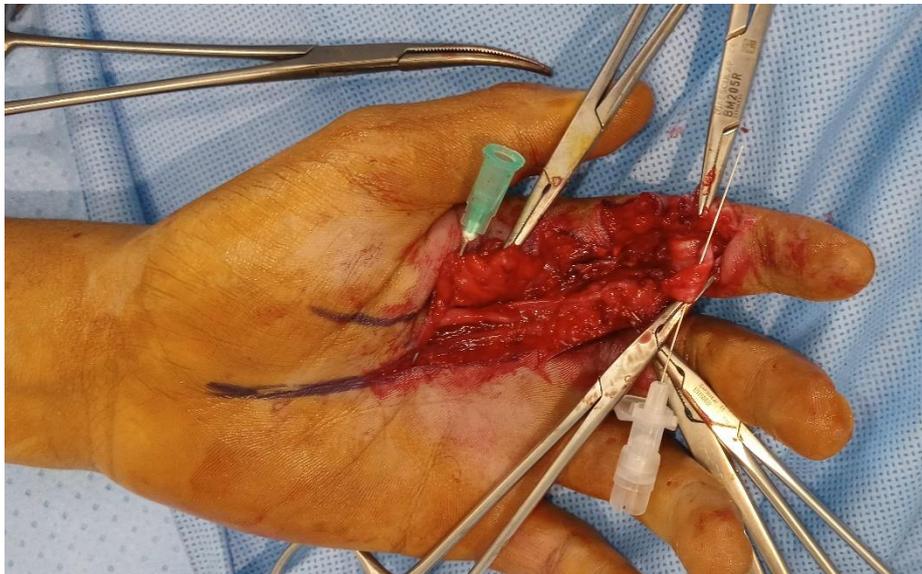


Figure N°15 : Image per-opératoire lors du 1^{er} temps de la chirurgie de Hunter montrant l'exploration de la lésion tendineuse. Dans ce cas, nous remarquons que le fléchisseur superficiel et profond sont sectionnés.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

Ensuite, les tendons lésés sont repérés avec leurs bouts proximaux et distaux. L'espaceur sera ensuite introduit et fixé à ces deux bouts. Les types d'espaceur que nous avons utilisés sont des sondes gastriques ou des tubulures. (Figure N°14)

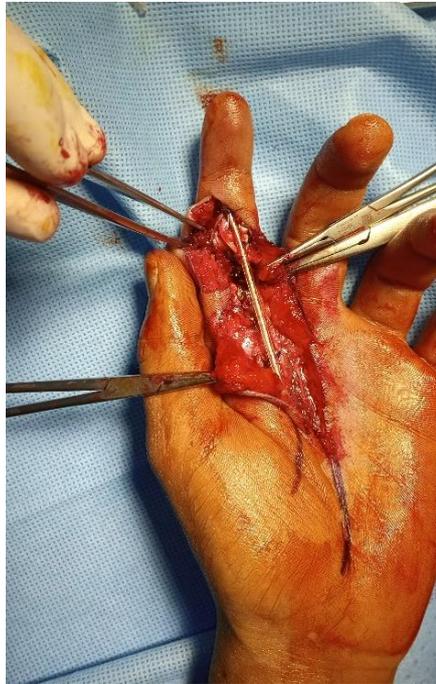


Figure N°16 : Image per-opératoire lors du 1^{er} temps de la chirurgie de Hunter montrant la mise en place de l'espaceur.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

Après fixation de l'espaceur, le 1^{er} temps de la technique de Hunter se termine par la fermeture en 2 plans, et la mise en place d'une attelle en flexion.

b. 2^{ème} temps :

Le 2^{ème} temps de la greffe tendineuse selon la technique de Hunter est pratiqué à la 6^{ème} semaine après le 1^{er} temps. Son objectif est de remplacer l'espaceur utilisé lors du 1^{er} temps par un greffon tendineux. Généralement, nous utilisons le tendon du long palmaire comme greffon tendineux. Si ce dernier est insuffisant ou trop petit pour la greffe, nous optons pour le plantaire, le tenseur du fascia lata...

Le geste débute par une incision au niveau du carpe qui va permettre de repérer le tendon du long palmaire. Une autre incision au niveau de l'avant-bras sera réalisée pour prélèvement du greffon tendineux (Figure N°15).



Figure N°17 : Image per-opératoire lors du 2^{ème} temps de Hunter montrant le prélèvement du greffon du long palmaire.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

Ensuite, après reprise de l'ancienne incision faite au cours du 1^{er} temps de Hunter (incision de Brunner), l'espaceur est identifié et enlevé. Le tendon prélevé sera ensuite suturé aux 2 bouts proximaux et distaux des tendons lésés par des points de Kesler (Figure N°16). Le geste se termine par la fermeture en 2 plans, et la mise en place d'une attelle en flexion.



Figure N°18 : Image per-opératoire lors du 2^{ème} temps de Hunter montrant la mise en place du greffon tendineux.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

IV. Observations des patients :

A. Observation n°1 :

Il s'agit de l'enfant Aya, sans antécédents pathologiques notables, admise initialement à l'âge de 2 ans pour prise en charge d'un déficit de flexion du 3^{ème} doigt. L'histoire de la maladie remontait à 9 mois avant son admission où la patiente a été victime d'un traumatisme de la main droite par du verre, occasionnant chez elle une plaie profonde au niveau de la base du 3^{ème} et 4^{ème} doigt en face palmaire, et pour laquelle elle avait bénéficié de simples pansements sans suture. 9 mois après et devant la persistance du déficit de flexion, la patiente a consulté au niveau du service de traumatologie orthopédie pédiatrique au CHU de Fès pour complément de prise en charge.

L'examen locomoteur avait trouvé une cicatrice au niveau de la zone II de la main droite et un déficit de flexion de l'IPD du 3^{ème} doigt droit, avec une extension conservée et sans lésions vasculo-nerveuses.

La radiographie de la main droite était sans particularité.

L'évaluation préopératoire chez cette patiente avait trouvé un stade 1 dans la classification de Boyce, et un stade 1 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

La patiente avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Après réalisation d'une incision en Z en regard de l'articulation IPD du 3^{ème} doigt, l'exploration trouvait le tendon du fléchisseur superficiel intact avec la présence du bout distal du tendon du fléchisseur profond. Une autre incision en regard du canal carpien a été faite, et après dissection sous-cutanée et repérage du nerf médian qui a été récliné en dedans, l'exploration ne trouve pas de bout proximal du tendon fléchisseur profond. Une dernière incision a été faite en regard du pli palmaire, et après dissection sous-cutanée, l'exploration avait trouvé le bout proximal du tendon du fléchisseur profond. Le dernier

temps consistait en la fixation de la tubulure aux 2 bouts du tendon fléchisseur profond, et enfin, la fermeture en 2 plans et la confection d'une attelle postérieure en flexion.

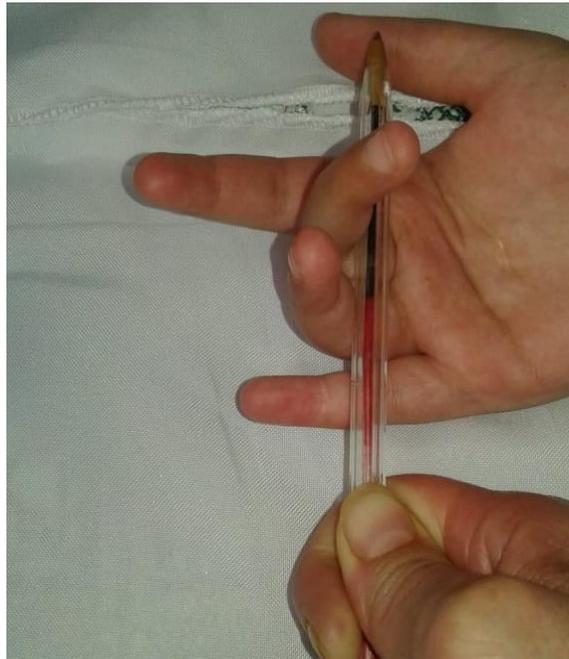
6 semaines après, la patiente a bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Une incision au niveau du carpe a été faite pour repérage du tendon du long palmaire. Une contre incision au niveau de l'avant-bras a été réalisée pour prélèvement du greffon tendineux du long palmaire. Puis, une incision en Z au niveau de la face palmaire du 3^{ème} doigt a été réalisé, et l'espaceur a été remplacé par le greffon prélevé, puis suturé aux bouts proximal et distal du fléchisseur profond par des points de Kesler. Le geste s'est terminé par la fermeture en 2 plans et la confection d'une attelle en flexion.

Les suites post-opératoires étaient simples, la patiente a été déclarée sortante sous couverture antibiotique.

6 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, la patiente avait bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez cette patiente est de 8 ans et 7 mois.

L'évaluation post-opératoire chez cette patiente trouva : un IPP à 90°, un IPD à 35°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un bon résultat chez cette patiente. Le score TAM est de 83%, ce qui correspond à un bon résultat.



Figures N°19 : Photo post-opératoire évaluant la flexion du doigt : IPP=90°- IPD=35°.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

B. Observation n°2 :

Il s'agit de l'enfant Naïma, sans antécédents pathologiques notables, admise initialement à l'âge de 5 ans pour prise en charge d'un déficit de flexion du 2^{ème} doigt de la main gauche. L'histoire de la maladie remonte à 2 ans avant son admission où la patiente a été victime d'un traumatisme par couteau occasionnant chez elle une plaie au niveau du 2^{ème} doigt de la main gauche, et pour laquelle elle avait bénéficié d'une rééducation sans amélioration. 2 ans après et devant la persistance du déficit de flexion, la patiente a consulté au niveau du service de traumatologie orthopédie pédiatrique au CHU de Fès pour complément de prise en charge.

L'examen locomoteur avait trouvé un doigt spontanément en extension de la phalange distale du 2^{ème} doigt de la main gauche, avec une limitation de flexion de l'IPD et sans atteinte vasculo-nerveuse.

La radiographie de la main gauche était sans particularité.

L'évaluation préopératoire chez cette patiente avait trouvé un stade 1 dans la classification de Boyce, et un stade 1 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

La patiente avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Après réalisation d'une incision en Z au niveau de la face palmaire du 2^{ème} doigt de la main gauche et dissection sous-cutanée, l'exploration avait trouvé un fléchisseur superficiel intact avec présence du bout distal du fléchisseur profond. Après, il y a eu réalisation d'une incision transversale au niveau du poignet, et après dissection sous-cutanée, ouverture du ligament annulaire et écartement du nerf radial, le bout proximal du fléchisseur profond sectionné a été identifié. Enfin il y eut la mise en place d'une sonde gastrique puis sa fixation aux 2 bouts par de la soie 2.0. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans, et la mise en place d'une attelle en extension.

Les suites post-opératoires ont été marquées par une surinfection du site opératoire pour laquelle elle a été mise sous Amoxicilline+ Acide clavulanique avec bonne évolution.

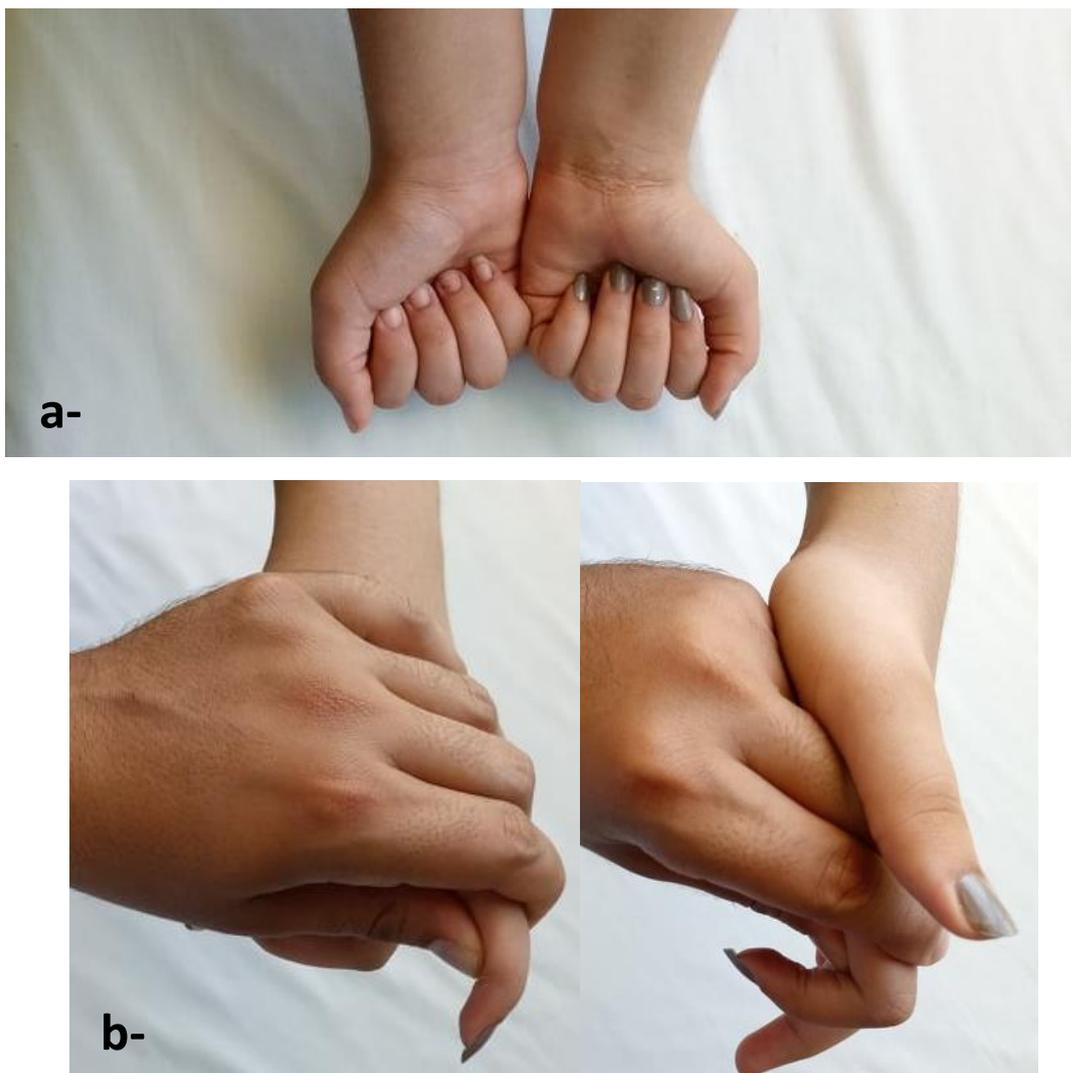
6 semaines après, la patiente avait bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Une incision au niveau du carpe a été faite pour repérage du tendon du long palmaire. Une contre incision au niveau de l'avant-bras a été réalisée pour prélèvement du greffon tendineux du long palmaire. Et après reprise de l'ancienne incision au niveau du 2^{ème} doigt et de la paume de la main, et ablation de la sonde gastrique, le greffon tendineux prélevé du tendon du long palmaire a été suturé aux 2 bouts proximal et distal du fléchisseur profond par points de Kesler au Vicryl 3.0. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans, et la mise en place d'une attelle en flexion.

Les suites post-opératoires étaient simples, la patiente a été déclarée sortante sous couverture antibiotique.

6 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, la patiente a bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez cette patiente est de 7 ans et 9 mois.

L'évaluation post-opératoire chez cette patiente trouva : un IPP à 90°, un IPD à 40°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un bon résultat chez cette patiente. Le score TAM est de 85%, ce qui correspond à un bon résultat.



Figures N° 20 : Photos post-opératoires du doigt opéré réalisant une flexion satisfaisante :

***a-* Vue de face**

***b-* Vue de profil.**

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

C. Observation n°3 :

Il s'agit de l'enfant Khalid, sans antécédents pathologiques notables, admis initialement à l'âge de 15 ans pour prise en charge d'un traumatisme de la main droite par une machine de menuiserie, entraînant un délabrement de la face palmaire des 4 derniers doigts de la main avec une perte de substance cutanée et tendineuse, et pour lequel il avait bénéficié d'un lambeau inguinal de McGregor. 6 mois après, et devant la persistance d'un déficit de flexion du 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} doigt avec apparition d'une tuméfaction en regard, le patient a consulté au niveau du service de traumatologie orthopédie pédiatrique au CHU de Fès pour complément de prise en charge.

L'examen locomoteur de la main droite avait trouvé un déficit de flexion de l'IPP, de l'IPP et de la MP des 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} doigt. L'examen avait aussi trouvé une tuméfaction cutanée froide des lambeaux, molle et indolore à la palpation gênant le mouvement de flexion.

La radiographie de la main droite était sans particularité.

L'évaluation préopératoire chez ce patient avait trouvé un stade 2 dans la classification de Boyce, et un stade 2 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

Le patient avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Après réalisation d'une incision au niveau du bord interne du lambeau du 4^{ème} et 5^{ème} doigt, élargie par des incisions en Z et dissection sous-cutanée, il y eut repérage des tendons fléchisseurs superficiels et profonds sectionnés avec leurs bouts proximaux et distaux. Ensuite, la tubulure a été mise en place avec réalisation d'une plastie de l'excédent du lambeau. Une autre incision en Z a été réalisée au niveau du 3^{ème} doigt, et après dissection sous-cutanée, l'exploration a trouvé des adhérences péri-tendineuses. Après réalisation d'une ténolyse et repérage des bouts proximaux et distaux du tendon fléchisseur superficiel et profond, une tubulure a été mise en place. Le geste s'était terminé par la fermeture

en 2 plans, et la mise en place d'une attelle en flexion.

9 semaines après, le patient avait bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Tout d'abord, une incision au niveau de la cuisse gauche a été réalisée avec dissection sous-cutanée, puis prélèvement d'un lambeau du tenseur du fascia lata. Ensuite réalisation d'une autre incision antérieure au niveau du poignet droit, repérage du tendon du long palmaire qui a été ensuite prélevé. Puis, après reprise des anciennes incisions au niveau du 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} doigts, l'exploration avait trouvé une tubulure en place au niveau du 4^{ème} et 5^{ème} doigt, celle du 3^{ème} doigt étant perdue lors du badigeonnage. Enfin, le greffon du tenseur du fascia lata a été mis en place au niveau du 5^{ème} doigt, et du long palmaire au niveau du 4^{ème} doigt, avec fixation par du Vicryl 3.0. Le geste s'était terminé par la mise en place d'une attelle antérieure

Les suites post-opératoires étaient simples, le patient a été déclaré sortant sous couverture antibiotique.

6 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, le patient a bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez ce patient est de 7 ans et 2 mois.

L'évaluation post-opératoire chez ce patient trouva pour tous ces doigts atteints : un IPP à 0°, un IPD à 0°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un mauvais résultat chez ce patient. Le score TAM est de 34%, ce qui correspond à un mauvais résultat.



