

Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Dijon



LA REEDUCATION DES RUPTURES DE POULIES
DIGITALES CHEZ LE GRIMPEUR



Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Dijon

**LA REEDUCATION DES RUPTURES DE POULIES
DIGITALES CHEZ LE GRIMPEUR**

Revue de Littérature

Mémoire réalisé en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de Masseuse-
Kinésithérapeute

Référente de mémoire : Mme BROCHOT Anne-Claude, MKDE.

Directrice de mémoire : Mme LE MOTEUX Cécile, MKDE et directrice adjointe
de l'IFMKD.

Remerciements :

Je tiens à remercier toutes les personnes m'ayant soutenu lors de la réalisation de ce mémoire, et plus particulièrement :

- **Ma famille**, sans qui ces études n'auraient pas été possibles, pour leur aide et leur soutien quotidien et pour leurs nombreuses relectures.
- **Mes amis**, et tout particulièrement mes colocataires, pour leurs apports de bonne humeur et de connaissances.
- **Mathilde**, pour sa compagnie et ses nombreuses relectures.
- **Mme Girardot**, pour ses nombreuses relectures, ainsi que son aide concernant l'organisation du mémoire.
- **M. Santos**, qui m'a accompagné et guidé durant ce travail.
- **Mme Gaubert**, qui s'est intéressée dès le départ à mon sujet.
- Le **Pr. Moutet**, le **Pr. Schöffl**, **M. Delmares**, et **M. Remillieux**, qui ont répondu à mes nombreuses questions.
- **Mme Martineau**, qui a toujours su répondre rapidement à mes requêtes.
- **Mme Brochot**, référente de ce mémoire.

Glossaire :

AROM : *Active Range of Motion*

CAF : Club Alpin Français

FFME : Fédération Française de Montage et d'Escalade

FPD : Fléchisseur Profond des Doigts

FSP : Fléchisseur Superficiel des Doigts

GEMMSOR : Groupe d'Etudes de la Main en Orthèses et Rééducation

IFCM : Institut Français de Chirurgie de la main.

IFMK : Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie

IPD : Inter-Phalangienne Distale (articulation)

IPP : Inter-Phalangienne Proximale (articulation)

PROM : *Passive Range of Motion*

ROM : Range Of Motion (= amplitude de mouvement)

SAE : Structure Artificielle d'Escalade

TENS : *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (= NeuroStimulation Electrique Transcutanée)

UIAA : Union internationale des Associations d'Alpinisme (*International Climbing and Mountaineering Federation*)

Sommaire

1.	Introduction	1
2.	Cadre théorique	3
2.1.	Rappels anatomiques	3
2.1.1.	<i>Les poulies</i>	3
2.1.2.	<i>Les zones</i>	4
2.2.	Rappels biomécaniques	4
2.3.	L'escalade	5
2.3.1.	<i>Le niveau</i>	5
2.3.2.	<i>La structure</i>	6
2.3.3.	<i>Les disciplines</i>	6
2.3.4.	<i>Les préhensions</i>	7
2.4.	Physiopathologie	8
2.5.	Diagnostic	9
2.6.	Gravité	10
2.7.	Evaluation des résultats des traitements	10
3.	Méthodologie	11
3.1.	Personnes rencontrées et établissement de la problématique	11
3.2.	Ressources sélectionnées et établissement des mots clés	11
3.3.	Critères de sélection	13
4.	Résultats	14
4.1.	Rééducation après chirurgie des tendons fléchisseurs en zone II	14
4.2.	Rééducation après ruptures de poulies A2 et/ou A4	15
4.2.1.	<i>Traitement conservateur</i>	16
4.2.2.	<i>Rééducation après traitement chirurgical</i>	17
4.3.	Vers la reprise sportive	20
4.3.1.	<i>Facteurs de risques spécifiques</i>	20
4.3.2.	<i>Concernant l'utilisation du Tape</i>	22
5.	Discussion	24
5.1.	La rééducation des poulies : peu de protocoles décrits	24
5.2.	La rééducation durant la cicatrisation : une étape essentielle ?	25
5.3.	L'éducation du patient au cœur du processus de réintégration du geste sportif	26
5.3.1.	<i>Concernant l'utilisation du Tape</i>	26
5.3.2.	<i>Vers la réintégration du geste sportif :</i>	27
6.	Conclusion	29

1. Introduction

La naissance de l'escalade a eu lieu au XVe siècle. C'est en 1492, que l'équipe d'Antoine de Ville achève l'ascension du Mont-Aiguille (Massif du Vercors) [1]. Elle est de fait la cousine de l'alpinisme puisqu'elle était parfois nécessaire pour gravir des sommets. C'est au cours du siècle dernier, qu'une pratique dite de « l'escalade pure » est apparue en se dissociant de l'alpinisme : en France sur les sites de Fontainebleau, mais également chez nos voisins Allemands et Anglais [2]. C'est en 1960 qu'elle prend une véritable identité. Elle pourrait se définir comme « une activité de déplacement quadrupédique sur un support plus ou moins vertical et varié, dont l'objectif est d'atteindre le sommet du support ou la fin du parcours en utilisant uniquement les prises disponibles sur le support, tout en assurant sa sécurité » comme l'ont écrit Salomon et Vivier (1989)[3]. Mais c'est à partir des années 1970 que l'escalade va connaître un véritable essor, notamment grâce à la médiatisation qu'en a fait Patrick Edlinger à travers ses films et particulièrement « la vie au bout des doigts » dans lesquels il présente sa vision du sport mais aussi ses prestations vertigineuses.

Quarante ans après ses exploits, l'escalade est devenue un des sports de plein air parmi les plus pratiqués. En effet, fin 2015, la FFME ne comptabilise pas moins de 93 184 licenciés [4]. Mais ce chiffre ne reflète pas le nombre total de grimpeurs puisqu'il existe d'autres organismes tels que le CAF, et également de nombreux pratiquants non recensés. Il est possible de grimper de manière libre, sans pour autant être membre. Il semblerait que seulement un grimpeur sur dix soit rattaché à une fédération [5].

Son exercice a bien évolué, la faisant passer de pratique marginale à sport reconnu. En effet, à ses débuts, lorsque le nombre de pratiquants était encore faible, sa pratique était difficile d'accès. Désormais elle est accessible à tous, de par la naissance des SAE, de la démocratisation de l'utilisation du matériel, mais également par la sécurisation des falaises. Il est désormais possible de grimper où l'on veut, quand on veut. Cette évolution s'est indéniablement tournée vers la naissance de la compétition ; à noter que la discipline sera au programme des Jeux Olympiques de Tokyo en 2020 [6]. Cette popularité croissante de la compétition est responsable d'une forte hausse du niveau de difficulté. Cela implique une augmentation des entraînements et donc des contraintes sur le corps.

La pratique de ce sport peut être source de multiples lésions d'origines variées : traumatique ou encore de sursollicitation. Ces lésions peuvent toucher l'ensemble du corps. En effet, le grimpeur est exposé aux risques de chutes, pouvant être responsable de fractures, entorses et autres. Par ailleurs, à long terme, la pratique de l'escalade entraîne généralement des déformations morphostatiques. A noter qu'il est facile d'identifier la posture atypique du grimpeur, en cyphose dorsale, antéprojection de tête, enroulement des épaules, flexion de coude et des doigts [7].

La quête de la performance implique une intensification des entraînements. Ces derniers cherchant à permettre la tenue de prises de petites tailles dans des postures complexes ; les contraintes qui s'exercent sur le membre supérieur et notamment la main sont très importantes. Celles-ci exposent des mécaniques qui ne sont pas spécifiquement conçues pour de tels efforts, à

des lésions de surmenage. Les syndromes de sursollicitation touchant le grimpeur sont nombreux. A titre d'exemple, on note : le syndrome des loges de l'avant-bras, l'inflammation des gaines tendineuses, l'arthrose des doigts, l'entorse des ligaments collatéraux des doigts, et bien d'autres ... La main est donc le secteur privilégié des pathologies du grimpeur, car c'est sur elle que s'exerce l'ensemble des forces lors de l'ascension. Les doigts n'ont pas été conçus pour de tels efforts, aussi intenses et brutaux. Selon les auteurs, 60% des pathologies rencontrées chez les grimpeurs touchent l'extrémité du membre supérieur, et plus d'un grimpeur sur quatre a été victime d'une atteinte à la main durant sa « carrière » [7–11]. Il est donc nécessaire d'étudier et connaître ces pathologies afin de comprendre comment les traiter, mais également, développer la prévention car il existe de fortes chances pour que la douleur persiste et qu'elle perturbe le retour au niveau antérieur.

Ce mémoire se tournera vers le traitement des ruptures de poulies car c'est une des lésions les plus courantes chez le grimpeur [8]. Celle-ci est crainte car elle entraîne une indisponibilité sportive totale.

C'est une lésion mixte qui peut être traumatique et soudaine, mais est également l'expression d'une sursollicitation des doigts. La rupture de poulie peut s'exprimer lors d'une coupure de la face palmaire des doigts, mais reste une pathologie qui touche principalement le grimpeur. Ce traumatisme peut se retrouver dans d'autres sports, comme au rugby ou au judo [9]. L'intervention chirurgicale peut être nécessaire pour les cas les plus graves. La rééducation post-lésionnelle est donc fondamentale si le grimpeur veut retrouver son niveau antérieur le plus rapidement possible.

Par ailleurs, bien que très présente dans le milieu de l'escalade, cette pathologie reste, comme le dirait le Pr. Moutet : « une pathologie de niche », c'est-à-dire qu'elle ne représente qu'une faible part de la population générale. Cela semblerait impliquer qu'il faille être spécialiste de la main pour en connaître le rôle ainsi que les traitements. C'est en cela que je la trouve intéressante. D'une part, elle concerne une population à laquelle je suis confronté régulièrement. Et d'autre part, les poulies de l'appareil fléchisseur représentent une particularité anatomique, qui possèdent des spécificités biomécaniques et s'intègrent à un des organes les plus complexes du corps humain. Un organe ayant pour fin la fonction de préhension, qui est marqué par la finesse et l'agilité : la main. C'est pourquoi cette revue de littérature tentera de répondre à la question suivante : « **Quel traitement rééducatif le grimpeur peut-il suivre dans les suites d'une rupture de(s) poulie(s) digitale(s), afin de retrouver dans les meilleures conditions son niveau antérieur?** »

Dans un premier temps, après quelques rappels anatomopathologiques et biomécaniques, nous expliquerons les particularités de l'escalade (le niveau, les disciplines, les préhensions...) ; afin de comprendre le mécanisme de survenue et les facteurs aggravants, ainsi que de connaître le vocabulaire propre à ce milieu.

Dans un second temps, nous nous orienterons vers la prise en charge masso-kinésithérapique, en expliquant le traitement à mettre en place face à ce genre de pathologie.

2. Cadre théorique

2.1. Rappels anatomiques [9–15]

2.1.1. Les poulies

Les **poulies digitales**, ou **coulisses fibreuses** des tendons des fléchisseurs sont des condensations fibreuses inextensibles (Fig.1). Elles entourent les tendons des fléchisseurs des doigts (FSD, FPD), ainsi que leurs gaines synoviales, le tout formant le **canal digital**. Il en existe deux types dont la description la plus commune est la suivante :

- les poulies annulaires ou arciformes (en forme d'anneau dont les fibres sont transversales à l'axe du doigt), plus résistantes ;
- les poulies cruciformes (en forme de croix dont les fibres sont entrecroisées).

Ces structures sont disposées à la face palmaire des doigts depuis l'articulation métacarpo-phalangienne jusqu'à la phalange distale. On retient cinq poulies arciformes (notées de A1 à A5 dans le sens proximo-distal) et quatre cruciformes (notées de C1 à C4). Manske et Lesker décrivent par ailleurs une poulie A0 qui se situe quelques millimètres en amont du canal digital, en continuité de l'aponévrose palmaire [16].

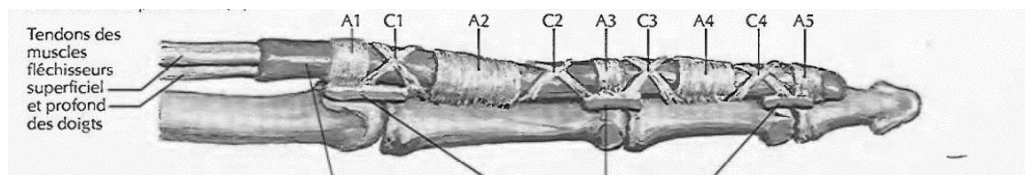


Fig.1: anatomie des poulies digitales [11].

Il existe des différences dans la description des anatomistes quant aux nombres et à la localisation. Elles peuvent être le reflet de variabilités anatomiques interindividuelles.

Les poulies qui nous intéressent le plus dans ce mémoire, sont les poulies A2, A3 et A4. Elles ont un rôle mécanique plus important et sont les plus fréquemment mises en cause dans les pathologies liées à la pratique de l'escalade. Ce sujet sera plus amplement détaillé dans la partie biomécanique. Nous allons donc en décrire plus précisément la localisation.

La poulie A2 est située au niveau de la phalange proximale. Elle s'étend en général sur 20mm et recouvre donc les tendons des fléchisseurs superficiel (FSD) et profond (FSP).

La poulie A3 est en regard de l'IPP.

La poulie A4 se localise au niveau de la phalange intermédiaire. Elle ne recouvre que le tendon du fléchisseur profond des doigts [17].

Ces structures anatomiques sont donc des condensations fibreuses constituées de tissu conjonctif (cellules de collagène et fibroblastes principalement). Elles peuvent s'apparenter à des ligaments puisqu'elles s'insèrent par leurs deux extrémités sur de l'os et ne sont pas uniquement des épaissements de la gaine synoviale.

2.1.2. Les zones

Il existe une classification anatomique de référence qui sépare la face palmaire de la main et du poignet en cinq zones (pour les doigts longs) [18] (Fig.2). C'est la classification de « Verdan et Michon » datant de 1980. Elle voit un intérêt dans le pronostic et le résultat du traitement des lésions tendineuses. Ceux-ci diffèrent en fonction de la zone concernée. Le risque de formation d'adhérences est variable d'une zone à l'autre.

La zone II nous intéresse particulièrement. En effet, elle s'étend, du pli palmaire distal (lieu où les tendons du FPD et du FSD pénètrent dans la gaine synoviale), à la partie moyenne de la deuxième phalange (insertion distale du FSD par ses bandelettes). Dans cette zone, se situent les poulies A2, A3 et A4 ; ainsi que le « chiasma de Camper ». Il correspond à la division du tendon distal du FSD, qui est « perforé » par le tendon du FPD.

Cette zone est dénommée *no man's land* par Bunnell, ou encore *critical zone* pour Boyes du fait de sa complexité [20,21]. Cela s'explique par la nécessité d'un geste chirurgical très précis pour éviter les complications (principalement représentées par le risque de formation d'adhérences pouvant mener à une limitation d'amplitudes) [22,23]. Par ailleurs, Tang subdivise cette zone en quatre du fait de sa richesse anatomique [24].

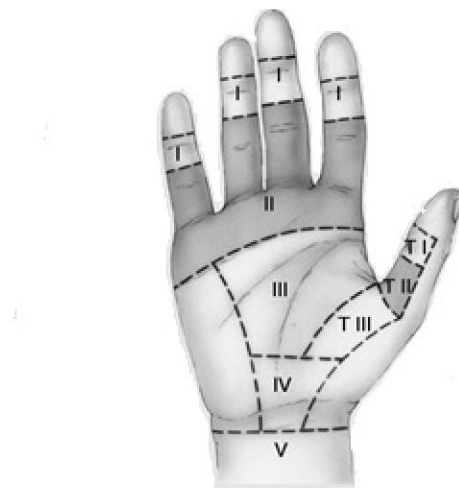


Fig.2: Les zones de la main (face palmaire) [19].

