

L'intérêt thérapeutique du joug en auto-rééducation dans les raideurs digitales post-traumatiques des doigts longs

Yordane ARGENTERO ABDERRAHMANE

*Masseur-Kinésithérapeute et Orthésiste de la main
Villefontaine, France*



Correcteurs

Docteur Christian Dumontier
Madame Laurence Munaut
Monsieur Denis Gerlac
Docteur Alexandra Forli

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme Inter-Universitaire Européen de
Rééducation et d'Appareillage en Chirurgie de la Main
Sous la direction du Docteur Alexandra Forli et de Monsieur Denis Gerlac

Promotion 2021-2023

REMERCIEMENTS

Je voudrais remercier ici, le Pr François Moutet, le Dr Alexandra Forli et Mr Denis Gerlac pour leur énergie à organiser ce DIU, l'ensemble des intervenants et professeurs qui ont su nous faire partager leur passion, et les nombreux professionnels que j'ai pu rencontrer lors des huit stages de mon « Tour de France » sur la rééducation de la main pour leur chaleureux accueil au sein de leur structure.

Mes remerciements vont également à tous les membres de la promotion 2021-2023 du DIU sans qui ces deux années auraient été beaucoup plus difficiles à gérer. Merci pour leur esprit d'équipe et la qualité de nos échanges (un merci tout particulier aux membres de l'équipe des « 4 ramens fantastiques » qui se reconnaîtront).

Je remercie de même mes proches, mes amis et ma famille pour leur présence, leur patience, leur soutien et leur aide précieuse dans la rédaction de ce mémoire.

Je terminerai en remerciant tout particulièrement Philippe Pernot qui a su me transmettre sa passion et sans qui je serai sans doute passé à côté d'un métier qui m'éveille et dont j'espère ne jamais avoir fait le tour.

TABLE DES MATIERES

Table des matières	2
Liste des abréviations	5
Introduction	6
1 Rappels anatomiques et physiologie	8
1.1 <i>Anatomie générale</i>	8
1.1.1 Généralités sur le membre supérieur et la main	8
1.1.2 Les arches de la main.....	8
• L'arche carpienne.....	9
• L'arche métacarpienne.....	10
• Les arches longitudinales.....	11
• Les arches obliques d'opposition	12
1.2 <i>Biomécanique articulaire</i>	13
1.2.1 L'articulation métacarpo-phalangienne (MP)	13
• La forme.....	13
• Les mouvements.....	13
• Le système moteur	15
1.2.2 Les articulations interphalangiennes.....	16
• La forme.....	16
• Les mouvements.....	16
• Le système moteur	17
• Le ligament rétinaculaire oblique (LRO)	17
1.2.3 La règle concave-convexe de Kaltenborn.....	18
1.3 <i>Biomécanique dynamique</i>	19
1.3.1 Mécanisme en flexion digitale.....	19
• La flexion harmonieuse (CCO) :	19
• La flexion en volet (CCO).....	21
• La flexion en crochet (CCO)	21
• Le cas de flexion en CCF.....	22
1.3.2 Mécanisme d'extension digitale	22
1.3.3 Effet quadrigé de Verdan	23
1.3.4 Effet ténodèse.....	24
2 Les raideurs digitales post-traumatiques	25
2.1 <i>Le mécanisme de la raideur</i>	25
2.2 <i>L'origine de la raideur</i>	26
2.2.1 Origine œdémateuse.....	26
2.2.2 Origine tégumentaire	27
2.2.3 Origine collagénique.....	27
2.2.4 Origine musculaire.....	28
2.2.5 Origine osseuse	28
• Trouble du schéma moteur.....	28
2.3 <i>Examen clinique pour la détection des raideurs</i>	29
2.3.1 L'examen clinique.....	29
2.3.2 Tests cliniques.....	29
• Le test de Kilgore	29
• Le test « Fléchisseurs »	30

•	Le test de Finochietto	30
•	Le test de Colditz	31
•	Le test de Haines	31
2.4	<i>Traitements des raideurs</i>	32
2.4.1	Traitement préventif.....	32
•	Le contrôle de l'œdème	32
•	Le control de la douleur.....	33
•	La mobilisation active précoce dans le maintien des plans de glissements et des amplitudes articulaires.....	34
•	La position d'immobilisation quand elle est obligatoire.....	35
2.4.2	Le traitement conservateur	36
3	Le joug et l'auto-rééducation	38
3.1	<i>Contexte épidémiologique</i>	38
•	Évolution et répartition de la population en France.....	38
•	Nombre de blessés de la main passant par les urgences	38
•	La localisation et la répartition des centres FESUM en France	39
•	Etat de l'offre en kinésithérapie de la main	40
3.2	<i>Principe de l'auto-rééducation</i>	41
3.2.1	Principe et définition	41
•	Définition	41
•	Principe.....	41
•	Moyens	41
3.2.2	Effet de l'auto-rééducation	42
3.2.3	Efficacité de l'auto-rééducation	42
3.3	<i>Le joug</i>	44
3.3.1	Définition	44
3.3.2	Evolution du joug dans le temps.....	44
3.3.3	Description détaillée du joug.....	46
•	La main, le nombre d'or et la suite de Fibonacci	46
•	Forme du joug.....	47
•	Matière	48
3.3.4	Utilisation pratique	48
•	Le joug utilisé comme RMF.....	49
•	Le joug utilisé comme RME	50
•	La position du poignet lors de la réalisation des exercices	53
3.3.5	Les contre-indications au joug.....	53
3.3.6	Les avantages du joug.....	54
•	Avantages biomécaniques	54
•	Avantage par rapport à la mobilité	54
•	Avantage par rapport à la douleur.....	56
•	Avantage par rapport au schéma moteur.....	56
•	Avantage par rapport à la proprioception	57
	Discussion	58
	Conclusion.....	60
	Bibliographie	62
	Annexes.....	65
	<i>Annexe 1 - Muscle Interosseux (IO)</i>	65
	<i>Annexe 2 - Extenseur Commun des Doigts (ECD)</i>	66

<i>Annexe 3 - Muscle Fléchisseur commun Profond des Doigts (FDP)</i>	67
<i>Annexe 4 – Muscle Fléchisseur commun Superficiel des Doigts (FDS)</i>	68
<i>Annexe 5 – Muscles lombricaux</i>	69

LISTE DES ABREVIATIONS

AVB	Avant-Bras
D1,2,3,4,5	Doigt numéro 1,2,3,4,5
ECD	Muscle Extenseur Commun des doigts
EPAC	Enquête Permanente des Accidents de la vie Courante
FDP	Muscle Fléchisseur profond des doigts
FDS	Muscle Fléchisseur superficiel des doigts
FESUM	Fédération Européenne des Services d'Urgences de la Main
GEMMSOR	Groupe d'Etude de la Main et du Membre Supérieur en Orthèse et Rééducation
ICAM	Immediate Controlled Active Motion (mouvement actif à contrôle immédiat)
IO	Muscle Interosseux
IPD	Inter-phalangienne distale
IPP	Inter-phalangienne proximale
Kiné	Kinésithérapeute
Lx	Muscle lombriical
MCP	Métacarpo-phalangienne
MP	Métacarpo-phalangienne
P1	Première phalange
P2	Deuxième phalange
P3	Troisième phalange
RME	Attelle d'extension relative
RMF	Attelle de flexion relative
RMO	Relative Motion Orthosis (attelle de mouvement relative)
RMS	Relative Motion Splint (attelle de mouvement relative)
SAMU	Service d'Aide Médicale Urgente
SMUR	Structure Mobile d'Urgence et de Réanimation
WALANT	Wide Awake Local Anesthesia No Tourniquet (anesthésie locale sur patient éveillé, sans garrot)

INTRODUCTION

Selon le philosophe grec Aristote (-384 ; -322), « Ce n'est pas parce qu'il a des mains que l'Homme est le plus intelligent des êtres, mais c'est parce qu'il est le plus intelligent qu'il a des mains ». L'être le plus intelligent est celui qui saura être capable de s'adapter pour être à même d'utiliser le plus grand nombre d'outil.

Aristote poursuit en disant que « La main est l'outil de tous les outils ». La main est non pas un outil mais plusieurs outils, elle est pour ainsi dire l'outil qui tient les autres.

C'est donc à l'être capable d'acquérir le plus grand nombre de techniques, aussi diverses soient-elles, que la nature a donné de loin l'outil le plus utile : sa main.

Ce sont ses mains qui ont permis à l'Homme de progresser et d'inventer son avenir.

L'outil que nous présentons dans ce mémoire, comme outil thérapeutique, porte le même nom, par analogie, que l'instrument créé par nos très lointains ancêtres dans un souci d'améliorer leurs pratiques agricoles. Il s'agissait alors d'une pièce de bois massive permettant d'atteler deux animaux de trait dans le but d'exploiter au mieux leur force de traction.

C'est en 1972, que Paul Redondo [29] décrit pour la première fois l'utilisation d'un joug dans la rééducation de la main.

A cette même époque, Raymond Vilain (1921-1989) [24][25], pionnier de la chirurgie spécialisée de la main considérait que la chirurgie ne jouait que pour 50% du résultat, le reste étant obtenu grâce au patient et à la rééducation. Il démontrait combien chaque intervenant (le chirurgien, le patient et le kinésithérapeute) avait un rôle important à jouer dans la prise en charge thérapeutique du patient souffrant d'une pathologie de la main.

C'est en suivant ce principe et en remettant entre les mains du patient « les clés de sa rééducation », grâce notamment à un outil comme le joug, que s'est développé le concept de l'auto-rééducation.

La pandémie de la COVID-19 a révélé de nombreuses failles dans notre société, mais elle a été également l'occasion d'expérimenter de nouveaux modes d'interactions avec nos patients ou de consolider certaines pratiques, comme l'auto-rééducation, qui faisaient certes leurs preuves mais dont ne n'avait pas suffisamment développé le plein potentiel.

La problématique était alors de trouver un outil d'auto-rééducation qui permettrait au patient de travailler à domicile, tout en s'assurant d'un mouvement adapté, sans compensation, comme, au cabinet, sur un plateau canadien.

Les raideurs digitales étant la pathologie la plus couramment rencontrée dans notre pratique professionnelle [11], nous avons choisi pour sujet de ce mémoire : l'intérêt thérapeutique du joug en auto-rééducation dans les raideurs des doigts longs post-traumatiques.

Afin de mieux appréhender l'intérêt du joug, nous introduisons dans une première partie théorique des notions anatomiques fondamentales sur l'architecture de la main et ses voûtes assurant sa stabilité. Nous rappellerons ensuite la biomécanique dynamique de la main garantissant sa mobilité.

Nous essayerons de comprendre dans une deuxième partie, le mécanisme de formation des raideurs articulaires et leur traitement.

Notre troisième partie sera spécifiquement consacrée au joug et à l'auto-rééducation et débutera par un bref rappel épidémiologique sur les pathologies de la main en France

Nous conclurons par la description, l'utilisation et les avantages du joug, cœur de notre mémoire.

1 RAPPELS ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIE

1.1 Anatomie générale

1.1.1 Généralités sur le membre supérieur et la main

La main, outil privilégié par l'homme, est un système composé d'une chaîne articulée et préhensive qui fait suite à une colonne ostéo-articulaire comportant plusieurs maillons : le complexe de l'épaule, l'humérus, le coude, les deux os de l'avant-bras (AVB), le poignet et la main [24].

La main est un organe complexe composée de 27 os [15] :

- 8 os du carpe, organisés en deux rangées,
- 5 métacarpes correspondant aux 5 doigts de la main,
- 14 phalanges (3 pour chacun des doigts longs et 2 pour le pouce).

Elle possède un caractère très mobile et est dotée de 27 muscles :

- 9 muscles extrinsèques (4 pour le pouce et 5 pour les doigts longs),
- 18 muscles intrinsèques (4 pour le pouce et 14 pour les doigts longs).

La chaîne digitale des doigts longs est composée de 4 pièces osseuses (1 métacarpe et 3 phalanges) et de 3 articulations (l'articulation métacarpo-phalangienne, l'articulation interphalangienne proximale et l'articulation interphalangienne distale).

Les doigts longs sont les doigts du 2^e au 5^e rayon.

1.1.2 Les arches de la main (Annexe 6) [15][32]

L'architecture osseuse et les articulations de la main autorisent une grande mobilité du pouce et des doigts.

Cette mobilité est garantie par une structure stable active-passive reposant sur les arches de la main, chaque arche possédant un support et une organisation anatomique propre.

Du respect de ces arches et de l'équilibre des tensions qui s'y rapportent vont dépendre la mobilité des doigts, la précision du contact des pulpes et la rapidité d'exécution.

Ainsi, l'étude de ces arches offre une vision en trois dimensions du fonctionnement de la main, centrée sur son système musculaire intrinsèques et sur ses structures fibreuses de cohésion.

C'est la relation des éléments anatomiques entre eux qui sous-tend la fonction.

La structure voûtée de la main tient à la présence de différentes arches revêtant une importance physiologique essentielle.

On distinguera :

- L'arche carpienne,
- L'arche métacarpienne,
- Les cinq arches longitudinales,
- Les 4 arches obliques d'opposition.

- L'arche carpienne (transversale)

L'arche carpienne, ou arche transverse proximale, se situe à la base de la paume et correspond à la concavité des os du carpe. C'est à ce niveau que cheminent tendons, nerfs, artères et veines en provenance de l'AVB et en direction de la main et des doigts.

Cette arche est fermée en palmaire par le rétinaculum des fléchisseurs, formant le canal carpien. Ce rétinaculum sert de poulie de réflexion aux tendons des muscles fléchisseurs des doigts. Cette région subit des forces de tractions considérables lors des mouvements de flexion palmaire et de flexion dorsale du poignet.

L'ensemble est peu déformable car il est doté de joints fibreux inextensibles. De ce fait la pression intracanalairre peut augmenter considérablement en fonction de la position du poignet et de la force de serrage (du simple au triple en allant vers l'hyperflexion ou l'hyperextension).

La structure ostéo-fibreuse de l'arche se présente comme une gouttière à concavité palmaire à la base de la main et comprend les deux rangées des os du carpe, se prolongeant en dehors par le 1er métacarpien et en dedans par le 5^e métacarpien.

La rangée proximale (scaphoïde, lunatum, triquétrum pisiforme) est la plus mobile. La rangée distale quant à elle (trapèze, trapézoïde, capitatum, hamatum) est une arche beaucoup plus fixe dont la clé de voûte est formée par le capitatum.

Distal par rapport à l'interligne radio-carpien, le rétinaculum des fléchisseurs ferme cette gouttière en avant.

Du fait de sa résistance, le rôle du rétinaculum des fléchisseurs est diversement interprété dans la stabilité du carpe.

Ainsi, Kuhlmann a montré que la section du rétinaculum des fléchisseurs provoquait un léger écartement des berges de l'arche (peut-être dû à la tension des muscles thénariens et hypothénariens qui ont des expansions sur ce rétinaculum).

Les berges de l'arche en dehors sont le tubercule du scaphoïde et la crête du trapèze, celles de l'arche en dedans, le pisiforme et le processus unciforme de l'hamatum.

Les éléments actifs sont le rétinaculum des muscles fléchisseurs, sous-tendu par des expansions du muscle FCU à la partie médiale, la terminaison du muscle PL qui vient se confondre avec l'origine des fibres de l'aponévrose palmaire moyenne superficielle et les muscles courts intrinsèques à destination du pouce et du cinquième doigt.

La contraction des muscles thénariens et hypothénariens provoque un creusement de l'arche carpienne qui augmente la stabilité du carpe. De plus cette contraction engendre une décompression antéro-postérieure de la gouttière carpienne qui a pour effet de faciliter le glissement du système fléchisseur dans le canal.

➤ La clé de voûte qui soutient cette arche est le capitatum.

- L'arche métacarpienne (transversale)

L'arche métacarpienne, ou arche transversale distale, est une ligne courbe à concavité palmaire reliant la tête des 5 métacarpiens. Elle est dotée d'une certaine mobilité transversale.

Elle comprend :

- Une structure osseuse constituée par la tête des 5 métarpes.

L'axe de stabilité est orienté sur les deux métacarpiens fixes (le 2^e et le 3^e métacarpien), autour duquel vont se développer deux axes de mobilité. D'un côté le pouce qui possède une très forte liberté de mouvement, et de l'autre, le 5^e métacarpien qui présente une ébauche d'opposition. Cette organisation du squelette favorise l'adaptation de la paume aux différentes prises. L'équilibre transversal entre les rayons extrêmes dépend des joints fibreux de cohésion mis en tension par les éléments actifs intrinsèques.

- Une structure fibreuse constituée, de la superficie à la profondeur, par :

- Le ligament métacarpien transverse superficiel (ligament natatoire) qui croise superficiellement la base des premières phalanges et forme le squelette fibreux des commissures interdigitales. Il sert de fixation à la peau et de frein à l'écartement des doigts.

- Le ligament palmaire transverse superficiel qui siège à la face profonde des bandelettes pré-tendineuse.
- Le ligament palmaire transverse profond (ligament transverse interglénoïdien). Il relie les articulations métacarpo-phalangienne des doigts longs, et est renforcé par leurs épaisses capsules qui adhèrent à la gaine des tendons des muscles fléchisseurs. C'est en avant de ce ligament que coulisser les tendons fléchisseurs. C'est en arrière de ce ligament que coulisser les tendons des muscles interosseux. Ce ligament est lui-même sous-tendu par des éléments actifs, à savoir le premier IOD sur son versant latéral, et l'ABD de D5 sur son versant médial. La contraction de ces deux muscles va provoquer une mise en tension du ligament transverse interglénoïdien, fixant ainsi les têtes métacarpiennes et donnant de cette manière une bonne assise aux mouvements des doigts.

➤ La clé de voûte de cette arche est la tête du 3^e métacarpien.

- Les arches longitudinales

Il existe 5 arches longitudinales divergentes, représentant chacune un rayon digital.

Chaque arche est une structure déformable et polysegmentaire.

La préhension dépend de la possibilité de flexion de chacune de ces arches et de leurs combinaisons d'actions.

Implantées en éventail sur la deuxième rangée des os du carpe, elles sont constituées, pour chaque doigt long, d'un métacarpe plus ou moins fixe suivant le rayon, et de 3 phalanges mobiles (P1, P2, P3).

Il est important de noter que l'arche du médus prolonge l'axe de la gouttière carpienne et est défini comme l'axe anatomique de la main du fait de la fixité du 3^e métacarpien en continuité avec le capitatum, et de la double insertion des 2^e et 3^e IOD sur le 3^e métacarpe (Jouffroy et Lessertisseur).