Figures N°21 : Aspect clinique post-opératoire de la main droite où seule la flexion de la MP est possible.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

D. Observation n°4 :

Il s'agit de l'enfant Mouad, sans antécédents pathologiques notables, admis initialement à l'âge de 10 ans pour prise en charge d'un déficit de flexion du 5^{ème} doigt de la main droite suite à une lésion par éclat de verre négligée pendant 1 an.

L'examen locomoteur avait trouvé un déficit de flexion de l'IPP et de l'IPD du 5^{ème} doigt, sans lésions vasculo-nerveuses.

La radiographie de la main droite était sans particularité.

L'évaluation préopératoire chez ce patient avait trouvé un stade 1 dans la classification de Boyce, et un stade 1 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

Le patient avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Une première incision palmaire a été réalisée, et après dissection sous-cutanée, les bouts proximaux des tendons fléchisseurs superficiel et profond ont été repérés. Ensuite, une contre-incision au niveau de la face palmaire du 5^{ème} doigt a été réalisée, et après dissection sous-cutanée, repérage et section des bouts distaux des tendons fléchisseurs superficiel et profond. Après fixation du fléchisseur superficiel sur le fléchisseur profond, la tubulure a été mise en place et fixée aux 2 bouts du tendon fléchisseur profond avec de la soie 3.0. Enfin, fermeture en 2 plans et une attelle en flexion a été mise en place.

6 semaines après, le patient avait bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Une incision au niveau du poignet a été réalisée pour prélever le tendon du long palmaire. Puis reprise de l'ancienne incision au niveau du 5^{ème} doigt, la tubulure a été disséquée dont les bouts ne sont pas reliés aux extrémités des tendons, puis mise en place du tendon du long palmaire qui a été suturé aux 2 bouts proximal et distal par des points de Kesler. Enfin, le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans et la mise en place d'une attelle en flexion.

Les suites post-opératoires étaient simples, le patient a été déclaré sortant sous couverture antibiotique.

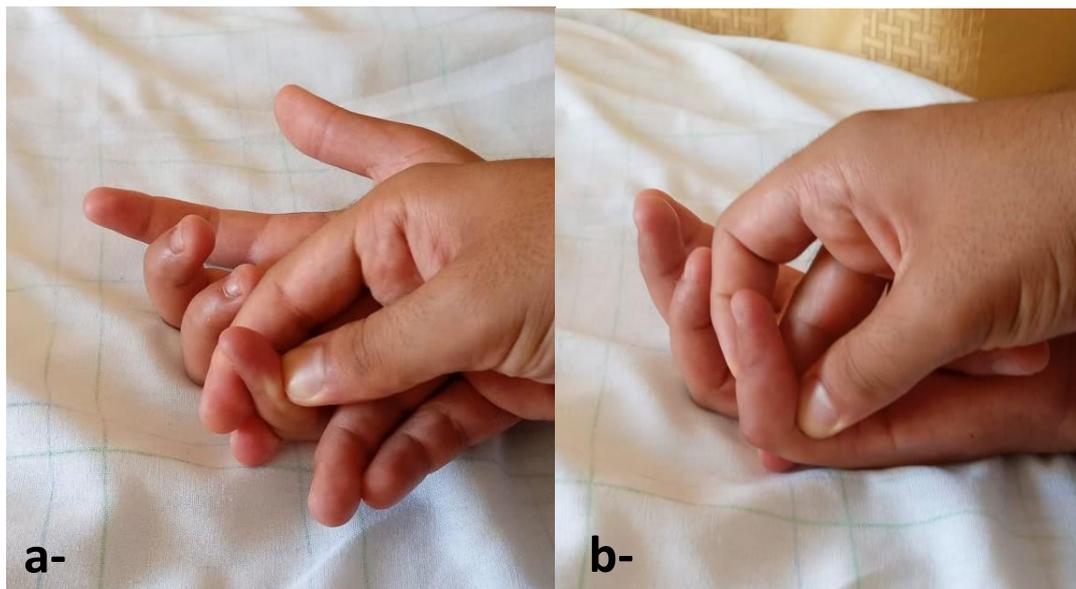
6 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, le patient a bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez ce patient est de 4 ans et 2 mois.

L'évaluation post-opératoire chez ce patient trouva : un IPP à 90°, un IPD à 0°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un bon résultat chez ce patient. Le score TAM est de 68%, ce qui correspond à un résultat moyen.



**Figures N°22 : Aspect clinique post-opératoire des 2 mains a- de face, b- de profil, évaluant la flexion du doigt opéré.
(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)**



Figures N°23 : Aspect clinique montrant l'évaluation post-opératoire de la flexion du

doigt opéré :

a- De l'IPP : 90°

b- De l'IPD : 0°

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

E. Observation n°5 :

Il s'agit de l'enfant Roumayssae, sans antécédents pathologiques notables, admise initialement à l'âge de 1 an pour la prise en charge d'un déficit de flexion du 3^{ème} doigt de la main gauche suite à un traumatisme par un bout de verre négligé pendant un an.

L'examen locomoteur trouve un déficit de flexion de l'IPP et de l'IPD du 3^{ème} doigt de la main gauche sans atteinte vasculo-nerveuse, une extension conservée, avec à l'inspection présence d'une cicatrice de la plaie au niveau de la zone II de la main.

La radiographie de la main gauche était sans particularité.

L'évaluation préopératoire chez cette patiente avait trouvé un stade 1 dans la classification de Boyce, et un stade 1 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

La patiente avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Une première incision en regard de l'ancienne cicatrice de la plaie a été faite, et après dissection sous-cutanée, les bouts proximaux des tendons fléchisseurs superficiel et profond du 3^{ème} doigt ont été repérés. Une autre incision en regard de l'articulation de l'IPP a été faite, et où les bouts distaux du FPD et du FSD ont été repérés. Enfin, après fixation du fléchisseur superficiel au fléchisseur profond, mise en place de la tubulure et sa fixation aux 2 bouts par des points de suture au Prolène 4.0. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans, et la mise en place d'une attelle en flexion.

7 semaines après, la patiente avait bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Une incision au niveau du poignet a été réalisée pour prélever le tendon du long palmaire. Puis reprise de l'ancienne incision au niveau du 3^{ème} doigt, et après dissection sous-cutanée et repérage de la tubulure puis les 2 bouts tendineux, ablation de la tubulure puis, le greffon tendineux a été mis en place puis suturé aux 2 bouts tendineux par points de Kesler. Le geste s'est terminé par la fermeture en 2 plans et la confection

d'une attelle en flexion.

Les suites post-opératoires étaient simples, la patiente a été déclarée sortante sous couverture antibiotique.

6 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, la patiente avait bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez cette patiente est de 3 ans et 8 mois.

L'évaluation post-opératoire chez cette patiente trouva : un IPP à 90°, un IPD à 20°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un bon résultat chez cette patiente. Le score TAM est de 75%, ce qui correspond à un bon résultat.



Figure N°24 : Aspect clinique post-opératoire des deux mains réalisant la flexion des doigts après réalisation de la technique de Hunter.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

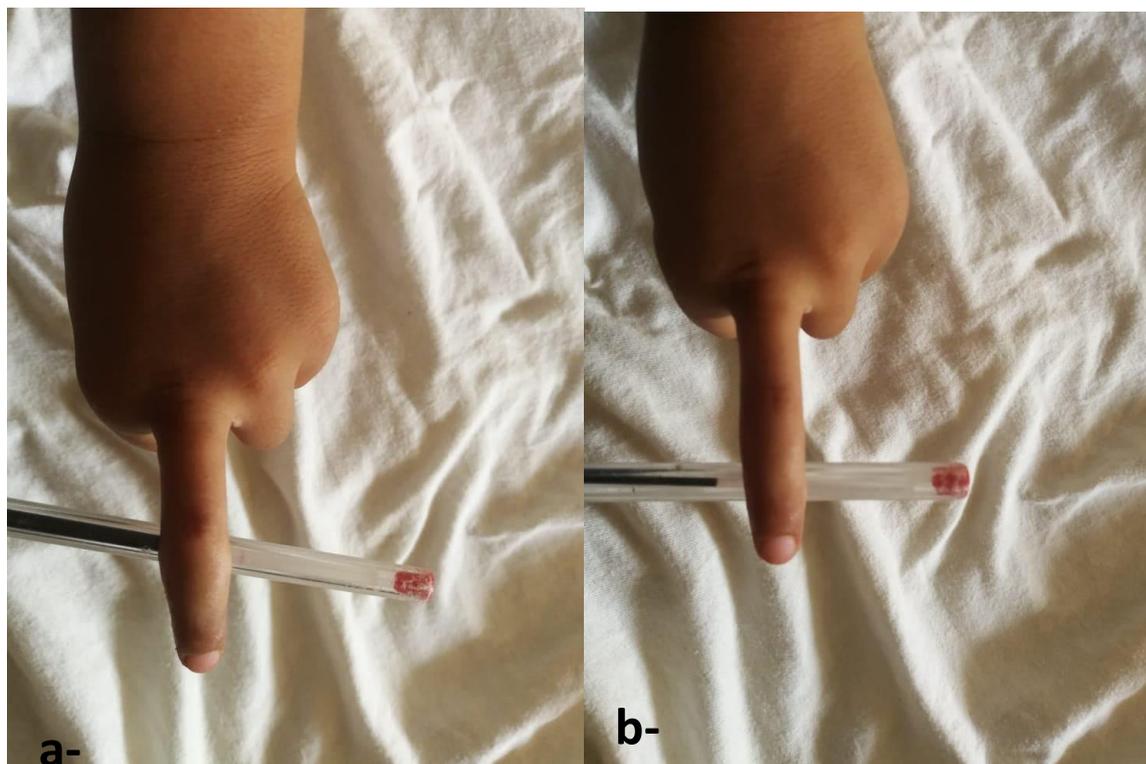


Figure N°25 : Aspect clinique montrant l'évaluation post-opératoire de la flexion du

3^{ème} doigt :

a- IPP= 90°

b- IPD=20°

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

F. Observation n°6 :

Il s'agit de l'enfant Mohammed, sans antécédents pathologiques notables, admis initialement à l'âge de 15 ans pour la prise en charge d'un déficit de flexion du 2^{ème} doigt de la main droite. L'histoire de la maladie remonte à 1 an avant son admission où le patient a été victime d'un traumatisme de la main droite occasionnant chez lui une plaie par un bout de verre en regard de la tête du 2^{ème} métacarpe, traitée par des soins locaux à domicile. 1 an après et devant la persistance du déficit de flexion, le patient a consulté au niveau du service de traumatologie orthopédie pédiatrique au CHU de Fès pour complément de prise en charge.

L'examen locomoteur avait trouvé une cicatrice de 2 cm en regard de la tête du 2^{ème} métacarpe droit, avec un déficit de flexion de l'IPP et de l'IPD du 2^{ème} doigt de la main droite, avec une extension conservée, sans atteinte vasculo-nerveuse.

La radiographie de la main droite était sans particularité.

L'évaluation préopératoire chez ce patient avait trouvé un stade 1 dans la classification de Boyce, et un stade 1 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

Le patient avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Une première incision palmaire au niveau de la cicatrice palmaire a été réalisée, et après dissection sous-cutanée et dissection de la fibrose, les bouts proximaux des tendons fléchisseurs superficiel et profond ont été repérés. Ensuite, une contre incision au niveau de la face palmaire du 2^{ème} doigt a été réalisée, et après dissection sous-cutanée, les bouts distaux des fléchisseurs superficiel et profond ont été repérés. Après fixation du fléchisseur superficiel au fléchisseur profond, une sonde gastrique a été mise en place et fixé aux 2 bouts proximal et distal. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans et la mise en place d'une attelle en flexion.

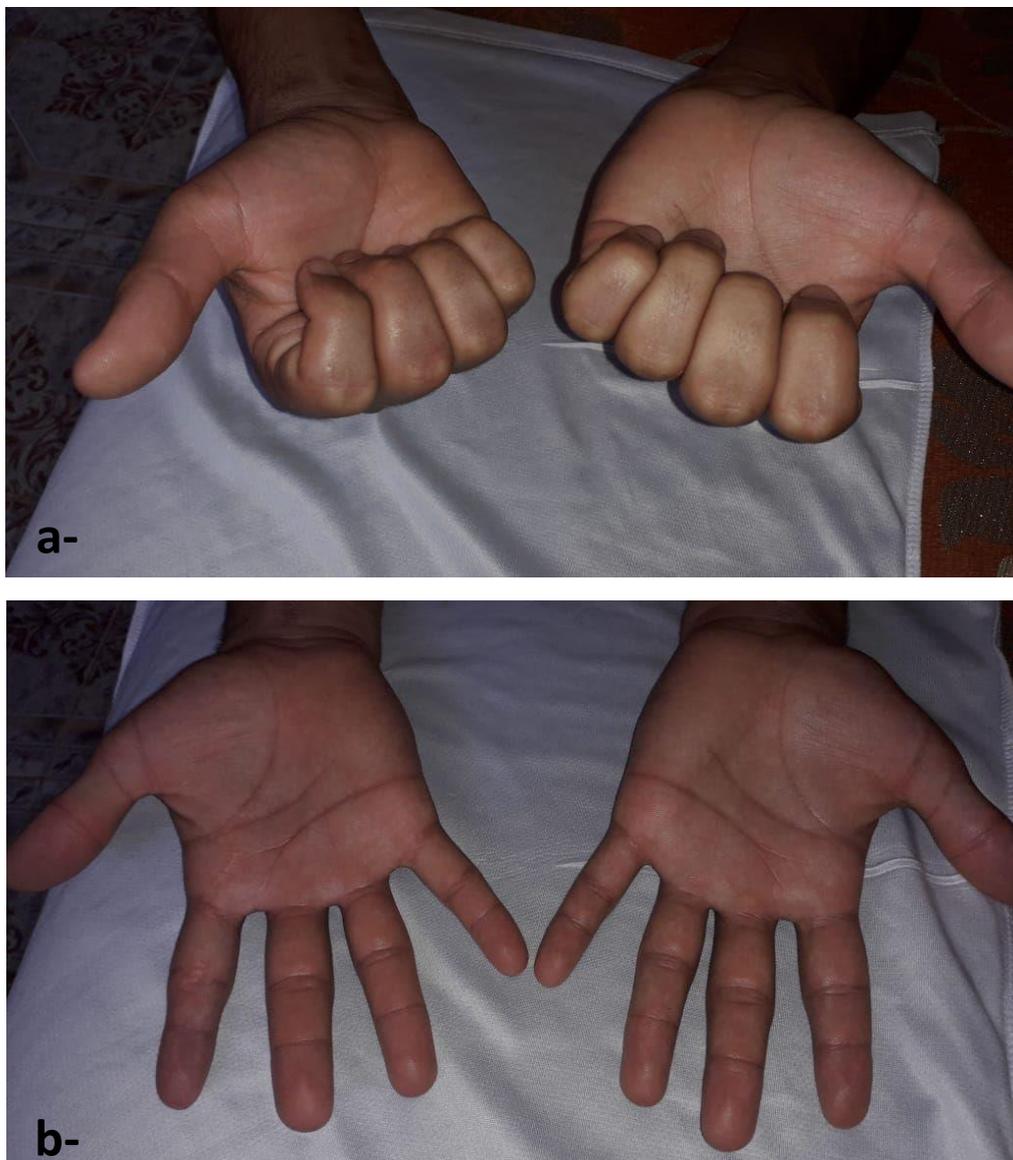
8 semaines après, le patient avait bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Une incision au niveau du poignet a été réalisée pour prélever le tendon du long palmaire. Puis, reprise de l'ancienne incision au niveau du 2^{ème} doigt, et après dissection sous-cutanée, la sonde a été repérée avec les 2 bouts proximal et distal des fléchisseurs, puis, ablation de la sonde. Le greffon tendineux a été mis en place puis suturé aux 2 bouts tendineux par des points de Kesler. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans et la confection d'une attelle en flexion.

Les suites post-opératoires étaient simples, le patient a été déclaré sortant sous couverture antibiotique.

6 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, le patient a bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez ce patient est de 3 ans et 5 mois.

L'évaluation post-opératoire chez ce patient trouva : un IPP à 90°, un IPD à 50°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un excellent résultat chez ce patient. Le score TAM est de 88%, ce qui correspond à un bon résultat.



Figures N° 26 : Aspect clinique post-opératoire des 2 mains montrant respectivement : a- la flexion et b- l'extension des doigts.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

G. Observation n°7 :

Il s'agit de l'enfant Nouredine, ayant comme antécédents un syndrome de Raynaud avec un abcès drainé de la main droite, admis initialement à l'âge de 11 ans pour prise en charge d'une rétraction du 4^{ème} doigt de la main droite négligée pendant 2 ans.

L'examen locomoteur avait trouvé une rétraction en flexion du 4^{ème} doigt de la main droite avec impossibilité d'extension passive de l'articulation interphalangienne proximale, sans atteinte vasculo-nerveuse.

La radiographie de la main droite trouvait une rétraction du 4^{ème} doigt, sans atteinte osseuse.

L'évaluation préopératoire chez ce patient avait trouvé un stade 2 dans la classification de Boyce, et un stade 2 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

Le patient avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Après réalisation d'une incision de Brunner sur la face palmaire du 4^{ème} doigt allant jusqu'à la zone 2 et dissection sous-cutanée, l'exploration avait trouvé un tendon superficiel présent, mais rétracté avec absence du fléchisseur profond. Après ouverture de la plaque palmaire, on constate une fusion et une luxation de l'IPP qui a été impossible à mobiliser. Une section du FS rétracté a été faite pour permettre l'extension de l'IPP. Les bouts proximaux et distaux du FSD ont été repérés, puis mise en place de la tubulure entre eux. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans, pansements et la mise en place d'une attelle en extension.

7 semaines après, le patient avait bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Une incision au niveau du poignet a été réalisée pour prélever le tendon du long palmaire. Puis, reprise de l'ancienne incision au niveau du 4^{ème} doigt et dissection sous-cutanée, repérage de la tubulure puis son remplacement par le greffon tendineux du long

palmaire, et sa fixation aux 2 bouts par des points de Kesler. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans et la réalisation d'une attelle en flexion.

Les suites post-opératoires étaient simples, le patient a été déclaré sortant sous couverture antibiotique.

6 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, le patient a bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez ce patient est de 1 an et 3 mois.

L'évaluation post-opératoire chez ce patient trouva : un IPP à 50°, un IPD à 0°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un résultat moyen chez ce patient. Le score TAM est de 53%, ce qui correspond à un résultat moyen.



Figures N°27 : Radiographie de la main droite de l'enfant Noureddine, de face et $\frac{3}{4}$, montrant une rétraction du 4^{ème} doigt sans atteinte osseuse.