2.2. Rappels biomécaniques [9,12,14,15,25]

Il est habituellement décrit comme **rôle** principal des poulies, une fonction tunnelaire de maintien des tendons fléchisseurs contre l'os au cours de la flexion. Cela permet de prévenir le phénomène de **corde d'arc** (en anglais : *bowstringing*) (Fig.3) qui semble évident en cas d'absence de ces structures. Par ailleurs, ce maintien du tendon contre l'os permet également au muscle de conserver sa course complète et ainsi, sa force. En effet en cas d'absence de poulie, le tendon prend la corde. Le muscle se retrouve donc détendu et en état d'insuffisance active par diminution de son moment fléchissant. La force de contraction et l'amplitude active se voient alors diminuées.

En effet le Pr. Moutet explique que « la section isolée de A2 diminue l'enroulement digital de 10 % ». Le rôle de prévention de la corde d'arc est notable pour les poulies dites « diaphysaires » ; ce qui est moins le cas des poulies dites « articulaires » (en regard des articulations) qui ont, quant à elles, plus une composante de répartition des forces. C'est le cas de la poulie A3 notamment, qui est considérée comme la plus souple [26]. Etant plus élastique, elle va laisser les contraintes se répartir plus sur A2 et A4. Ces dernières sont les seules indispensables au maintien d'une flexion complète [27]. D'après Lin et Al., cette différence mécanique s'exprime également par des résistances différentes à la rupture. Il a été démontré (d'après des études cadavériques) que les poulies A2 et A4 ont des forces de résistance à la rupture plus élevées que les autres [9,28]. La poulie A2 est la plus résistante (pouvant résister à des forces supérieures à 400N), puis la poulie A4 (300N) et enfin les autres (inférieurs à 100N). Le fait que la poulie A2 soit la plus résistante semblerait venir du fait qu'elle doit faire face à la force de deux tendons (FSP et FPD) contrairement à A4 (située au niveau du chiasma de Camper) qui n'est mise en tension que par le FPD. A3 possède un rôle mécanique différent des deux autres. Elle est en lien étroit avec la plaque palmaire et la tracte lors du mouvement de flexion de l'IPP permettant une amplitude active complète.

A noter : les poulies des grimpeurs, comme toute structure anatomique, subissent des adaptations physiologiques en fonction des contraintes auxquelles elles sont soumises. Cela engendre une augmentation de leurs épaisseurs et ainsi de leurs résistances [8,29].

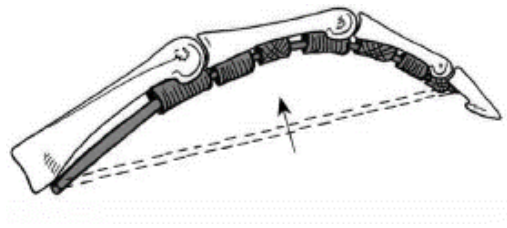


Fig.3: illustration du phénomène de corde d'arc (en pointillé) [12]

2.3. L'escalade [14,15,17]

Pour répondre au propos, un descriptif des particularités de l'escalade pouvant avoir des incidences sur la pathologie en question me semble nécessaire afin de comprendre les spécificités de ce sport.

2.3.1. Le niveau

Tout d'abord pour décrire le niveau de difficulté, l'escalade possède une cotation particulière. Celle-ci diffère d'un pays à l'autre. Pourtant, il existe une cotation internationale quasiment inutilisée, décrite par l'UIAA [30]. Nous nous appuierons cependant sur la cotation française. Cette cotation commence au niveau 3 et s'étend jusqu'au 9, chaque niveau étant sous-divisé en sous-catégories matérialisées par les lettres a, b, et c. La plupart du temps, ce niveau est donné de manière subjective, par le grimpeur qui « ouvre » la voie.

2.3.2. La structure

Deuxièmement, la structure doit être détaillée. L'escalade peut se pratiquer **en falaise** (en extérieur), ou **en salle** (en intérieur) sur des « Structures Artificielles d'Escalade » (SAE). Ces dernières se sont développées de plus en plus avec la démocratisation de ce sport. Elles permettent de faire face aux intempéries mais aussi d'assurer plus d'équité lors des compétitions. Effectivement, les voies sont ouvertes les jours précédents la compétition ; ainsi les compétiteurs ne peuvent s'entraîner au préalable sur ces voies.

2.3.3. Les disciplines

Troisièmement, il existe différentes disciplines au sein de ce sport. On en distingue trois : la difficulté, le bloc et la vitesse (Fig.4).

- La difficulté : Cette pratique consiste à monter le plus haut possible sans tomber, tout en étant assuré. Elle peut être réalisée en SAE ou en falaise. La hauteur des voies est variable allant d'une dizaine de mètres en salle jusqu'à plusieurs centaines de mètres en extérieur. L'ascension peut se faire « en tête », c'est-à-dire que le sportif s'assure progressivement en passant sa corde dans des dégaines, ou au contraire « en moulinette » lorsque la corde est au préalable installée. Les qualités nécessaires à la difficulté sont principalement l'endurance, la technique, sans oublier la lecture de la voie.

- Le bloc : Il se différencie de la difficulté principalement par une hauteur moindre (jusqu'à cinq mètres) ce qui justifie l'absence d'assurage. La chute est généralement protégée par des tapis de réception et par une parade. Sa pratique peut se faire en SAE comme sur rocher. Les qualités requises sont plus basées sur la force et l'explosivité, l'endurance étant moins recherchée car les voies sont courtes mais d'intensité plus élevée [31]. Le bloc est donc plus générateur de contraintes mécaniques.

- La vitesse : L'objectif ici est d'atteindre le sommet le plus rapidement possible. Pour cela, l'enchaînement des mouvements et les prises sont toujours les mêmes. L'assurage se fait systématiquement en moulinette. Elle est donc uniquement pratiquée sur structure artificielle. Il est nécessaire, pour cette discipline d'être explosif, dynamique et pourvu d'une bonne coordination.



*Fig.4 : Mur des championnats du monde 2012
(On distingue de gauche à droite: la difficulté, le bloc et la vitesse)*



Fig.5: La prise "tendue" [32]



Fig.6: prise "arquée" (avec verrouillage du pouce) [34]

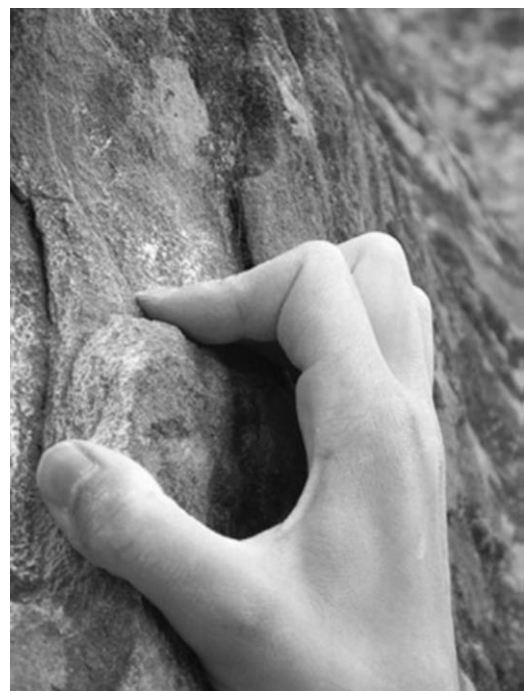


Fig.7: prise "semi-arquée" [14]

2.3.4. Les préhensions

Dernièrement, les différentes préhensions utilisées lors de la pratique de l'escalade sont à détailler puisqu'elles ont une incidence sur la sollicitation des poulies.

La prise est le support sur lequel le grimpeur s'appuie afin de permettre son ascension. Elle est de formes variables et nécessite une adaptation de la main pour permettre une tenue des plus efficaces ; en fonction de sa taille, sa forme, et son orientation principalement. Ces préhensions sont multiples, mais les études en décrivent principalement deux qui s'opposent, à savoir : la prise « arquée » (*crimp grip*) et la prise « tendue » (*slop grip* ou *hanging grip*).

- La prise tendue [7,8,14,15,17,32–35] (Fig.5) : Elle est définie par une flexion de l'IPD entre 50 et 70°, l'IPP légèrement fléchie (une dizaine de degrés) et la MP en position neutre. Cette posture n'est pas des plus instinctives chez le débutant et requiert un minimum d'expérience. Contrairement à l'arquée, elle fournit une sensation de force moindre. Il est plus difficile pour le grimpeur d'utiliser ses quatre doigts du fait de la différence de longueur de ceux-ci.

- La prise arquée (Fig.6): Elle se définit par l'hyperextension de l'IPD, la flexion importante de l'IPP (entre 90 et 100°) et la MP pouvant être fléchie ou non. Cette préhension donnant une meilleure sensation d'agrippement est plus utilisée chez le novice. Certains distinguent, la prise « semi-arquée » (Fig.7) de la prise arquée. Cette distinction se justifie par la possibilité de venir verrouiller les doigts longs avec l'appui du pouce sur la face unguéale de l'index. Cela implique une augmentation des angles de flexion de l'IPP et de la MP.

Généralement plus utilisée, elle possède quelques avantages. En effet, le ressenti est meilleur, l'abord des prises tranchantes est moins douloureux, la différence de longueur des doigts ne se fait pas sentir, et la main est rapprochée du rocher. Enfin, le poignet a davantage de liberté qu'avec une préhension tendue. Le grimpeur peut donc améliorer sa force de serrage par une extension du poignet, de manière à favoriser l'effet ténodèse.

- Les autres préhensions sont nombreuses (tout comme le nombre de prises). Nous pouvons faire une liste non-exhaustive des principales: (Elles sont utilisables en arqué comme en tendu) [14,34].

- Le mono et bi-doigt : lorsque la prise ne permet que de mettre un ou deux doigt(s) seulement. Ils ont tendance à être traumatisants, du fait de la répartition des charges sur un nombre de doigt faible.

- La pince : généralement utilisée face à des prises de petites tailles orientées verticalement. On note la sollicitation du pouce qui permet de faire opposition aux autres doigts et ainsi de « pincer » comme son nom l'indique.

- L'inversée : Elle s'oppose aux autres postures par la mise en supination de l'avant-bras. Elle permet de tenir des prises dont la partie de préhension est orientée vers le bas.

2.4. Physiopathologie

L'UIAA attribue la sévérité de la rupture de poulie au deuxième rang de sa classification, comme « une blessure aigüe modérée, sans danger de mort, nécessitant un traitement conservateur prolongé ou un traitement chirurgical mineur en ambulatoire » [30]. Cette classification a été créée dans le but de renforcer la compréhension des études concernant les pathologies liées à la pratique des sports de montagne en utilisant cette classification commune. Elle est définie en fonction de la sévérité des blessures, et va de zéro à six, zéro correspondant à « l'absence de blessures » et six à la « mort immédiate ».

La littérature est en accord pour dire qu'elle représente la pathologie la plus communément rencontrée en escalade [8,13,15,32,36].

En ce qui concerne l'anamnèse : les blessés décrivent généralement une douleur brutale vive, à la palpation surtout (face antérieure et latérale au niveau des insertions des poulies), mais également à la flexion résistée. Un bruit à type de « craquement » est audible par le grimpeur voire même son assureur. Un œdème local, une impotence fonctionnelle et la présence (non-systématique) d'une corde d'arc des fléchisseurs qui mettent en tension la peau à la flexion contrariée, sont les signes cliniques principaux [9,14,15].

Le mécanisme lésionnel correspond au travail répété d'un mouvement considéré comme difficile pour le grimpeur en fonction de son niveau. Lors de la saisie en arquée, un angle d'arrachement se forme au niveau de l'articulation du doigt. Le poids du grimpeur et le nombre de doigts sollicités, favorisent la rupture. Dans tous les cas, le mécanisme lésionnel est identique [14,36].

Il a été démontré que le majeur et l'annulaire étaient les doigts les plus touchés par cette lésion [13–15,27,37]. Le professeur Schöffl explique que l'annulaire n'est pas « épaulé de chaque côté par un doigt relativement fort [...], guère soutenu par le petit doigt ». A cela se rajoute une augmentation des contraintes sur ce doigt lors d'une prise éloignée. D'après une étude : 63% des cas de ruptures de poulie surviennent sur l'annulaire, 29% pour le majeur, et 38% ont subi une récurrence de rupture [38].

Il était anciennement décrit que le membre supérieur contro-dominant était le plus affecté, mais les études récentes donnent des avis qui tendent vers le fait que la latéralité n'aurait pas d'incidence sur cette pathologie [34].

Comme il l'a été précisé précédemment, les poulies les plus touchées sont A2, A3 et A4. Bien qu'A2 soit décrite comme la plus résistante, il semblerait qu'elle soit la plus blessée. Cela s'expliquerait du fait qu'elle doit faire face aux contraintes créées par le FSD et le FPD, contrairement à A4 qui ne fait face qu'au FPD [39].

La rupture de poulie a pour conséquences : l'apparition d'une corde d'arc (Fig.8) (palpable sous la peau, face palmaire), une baisse de la force de flexion. On remarque également une diminution d'amplitudes. Ces conséquences sont variables en fonction des poulies lésées et de leur nombre [36]. Le tout s'adjoint aux douleurs décrites dans l'anamnèse.

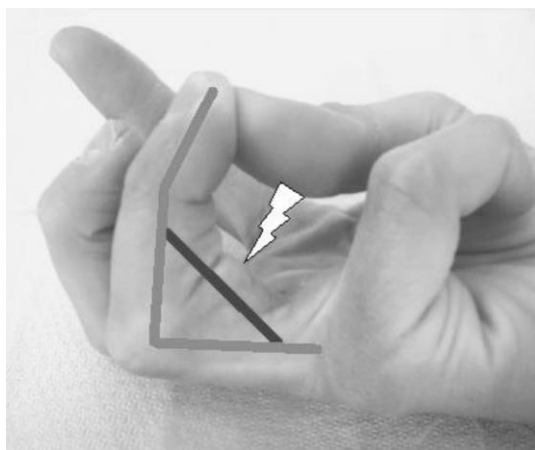


Fig.8 : mise en évidence clinique d'une corde d'arc [34].

A cette blessure peut s'associer d'autres lésions. Le Pr. Schöffl décrit qu'« en cas de lésion : c'est l'unité *muscle-tendon fléchisseur-gaine tendineuse-poulie* qui est touchée » [15]. On retrouve donc fréquemment en association avec la rupture de poulies, des ténosynovites par propagation du phénomène inflammatoire à la gaine des fléchisseurs [13], mais également des tendinopathies pouvant être en lien avec les mécanismes de sursollicitation des fléchisseurs avec micro-déchirures des fibres tendineuses. Par ailleurs, les frottements entre le tendon et les bords des poulies peuvent causer ces types de lésions [32].

2.5. Diagnostic [26,40–42]

La clinique peut généralement suffire à poser le diagnostic lésionnel et topographique. L'interrogatoire concernant les circonstances de survenue est de manière générale explicite quant à la lésion des poulies du système fléchisseur. En effet, l'anamnèse décrite ci-dessus permet d'orienter l'hypothèse diagnostique [9,34].