On remarquera que l'arche de l'index s'oppose de façon préférentielle avec l'arche du pouce.

Dans l'ensemble, les arches sont de longueurs inégales, et ce défaut de longueur est compensé par une mobilité en flexion/rotation qui leur donne une certaine indépendance.

La flexion de chaque articulation permet l'enroulement complet de chaque doigt.

➤ La clé de voûte de l'arche longitudinale se trouve au niveau de l'articulation MP.

Elle est d'ailleurs stabilisée par un complexe musculaire (muscles interosseux) et fibreux important et complexe qui suspend et centre les tendons extenseurs et fléchisseurs.

La chaîne digitale plurisegmentaire est mobilisée en flexion ou en extension grâce au jeu combiné des muscles intrinsèques et extrinsèques.

L'amplitude des mouvements des doigts nécessite des courses tendineuses importantes, des mécanismes de glissement et un système de maintien des tendons (les poulies).

Les tendons des muscles longs fléchisseurs des doigts mobilisent les deux phalanges distales. Chaque doigt possède deux tendons fléchisseurs entretenant des rapports bien décrits. Ceux-ci sont maintenus au squelette osseux par diverses structures fibreuses qui contrôlent trajectoires et changements de direction des tendons :

- En palmaire :
 - Le rétinaculum des fléchisseurs au niveau du poignet.
 - Une succession de poulies fibreuses de la MP jusqu'à l'extrémité des doigts. Les poulies A2 et A4 décrites par Zancolli, en regard de P1 et de P2, sont les plus importantes au niveau biomécanique.
 - En dorsal :
 - Le rétinaculum des extenseurs au niveau du poignet, où les tendons des muscles extenseurs des doigts cheminent dans des coulisses qui leur sont propres.
 - Au dos des métacarpes, les tendons extenseurs sont reliés entre eux par des formations fibreuses transversales appelées *junctionae tendinum*.
 - Au dos des MP, le système extenseur est fixé en position centrale par les bandelettes sagittales.
- **Les arches obliques d'opposition**

Les arches obliques d'opposition sont les quatre arches fonctionnelles passant par le pouce, en opposition à chacun des doigts longs. Les arches ainsi formées joueront un rôle primordial pour maintenir la structure voûtée de la main. En effet la voûte de la main se forme en fonction du placement du pouce : plus le pouce s'oppose, plus la main se creuse, et plus le pouce s'écarte dans le plan de la main, plus la voûte s'aplatit.

Ainsi, les arches de la main, qui caractérisent sa structure en voûte, peuvent chacune être assimilée à une unité fonctionnelle propre. Ce total de onze unités fonctionnelles ouvre de nouveaux horizons sur le plan de la considération fonctionnelle de la main et permettent une meilleure adaptabilité fonctionnelle et comportementale de l'individu et de sa main.

1.2 Biomécanique articulaire

1.2.1 L'articulation métacarpo-phalangienne (MP) [15][24][32][35]

- La forme

L'articulation métacarpo-phalangienne (figure 1) est une articulation condylienne (ellipsoïde) dont les surfaces articulaires sont : la base de la première phalange concave et la tête métacarpienne convexe.

Les moyens d'union sont la capsule articulaire, la membrane synoviale et de puissants ligaments tendus en flexion et détendus en extension : les ligaments latéraux.

Antérieurement, la plaque palmaire, qui est un renforcement fibrocartilagineux de la capsule antérieure, stabilise l'articulation pour éviter les mouvements en hyperextension.

De ce fait, la flexion engendre une stabilité, alors que l'extension est plus propice à la mobilité.

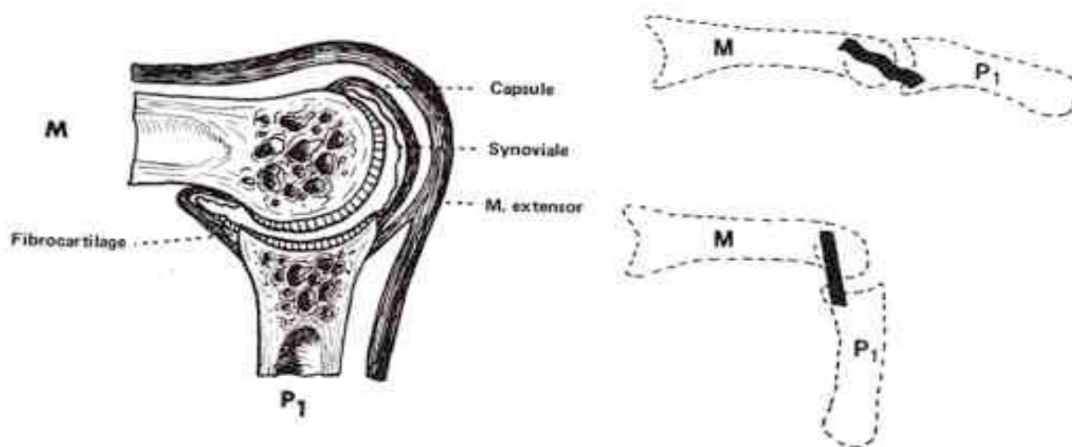


Figure 1 : Articulation métacarpo-phalangienne [35]

- Les mouvements

La conformation de l'articulation la rend extraordinairement mobile grâce à une tête métacarpienne convexe dans le plan sagittal et frontal. Cette conformation lui permet d'effectuer des mouvements de flexion/extension et des mouvements d'abduction/adduction.

L'articulation présente 2 degrés de liberté plus un 3^e relatif (figure 2) :

- Dans le plan sagittal, avec un mouvement de flexion/extension.

La flexion entraîne la fermeture de la chaîne digitale. L'amplitude moyenne de flexion est de 90° pour D2. Elle augmente de 10° par chaînes digitales pour atteindre 120° pour D5.

L'extension quant à elle augmente l'ouverture de la chaîne digitale. L'extension active est de 30° en moyenne et l'extension passive peut atteindre 70°.

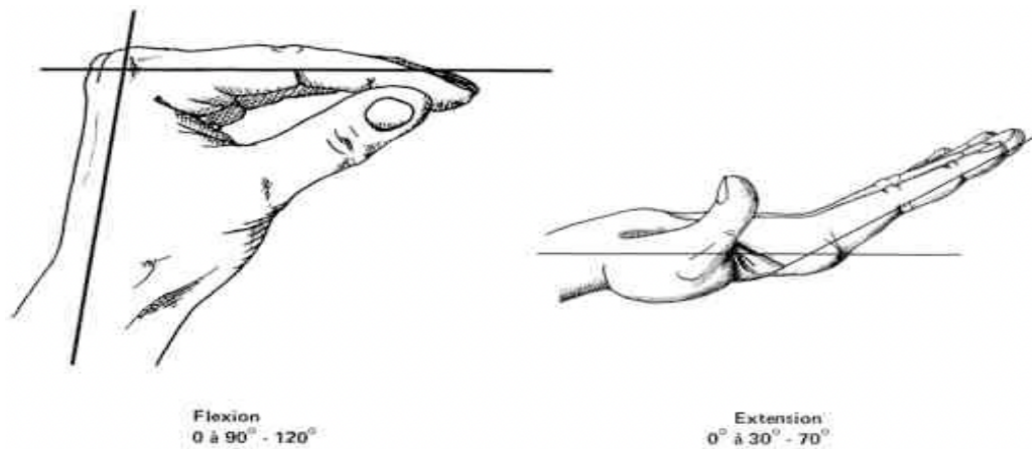


Figure 2 : Illustration de l'amplitude de flexion et d'extension des doigts
Source : Anatomie, physiologie et pathologies de l'appareil extenseur de la main, Alexandre Bodin, 2011

- Dans le plan frontal, avec un mouvement d'abduction/adduction (figure 3).
 L'abduction des métacarpo-phalangiennes est le mouvement qui écarte le doigt de l'axe du médus. L'adduction est le mouvement qui rapproche le doigt de l'axe du médus. L'amplitude globale d'ADD/ABD est de 40° à 50° en moyenne. Il est important de noter que ce mouvement dans le plan frontal n'est possible que si les doigts sont en extension. De plus, le mouvement est constamment associé à des mouvements de rotation axiale.

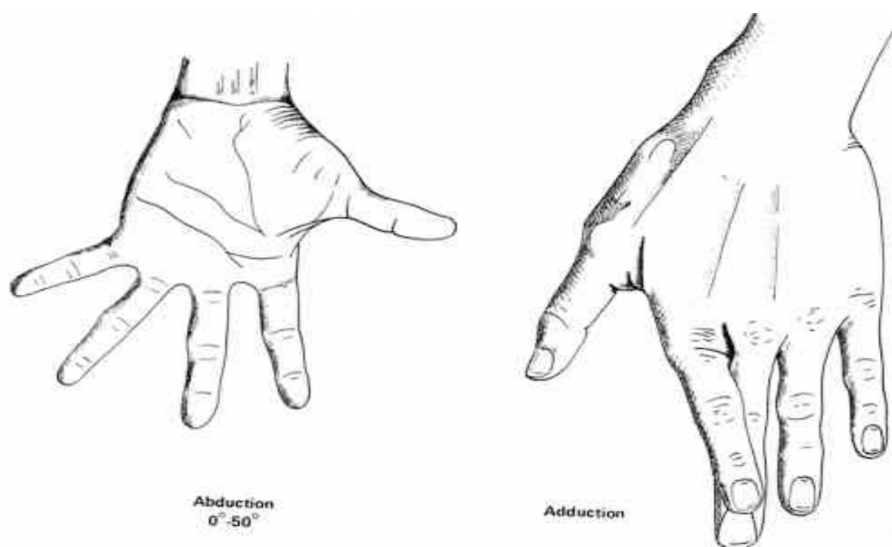


Figure 3 : Illustration de l'amplitude de l'abduction/adduction des doigts

- Dans le plan horizontal, avec un mouvement de rotation interne/externe (figure 4). La rotation interne amène la pulpe du doigt en regard de M3. Elle est associée au mouvement d'abduction. La rotation externe amène l'ongle du doigt en regard de M3. Elle est associée quant à elle au mouvement d'adduction.

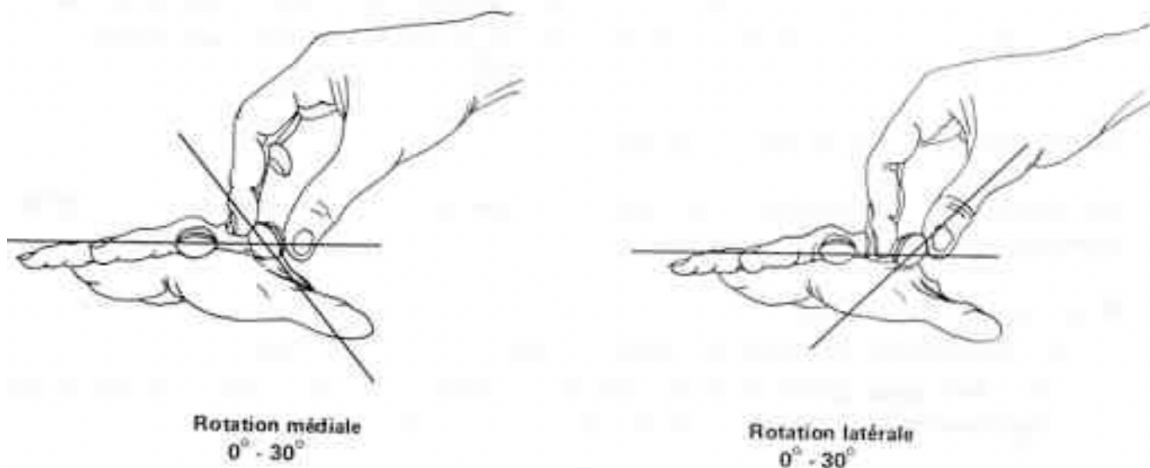


Figure 4 : Illustration de la rotation médiale et latérale des doigts

- On trouve un mouvement alliant ces mouvements dans les trois plans : la circumduction. L'extrémité du doigt décrit la base d'un cône dont le sommet se trouve au niveau de l'articulation.

- **Le système moteur**

- Le système moteur fléchisseur de la MP est constitué par les muscles intrinsèques interosseux (voir Annexe 1).
- Le système moteur extenseur de la MP est assuré par l'extenseur commun des doigts (ECD) (voir Annexe 2).
- Le système moteur adducteur est réalisé par les muscles interosseux palmaires.
- Le système moteur abducteur est la conséquence de l'action des muscles interosseux dorsaux.
- Concernant les mouvements horizontaux, la rotation axiale est automatique lors des mouvements d'abduction / adduction.

1.2.2 Les articulations interphalangiennes

- La forme

Les articulations interphalangiennes (figure 5) sont au nombre de deux, une proximale (l'IPP) et une distale (l'IPD). Ce sont des articulations trochléennes (en forme de poulie) situées entre les phalanges.

Elles sont stabilisées par la capsule articulaire, la membrane synoviale, une plaque palmaire au niveau de l'IPP, et des ligaments latéraux tendus en extension et détendus en flexion.

Le ligament rétinaculaire oblique (LRO) possède aussi un rôle stabilisateur au niveau des interphalangiennes de par ses insertions.

L'extension est donc la position de stabilité.

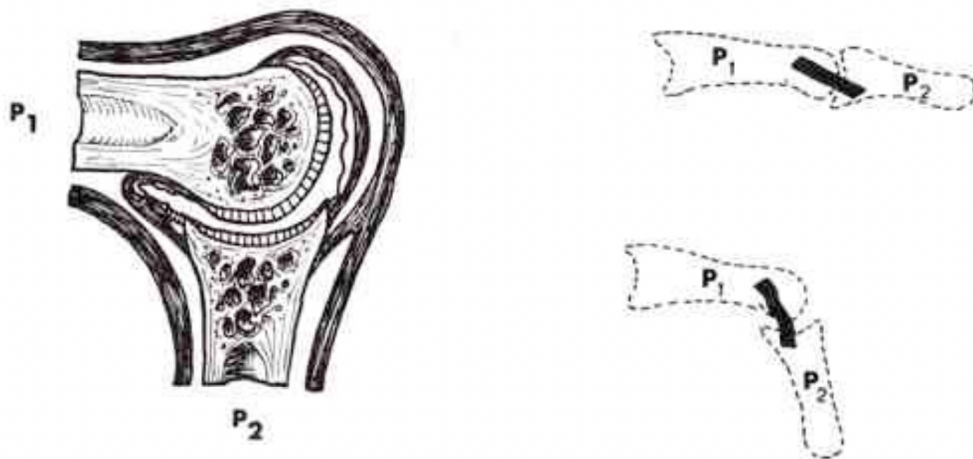


Figure 5 : Articulation inter-phalangienne [35]

- Les mouvements

De par leur forme anatomique, les articulations interphalangiennes possèdent un seul degré de liberté et n'autorisent théoriquement que des mouvements de flexion/extension.

- Pour l'IPP, les amplitudes en flexion sont d'à peu près 90-100° et de 0° en extension.
- Pour l'IPD, les amplitudes en flexion sont de 70° en moyenne et l'extension de 5° en actif et de 20 à 40° en passif.

Il est important de noter qu'il existe de nombreuses variations anatomiques et physiologiques en fonction des individus et des sujets plus ou moins hyperlaxes.

- **Le système moteur**
 - Les muscles fléchisseurs moteurs sont le muscle fléchisseur profond des doigts (FDP) pour l'IPD (Annexe 3) et le muscle fléchisseur superficiel des doigts (FDS) pour l'IPP (Annexe 4).
 - Les muscles extenseurs moteurs sont l'extenseur commun des doigts (ECD) (Annexe 2) et les muscles interosseux (Annexe 1) et lombricaux (Annexe 5).
 - Le ligament rétinaculaire oblique.

- **Le ligament rétinaculaire oblique (LRO) (figure 6)**

C'est un ligament présent au niveau des doigts longs. Il présente comme origine la face latérale de P1 en débordant largement sur la poulie A2. Son trajet est ensuite oblique en distal et en dorsal, passant en AVANT de l'axe de flexion/extension de l'IPP et en ARRIERE de l'axe de flexion/extension de l'IPD. Il se termine en fusionnant avec la bandelette terminale de l'extenseur au niveau de P3.

De par son trajet il a un rôle de stabilisation de l'IPP en évitant son hyperextension mais aussi un rôle dans la mobilité en produisant une flexion automatique de l'IPP lorsque l'IPD se fléchit et une extension automatique de l'IPD lorsque l'IPP se tend.

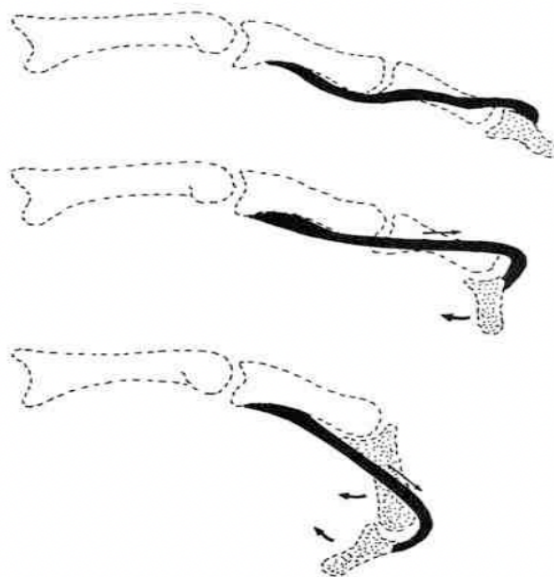


Figure 6 : Le ligament rétinaculaire oblique (LRO)

1.2.3 La règle concave-convexe de Kaltenborn

Lorsque les segments osseux se déplacent les uns par rapport aux autres, on constate que ce mouvement physiologique commande un glissement et un roulement des surfaces articulaires l'une par rapport à l'autre.

Indissociables lors d'un mouvement actif, ce sont ces mouvements mineurs (de glissements et de roulements) qui forment le mouvement majeur.

La direction de ces mouvements mineurs est régie par des principes biomécaniques qui sont décrit par Kaltenborn (figure 7) [37].

- Une articulation de surface articulaire convexe, qui se mobilise en chaîne cinétique ouverte, entrainera un roulement et un glissement se produisant dans des directions opposées.
- Une articulation de surface articulaire concave aura un glissement et un roulement qui se réaliseront dans la même direction.