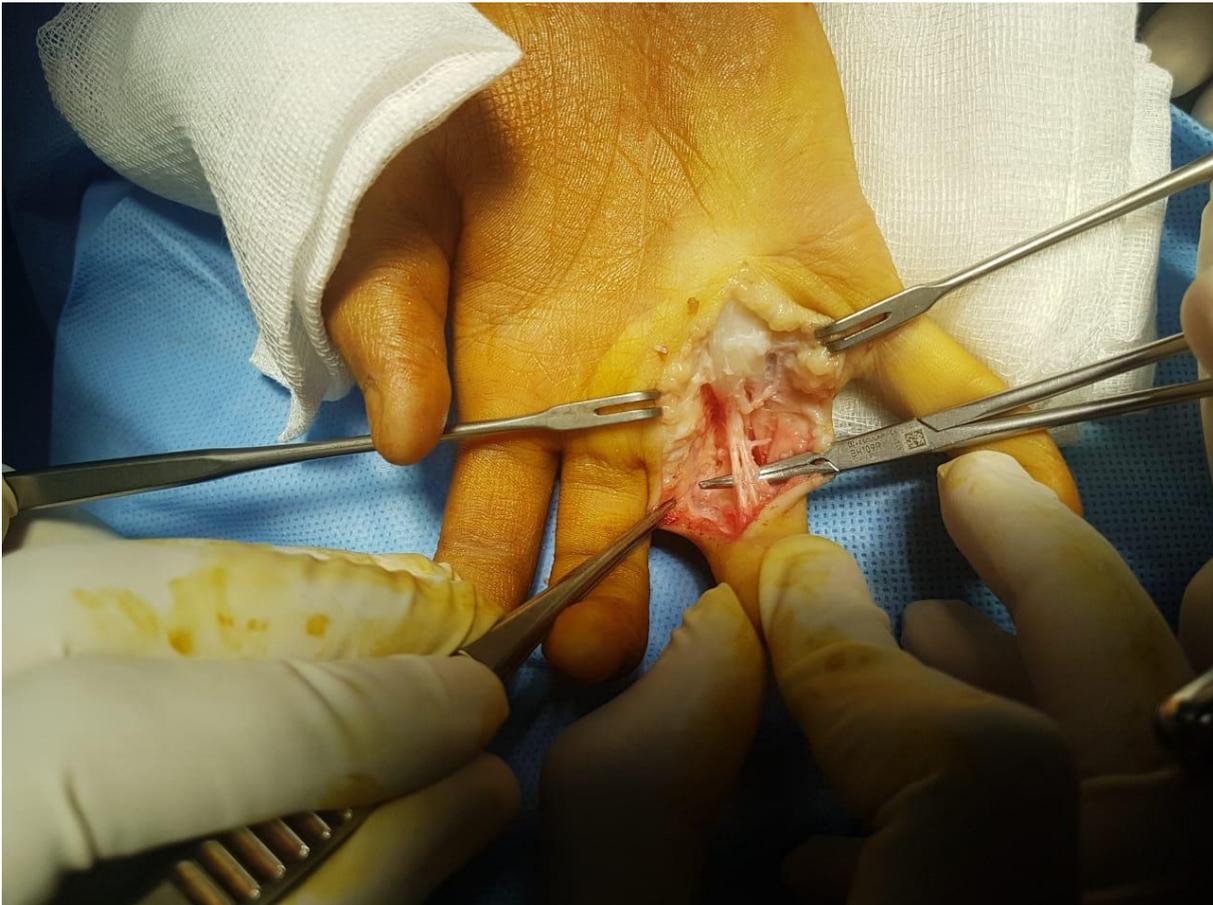


Figure N°28 : Photo lors du 1^{er} temps de Hunter, où on remarque un tendon superficiel unique avec absence du tendon du fléchisseur profond.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)



Figures N°29 : Aspect clinique des 2 mains en post-opératoire.

- a- Le patient réalise une flexion des IPP sur le métacarpe, on remarque qu'il y a toujours un déficit de flexion du 4^{ème} doigt de la main droite. (IPP=50°, IPD= 0° et MP=90°)
- b- Le patient réalise une extension des doigts. On remarque que la rétraction du 4^{ème} doigt de la main droite persiste toujours en post-opératoire.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

H. Observation n°8 :

Il s'agit de l'enfant Haïtam, sans antécédents pathologiques notables, admis initialement à l'âge de 13 ans pour prise en charge d'un déficit de flexion du 2^{ème} doigt de la main gauche. L'histoire de la maladie remonte à 1 mois avant son admission où le patient a été victime d'une agression par arme blanche, occasionnant chez lui une plaie au niveau de son 2^{ème} doigt gauche, et pour laquelle il avait bénéficié de points de suture. 1 mois après et devant la persistance du déficit de flexion, le patient a consulté au niveau du service de traumatologie orthopédie pédiatrique au CHU de Fès pour complément de prise en charge.

L'examen locomoteur avait trouvé une plaie cicatrisée au niveau de la zone II des fléchisseurs, avec présence d'un déficit de flexion de l'IPD et de l'IPP du 2^{ème} doigt de la main gauche, sans atteinte vasculo-nerveuse.

La radiographie de la main gauche était sans particularité.

L'évaluation préopératoire chez ce patient avait trouvé un stade 1 dans la classification de Boyce, et un stade 1 dans la classification modifiée de Merle et Dautel.

Le patient avait bénéficié du 1^{er} temps de Hunter. Après incision en Z en regard de P1 du 2^{ème} doigt de la main gauche et dissection sous-cutanée, repérage des tendons des fléchisseurs profond et superficiel qui sont sectionnés avec identification de leurs bouts proximaux et distaux. Après il y a eu mis en place d'une sonde gastrique qu'on a attachée aux 2 bouts tendineux du FPD. Le geste s'était terminé par la fermeture en 2 plans, et la confection d'une attelle en flexion.

7 semaines après, le patient a bénéficié du 2^{ème} temps de Hunter. Après reprise de l'ancienne incision et dissection sous-cutanée, repérage de la sonde puis les 2 bouts tendineux. L'exploration a trouvé une bonne gaine. Ensuite réalisation d'un prélèvement du greffon au niveau de l'avant-bras à partir du tendon du muscle long

palmaire de 5 cm environ. Enfin suture du greffon avec les 2 bouts par des points de Kesler. Le geste s'était terminé la fermeture en 2 plans puis confection d'une attelle postérieure en flexion.

Les suites postopératoires étaient simples, le patient a été déclaré sortant sous couverture antibiotique.

3 semaines après le 2^{ème} temps de Hunter, le patient a bénéficié d'une rééducation.

Le recul chez ce patient est de 5 mois.

L'évaluation post-opératoire chez ce patient trouva : un IPP à 80°, un IPD à 0°, et MP à 90°. Pour la classification modifiée de Strickland, nous avons trouvé un résultat moyen chez ce patient. Le score TAM est de 65%, ce qui correspond à un résultat moyen.

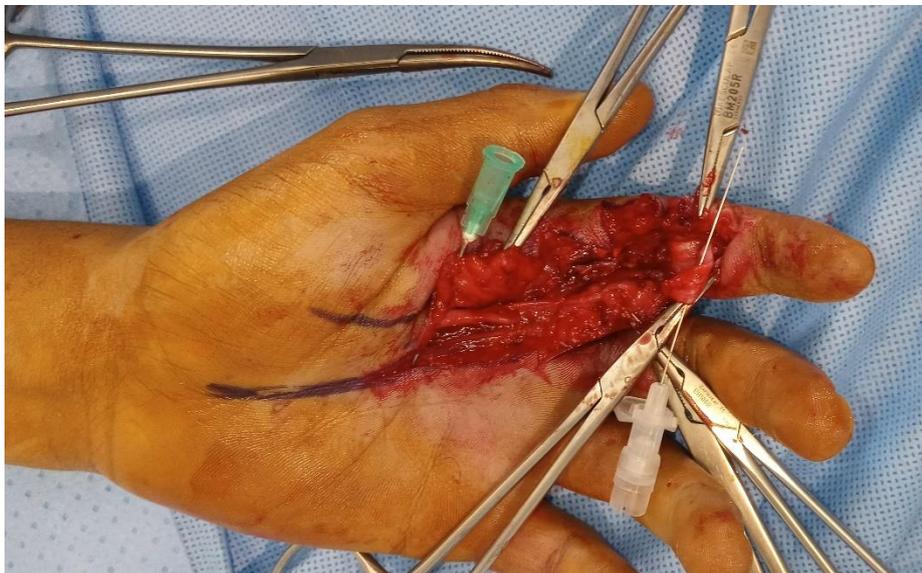


Figure N°30 : Photo per-opératoire de la main gauche montrant l'identification du tendon du muscle fléchisseur profond et superficiel qui sont sectionnés.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

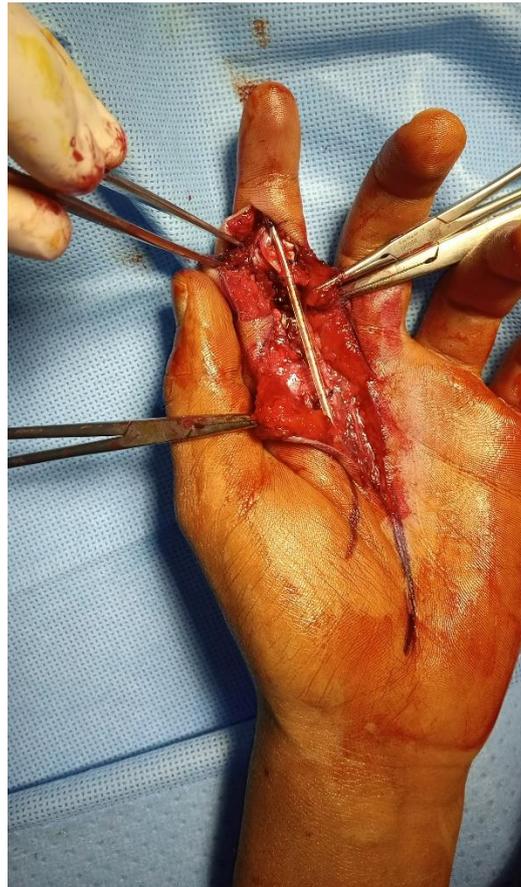
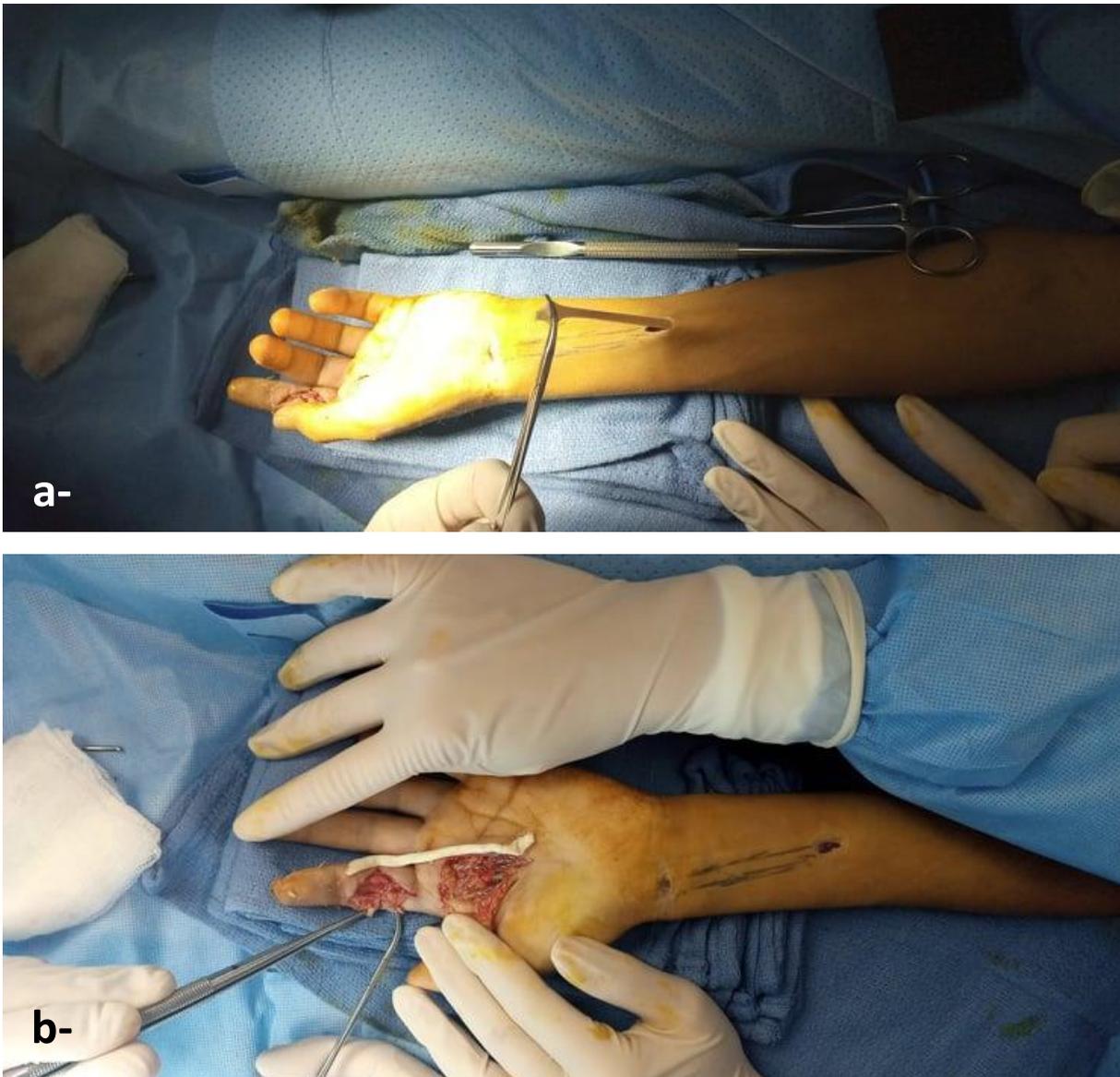


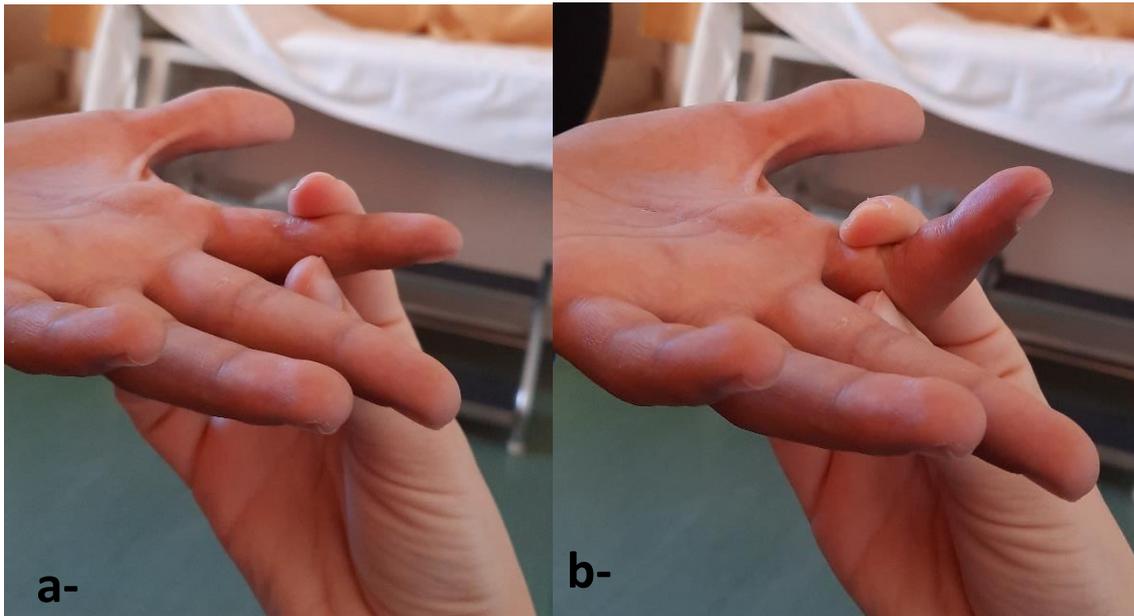
Figure N° 31 : Photo per-opératoire de la main gauche lors du 1^{er} temps de Hunter, lors de la mise en place de l'espaceur tendineux (sonde gastrique).
(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)



Figures N°32 : Photo per-opératoire de la main gauche lors du 2^{ème} temps de Hunter prise, où on remarque :

- a- Le prélèvement du greffon qui est le tendon du muscle long palmaire,
- b- La greffe du tendon.

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)



Figures N°33 : Aspect clinique post-opératoire de la main gauche.

- a- Extension du doigt
- b- Il existe toujours un déficit de flexion de l'IPD. (IPP=80°, IPD=0° et MP =90°)

(Service de traumatologie-orthopédie pédiatrique)

I. Tableau récapitulatif des observations des patients :

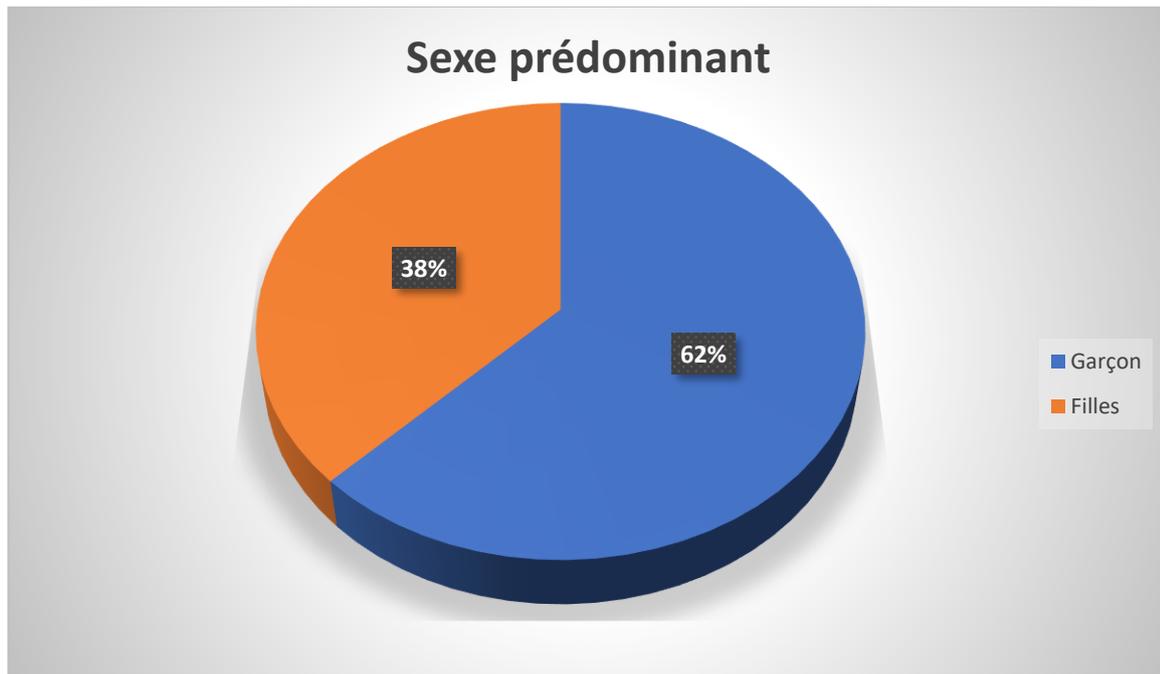
Patient	Sexe	Age de PEC	Délais de PEC	Doigt atteint	Tendon lésé	Classification modifiée de Strickland	TAM	Complication
Aya	F	2 ans	9 mois	3 ^{ème} doigt	FP	71% Bon	83% Bon	Simple
Naima	F	5 ans	2 ans	2 ^{ème} doigt	FP	74% Bon	85% Bon	Surinfection après 1 ^{er} temps de HUNTER
Khalid	M	15 ans	6 mois	3 ^{ème} , 4 ^{ème} et 5 ^{ème} doigts	FS et FP	0% Mauvais	34% Mauvais	Simple
Mouad	M	10 ans	1 an	5 ^{ème} doigt	FS et FP	51% Bon	68% Moyen	Simple
Roumayssae	F	2 ans	1 an	3 ^{ème} doigt	FS et FP	62% Bon	75% Bon	Simple
Mohammed	M	15 ans	1 an	2 ^{ème} doigt	FS et FP	80% Excellent	88% Bon	Simple
Noureddine	M	11 ans	2 ans	4 ^{ème} doigt	FP	28% Moyen	53% Moyen	Simple
Haitam	M	13 ans	1 mois	2 ^{ème} doigt	FS et FP	45% Moyen	65% Moyen	Simple

RESULTATS

I. Description des résultats :

A. Caractéristiques de la population :

Notre étude compte 8 patients, avec une prédominance masculine : 5 garçons (soit 62%), et 3 filles (soit 38%).