Dans le cas d'une rupture incomplète, la corde d'arc n'est pas forcément facile à mettre en évidence. On retrouvera néanmoins : une douleur palpatoire, un œdème local accompagné d'un défaut d'enroulement du doigt.

Dans le cas d'une rupture complète, on note la mise en évidence du phénomène de corde d'arc (signe pathognomonique de cette lésion) en regard de la poulie lésée, par la réalisation d'une flexion résistée. On sent alors le tendon fléchisseur se tendre et se mettre en tension sous la peau, ce qui ne doit pas être le cas du côté controlatéral (supposé sain).

En revanche, l'absence de mise en évidence du phénomène de corde d'arc ne permet pas d'éliminer une rupture incomplète ou une distension progressive. C'est alors que les **examens paracliniques** permettent de poser un diagnostic fiable et définitif.

Ceux-ci reposent uniquement sur l'imagerie : l'échographie, l'IRM et le scanner peuvent être utilisés [8,9,14,25,43]. Certains des auteurs insistent sur l'importance de réaliser une imagerie même si le diagnostic clinique paraît clair. Pour Klauser et Al, ainsi que pour le Pr. Schöffl et Al. [43,44]: « On doit d'abord effectuer une sonographie déterminant la distance entre les tendons des fléchisseurs et l'os pour faire la différence entre une distension et une rupture partielle, complète ou multiple » [26]. Néanmoins, quelle que soit la nature de l'imagerie : elle se doit d'être

comparative au côté sain et réalisée en flexion résistée. Le Pr. Schöffl décrit dans son livre, l'IRM comme plus performante que l'échographie, celle-ci permettant de faire la différence entre une ténosynovite et une rupture de poulie [15] (Fig.9).

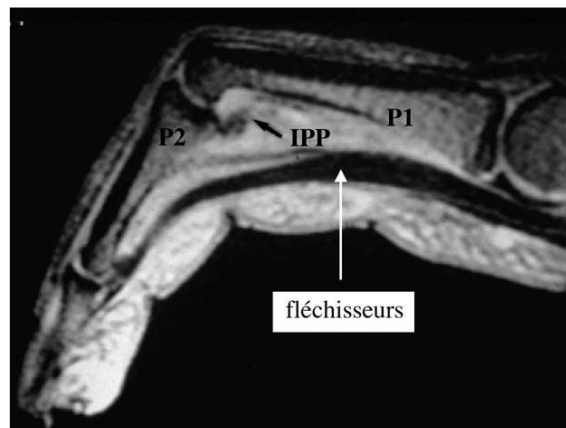


Fig.9 : Image d'IRM. En position arquée on met en évidence par rapport au côté opposé le décollement de l'appareil fléchisseur du plan osseux qui confirme ou met en évidence la rupture des poulies. Ici une rupture massive de A2 A3 et A4 [9].

2.6. Gravité [13,45]

Une fois le diagnostic posé, une classification proposée par le Pr. Schöffl et Al., existe en fonction de la gravité [45]. Les ruptures de poulies sont divisées en quatre grades, en fonction des poulies lésées, de leur nombre (Tab.I). Le grade de la lésion déterminera le traitement à suivre (chirurgical ou conservateur) et donc le temps de repos nécessaire à la cicatrisation correcte de la poulie.

Tab. I: Classification en fonctions de la gravité [45]

Grade	Injury
I	Pulley strain
II	Complete rupture of A4 or partial rupture of A2 or A3
III	Complete rupture A2 or A3
IV	Multiple ruptures (A2/A3, A2/A3/A/4) or single rupture (A2 or A3) combined with Mm. lumbricalis or collateral ligament trauma

* *Strain* = élongation/ IV= ruptures multiples ou [...] associées à des traumatismes des lombricales ou des ligaments collatéraux.

2.7. Evaluation des résultats des traitements

L'évaluation des résultats des traitements est généralement faite par le score de Buck-Gramcko qui correspond à un total de points. Cette classification semble être spécifique aux traitements s'appliquant en zone II des fléchisseurs. Les résultats sont décrits comme « excellent, très bon, bon, juste, ou faible ». Ce système est plus utilisé en Europe qu'aux Etats-Unis [41].

3. Méthodologie

3.1. Personnes rencontrées et établissement de la problématique

Pour orienter mes recherches, je me suis tout d'abord tourné vers Claude Santos (MKDE à Dijon, orthésiste et titulaire du DIU de rééducation et d'appareillage en chirurgie de la main). Il m'a alors dirigé vers Eric Delmares (MKDE à Marseille et kinésithérapeute de l'équipe de France handi-escalade, titulaire du DIU également). Ce dernier m'a conseillé de conduire mes investigations autour des travaux du Pr. Moutet (chirurgien spécialiste de la main au CHU de Grenoble).

Je me suis alors procuré le livre « *Escalade : Pathologies de la main et des doigts* » [14] écrit en collaboration par le Pr. Moutet et M. Gnechi (entraîneur de l'équipe de France handi-escalade) ; et le livre « *Escalade : Blessures et traumatismes ; les prévenir, les guérir* » [15] des professeurs Hochholzer (chirurgien orthopédiste autrichien spécialisé dans la médecine du sport) et Schöffl (chirurgien allemand spécialisé dans la traumatologie du sport), qui pratiquent l'escalade également.

J'ai par la suite contacté par mail le Pr. Moutet et le Pr. Schöffl afin qu'ils me fassent part de leur expertise dans le domaine, ainsi que de leurs conseils. Ils m'ont, par la même occasion, fourni quelques références, notamment des études que je ne trouvais pas en libre accès sur internet. Le Pr. Moutet m'a quant à lui conseillé de consulter le site du GEMMSOR.

D'autre part, je suis rentré en contact avec J. Remillieux (MKDE) [34] qui a réalisé son mémoire sur la prévention des ruptures de poulies chez le grimpeur l'an passé.

La visite du service d'ergothérapie du CRF DIVIO (Dijon) m'a permis d'avoir accès au livre « *Orthèses de la main et du poignet : Protocoles de rééducation* » [46].

3.2. Ressources sélectionnées et établissement des mots clés

L'outil internet fut utile pour la recherche d'articles concernant le sujet. Pour cela, j'utilisais comme moteur de recherche principal : *Google Scholar*, et des bases documentaires telles que : *Pubmed*, *PEDro*, *The Cochrane Library* ou encore *EM Consulte*.

Les mots clés (ci-dessous) furent sélectionnés en français comme en anglais de manière à obtenir des ressources les plus nombreuses possibles. Ils furent associés grâce à des opérateurs booléens tels que « et/and » ou « ou/or » dans le but de cibler plus précisément les résultats. Un tableau récapitulatif reprend brièvement la méthodologie de recherche en annexe [Annexe 1].

Mots clés français	Mots clés anglais
Poulies	Pulley
Grimpeurs	Rock climbers
Rééducation	Rehabilitation
Strapping/Strap	Tape
Effet corde d'arc	Bowstringing
Tendons fléchisseurs	Flexor Tendon
Zone II	Zone II
TERT	TERT
Prise tendue	Slope grip

De surcroît, les recherches internet m'ont permis de découvrir des sites concernant la pratique de l'escalade. Ce sont « *Kinescalade* » [47] et « *La fabrique verticale* » [48]. Le premier traite des pathologies en lien avec la pratique et les nouveautés concernant ce sport, ainsi que les soins à appliquer, ou encore l'entraînement et la préparation physique. Il a été créé par J.W Loubriat (MKDE). Le second est quant à lui un site porté sur les moyens de progression en escalade. De plus l'*UIAA* est une fédération internationale qui promeut le développement et la sécurité de l'alpinisme et de l'escalade [49].

Il existe aussi des associations de thérapeutes spécialistes de la main. On note le *GEMMSOR* qui est une société scientifique qui regroupe des kinésithérapeutes et ergothérapeutes (libéraux ou salariés) spécialisés en rééducation et appareillage du membre supérieur [50]. Son site permet de retrouver, en autres, des résumés de conférence (powerpoints), ainsi que les mémoires des participants au DIU de rééducation et d'appareillage en chirurgie de la main. L'*IFCM* rassemble les différentes pathologies et blessures du sportif (classifiées par sport), les définit et explique brièvement les principes de traitement [51].

Les recommandations de l'*HAS* furent consultées également, mais en vain car il n'en existe aucune concernant la rééducation de lésions des poulies.

La bibliographie de certains articles trouvés dans mes recherches fut par ailleurs une source supplémentaire de références.

Enfin, Mme Martineau (documentaliste de l'IFMKD) m'aida grandement à obtenir des articles dans leur intégralité.

Les articles lus puis exploités, ont été répertoriés dans un tableau récapitulatif. Les études les plus déterminantes pour la problématique choisie ont été regroupées en annexe [Annexe 2].

Sources	Auteurs	Année	Objectifs de l'étude	Protocole utilisé	Résultats	Intérêt pour le mémoire

3.3. Critères de sélection

La sélection des articles se voulait dans un premier temps, être en rapport avec le sujet, à savoir la rééducation des lésions des poulies chez le grimpeur. En effet, le nombre d'articles correspondant au sujet sur *Pubmed* par exemple est faible, la plupart des études étant portées sur des techniques chirurgicales. Par la suite, un regard fut orienté vers les mécanismes de ruptures de poulies, et l'étude des différentes préhensions. Dans un second temps, une recherche fut tournée vers la rééducation après réparation chirurgicale des fléchisseurs.

Par ailleurs, j'essayais d'obtenir des articles les plus récents possibles (datant de moins de cinq ans, de préférence). Je consultais également l'Impact Factor des revues dans lesquelles les articles sont publiés de manière à me rendre compte de leur pertinence scientifique, ceci via le site *ResearchGate*.

A noter que mes recherches se sont arrêtées début février 2017.

Concernant les critères d'inclusion : les recherches étaient portées sur la rééducation de lésions des poulies A2, A3 et A4 chez le grimpeur adulte d'un niveau supérieur à 7a, mais également sur la rééducation après réparation chirurgicale des tendons fléchisseurs : en zone 2 uniquement.

Les études traitant de l'efficacité des différentes techniques chirurgicales furent écartées, ainsi que les articles en langue autre que l'anglais ou le français. Par ailleurs, les études réalisées lors de mémoire (notamment ceux en vue de l'obtention du DIU) ne furent pas sélectionnées. Les études concernant les doigts à ressaut ne furent pas retenues non plus.

4. Résultats

Au vu des nombreuses études et descriptions des protocoles de rééducation après réparations des tendons fléchisseurs en zone II, il semble intéressant de les comparer aux spécificités anatomo-biomécaniques des poulies, puisque leur rééducation n'a fait le fruit que de peu de protocoles de recherche. Mais il est possible de se demander si une rééducation spécifique est nécessaire ou si une approche plus globale suffirait-elle au retour au niveau antérieur du grimpeur. De surcroît, il sera porté un intérêt vers les spécificités de la rééducation dans l'adaptation du geste technique du grimpeur.

L'analyse des résultats portera dans un premier temps sur la rééducation après réparation des tendons fléchisseurs en zone II.

Puis dans un second temps, un constat des pratiques actuelles sera posé quant à la rééducation des poulies lésées.

Enfin, nous traiterons des conseils spécifiques à la pratique de l'escalade à apporter au patient concernant sa reprise sportive.

4.1. Rééducation après chirurgie des tendons fléchisseurs en zone II

Auparavant, après chirurgie des tendons fléchisseurs en zone II, l'immobilisation était la règle [52]. Désormais, depuis les travaux de Kleinert et Duran, qui ont démontré l'efficacité de la mobilisation tendineuse [53], les protocoles de mobilisation postopératoire immédiate se sont développés. Ils sont devenus la référence pour les spécialistes de la main. Ils nécessitent néanmoins la réunion de trois conditions comme le décrit le Pr. Moutet, à savoir : « un chirurgien spécialisé, autorisé à rentrer dans le *no man's land* de Bunnell, un kinésithérapeute également spécialisé, et un patient coopérant » [52].

Les objectifs de prise en charge rééducative après réparation des tendons fléchisseurs des doigts sont clairement énoncés [23,54]. Ils sont les suivants :

- Permettre la cicatrisation tendineuse : en favorisant la vascularisation tendineuse intrinsèque (par stimulation de la circulation intratendineuse et du liquide synovial) afin d'augmenter la solidité du cal tendineux et donc la résistance du tendon.
- Éviter la formation d'adhérences entre le tendon, sa gaine synoviale et les poulies : en limitant la cicatrisation extrinsèque (qui se repose sur la formation de portes-vaisseaux pourvoyeurs d'adhérences) afin d'optimiser le glissement tendineux et ainsi permettre une amplitude active complète.
- Empêcher l'apparition des complications comme la rupture de la réparation tendineuse, la rupture des poulies et donc l'apparition d'un phénomène de corde d'arc.
- Récupérer des amplitudes articulaires complètes :
 - Actives : Via le maintien du glissement tendineux.
 - Passives : De par le massage cicatriciel en limitant les adhérences cutanées. Mais également grâce à la prise en charge de l'œdème et aux mobilisations passives dans le but de prévenir la raideur.

- Entretenir le schéma moteur par les mobilisations actives.
- Enfin, l'apparition d'un doigt à ressaut est une complication contre laquelle il faut lutter.

Il est communément décrit trois types de mobilisation précoce post-opératoire : les techniques passives, semi-actives et actives [21–23,52].

Les techniques passives : elles se composent de *la technique de Duran* et celle de *Cooney de la Mayo Clinic*.

La technique de Duran consiste en la mobilisation passive analytique en flexion-extension des IP dès le lendemain du geste opératoire. Les MP sont placées en position de repos et le poignet à 20° de flexion. Durant quatre semaines la main est maintenue dans une attelle dorsale de protection [Fig 13].

La technique de Cooney de la Mayo Clinic repose sur le principe de l'effet ténodèse. Il permet la mobilisation passive des doigts et ainsi le glissement tendineux par flexion-extension actives du poignet.

Les techniques semi-actives : Elles correspondent à la technique de *Kleinert*. Sous couvert d'une attelle dorsale de protection (poignet à 50° de flexion et MP entre 60 et 90° de flexion), le doigt est amené en flexion passivement (par un rappel élastique) alors que l'extension est réalisée activement.

Les techniques actives : La technique du « placé-tenu » est la plus utilisée car c'est celle qui confère le moins de mise en tension des tendons. Son principe repose sur la mise en flexion passive du doigt, puis une tenue isométrique dans cette position. Les résistances de la mise en position de flexion, si le mouvement avait été réalisé en actif, sont donc shuntées.

Il n'existe à l'heure actuelle pas de consensus sur l'utilisation des différents protocoles de mobilisation précoce post-opératoire. Pour cause, aucun d'entre eux n'a démontré sa supériorité par rapport aux autres. C'est pour cela que les spécialistes préconisent l'association des trois protocoles lors de la rééducation puisqu'ils sont « complémentaires et peuvent s'adjoindre lors d'une même séance » [21].

4.2. Rééducation après ruptures de poulies A2 et/ou A4 [8,13,27,41,44,55]

Il existe un grand nombre d'études traitant des ruptures de poulies chez le grimpeur. Ces études démontrent :

- la fréquence des ruptures de poulies et de leur(s) récurrence(s),
- l'incidence des différentes prises,
- l'efficacité des différents traitements (conservateur ou chirurgical).

Elles évaluent également les facteurs de risque des ruptures de poulies.

Comme il l'est dit dans le cadre théorique, sont couramment décrits différents grades de ruptures de poulies. A ce sujet, de nombreuses études ont prouvé que les ruptures de grade 1 à 3 ont d'excellents résultats par traitement conservateur (d'après le score de Buck-Gramcko). En revanche, le grade 4 nécessite une intervention chirurgicale.