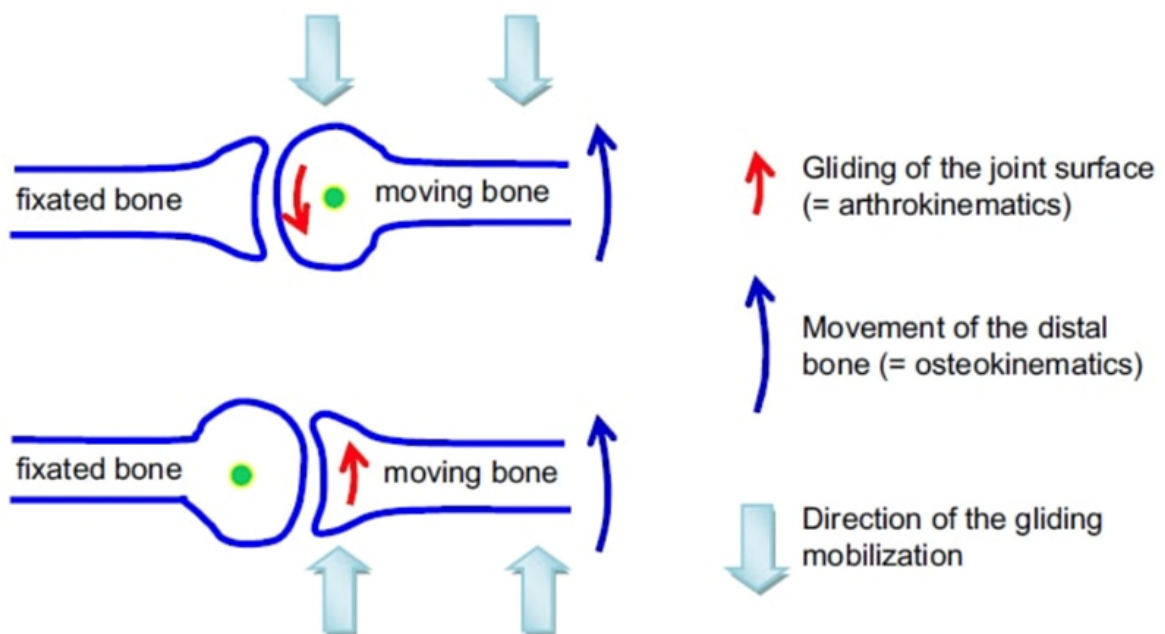


Figure 7 : Source : Schomacher, J. (2009). *The convex-concave rule and the lever law. Manual therapy, 5(14), 579-582.*

Ces règles sont primordiales à respecter dans les mobilisations articulaires passives, afin d'éviter toutes mobilisations inadaptées provoquant des microlésions au niveau tissulaire [11][37].

En mouvement actif, il est important de bien s'assurer du bon fonctionnement physiologique de l'articulation pour une efficacité maximum.

Dans le cas des articulations qui nous intéressent - la MP, l'IPP et l'IPD - on note qu'elles sont sujettes au même type de mouvement, malgré leur forme différente.

Nous sommes dans le cas d'une surface articulaire « concave » qui se mobilise sur une surface articulaire « convexe ».

D'après les règles de Kaltenborn, le glissement et le roulement vont dans le même sens.

1.3 Biomécanique dynamique

1.3.1 Mécanisme en flexion digitale

Lorsqu'ils se fléchissent, les doigts longs forment une courbe spirale harmonieuse grâce à la mise en jeu coordonnée des articulations MP, IPP et IPD [15][16][24][32][35].

La stabilité de cette chaîne polysegmentaire dépend :

- de facteurs mécaniques intrinsèques comme l'emboîtement des surfaces articulaires ou les tensions ligamentaires,
- de facteurs neuromusculaires avec le tonus de base du muscle, la viscoélasticité et l'équilibre des actions musculaires,
- de facteurs fonctionnels extrinsèques liés à la nature des contraintes exercées lors de l'action.

Lorsque le segment distal est libre, on parle de « chaîne cinétique ouverte » (CCO). Lorsqu'il est fixe, on parle de « chaîne cinétique fermée » (CCF).

En chaîne cinétique ouverte, les mouvements sont libres et nécessitent peu d'effort de contraction des muscles car ils sont effectués sans charge.

Kapandji [15][16] décrit 3 types de flexion des doigts en fonction de la prédominance d'action des systèmes fléchisseurs intrinsèques, extrinsèques ou mixtes.

- La flexion harmonieuse (CCO) (figure 8) :

Les doigts longs s'enroulent toujours dans un ordre précis :

- L'enroulement de l'IPP,
- La flexion de la MP,
- Puis de l'IPD grâce au ligament rétinaculaire oblique (qui assure un couplage fonctionnel entre l'IPP et l'IPD).

Le FDP initie la flexion. Il n'agit pas sur l'IPD directement car le ligament rétinaculaire oblique, tendu, s'oppose à lui. L'IPP se fléchit entraînant dans le même temps une contraction de l'ECD pour freiner la flexion de P1.

La flexion de l'IPP génère une mise en tension des fibres distales des muscles interosseux (IO) et des lombricaux qui entraîne une flexion des MP entraînant un glissement distal de la dossière des IO accentuant l'effet de flexion.

La flexion de l'IPP détendant le ligament rétinaculaire oblique, l'IPD se fléchit.

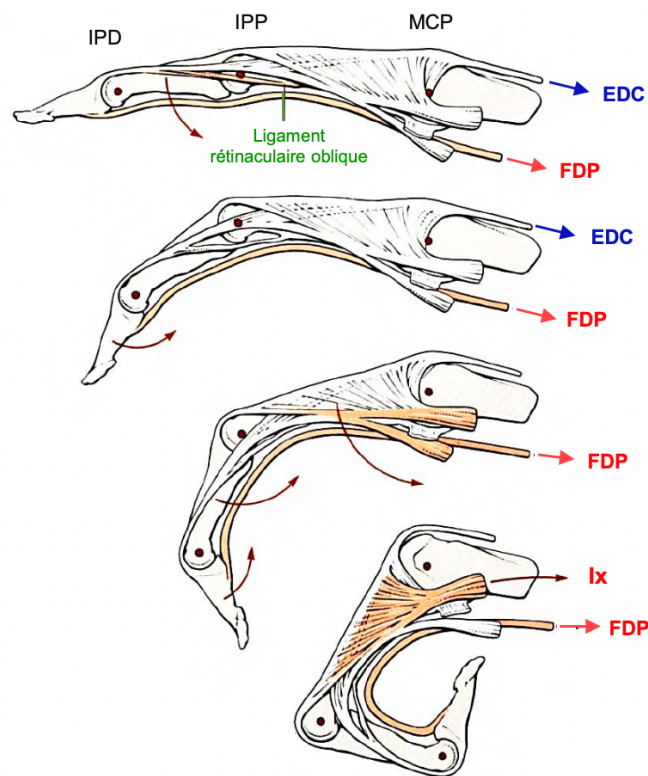


Figure 8 : Flexion harmonieuse des doigts [38]

En position intermédiaire, les articulations sont semi-fléchies et il existe un équilibre d'action entre les systèmes musculaires intrinsèques et extrinsèques.

Lors de l'enroulement libre des doigts sans résistance, seul le FDP est actif. Le muscle FDS est mis en réserve, réalisant ainsi une économie du geste.

Les chaînes digitales longues, apparemment parallèles en extension, convergent en flexion vers un point unique : le tubercule du scaphoïde.

- La flexion en volet (CCO)

La flexion en volet est une flexion des doigts au niveau de la MP, tout en maintenant les IPP et les IPD en extension. Cette flexion sollicite surtout l'action des muscles intrinsèques avec les IO ; c'est la raison pour laquelle cette position est dite « intrinsèque + » (figure 9).

Cette situation est la plus stable car les ligaments de la MP et des IPP sont tendus et limitent les mouvements de latéralité et de torsion des doigts.

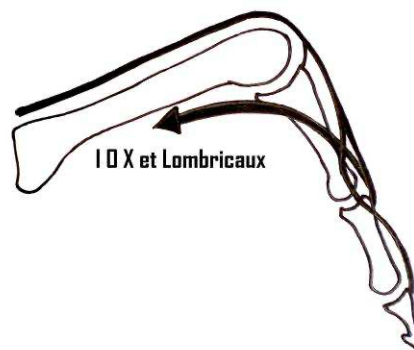


Figure 9 : Position intrinsèque +

Source : Traitement des raideurs post-traumatiques des doigts longs, Mathieu Vaissier, 2011

- La flexion en crochet (CCO)

C'est une position dans laquelle les MP restent en position d'extension et seuls les IPP et IPD fléchissent. Cette flexion sollicite surtout l'action des muscles extrinsèques, les fléchisseurs, comme les extenseurs. On parle de position « intrinsèque - » (figure 10).

Le passage d'une position « intrinsèque + » à « intrinsèque - », et inversement, est le jeu d'un équilibre différentiel des actions musculaires ainsi que la sollicitation des espaces de glissement au niveau des tendons.

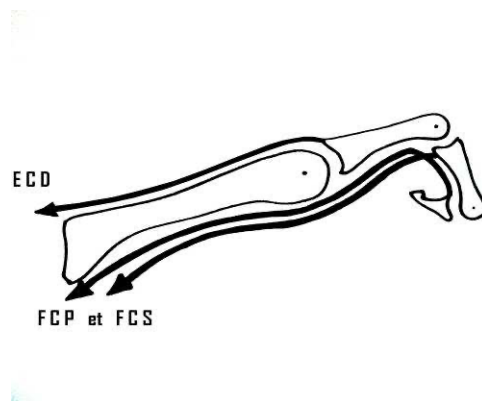


Figure 10 : Position intrinsèque -

Source : Traitement des raideurs post-traumatiques des doigts longs, Mathieu Vaissier, 2011

- **Le cas de flexion en CCF**

Lors des situations de prises, de port de charge, ou d'appui, la stabilité active et passive est fortement mise à contribution.

Lors de la flexion harmonieuse en CCF, la main est voutée et l'appui se fait sur l'extrémité de la pulpe du doigt. La forme de l'arche est harmonieuse et la stabilité du doigt est assurée par la co-contraction des différents systèmes musculaires (intrinsèques comme extrinsèques).

Plus à distance du squelette que le FDP, le FDS bénéficie d'un bras de levier important et son action est prédominante lors de l'utilisation de force. Les muscles IO verrouille l'articulation MP en flexion renforçant la stabilité de la prise.

1.3.2 Mécanisme d'extension digitale

L'extension du doigt résulte d'un phénomène complexe qui fait intervenir de nombreux relais musculo-tendineux. L'ensemble des muscles extenseurs extrinsèques ainsi que les muscles intrinsèques de la main jouent un rôle dans ce mécanisme complexe. Les muscles extenseurs des doigts sont plus grêles que les muscles fléchisseurs : « ils ne servent qu'à ouvrir la main et lâcher la prise ».

Il est important ici de rappeler que le système extenseur est maintenu en place par un système d'haubanage commençant sur le dos du poignet.

Ce système se décline, du proximal au distal, comme suit :

- Le rétinaculum des extenseurs au niveau du poignet
- Les juncturae tendinum au niveau des métacarpes
- Les bandelettes sagittales au niveau des MP
- La dossière des interosseux
- Les terminaisons des IO sur les bandelettes médiane et latérales de l'extenseur
- Les terminaisons des ligaments rétinaculaires obliques et transverses.

La physiologie de l'extension du doigt est initiée par la contraction de l'extenseur commun des doigts (associé à l'extenseur propre de l'index et du cinquième doigt dans le cas de ces deux doigts-ci) qui entraîne l'extension de la MP [35].

C'est le couple interosseux/lombrireaux qui assure l'extension des deux phalanges distales (figure 11).

En fonction de la position de la MP, les extenseurs intrinsèques et extrinsèques sont plus ou moins sollicités pour l'extension des interphalangiennes. En flexion complète des MP, ce sont les extrinsèques qui effectuent le mouvement, et en extension de MP, ce sont plutôt les intrinsèques.

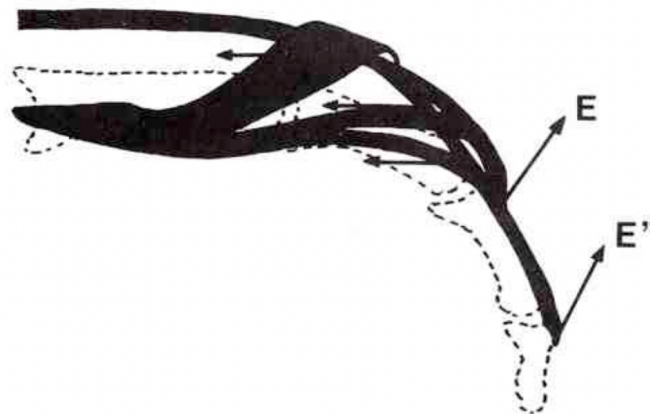


Figure 11 : Extension digitale

1.3.3 Effet quadriga de Verdan

En 1960, Claude Verdan [38] caractérise l'inconvénient de la suture du fléchisseur profond à l'extenseur « bout à bout » des amputations de doigt, cette suture entraînant une limitation fonctionnelle des doigts adjacents.

Il nomme ce phénomène « syndrome de quadriga » en référence au chariot romain et à la manière qu'avait le conducteur du char, appelé aurige, de conduire ses quatre chevaux (figure 12).

Les tendons fléchisseurs sont comparés aux rênes du char et le muscle à l'aurige.

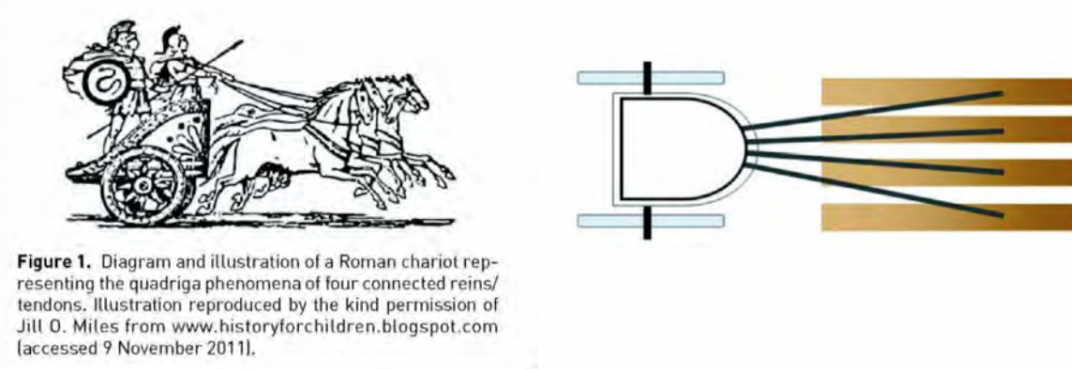


Figure 1. Diagram and illustration of a Roman chariot representing the quadriga phenomena of four connected reins/ tendons. Illustration reproduced by the kind permission of Jill O. Miles from www.historyforchildren.blogspot.com (accessed 9 November 2011).

Figure 12 : Schéma et illustration d'un char romain illustrant l'effet quadriga de Verdan (4 rênes/tendons reliés entre eux)

Nous comprenons que chaque doigt est dépendant de la performance des doigts adjacents.

Il est donc important de prendre en compte la totalité de l'unité motrice, comprenant le muscle commun et les tendons de chaque doigt. Le corps musculaire ne peut être efficace que si l'amplitude de glissement de chacun des 4 tendons est normale.

En effet, si un doigt présente un enroulement incomplet ou disharmonieux dans le cas, par exemple, d'une raideur digitale, il entraînera une limitation d'amplitude et de force des doigts voisins.

1.3.4 Effet ténodèse

Le mot « ténodèse » vient du grec « téno- », signifiant tendon, et « -dèse » signifiant lié.

L'« effet ténodèse » est l'effet que le mouvement d'une articulation entraîne normalement sur les tendons voisins (figure 13).

Les mouvements du poignet en flexion-extension sont source d'effet ténodèse. Ainsi, nous pouvons observer que lors d'un relâchement musculaire, la flexion du poignet s'accompagne d'une tendance à l'ouverture de la main avec une extension des doigts. Inversement, l'extension du poignet entraîne une fermeture de la main avec une flexion des doigts.

On considère que cet « effet ténodèse » lié aux mouvements du poignet permet un glissement activo-passif des fléchisseurs de 9 cm au total lors de la course tendineuse (en d'autres termes, nous pouvons dire qu'un point A sur le tendon se déplace de 9 cm lors des mouvements de flexion-extension du poignet et des doigts).

Cet effet est dû à la fois au caractère inextensible du tendon, et à l'augmentation relative de longueur du squelette palmaire et dorsal du poignet.

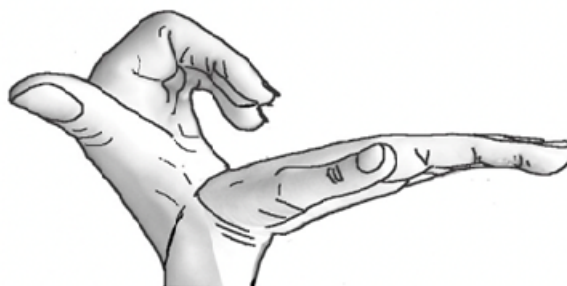


Figure 13 : L'effet ténodèse. Source : *Revue Kiné actualité* du 9 juillet 2015, no 1412

2 LES RAIDEURS DIGITALES POST-TRAUMATIQUES

La raideur est définie par Tubiana [32][33] comme une limitation plus ou moins prononcée des mouvements d'une articulation.

Il s'agit de la complication la plus fréquente après un traumatisme de la main.

Lors d'une raideur digitale, la biomécanique vue précédemment est altérée. Selon l'effet quadrigé, cette altération entraîne un dysfonctionnement général de la main.

2.1 Le mécanisme de la raideur [11]

Tout traumatisme déclenche une réaction inflammatoire dans le corps entraînant la formation d'un œdème. Cet œdème se propage ensuite à travers les différents plans de glissements, les gaines synoviales, les cavités articulaires et les tissus sains avoisinants, provoquant une distension tissulaire. Au niveau de la main cette distension se manifeste principalement au niveau de la face dorsale, entraînant une perte d'élasticité cutanée, restreignant les amplitudes articulaires et générant une douleur. L'ensemble de ces éléments contribue à une tendance à l'immobilisation.

L'immobilisation d'une part, favorise la stagnation de l'œdème et perturbe d'autre part l'activité des aires motrices, induisant ainsi une réponse corticale et perturbant le schéma moteur. Ce phénomène entretient l'immobilité du patient, renforçant ainsi le processus d'immobilisation.