B. Age de prise en charge des patients :

L'âge de prise en charge des patients a été compris entre 2 et 15 ans, avec une moyenne d'âge de 9,12 ans.

C. Antécédents des patients :

7 patients sur 8 n'avaient pas d'antécédents, soit 87,5% de notre série. Un des patients présentait un syndrome de Raynaud.

D. Motif de consultation :

Presque tous nos patients sont venus consulter pour un déficit de flexion des doigts, à part un seul patient qui est venu pour une rétraction du doigt. Il s'agit en effet du patient ayant un syndrome de Raynaud.

E. Délai de prise en charge :

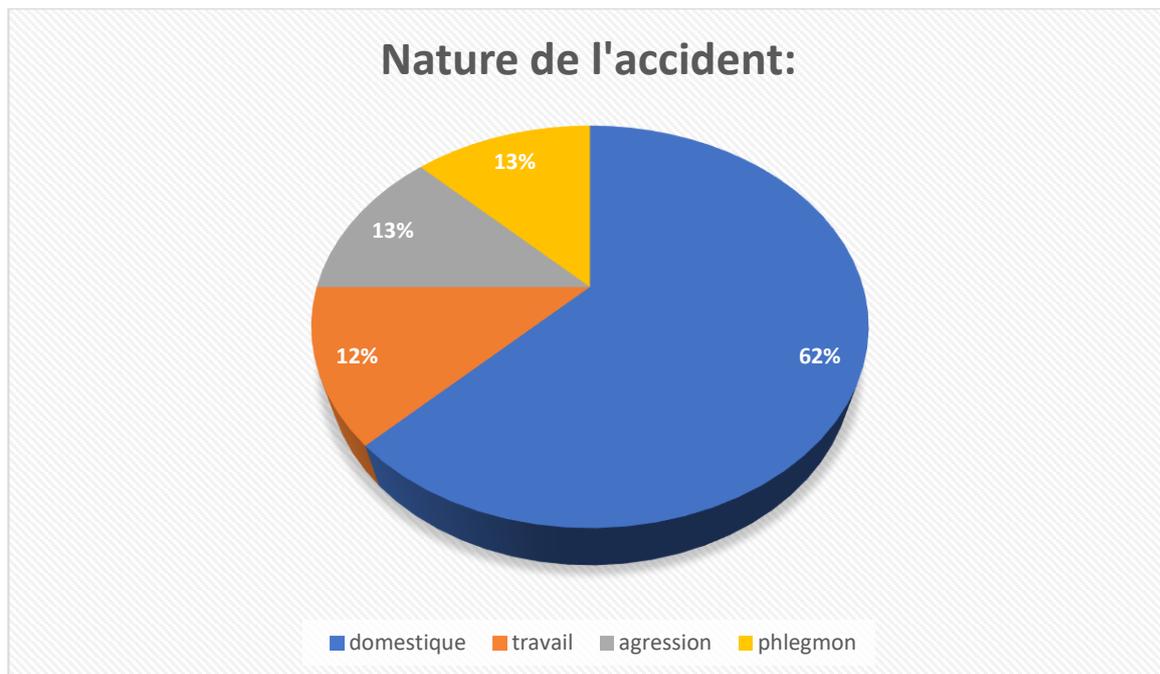
Le délai de prise en charge varie entre 1 mois et 24 mois, avec une moyenne de 12,5 mois (Tableau N°5).

Tableau N°5 : Tableau montrant le délai de prise en charge

Délai de prise en charge	Nombre de patients
1 mois	1 patient
6 mois	1 patient
9 mois	1 patient
12 mois	3 patients
24 mois	2 patients

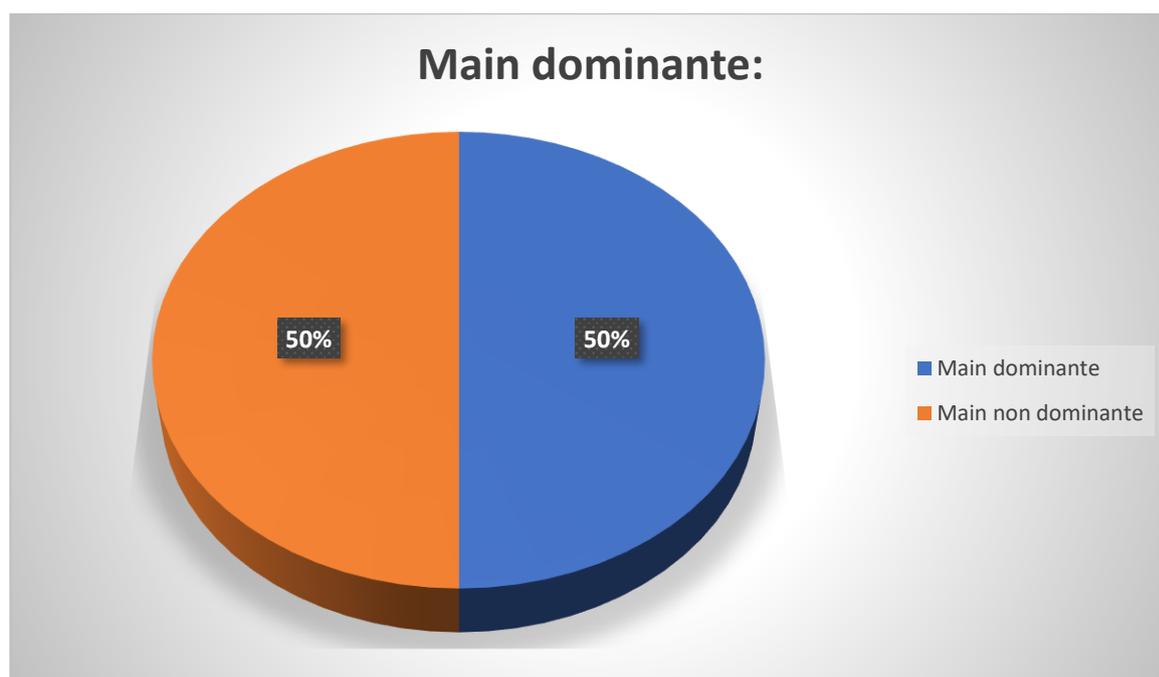
F. Nature de l'accident :

Dans notre échantillon de 8 patients, 5 patients ont eu un accident domestique (62%) dont 4 blessures par verre tranchant et une blessure par couteau, un patient a eu un accident de travail par machine de menuiserie (12%), un autre a été agressé par arme blanche (13%), et le dernier avait un phlegmon (13%).

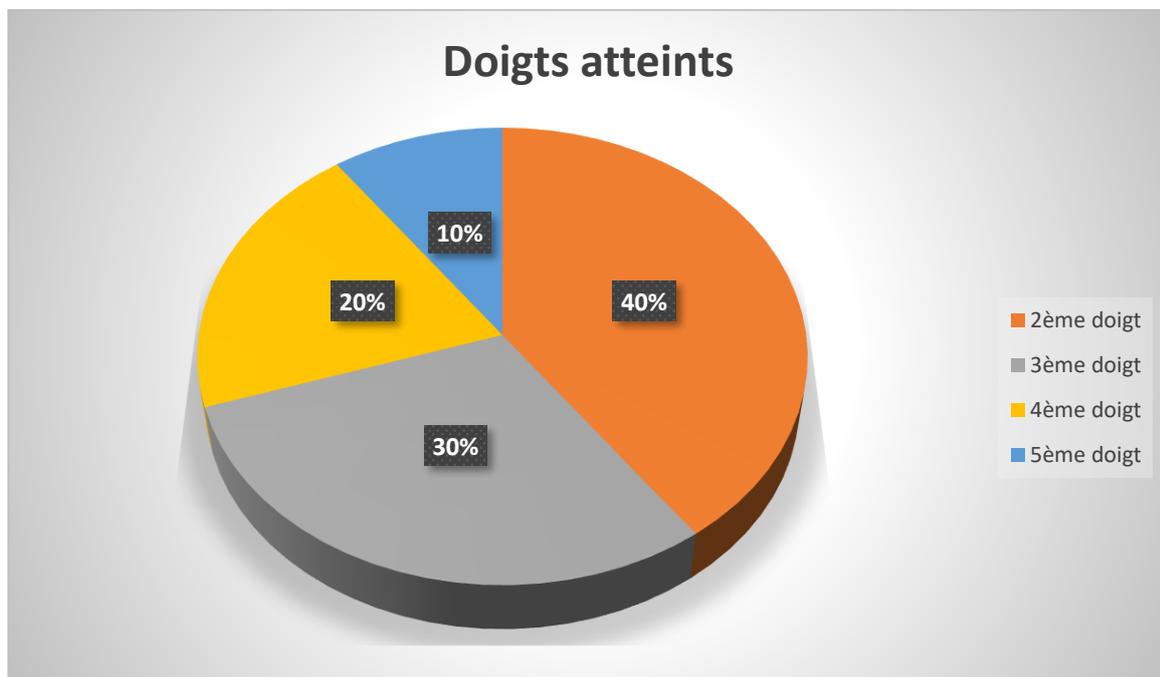


G. Doigts et mains atteints :

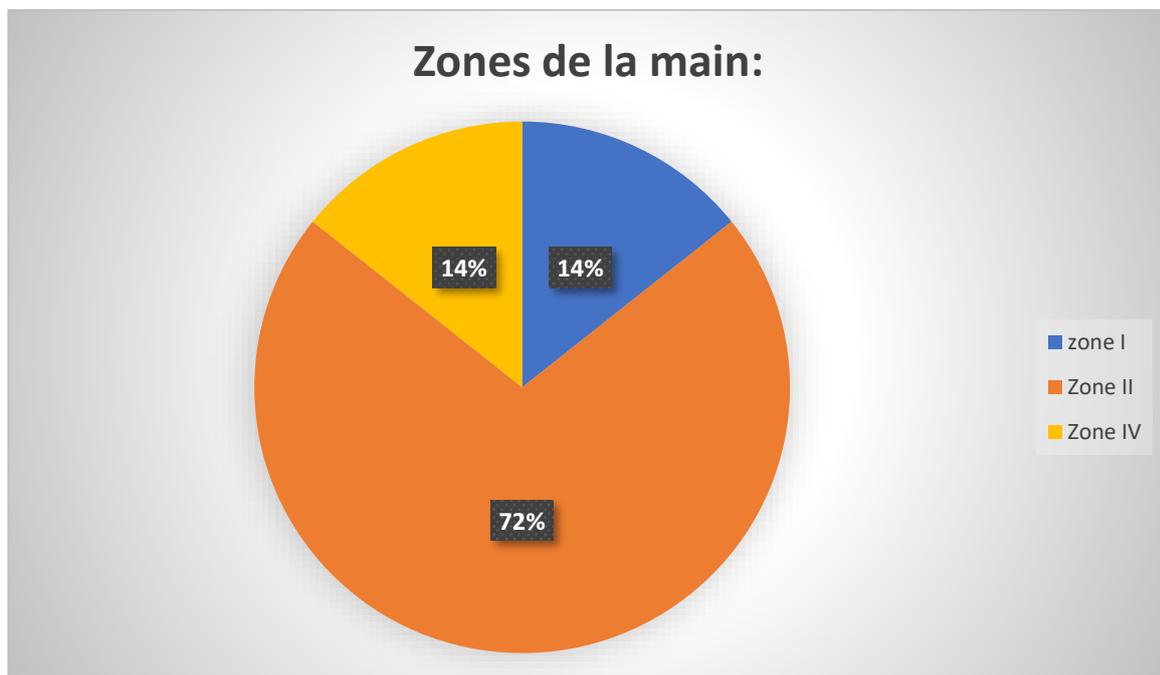
5 patients avaient une atteinte au niveau de la main droite (62,5%), et 3 au niveau de la main gauche (37,5%). 4 patients avaient une atteinte de la main dominante, et 4 patients celle non dominante.



3 des patients avaient une atteinte au niveau du 2^{ème} doigt, 2 avaient une atteinte au niveau du 3^{ème} doigt, un seul patient avait une atteinte au niveau du 4^{ème} doigt, et un autre au niveau du 5^{ème} doigt. Le patient dont la lésion a été causée par la machine de menuiserie avait une atteinte digitale multiple (3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} doigts). Aucun patient n'avait une atteinte du pouce.



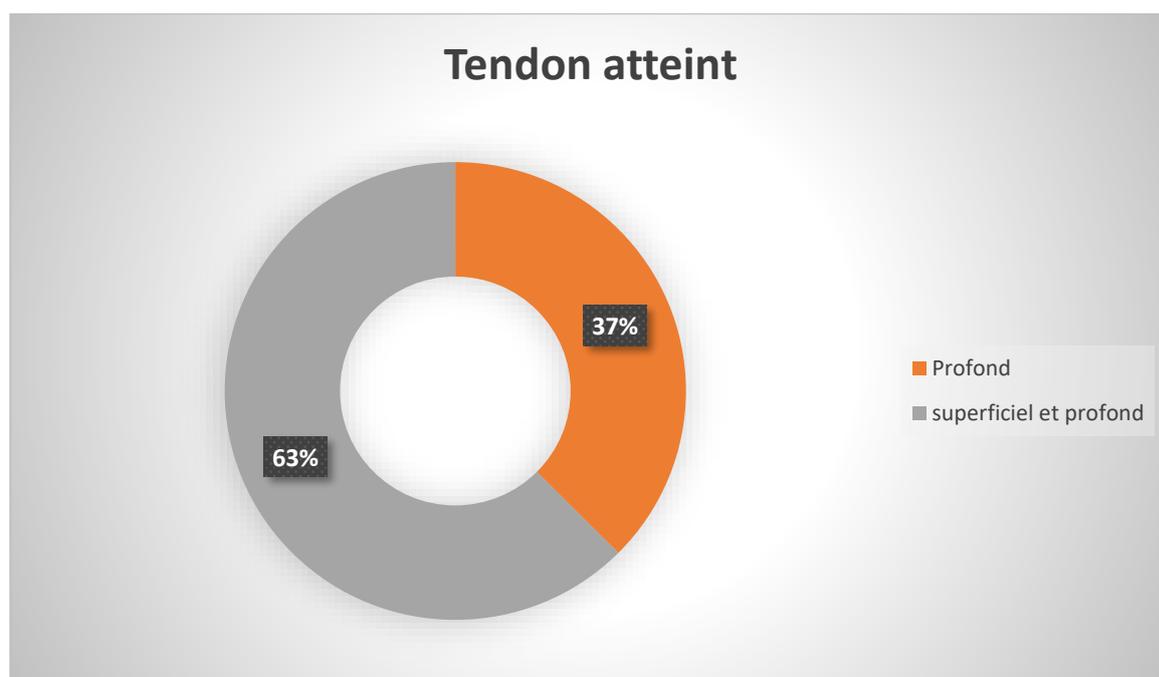
Pour les zones atteintes, un patient avait une atteinte au niveau de la zone I (14%), 5 patients avaient une atteinte au niveau de la zone II (72%), et un autre patient avait une atteinte au niveau de la zone IV (14%). Chez le patient ayant un phlegmon, nous n'avons pas pu spécifier la zone atteinte.



H. Tendons lésés :

3 enfants présentaient une lésion du tendon fléchisseur profond (37%), et 5 patients avaient une lésion des deux tendons (63%).

Tous nos patients présentaient une lésion totale du ou des tendons atteints.



I. Radiographie de la main :

Un des malades avait une rétraction du 4^{ème} doigt. Les autres malades avaient une radiographie normale.

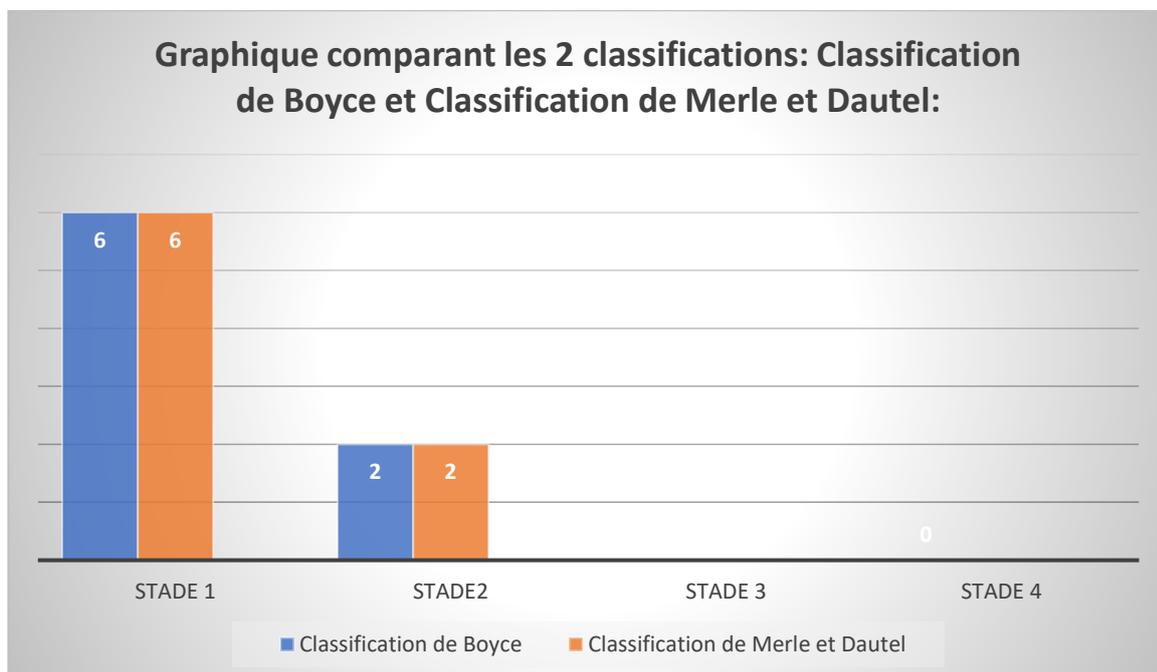
J. Classification préopératoire :

➤ Classification de Boyce :

6 des patients avaient une lésion classée stade 1 de Boyce, soit 75%. Les 2 autres patients avaient une lésion stade 2, soit 25%.