Fig.10 : Orthèse statique digitale non articulaire en Velcro®, protégeant A4 [46]



Fig.11 : Bague de protection en thermoformable protégeant A2 [27]



Fig.12 : Bague double protégeant A2 et A4 [27]

4.2.1. Traitement conservateur

En ce qui concerne le traitement conservateur, l'ensemble de la littérature est en accord pour dire qu'il correspond à la mise au repos sportif « strict » durant au minimum 45 jours. En parallèle des séances de rééducation, ainsi que le port d'une bague en thermoplastique, durant le temps de cicatrisation, sont mis en place. Ce temps de repos nécessaire à la cicatrisation semble « incompressible » et nécessite une abstention du travail en flexion forcée du doigt, ainsi que de ses voisins [9]. En cas de lésion partielle, la cicatrisation avec ce type de traitement semble satisfaisante. En revanche, la rééducation est citée mais peu détaillée. Elle semble devoir être « immédiate, au départ basée sur des techniques antalgiques, anti-inflammatoires et des étirements ».

Un article rédigé par l'équipe du Pr. Moutet datant de 2010 détaille néanmoins la conduite à tenir ; à cela s'ajoute un protocole décrit par M. Loubriat.

L'article écrit en collaboration par le Pr. Moutet, M. Thomas (MKDE et cadre au centre grenoblois de rééducation de la main) et le Pr. Gérard ; propose un plan de rééducation basé sur trois objectifs [27] :

- « La cicatrisation dirigée de la lésion des parties molles » qui est permise par la mise au repos complet durant 45 jours. Cette période étant associée à l'utilisation de « physiothérapie », de « massage manuel » et de « mécanique vibratoire ».
- « La protection spécifique de la poulie lésée » passe elle, par le port d'**une bague de protection** externe, en plastique thermoformé, 24h/24.
- « Le maintien des amplitudes articulaires » (ROM) réalisé par **mobilisations passives et actives** douces. Il est alors nécessaire de maintenir manuellement le tendon contre l'os lors de la flexion active afin de protéger la structure lésée.

Dans ce traitement, un accent peut être mis sur la réalisation de **la bague de protection**. Le livre « *Orthèses de la main et du poignet : Protocoles de rééducation* » semble être une référence en terme de réalisation d'orthèses [46]. Mme Isel et M. Merle détaillent cette bague dans les « orthèses statiques digitales non articulaires ». La bague de protection est ici nommée « anneau simple sur phalanges P1 ou P2 ». L'action de cette orthèse est donc la protection de la cicatrisation des poulies A2 et/ou A4, ainsi que le plaquage du tendon contre l'os. Dans ce livre, le plastique thermoformé n'est pas utilisé, on le remplace par un **anneau en Velcro®** dont la largeur correspond à la largeur de la phalange du patient (Fig.10). L'utilisation du Velcro® permet d'adapter le serrage à la morphologie du doigt en fonction des variations de l'œdème.

Il est par ailleurs, plus habituellement décrit l'utilisation d'un **plastique thermoformable** qui est moulé à chaud sur le doigt du patient, et recouvert d'un Velcro® pour adapter le périmètre (Fig.11).

Dans les deux cas, il est possible de réaliser une ou deux bagues, dans le but de protéger A2 et/ou A4 (Fig.12).

M. Loubriat divise sa rééducation en trois phases : une phase passive (J0-J30), une phase active (J30-J60) et une phase de reprise (J60-J180) [56].

Durant la **première phase**, il préconise de réaliser un massage au glaçon, de strapper circulairement le doigt blessé 23h/24 au niveau des poulies A2 et A4 et en global de manière à immobiliser l'IPP en extension. A cela, il ajoute l'introduction de séances de kinésithérapie à J15, à la fréquence de trois fois par semaine. Il recommande que les séances se composent de « mobilisation passive **stricte** », d'ultrasons (« 3 MHz pulsé, 0.5W/cm² durant 5min ») et de TENS (« une électrode en regard de la MP », une autre « au-dessus de l'IPP »). Les buts de l'ultrasonothérapie peuvent être représentés par un effet défibrosant, permettant d'améliorer la « souplesse tissulaire » [57].

La **deuxième phase** est marquée par le maintien du strapping, l'introduction de mobilisation active « sans résistance en plaquant les tendons contre l'os ». Il intègre dans cette phase la reprise en fixant des conditions, à savoir : « douleur interdite, arquées interdites, strapping obligatoire, recherche de performances interdite ».

Enfin, la **dernière étape** est marquée par la sollicitation progressive du doigt et le « retour à la performance » progressif, c'est à dire en fixant le retour au niveau antérieur à J180. La mobilisation active intègre progressivement la résistance avec maintien du tendon contre l'os (en tendu et avec du *Strappal*®).

4.2.2. Rééducation après traitement chirurgical

La rééducation après réparation chirurgicale des poulies digitales possède des points communs et des différences avec celle après réparation des tendons fléchisseurs. Bien que les phénomènes de cicatrisation tendineuse n'aient pas lieu d'exister sur un tendon considéré sain. Les risques d'adhérences sont bien présents après chirurgie des poulies. L'intérêt des mobilisations actives pour l'entretien du schéma moteur peut également être un élément de la rééducation après réparation des poulies. Il paraît donc intéressant d'avoir compris les protocoles de rééducation après chirurgie tendineuse en zone II particulièrement, afin de pouvoir adapter ses mobilisations.

Pour ce qui est de la prise en charge des ruptures de grade 4 : elle passe dans un premier temps par une réparation chirurgicale. Elle est marquée par plusieurs techniques, dont les plus courantes semblent être l'utilisation d'un greffon à partir du rétinaculum des extenseurs ou bien du long palmaire [9]. S'en suit une rééducation. D'après le Pr. Moutet, cette dernière se rapproche de celle après ténolyse des fléchisseurs. Dans son livre, il recommande également aux patients de s'adresser à un « kinésithérapeute spécialisé dans la rééducation de la main » [14]. Par ailleurs, l'équipe du professeur le Pr. Schöffl préconise une « immobilisation post-opératoire initiale » suivi d'un « traitement fonctionnel précoce, sous couverture d'une protection externe de poulie » [44]. L'ensemble de la littérature est en accord pour dire que la rééducation qui suit la chirurgie comporte trois phases (nous prendrons les durées de référence les plus couramment décrites) :

1^{ère} phase : de J0 à J45 : la protection de la néo-poulie est essentielle. Pour cela, on a recours à une immobilisation par une attelle dorsale de protection de type *Duran* (flexion de poignet à 40° et des MP à 80-90°) décrite comme « appareillage long » par le Pr. Moutet [9] (Fig.13). Elle voit son intérêt dans la détente de l'appareil fléchisseur en le mettant dans une situation d'insuffisance active. Le tout n'empêche pas la mobilisation activo-passive de manière à limiter l'apparition d'adhérences.

Durant cette période, la prise en charge rééducative est ajoutée à la protection. Elle est représentée par le « contrôle de la douleur et de l'œdème », et passe par des mobilisations passives douces.

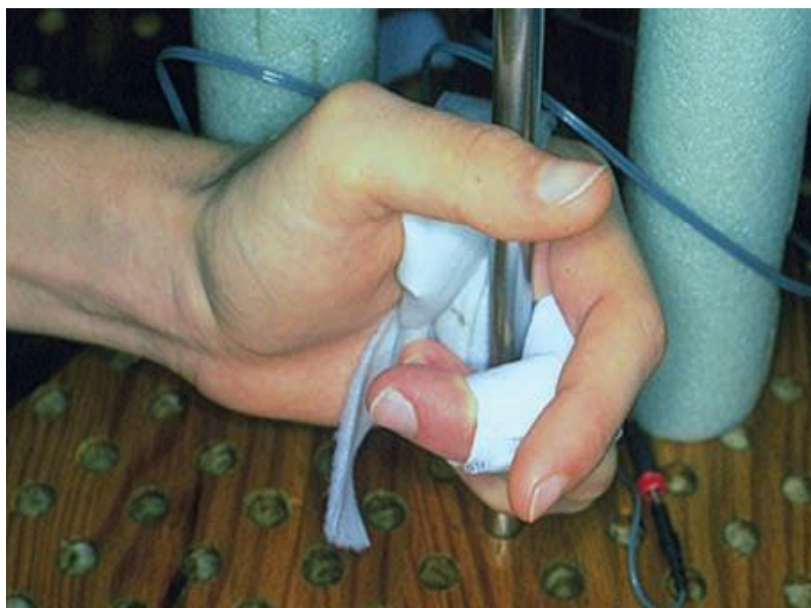


Fig.14 : Flexion active avec protection réalisée sur plateau canadien [27]



Fig.15 : drainage de l'oedème par mobilisations passives douces associées à l'utilisation de Coheban [27]

Les mobilisations actives sont, quant à elles, possibles sous couvert d'une protection des poulies en maintenant manuellement le tendon contre l'os. Ce contre-appui, permet ainsi de ne pas mettre en tension la poulie fraîchement réparée. Autrement, il peut être réalisé instrumentalement, de par l'utilisation du plateau canadien par exemple (Fig.14).



Fig.13 : Orthèse de protection de type Duran associée à des bagues de protection [27]

La lutte contre l'œdème représente un objectif masso-kinésithérapique primordial. En effet, ses conséquences sont nombreuses et nuisibles car il favorise : la raideur articulaire, la formation d'adhérences tendineuses par « fibrose sous-cutanée », l'ischémie tissulaire ce qui impacte défavorablement la cicatrisation cutanée [46].

Face à cet objectif, l'utilisation du protocole PRICE (*Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation*) est de mise [27].

La protection ainsi que la mise au repos (*rest*) ont été détaillées plus haut.

A cela, s'adjoint l'utilisation de la cryothérapie (*ice*), qui est indiquée pour lutter contre la douleur et l'œdème [58]. Son rôle anti-œdème s'explique car elle permet de créer une vasoconstriction locale et minimise l'inflammation. Certains utilisent « le massage au glaçon » deux à quatre fois par jour durant environ cinq minutes (le critère d'arrêt du massage étant la coloration cutanée) jusqu'à disparition des symptômes (douleur et œdème) [47,56,57]. A noter qu'il n'existe pas de consensus concernant les temps d'utilisation de la cryothérapie et que la plupart des protocoles décrits à l'heure actuelle sont basés sur des données empiriques [58].

Le *Coheban*® semble être l'outil le plus couramment utilisé comme outil compressif pour favoriser le retour lymphatique au niveau des doigts [27,59] (Fig.15). Il est également décrit l'utilisation de « doigtier tubulaire en *Lycra*® », après cicatrisation [46].

De surcroît, outre leur rôle principal sur le gain d'amplitude articulaire, les mobilisations précoces participent à la diminution de l'œdème. Elles permettent d'atteindre cet objectif, grâce à leur rôle d'activation de la « pompe circulatoire » périphérique [46].

Enfin, la mise en déclive (*elevation*) du membre supérieur au cours de la journée favorise le retour lymphatique et veineux.



Fig.16 : cicatrice après chirurgie de réparation des poulies [27]

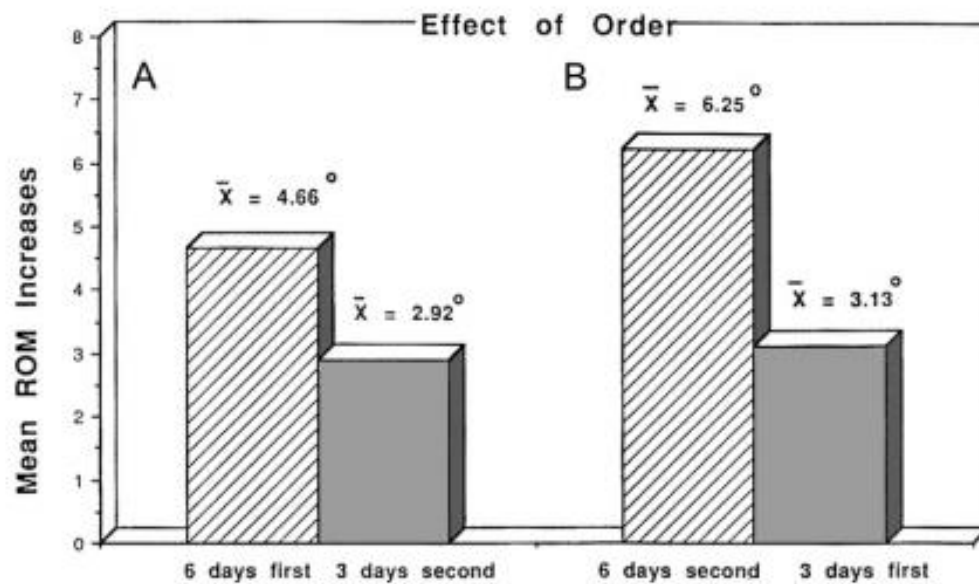


Fig.17 : Diagramme illustrant les résultats de la mise en place du protocole TERT [61]

A cette période, le massage cicatriciel devrait faire partie intégrante de la thérapie (Fig.16). Ses effets sont multiples, principalement « fonctionnel, circulatoire et esthétique ». Le massage cicatriciel permet de redonner à la peau ses qualités « d'extensibilité et d'élasticité » qui sont mises à mal par la chirurgie [57,60]. Les techniques de massages les plus utilisées semblent être les manœuvres de pétrissage qui favorise la mobilisation des différents plans de glissement, et lutte contre la fibrose. Il est également présenté l'utilisation de techniques instrumentales par « vacuo-mobilisation ». La mobilisation de la peau est alors réalisée par utilisation du vide. Les systèmes les plus couramment décrits sont « l'appareil de *LPG Systems®* » qui nécessite un investissement, ou encore à moindre frais : l'utilisation des « *aspivenin®* ».

2^{ème} phase : de J45 à J90 : Le retrait de « l'appareillage long » peut se faire mais nécessite la conservation de la protection de la poulie sous bague thermoplastique (identique à celle du traitement conservateur). La rééducation sera alors basée sur un travail actif sans résistance. Les objectifs sont alors la récupération des amplitudes articulaires, l'assouplissement de la cicatrice et l'introduction progressive de résistance.

Concernant la récupération articulaire, des protocoles existent afin de récupérer les amplitudes complètes, en actif (*AROM*) comme en passif (*PROM*). Elle peut être facilitée par le port d'orthèses de nuit suivant le « protocole TERT » (*Total End Range Time*) [27]. Ce dernier stipule que l'augmentation de l'amplitude passive d'une articulation est proportionnelle à la durée de tenue de l'articulation dans sa fin de course, d'où son nom. Une étude comparative a cherché à démontrer cette théorie en 2012 [61]. Ses auteurs ont validé ce protocole grâce à des résultats très significatifs. En effet, deux groupes randomisés avec des limitations d'amplitudes au niveau de l'IPP après opération furent à tour de rôle soumis au protocole soit trois jours, soit six jours. Les résultats démontrent que les gains d'amplitudes vont du simple au double, proportionnellement à la durée d'assignation à l'étude (Fig. 17).

Afin d'aller dans le sens de ce protocole, le Pr. Moutet et Al. proposent deux types d'orthèse permettant de récupérer les amplitudes articulaires complètes. Concernant l'extension totale, il s'agit d'une orthèse type Capener (Fig.18). A l'inverse, un simple anneau élastique permet de posturer le doigt en flexion complète [27] (Fig.19).