L'immobilisation et l'œdème déclenche également une réponse tissulaire qui encourage la formation d'adhérences et de rétractions tissulaires et capsulo-ligamentaires. Ces éléments, à leur tour, conduisent à une mobilisation retardée ou inadaptée en raison de la douleur et de la déformation. Ce cycle aboutit à la formation de raideurs (figure 14).

Mécanisme de la raideur

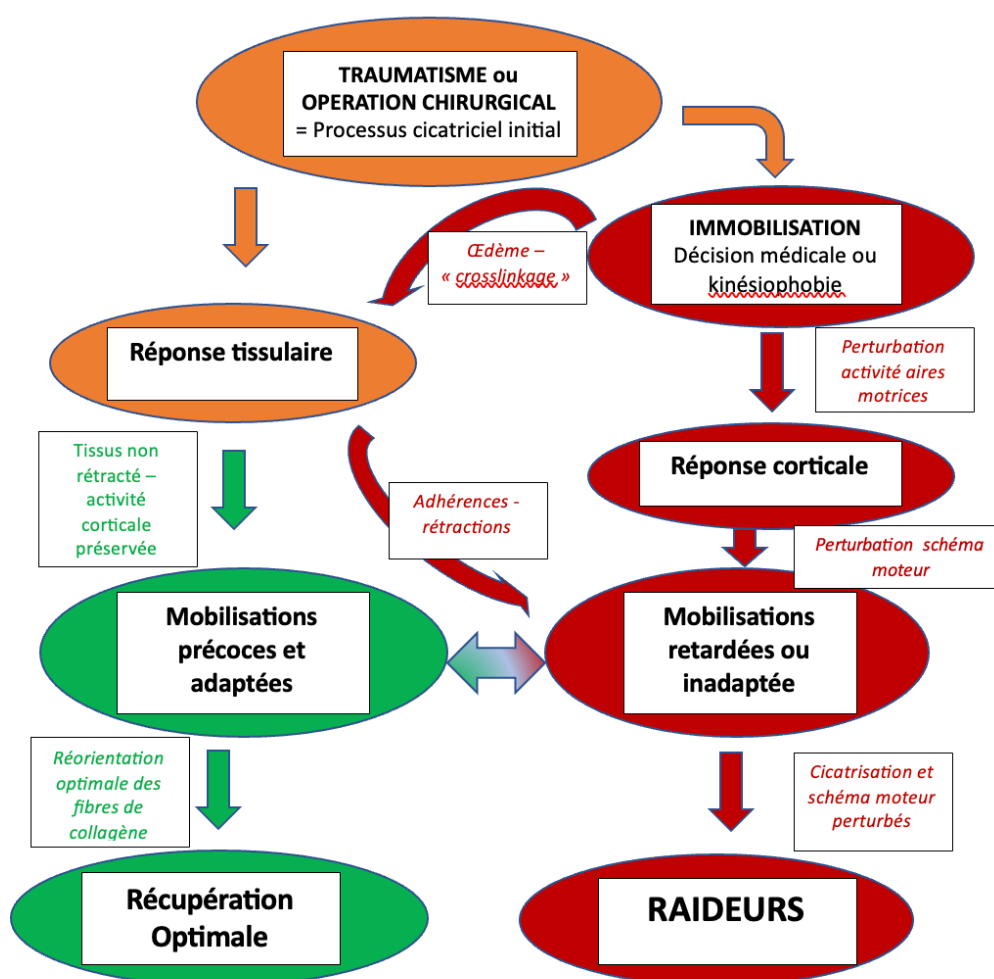


Figure 14 : Mécanisme de la raideur

Source : [11] Dessinée par Yordane Argentero Abderrahmane

2.2 L'origine de la raideur [11]

Ces origines peuvent être multiples. De fait, dans les pathologies de la main, il n'existe que très rarement un facteur mécanique unique responsable de la raideur.

2.2.1 Origine œdémateuse

Brand [11] propose une métaphore intéressante pour expliquer la perte de mobilité en présence d'un œdème à la main : il compare cela à un bateau amarré à marée basse puis haute avec la même longueur de chaîne. En l'absence d'œdème, il existe une grande amplitude de mouvement : la peau est reliée aux fascias profonds par des brins de tissus conjonctifs détendus, favorisant une bonne mobilité de la peau. En cas d'œdème, la peau s'éloigne des fascias

profonds et les tissus conjonctifs, auparavant relâchés, se tendent et n'autorisent qu'une mobilité restreinte. Dans ce contexte, la longueur de la peau nécessaire à la flexion d'un doigt augmente, et les réserves cutanées dorsales peuvent se révéler insuffisantes.

Si l'œdème est à l'origine de la raideur, nous observons un arrêt souple en fin de mouvement, dont la limitation demeure indépendante de la position des autres articulations. Le traitement revêt une importance primordiale pour prévenir l'organisation de l'œdème et la fibrose qui en découle. Il est axé sur des techniques de drainage, de cryothérapie et de pose de bande cohésive.

2.2.2 Origine tégumentaire

La peau dorsale et la peau palmaire de la main sont différentes de par leurs structures et leurs fonctions. La peau palmaire, épaisse et peu extensible, est fixée au tissu conjonctif profond. Elle est principalement dédiée à la préhension.

En revanche la peau dorsale est plus fine, plus mobile et extensible. Ses propriétés mécaniques permettent l'enroulement des doigts.

Une cicatrice située à la face dorsale de la main peut entraîner une perte de son élasticité, réduisant ainsi la mobilité de l'enroulement des doigts.

Des adhérences au niveau de la zone cicatricielle peuvent également restreindre l'extension d'un doigt en limitant le glissement du tendon extenseur sous-jacent.

Dans ce contexte, il devient essentiel pour le rééducateur de travailler sur la souplesse des adhérences, ainsi que sur l'extensibilité de la peau et de la cicatrice afin de maintenir ou de restaurer les amplitudes des doigts tant en flexion qu'en extension.

2.2.3 Origine collagénique

Dans le cadre du processus de cicatrisation, une phase de réorganisation du collagène intervient, passant d'un stade de néo-collagène à un collagène mature. Les caractéristiques de ce collagène mature sont influencées par les contraintes subies au cours de sa maturation. En cas de mobilisations inadaptées ou retardées, ou lors d'immobilisation, la cicatrisation peut conduire à la formation d'un collagène « cross-linked » [11], entraînant une perte de mobilité. Ce phénomène de « cross-linkage » restreint non seulement la mobilité intrinsèque du collagène mais également sa capacité à se déplacer par rapports aux fibres environnantes.

Par mobilisations inadaptées, nous entendons des manipulations excessives dépassant la zone de résistance élastique, entraînant des microlésions tissulaires. Ces microlésions déclenchent un nouveau processus de cicatrisation, favorisant potentiellement la formation de collagène

« cross-linked ». A l'inverse, des mobilisations douces et précoces permettent une orientation adéquate des fibres de collagène.

Ces raideurs collagéniques se traduisent par un arrêt dur en fin de mouvement, améliorable à la mobilisation.

Des études ont mis en évidence que la tension à appliquer doit être longue (6 heures par jour minimum) et avec une intensité modérée. Il existe une capacité de remodelage jusqu'à un an et demi avec une marge de progression dégressive.

2.2.4 Origine musculaire

Un traumatisme ou une immobilisation dans une position de raccourcissement musculaire peuvent conduire à une hypo-extensibilité musculaire qui peut entraîner un déficit de mobilité. Ce déficit se manifeste dans la direction opposée au mouvement réalisé de manière physiologique par le muscle rétracté.

En pratique, dans ce genre de raideur, nous trouvons une perte de mobilité différente en fonction de la position des autres articulations, particulièrement si le muscle est poly-articulaires.

2.2.5 Origine osseuse

En cas d'arrêt dur, qui n'est pas améliorée par la mobilisation et qui est indépendant de la position des autres articulations, nous orienterons notre diagnostic vers une butée osseuse précoce causée par un remaniement osseux.

- **Trouble du schéma moteur**

Selon une étude menée par Roll *et al.* [11], une période d'immobilisation de cinq jours est suffisante pour altérer de manière significative et temporaire les réseaux cérébraux impliqués dans les activités sensori-motrice de la main. Ces réseaux montrent une activation corticale considérablement réduite après la période d'immobilisation.

Cette altération peut perturber le schéma moteur entraînant une altération de la cinétique digitale, voire, dans les cas les plus graves, à une exclusion fonctionnelle. Si les troubles mécaniques peuvent conduire à des perturbations du schéma moteur, l'inverse est également vrai.

Concrètement, il est donc primordial de mettre en place des stimulations proprioceptives et vibro-tactiles précoces afin de limiter ces altérations [27].

2.3 Examen clinique pour la détection des raideurs

2.3.1 L'examen clinique

L'examen clinique est indispensable pour connaître la cause et l'origine de la raideur. En effet, la recherche des structures responsables de la perte de mobilité est un guide indispensable aux choix et à l'application des techniques de kinésithérapie.

L'examen clinique débute par l'anamnèse qui permet de déterminer précisément l'origine de la raideur grâce à une meilleure compréhension de l'étiologie du traumatisme et de son mécanisme.

Il se poursuit par l'inspection des téguments à la recherche de brides, de rétractions cutanées ou de cicatrices cutanées qui peuvent être à l'origine d'adhérences et de perte de mobilité.

Vient ensuite l'appréciation des mobilités articulaires. Le point principal est de noter si la raideur est d'origine strictement articulaire ou non.

Si la raideur est purement articulaire, alors la perte de mobilité est indépendante de la position des articulations proximales et distales. Elle résulte d'une rétraction capsulo-ligamentaire ou d'un blocage intra-articulaire. Les amplitudes sont testées en Actif et en Passif. Si la mobilité passive est supérieure à la mobilité active, alors l'origine est musculo-tendineuse. Si la mobilité passive est égale à la mobilité active quelle que soit la position des autres articulations, alors l'origine est capsulo-ligamentaire ou osseuse.

2.3.2 Tests cliniques [11][21]

- Le test de Kilgore (figure 15)

Le test de Kilgore objective le rôle des extenseurs extrinsèques dans la perte de mobilité. La mise en flexion du poignet et des MP empêche la flexion des IPP. Il témoigne de la présence d'adhérence - en général - en zone 4, 5 ou 6.

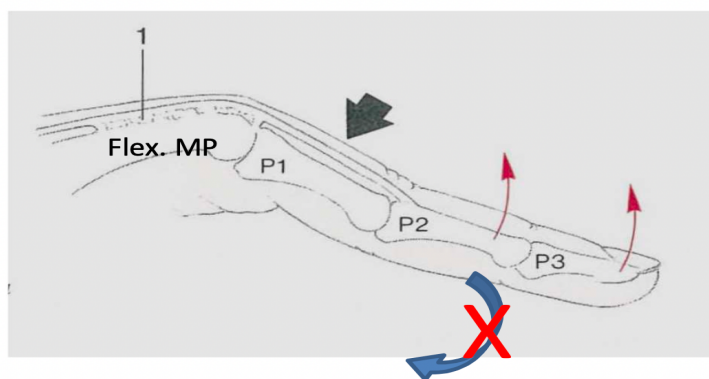


Figure 15 : Le test de Kilgore

Source : la main traumatique, Merle et Dautel [21]

- Le test « Fléchisseurs » (figure 16)

Ce test objective le rôle des fléchisseurs extrinsèques dans la perte de mobilité. La mise en extension du poignet et des MP rend l'extension des IPP impossible. Il témoigne d'adhérences ou de rétraction des fléchisseurs.

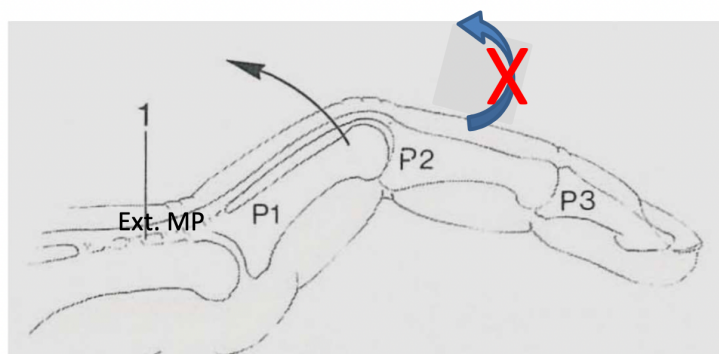


Figure 16 : Le test « Fléchisseurs »

Source : la main traumatique, Merle et Dautel [21]

- Le test de Finochietto (figure 17)

Le test de Finochietto objective la rétraction des muscles interosseux. La flexion des IPP est diminuée, voire abolie, par la mise en extension des MP. Au contraire, la flexion des IPP est améliorée par la mise en flexion des MP.

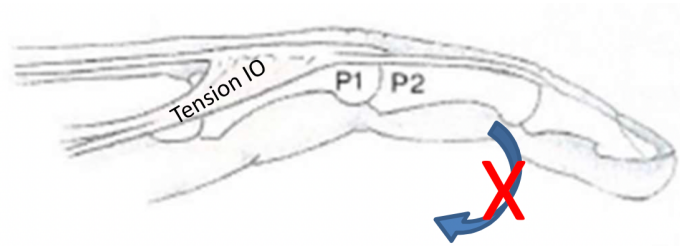


Figure 17 : Le test de Finochietto

Source : *la main traumatique, Merle et Dautel* [21]

- Le test de Colditz (figure 18)

Lorsque le test de Finochietto est positif, le test de Colditz sert à objectiver la part de rétraction des muscles lombricaux. La flexion de l'IPD est limitée par la mise en extension des MP.

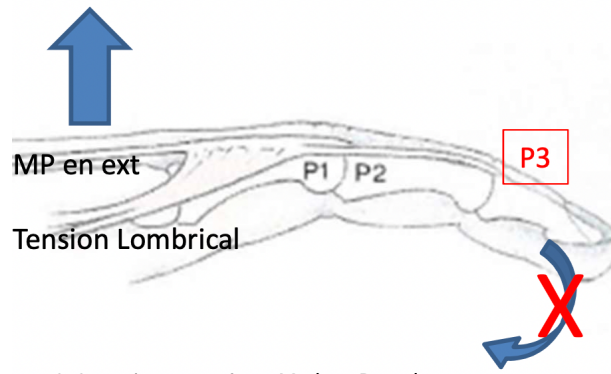


Figure 18 : Le test de Colditz

Source : *la main traumatique, Merle et Dautel* [21]

- Le test de Haines (figure 19)

Le test de Haines objective une rétraction du ligament rétinaculaire oblique. La mise en extension de l'IPP diminue la flexion de l'IPD. Au contraire, la flexion de l'IPP améliore la flexion de l'IPD.

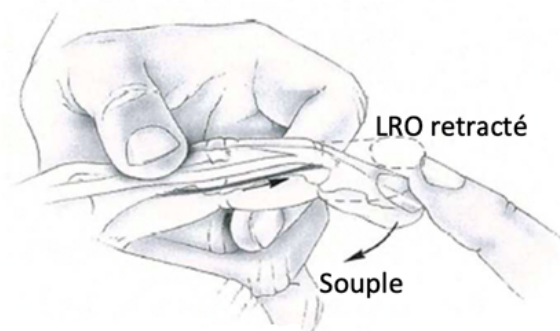


Figure 19 : Le test de Haines

Source : *la main traumatique, Merle et Dautel* [21]

2.4 Traitements des raideurs [8][11][24][25][31]

2.4.1 Traitement préventif

Le traitement des raideurs digitales post-traumatiques est surtout préventif en phase aiguë. La phase aiguë correspond à la phase inflammatoire avec formation d'œdème et de douleurs. La main tendra vers une position de protection : déformation de la main en extension de MP, IP fléchie et fermeture de la première commissure.

En 1968, J. Michon et R. Vilain [24], affirmaient que "le succès des différentes interventions au niveau de la main dépend non seulement de la qualité de l'acte chirurgical, mais également des soins pré et postopératoires de rééducation".

Ceci est vrai pour toutes les rééducations mais plus particulièrement pour la kinésithérapie de la main suivant un acte chirurgical ou non.

Le traitement préventif kinésithérapique se résume en 4 points :

- Le contrôle de l'œdème,
- Le contrôle de la douleur,
- La mobilisation active précoce dans le maintien des plans de glissements et des amplitudes articulaires,
- Le rétablissement d'une coordination volontaire des mouvements professionnels, artistiques, expressifs et fonctionnels.

Si une immobilisation est obligatoire, elle doit être réalisée en position intrinsèque +, ou en position de protection.

- **Le contrôle de l'œdème**

L'œdème est une accumulation anormale de liquide dans les espaces intercellulaires d'un tissu. D'abord exsudat, puis transsudat, il distend les parties molles et collapse la circulation de retour. Il inverse les arches de la main, places les MP en extension, et empêche mécaniquement la flexion des doigts.

D'après Foucher [11], « dès que la pression interstitielle dépasse 40 mmHg, l'ischémie intervient et peut conduire à une nécrose tissulaire qui se traduira par un surcroît de fibrose ». Le contrôle de l'œdème prend alors toute son importance car il représente un écueil pour la rééducation.

Ce contrôle se décompose en deux phases : la phase précoce et la phase tardive.

- La phase précoce

L'acronyme « PRICE » permet de retenir facilement ses objectifs :

- ◆ **P** : Protection
- ◆ **R** : Repos, pendant une période de 24/48H qui correspond au laps de temps pendant lequel toute sollicitation des parties lésées risque de déclencher le saignement et l'entretien de l'inflammation.
- ◆ **I** : Ice (glace en anglais). Application de froid sur la zone œdématisée dans un but de vasoconstriction.
- ◆ **C** : Compression, pour limiter l'exsudat et le transsudat plasmatique.
- ◆ **E** : Élévation, pour faciliter la circulation de retour grâce à la gravité. La main est gardée surélevée au-dessus du cœur le plus souvent possible,

- La phase tardive

Elle est poursuivie tant que l'œdème persiste. Cette phase peut durer plusieurs mois. La lutte contre l'œdème est réalisée par pressothérapie pneumatique, par drainage lymphatique manuel et par mobilisations actives ou actives aidées. Ces dernières jouent un rôle de pompe par contraction-décontraction musculaire.

- **Le control de la douleur**

La douleur est déjà atténuée grâce à la cryothérapie (mise en place pour la lutte contre l'œdème) et à la diminution de la taille de l'œdème.

Elle est aussi calmée par voie médicamenteuse avec la prise d'antalgique par voie orale. L'application de stimulation antalgique transcutanées (TENS), que l'on peut synchroniser ou non avec des mobilisations actives, est aussi un bon moyen pour diminuer la douleur. En effet, il est reconnu qu'une fréquence optimale de 80hz et qu'une durée de pulsation de 200 microsecondes donnent des résultats satisfaisants et s'avèrent être un bon choix pour le contrôle de la douleur.