➤ Classification de Merle et Dautel :

Chez nos 8 patients, 6 avaient une lésion stade 1 de la classification de Merle et Dautel, soit 75%. Les 2 autres enfants avaient une lésion stade 2, soit 25%. Aucun patient n'avait un stade 3.

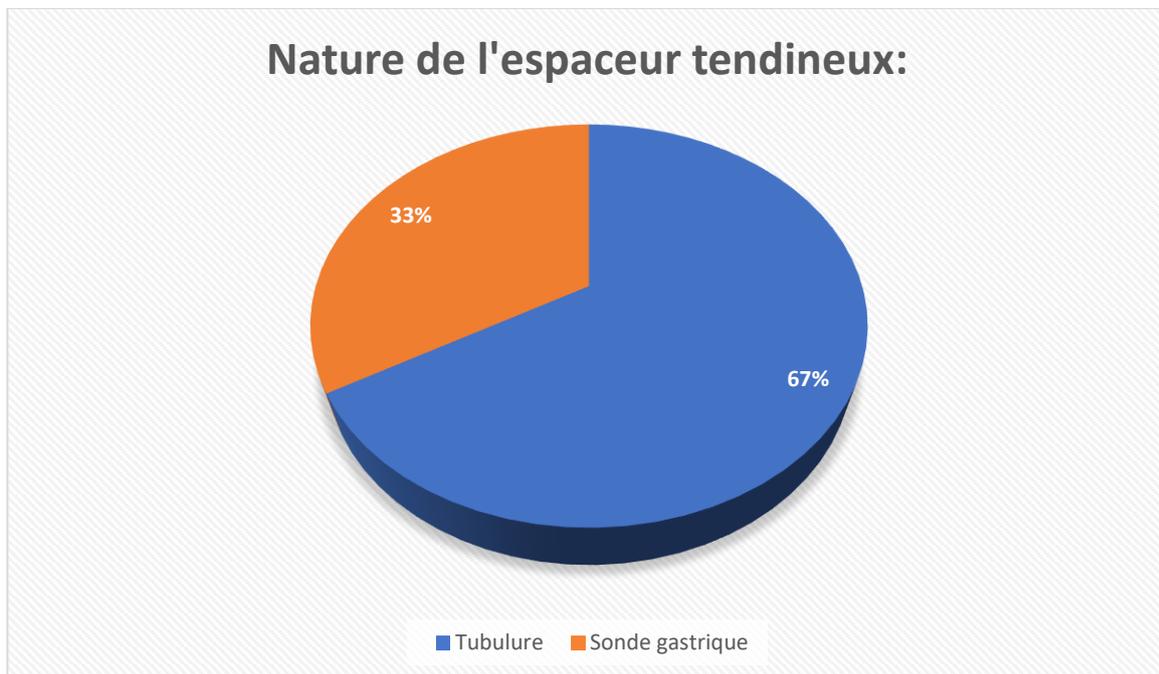


K. Technique opératoire :

Nous avons utilisé la technique de Hunter chez tous nos patients

➤ Nature de l'espaceur tendineux :

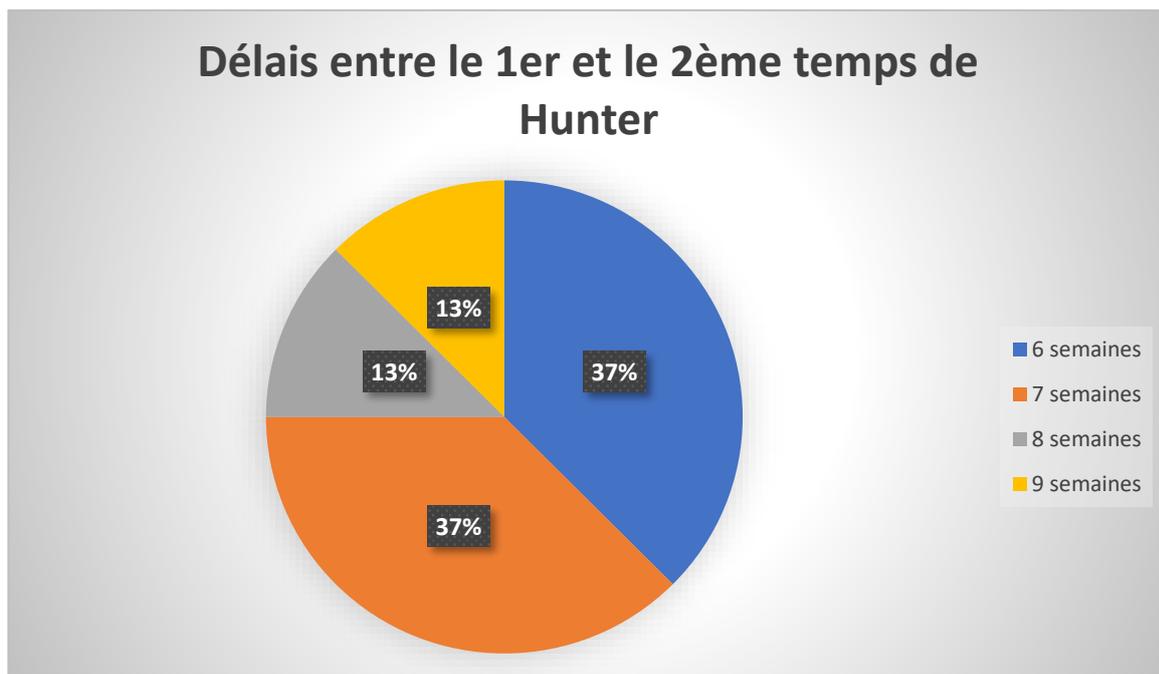
5 de nos patients ont eu une tubulure comme espaceur tendineux, et 3 patients ont bénéficié d'une sonde gastrique comme espaceur tendineux.



➤ **Délai entre le 1^{er} et le 2^{ème} temps de Hunter :**

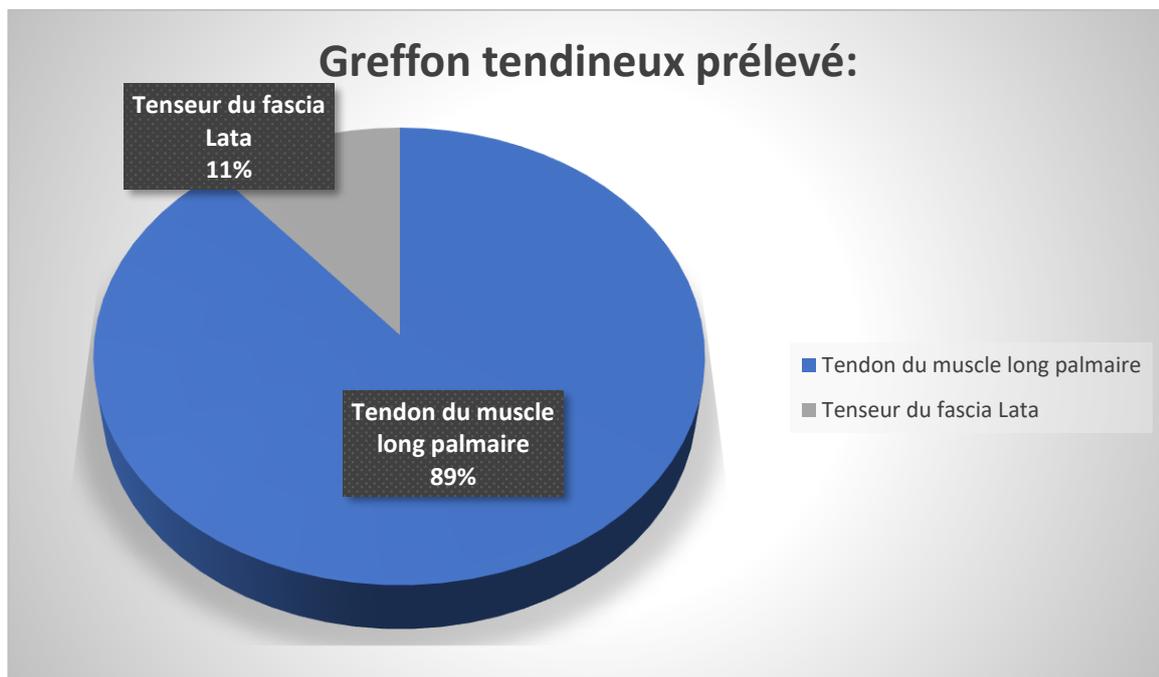
Le délai entre le 1^{er} temps et le 2^{ème} temps dans notre service est préférentiellement de 6 semaines :

- Ceci a été le cas pour 3 malades (37%)
- Pour 3 autres patients, il a été de 7 semaines (37%), et 8 semaines pour un patient (13%) pour des raisons d'organisation et de retard de consultation.
- Pour un malade, il a été de 9 semaines en raison d'un retard de cicatrisation chez le patient ayant une atteinte digitale multiple avec antécédent de lambeau de couverture.



➤ **Greffon tendineux :**

7 de nos patients ont eu un prélèvement du tendon du muscle long palmaire. Le patient ayant une atteinte digitale multiple a bénéficié d'un prélèvement du tendon du muscle long palmaire, et du tenseur du fascia Lata (en raison de l'insuffisance du tendon du long palmaire).



➤ **Immobilisation postopératoire :**

Tous nos patients ont bénéficié d'une immobilisation post-opératoire avec la mise en place d'une attelle postérieure en flexion.

➤ **Suites post-opératoires :**

Presque tous nos patients ont eu des suites post-opératoires simples, à part une seule patiente qui a eu une surinfection du site opératoire après le 1^{er} temps de Hunter, jugulée par une antibiothérapie par VO à base d'Amoxicilline Acide clavulanique associée à des soins locaux, avec une bonne évolution.

L. La rééducation post-opératoire :

Aucun des patients n'a eu une rééducation post-opératoire après le 1^{er} temps de hunter, par contre, tous nos patients ont bénéficié d'une rééducation après le 2^{ème} temps.

Le délai entre le 2^{ème} temps de Hunter et le début de la rééducation était dans la plupart du temps de 6 semaines en raison des délais d'attente de rendez-vous au centre de rééducation. Un seul patient a commencé la rééducation précocement, après 3 semaines de la réalisation du 2^{ème} temps de Hunter. Le délai moyen est donc de 5,62 semaines.

La plupart de nos patients ont pu réaliser une auto-mobilisation active et passive, à part un seul patient en raison de sa mal observance thérapeutique. Il s'agit en effet du patient ayant une atteinte de plusieurs doigts.

M. La classification postopératoire :

➤ Classification de Strickland nouvelle version :

Un patient a un excellent score (12,5%), ce qui correspond à une reprise de la flexion normale du doigt atteint.

4 des patients ont un bon score (50%), ce qui correspond à une flexion proche de la normale du doigt atteint.

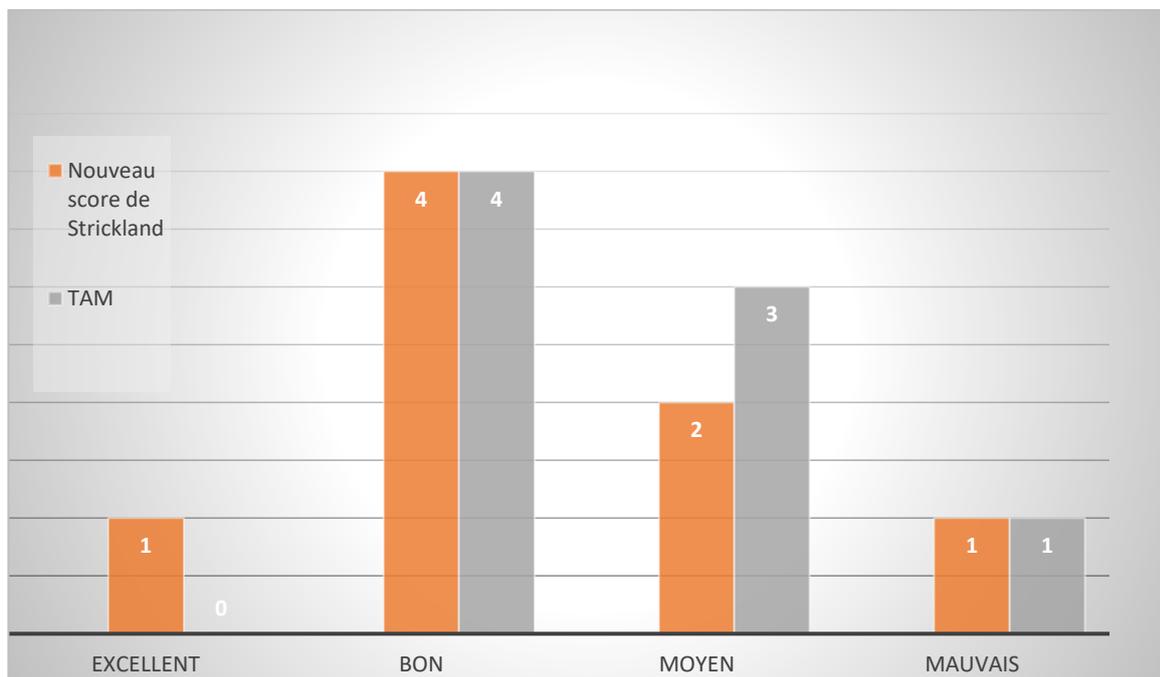
2 patients ont un score moyen (25%), cela est dû à la non reprise de la flexion de l'IPD (IPD=0°).

Un seul patient a un mauvais score (12,5%). Il s'agit de l'enfant ayant une atteinte digitale multiple avec antécédents de lambeau de couverture.

➤ **Score TAM :**

4 patients ont un bon score (50%), ce qui correspond à une flexion proche de la normale du doigt atteint.

3 patients ont un score moyen (37,5%), et un seul patient (l'enfant avec une atteinte digitale multiple) a à un mauvais score (12,5%).



DISCUSSION

I. Introduction

Au cours des dernières décennies, il y a eu beaucoup de progrès dans l'amélioration de la technique de réparation primaire des lésions des tendons fléchisseurs de la main et de la réhabilitation post-opératoire, ce qui a réduit la fréquence des réparations secondaires. Néanmoins, la reconstruction des tendons fléchisseurs de la main peut être indiquée non seulement lorsque la réparation primaire a échoué, mais aussi dans le cadre d'une lésion des tendons fléchisseurs, par écrasement, des lésions surinfectées, des fractures ouvertes, des déficiences cutanées... [40]

Chez l'enfant, la reconstruction primaire est toujours favorisée, vu les résultats plutôt favorables en comparaison avec l'adulte, et cela due à la rapidité de guérison du tendon. Néanmoins, la reconstruction du tendon fléchisseur chez l'enfant est nécessaire lors d'un échec de la réparation ou un diagnostic tardif. La reconstruction en 2 temps chez l'enfant nécessite aussi une coopération exigeante de l'enfant ainsi que de ses parents.

La reconstruction chirurgicale en deux temps des tendons fléchisseurs par la technique de Hunter représente un défi en raison de la difficulté de la technique chirurgicale, de la physiothérapie postopératoire exigeante et d'un résultat final qui n'est pas garanti. [57]

Cette technique, décrite par Bassett et Carroll en 1963, a ensuite été développée par Hunter[58] qui a présenté la première série dans la littérature en 1965 et 1971. [57]

Cette technique nécessitant deux temps opératoires, implique le placement d'une tige en silicone dans le lit du tendon cicatrisé, autour de laquelle se forme une pseudo gaine bordée de cellules mésothéliales, créant ainsi une lubrification sous

forme de fluide type synovial[59]. L'implant peut être placé du bout des doigts à l'avant-bras ou du bout des doigts à la paume, selon l'ampleur des dommages et la préférence du chirurgien, pour aider à maintenir le système de poulies rétinaculaire du tendon fléchisseur ainsi que de créer une surface glissante pour la greffe. L'implant est choisi en fonction de la taille prévue de la future greffe[60]. La tige ou greffe de Hunter peut être fixée à la phalange distale à l'aide de fils de suture, de fils d'acier, de vis ou d'un bouton, ou simplement en le suturant au bout distal du fléchisseur[61]. Une greffe de tendon est ensuite placée dans cette pseudo gaine au cours du 2^{ème} temps, qui est déterminé par le chirurgien. Les auteurs ont préconisé de procéder au 2^{ème} temps dès 8 à 10 semaines après le 1^{er} temps de Hunter[62], ou après une période de 3 mois. [40] [61]

De façon générale, la reconstruction du tendon fléchisseur peut se faire en une ou deux étapes. La reconstruction en un seul temps du tendon fléchisseur peut réussir si certaines conditions sont réunies :

1. Les doigts avec un mouvement passif presque complet
2. Des poulies A2 et A4 intactes
3. Un lit du tendon qui n'est pas sensiblement cicatrisé.

La reconstruction en deux temps est indiquée chez les patients présentant une insuffisance du tendon fléchisseur profond associée à une rigidité, des poulies A2 ou A4 incompetentes ou une cicatrisation du lit du tendon fléchisseur. La reconstruction en 2 temps est également indiquée chez l'enfant atteint d'incompétence du tendon du fléchisseur profond des doigts (FPD) en présence d'un tendon de fléchisseur superficiel (FSD) intact. [1]

Les parents de l'enfant doivent accepter fidèlement de participer activement au processus de réadaptation. Sans cette assurance des parents, la reconstruction du tendon fléchisseur peut être vouée à l'échec. Parmi les autres contre-indications, nous mentionnons l'infection chronique de la gaine tendineuse du fléchisseur, les fractures des os des doigts non consolidées ou les membres flasques ou spastiques.[1]

II. Analyse des résultats de l'étude :

Vu le nombre limité des études concernant la chirurgie secondaire des lésions des tendons fléchisseurs de la main chez l'enfant selon la technique de HUNTER, la comparaison avec la littérature reste difficile.

A. Age :

L'âge moyen dans notre étude était de 9,12 ans avec des limites d'âge entre 2 et 15 ans, ce qui est proche des moyennes d'âge dans les autres études (tableau N°6).