Fig.18 : orthèse type Capener
(source internet)

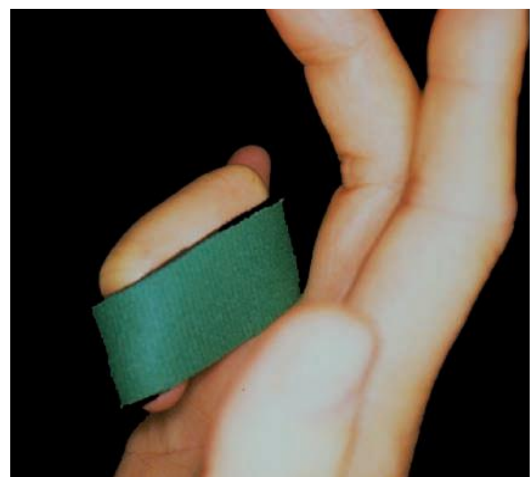


Fig.19 : Anneau élastique posturant
le doigt en flexion [27]

3^{ème} phase : après J90 : Cette phase correspond à la phase de reprise.

Pour résumer, les objectifs principaux de la rééducation sont, dans un premier temps la lutte contre la douleur, l'œdème et les mécanismes inflammatoires, mais aussi la cicatrisation. Puis rapidement les rééducateurs vont prévenir l'enraidissement, et vont chercher à récupérer les amplitudes articulaires complètes. Enfin la récupération des propriétés musculaires (force et endurance) va finaliser la rééducation.

Pour conclure cette partie, nous rappellerons que certaines références s'intéressent également à la prise en charge globale du patient, allant vers la correction posturale. Il y est décrit la considération des chaînes musculaires. Les plus sollicitées chez le grimpeur sont évidemment celles de « flexion et de fermeture » comme l'expliquent Loubriat et Al. Ils soulignent un aspect de la rééducation que les kinésithérapeutes ne doivent pas perdre de vue, à savoir « Le travail analytique doit toujours être intégré à un traitement de la globalité » [7,57]. Par ailleurs, le Pr. Moutet a écrit : « Il ne faut pas oublier que la rééducation ne se limite pas à la séance de kinésithérapie. A travers l'auto-rééducation et le port continu de l'attelle, elle se poursuit 24 heures sur 24. Le patient est l'acteur principal de sa rééducation. Il est donc essentiel pour obtenir sa coopération, de l'éduquer, de lui fournir les notions nécessaires à la compréhension et à la gestion de sa rééducation » [21]. Le patient doit donc comprendre le bien-fondé de sa prise en charge personnelle, complémentaire aux conseils du chirurgien et du kinésithérapeute.

4.3. Vers la reprise sportive

Une fois la période de cicatrisation terminée, il est essentiel d'accompagner son patient vers la reprise du sport pour éviter les récides. Nous verrons dans un premier temps que de nombreuses études ont été faites sur les facteurs de risques. Il faut donc en prendre connaissance de manière à orienter notre patient dans sa pratique. Puis dans un second temps, nous éclaircirons le débat qu'il existe quant à l'intérêt du Strapping durant la pratique de l'escalade.

4.3.1. Facteurs de risques spécifiques

Outre les mesures de prévention décrites habituellement dans le milieu sportif, comme :

- la préparation musculaire,
- l'échauffement,
- les mesures d'hygiène de vie (hydratation, nutrition, éviction des agents excitants nocifs), des conseils d'économie articulaire spécifiques à la pratique de l'escalade peuvent être conférés à notre patient.

En effet, comme le décrivent le Pr. Moutet et Mr. Gnechchi : la rupture de poulie « ne dépend pas uniquement de la taille de la prise, mais de tous les facteurs augmentant la tension mise sur cette structure fibreuse (angle de la prise, nombre d'appuis...) et des facteurs généraux comme la fatigue de la séance, une mauvaise préparation, etc... » [14].

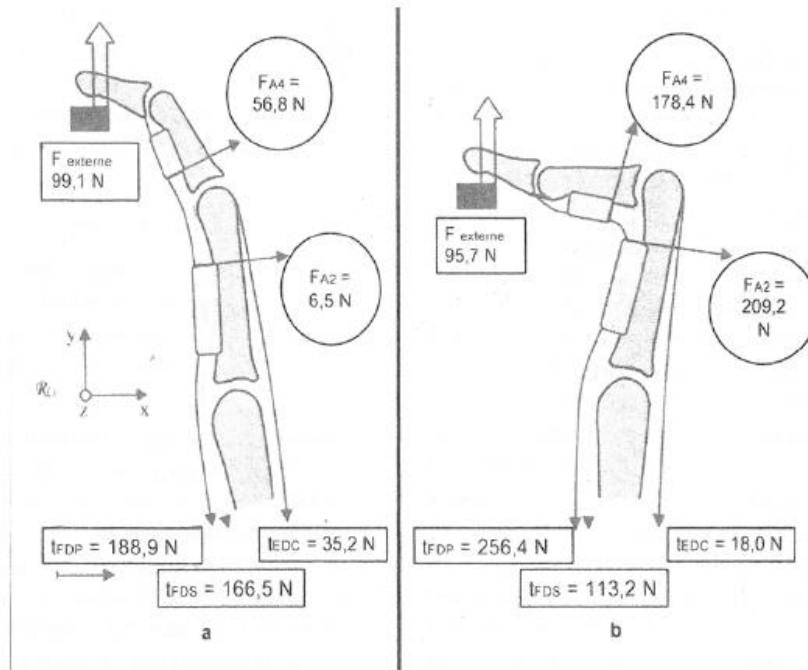


Fig.20 : Différences de report des contraintes sur les poulies entre le tendu (à gauche) et l'arqué (à droite) [63]

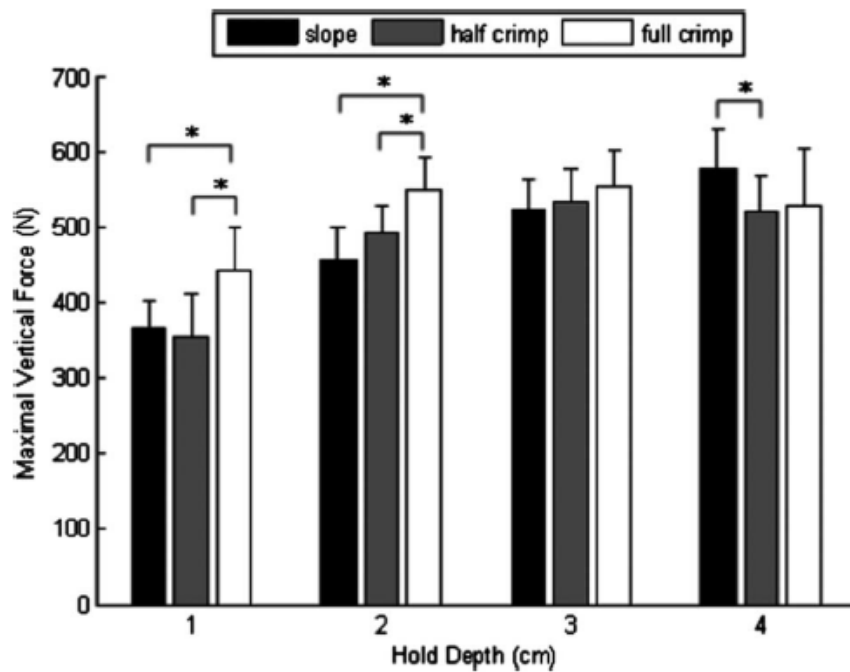


Fig.21 : Diagramme exposant les différences de forces des différents types de préhension en fonction de la profondeur des prises [64]

Tout d'abord, une étude a été faite sur les facteurs de risque de blessures relatifs à la pratique de l'escalade (*CRI : Climbing-Related Injuries*) [62]. Il en ressort que le niveau, ainsi que l'IMC sont proportionnellement corrélés aux risques de rupture de poulie. En effet, l'ensemble de la littérature est en accord pour dire que le risque de se blesser une poulie est croissant avec le niveau de pratique, cela s'explique de par la diminution de la taille des prises ainsi que par l'augmentation de la difficulté des mouvements et donc des contraintes exercées sur les doigts [38]. Par ailleurs cette étude conclut qu'un grimpeur ayant un IMC supérieur à 21 a plus de chance de se léser les poulies, alors que si son IMC est en dessous de ce seuil, les lésions rencontrées se situent au niveau des structures tendineuses. Cela se rapproche de la notion d'André Citroën, qui affirme « le poids, c'est l'ennemi » [27].

Ensuite, l'ensemble de la littérature est en accord sur l'intérêt de convaincre le patient de la nécessité d'une modification de son mode de préhension, et ainsi de délaissier la prise arquée en faveur des préhensions tendues [7,8,27,29,33,35,63]. De nombreuses études ont été faites sur le sujet. En effet, il est démontré que la prise arquée est nettement plus délétère pour les poulies, notamment A2 et A4. Ce fait est facilement compréhensible : la position des doigts en arquée augmente la tendance que peuvent avoir les tendons, à prendre la corde d'arc. Le rôle des poulies étant de contrer ce mécanisme, on conçoit que l'utilisation de l'arquée se fasse au détriment du squelette fibreux (Fig.20).

Il est possible de se demander si la force de serrage est supérieure dans ce mode de préhension, ce qui justifierait son utilisation. Concernant ce questionnement plusieurs études ont été réalisées.

D'un côté, des résultats penchent en faveur d'une augmentation de la force lors de l'utilisation de la prise arquée. C'est le cas de l'étude réalisée par le Pr. Schweizer et Al. en 2001 qui conclut que la force de serrage est supérieure en arquée car elle permet une sollicitation plus importante du FPD sur des petites prises [33]. L'étude de Vigouroux et Al. de 2012 nuance le propos en ajoutant l'utilisation du pouce à son étude ainsi qu'une variation de la taille des prises. Ils suggèrent que pour une prise plate, lorsque la profondeur est faible (moins de 2 cm), les forces de tractions verticales sont meilleures en position arquée. Tandis qu'à partir de 3 cm de profondeur, la différence entre la force de préhension arquée et la force de préhension tendue n'est plus significative [64] (Fig.21).

D'un autre côté, l'étude de 2004 qui avait été également réalisée par Vigouroux et Al. avait affirmé qu'il n'existait pas de différence de force ni de fatigabilité entre les deux types de préhension.

De surcroît, il faut également expliquer à notre patient, s'il ne l'a pas compris que moins il utilise de doigt, plus les charges mécaniques portées sur ces doigts sont importantes. Et donc que les risques de lésions augmentent. Le Pr. Moutet recommande d'utiliser le majeur et l'annulaire puisqu'ils se situent dans l'axe longitudinal du bras et qu'ils sont les plus forts, bien que plus touchés par les blessures.

La structure ainsi que la discipline ont un impact sur les lésions des poulies. On note que 61.7% des lésions de poulie surviennent en structure artificielle (SAE). Le bloc y est décrit comme plus traumatique pour les doigts du fait des répétitions d'entraînements de mouvements intensifs [15,38].

4.3.2. Concernant l'utilisation du Tape [8,9,14,15,27,32,34,38,57,62,65,66]

En ce qui concerne le recours au *Tape* qui est couramment détaillé et utilisé, les avis divergent. D'un côté, l'équipe grenobloise du Pr. Moutet décrit l'utilisation du *Strappal*® comme une utilisation « anxiolytique » majoritaire [14]. D'un autre côté, le Pr. Schöffl et son équipe ont montré une nouvelle technique de pose de strap et en revendique une utilité mécanique. Cette technique est dénommée « **H-Tape** » ou « *méthode Isa* » [15].

De nombreux articles expliquent que la pose de strap de manière circonférentielle permet une légère protection de la poulie mais n'a pas d'effet prophylactique pour éviter les ruptures. Il est cependant décrit dans la majorité de la littérature d'utiliser le strap lors de la reprise de l'escalade. En effet des études ont démontré qu'il permettait d'absorber une partie des contraintes exercées sur les poulies, bien que n'évitant pas la rupture.

Il est communément décrit l'utilisation du **strap circulaire** (Fig.22). Il est recommandé de l'appliquer du distal vers le proximal de manière à aller dans le sens du retour veineux et lymphatique. En 2000, le Pr. Schweizer étudie l'impact d'une telle technique sur les forces qui s'appliquent sur les poulies, ainsi que sur la diminution du phénomène de corde d'arc. Ainsi, il compare le strapping en regard de la poulie A2 et à la partie distale de la première phalange. Il conclut que des effets attendus sont présents, mais de manière non significative. Ils sont d'autant plus présents si l'application est faite à la partie distale de P1. Dans ses résultats, il exprime un avis défavorable quant à son rôle de prévention des ruptures [25]. Concernant cette pose, M. Loubriat explique que la « bandelette non extensible » doit être suffisamment large pour « ne pas blesser » la peau, et éviter un phénomène compressif. Il conseille même de strapper individuellement en regard d'A2 et A4 puis de recouvrir le tout par un bandage global qui limite la flexion de l'IPP. L'étude de Brooks et Warne va dans le sens de cette dernière et conclut qu'aucun effet prophylactique n'existe.



Fig.22 : Strapping circulaire de protection de la poulie A2 [47]

Les études réalisées par l'équipe du Pr. Schöffl en 2007, vont également dans le sens de l'absence d'effet préventif, car leurs conclusions « ne sont valables que sur des doigts où une rupture de poulie a été diagnostiquée » [15]. Mais elles prouvent qu'une diminution significative de l'effet corde d'arc, ainsi qu'un gain de force, peuvent être permis par la pose de ce « **H-Tape** ». Le Pr. Hochholzer et le Pr. Schöffl le recommandent lors de la reprise durant « plusieurs mois » de manière à diminuer le surmenage et ainsi éviter l'inflammation.

Pour ce qui est de la manière de poser ce « H-Tape », le Pr. Schöffl nous fait une démonstration dans une vidéo avec le grimpeur allemand Fabian Bhul [65], ou encore dans son livre. Il faut donc prendre une bande adhésive non élastique de « 1,5 cm de large », d'une longueur de « 10cm » et la couper au milieu de la largeur de part et d'autre de manière à ne laisser un « x » d'environ « 2cm ». Puis il faut placer le centre du « x » en regard de l'IPP et coller les branches du « x » au niveau de P1, avant de fléchir le doigt et coller les autres branches en regard de P2. A propos du serrage, il est conseillé de serrer suffisamment de manière à entraver légèrement la circulation et ainsi que le doigt bleuisse (Fig.23, 24). En effet, le strap avec la pratique sportive va se détendre progressivement et ainsi permettre la circulation. C'est d'ailleurs pourquoi il est préconisé d'appliquer la bande « juste avant de grimper » de manière à ce que la détente du strap n'engendre pas une diminution de son rôle mécanusue..

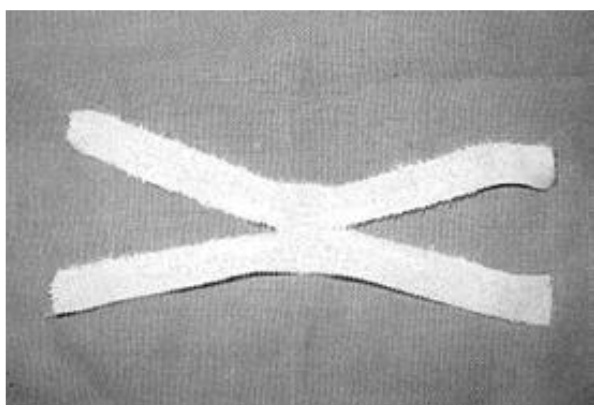


Fig.23 : découpe du "H-Tape" [32]



Fig.24 : "H-Tape" posé [32]

En revanche, Hochholzer et Al. ne recommandent pas de strapper « systématiquement », car comme l'explique les théories darwiniennes, le corps réagit en réponse aux stimulations qu'on lui inflige [27]. C'est-à-dire que si on protège constamment la poulie elle ne se renforcera pas par elle-même.