Les vibrations ont aussi un rôle antalgique. En 1986, Neiger [27] énonçait que « les effets antalgiques de la stimulation vibratoire transcutanée (SVT) reposeraient sur la mobilisation massive des afférentes de gros diamètre en provenance des mécanorécepteurs cutanés, musculaires et tendineux ; ces mécanorécepteurs engendrent des flux afférents de fréquence très élevée, ce qui permettrait dans la théorie du « gate control » (effet portillon) de bloquer au niveau de la moelle les informations douloureuses véhiculées par les fibres de petits calibres ».

- La mobilisation active précoce dans le maintien des plans de glissements et des amplitudes articulaires

La relation entre la douleur, l'œdème, l'immobilisation thérapeutique et l'immobilisme du patient guide le concept de mobilisation immédiate. La rééducation débute au plus près du traumatisme ou de l'opération. Ces mobilisations actives précoces doivent respecter plusieurs impératifs :

- Demeurer dans une amplitude supportable par le patient et sur un seuil infra-douloureux (le seuil douloureux représente la frontière à ne pas dépasser).
- Être lentes et douces pour ne pas entraîner un mouvement réflexe de défense.
- Éviter les compensations et respecter la physiologie articulaire par un blocage des articulations sus et sous-jacentes.

Les effets et les actions des mobilisations passives et actives sont les suivantes :

- Sur le cartilage articulaire : l'immobilisation d'une articulation peut engendrer une dégénérescence du cartilage, une diminution de son épaisseur et de son étendue. Une bonne mobilisation entretient les facteurs de glissement du cartilage, sa nutrition, son épaisseur et sa trophicité.
- Sur l'appareil synovial : la mobilisation facilite les échanges membranes/liquide. Ainsi, la nutrition du cartilage peut se poursuivre. Il est important de noter que toutes mobilisations intempestives et mal conduites peuvent conduire à une réaction inflammatoire.
- Sur la capsule articulaire : la mobilisation a pour effet d'étirer et de raccourcir la capsule articulaire. Elle évite l'accolement des récessus capsulaires.
- Sur les ligaments : la mobilisation permet la mise en tension et le relâchement des ligaments latéraux.
- Sur les muscles : l'étirement répété entretient la longueur et l'extensibilité des muscles. La mobilisation luttera donc sur la rétraction musculaire.
- Sur la circulation : la mobilisation passive engendre un aplatissement et une dilatation des vaisseaux sanguins qui entraînent un effet pompe qui accélère la circulation et favorise les échanges de type oxygénation des tissus, et l'élimination des déchets.
- Sur l'image corticale : l'immobilisation entraîne une régression de l'image et de la mémoire kinesthésique. La mobilisation permet d'entretenir l'image motrice du mouvement.

- Sur l'œdème : les mobilisations permettent le déplacement des segments atteints et jouent un rôle de pompe pour aider à la diminution de ce dernier. On parle ici d'effet « cœur périphérique »

En somme, la mobilisation active précoce permet la mobilisation des tissus lésés en voie de cicatrisation, tout en les protégeant. Elle contrôle l'œdème et modifie l'architecture du tissu conjonctif cicatriciel. Elle évite l'installation de raideurs articulaires en orientant la cicatrisation des fibres en cours de consolidation. Elle permet également de diminuer la formation d'adhérences cicatricielles en entretenant les plans de glissement. Freeland [11] a ainsi montré que, durant les 4 premières semaines, une mobilisation de l'IPP de 30-40° et un glissement tendineux de 5mm sont des signes d'évolution favorable par la suite.

Amorcée par la mobilisation passive, la mobilisation active est préférable à la mobilisation passive car elle produit un mouvement articulaire physiologique, symbiose entre rotation et glissement (Kaltenborn) [37].

Elle est également facilitée par la neutralisation du poignet et des MP.

En d'autres termes : plus la rééducation est précoce, meilleur et plus rapide est le résultat. Cette phase, qui oriente la récupération, est décisive pour la qualité de la récupération. Elle permet de maintenir au maximum, de par sa précocité, les plans de glissements et les amplitudes articulaires. Son efficacité sera majorée par la neutralisation des articulations sus et sous-jacentes.

- [La position d'immobilisation quand elle est obligatoire \[25\]](#)

Lorsque cela est possible, il est de coutume d'immobiliser l'articulation dans une position où ses ligaments sont tendus. Ainsi, lorsque la MP est immobilisée en extension, ses ligaments latéraux seront de fait détendus et, en conséquence, la raideur figera celle-ci en extension. Cette position non fonctionnelle rendra impossible la flexion digitale, l'auto-rééducation et la fonction de la main. C'est la raison pour laquelle on préfère immobiliser l'articulation MP en flexion. C'est le même principe pour l'IPP et l'IPD que l'on préférera immobiliser en extension car cette position placera les ligaments latéraux et la plaque palmaire tendus, ce qui réduira considérablement les raideurs. Même si cette position peut produire une légère raideur en extension des IPP, sa correction est bien plus facile que celle de la raideur en flexion.

Concernant le poignet, la flexion de celui-ci augmente la pression intra-canalair dans le canal carpien, et donc la souffrance du nerf médian. On préférera immobiliser le poignet en extension de 20-30° ce qui modèlera les arches de la main et facilitera la mobilisation des doigts par effet ténodèse.

Si nous suivons ces règles, la position préférentielle d'immobilisation - si celle-ci s'avère obligatoire - est la position intrinsèque + qui positionnera le poignet en légère extension, les MP en flexion et les IPP et IPD en extension. Si le pouce est touché, on le positionnera en opposition et ouverture de la première commissure.

A noter qu'il faut apprendre à se méfier de la position d'immobilisation dite « intrinsèques + » [25] qui correspond à la position de rétraction des muscles intrinsèques et qui facilite l'enraidissement dans cette position pathologique. Certains auteurs, comme D. Thomas dans son chapitre sur « la prévention des raideurs et rééducation des rétractions des muscles intrinsèques » préfère une attelle qui place l'articulation en position de « sécurité ». Cette position met les MP en flexion subtotale et les IP en légère flexion de façon à éviter l'apparition des déformations en hyperextension des IP.

A l'immobilisation en une seule position, il faut préférer une attelle modulaire permettant de modifier la position des MP et des IP plusieurs fois par jour.

2.4.2 Le traitement conservateur

Le traitement conservateur suit le traitement préventif. Il débute la phase chronique qui a pour objectifs la lutte contre l'œdème, la douleur et l'inflammation. C'est à ce stade que l'on peut intensifier la rééducation afin d'être en mesure d'agir sur le remodelage du collagène. Si la pathologie le permet, nous pouvons également introduire des résistances progressives, un travail proprioceptif et un travail spécifique lié à la profession ou aux activités de loisir du patient.

C'est à cette étape-là que seront introduites des orthèses de récupération d'amplitude. Nous pouvons citer les orthèses pro-flexion pour les MP ou pro-extension pour les IP.

Comme vu plus haut, et conformément aux dispositions anatomiques et physiologiques, les orthèses les plus fréquentes sont celles de pro-extension pour l'IPP et pro-flexion pour la MP.

Il est important de préciser qu'il est primordial de lutter contre la démotivation du patient et de l'informer sur la longueur de la prise en charge qui peut s'avérer être longue, et ce, d'autant plus si le traitement préventif n'a pas ou peu été réalisé.

Nous avons vu dans cette partie que les raideurs étaient la complication la plus fréquente après un traumatisme de la main.

Le traitement préventif est le plus efficace en matière de lutte contre les raideurs digitales, particulièrement grâce aux mobilisations actives précoces qui agissent notamment sur le maintien des plans de glissement et des amplitudes articulaires. Le blocage des articulations sus et sous-jacentes permet d'éviter les compensations et de respecter la physiologie articulaire. La rééducation joue donc un rôle primordial dans la prise en charge des accidents ou de chirurgie de la main.

3 LE JOUG ET L'AUTO-REEDUCATION

3.1 Contexte épidémiologique [39]

Il nous apparaît important de rapporter ici quelques données épidémiologiques qui aideront à notre argumentation sur le bien-fondé d'un recours plus systématique à l'auto-rééducation.

- **Évolution et répartition de la population en France**

Deux informations importantes. Sur la période 2010-2017, la population française s'est accrue de 3,62%, soit une augmentation moyenne de 0,5%/an (source INSEE), et cette population se répartit inégalement sur le territoire et se concentre principalement dans les grands centres urbains (source Livre blanc 2018 de la FESUM) (figure 20).

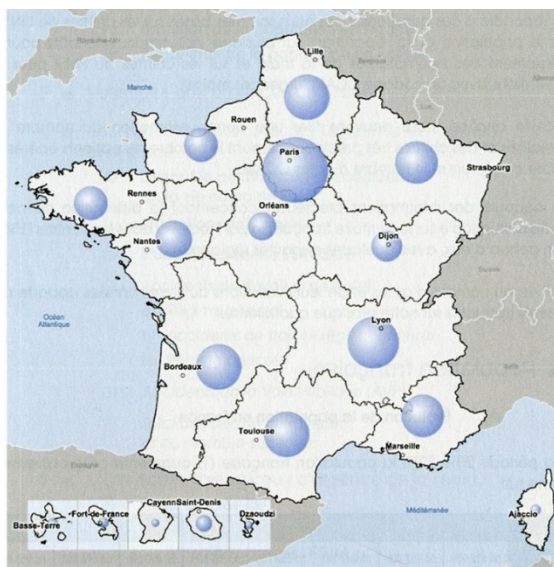


Figure 20 : répartition de la population sur le territoire français.

Source : Livre blanc. Sous l'égide de la Fédération des Services d'Urgences de la Main, 2018, p. 30 [39]

- **Nombre de blessés de la main passant par les urgences (figure 21)**

Le nombre de passage aux urgences croît à un rythme annuel moyen de 3,5%/an depuis 1996, et on constate un doublement de ces passages aux urgences en 20 ans (10,1 millions de passages en 1996 contre 21 millions en 2016).

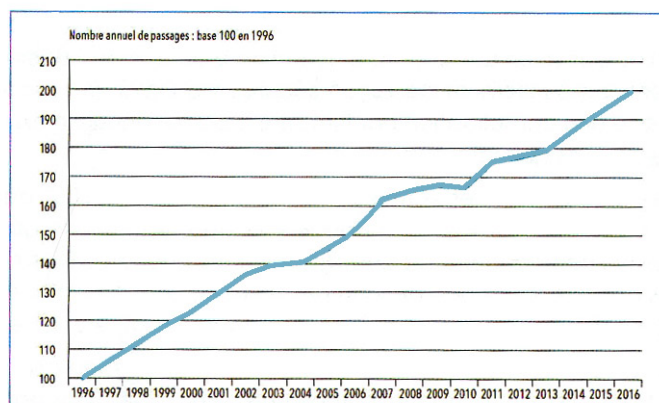


Figure 1: Évolution du nombre de passages annuels aux urgences en France 1996-2016

Figure 21 : Source : Livre blanc. Sous l'égide de la Fédération des Services d'Urgences de la Main, 2018, p. 33 [39]

L'étude européenne EUROSAFE (2017) estime le nombre de blessés en Europe, toutes causes confondues, à 38M de personnes par an. Elle dénombre 1 999 393 blessés de la main par accidents de la vie courante et par an en France.

A ce nombre, s'ajoute 129 000 accidents de travail et de trajets et 14 000 accidents de la voie publique.

Sur cette base, nous obtenons une estimation minimale de 2 142 393 blessés de la main par an en France. Parmi ces blessés, 943 772 patients sont opérés, soit 44% des blessés de la main en France.

On peut donc estimer le nombre de blessés de la main par an en France à 2 142 393, les accidents de la vie courante étant les causes les plus pourvoyeuses de blessés. Moins de 44% de ces patients sont opérés.

- La localisation et la répartition des centres FESUM en France (figure 22)

On estimait il y a 20 ans à environ 10% le taux d'actes d'urgences-mains pratiqués dans les centres spécialisés (pas plus de 30 à l'époque).

Aujourd'hui, les centres FESUM couvrent le territoire de manière homogène et prennent en charge, dans leurs 65 centres (soit en moyenne 1 centre pour un million d'habitants), plus de 57% des patients nécessitant une intervention chirurgicale suite à une ou plusieurs atteintes de la main (données de 2017).

La carte ci-dessous indique l'emplacement de ces centres FESUM ainsi que la répartition de la population en fonction des régions.



Figure 22 : répartition des centres FESUM en France.

Source : Livre blanc. Sous l'égide de la Fédération des Services d'Urgences de la Main, 2018, p. 47 [39]

Il existe cependant des disparités. Ainsi, le centre FESUM de Lille dessert à lui seul 4M d'habitants, quand celui de Limoges couvre une région à très faible densité de population. Nous noterons l'absence de centres spécialisés FESUM en Corse, en Guadeloupe, en Guyane, à Mayotte et à Saint Pierre-et-Miquelon.

- **Etat de l'offre en kinésithérapie de la main**

En 2020, on comptait 90 135 professionnels inscrits au tableau de l'ordre des kinésithérapeutes, dont 77 035 exerçaient en libéral ou avaient une activité mixte (hôpital et libéral), soit 83,5%. En 2023, le site internet du GEMMSOR recense 251 kinésithérapeutes libéraux spécialisés dans la rééducation de la main. A ce nombre, il nous faut retrancher 4 kinésithérapeutes situés hors de France, et 19 kinésithérapeutes retraités, ce qui nous donne un total de 228 kinésithérapeutes de la main actifs en France. Bien que ce total ne reflète pas totalement la réalité, car il ne recense que les kinésithérapeutes inscrits au GEMMSOR, cela constitue la seule liste « officielle » que nous disposons.

Prenons l'exemple de la ville de Lyon et de sa région pour laquelle liste du GEMMSOR recense 25 kinésithérapeutes de la main, mais pour laquelle il existe également une liste non-officielle qui recense un total de 34 kinésithérapeutes de la main. Ce différentiel de 25% n'est pas négligeable. Si nous partions du principe que ce ratio pourrait s'appliquer à l'ensemble de la

France et que nous transposions cette approximation au reste du pays (228 kinés actifs), nous obtiendrions un total de 288 kinésithérapeutes de la main.

Ceci étant dit, il n'en reste pas moins que la part des kinésithérapeutes spécialisés dans la main ne représente que 0,25% des kinésithérapeutes, selon la liste officielle du GEMMSOR, ou 0,32%, selon l'approximation que nous venons de faire. Dans les deux cas, il s'agit d'une proportion négligeable.

Nous tirerons comme conclusion de toutes ces données, et de la faible présence de kinésithérapeutes spécialistes de la main en France qu'il est grand temps de nous intéresser plus sérieusement à l'étendue au potentiel des champs d'action de l'auto-rééducation, notamment grâce à l'utilisation d'outils simples et accessibles comme le joug.

3.2 Principe de l'auto-rééducation [2][12][13][20]

3.2.1 Principe et définition

- **Définition**

L'auto-rééducation est la rééducation pratiquée par le patient lui-même. Le patient réalise sa rééducation en autonomie, le plus souvent en dehors du centre de soins, grâce aux exercices et conseils donnés par son professionnel de santé.

- **Principe**

Le principe d'auto-rééducation est un concept qui doit être présenté au patient le plus précocement possible lors de sa prise en charge. Dès la première séance si possible. On explique de façon simple mais claire au patient que ce sont les mouvements passifs et surtout actifs de la main qui permettent de mobiliser les plans de glissements les uns par rapport aux autres et de limiter ainsi la formation des adhérences et de raideurs articulaires.

- **Moyens**

L'utilisation de fiches explicatives et d'exercices montrant les entités lésées permet au patient de mieux comprendre la problématique et d'éviter les mouvements inappropriés et leur cortège de complications (déplacement secondaire, pseudarthrose, lâchage des sutures, cal d'élongation...). Munis de la fiche d'exercices détaillée, le patient reproduira les mouvements à son domicile. Il devient acteur de son traitement et participe pleinement à l'amélioration de son état psychologique et de son état général (Munneke M, De Jong Z, 2000) [20]. Cette

autonomisation et valorisation du rôle du patient dans sa rééducation permet d'augmenter son observance et sa motivation lors du parcours de soin.

3.2.2 Effet de l'auto-rééducation

Dans leur ouvrage publié dans les « Cahiers d'enseignement de la Sofcot » et intitulé « Principes généraux de rééducation après une plaie de la main », C. Laffargue et C. Le Lardic, écrivent que si le patient comprend bien les exercices à effectuer, il est essentiel de lui enseigner le plus tôt possible des exercices d'auto-rééducation. Réalisés plusieurs fois par jour, ces exercices permettent d'obtenir de bien meilleurs résultats. Munneke et De Jong, corroborent cette hypothèse en ajoutant que « *Très utilisée dans les techniques post-opératoire immédiate [...] l'auto-rééducation reste une technique de choix dans la prise en charge d'un traumatisme à tous les stades de la pathologie* ». Elle complète la mobilisation active et entretient la capacité musculaire, et aide à entretenir et consolider les bénéfices du travail de rééducation fait avec le professionnel de santé. Elle donne surtout au patient les outils lui permettant d'améliorer son état de santé et sa qualité de vie au jour le jour, sans être totalement dépendant de la séance avec son rééducateur.

3.2.3 Efficacité de l'auto-rééducation

Bauwens *et al.* [2], dans leur étude sur une application d'auto-rééducation après chirurgie du Ligament Croisé Antérieur (LCA) utilisée dans le contexte de confinement imposée par la pandémie de Covid-19, montrent des résultats équivalents à ceux obtenus après rééducation standard, avec un recul de 6 mois post-opératoire.

Leur étude démontre que l'auto-rééducation après chirurgie est utile en post-opératoire après chirurgie du LCA et pourrait être généralisée en complément des protocoles habituellement utilisées chez le kinésithérapeute.

Dans un essai contrôlé randomisé, Higgins *et al.* [13] étudient quant à eux le coût supporté par la société pour la prise en charge conventionnelle de patients ayant bénéficié d'une plastie du LCA avec une rééducation standard et le compare au coût engendré par la prise en charge d'un groupe de patients « télésuivis » grâce à une application dédiée.

Ils constatent qu'en moyenne, sur 6 semaines, les patients du groupe « App. » ont généré des coûts liés au suivi et à la charge du système de santé nettement moins importants que le groupe conventionnel. De surcroît, les auteurs n'ont pas constaté de différence entre les 2 groupes au niveau de la satisfaction des patients, de la commodité ou des taux de complications.