Tableau N° 6 : Répartition selon l'âge dans la littérature

Série	Age moyen	Limite d'âge
Amadio 1992 [45]	8,4 ans	1 à 15 ans
Courvoisier 2009 [63]	10,8 ans	3 à 15 ans
Darlis 2005 [64]	6,9 ans	2,3 ans à 15 ans
Piper 2016 [56]	2 ans et 6 mois	7 mois à 6 ans
Notre série	9,12 ans	2 à 15 ans

B. Sexe :

Dans notre étude, 62% des patients étaient des garçons (5 garçons et 3 filles), avec un sexe-ratio de 1,67.

On remarque que dans toutes les séries on a une nette prédominance masculine (tableau N°7). Cela peut être expliqué par l'activité plus prononcée et la turbulence des garçons par rapport aux filles à cet âge.

Tableau N°7 : Tableau comparatif entre le pourcentage des 2 sexes

Série	Sexe en pourcentage	
	Garçons	Filles
Courvoisier 2009 [63]	85%	15%
Darlis 2005 [64]	77,78%	22,22%
Piper 2016 [56]	60%	40%
Notre série	62%	38%

C. Les doigts atteints et le côté dominant :

On remarque que dans presque toutes les études, le pouce est rarement concerné, ce qui est similaire à notre étude. Le 3^{ème} et le 4^{ème} doigt représentent les doigts les plus fréquemment atteints, vient par la suite le 2^{ème} et enfin le 5^{ème} doigt (Tableau N°8).

Dans notre série, 3 patients avaient une atteinte au niveau du 2^{ème} doigt, 2 au niveau du 3^{ème} doigt, un patient au niveau du 4^{ème} doigt et un patient au niveau du 5^{ème} doigt. Un patient avait une atteinte combinée du 3^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} doigt.

Tableau N°8 : Tableau comparatif des différents doigts atteints

Série	Doigts atteints en pourcentage				
	1 ^{er} doigt	2 ^{ème} doigt	3 ^{ème} doigt	4 ^{ème} doigt	5 ^{ème} doigt
Courvoisier 2009 [63]	25%	15%	10%	30%	20%
Darlis 2005 [64]	0%	22,22%	33,33%	22,22%	22,22%
Piper 2016 [56]	0%	16,66%	41,66%	33,33%	8,33%
Notre série	0%	40%	30%	20%	10%

Dans la série de Piper, 6 patients avaient une atteinte de la main dominante contre 4 patients ayant une atteinte de la main non dominante.[56]

On remarque que dans la série de Piper, le côté dominant est le plus fréquemment touché. Dans notre série, il n'y avait pas de différence entre l'atteinte du côté dominant ou non (4 patients avaient une atteinte de la main dominante, contre 4 patients ayant une atteinte de la main non dominante).

D. Les zones atteintes :

Dans la série d'Amadio, l'étude a été faite autour de la zone II de la main. [45]

Dans la série de Courvoisier, 10 patients avaient une atteinte de la zone I, 5 avaient une atteinte de la zone II, 5 avaient une atteinte au niveau des zones du pouce : 3 dans la zone T2 et 2 dans la zone T3.[63]

Dans la série de Darlis, l'étude concernait les lésions au niveau de la zone II. [64]

Dans la série de Piper, l'étude a été faite autour des atteintes dans la zone I et II seulement. 3 patients avaient une atteinte au niveau de la zone I, et 9 avaient une atteinte au niveau de la zone II. [56]

Dans notre série, un patient avait une atteinte au niveau de la zone I, 5 avaient une atteinte de la zone II et un autre patient avait une atteinte de la zone IV.

On remarque que la plupart des lésions dans les séries qui regroupent les lésions de toutes les zones se trouve au niveau de la zone II, communément appelée « No man's land » (Tableau N°9). Les autres séries se sont focalisées sur les lésions au niveau de la zone II, ce qui montre la fréquence et la sévérité des lésions au niveau de cette zone. Bunnell [5] était contre la réparation primaire au niveau de la zone II de la main en raison des mauvais résultats obtenus, ceci dû à de nombreux facteurs notamment : le risque accru de formation d'adhérences, les ruptures dans le site de réparation dues à une mauvaise vascularisation, et la nécessité d'accueillir deux tendons dans un tunnel fibro-osseux serré [33]. Ceci peut aussi expliquer la focalisation des différentes études sur la zone II.

Tableau N° 9 : Tableau comparatif des différentes atteintes au niveau des zones de la main.

Série	Zones de la main							
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV	Zone V	Pouce		
						T1	T2	T3
Amadio 1992 [45]		100%						
Courvoisier 2009 [63]	50%	25%	0%	0%	0%	0%	15%	10%
Daris 2005 [64]		100%						
Piper 2016 [56]	25%	75%						
Notre série	14%	72%	0%	14%	0%	0%	0%	0%

E. Le délai de prise en charge :

Dans la série de Courvoisier, le délai moyen entre la lésion et le 1^{er} temps de greffe était de 7,5 mois [1 mois– 24 mois].[63]

Dans la série de Piper, pour les patients ayant bénéficié d'une greffe en 2 temps, le délai moyen de prise en charge était de 6 mois.[56]

Dans la série d'Atik, le délai moyen de prise en charge entre la lésion et le 1^{er} temps de Hunter était de 10,05 mois [2 mois– 36 mois].[65]

Dans notre série, le délai moyen de prise en charge était de 12,5 mois [1 mois – 24 mois].

On remarque que notre délai moyen est plus ou moins proche aux autres séries citées ci-dessus (Tableau N°10).

Tableau N°10 : Tableau comparatif des délais de prise en charge.

Série	Délai moyen	Délai minimum	Délai maximum
Courvoisier 2009[63]	7,5 mois	1 mois	24 mois (2 ans)
Piper 2016 [56]	6 mois		
Atik 2014 [65]	10,05 mois	2 mois	36 mois (3 ans)
Notre série	12,5 mois	1 mois	24 mois (2 ans)

F. L'état préopératoire :

Pour la série de Courvoisier, l'évaluation préopératoire a été faite selon la classification de Merle et Dautel. 10 enfants avaient un stade 1, 6 avaient un stade 2 et 4 enfants avaient un stade 3. Ceci a permis de choisir entre une greffe en un seul temps et une greffe en deux temps, et cela, en fonction de la sévérité de la lésion. La greffe en deux temps représente selon Courvoisier, le gold standard pour les lésions sévères. Elle donne aussi de bons résultats pour les lésions modérées. La greffe en un seul temps est réservée pour les lésions de stade 1 dans la classification de Merle et Dautel.[63]

Dans notre série, 6 patients avaient une lésion stade 1 de Merle et Dautel, les 2 autres patients avaient des lésions stade 2.

En comparant la série de Courvoisier par rapport à notre série, on remarque que le stade 1 de Merle et Dautel est le plus fréquent, ceci peut être considéré comme un facteur de bon pronostic fonctionnel vu l'absence dans ce stade de lésion vasculo-nerveuse, avec la présence de lésions minimales (Tableau N°11).

Tableau N°11 : Tableau comparant les différents stades de la classification de Merle et Dautel entre la série de Courvoisier et notre série en pourcentage.

Série	Classification de Merle et Dautel		
	Stade 1	Stade 2	Stade 3
Courvoisier 2009 [63]	50%	30%	20%
Notre série	75%	25%	0%

G. La technique opératoire :

➤ Délais entre le 1^{er} et le 2^{ème} temps :

L'intervalle entre le 1^{er} et le 2^{ème} temps de Hunter doit être de 8 à 12 semaines, ou suffisamment long pour permettre la maturation du lit du tendon jusqu'au point où il peut nourrir et lubrifier la greffe du tendon glissant[66]. Des précautions doivent être prises dans les cas où la réparation des nerfs ou des vaisseaux a été effectuée. Après avoir laissé l'incision cicatriser, le 2^{ème} temps de Hunter peut être réalisé [42]. Chaque cas doit être individualisé et la décision de procéder à la deuxième étape doit être prise par le chirurgien sur la base des résultats obtenus. [46]

Dans notre série, le délai moyen entre le 1^{er} et le 2^{ème} temps était de 7,25 semaines [6– 9 semaines], ce qui concorde avec les recommandations trouvées dans la littérature, et les résultats trouvés dans les différentes études (Tableau N°12).

Tableau N° 12 : Tableau comparatif des différents délais moyens entre notre série et la littérature.

Séries	Délai moyen	Délai min	Délai max
Amadio 1992 [45]	12 semaines	4 semaines	28 semaines
Courvoisier 2009 [63]	8 semaines	4 semaines	10 semaines
Atik 2014 [65]	12 semaines	10 semaines	16 semaines
Notre série	7,25 semaines	6 semaines	9 semaines

➤ **Le type de l'espaceur utilisé :**

Les implants tendineux à tige en silicone introduits par Hunter sont largement utilisés pour les greffes tendineuses en 2 temps selon la technique de Hunter depuis 1971. Malheureusement, ces implants sont difficiles à obtenir et trop chers pour la plupart des patients vivant dans les pays en développement. Dans la littérature, peu d'articles traitent la possibilité d'introduire un autre espaceur tendineux que la tige en silicone, surtout chez l'enfant.

Dans la série d'Atik, tous les patients ont bénéficié d'une sonde urinaire comme espaceur tendineux qui est moins cher, et qui a donné des résultats satisfaisants, vu sa structure physiologique similaire à la tige en silicone.[65]

Dans les autres séries comme celle d'Amadio [45], de Courvoisier [63] et de Piper [56], l'espaceur tendineux utilisé était la tige en silicone de Hunter.

Dans notre série, les espaceurs tendineux utilisés étaient : une tubulure chez 5 patients, et une sonde gastrique chez 3 patients.

Contrairement aux autres séries citées dans la littérature, nous avons utilisé dans notre étude d'autres espaceurs tendineux que la tige en silicone, à savoir : les tubulures et les sondes.

➤ **Le choix du greffon :**

Dans la série d'Amadio, le greffon utilisé était le tendon du fléchisseur superficiel dans 3 cas, le tendon du long palmaire dans 4 cas, le muscle plantaire chez 5 patients, et l'extenseur des orteils chez 2 patients. Quand le greffon utilisé était le fléchisseur superficiel, la technique utilisée était celle de Paneva-Holevich.[45]

Dans la série de Courvoisier qui traite et les greffes en un seul temps, et les greffes en 2 temps, chez 20 patients, 15 ont eu comme greffon tendineux le tendon du muscle long palmaire, et les 5 autres patients ont eu le greffon du muscle plantaire.[63]

Dans la série de Piper, les patients ayant bénéficié d'une greffe en 2 temps ont tous eu comme greffon tendineux le tendon du long palmaire.[56]

Dans la série d'Atik, les greffons utilisés étaient des tendons du muscle long palmaire, et du muscle plantaire. [65]

Dans notre série, les greffons utilisés étaient dans la plupart du temps des tendons du muscle long palmaire chez 7 patients. L'enfant ayant une atteinte de plusieurs doigts a eu comme greffon tendineux, le tendon du muscle long palmaire et le tendon du tenseur du fascia lata.

On remarque que le greffon le plus utilisé dans la littérature est le tendon du muscle long palmaire, ce qui concorde parfaitement avec notre série de 8 cas (Tableau N°13).

Dans la littérature, le greffon de choix chez l'enfant est le tendon du long palmaire, qui est prélevé par incision distale de l'avant-bras. En cas d'absence ou un tendon palmaire insuffisant, l'alternatif pour les greffes des tendons comprennent les extenseurs du petit orteil ou le tendon du muscle plantaire.

Tableau N° 13 : Tableau montrant les différents pourcentages des greffons utilisés dans différentes séries.

Série	Greffon utilisé				
	Le fléchisseur superficiel (Technique de Paneva-Holevich)	Muscle long palmaire	Muscle Plantaire	Extenseurs des orteils	Tenseur du Fascia Lata
Amadio 1992 [45]	21,4%	28,5%	35,7%	14,28%	0%
Courvoisier 2009 [63]	0%	75%	15%	0%	0%
Piper 2016 [56]	0%	100%	0%	0%	0%
Notre série	0%	89%	0%	0%	11%

H. Les résultats post-opératoires :

➤ **Le recul moyen :**

Dans notre série, le recul moyen était de 4,5 ans [5 mois, 8 ans et 3 mois], ce qui est supérieur à la majorité des séries de la littérature (Tableau N°14).

Tableau N°14 : Tableau comparant le recul moyen des autres séries par rapport à la nôtre.

Série	Recul moyen
Amadio 1992 [45]	3,75 ans
Courvoisier 2009 [63]	2,92 ans
Piper 2016 [56]	8 ans
Atik 2014 [65]	0,92 an
Notre série	4,5 ans

➤ **Les résultats fonctionnels obtenus après le second temps de Hunter selon la classification de Strickland et TAM :**

• **La nouvelle classification de Strickland**

Dans la série d'Amadio, la classification post-opératoire utilisée était la nouvelle classification de Strickland. Dans cette série et chez les patients ayant bénéficié d'une greffe en 2 temps, 2 patients avaient un bon résultat, contre 4 patients ayant un résultat moyen.[45]

Dans la série d'Atik, 4 avaient d'excellents résultats, 3 avaient de bons résultats, 2 avaient un résultat moyen, et 2 avaient de mauvais résultats.[65]

Dans notre série, et selon la nouvelle classification de Strickland, 1 patient avait un excellent résultat, 4 patients avaient un bon résultat, 2 des patients avaient un résultat moyen, et un seul patient avait un mauvais résultat.

Notre étude a présenté de bons résultats selon la classification de Strickland, ce qui concorde parfaitement avec les résultats de la littérature. 12,5% des patients ont eu un excellent résultat, 50% des patients ont eu un bon résultat. Le mauvais score de Strickland a été observé chez le patient ayant une atteinte digitale multiple. (Tableau N°15)

Tableau N° 15 : Tableau comparatif des résultats des différentes études selon la nouvelle classification de Strickland.

Série	Classification de Strickland modifiée			
	Excellent	Bon	Moyen	Mauvais
Amadio 1992 [45]	0%	33,33%	66,66%	0%
Atik 2014 [65]	36,36%	27,27%	18,18%	18,18%
Notre série	12,5%	50%	25%	12,5%

- **La Classification TAM :**

Dans la série de Piper, chez les patients ayant bénéficié de la greffe en 2 temps, 2 patients avaient un bon résultat, contre 3 ayant un résultat moyen.[56]

Dans notre série, 4 patients avaient un bon résultat, 3 avaient un résultat moyen et un seul patient avait un mauvais résultat. (Tableau N°16)

Notre étude a aussi présenté de bons résultats selon la classification TAM, et qui concorde parfaitement avec la littérature. La quasi-totalité de nos patients a eu un score compris entre moyen et bon. Et à travers les résultats des deux classifications, on peut conclure que la technique de Hunter représente un traitement adéquat pour la récupération de la fonction des tendons fléchisseurs des doigts.

Tableau N°16 : Tableau comparatif des résultats entre la littérature et notre série selon la classification TAM en pourcentage.

Série	Classification TAM			
	Excellent	Bon	Moyen	Mauvais
Piper 2016[56]	0%	40%	60%	0%
Notre série	0%	50%	37,5%	12,5%

I. Comparaison avec les autres techniques chirurgicales :

➤ Greffe en un seul temps :

La réalisation d'une greffe tendineuse en un seul temps nécessite un doigt souple, avec un bon état trophique local, absence de séquelles cicatricielles importantes, et une préservation de l'appareil des poulies avec une gaine perméable qui permet d'avoir un espace de glissement approprié à la greffe tendineuse.[41] On peut tenter de dilater les poulies affaissées au moyen d'un dilateur urétral; toutefois, en cas d'échec, une procédure en deux étapes de reconstruction des poulies devrait être entreprise [67]. Une reconstruction en un seul temps peut se faire soit en présence d'un FDS intact, soit en cas d'une lésion des deux tendons. Le greffage à travers un FDS intact comporte un risque important de rigidité postopératoire permanente des doigts en raison du développement d'adhésions entre le FDS et le FDP reconstruit. Certains cliniciens soutiennent que la reconstruction isolée du tendon FSD peut être envisagée pour les personnes ayant des métiers et des passe-temps nécessitant une flexion active du IPD.[40][68]

Généralement sous anesthésie loco-régionale, et après un abord de type Bruner, Il faudra d'abord repérer et isoler les pédicules. Ceci va permettre de s'assurer que l'état de la lésion convient pour faire une greffe en un seul temps avec toutes les conditions nécessaires réunies, notamment une bonne préservation des poulies et du canal digital, mais aussi une rétraction des moignons tendineux ne permettant pas une suture directe. Il est primordial de préserver la gaine fibreuse digitale, et pour cela, le fléchisseur profond va être recoupé proximalelement au niveau de l'insertion du lombrical, avec si possible préservation de quelques millimètres au niveau du moignon distal. La conservation aussi de l'insertion du fléchisseur superficiel va favoriser la stabilité du greffon, et cela, par son rôle accessoire de poulie.[41]

Le greffon sera ensuite prélevé. La plupart du temps, il s'agit du tendon du long palmaire du fait de son accessibilité et de sa facilité de prélèvement, sans changer de site opératoire. S'il est absent, le tendon du muscle plantaire est aussi utilisé, l'inconvénient se résume sur le fait de changer de site opératoire, et la nécessité d'une anesthésie générale courte le temps de réaliser le prélèvement. [41]

La fixation du greffon dépendra ensuite de la séquence des sutures réalisées distalement et proximale. Une fixation qui va permettre de régler la tension sera toujours réalisée en 2^{ème} temps de la séquence de fixation du greffon, ce qui va permettre d'ajuster la tension nécessaire pour l'ascension naturelle des doigts en position neutre du poignet, avant la réalisation des sutures cutanées. Finalement, on doit vérifier l'excursion de la greffe, et cela, en plaçant le poignet en flexion et extension passive. [41]

➤ **Autres techniques chirurgicales : Greffe en 2 temps selon la technique de Paneva-Holevich :**

Plusieurs auteurs ont proposé des modifications de la technique de Hunter. La technique qui est le plus utilisée est celle de Paneva-Holevich, où la greffe définitive se fait dès le premier temps, et où le greffon utilisé est le plus souvent le fléchisseur superficiel, ou le tendon du long palmaire, mais le recours au tendon du fléchisseur superficiel est toujours favorisé à chaque fois que la technique de Paneva-Holevich est utilisée.[3]

Beris et al [61] ont fait état de certaines préoccupations concernant la technique originale de Hunter et de Salisbury, y compris le placement d'une greffe extrasynoviale dans un emplacement intrasynovial. Les auteurs ont également noté que le choix de la tige de silicone doit être fait avant la greffe du tendon. En outre, cette technique nécessite les deux ténorrhaphies pour guérir simultanément. En 1969, Paneva-

Holevich[69] décrivait une nouvelle méthode de reconstruction des tendons fléchisseurs qui éliminait certaines de ces préoccupations antérieures. L'auteur a proposé de créer une boucle entre le FPD et le bout proximal du FSD, et d'utiliser le FSD comme greffon pédiculé après 2 à 3 mois. Cette méthode a fourni un donneur intrasynovial. [40]

Les avantages de cette technique sont :

- La surface du fléchisseur superficiel est mieux adaptée au canal fibro-osseux,
- Il y a moins de morbidité au site donneur
- Il y a un taux plus faible de ténolyse postopératoire. [54]

La technique chirurgicale comprend deux temps[61]. Il est important qu'un programme de kinésithérapie agressif précède le premier temps pour surmonter la rigidité et atteindre l'amplitude de mouvements passive maximale. L'utilisation de loupes grossissantes pendant l'opération est impérative. Lors du 1^{er} temps, l'incision, l'excision de la fibrose et la réparation des poulies sont similaires au 1^{er} temps de la technique de Hunter. Le premier temps de la technique de Paneva-Holevich implique la création d'une boucle entre les bouts proximaux du FSD et du FPD au niveau de la paume de la main, ou entre le tendon du long palmaire et le FPD. Le tendon du FSD correspond mieux au tendon FPD que les autres tendons utilisés dans la technique de Hunter, qui sont de plus petit calibre et peuvent être absents chez jusqu'à 25 % des patients.[70] Cette technique toutefois impose d'utiliser la plus grosse tige de silicone possible afin de reconstituer un canal de diamètre suffisant. Le fléchisseur superficiel étant en effet assez volumineux, il lui faut un canal assez large pour permettre un bon glissement.[71] Un implant de silicone ovale ou renforcé de Dacron avec une taille correspondante au diamètre du FSD est choisi. L'implant final est inséré proximale à distalement, et est coupé proximale au niveau lombrical, et son mouvement est

vérifié. [64].