Concernant ce propos, des études ont recherché les adaptations tissulaires présentes chez le grimpeur [31,67]. Une étude nous intéresse particulièrement car elle démontre que les poulies des grimpeurs sont plus épaisses. Effectivement cette étude de 2015 réalisée par l'équipe du Pr. Schreiber a montré que les poulies étaient 63% (A2) et 68% (A4) plus épaisses que chez le non-grimpeur [67].

Enfin, M. Loubriat explique dans un de ses articles que « Si le grimpeur s'estime plus fort avec un strapping, autant qu'il en porte un » [57].

5. Discussion

5.1. La rééducation des poulies : peu de protocoles décrits

Ce mémoire s'adresse aux professionnels de santé qui s'intéressent à l'escalade et au rôle des poulies. Dans le cas d'un masseur kinésithérapeute qui doit prodiguer des soins à un grimpeur ayant subi une lésion de poulie, ce travail détaille une prise en charge adaptée. Il dresse un plan de traitement « type » à procurer à notre patient. Bien que le Pr. Moutet décrive la nécessité d'un rééducateur « spécialiste » de la main. Ce travail peut permettre une approche rééducative pertinente du patient.

Les recherches bibliographiques ont été compliquées puisque les études traitant réellement de la prise en charge rééducative sont peu nombreuses. Les études concernant les poulies traitent dans la plupart des cas : des techniques chirurgicales ou de biomécanique. Plusieurs références m'ont par ailleurs été transmises par les spécialistes.

Les critères d'inclusions furent parfois difficiles à respecter. En effet, nous relevons que certaines études cadavériques ont été utilisées. Malgré qu'elles s'intéressent à des structures passives, les résultats qu'elles mettent en avant sont à nuancer. De plus, certaines d'entre elles ne spécifient pas si les sujets pratiquaient l'escalade. Or, il a été démontré que les poulies subissaient des adaptations face aux contraintes qu'engendre la pratique de ce sport. On peut aussi souligner que les populations recueillies pour les études, regroupent généralement peu de sujets.

Ce mémoire a pour but d'orienter le kinésithérapeute. C'est une des raisons qui explique que les protocoles de mobilisation tendineuse postopératoire immédiate soient intégrés. Or, bien que différents, les tendons et les poulies forment un **ensemble fonctionnel**. D'un côté les poulies n'ont pas lieu d'être en l'absence de tendon et de l'autre, le tendon se voit amputé d'une partie de sa fonction en l'absence de poulie. Comme le signale le Pr. Schöffl lorsqu'une poulie est lésée, c'est « l'unité *muscle-tendon fléchisseur-gaine tendineuse-poulie* » qui est impactée, et ce, particulièrement en zone II.

En effet, ces techniques de mobilisation ainsi que leurs compréhensions, constituent la base de la pratique du rééducateur de la main. C'est donc un panel d'outils qu'il est essentiel de connaître afin d'en adapter les modalités en fonction des prises en charge.

Par ailleurs, lors des protocoles de rééducation après réparation chirurgicale des poulies, l'attelle de protection de Duran est la même que lors des protocoles passifs après chirurgie tendineuse.

Néanmoins, une question mérite d'être posée : les protocoles évoqués sont-ils fiables ? Ils sont essentiellement basés sur les connaissances de terrain, les compréhensions biomécaniques, et l'expérience. Mais ils n'ont pas fait le fruit d'études comparatives qui auraient pu permettre de se rendre compte, par exemple si une prise en charge rééducative est nécessaire au retour au niveau antérieur. De ce fait, une étude comparative : opposant un groupe test, à qui l'on propose une prise en charge rééducative ; à un groupe témoin (mis au repos sportif pendant 90 jours), pourrait permettre de répondre à notre questionnement. Par la suite, il serait judicieux d'évaluer à 3 mois et à 1 an post lésion, la qualité du retour au niveau antérieur et le score Buck-Gramcko.

Ces protocoles n'ont pas été publiés dans des revues avec impact factor élevé. Ce point peut être relativisé. En effet, si l'on considère que l'impact factor est calculé en fonction du nombre de publications dont profite l'article, on peut comprendre que ce nombre concernant les poulies est faible. D'une part, si l'on prend en compte la population dans son ensemble, les blessures relatives à cette structure sont rares (bien qu'étant la plus courante chez le grimpeur). Et d'autre part, elles n'engendrent pas d'incapacité notoire comme le démontre la classification de l'UIAA.

5.2. La rééducation durant la cicatrisation : une étape essentielle ?

La réponse à la problématique se dessine clairement dans les résultats. La rééducation type est décrite en fonction de la gravité de la lésion et ainsi, dépend le traitement, à savoir s'il est conservateur ou chirurgical.

Quel que soit la prise en charge, le respect des différentes phases de cicatrisation est indispensable en vue d'obtenir une poulie consolidée. Il faut également noter que les différentes étapes de la rééducation, en particulier celle de reprise, doit tenir compte des douleurs.

Il existe une opposition entre les deux protocoles décrits. D'une part, les mobilisations actives sont interdites durant la première phase, alors que ce n'est pas le cas pour l'autre protocole. Nous pouvons donc prendre parti, en autorisant la mobilisation active dès le début, à condition de protéger la poulie soit manuellement, soit par la bague de protection, ou encore grâce à des aides instrumentales telles que le plateau canadien. De plus, le travail actif, outre son rôle de maintien des amplitudes actives, permet de conserver le schéma moteur du doigt lésé.

En ce qui concerne le traitement chirurgical, nous pouvons nous servir des protocoles de mobilisation post-opératoire immédiate après réparation tendineuse et les adapter. En effet, après chirurgie tendineuse tout comme après réparation chirurgicale des poulies, les risques d'adhérences sont présents. Il est donc nécessaire de mobiliser rapidement en passif et en actif le doigt du grimpeur (tout en protégeant la néo-poulie), de manière à maintenir le glissement du tendon sous la poulie principalement, mais également afin de prévenir la raideur et ainsi favoriser la résorption de l'œdème. Les techniques passives et semi-actives semblent donc pertinentes compte tenu du rôle biomécanique des poulies. Des mobilisations actives peuvent quant à elles, être utilisées mais ne doivent pas correspondre à la technique du « placé-tenu », telle qu'elle est présentée dans les protocoles après suture tendineuse. En effet, comme décrit précédemment, les techniques actives sont à pratiquer sous protection de la poulie.

Il est essentiel de noter que la rééducation après chirurgie en zone II, doit impérativement prendre en considération le compte rendu opératoire ainsi que les consignes chirurgicales.

Comme pour tout traumatisme, la rééducation semble donc nécessaire. En effet, différents objectifs peuvent être atteints. Ainsi, la kinésithérapie voit un intérêt quant à la facilitation de la reprise. Elle passe également par la prise en charge du patient dans sa globalité. L'œil du masseur-kinésithérapeute peut permettre de relever des troubles dont le patient n'avait pas conscience, notamment au niveau postural et ainsi les corriger.

Les recherches étaient, pour la plupart, tournées vers des techniques manuelles ou ne nécessitant pas beaucoup de moyens financiers. La fabrication des attelles ne requiert que des matériaux peu coûteux. L'utilisation du *LPG®* fut évoquée puisqu'elle est couramment décrite dans la littérature, malgré la nécessité d'un investissement conséquent.

La fabrication de la bague de protection est, de manière générale, décrite avec utilisation de plastique thermoformable. Nous pencherons donc vers ce matériau plutôt que pour l'utilisation à part entière de *Velcro®*.

Enfin l'intervention du rééducateur va passer par l'éducation du grimpeur. Les connaissances anatomiques, biomécaniques, et physiopathologiques du professionnel vont permettre d'enseigner les conduites à tenir au patient afin qu'il réadapte son geste sportif et ainsi diminuer le risque de lésion.

L'éducation du patient doit aussi contenir l'intérêt d'obtenir un bon diagnostic. Nous devons faire comprendre aux grimpeurs, qui peuvent parfois avoir recours à l'automédication ou à l'auto-traitement, de l'intérêt de se faire diagnostiquer. Effectivement, si le diagnostic n'est pas posé et qu'aucun traitement n'est mis en place, les douleurs peuvent persister au long cours. Une mauvaise cicatrisation de la structure lésée peut avoir lieu. Une reprise trop précoce peut endommager de nouveau les poulies fragilisées et ainsi une aggravation des lésions peut survenir. Pour cela, il ne doit pas hésiter à aller consulter un spécialiste, en cas de douleur persistante à la suite de cette pratique sportive. Il pourra prescrire une IRM (au mieux), afin de connaître la gravité de la lésion. Ainsi, une prise en charge adaptée pourra être mise en place. Plus vite le diagnostic sera posé, plus vite le patient sera soigné, plus vite le retour au niveau antérieur se fera.

5.3. L'éducation du patient au cœur du processus de réintégration du geste sportif

De nos jours, la pratique de l'escalade requiert des mesures d'hygiène de vie, d'échauffement et d'hydratation, comparables à tout sport. D'autre part, le kinésithérapeute peut avoir un rôle clé dans l'approche éducative aux sujets des points précédents, mais également en ce qui concerne des conseils spécifiques à ce sport.

5.3.1. Concernant l'utilisation du Tape

Concernant l'utilisation du *Strappal®*, notre avis penche vers la préconisation de son utilisation lors de la reprise sportive.

Les études sont en accord pour dire qu'elle ne prévient pas la rupture mais nous retiendrons que la technique du « H-Tape » semble permettre une diminution de la corde d'arc ainsi qu'une augmentation de la force. Bien que les études concernant une technique promulguée par le Pr. Schöffl, soient réalisées par sa propre équipe, elles semblent être plus fiables, car la mesure de la corde d'arc (distance tendon-os) repose sur l'imagerie. Ce n'est pas le cas des études du Pr. Schweizer, dans lesquelles la mesure de cette dernière est réalisée par un appareil créé pour l'étude [Annexe 3]. Celui-ci semble pouvoir émettre plus de biais quant à la fiabilité des mesures.

Il serait intéressant qu'une étude semblable à celle de 2007 proposée par l'équipe du Pr. Schöffl, soit mise en place par d'autres chercheurs dans le but de prouver l'efficacité de cette technique, afin d'éviter tout conflit d'intérêt.

Une donnée qui ressort de l'étude de l'équipe du Pr. Schweizer est tout de même importante à relever, à savoir que le strap diminue plus le phénomène de corde d'arc s'il est posé à la distalité de P1, plutôt qu'en regard de la poulie A2.

Comment poser le strap lors de la reprise ? Nous conseillerons de suivre ce que décrit le Pr. Schöffl, à savoir en « H » comme il l'est montré dans la vidéo [65]. Il me paraît judicieux de rajouter un strap circulaire qui recouvre l'ensemble de P2 et P1, du distal vers le proximal comme le décrit M. Loubriat. Cette dernière étape permet de limiter la flexion du doigt lors de la pratique de l'escalade et ainsi de limiter la tendance à la corde d'arc et de diminuer la mise en tension des poulies. La tension à mettre sur le strap doit laisser le bout du doigt légèrement bleuir, juste après la pose. Cet effet doit être rapidement résolutif après l'ascension d'une voie, en raison de la détente de la bande. Il est aussi conseillé de changer plusieurs fois son strap au cours d'une même séance de manière à contrer une diminution de l'efficacité du bandage (en raison de la détente à nouveau).

L'avis du Pr. Moutet semble convaincant puisqu'il qualifie l'utilisation du *Strappal*® comme « anxiolytique ». En effet, les études sont en accord avec l'absence d'effet prophylactique mais son utilisation lors de la reprise me paraît tout de même justifiée. Si un effet placebo entre en jeu et permet une reprise plus rapide et plus performante pour le grimpeur, pourquoi s'en priver ? M. Loubriat l'exprime ainsi : « Si le grimpeur s'estime plus fort avec un strapping, autant qu'il en porte un » [57].

Les propos sont donc à nuancer. L'utilisation du strap dans le but de protéger les poulies doit bien évidemment se faire, mais uniquement lors de la période de reprise après lésion des poulies. Elle doit, en revanche être oubliée quelques mois après, de manière à favoriser le renforcement intrinsèque de la poulie, comme le démontrent les études qui mettent en avant l'adaptation des tissus mous face aux contraintes mécaniques.

5.3.2. Vers la réintégration du geste sportif :

Tout d'abord, un point peut être fait concernant l'étude qui identifie un indice de masse corporelle supérieur à 21 comme facteur de risque de lésion de poulie. Il est possible pour le kinésithérapeute de fournir des conseils diététiques au grimpeur concerné, ou de lui conseiller de revoir son généraliste pour qu'il soit orienter vers un spécialiste. En revanche, il paraît compliqué de demander à un patient de diminuer sa masse s'il se situe dans les normes, et ne présente pas de surpoids.

De surcroît, il peut être préconisé d'effectuer la reprise sportive en falaise puisque la pratique en extérieur est relevée comme moins délétère pour les poulies. Si toutefois les conditions ne le permettent pas, il est alors conseillé de reprendre avec une discipline telle que la « difficulté » et d'éviter le bloc, plus traumatique (cf cadre théorique).

Par ailleurs, il semble évident, et les études le confirment que la prise arquée est plus délétère pour les poulies que la prise tendue. Cette notion est à transmettre au grimpeur. Il pourrait être intéressant de savoir si les entraîneurs en sont conscients. Une intervention serait à mettre en place auprès de structures non professionnelles et des SAE privées afin de répandre cette notion.

Pour ce qui est des différences de force et de fatigabilité des deux préhensions, les avis divergent. Peut-on considérer que la prise tendue confère autant de force et d'endurance que l'arquée comme l'affirme l'équipe de Mr. Vigouroux en 2004 ? Ce résultat a été remis en cause par une étude plus récente de 2012 qui prend en compte le verrouillage du pouce, et la taille des prises. Nous considérerons ces résultats comme plus valables. D'une part cette étude offre plus de recul, mais surtout elle considère la taille des prises. En effet, sont corrélés : le niveau et la taille des prises, en tant que facteurs de risque de lésions des poulies. Plus le niveau augmente, plus la taille des prises diminue et donc plus les grimpeurs utilisent naturellement la prise arquée car il semble qu'elle leur confère plus de force de préhension.

Malgré cela, il semble nécessaire de conseiller au grimpeur d'utiliser autant que faire se peut la prise tendue afin de protéger ses poulies. En revanche, il est possible d'accorder l'arquée en période de compétition ; car dans ces conditions, l'objectif principal est l'ascension. La réalité de terrain correspond à une part importante du choix du type de préhension.

D'une part, il semble évident, qu'en présence d'un risque de chute durant un mouvement difficile, le subconscient prenne le dessus, et le grimpeur ne prête plus attention au type de préhension qu'il choisit (l'objectif étant de rester accroché à la paroi).

D'autre part, ce choix s'adapte à la prise. On comprend alors qu'en fonction de la forme de ces dernières, les doigts ajustent leurs positions pour offrir le meilleur abord possible de la main à son support. Ainsi, réduire le panel des préhensions, qu'un grimpeur expérimenté peut posséder, à la seule préhension tendue, paraît compromis.