Certes, ces études ont été réalisées dans des pays anglophones, possédant des systèmes de prise en charge différents de notre modèle français, et concernaient des pathologies liées au genou (nous n'avons malheureusement pas pu trouver d'études équivalentes sur la rééducation de la main). Malgré cela, ces études n'en demeurent pas moins intéressantes et nous devons prendre acte de l'intérêt fondamental de ce type de prise en charge, d'autant plus que le principe d'auto-rééducation reste largement applicable à la rééducation de la main.

De nombreux auteurs rééducateurs de la main parlent de l'auto-rééducation dans leurs travaux. Lorsque Clavier *et al.* [20] constatent que l'enraidissement et l'exclusion des doigts sont des complications fréquemment rencontrées en chirurgie de la main, quelle que soit la gravité de la lésion initiale, ils ne manquent pas de rappeler dans le même temps que « *l'auto-rééducation et l'éducation du patient ont une place importante dans la prévention de ces complications* » et qu'elle permet d'optimiser le résultat fonctionnel.

Nous pouvons citer également Thomas qui écrit « *ces phases d'auto-rééducation doivent se faire par alternance de mobilisation en flexion et en extension par périodes répétées tout au long de la journée* ».

Gleyze *et al.* [12], insiste également sur l'ajout d'un encadrement de rééducation aux exercices d'auto-rééducation. Son étude démontre que l'encadrement par un professionnel de santé comme le kinésithérapeute contribue à l'amélioration du moral du patient.

S'il n'existe pas d'impact significativement meilleur à 6 semaines, nous notons, en revanche, à 3 mois, une différence significative et positive sur la fonction globale, la douleur et les amplitudes articulaires. Preuve s'il en est que l'encadrement par un kinésithérapeute permet d'optimiser et de fiabiliser le travail d'auto-rééducation. Cet encadrement rend également possible l'introduction ou la suppression progressive de nouveaux exercices de rééducation, donnant ainsi les meilleures garanties de résultats.

Cet encadrement permettrait aussi de rassurer le patient évitant toute kinésiophobie, ou de tempérer les espoirs de certains patients qui auraient du mal à appréhender la gravité de leurs lésions. Les progrès en éducation thérapeutique donnent de nouveaux outils au thérapeute pour améliorer l'observance des patients.

Ce sont les raisons pour lesquelles l'auto-rééducation dans la prise en charge des pathologies de la main, notamment des raideurs digitales, supervisée par le kinésithérapeute à toute sa place.

3.3 Le joug

3.3.1 Définition

Le dictionnaire « Le Robert » donne du mot « joug » les 3 définitions suivantes :

- Pièce de bois qu'on met sur la tête des bœufs pour les atteler.
- Au figuré. Contrainte matérielle ou morale. *Le joug du tyran, des préjugés*. Locution Mettre sous le joug. → asservir.
- Antiquité romaine. Assemblage de trois piques sous lequel on faisait passer les vaincus pour marquer symboliquement leur soumission.

3.3.2 Evolution du joug dans le temps [26]

Redondo [29] est le premier à parler du joug, dans un article datant de 1972, intitulé « Le joug, appareil de rééducation des doigts ».

Le joug était alors réalisé à partir d'une mince lame d'aluminium recouverte de mousse. L'appareil prenait appui sur trois doigts contigus et avait la forme d'un joug d'attelage, d'où son nom. Redondo [29] se servait des doigts sains pour « reconstituer l'image du mouvement en favorisant ce dernier par un travail actif-aidé ».

Par la suite, en 1981, le Dr Merritt [22][36] et ses collègues introduisirent la notion de « Relative Motion Splint» (RMS) ou « Relative Motion Orthosis» (RMO) (en français, attelle de mouvement relatif) dans le cadre de blessures au tendon extenseur et à la bandelette médiane. Cette attelle reprenait le concept de joug décrit par Redondo en plaçant l'articulation MP du doigt lésé dans une position « relative » par rapport aux doigts adjacents. Ce protocole de rééducation active des tendons extenseurs a été ensuite repris et amélioré, donnant naissance au protocole ICAM (Immediate Controlled Active Motion, mouvement actif à contrôle immédiat) décrit notamment par Howell *et al.* en 2005.

Au début des années 2010, Colditz (2013 et 2014) [9][10] décrit l'intérêt de l'utilisation de cette attelle dans un but rééducatif, notamment dans la rééducation d'un schéma cortical inadapté et lors de raideurs digitales.

Au cours de ses 40 dernières années d'existence, le concept a évolué avec la réduction du degré d'extension relative, l'élimination de l'immobilisation du poignet, et l'expansion aux lésions

de l'appareil extenseur des zones V-VII aux zones III-IV ou aux bandelettes sagittales. L'utilisation du joug s'est également élargie aux déformations aiguës et chroniques de la boutonnière.

Aujourd'hui, grâce à l'essor des techniques d'anesthésie comme la WALANT (Wide Awake Local Anesthesia with No Tourniquet), le concept a été étendu à la prise en charge des transferts tendineux et des réparations du tendon fléchisseur en zone I et II, et du nerf digital (Lalonde).

L'orthèse a fréquemment changé de nom, passant de celui de « joug » à celui d'« attelle digitale » ou d'« attelle en pont ». Afin d'éviter toute confusion, Merritt [22][36] et Lalonde [18] ont suggéré d'utiliser les termes de RME ou RMF. Dans la littérature contemporaine, nous trouvons donc les vocables « attelle d'extension relative » ou « RME » qui placent la MP lésée en extension de 15-20° par rapport aux doigts voisins, et, à l'inverse, les vocables « attelle de flexion relative » ou « RMF » qui placent la MP lésée en flexion de 15-20° par rapport aux doigts voisins.

Ces deux positions déchargent la contrainte sur le site de la réparation tendineuse en raison de l'*effet quadrige* décrit plus haut.

Il est important de souligner, pour une meilleure compréhension, que les termes de RMF et de RME se réfèrent à la position relative de la MP du doigt blessé. Le terme d'extension et de flexion ne concerne donc pas le système tendineux touché.

Nous adoptons dans ce mémoire le terme de « joug » car il nous semble se rapprocher plus de la structure décrite initialement par Redondo [29] de par sa forme et son utilisation.

Aujourd'hui, nous constatons que cet outil est de plus en plus utilisé dans la prise en charge des pathologies de la main. Il est sans conteste un atout majeur dans la biomécanique de la main par sa capacité à contraindre certaines chaînes digitales améliorant ainsi le travail analytique et globale du rayon pathologique. Il rend également possible le contrôle et le décalage de l'articulation métacarpo-phalangienne lui permettant de remplir un triple rôle :

- La protection du tendon,
- Le travail fonctionnel de la main,
- La mise en œuvre d'exercices de rééducation, notamment dans le traitement des raideurs digitales, objet de ce mémoire.

3.3.3 Description détaillée du joug

Ce qui suit doit beaucoup à Philippe Pernot grâce à qui nous avons pour la première fois entendu parler de cet outil en détail et qui nous a permis d'appréhender ses nombreux atouts en termes d'auto-rééducation.

- **La main, le nombre d'or et la suite de Fibonacci**

Le nombre d'or est un nombre étonnant, décrit par certains auteurs comme mystérieux et magique. Il fait parler de lui depuis la plus haute antiquité dans de nombreux domaines comme la géométrie, l'architecture, la peinture et la nature. Il serait l'expression de l'harmonie et de l'esthétique dans les arts. On le note φ (phi) en hommage au célèbre sculpteur grec Phidias. Son écriture décimale est infinie ; nous l'arrondirons à 1,618.

Le corps humain est également intimement lié à ce nombre d'or. Ainsi, on dit du célèbre dessin de Léonard de Vinci, l'homme de Vitruve, qui illustre la volonté de l'artiste de représenter un homme idéal dont les proportions s'inscrivent, parfaitement et à la fois, dans un cercle et un carré, qu'il s'appuierait sur ce même nombre d'or : 1,618.

Le sculpteur grec Polyclète, qui officiait entre 460 et 420 avant notre ère, est considéré comme le père de l'anthropométrie grecques classique. Il est l'auteur d'un canon détaillé où il énonce les règles de la beauté. Son Doryphore, un éphèbe robuste et souple tenant une lance, est proportionné selon le nombre d'or. Le rapport de la hauteur totale du corps à la distance sol-nombril est égal au nombre d'or, de même que le rapport des distances sol-nombril et sommet du crâne-nombril (figure 23).

Si on considère ses proportions, la main peut également se prévaloir de ce nombre d'or. Les doigts longs sont articulés autour des MP qui ont une mobilité globale en flexion importante. Chaque chaîne digitale ne peut espérer cette fonction que si la longueur du métacarpien et des phalanges s'inscrit dans la série numérique de Fibonacci (0.1.1.2.3.5.8.13.21...) (figure 23). Ainsi, la longueur de la première phalange est l'addition de celles des phalanges moyennes et distales, ce qui implique la nécessité d'un traitement restaurant la stricte longueur de chacun des composants pour obtenir une fermeture complète (M. Merle et G. Dautel, 2009 [21]).

La suite de Fibonacci est une suite d'entiers dans laquelle chaque terme est la somme des deux termes précédents ($0+1 = 1$; $1+1 = 2$; $1+2 = 3$; $2+3 = 5$ et ainsi de suite). Cette suite est

intimement liée au nombre d'or car les quotients des deux termes consécutifs de la suite de Fibonacci sont les meilleures approximations du nombre d'or. (Exemple : 13 et 21 sont des entiers consécutifs dans la suite de Fibonacci et $21/13 = 1,615$).

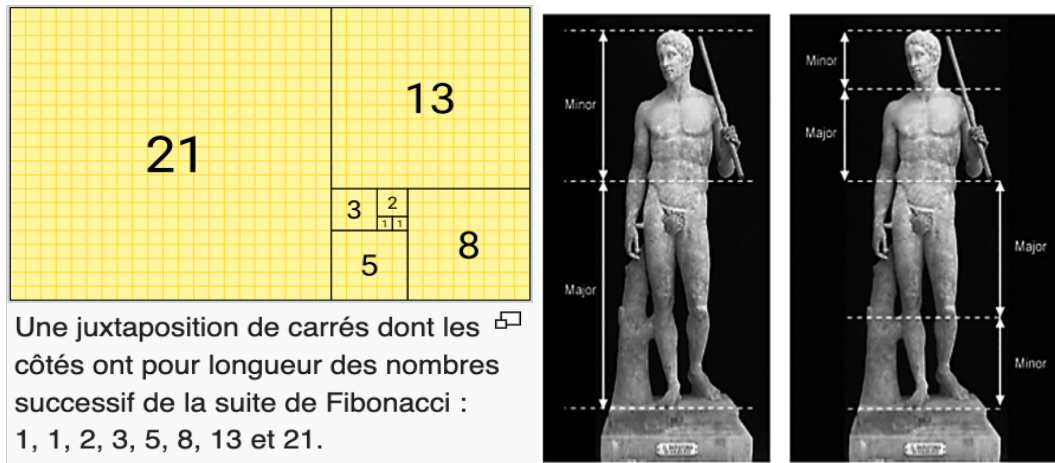


Figure 23 : Le nombre d'or. Source : Wikipedia (CC BY-SA 4.0)

- **Forme du joug**

- Dans le plan frontal, nous décrivons le joug comme « une languette » composée de deux courbes à concavités proximales. La première courbe, proximale, passant en aval des articulations des MP de chaque doigt. La deuxième courbe, plus distale, passant en amont des articulations IPP de chaque doigt.

Concernant la longueur de la languette, nous avons mesuré la largeur de la main (distance entre le bord ulnaire et radial de la main au niveau des têtes métacarpiennes des doigts longs) de 15 patients de tailles de main différentes. Nous obtenons en moyenne une longueur de 8,8 cm. Pour tester l'hypothèse du nombre d'or, nous nous sommes appliqués à multiplier cette moyenne par le nombre d'or et avons obtenu une mesure de 13,5 cm pour la languette.

La largeur de la languette sur sa partie médiane est la valeur du nombre d'or (1,7cm) Aux extrémités nous trouvons deux renflements, plus large, pour assurer une meilleure stabilité lors des exercices.

- Dans le plan horizontal, le joug est concave en palmaire, de manière à respecter la forme de l'arche métacarpienne.
- Le plan sagittal correspond à l'épaisseur du joug. Il se doit d'être le plus fin possible pour assurer un confort optimal lors de l'utilisation, en évitant l'effet de cisaillement entre les commissures (lorsque le joug est utilisé comme une RMF). Il doit malgré tout rester solide et ne pas casser lors de l'utilisation ou du transport de l'orthèse dans une

poche ou un sac à main par exemple. L'épaisseur est donc directement liée au matériau utilisé pour la confection du joug.

- **Matière**

Initialement proposée par Philippe Pernot dans une version en bois, assurant robustesse et légèreté, le joug peut se décliner en une multitude de matériaux (bois, métal, plastique thermoformable...).

Nous avons fait le choix de le fabriquer en Orficast® pour sa praticité d'utilisation.

Le matériau choisi doit cependant se conformer au maximum aux conditions suivantes :

- Il doit être solide pour éviter de se casser lors de l'application de forces et de pressions pendant les exercices.
- Il doit être léger pour être transportable facilement.
- Son coût doit être peu élevé pour pouvoir être réalisé par tous.
- Il doit être facile à travailler pour le confort du praticien.
- Il doit présenter une texture non abrasive pour éviter les blessures lors de l'utilisation.

Il est important de comprendre que le joug peut être modulé à l'infini, en fonction du matériau que nous possédons, de l'orthésiste qui le confectionne, et tout autre facteur entrant dans sa fabrication. Il existe de ce fait une grande pluralité de jougs possibles et la seule limite est l'imagination du praticien.

On comprend que nous ne défendons pas ici une forme de joug particulière, mais bien le principe même de son utilisation et de son intérêt thérapeutique.

Le joug est un outil qui peut très bien se décliner avec des objets du quotidien, ce qui peut être utile lors de mission humanitaire par exemple. En effet, le concept étant tiré du « pencil test », l'utilisation d'un stylo, d'un pinceau ou de tout autre objet de ce genre est possible.

Accordons ici une mention toute particulière à l'abaisse-langue qui a été le tout premier objet que nous avons détourné au cabinet pour faire office de joug. Il ne nécessite aucune transformation, et est à la fois résistant, fin, léger et très économique.

3.3.4 Utilisation pratique

Les exercices que nous pouvons réaliser avec le joug sont multiples. Nous en donnons ici quelques exemples qui n'épuisent pas le sujet.

Dans un souci de simplicité, nous nous concentrerons sur les positions se rapportant au 3^e doigt.

- Le joug utilisé comme RMF

Le joug est ici placé sur la face dorsale de P1 D3 puis sous la face palmaire de P1 des doigts adjacents (D2 et D4).

Dans cette position nous pouvons effectuer les exercices suivants :

- Le travail analytique de l'extension de l'IPP de D3 (photographie 1 à 3).
Nous demandons au patient de réaliser une succession de flexion-extension de l'IPP, en insistant sur l'extension.



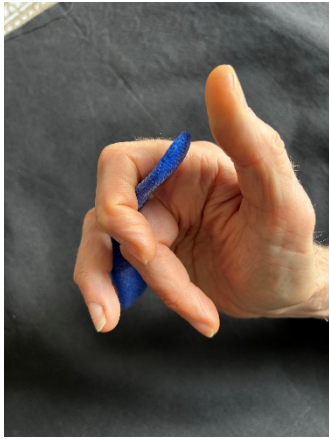
Photographie 1 à 3 : Travail de l'extension de l'IPP de D3

- L'auto-posture en flexion de MP de D3 (photographie 4 à 6).
Nous demandons au patient de pratiquer une flexion des doigts adjacents pour entraîner la MP du doigt lésé en flexion.



Photographie 4 à 6 : Travail de la flexion de la MP de D3

- Le travail analytique du FDS de D3 (photographie 7 et 8), grâce à l'inhibition du FDP en maintenant les doigts adjacents en extension.
Nous demandons au patient de réaliser une succession de flexions-extensions en insistant sur la flexion.



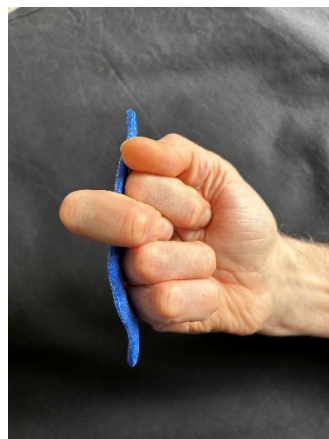
Photographie 7 et 8 : *Travail du FDS de D3*

- Le joug utilisé comme RME

Le joug est placé sous P1 D3 et sur P1 D2 et D4.

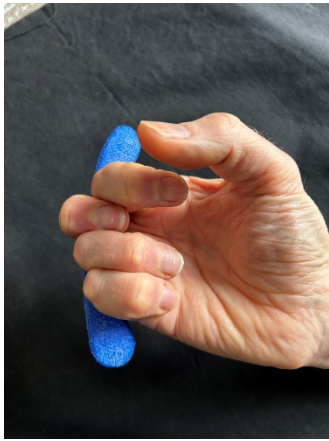
Dans cette position nous pouvons effectuer les exercices suivants :

- Le travail analytique de l'IPP en flexion de D3 (photographie 9 et 10).
Nous demandons au patient de réaliser une succession de flexions-extensions en insistant sur la flexion.



Photographie 9 et 10 : *Travail de la flexion de l'IPP de D3*

- Le travail analytique du FDP de D3 (photographie 9 et 12).
Nous demandons au patient de réaliser une succession de flexions-extensions en insistant sur la flexion et l'enroulement complet de l'IPD du doigt.



Photographie 11 et 12 : *Travail du FDP de D3*

- Dans le cas particulier où la raideur est liée à des adhérences cicatricielles : nous positionnerons le joug comme pour le travail de l'extenseur (RMF) auquel nous pouvons rajouter un scotch reliant la cicatrice au joug.