Le 2ème temps est effectué après un minimum de 3 mois, et est réalisé en minimisant les cicatrices qui sont réduites à la paume et à la partie distale du canal digital. (Dinh) Une incision palmaire est utilisée pour récupérer la boucle, qui en raison de son volume, est généralement facilement identifiée. Une incision longitudinale en face palmaire du tiers distal de l'avant-bras est faite pour identifier le FSD correspondant ou le tendon du long palmaire. Le FSD ou le tendon du long palmaire est ensuite introduit dans l'incision de la paume en le tirant à travers le canal carpien, et il est suturé temporairement à l'extrémité proximale de la tige de silicone. Le muscle FPD est utilisé comme muscle moteur pour le doigt. Enfin, une incision angulaire est faite sur l'articulation interphalangienne distale (IPD), l'extrémité distale de la tige de silicone est identifiée, et la tige avec la greffe suturée à elle est rétractée par cette incision. La greffe est ainsi insérée dans le canal digital nouvellement reconstruit. La tension désirée est ajustée de manière à ce que le doigt blessé soit maintenu légèrement plus en flexion par rapport aux doigts adjacents à travers la plage de mouvement du poignet[64].

➤ **Comparaison des résultats:**

• **Greffe en un seul temps :**

La greffe du tendon fléchisseur représente la modalité la plus courante de restauration secondaire de la fonction du tendon fléchisseur lorsqu'une suture primaire est impossible. La greffe de tendons se fait en 1 ou 2 étapes. Une greffe en un seul temps est indiquée lorsqu'il n'y a pas de lacération et de contracture importantes du doigt, alors que la greffe en deux temps est indiquée dans les blessures digitales graves [42][63]. Les différentes études n'indiquent toujours pas clairement quand une greffe en un seul temps ou deux temps devrait être pratiquée. La greffe en 2 temps pourrait

constituer l'unique alternative à la réparation secondaire de tous les types de lésions du tendon fléchisseur. Cependant, la greffe en 2 temps est une procédure plus longue et techniquement plus exigeante. [63]

Dans la série de Courvoisier, l'étude a été faite autour de 20 patients, dont 12 patients ont bénéficié d'une reconstruction en 2 temps selon la technique de Hunter, et 8 ont bénéficié d'une reconstruction en un seul temps. La greffe en un seul temps a été réalisée lorsque les poulies (A2 et A4) étaient intactes et lorsque l'amplitude de mouvement passive de l'articulation interphalangienne proximale (IPP) et de l'articulation interphalangienne distale (IPD) était équivalente à celle du côté controlatéral [63]. La greffe en un seul temps selon Courvoisier est une procédure pertinente lorsque les poulies sont intactes et que l'amplitude du mouvement est complète. Dans les autres cas (grades 2 et 3 de la classification de Merle et Dautel), lorsque des faisceaux neurovasculaires sont blessés, la greffe en un seul temps ne doit pas être réalisée. Dans ces conditions, des résultats satisfaisants sont attendus avec une greffe en 2 temps, à condition que les principes de cette procédure soient soigneusement respectés. [63]

Pour Darlis, la greffe en un seul temps n'est réussie que si un certain nombre de conditions préalables sont remplies : mouvement passif préopératoire presque complet, cicatrisation minimale et poulies annulaires intactes. [64]

Nous avons opté dans notre étude pour une greffe en 2 temps chez tous nos patients.

Courvoisier a utilisé l'ancienne classification de Strickland qui est une classification sévère par rapport à la classification modifiée de Strickland que nous avons utilisée. Nous avons essayé de rapporter les résultats de Courvoisier selon la classification modifiée de Strickland et nous avons trouvé chez les patients ayant eu

une greffe en un seul temps : 37,5% des patients avaient d'excellents résultats, 50% des patients avaient de bons résultats et 12,5% des patients avaient des résultats moyens. Pour les patients ayant bénéficié d'une greffe en 2 temps : 42% des patients avaient d'excellents résultats, 50% des patients avaient de bons résultats, et 8% des patients avaient un mauvais résultat (1 seul patient). Ce dernier avait une arthrodèse articulaire de l'IPP.

Nos résultats étaient en parfait accord avec les résultats de Courvoisier, que ce soit pour les patients ayant bénéficié d'une greffe en un seul temps ou pour ceux ayant bénéficié d'une greffe en 2 temps avec 12,5% des patients ayant un excellent score, et 50% des patients ayant un bon résultat selon la classification modifiée de Strickland. Le seul patient ayant un mauvais résultat est celui ayant une atteinte digitale multiple.

- **Greffe en 2 temps selon la technique de Paneva-Holevich :**

Au cours des trois dernières décennies, la chirurgie primaire ou secondaire des tendons fléchisseurs, même dans la zone 2 de la main (anciennement appelée « no man's land »), est devenue le traitement établi des lacérations des tendons fléchisseurs.

Plusieurs auteurs ont proposé la modification de la technique de Hunter, d'où la proposition de la technique de Paneva-Holevich où le greffon tendineux utilisé est le fléchisseur commun superficiel, et où l'anastomose entre le FSD et le FPD est réalisée à la paume lors du 1^{er} temps opératoire.[3]

Selon Darlis, la technique Paneva-Holevich modifiée utilisée dans son étude diminue la morbidité du site donneur et est associée à un taux plus faible de rupture du tendon post-reconstruction et de ténolyse par rapport à la technique classique de Hunter chez les adultes. La technique de Paneva-Holevich modifiée présente plusieurs avantages. Elle utilise un tendon donneur intra synovial (FSD) d'une taille similaire à celle des tendons affectés. La tige en silicone et les poulies reconstruites peuvent être

adaptées avec précision à la greffe, puisque la greffe est identifiée au cours du premier temps. La morbidité du site donneur est minimisée, car aucune greffe libre n'est prélevée avec cette technique. Cependant, cette technique peut ne pas convenir aux reconstructions de petits doigts chez les enfants en raison de la petite taille du FSD.
[64]

Pour Pauchard, la dissection itérative de la zone anastomotique lors du second temps s'est toujours avérée difficile, faisant passer au second plan l'intérêt de disposer d'une suture solide, solidité qui s'obtient d'ailleurs parfaitement les modes de jonction avec passages trans-tendineux multiples de type « Pulvertaft ».[41]

Les résultats trouvés dans l'étude de Darlis selon la classification TAM était comme suit : 66,66% des patients ont eu un bon score, 22,22% des patients ont eu un score moyen, et 11,11% des patients ont eu un mauvais score. Le seul patient avec un mauvais résultat était un garçon qui a subi une brûlure électrique au niveau de sa main. Son 3^{ème} doigt a été récupéré dans un lambeau abdominal sans traitement tendineux primaire. La plaque palmaire et le cartilage de l'IPP ont été endommagés par la blessure initiale, entraînant une subluxation de l'IPP.[64]

Nos résultats selon la classification TAM était comme suit : 50% des patients ont eu un bon score, 37,5% des patients ont eu un score moyen. Le seul patient ayant un mauvais score est celui ayant une atteinte digitale multiple, et qui a bénéficié d'un lambeau de McGregor pour pouvoir réaliser la technique de Hunter.

Nous remarquons que nos résultats suivant la technique de Hunter sont similaires à ceux retrouvés dans l'étude de Darlis autour de la technique modifiée de Paneva-Holevich.

Ce qui nous conduit à conclure que la technique de Hunter reste un très bon moyen pour permettre au doigt ayant un déficit de flexion due soit à une lésion négligée, soit à une réparation primaire mal faite, de récupérer leur flexion.

J. Les complications post-opératoires :

➤ Les complications après le 1^{er} temps :

Les complications après le 1^{er} temps sont dans la plupart du temps, liés à la tige en silicone, imposant parfois la réintervention chirurgicale :

- Rupture de l'ancrage distal de l'espaceur tendineux.
- Migration proximale de l'espaceur tendineux.
- Infection autour de l'espaceur tendineux.
- Exposition secondaire de l'espaceur tendineux.[41][72]

➤ Les complications après le 2^{ème} temps :

Les complications sont plus fréquentes après le 2^{ème} temps de Hunter, ce qui peut compromettre le résultat de la greffe.[73]

• Rupture du greffon :

Il s'agit d'une complication redoutable, puisqu'elle peut entraîner soit une réintervention chirurgicale, soit le recours à un traitement palliatif. Elle peut se produire lors d'une manœuvre lors de la rééducation, ou juste lors d'un geste déplacé.[41]

• Inefficacité mécanique du greffon :

Il s'agit de la complication la plus fréquente. Elle peut être due suite aux conséquences d'adhérences. Elles peuvent nécessiter un 3^{ème} temps chirurgical comportant une ténolyse, si elles se confirment et ne se règlent pas même après rééducation.[41][74]

- **Raideur digitale :**

Elle se traduit par l'apparition d'un flessum de l'IPD ou de l'IPP, due à une extension insuffisante lors de la rééducation.

Pour l'IPD, elle peut être due soit à un défaut de reconstruction d'une poulie distale, soit à un trajet pulpaire trop superficiel.[41]

- **Comparaison avec les résultats de la littérature**

Dans la série d'Amadio, 5 patients ont présenté des complications graves : 4 patients ont présenté des infections dont 3 après le 1^{er} temps de Hunter. Un des patients ayant eu une infection après le 1^{er} temps a eu une rupture du greffon après le 2^{ème} temps.[45]

Dans la série de Piper, aucun patient n'a présenté des complications, ni après le 1^{er} temps, ni après le 2^{ème} temps.[56]

Dans la série d'Atik, deux patients avaient présenté une infection après le 1^{er} temps de Hunter, 4 autres patients ont bénéficié d'une ténolyse pour adhérences de greffons tendineux, et un patient a été resuturé après déhiscence des sutures.[65]

Dans notre série, une seule patiente avait présenté une infection après le 1^{er} temps de Hunter. Tous nos patients avaient des suites post-opératoires simples.

On peut qualifier nos résultats comme étant des résultats excellents, vu que la majorité de nos patients n'ont pas présenté de complications post-opératoires.

CONCLUSION

Les lésions des tendons fléchisseurs des doigts chez l'enfant représentent un grand défi pour les cliniciens vu sa présentation tardive, et qui peut parfois passer inaperçue aux yeux des parents ou du médecin, en raison du piégeage avec flexion. Si la lésion n'est pas prise en charge rapidement, elle devient négligée, ce qui rend son traitement encore plus difficile, et se résume le plus souvent à une greffe tendineuse.

Le choix de la technique chirurgicale est basé sur 2 classifications : la classification de Boyce et Stark, et la classification de Merle et Dautel. Le stade A des 2 classifications oriente vers la réalisation d'une greffe en un seul temps. La greffe en deux temps est faite pour les autres stades.

Dans notre étude, la technique de Hunter a été utilisée chez tous nos malades et pour tous les stades de la classification de Boyce et Stark, et de la classification de Merle et Dautel.

La reconstruction chirurgicale des fléchisseurs en 2 temps selon la technique de Hunter représente un défi vu sa difficulté. Lors du 1^{er} temps de greffe, une tige est placée dans le lit du tendon cicatrisé, permettant de former une pseudogaine, créant ainsi un espace de glissement. Le 2^{ème} temps consiste en l'insertion d'une greffe tendineuse, généralement provenant du tendon du long palmaire, dans cette pseudogaine.

L'évaluation post-opératoire se fait généralement par la nouvelle classification de Strickland, et le score TAM.

Au total, dans notre série, et selon la nouvelle classification de Strickland, 12,5% des patients ont eu un excellent score, 50% des patients ont eu un bon résultat, 25% ont eu un résultat moyen, et 12,5% ont eu un mauvais résultat. Pour le score TAM, 50% des patients ont eu un bon score, 37,5% des patients ont eu un score moyen, et 12,5% des patients ont eu un mauvais score. Le patient ayant un mauvais résultat dans la classification modifiée de Strickland et dans le score TAM présentait une atteinte digitale sévère multiple avec des lésions vasculaires.

Plusieurs auteurs sont fidèles à la greffe en deux temps selon la technique de Hunter vu ses bons résultats dans la plupart des cas, et qui représente aujourd'hui, un moyen efficace de restauration de la fonction des fléchisseurs des doigts.

RÉSUMÉS

Résumé

La chirurgie secondaire des lésions tendineuses selon la technique de Hunter représente l'un des principaux traitements des lésions négligées des tendons fléchisseurs de la main. Elle comporte 2 temps : le 1^{er} temps regroupant la reconstruction des poulies avec la création d'un espace de glissement par la mise en place d'une tige en silicone ; et le 2^{ème} temps par le remplacement de la tige par une greffe tendineuse.

Nous avons mené une étude rétrospective concernant 8 cas ayant bénéficié de la chirurgie secondaire des tendons fléchisseurs de la main par technique de Hunter au sein du service de traumatologie orthopédie pédiatrique au CHU Hassan II Fès, sur une période étalée de mars 2012 à décembre 2020, en comparant nos résultats post-opératoires avec ceux de la littérature.

L'âge moyen de prise en charge était de 9,12 ans, avec des extrêmes entre 2 ans et 15 ans.

Tous nos patients ont bénéficié de la technique de Hunter avec ses 2 temps, avec comme greffon tendineux prélevé : tendon du muscle long palmaire chez 7 patients, et le tendon du muscle long palmaire avec le tenseur du fascia lata chez un patient avec une atteinte de plusieurs doigts.

Aucun de nos patients n'a présenté des complications post-opératoires graves, pouvant affecter le pronostic fonctionnel du doigt atteint.

Tous nos patients ont bénéficié d'une rééducation après le 2^{ème} temps de Hunter.

Nous avons adopté la nouvelle classification de Strickland, ainsi que la classification TAM pour l'évaluation fonctionnelle post-opératoire. Dans la nouvelle classification de Strickland, un patient avait un excellent score, 4 patients avaient un bon score, contre 2 patients ayant un score moyen et un patient ayant un score mauvais. Dans la classification TAM, 4 patients avaient un bon score, 3 patients avaient des scores moyens, et un seul patient avait un mauvais score.

Nos résultats sont en parfait accord avec les résultats trouvés dans la littérature, qui confirment que cette technique permet de reprendre la flexion des doigts atteints.

Abstract

Secondary surgery for tendon lesions using the HUNTER technique is one of the main treatments for neglected tendon flexor lesions in the hand. It has 2 stages: the first stage grouping the reconstruction of the pulleys with the creation of a sliding space by the installation of a silicone rod; and the second stage by the replacement of the stem by a tendinous graft.

We conducted a retrospective study of 8 cases with secondary hand flexor tendon surgery by Hunter technique at the Department of Pediatric Orthopaedical Surgery and Traumatology at CHU Hassan II Fez, between March 2012 and December 2020, comparing our post-operative results with other authors.

The average age of management was 9.12 years, with extremes between 2 and 15 years.

All our patients benefited from the Hunter technique with its 2 times, with as tendon graft taken: tendon of the long palmar muscle in 7 patients, and the tendon of the long palmar muscle with the tensor of the fascia lata in a patient with multi-fingered lesions.

None of our patients had serious post-operative complications, which could affect the functional prognosis of the affected finger.

All of our patients were rehabilitated after Hunter's second time.

The new Strickland classifications, as well as the TAM classification, were adopted for post-operative functional evaluation. In the new Strickland classification, 1 patient had an excellent score, 4 patients had a good score, 2 patients with an average score and 1 patient with a bad score. In the TAM classification, 5 patients had a good score, 3 patients had average scores, and only one patient had a bad score.

Our results are in perfect agreement with the results found in the literature, which confirm that this technique makes it possible to resume the flexion of the affected fingers.

ملخص

تعتبر الجراحة الثانوية لإصابات الأوتار باستخدام تقنية هنتر من العلاجات الأساسية لإصابات وتر العضلة المثنية المهملة في اليد. تتكون من مرحلتين: المرحلة الأولى ، وهي إعادة تجميع إعادة بناء البكرات مع إنشاء مساحة منزلفة عن طريق تركيب جدد سيليكون ؛ والخطوة الثانية عن طريق استبدال الجدد بطعم وتر.

أجرينا دراسة بأثر رجعي لثمانية حالات استفادوا من الجراحة الثانوية للأوتار المثنية لليد من خلال تقنية هنتر في قسم جراحة العظام والرضوض للأطفال في مستشفى CHU حسن الثاني فاس ، على مدى فترة من مارس 2012 إلى ديسمبر 2020 ، من خلال مقارنة ما بعد الجراحة. النتائج مع تلك الموجودة في الأدبيات.

كان متوسط عمر الرعاية 9.12 سنة ، مع فترات قصوى تتراوح بين سنتين و 15 سنة.

كل مرضانا استفادوا من تقنية هانتر مع أوقاتها 2 ، مع تناول طعم الوتر: الوتر لعضلات الحنجرة الطويلة في المرضى 7 ، والوتر لعضلات الحنجرة الطويلة مع توتر الفستق في مريض لديه أصابع متعددة.

لم يكن لدى أي من مرضانا مضاعفات خطيرة بعد العملية ، والتي يمكن أن تؤثر على التشخيص الوظيفي للإصبع المتضرر.

جميع مرضانا تم تأهيلهم بعد ثاني أفضل وقت لهانتر.