Cependant, il faudrait tout de même que la prise tendue soit mise en place lors de la reprise et qu'elle soit intégrée au geste sportif par répétition. Cette dernière pourrait ainsi permettre une utilisation de plus en plus automatique de ce type de préhension.

Enfin, malgré la présentation d'un plan de traitement type, il faut bien évidemment ne pas perdre de vue que chaque prise en charge doit être individualisée. Elle doit être adaptée au profil de son patient et respecter ce dernier, en le prenant dans sa globalité.

6. Conclusion

Le développement de l'escalade et l'augmentation du niveau des grimpeurs, a pour conséquence la croissance du nombre de ruptures de poulies digitales. Cette pathologie est la plus fréquemment rencontrée dans ce sport. Elle est presque spécifique à sa pratique.

Ce travail permet de connaître l'anatomie des poulies, ainsi que leurs rôles biomécaniques. Il apporte une compréhension de certaines spécificités de l'escalade, et des mécanismes qui font que, ce sport est marqué par la rupture de poulie. Ce mémoire dresse un plan de traitement rééducatif type à appliquer chez un grimpeur expérimenté à la suite de cette lésion, de manière à ce que ce dernier puisse retrouver le plus rapidement et dans les meilleures conditions possibles, son niveau antérieur.

On remarque que le diagnostic clinique peut paraître évident. En revanche, la gravité de la lésion nécessite une recherche plus approfondie et passe par l'imagerie. Cette dernière permet de déterminer le nombre de poulie(s) lésée(s), ainsi que l'importance du phénomène de corde d'arc. L'évaluation précise de la gravité de la blessure ; va donc avoir une incidence sur la prise en charge à adopter.

S'en suit la mise en place d'un traitement conservateur, ou chirurgical, qui conditionnera la rééducation. Cette dernière se base, comme toutes celles qui concernent la traumatologie : sur des phases correspondant aux temps de cicatrisation. La rééducation après chirurgie doit nécessairement prendre en considération les consignes promulguées par le chirurgien.

La prise en charge masso-kinésithérapique apparaît comme nécessaire si le sportif veut retrouver son niveau antérieur le plus rapidement et dans les meilleures conditions possibles. Cela semble encore plus vrai à la suite d'une chirurgie des poulies. Il est nécessaire que les praticiens soient spécialisés mais également que le patient soit coopérant.

En revanche, et c'est le cas pour de nombreuses pathologies, le plus souhaitable serait que la lésion originelle ne survienne pas. Pour cela, la prévention est nécessaire. Elle passe par la prise de conscience des facteurs de risques spécifiques ou non, à la pratique de l'escalade. Cette connaissance doit être fournie aux grimpeurs mais également aux entraîneurs. Ce dernier point correspond à la prévention primaire. La prévention secondaire intervient au cours de la rééducation, et passe principalement par la protection de la poulie, généralement par une bague. La prévention tertiaire qui vise à limiter le risque de récurrence, se met en place dès la fin de la rééducation, lors de la phase de reprise. Cette dernière est décrite dans ce mémoire. Elle se rapproche de la primaire, et passe par la prise de conscience des facteurs de risques de lésion des poulies une fois de plus. L'utilisation du strap est un outil à mettre en place durant cette phase.

On peut relever une tendance des grimpeurs qui, ressentant une diminution des douleurs et frustrés par l'indisponibilité qu'engendre la lésion des poulies, reprennent l'escalade trop précocement. Il pourrait alors être intéressant de se pencher du côté des exercices spécifiques au renforcement musculaire propres à l'escalade afin de les adapter et les intégrer à la rééducation, de manière à obtenir l'introduction progressive de résistances, tout en se rapprochant de la pratique.

Annexes

Annexe 1 : Tableau de recherche bibliographique

Annexe 2 : Tableaux des études utilisées pour les résultats de ce mémoire

Annexe 3 : Outil de mesure du phénomène de corde d'arc, créé par l'équipe du Pr. Schweizer

Annexe 1 : Tableau de recherche bibliographique

<u>Base de données</u>	<u>Mots clés</u>	<u>Nombre d'occurrences</u>	<u>Critères de sélection des articles</u>	<u>Nombre d'articles sélectionnés par base de données</u>
<i>Pubmed</i>	Pulley AND rehabilitation	59	Publication date : 5 years	2
<i>Pubmed</i>	Pulley AND rock climbers	12	Publication date : 5 years	4
<i>Pubmed</i>	Pulley AND Tape	7	All	3
<i>Pubmed</i>	Bowstringing	49	All	1
<i>Pubmed</i>	Slope Grip AND Climbing	6	All	3
<i>PEDro</i>	Ice	28	Therapy :electrotherapies, heat, cold Problem : oedema	1
<i>Cochrane Library</i>	Flexor Tendon	2	All	1
<i>Google Scholar</i>	Strap ET Poulie	68	Trié par « pertinence »	1
<i>Google Scholar</i>	Rééducation et poulie digitale	205	Trié par « pertinence » Correspondance avec « rééducation »	5
<i>Google Scholar</i>	Zone 2 ET rééducation	1240	Trié par « pertinence » Correspondance avec « rééducation »	4
<i>Google Scholar</i>	Rééducation ET Grimpeur	126	Trié par « pertinence » Correspondance avec « rééducation »	4
<i>Kinescalade</i>	Rupture de poulie	4		4
<i>EMconsulte</i>	Poulie ET rééducation	150	Par spécialité : « kinésithérapeute », « MPR » Par pertinence	3

Annexe 2 : Tableau des études utilisées pour les résultats de ce mémoire

Sources	Auteurs	Année (I.F)	Objectifs de l'étude	Protocole utilisé	Résultats	Intérêt pour le mémoire
The Use of Ice in the Treatment of Acute Soft-Tissue Injury [58]	-C. Bleakley	2004 (4,5)	Revue qui évalue les preuves de l'efficacité de la cryothérapie sur les blessures aiguës des tissus mous.	Recherche de l'ensemble de la littérature.	Des études plus complètes sont requises quant aux protocoles à utiliser.	Effets sur l'œdème et la douleur, mais pas de consensus sur les protocoles. Et preuves généralement empiriques.
Strength Measurement and Clinical Outcome after Pulley Ruptures in Climbers [13]	-V. Schöffl -F. Einwag -W. Strecker -I. Schöffl	2006 (1,46)	Evaluer l'efficacité à distance du traitement conservateur des ruptures simples, concernant la clinique et la force.	Evaluation des résultats cliniques par le questionnaire Buck-Gramcko. Et comparaison au doigt sain des forces des doigts en flexion-extension sous imagerie.	Pas de différence significative en force comparé au côté sain. Résultats cliniques : « excellents » (B-G à 3).	Le traitement conservateur fonctionne excellemment.
Effect of Total End Range Time on Improving Passive Range of Motion [61]	-K. Flowers -P. LaStayo	2012 (1,23)	Valider le protocole TERT.	Deux groupes randomisés avec des limitations d'amplitudes au niveau de l'IPP après opération furent à tour de rôle soumis au protocole soit trois jours, soit six jours.	Les résultats démontrent que les gains d'amplitudes vont du simple au double, proportionnellement à la durée d'assignation à l'étude.	Résultats très significatifs en faveur du protocole TERT.
Effect of simulated rock climbing finger postures on force sharing	-F. Quaine -L. Vigouroux -L. Martin	2003 (1,52)	Etudier les forces appliquées par chaque doigt lors des différentes prises utilisées en escalade .	6 grimpeurs de haut-niveau devaient fléchir un ou quatre doigts dans 3 différentes prises.	Le doigt le plus fort est le majeur, puis l'annulaire : ce qui peut expliquer qu'ils soient les plus lésés.	Compréhension biomécanique.

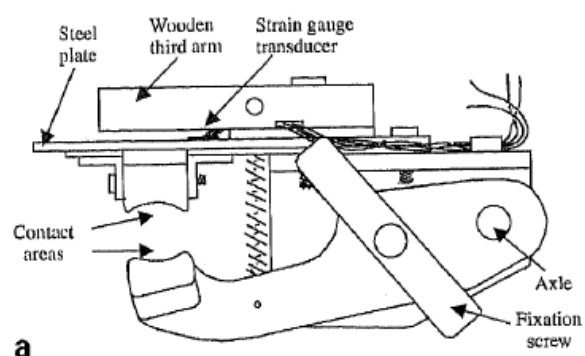
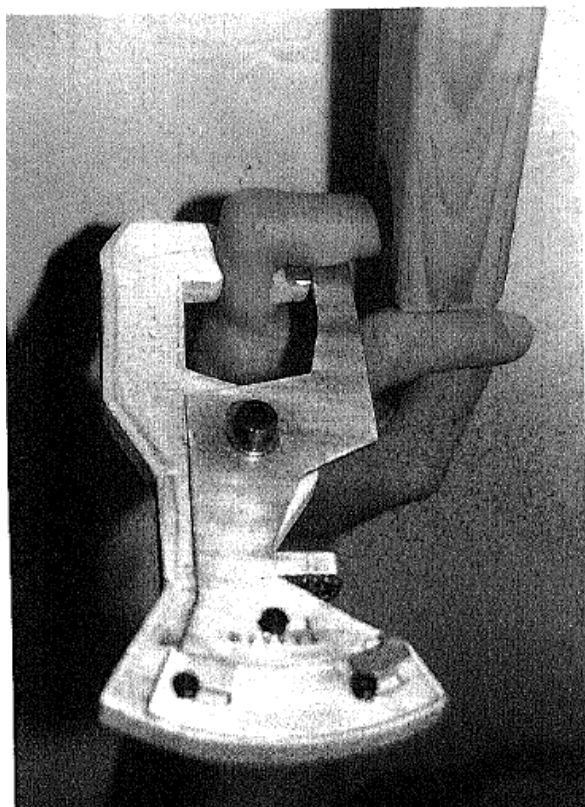
among the fingers [63]						
Risk factors of hand climbing-related injuries [62]	-A. Lion -B.C van der Zwaard -S. Remillieux	2015 (3,27)	Investiguer sur les facteurs de risques de blessures de la main relatives à l'escalade.	Etudes rétrospectives de 528 grimpeurs adultes (par questionnaire) concernant des facteurs anthropométriques mais également les conditions de grimpe.	Le niveau de pratique ainsi que l'IMC sont proportionnellement corrélés au risque de blessure.	Un grimpeur avec un IMC>21 a plus de risque de ruptures de poulie. Alors qu'un IMC>20 impacte plus les tendons.
Middle and ring fingers are more exposed to pulley rupture than index and little during sport-climbing. [37]	-F. Quaine -L. Vigouroux -F. Paclet -F. Colloud	2007 (2,37)	Expliquer pourquoi le 3 ^e et 4 ^e doigts sont les plus touchés par les ruptures de poulies.	Mesures des forces appliquées sur les poulies lors du serrage maximal par 8 sujets.	Explication du fait d'une force supérieure de ces doigts.	Compréhension biomécanique.
Biomechanical model for the determination of the forces acting on the finger pulley system [36]	-I. Roloff -V. Schöffl -F. Quaine -L. Vigouroux	2006 (3,23)	Déterminer les forces agissant sur les poulies A2 et A4.	Paramètres mesurés : angle de flexion, la position de la poulie et le respect du centre de rotation.	Le plus important pour que le rôle d'une poulie soit satisfaisant est le respect du centre de rotation. En chirurgie : avoir le meilleur placement pour poser une greffe.	Compréhension biomécanique.
A new measuring technique for determining the forces	-I. Schöffl -K. Oppelt -A. Schweizer	2009 (0,72)	Déterminer les forces s'appliquant sur les poulies.	Un index et un annulaire provenant de deux cadavres furent utilisés et montés dans une nouvelle machine qui tente de	Les résultats montrent que les résistances des poulies sont environ trois fois plus faibles que ce que démontre l'étude de Lin et Al.	-Les poulies cruciformes ont un rôle faible dans la prévention de la corde d'arc.

acting on the pulley system of the finger [39]	-A. Hugel -V. Schöffl -....			reproduire les forces exercés par les tendons en position tendue.		-Rupture d'A2 plus fréquentes car fait face aux forces du FPD et du FSD. -Résistance à la rupture < à celles décrites par Lin et Al.
Connective tissue adaptations in the fingers of performance sport climbers [67].	-A. Schweizer -B. Seifert -P. Allenspach -T. Schreiber	2015 (2,57)	Evaluer les changements du tissu conjonctif chez le grimpeur de haut-niveau après au moins 15 ans de pratique.	Evaluation par imagerie de l'épaisseur des poulies A2 et A4, des plaques palmaires de l'IPP et de l'IPD, ainsi que du diamètre des tendons des FSD et FPD. Groupe test : 31 grimpeurs (37ans d'âge moyen). Groupe contrôle : 20 hommes non-grimpeurs.	A2 et A4 sont significativement plus épaisses. C'est le cas des plaques palmaires également. La différence est moins distincte pour les tendons.	A2 et A4 sont significativement plus épaisses chez le grimper.
Factors influencing osteological changes in the hands and fingers of rock climbers [31]	-Sylvester et Al.	2006 (2,77)	Evaluer les changements osseux chez le grimpeur. Quels types de grimpe influence le plus ces changements.	Mesures radiologiques et Manova Test. Sur groupes de 27 grimpeurs, comparés à 35 non-grimpeurs.	Des différences osseux (augmentation du dépôt sous le périoste) ont été démontré mais pas de risque de développer d'arthroses. Le bloc majorerait les modifications osseuses.	Adaptation du tissu osseux également.
Traumatismes des Doigts en Escalade chez les Jeunes participant aux Championnats	-F. Moutet -S. Gnechhi	2009	Questionnaire distribué aux grimpeurs lors des championnats de France.	Championnat de France Jeunes de Bloc. Enquête réalisée via internet et via les clubs.	Le bloc chez les jeunes ne semble pas plus délétère. Contrairement à la catégorie sénior.	Nécessité d'une préparation physique spécifique.

de France Jeunes de Bloc						
Maximal Resultant Four Fingertip Force and Fatigue of the Extrinsic Muscles of the Hand in Different Sport Climbing Finger Grips [35]	-F. Quaine -L. Vigouroux	2004 (1,62)	Etudier l'effet des différentes préhensions sur la fatigue et la force des muscles extrinsèques.	6 grimpeurs de haut-niveau à qui l'on demande d'effectuer des serrages intermittents maximaux en position arquée et tendue. Mesures par dynamomètre (force) et EMG (fatigue).	La force maximale développée, ainsi que la fatigue ne dépendent pas du type de prise.	ETP : pas de différence ni de force, ni de fatigabilité entre arqué et tendu.
Kinetics of crimp and slope grip in rock climbing. [33]	- A. Swheizer -R. Hudek	2011 (1,31)	Etudier les différences cinétiques entre arqué et tendu.	Neuf cadavres avec P1 attachée. Mise en charge du FSD et du FPD individuellement ou simultanément dans les deux positions et avec 5 prises différentes. Mesure des forces.	En arqué comme en tendu : FPD génère plus de forces que le FSD. Sur des petites prises également. En revanche sur des grosses prises : FSD génère plus de force. Quand les deux sont chargés simultanément : la force est supérieure. Il semblerait que la force de serrage soit meilleure en arquée.	Arquée > tendu en terme de force.
Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. [64]	-Amca A. - Vigouroux L. -Aritan S. Berton E.	2012	Analyser l'effet des différentes prises (tendue, semi et arquée) et de la profondeur des prises sur des forces de serrage maximales dans le sens vertical	Grace à une plateforme permettant la fixation des prises et un capteur de force relié à un ordinateur. 10 grimpeurs expérimentés exercèrent des forces maximales verticales ou antéro-postérieures avec 3min de repos entre chaque essai.	Prend en compte le verrouillage du pouce. Démontre que pour une prise plate, lorsque la profondeur est faible (moins de 2 cm), les forces de tractions verticales sont meilleures en position arquée. Tandis qu'à partir de 3 cm de profondeur, la différence entre la force de préhension arquée et la	L'arquée permet de serrer plus fort de petites prises.