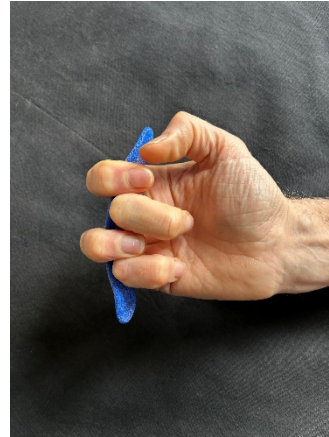
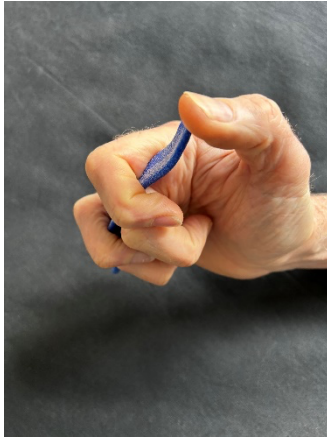
De cette manière, un mouvement du tendon sous-cutané en direction du corps musculaire est réalisé et le scotch retient la peau. Nous obtenons ainsi un effet « cisaille » très efficace dans notre bataille contre les adhérences cicatricielles (photographie 13 et 14).



Photographie 13 et 14 : *Travail en « cisaillement » dans le cadre d'un déficit d'extension active à cause d'adhérences cicatricielles sur la face dorsale de la main*

Ces combinaisons sont bien entendu déclinables pour les autres doigts longs.

Nous avons également la possibilité de travailler sur plusieurs doigts en même temps, en fonction des raideurs présentes comme ci-dessous (photographie 15 et 16).



Photographie 15 et 16 : *Travail flexion IPP et FDP D2-D4, ou autoposture en flexion de MP D3-D5*

Pour les doigts bordants, il y aura nécessité de stabiliser encore plus le joug grâce aux doigts voisins (photographie 17 et 18).



Photographie 17 : *Travail FDP D2-D5*



Photographie 18 : *Travail Extension IPP D2-D5*

Proposition d'utilisation du joug :

Les exercices sont préalablement montrés et réalisés au cabinet pour s'assurer d'une bonne compréhension de ces derniers par le patient. Une rapide piqûre de rappel peut être réalisée lors des futures séances si nécessaire.

Nous avons aussi la possibilité de fournir au patient une fiche explicative ou de partager avec lui des tutoriels vidéo.

Les objectifs ainsi que les pièges à éviter (compensation, malposition de l'outil ...) sont donc clairement annoncés aux patients lors de la première séance de rééducation. Ils devront par la

suite réaliser ces exercices lentement, visant à atteindre l'amplitude maximale en fonction de leurs déficits et de leurs buts. Le principe de non-douleur doit en général être respecté lors de la réalisation des exercices

Il est coutume dans la rééducation de la main de proposer comme fréquence d'exercices un rythme de 5 minutes / heure. Le but étant de renouveler très fréquemment les exercices pour limiter l'enraidissement et la rétraction tissulaire.

- **La position du poignet lors de la réalisation des exercices**

La mobilité des doigts exige une mobilité des tendons extrinsèques importante.

Comme nous l'avons vu plus haut avec l'effet ténodèse, les tendons présentent un glissement de plusieurs centimètres au niveau du poignet.

Le système de glissement joue un rôle fondamental dans la mobilité des doigts et doit s'adapter à des conditions dépendantes de la conformité des zones anatomiques, de la direction des tendons et de l'amplitude de la course tendineuse (Boutan 2013) [5]. Cette course tendineuse dépend en partie de l'amplitude de contraction du muscle et de l'angle formé entre les fibres musculaires et l'axe du tendon. C'est la raison pour laquelle les muscles longs de l'AVB vont engendrer des courses tendineuses importantes.

De plus, la position du poignet modifie l'angulation des tendons par rapport aux différentes coulisses (Boutan 2013) [5], favorisant ou non le glissement du tendon.

La mise en extension du poignet augmente la course des tendons fléchisseurs, favorisant ainsi le mouvement en flexion des doigts. A l'inverse, la flexion du poignet diminue la course des tendons fléchisseurs et augmente la tension des extenseurs qui freinent le mouvement de flexion.

C'est la raison pour laquelle nous réaliserons les exercices en flexion/enroulement des doigts avec le poignet en extension.

Les exercices en extension des doigts seront réalisés en position neutre de poignet car les muscles intrinsèques de la main participent aussi à l'extension des doigts.

3.3.5 Les contre-indications au joug

Les contre-indications à l'utilisation du joug sont toutes les contre-indications chirurgicales dépendant de la pathologie.

Il s'agit généralement de l'introduction de résistances importantes trop précocement.

Dans le cadre des raideurs digitales post-traumatiques non opérées, les contre-indications sont peu nombreuses. Cependant, la maîtrise de l'inflammation est un challenge essentiel.

Il faudra donc bien veiller à la réalisation d'exercices infradouloureux, en maîtrisant précisément intensité et force de réalisation.

Nous pouvons également ajouter à cette liste de contre-indications les zones hypersensibles et/ou allodynies qui pourraient être en contact avec le joug.

3.3.6 Les avantages du joug

- **Avantages biomécaniques**

- Le joug permet le respect des règles biomécaniques concave-convexe de Kaltenborn [37] décrites plus haut grâce à des mouvements réalisés en actif.

De plus, lorsqu'il est positionné en RMF, il crée une résistance entraînant le glissement antérieur de P1 lors de l'extension de l'IPP.

Cet effet assure des micromouvements de glissement et de rotation, nécessaires à une mobilisation optimale, bien décrits par Kaltenborn,

- La forme courbe dans le plan horizontal permet le respect de l'arche métacarpienne et laisse libre la rotation automatique des doigts lors de la flexion tout en permettant l'alignement des pulpes.

Dans son étude cadavérique G. Orset [28] démontre une composante de rotation dans les articulations IPP et IPD, malgré la forme en trochlée de ces dernières, n'autorisant théoriquement qu'un seul degré de liberté. L'auteur explique ces rotations par un facteur statique dû à la torsion squelettique diaphysaire et l'inclinaison des surfaces articulaires. A cela s'ajoute un facteur dynamique, conséquence de la détente des faisceaux glénoïdiens des ligaments latéraux. Orset [28] conclut sur l'importance d'intégrer aux protocoles de rééducation un programme de récupération des rotations axiales et de ne pas se cantonner à des exercices de pur flexion/extension des doigts.

- Le joug permet le respect de la cascade physiologique de fermeture des doigts initiée par l'auriculaire.

- **Avantage par rapport à la mobilité**

- Le joug permet d'éviter les compensations. J. Colditz (2013) [10] part du principe qu'un traumatisme entraîne une raideur articulaire. Sur un doigt blessé, on constate que l'articulation la plus souple bouge le plus et l'articulation la plus raide bouge le moins. En effet, par compensation, le patient privilégiera un excès de mobilité dans

l'articulation sus ou sous-jacente (par définition plus souple) au détriment de l'articulation la plus raide (articulation lésée).

Prenons l'exemple d'un flexum d'IPP. La compensation la plus fréquente est une hypermobilité de la MP qui entraîne une hyperextension de cette dernière (photographie 19).



Photographie 19 : *Attitude en hyperextension de MP à la suite d'un défaut d'extension d'IPP*

Selon Colditz [9,10], une manière d'améliorer le mouvement de l'IPP consiste à restreindre le mouvement de la MP afin qu'elle ne puisse pas compenser en hyperextension (dans le cadre d'un flexum d'IPP) ou en hyperflexion (dans le cadre d'une raideur en flexion de l'IPP). En d'autres termes, la force d'extension ou de flexion est déviée de l'IPP car la force de traction est absorbée par la MP hypermobile.

Pour pallier ces compensations, Colditz (2014) [9] développe le concept de « redirection active ». Cela consiste à bloquer les articulations saines afin que les articulations raides reçoivent la puissance musculaire nécessaire à leur mobilité malgré la raideur.

- Le joug permet de faciliter l'extension de l'IPP : la stabilisation de la MP en flexion garantit que la force de l'ECD n'est pas autorisée à agir au niveau de la MP mais est détournée pour agir avec les IO et les lombricaux au niveau de l'IPP, de manière à gagner en extension.
- Le joug permet de faciliter la flexion de l'IPP : le maintien ferme de la MP du doigt en position relative assure que la puissante force des muscles fléchisseurs extrinsèques se dirige vers l'IPP empêchant ainsi les muscles intrinsèques de dominer l'équilibre en amenant la MP en hyperflexion.

- Le fait de privilégier le mouvement actif par rapport au mouvement passif permet de retrouver des plans de glissement pendant la flexion et l'extension des doigts entre les différents éléments tissulaires. De plus, le mouvement aligne les nouvelles fibres de collagène créées, permettant la diminution de la résistance et le maintien de la lubrification du collagène dans la matrice extra-cellulaire. Selon Colditz [9][10], plus une articulation est raide et peu mobile, plus le mouvement actif est recommandé.
- DeMott *et al.* [18], trouvent une augmentation de la force et une augmentation de la mobilité chez leur patient utilisant le joug.

- **Avantage par rapport à la douleur**

D. Lalonde et L. Flewelling [18] constatent que l'utilisation d'une RMO agirait bénéfiquement sur la douleur. Dans leur étude, ils utilisent le « pencil test » comme outil diagnostique en mettant la MP douloureuse en flexion ou en extension relative grâce à un stylo. Lorsque ce test est positif, il permet de supprimer la douleur. Une orthèse est alors réalisée en RME ou RMF en fonction du test réalisé précédemment. Dans les deux cas, l'orthèse agirait sur la douleur, et notamment sur la douleur d'origine inconnue. Lalonde décrit la douleur comme étant « *le seul moyen que possède la nature de nous dire si nous aidons ou nuisons à la guérison du tissu lésé ou blessé* ». Selon lui la douleur serait soulagée grâce au rééquilibrage des forces lors des mouvements actifs, de manière à ce que les structures lésées puissent guérir.

- **Avantage par rapport au schéma moteur**

Nous avons vu plus haut que l'immobilisation entraînait une cascade de réactions physiologiques au niveau du cerveau, avec une perturbation de l'activité des aires motrices et du schéma moteur. Il s'avère que ce principe s'applique aussi dans le cas d'une articulation aux mouvements altérés, par exemple, par une raideur. Plusieurs études ont montré que les zones motrices utilisées s'agrandissaient alors que celles non utilisées perdaient de leur représentation corticale.

Pour modifier ce changement cérébral, dont la conséquence est un déséquilibre musculaire des muscles non utilisés, le patient doit réactiver ces muscles de manière répétées dans le temps pour rétablir une représentation corticale proportionnelle.

Le joug a donc pour objectif de réactiver le déséquilibre musculaire induit par la raideur ou l'immobilisation pour retrouver un schéma moteur correct et reprendre pleine possession de sa main.

- **Avantage par rapport à la proprioception**

Le terme « proprioception » est dérivé du latin « proprius » - appartenir à soi-même et «- ception» - percevoir, et représente la capacité de se sentir et de se percevoir soi-même. Ce terme est utilisé depuis le début du XXe siècle pour désigner :

- la perception sensorielle,
- le contrôle moteur de la posture, de l'équilibre, de la coordination audiovisuelle et motrice,
- la stabilité articulaire.

Le but de la rééducation neuromusculaire doit être triple selon Hagert [40] :

- Retrouver un mouvement global fluide et équilibré après un traumatisme ou une chirurgie.
- Utiliser une compression musculaire dynamique pour compenser une articulation où les contraintes ligamentaires sont inférieures.
- Favoriser le mouvement des muscles protecteurs des articulations tout en évitant les muscles potentiellement dommageables pour les articulations.

Grâce à la présence de 15 à 22 nerfs articulaires dans la MP, l'articulation possède un rôle proprioceptif important.

L'utilisation du joug dans la stabilisation de la MP, ainsi que lors de la répétition de mouvements actifs, participe au travail des sens proprioceptifs. L'activation des fuseaux musculaires, des récepteurs cutanés et intracapsulaires participe au maintien de la stabilité de l'articulation.

L'utilisation du joug avec un contrôle visuel stimule l'activité dans le cortex somatosensoriel contribuant à un contrôle cortical important, facilitant la rééducation proprioceptive fonctionnelle. A contrario, l'absence de contrôle visuel permet le renforcement important de la prise de conscience de l'articulation dans l'espace.

L'appui du joug sur la peau renforce aussi la stimulation de récepteurs cutanés influant sur la proprioception.

DISCUSSION

Comme nous venons de le voir, l'utilisation du joug dans la rééducation présente des avantages certains pour le traitement des raideurs digitales.

Szekeres *et al.* [41] comparent les différentes utilisations du joug en fonction de la pathologie et par rapport à ses différentes indications thérapeutiques. Suite à leur étude, ils constatent, pour la plupart des pathologies, une amélioration sur les amplitudes articulaires et la force de préhension après utilisation du joug. Utilisé précocement, celui-ci augmenterait significativement la fonctionnalité de la main.

Le joug prend aussi tout son sens dans une rééducation à domicile.

D'après Szekeres *et al.* [41], il encouragerait l'adhésion du patient à son parcours de soins. Nous avons vu plus haut que l'implication du patient était une condition favorable à une auto-rééducation optimale. Le joug étant un outil petit, léger, facilement transportable et relativement simple d'utilisation, le patient peut aisément se l'approprier et l'avoir en permanence sur lui pour réaliser ses exercices tout au long de la journée, et ainsi améliorer sa mobilité articulaire tout en respectant les règles biomécaniques élémentaires.

Cependant, la majorité des auteurs s'accordent à dire que les études publiées jusqu'ici se voient attribuer un faible niveau de preuve scientifique. C'est la raison pour laquelle Szekeres *et al.* [41] concluent leur article en indiquant qu'ils ne sont pas en mesure d'affirmer, sans conteste, que le joug peut être utilisé pour toutes les blessures de la main.

Essentiellement rétrospectives, les études dont nous disposons sont pour la plupart centrées sur l'aspect protecteur du joug, notamment pour ce qui concerne la réparation des tendons extenseurs. Nous n'avons trouvé que peu d'articles sur le joug en tant qu'orthèse d'exercice, et très peu d'études réalisées sur la RMF.

Pour être en mesure de certifier l'efficacité du joug dans la rééducation de la main, il faudrait multiplier les essais contrôlés randomisés comparant les différentes techniques de traitement. Les quelques rares publications sur le joug comme orthèse d'exercice ont essentiellement été écrites par Colditz [9][10] et Lalonde [18], les bons résultats et les bénéfices attestés par Colditz [9][10] étant la conséquence du port du joug en continu durant les heures de veille. Ceci va à

l'encontre de ce que nous présentons pour le joug : la pratique d'auto-exercices fréquents et réguliers, mais pas en continu comme prôné dans les études de Colditz [9][10]. En effet le port continu du joug est irréalisable.

Néanmoins, malgré le manque de preuves irréfutables et d'études randomisées, le joug reste un outil que nous ne pouvons négliger, et ce, d'autant plus que le nombre de blessés de la main évolue défavorablement depuis plusieurs années et que les traumatismes de la main sont un des motifs les plus fréquents de consultation dans les services d'urgence.

Le nombre de blessés de la main (en moyenne, 2,1M par an) augmente notablement, que ce soit en nombre de blessés (+32% en 20 ans) ou en nombre d'interventions chirurgicales (+55,34% sur 7 ans soit une augmentation de 6,58% par an) – la hausse des accidents de la vie courante expliquant en grande partie cette augmentation [39].

De ce fait, immanquablement, les coûts en dépense de santé imputables aux blessés de la main s'accroissent, même s'ils sont compensés en partie par une baisse des hospitalisations post-chirurgicales (-17% en 2017) avec un recours plus fréquent aux soins en ambulatoire [39].

Nous tirerons comme conclusion que, devant la faible présence de kinésithérapeutes spécialistes de la main en France (voir le chapitre sur l'état de l'offre en kinésithérapie de la main) et devant l'augmentation massive de la demande de soin relative aux pathologies de la main, l'auto-rééducation reste une alternative de choix.

De ce fait l'emploi du joug dans la prévention et le traitement des raideurs digitales, notamment utilisée dans l'auto-rééducation diminuerait les dépenses de santé.

CONCLUSION

Les raideurs digitales sont les complications les plus fréquentes à la suite d'un traumatisme de la main. Leurs causes sont multiples et leur traitement préventif est capital, notamment par la mise en place de mobilisations actives précoces.

Le nombre de blessés de la main est en constante progression avec plus de 2M de blessés de la main chaque année en France, dont 44% d'entre eux ont dû être opérés.

Le recours de plus en plus fréquent aux centres spécialisés « SOS main », permettant une prise en charge optimale des patients souffrant d'une pathologie de la main, a permis de mettre en évidence l'importance d'une prise en charge spécialisée précoce, tant pour le bien être du patient, que du point de vue de la maîtrise des coûts.

En regard des besoins qui vont croissants, nous constatons qu'il existe peu de kinésithérapeutes spécialisées dans la rééducation de la main sur le territoire.

Pour pallier ce manque, nous voulions nous interroger sur la pertinence d'un recours plus systématique à l'auto-rééducation en utilisant le joug comme outil privilégié de ce travail d'auto-rééducation.

Certes, quantité d'articles ont fleuri ces dernières années sur l'utilisation du joug comme protecteur des tendons lésés, et dans une moindre mesure comme orthèse de fonction, mais nous trouvons peu (pas assez) de références sur l'utilisation du joug comme orthèse d'exercice, notamment dans la prévention et le traitement des raideurs digitales.

Il nous a semblé qu'il s'agissait là d'une piste intéressante à explorer compte tenu de l'importance de ce que nous pourrions appeler le « trio gagnant » garantissant le meilleur suivi thérapeutique possible : Médecin / Rééducateur / Patient.

L'adage « Une hantise : la raideur, Une obsession : la mobilisation précoce » est bien connu des rééducateurs de la main qui ont un rôle important dans la prévention du danger d'une immobilisation et/ou de mobilisations inadaptées, et de la survenue de perturbations histologiques et neurologiques pouvant mener à l'installation de raideurs.