وقد اعتمدنا تصنيف ستريكلاند الجديد ، فضلا عن تصنيف تكنولوجيا المعلومات المتعلقة بالتقييم الوظيفي لما بعد التشغيل. في تصنيف ستريكلاند الجديد ، حصل مريض واحد على نتيجة ممتازة ، 4 مريض على نتيجة جيدة ، ضد 2 مريض لديهم نتيجة متوسطة ومريض واحد لديهم نتيجة سيئة. في تصنيف TAM ، 4 مريض لديهم نتائج جيدة ، 3 مريض لديهم درجات متوسطة ، ومريض واحد فقط لديهم نتائج سيئة.

ونناجنا تتفق تماما مع النتائج التي توصلت إليها الكتابات ، والتي تؤكد أن هذه التقنية تمكن من استئناف مرونة الأصابع المتضررة.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] P. M. MURRAY, "Staged Reconstruction of Zone II Flexor Tendon Injuries in the Child," *Tech. Hand Up. Extrem. Surg.*, vol. 3, no. 4, pp. 272-277, 1999, doi: 10.1097/00130911-199912000-00009.
- [2] D. Wurtz, "A second-stage flexor tendon reconstruction after," vol. 16, no. 4, pp. 16-18, 1991.
- [3] P. Liverneaux, C. Chantelot, and P. Mouton, "Appareil fléchisseur : reconstruction en deux temps," *La Traumatol. des parties molles la main*, pp. 179-192, 2011, doi: 10.1007/978-2-287-99068-7_17.
- [4] A. De Chirurgie, "Tendons Flechisseurs," *Fifth ed. Philadelphia. Toronto. J.-B. Lippincett Co.*, vol. 1, 1970.
- [5] H. E. Kleinert, S. Špokevičius, and N. H. Papas, "History of flexor tendon repair," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 20, no. 3 PART 2, pp. 46-52, 1995, doi: 10.1016/S0363-5023(95)80169-3.
- [6] P. F. Duparc and J. Duparc, "Gray's anatomy pour les étudiants," 2006.
- [7] "Frank H. Netter, MD - Atlas d'anatomie humaine (2011, Elsevier Masson) - libgen.lc.pdf." .
- [8] J. R. Doyle, "Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 13, no. 4, pp. 473-484, 1988, doi: 10.1016/S0363-5023(88)80082-0.
- [9] E. U. Gmbh, "of and of of and," vol. 63, no. 11, pp. 13-20, 1999.
- [10] B. Strauch and W. de Moura, "Digital flexor tendon sheath: An anatomic study," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 10, no. 6, pp. 785-789, 1985, doi: 10.1016/S0363-5023(85)80152-0.

- [11] J. R. Doyle, "Anatomy of the flexor tendon sheath and pulley system: A current review," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 14, no. 2 PART 2, pp. 349-351, 1989, doi: 10.1016/0363-5023(89)90110-X.
- [12] J. R. Doyle, "Anatomy and function of the palmar aponeurosis pulley," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 15, no. 1, pp. 78-82, 1990, doi: 10.1016/S0363-5023(09)91109-1.
- [13] F. Moutet, "Les poulies de l'appareil fléchisseur: Anatomie, pathologies, traitement," *Chir. Main*, vol. 22, no. 1, pp. 1-12, 2003, doi: 10.1016/S1297-3203(02)00010-0.
- [14] B. Zafonte, D. Rendulic, and R. M. Szabo, "Flexor pulley system: Anatomy, injury, and management," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 39, no. 12, pp. 2525-2532, 2014, doi: 10.1016/j.jhsa.2014.06.005.
- [15] O. Hauger *et al.*, "Pulley system in the fingers: Normal anatomy and simulated lesions in cadavers at MR imaging, CT, and US with and without contrast material distention of the tendon sheath," *Radiology*, vol. 217, no. 1, pp. 201-212, 2000, doi: 10.1148/radiology.217.1.r00oc40201.
- [16] P. R. Manske and P. A. Lesker, "Palmar aponeurosis pulley," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 8, no. 3, pp. 259-263, 1983, doi: 10.1016/S0363-5023(83)80154-3.
- [17] G. T. Lin, P. C. Amadio, K. N. An, and W. P. Cooney, "Functional anatomy of the human digital flexor pulley system," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 14, no. 6, pp. 949-956, 1989, doi: 10.1016/S0363-5023(89)80043-7.
- [18] M. Shrewsbury and R. K. Johnson, "The fascia of the distal phalanx," *J. Bone Jt. Surg. - Ser. A*, vol. 57, no. 6, pp. 784-788, 1975, doi: 10.2106/00004623-197557060-00009.

- [19] M. J. Cohen and L. Kaplan, "Histology and ultrastructure of the human flexor tendon sheath," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 12, no. 1, pp. 25-29, 1987, doi: 10.1016/S0363-5023(87)80155-7.
- [20] L. Mayer M.D. "Recent studies in the anatomy and physiology of tendons: their application to the technic of tendon operations", S. S. Street, ."/ i," 2015.
- [21] D. A. W. EDWARDS, "The blood supply and lymphatic drainage of tendons.," *J. Anat.*, vol. 80, pp. 147-52, 1946, [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20996686>.
- [22] J. G. BROCKIS, "The blood supply of the flexor and extensor tendons of the fingers in man.," *J. Bone Joint Surg. Br.*, vol. 35 B, no. 1, pp. 131-138, 1953, doi: 10.1302/0301-620x.35b1.131.
- [23] J. W. Smith, "Blood supply of tendons," *Am. J. Surg.*, vol. 109, no. 3, pp. 272-276, 1965, doi: 10.1016/S0002-9610(65)80073-3.
- [24] N. Ochiai, T. Matsui, N. Miyaji, R. J. Merklin, and J. M. Hunter, "Vascular anatomy of flexor tendons. I. Vincular system and blood supply of the profundus tendon in the digital sheath," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 4, no. 4, pp. 321-330, 1979, doi: 10.1016/S0363-5023(79)80068-4.
- [25] E. E. PEACOCK, "A study of the circulation in normal tendons and healing grafts.," *Ann. Surg.*, vol. 149, no. 3, pp. 415-428, 1959, doi: 10.1097/00000658-195903000-00011.
- [26] A. D. POTENZA, "Tendon healing within the flexor digital sheath in the dog," *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 44-A, no. 1, pp. 49-64, 1962, doi: 10.2106/00004623-196244010-00004.

- [27] W. K. Lindsay and H. G. Thomson, "Digital flexor tendons: An experimental study. Part I. The significance of each component of the flexor mechanism in tendon healing," *Br. J. Plast. Surg.*, vol. 12, no. C, pp. 289–316, 1959, doi: 10.1016/S0007-1226(59)80045-X.
- [28] C. Dumontier, "Anatomie descriptive et fonctionnelle des tendons fléchisseurs à la main."
- [29] P. R. Manske, "Review Article FLEXOR TENDON," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 13, no. 3, pp. 237–45, 1988.
- [30] R. H. Gelberman, J. S. Vande Berg, G. N. Lundborg, and W. H. Akeson, "Flexor tendon healing and restoration of the gliding surface. An ultrastructural study in dogs," *J. Bone Jt. Surg. - Ser. A*, vol. 65, no. 1, pp. 70–80, 1983, doi: 10.2106/00004623-198365010-00010.
- [31] M. L. Killian, L. Cavinatto, L. M. Galatz, and S. Thomopoulos, "The role of mechanobiology in tendon healing," *J. Shoulder Elb. Surg.*, vol. 21, no. 2, pp. 228–237, 2012, doi: 10.1016/j.jse.2011.11.002.
- [32] M. M. Al-Qattan, "Flexor tendon injuries in the child," *J. Hand Surg. Eur. Vol.*, vol. 39, no. 1, pp. 46–53, 2014, doi: 10.1177/1753193413498207.
- [33] C. S. Klifto, J. T. Capo, A. Sapienza, S. S. Yang, and N. Paksima, "Flexor Tendon Injuries," *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, vol. 26, no. 2, pp. e26–e35, 2018, doi: 10.5435/JAAOS-D-16-00316.
- [34] D. Le Nen, J. Laulan, D. Le Nen, and J. Laulan, "De la main," *La Main Léonard Vinci*, pp. 41–70, 2010, doi: 10.1007/978-2-287-99076-2_5.
- [35] C. J. Dy and A. Daluiski, "Update on Zone II Flexor," *J Am Acad Orthop Surg*, vol. 22, no. 12, pp. 791–799, 2014.

- [36] V. Vahvanen, L. Gripenberg, and P. Nuutinen, "Flexor tendon injury of the hand in children: A long-term follow-up study of 84 patients," *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg.*, vol. 15, no. 1, pp. 43-48, 1981, doi: 10.3109/02844318109103410.
- [37] J. H. BOYES and H. H. STARK, "Flexor-Tendon Grafts in the Fingers and Thumb," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 53, no. 7, pp. 1332-1342, 1971, doi: 10.2106/00004623-197153070-00008.
- [38] T. G. Havenhill and R. Birnie, "Pediatric flexor tendon injuries," *Hand Clin.*, vol. 21, no. 2, pp. 253-256, 2005, doi: 10.1016/j.hcl.2004.11.004.
- [39] P. P. Kotwal and V. Gupta, "Neglected tendon and nerve injuries of the hand," *Clin. Orthop. Relat. Res.*, no. 431, pp. 66-71, 2005, doi: 10.1097/01.blo.0000152867.64056.0e.
- [40] J. B. Samora and R. D. Klinefelter, "Flexor Tendon Reconstruction," *J. Am. Acad. Orthop. Surg.*, vol. 24, no. 1, pp. 28-36, 2016, doi: 10.5435/JAAOS-D-14-00195.
- [41] N. Pauchard, B. Pedeutour, and G. Dautel, "Reconstruction par greffe des tendons fléchisseurs," *Chir. Main*, vol. 33, no. 5, pp. 58-71, 2014, doi: 10.1016/j.main.2014.05.007.
- [42] A. M. Freilich and A. B. Chhabra, "Secondary Flexor Tendon Reconstruction, A Review," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 32, no. 9, pp. 1436-1442, 2007, doi: 10.1016/j.jhsa.2007.08.018.
- [43] W. W. Peterson, P. R. Manske, B. A. Bollinger, P. A. Lesker, and J. A. McCarthy, "Effect of pulley excision on flexor tendon biomechanics," *J. Orthop. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 96-101, 1986, doi: 10.1002/jor.1100040112.

- [44] P. C. Amadio, M. B. Wood, W. P. Cooney, and S. D. Bogard, "Staged flexor tendon reconstruction in the fingers and hand," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 13, no. 4, pp. 559-562, 1988, doi: 10.1016/S0363-5023(88)80095-9.
- [45] "Staged flexor tendon reconstruction in children," vol. 15, pp. 194-199, 1991.
- [46] F. Fitoussi, K. Mazda, J. M. Frajman, P. Jehanno, and G. F. Pennecot, "Repair of the flexor pollicis longus tendon in children," *J. Bone Jt. Surg. - Ser. B*, vol. 82, no. 8, pp. 1177-1180, 2000, doi: 10.1302/0301-620X.82B8.10820.
- [47] M. Akram, J. H. Raza, F. M. Farooqi, and S. F. Gillani, "Two-stage flexor tendon reconstruction in zone II using pediatric silicon catheter at Mayo Hospital Lahore: A case series," *J. Pak. Med. Assoc.*, vol. 70, no. 3, pp. 539-542, 2020, doi: 10.5455/JPMA.290352.
- [48] A. Foisneau-Lottin, A. Touillet, J. Paysant, and G. Dautel, "Rééducation après chirurgie secondaire des tendons fléchisseurs des doigts," *Chir. Main*, vol. 33, no. 5, pp. 81-88, 2014, doi: 10.1016/j.main.2014.10.002.
- [49] A. Touillet, J. Paysant, and G. Dautel, "Rééducation après réparation primaire des tendons fléchisseurs des doigts chez l'adulte Rehabilitation following primary repair of flexor tendons in adults," *Chir. Main*, 2014, doi: 10.1016/j.main.2014.07.011.
- [50] P. Smith, M. Jones, and A. Grobbelaar, "TWO-STAGE GRAFTING OF FLEXOR TENDONS: RESULTS AFTER MOBILISATION BY CONTROLLED EARLY ACTIVE MOVEMENT," no. 29, 2004, doi: 10.1080/02844310410024566.
- [51] K. Khan, M. Riaz, M. S. C. Murison, and M. D. Brennen, "EARLY ACTIVE MOBILIZATION AFTER SECOND STAGE FLEXOR TENDON GRAFTS," pp. 372-374, 1997.

- [52] M. Merle and S. W. Wilson, "Some technical tips to improve two stages flexor tendon grafting," *Eur. J. Orthop. Surg. Traumatol.*, vol. 16, no. 4, pp. 386–392, 2006, doi: 10.1007/s00590-006-0103-2.
- [53] J. W. Strickland and S. V. Glogovac, "Digital function following flexor tendon repair in Zone II: A comparison of immobilization and controlled passive motion techniques," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 5, no. 6, pp. 537–543, 1980, doi: 10.1016/S0363-5023(80)80101-8.
- [54] I. Djerbi, M. Chammas, M. P. Mirous, C. Lazerges, and B. Coulet, "Facteurs pronostiques dans la chirurgie de reconstruction de fléchisseurs en deux temps: Est-il possible d'anticiper un échec?," *Rev. Chir. Orthop. Traumatol.*, vol. 102, no. 1, pp. 30–37, 2016, doi: 10.1016/j.rcot.2015.12.006.
- [55] M. Romain, "& valuation des rbsultats des rkparations M Romain tendineuses des doigts longs," 1997.
- [56] S. L. Piper, L. C. Wheeler, J. K. Mills, M. Ezaki, and S. N. Oishi, "Outcomes after Primary Repair and Staged Reconstruction of Zone i and II Flexor Tendon Injuries in Children," *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 39, no. 5, pp. 263–267, 2019, doi: 10.1097/BPO.0000000000000912.
- [57] I. Djerbi, M. Chammas, M. P. Mirous, C. Lazerges, and B. Coulet, "Prognostic factors in two-stage flexor tendon reconstruction: Is it possible to predict surgical failure?," *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, vol. 102, no. 1, pp. 53–59, 2016, doi: 10.1016/j.otsr.2015.11.006.
- [58] J. Hunter, "Artificial tendons. Early development and application," *Am. J. Surg.*, vol. 109, no. 3, pp. 325–338, 1965, doi: 10.1016/S0002-9610(65)80081-2.

- [59] T. Origin, "THE ORIGIN AND NATURE OF PSEUDO-SYNOVIUM APPEARING A R O U N D I M P L A N T E D SILASTIC R O D S AN EXPERIMENTAL STUDY C. R. W. RAYNER, Manchester," vol. 8, no. 2, pp. 101-109, 1976.
- [60] M. I. Boyer, J. W. Strickland, D. R. Engles, K. Sachar, and F. J. Leversedge, "Flexor tendon repair and rehabilitation: State of the art in 2002," *J. Bone Jt. Surg. – Ser. A*, vol. 84, no. 9, pp. 1684-1706, 2002, doi: 10.2106/00004623-200209000-00025.
- [61] A. E. Beris, N. A. Darlis, A. V. Korompilias, M. D. Vekris, G. I. Mitsionis, and P. N. Soucacos, "Two-stage flexor tendon reconstruction in zone II using a silicone rod and a pedicled intrasynovial graft," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 28, no. 4, pp. 652-660, 2003, doi: 10.1016/S0363-5023(03)00146-1.
- [62] R. G. Chuinard, E. J. Dabezies, and R. E. Mathews, "Two-stage superficialis tendon reconstruction in severely damaged fingers," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 5, no. 2, pp. 135-143, 1980, doi: 10.1016/S0363-5023(80)80144-4.
- [63] A. Courvoisier, P. Pradel, and G. Dautel, "Surgical outcome of one-stage and two-stage flexor tendon grafting in children," *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 29, no. 7, pp. 792-796, 2009, doi: 10.1097/BPO.0b013e3181b76a16.
- [64] N. A. Darlis, A. E. Beris, A. V. Korompilias, M. D. Vekris, G. I. Mitsionis, and P. N. Soucacos, "Two-stage flexor tendon reconstruction in zone 2 of the hand in children," *J. Pediatr. Orthop.*, vol. 25, no. 3, pp. 382-386, 2005, doi: 10.1097/01.bpo.0000152939.28413.a2.
- [65] B. Atik, I. M. Universitesi, M. Sarici, L. Kirdar, and K. Education, "Hunter ' s technique without Hunter ' s rod Hunter ' s technique without Hunter ' s rod," no. May 2014, 2012.

- [66] J. M. HUNTER and R. E. SALISBURY, "Flexor-Tendon Reconstruction in Severely Damaged Hands," *J. Bone Jt. Surg.*, vol. 53, no. 5, pp. 829-858, 1971, doi: 10.2106/00004623-197153050-00001.
- [67] R. Of, D. Flexor, T. Injuries, and I. N. T. H. E. Hand, "By STEWART H."
- [68] M. V Birman and R. J. Strauch, "THE PATIENT Management of Late-Presenting Isolated Flexor Digitorum Profundus Injuries," *YJHSU*, vol. 37, no. 5, pp. 1065-1067, doi: 10.1016/j.jhsa.2011.08.034.
- [69] "Two-Stage Flexor," vol. 51, pp. 21-32, 1969.
- [70] K. O. Shea and S. W. Wolfe, "Two - s t a g e R e c o n s t r u c t i o n w i t h t h e M o d i f i e d P a n e v a - H o l e v i c h T e c h n i q u e Flexor Tendon Staged Reconstruction Paneva-Holevich," *Hand Clin.*, 2013, doi: 10.1016/j.hcl.2013.02.011.
- [71] J. Y. Alnot, P. Mouton, and P. Bisson, "Les lésions anciennes des tendons fléchisseurs traitées par greffe tendineuse en deux temps," *Ann. Chir. la Main du Memb. Supérieur*, vol. 15, no. 1, pp. 25-35, 1996, doi: 10.1016/s0753-9053(96)80021-4.
- [72] P. N. Soucacos, A. E. Beris, K. N. Malizos, T. Xenakis, A. Touliatos, and P. K. Soucacos, "Two-stage treatment of flexor tendon ruptures Silicon rod complications analyzed in 109 digits Two-stage treatment of flexor tendon ruptures," vol. 6470, 2016, doi: 10.1080/17453674.1997.11744744.
- [73] P. Taylor and V. Finsen, "Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery TWO-STAGE GRAFTING OF DIGITAL FLEXOR TENDONS : A REVIEW OF 43 PATIENTS AFTER 3 TO 15 YEARS," no. September 2015, 2009, doi: 10.1080/03844310310007773.

- [74] W. B. L. M. D and J. W. S. M. D, "An evaluation of the two-stage flexor tendon," *J. Hand Surg. Am.*, vol. 8, no. 3, pp. 263-267, 1983, doi: 10.1016/S0363-5023(83)80155-5.