			mais aussi antéro-postérieur.		force de préhension tendue n'est plus significative.	
The Effect of Circumferential Taping on Flexor Tendon Pulley Failure in Rock Climbers [66]	-W.J. Warme -D. Brooks	2000	Déterminer si un strap circulaire pouvait empêcher la rupture d'A2 lors d'une prise arquée.	9 cadavres, et 22 paires de doigts ayant des résultats évaluables.	Le strap ne semble pas être d'un intérêt prophylactique.	Intérêt du strap dans la prévention des ruptures de poulie.
Biomechanical effectiveness of taping the A2 pulley in rock climbers [25]	-A. Schweizer	2000 (0,74)	Déterminer l'efficacité d'un Strapping circulaire au niveau de P1.	16 doigts (3 ^e et 4 ^e) de quatre adultes sains. Mesures de la force et de la distance de l'effet corde d'arc par des appareils créés pour l'étude. Mesures avec et sans strap. Comparaison.	Strap au niveau d'A2 : diminue corde d'arc de 2.8%. Strap à la distalité de P1 : diminue corde d'arc de 22%. En revanche les deux diminuent les force de l'effet corde d'arc de 11 et 12% respectivement. Probablement effet prophylactique inefficace quant à la survenue de rupture.	Conseil, appliquer le strap au niveau distal de P1. Critique : mesures externes, « custom made-device ».
Impact of Taping After Finger Flexor Tendon Pulley Ruptures in Rock Climbers [32]	-I. Schöffl -V. Schöffl -F. Einwag -W. Strecker -F. Hennig	2007 (1,03)	Evaluer l'efficacité du « H-Tape ».	8 sujets présentant des ruptures de poulies. Mesure par échographie de la distance os-tendon avec h-tape, ou méthode traditionnelle ou sans strap. Dans un second temps, mesure de la force sur 12 sujets avec ruptures de poulies âgées de plus d'un an.	Diminution (16%) de la distance tendon-os et augmentation (13%) de la force avec le H-tape, significativement supérieur au tape circulaire.	Recommander de poser son strap en H.

Annexe 3 : Outil de mesure du phénomène de corde d'arc, créé par l'équipe du Pr. Schweizer



Bibliographie

1. Jourdain P. L'histoire de l'escalade [Internet]. grimper.com. 2009 [cité 4 sept 2017]. Disponible sur: <http://www.grimper.com/histoire-escalade-introduction>
2. Historique [Internet]. ffme. [cité 4 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.ffme.fr/escalade/page/historique.html>
3. Salomon, Vigier. La Pratique de l'escalade. Vigot. 1989.
4. La Fédération Française de Montagne et d'Escalade [Internet]. FFME. [cité 9 avr 2016]. Disponible sur: <http://www.ffme.fr/federation/page/la-federation-francaise-de-la-montagne-et-de-l-escalade-ffme.html>
5. Chenevier J-M. Escalade: La croissance. juill 2011;(129):31.
6. L'escalade rentre (enfin) dans l'ère olympique [Internet]. l'équipe. 2016. Disponible sur: <http://www.lequipe.fr/Adrenaline/Escalade/Actualites/L-escalade-entre-enfin-dans-l-ere-olympique/712923>
7. Guirao S. Rupture des poulies digitales : et le membre supérieur dans tout ça ? 2008 juin.
8. Peters P. Orthopedic problems in sport climbing. 2001;
9. Moutet F. Les poulies de l'appareil fléchisseur : anatomie, pathologies, traitement. 12 mai 2002;
10. Dufour M. Anatomie de l'appareil locomoteur Tome 2. 2ème. Vol. 2: Membre Supérieur. Issy les Moulineaux: Elsevier Masson; 2007.
11. Netter F. Atlas d'anatomie humaine. Vol. VI : Membre Supérieur. Elsevier Masson; 2015.
12. Dufour M, Pillu M, Viel E. Biomécanique Fonctionnelle. Vol. Membres-Tête-Tronc. Issy les Moulineaux: Elsevier Masson; 2006.
13. Schöffl V, Einwag F, Strecker W, Schöffl I. Strength Measurement and Clinical Outcome after Pulley Ruptures in Climbers. Med Sci Sports Exerc. 2006;38(4):637-43.
14. Moutet F, Gnechi S. Escalade: pathologies de la main et des doigts. Grenoble: Springer; 2010. (Sports et traumatologie).
15. Hochholzer T, Schöffl V. Escalade: Blessures et traumatismes: les prévenir, les guérir. Glénat. Allemagne; 2012.
16. Manske P, Lesker P. Palmar aponeurosis pulley. J Hand Surg. 1983;259-63.
17. Delmares E. L'IPP chronique du grimpeur. Institution Joseph Fourier; 2013.
18. Les plaies des fléchisseurs [Internet]. Institut Français de Chirurgie de la Main. 2016 [cité 15 janv 2017]. Disponible sur: <http://www.institut-main.fr/les-plaies-des-flechisseurs/>
19. Les lésions de l'appareil fléchisseur [Internet]. SOS.main. 2002 [cité 15 janv 2017]. Disponible sur: <http://handweb.pagesperso-orange.fr/prod12.htm>

20. Boyes J. Bunnell's surgery of the hand. 4e éd. 1964;
21. Thomas D, Moutet F, Guinard D, Corcella C. Mobilisation postopératoire immédiate des tendons fléchisseurs. *Ann Kinésithér.* 2000;27(8):338-47.
22. Delaquaize. Tendons fléchisseurs en zone II : Réparation et rééducation Méthodes actuelles et évolution des idées. 2003.
23. Kotwal PP, Tahir Ansari M. Zone 2 flexor tendon injuries: venturing into the no man's land. *Indian J Orthop.* déc 2012;(46):608-15.
24. Tang J. Flexor tendon repair in zone 2C. *J Hand Surg Br.* févr 1994;19(1):72-5.
25. Schweizer A. Biomechanical effectiveness of taping the A2 pulley in rock climbers. *J Hand Surg.* 2000;25B(1):102-7.
26. Schöffl V, Roloff I. Concepts actuels des ruptures de poulies chez les grimpeurs: lettre à la rédaction. *Chirurgie de la Main.* 2005;113.
27. Thomas D, Moutet F, Gérard P. Rééducation des lésions des poulies digitales chez le grimpeur. *KS.* juin 2010;(511):47-53.
28. Lin G, Amadio P, An K, Cooney W. Functional anatomy of the human digital flexor pulley system. *J Hand Surg Am.* nov 1989;14(6):949-56.
29. Schweizer A. Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *Journal of Biomechanics.* 2001;34:217-23.
30. Schöffl V, Morrison A, Ullrich S, Küpper T. The UIAA Medical Commission Injury Classification for Mountaineering and Climbing Sports. *Wilderness & Environmental Med.* 2011;46-51.
31. Sylvester AD, Christensen AM, Kramer PA. Factors influencing osteological changes in the hands and fingers of rock climbers. *J Anat.* 2006;209:597-609.
32. Schöffl I, Einwag F, Strecker W, Hennig F, Schöffl V. Impact of Taping After Finger Flexor Tendon Pulley Ruptures in Rock Climbers. *Human Kinetics.* 2007;
33. Schweizer A, Hudek R. Kinetics of crimp and slope grip in rock climbing. *J Appl Biomech.* mai 2011;27(2):116-21.
34. Remillieux J. Prévention des lésions de poulie(s) des doigts longs lors de la pratique de l'escalade sportive. 2015.
35. Quaine F, Vigouroux L. Maximal Resultant Four Fingertip Force and Fatigue of the Extrinsic Muscles of the Hand in Different Sport Climbing Finger Grips. *Int J Sports Med.* 2004;25:634-7.
36. Roloff I, Schöffl V, Vigouroux L, Quaine F. Biomechanical model for the determination of the forces acting on the finger pulley system. *J Biomech.* 2006;39:915-23.
37. Vigouroux L, Quaine F, Paclet F, Colloud F, Moutet F. Middle and ring fingers are more exposed to pulley rupture than index and little during sport-climbing. *Clin Biomech.* 2007;23.

38. Gneccchi S, Moutet F, Thomas D. Les traumatismes des doigts chez le grimpeur « anciennement lésé ». *Kinésithér Scient.* nov 2010;(515):23-33.
39. Schöffl I, Schöffl V, Schweizer A, Oppelt K, Hugel A. A new measuring technique for determining the forces acting on the pulley system of the finger. *Sports Technol.* 2009;2(1-2):32-8.
40. Schöffl V, Schöffl I. Injuries to the Finger Flexor Pulley System in Rock Climbers: Current Concepts. *J Hand Surg.* avr 2006;31A(4):647-54.
41. Zafonte B, Rendulic D, Szabo RM. Flexor Pulley System: Anatomy, Injury, and Management. *J Hand Surg Am.* 2014;39(12):2525-32.
42. Lésions des poulies digitales [Internet]. Institut Français de Chirurgie de la Main. [cité 17 sept 2016]. Disponible sur: <http://www.institut-main.fr/Glossaire/poulie/>
43. Klauser A, Frauscher F, Bodner G, Halpern EJ, Springer P, Gabl M, et al. Finger Pulley Injuries in Extreme Rock Climbers: Depiction with Dynamic US. *Radiology.* 2002;222:755-61.
44. Schöffl V, Hochholzer T, Winkelmann HP, Strecker W. Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness Environ Med.* 2003;14(2):94-100.
45. Schöffl V, Hochholzer T, Winkelmann HP, Strecker W. Zur therapie von ringbandverletzungen bei sportkletterern. *Handchir Mikrochir Plast Chir.* 2004;36:231-6.
46. Isel M, Merle M. Orthèses de la main et du poignet : Protocoles de rééducation. 62, rue Camille-Desmoulins, 92442 Issy-les-Moulineaux cedex: Elsevier Masson; 2012. 307 p.
47. Loubriat J-W. Kinescalade.com [Internet]. Disponible sur: <http://www.kinescalade.com/>
48. La Fabrique Verticale [Internet]. Disponible sur: <http://lafabriqueverticale.com/fr/>
49. UIAA – International Climbing and Mountaineering Federation [Internet]. Disponible sur: <http://theuiaa.org/>
50. GEMMSOR [Internet]. Disponible sur: <http://www.reeducation-main.com/>
51. Institut Français de Chirurgie de la Main [Internet]. Disponible sur: <http://www.institut-main.fr/>
52. Thomas D, Forli A, Martin des Pallières T, Corcella C, Moutet F, Gérard P, et al. Rééducation des plaies tendineuses des fléchisseurs au niveau de l'avant-bras et de la main. *KS.* oct 2009;(503):45-50.
53. Lister GD, Kleinert JE, Atasoy E. Primary flexor tendon repair followed by immediate controlled mobilization. *J Hand Surg.* 1977;2:441-51.
54. Elliot D, Barbieri CH, Evans RB, Mass D, Tang J. IFSSH Flexor Tendon Committee Report 2007. *J Hand Surg Eur.* 2007;32(3):346-56.
55. Timothy P. Crowley. The Flexor Tendon Pulley System and Rock Climbing. *J Hand Microsurg.* 18 janv 2012.
56. Loubriat J-W. Protocole de traitement orthopédique d'une rupture de poulie. [Internet]. 2006. Disponible sur: kinescalade.com

57. Loubriat J-W, Beyler C. La prise en charge du grimpeur blessé. *Kinesither Rev.* 203apr. J.-C.;58:19-22.
58. Bleakley C, McDonough S, MacAuley D. The Use of Ice in the Treatment of Acute Soft-Tissue Injury. *The American Journal of Sports Medicine.* 2004;32(1):251-61.
59. Légré R. L'oedème en chirurgie de la main. *Ann Chir Main.* 1991;10(1):71-6.
60. Dauzac C, Airaud P. Le massage cicatriciel. *Kinésithér Scient.* 1 oct 2013;(539):59-60.
61. Flowers KR, LaStayo PC. Effect of Total End Range Time on Improving Passive Range of Motion. *J Hand Therapy.* 2012;25(1):48-55.
62. Lion A, van der Zwaard, BC, Remillieux S, Perrin PP, Buatois S. Risk factors of hand climbing-related injuries. *Scand J Med Sci Sports.* 15 mai 2015;
63. Quaine F, Vigouroux L, Martin L. Effect of simulated rock climbing finger postures on force sharing among the fingers. *Clin Biomech.* 2003;18:385-8.
64. Amca A, Vigouroux L, Aritan S, Berton E. Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *J Sports Sci.* 2012;30(7):669-77.
65. Schöffl V. CLIMBING TIPS - H-TAPE FOR PULLEY INJURIES [Internet]. 2016. Disponible sur: <http://www.outdoorsportsteam.com/athletes/climb/blog/post/article/climbing-tip-1/>
66. Warme WiJ, Brooks D. The Effect of Circumferential Taping on Flexor Tendon Pulley Failure in Rock Climbers. *The American Journal of Sports Medicine.* 2000;28(5).
67. Schreiber T, Allenspach P, Seifert B, Schweizer A. Connective tissue adaptations in the fingers of performance sport climbers. *European Journal of Sport Science.* 2015;

Code couleur : littérature grise

Résumé

Le développement de **l'escalade** et l'augmentation du niveau des grimpeurs, a pour conséquence la croissance du nombre de **ruptures de poulies** digitales. Cette pathologie est la plus fréquemment rencontrée dans ce sport. Elle est presque spécifique à sa pratique. Elle est crainte car elle engendre une indisponibilité sportive totale. En fonction de sa gravité, son traitement est soit conservateur, soit chirurgical. Dans les deux cas, la **rééducation** semble nécessaire si le grimpeur veut retrouver son niveau antérieur le plus rapidement possible. Bien que de plus en plus fréquente, cette pathologie reste néanmoins une « pathologie de niche », ce qui justifie un faible nombre de protocoles concernant la rééducation de ces patients. Ce travail permet de connaître l'anatomie des poulies, ainsi que leurs rôles biomécaniques. Il apporte une compréhension de certaines spécificités de l'escalade, et des mécanismes qui font que, ce sport est marqué par la rupture de poulie. Ce mémoire dresse un plan de traitement rééducatif type à appliquer chez un grimpeur expérimenté à la suite de cette lésion.

Abstract

The development of **climbing** and the increase of the level of climbers, results in the growth of the number of **pulley ruptures**. This pathology is the most common injury encountered in this context. It is typical of this practice. It scares climbers because it engenders a total unavailability of practicing. Depending on its severity, its treatment is either conservative or surgical. In both cases, **rehabilitation** is necessary if the climber wishes to regain his anterior level as soon as possible. Although more and more frequent, this pathology stays rare, considering the overall population. That justifies a small number of protocols concerning the rehabilitation of these patients. This work allows to know the anatomy of the pulleys, as well as its biomechanical functions. It brings an understanding of some specific features of climbing and the mechanisms which makes that this sport is marked by pulley ruptures. This work gives us a rehabilitation treatment plan to apply when an experienced climber presents this injury.

Mots clés / Key words

« Rupture de poulie » / « Pulley rupture »

« Escalade » / « Rock climbing »

« Rééducation » / « Rehabilitation »

« Prise arquée » / « Crimp grip »

« Strapping » / « Taping »