Reste à encourager le développement de recherches scientifiques sur une grande échelle qui permettront de lui donner toute sa place et dépasser le stade des d'études empiriques qui, tout en rendant compte de son efficacité, n'en apporte pas la preuve scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

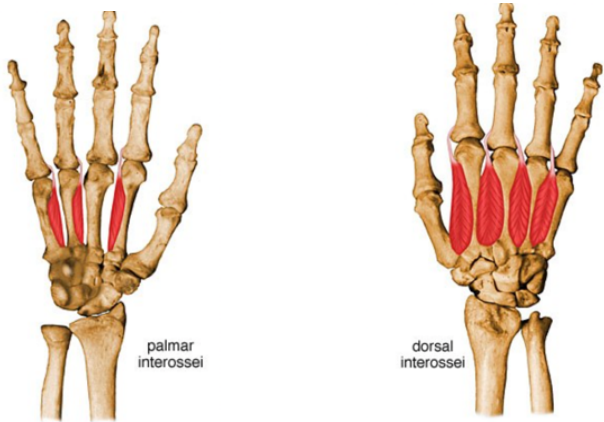
- [1] Andreu D., (2020). Rééducation des lésions capsulo-ligamentaires des articulations métacarpo-phalangiennes et interphalangiennes des doigts longs et du pouce. *Kinésithérapie la revue*, Vol 222, p 24-40
- [2] Bauwens P.-H., Fayard J.-M., Tatar M., Abid H., Freychet B., Sonnery-Cottet B., Thauinat M. (2023). Intérêt d'une application d'auto-rééducation après reconstruction du LCA pendant la période de confinement liée à la pandémie Covid-19. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologie*, Vol 109, p 59-64
- [3] Binder J.-P., Revol M., Cormerais A., Laffont I., Pedelucq J.-P., Dizien O., Servant J.-M. (2002). Ténodèse des extenseurs sur le rétinaculum extensorum : étude anatomique et biomécanique. *Chirurgie de la main*, Vol 21(5), p 282-287
- [4] Bonnel F. (1983) Anatomie des muscles interosseux et lombricaux de la main. *Ann Chir Main* Vol 2(2) p 172-8
- [5] Boutan M., Casoli V., Giot J.-P., Madert V., Rouvillois A. (2013). Anatomie musculaire et stratégies motrices du poignet et de la main. *Rééducation de la main et du poignet : anatomie fonctionnelle et techniques*. Elsevier et Masson, p 4-42
- [6] Cesim O.B., Ayhan E., Bas C.E., Oksuz C. (2021) Use of relative motion splint in extensor mechanism repairs : a retrospective case series. *Hand Surgery and Rehabilitation*, Vol 40, p81-86.
- [7] Cigdem Oksuz, Ozge Buket Arslan, Can Emre Bas, Egemen Ayhan, (2022). Early active movement with relative motion flexion splint for the management of zone 1-2 flexor tendon repairs : Case series. *Physiotherapy Theory and Practice, An International Journal of Physical Therapy*
- [8] Clement P., (1978). A propos de la rééducation post-traumatique des doigts. *Ann Kinesith.* 3, p 77-102.
- [9] Colditz J.,(2014). Active re-direction instead of passive motion for joint stiffness. *IFSSH Ezine*, p 41-4
- [10] Colditz J.(2013). Use of a Relative Motion Orthosis for Regaining PIP Joint Flexion or Extension. *Clinicians Classroom*, Vol 26
- [11] Geoffroy C., Mesplié G., (2020). Les origines de la raideur de la main. *Kinésithérapie la revue*, Vol 222, p 20-23
- [12] Gleyze P., Georges T., Flurin P.-H., Laprelle E., Katz D., Clavert P. (2011). Analyse critique et comparative des exercices de rééducation et d'autorééducation dans le traitement des raideurs de l'épaule : étude prospective multicentrique de 148 cas. *Revue de chirurgie orthopédique et traumatologique*, Vol 97, p S428-S441

- [13] Higgins J., Chang J., Hoit G., Chahal J., Dwyer T., Theodoropoulos J. (2020). Conventional Follow-up Versus Mobile Application Home Monitoring for Postoperative Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients : A Randomized Controlled Trial. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic and related surgery*, Vol 36, p 1906-1916
- [14] Hirth M.-J., Howell J.-W., O'Brien L. (2016) Relative motion orthoses in the management of various hand conditions: A scoping review. *J Hand Ther Off J Am Soc Hand Ther*. 29(4) p 405-32.
- [15] Kapandji I.-A. (1982). *Physiologie articulaire, tome I*. Paris : Maloine p. 172-285
- [16] Kapandji I.-A. (1995). *La main du musicien*. Montauban ; Médecine des Arts, Editions Alexitère ;p. 12-3
- [17] Kloec T. (2017). Relative Motion orthoses for prevention and treatment of deformities in the hand. *Hand Therapy Conference*.
- [18] Lalonde D., Flewelling L. (2017). Solving Hand/Finger Pain Problems with the Pencil Test and Relative Motion Splinting. *Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open*, Vol 5, p e1537
- [19] Le Bellec Y., Loy S., Touam C., Alnot J.-Y., Masméjean E. (2001). Traitement chirurgical de la déformation en boutonnière des doigts longs : Étude d'une série rétrospective de 47 patients. *Chir Main*, 20(5): p 362-7
- [20] Maes Clavier C., Borowski A., David E., Rotari V., Najjari H. (2018). Une application dédiée à la prise en charge postopératoire des pathologies de la main peut-elle être utile pour les patients. *Hand Surgery and Rehabilitation*, Vol 37, p 436
- [21] Merle M., Dautel G., (2009). *La main traumatique, Tome 1 : L'urgence*. Masson, 2^{ième} éd.
- [22] Merritt, Wyndell H., Jarrell K. (2020). A Paradigm Shift in Managing Acute and Chronic Boutonniere Deformity : Anatomic Rationale and Early Clinical Results for the Relative Motion Concept Permitting Immediate Active Motion and Hand Use. *Annals of Plastic Surgery*, Vol 84, pS141-S150
- [23] Miller J., Le Brian Q. (2022). An Improvised Approach tu Relative Motion Extension Splinting in the Emergency Room. *Plastic and Reconstructive Surgery – Global Open*, Vol 10, p e4211
- [24] Mitz V., Nicquet A., (1985). *Rééducation de la main post-traumatique*. Expansion scientifique française, Paris
- [25] Moutet F., Dedieu J.-F., Jambon D., Mitermique B., Thomas D., Vial B., Voirin C., (1988). *Rééducation et appareillage de la main traumatique*. Masson, Paris
- [26] Munaut L. (2021). RMO Relative Motion Orthosis – Orthèse de position relative de l'articulation métacarpo-phalangienne de doigt long en flexion ou en extension. *Mémoire DIU de Grenoble : Appareillage et rééducation de la main*.

- [27] Neiger H., Gilhodes J.C., Tardy-Gervet M.F., Roll J.P. (1986). Rééducation sensori-motrice par assistance proprioceptive vibratoire. *Kinésithérapie Scientifique*, n° 252, 1986.
- [28] Orset G. (2013). La rotation axiale longitudinale des phalanges. *Rééducation de la main et du poignet : anatomie fonctionnelle et techniques*. Elsevier et Masson, p 44-49
- [29] Redondo Paul. (1972) Le joug, appareil de rééducation des doigts. *J Kinésithérapie*. Juillet 1972;202.
- [30] Rouzaud J.-C., Roux, J.-L., Barthes S., Amara B., Boukari C., Allieu Y. (2020). De l'extension des doigts. *Kinésithérapie la revue*, Vol 20(222), p 41-50
- [31] Rouzaud S., (2013). Rééducation des lésions ligamentaires de l'articulation interphalangienne proximale vue secondairement au stade du flectum irréductible. *Rééducation de la main et du poignet : anatomie fonctionnelle et techniques*. Elsevier et Masson, p 286-288.
- [32] Tubiana R., Thomine J.-M. (1990). *La Main : Anatomie fonctionnelle*. Masson, p 34-5
- [33] Tubiana R. (1984). *Traitement des raideurs des doigts : Tome 2*. Masson, p 911-25.
- [34] Van strien G. (2018). Active extensor tendon rehabilitation for zones 3-7; short arc motion and relative motion - two different approaches. *FESSH-EFSHT*
- [35] Versier G., (date inconnue). Biomécanique articulaire.
http://www.clubortho.fr/cariboost_files/biomecanique_20articulaire_20GV_20.pdf
- [36] Wyndell H., Merritt M.D. (2014). Relative Motion Splint : active motion After Extensor Tendon Injury and Repair. *The Journal of Hand Surgery*, Vol 39, p1187-1194
- [37] Schomacher, J. (2009). *The convex-concave rule and the lever law*. *Manual therapy*, 5(14), 579-582.
- [38] Gerlac D., (2021-2023) Cours DIU Rééducation et appareillage en chirurgie de la main, Grenoble
- [39] Livre blanc (2018). Sous l'égide de la Fédération des Services d'Urgences de la Main
- [40] Hagert E., (2010). Proprioception of the wrist joint : A review of current concepts and possible implications on the rehabilitation of the wrist. *Journal of hand therapy*, Vol 23 (January-March 2010), p 2-17
- [41] Szekeres M., (2016). Clinical relevance commentary in response to : Relative motion orthoses in the management of various hand conditions : A scoping review. *Journal of Hand Therapy*, Vol 29 (October-December), p 505-506


ANNEXES

Annexe 1 - Muscle Interosseux (IO)

Nom	Muscle Interosseux (IO) Nom latin : Interossei
Origine	Ils sont organisés en deux groupes : les Interosseux Palmaires (IOP) et les Interosseux Dorsaux (IOD). Ils ont pour origine la face latérale des métacarpiens.
Trajet	Ce sont des muscles courts, unipennés pour les IOP et bipennés pour les IOD. Les tendons passent en arrière du ligament intermétacarpien transverse profond sur lequel ils s'appuient. Le tendon passe en avant de l'axe de flexion/extension de la MP pour se terminer sur le système extenseur.
Terminaison	Bonnel [4] décrit plusieurs terminaisons : <ul style="list-style-type: none">• Une expansion palmaire profonde capsulaire sur la MP + une insertion osseuse à la base de P1.• Une terminaison superficielle proximale, formant avec l'IO controlatérale une dossière = la dossière des Interosseux.• Une terminaison superficielle moyenne sur l'extenseur au niveau de P1.• Une terminaison superficielle distale au niveau des bandelettes latérales de l'extenseur.
Innervation	Nerf ulnaire (C8 T1)
Action	Ils réalisent plusieurs actions : <ul style="list-style-type: none">• Flexion MP.• Extension IPP.• Extension IPD par la mise en tension du complexe tendineux extenseur du doigt.• ABDucteur (IO Dorsaux).• ADDucteur (IO Palmaires).• Composante de rotation de P1 lors de la contraction unilatéral de l'IO. Ils sont particulièrement actifs lors des prises sphériques.
Image	


Source illustrations : <https://rad.washington.edu/muscle-atlas/extensor-digitorum/>

Annexe 2 - Extenseur Commun des Doigts (ECD)

Nom	Extenseur Commun des Doigts (ECD) Nom latin : Extensor Digitorum Communis
Origine	Il prend son origine : <ul style="list-style-type: none"> • Au niveau de l'épicondyle latérale de l'humérus par l'intermédiaire d'un tendon commun. • Au niveau de la face profonde de l'aponévrose antébrachiale.
Trajet	Son trajet est vertical. A l'union du tiers moyen et inférieur de l'AVB, le corps musculaire donne naissance à 4 tendons qui cheminent sous le retinaculum des extenseurs en passant dans la 4 ^e coulisse. Puis chaque tendon diverge à la face dorsale de la main, vers le doigt qui lui est destiné.
Terminaison	Il se termine en plusieurs bandelettes. De la plus proximale à la plus distale, on trouve : <ul style="list-style-type: none"> • Une première insertion pour la face dorsale de la base de P1. • Une bandelette moyenne qui se fixe sur la face dorsale de la base de P2. • Deux bandelettes latérales passant de part et d'autre de l'IPP et se rejoignant en une bandelette terminale sur la face dorsale de la base de P3.
Innervation	Nerf radial (C6, C7, C8)
Action	Il est extenseur de la MP des doigts. Il contribue de façon conjointe avec les interosseux et les lombricaux à l'extension de l'IPP (surtout lorsque la MP est fléchie). Il est extenseur du poignet
Image	


Source illustration : <https://rad.washington.edu/muscle-atlas/extensor-digitorum/>

Annexe 3 - Muscle Fléchisseur commun Profond des Doigts (FDP)

Nom	Muscle Fléchisseur commun Profond des Doigts (FDP) Nom latin : Flexor Digitorum Profundus
Origine	Il s'insère sur : <ul style="list-style-type: none"> • Les 3/4 supérieur des faces antérieures de l'ulna. • La face médiale du processus coronoïde. • Les 2/3 médiaux de la membrane interosseuse de l'AVB. • Le bord médial du Radius.
Trajet	Il se dirige verticalement, se divise en 4 tendons au tiers inférieur de l'AVB, et traverse le canal carpien. Au niveau de la MP des doigts longs, il perfore le tendon du FDS. NB : Nous noterons que le corps musculaire et le tendon destinés à l'index se différencient nettement de ceux des autres doigts.
Terminaison	Il se termine sur la face antérieure de la diaphyse de P3 de chaque doigt long.
Innervation	Nerf médian (C5 C6 C7 C8 T1) pour D2 D3 Nerf ulnaire (C8 T1) pour D4 D5
Action	Fléchisseur de P3 sur P2, il participe à la flexion de l'IPP et de la MP des doigts. Fléchisseur de poignet en situation de prise.
Image	

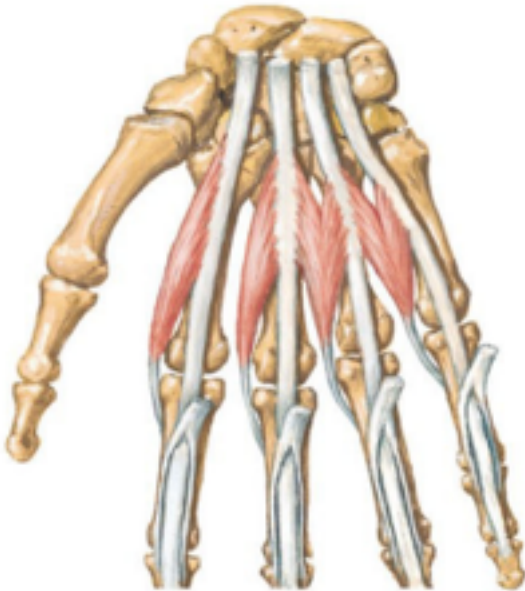
Source illustrations : <https://rad.washington.edu/muscle-atlas/extensor-digitorum/>

Annexe 4 – Muscle Fléchisseur commun Superficiel des Doigts (FDS)

Nom	Muscle Fléchisseur commun Superficiel des Doigts (FDS) Nom latin : Flexor Digitorum Superficialis
Origine	Deux chefs : 1°) Le chef Huméro-ulnaire : <ul style="list-style-type: none"> • Insertion sur la face antérieure de l'épicondyle médial de l'humérus. • Insertion sur le bord médial du processus conoïde de l'ulna. 2°) Le chef Radial : <ul style="list-style-type: none"> • Insertion sur la moitié supérieure de la face antérieure du radius.
Trajet	Les deux chefs fusionnent en un corps musculaire épais, puis se divisent en 4 faisceaux tendineux (qui s'organisent en deux plans, un profond pour D2 et D5, et un superficiel pour D3 et D4). Ces faisceaux tendineux descendent et passent par le canal carpien qui divergent vers les doigts.
Terminaison	En regard de la MP, il se divise en deux languettes (chiasma) pour se terminer au niveau de la face antéro-latérale de P2 de chaque doigt long.
Innervation	Nerf médian (C7 C8 T1)
Action	Fléchisseur de P2 sur P1, puis de P1 sur le métacarpe. Fléchisseur du poignet en situation de prise
Image	

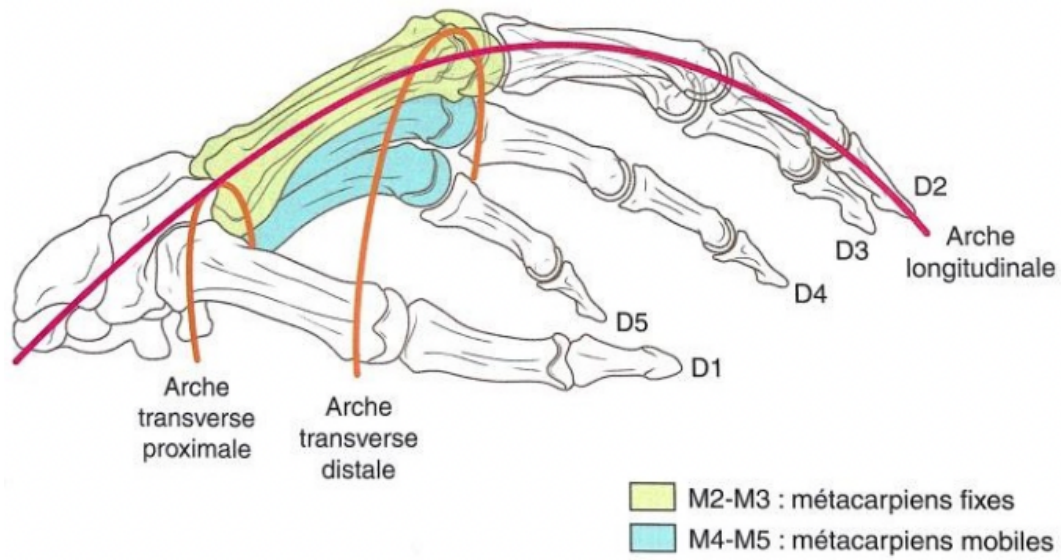
Source illustration : <https://rad.washington.edu/muscle-atlas/extensor-digitorum/>

Annexe 5 – Muscles lombricaux

Nom	Muscles Lombricaux Nom latin : Lombricalis
Origine	Ils ont pour origine les tendons du muscle FDP au niveau de la paume de la main.
Trajet	Ils ont un corps musculaire grêles, et sont unipennés pour les deux premiers lombricaux et bipennés pour les deux derniers lombricaux. Le tendon passe en avant du ligament intermétacarpien transverse profond.
Terminaison	Ils se terminent sur l'appareil extenseur au niveau des bandelettes latérales.
Innervation	Premier et deuxième lombricaux : Nerf médian (C6 C7 C8 T1) Troisième et quatrième lombricaux : Nerf ulnaire (C8 T1)
Action	Ils ont un rôle qualitatif et modulateur dans le réglage du tonus fléchisseur/extenseur. Ils renseignent sur la position de la chaîne digitale grâce à leurs fibres riches en tenso-récepteurs (Rabischong). Ils n'ont aucune activité lors de la flexion des doigts Ils sont actifs uniquement lors de l'extension des doigts. De par leur contraction sur le FDP, ils diminuent la résistance passive à l'étirement de ce dernier.
Image	

Source illustrations : <https://rad.washington.edu/muscle-atlas/extensor-digitorum/>

Annexe 6 – Les arches de la main



Tubiana R., Thomine J.-M. (1990). La Main : Anatomie fonctionnelle. Masson, p 34-5