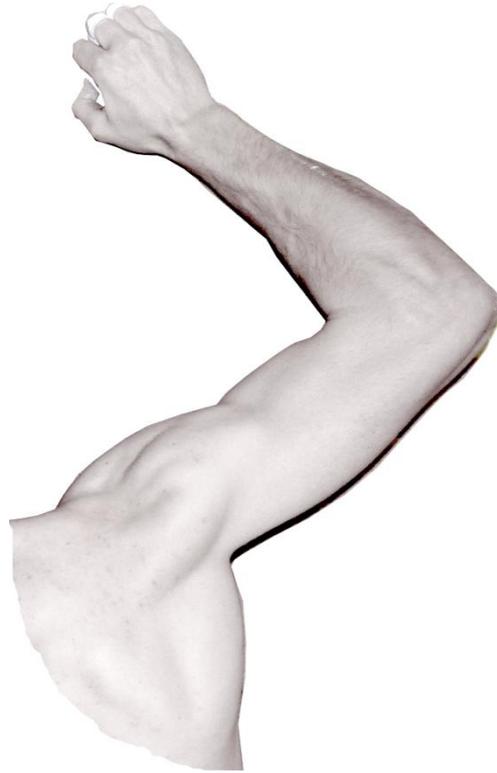


MINISTÈRE DE LA SANTÉ  
RÉGION LORRAINE  
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE  
DE NANCY



## **Prévention des lésions de poulie(s) des doigts longs lors de la pratique de l'escalade sportive**

Mémoire présenté par **Julien REMILLIEUX**  
étudiant en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie  
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat  
de Masseur-Kinésithérapeute.  
2014-2015.

## Remerciements :

Je tiens à remercier M. André Parent (réfèrent du mémoire) et M. Patrick Boisseau (directeur du mémoire) pour m'avoir encadré et conseillé tout au long de la réalisation du mémoire, Sébastien Gnechi (MK de l'équipe de France d'escalade), Pierre Belleudy (médecin fédéral) et Pascal François (MK fédéral) pour leurs conseils et leur disponibilité à répondre à mes questions, les MK et/ou grimpeurs qui m'ont donné leurs critiques sur le livret réalisé, ainsi que mes parents, mon frère et toutes les personnes qui m'ont aidé pour les dernières relectures.

## SOMMAIRE

	Page
RÉSUMÉ	
LEXIQUE	
1. INTRODUCTION.....	/ 1
2. RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMÉCANIQUES .....	/ 2
3. PHYSIOPATHOLOGIE DES LÉSIONS DE POULIE(S) .....	/ 4
3. 1. Facteurs intrinsèques .....	/ 4
3. 2. Positionnement des doigts .....	/ 5
3. 3. Les doigts III et IV plus lésés .....	/ 8
3. 4. Travail musculaire .....	/ 9
3. 5. Signes cliniques .....	/ 9
3. 6. Classification des lésions et traitements associés .....	/ 10
4. DESCRIPTION D'EXERCICES SPÉCIFIQUES QUI SOLLICITENT LES DOIGTS DANS DIFFÉRENTS MODES DE CONTRACTION MUSCULAIRE.....	/ 12
4. 1. Mode isométrique .....	/ 13
4. 2. Mode anisométrique .....	/ 13
4. 3. Mode pliométrique .....	/ 15
5. MATÉRIEL ET MÉTHODE .....	/ 15
5. 1. Méthode de recherche bibliographique .....	/ 15
5. 2. Réalisation du livret .....	/ 16
6. DISCUSSION .....	/ 18
6. 1. Les adaptations physiologiques des poulies .....	/ 18
6. 2. L'influence du support de pratique .....	/ 19
6. 3. L'hygiène de vie .....	/ 20
6. 4. Lien de causalité avec les épitrochléites .....	/ 20
6. 5. L'échauffement .....	/ 21
6. 6. L'intérêt du renforcement du membre supérieur .....	/ 22
6. 7. L'importance de la « force de contact » .....	/ 23
6. 8. L'influence de la technique et de l'équipement .....	/ 24
6. 9. La fatigue et le surentraînement .....	/ 24

6. 10. Les étirements .....	/ 25
6. 11. Le risque de lésions chez les enfants .....	/ 26
6. 12. L'autodiagnostic et l'automédication .....	/ 27
6. 13. L'intérêt du 'tape' .....	/ 28
6. 14. Les limites du livret de prévention .....	/ 29
7. CONCLUSION .....	/ 30

## BIBLIOGRAPHIE

ANNEXE I : LIVRET DE PRÉVENTION

ANNEXE II : AFFICHES DE PRÉVENTION

ANNEXE III : DIFFÉRENTES PRÉHENSIONS

ANNEXE IV : EXAMENS ET TRAITEMENTS

ANNEXE V : OUTILS D'ENTRAÎNEMENT

ANNEXE VI : FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA SURCHARGE DES POULIES

ANNEXE VII : DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE 'TAPE'

## **RÉSUMÉ :**

Les lésions de poulie(s) en escalade sont, avec les tendinopathies, les lésions les plus courantes chez les pratiquants en escalade. Cependant, il y a chez ces derniers un manque de connaissances dans la prévention de ces lésions.

Suite à un inventaire des différents facteurs qui favorisent la survenue des lésions de poulie(s), nous avons réalisé un livret de prévention à l'intention des grimpeurs. Au préalable, nous décrivons la physiopathologie des lésions de poulie(s) ainsi que différents exercices spécifiques qui sollicitent les doigts. D'autres facteurs tels que les adaptations physiologiques, l'influence des supports de pratiques, l'hygiène de vie, l'échauffement, le surentraînement, les étirements ou l'utilisation du 'tape' en prévention sont également traités au cours de cette étude.

La prévention réalisée est primaire, secondaire et tertiaire. Le livret regroupe une description physiopathologique de ces lésions, des conseils d'hygiène de vie, des conseils d'échauffement, des conseils d'entraînement, la description des signaux d'alarme avant la blessure et également les différents traitements avant et après une consultation spécialisée.

La diffusion pourrait se faire via le site internet de la F.F.M.E. (Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade) après une relecture par la commission fédérale. Une affiche de prévention pourrait également être placée dans les salles d'escalade pour sensibiliser davantage les grimpeurs à la prévention et à la lecture du livret réalisé.

**MOTS-CLEFS :** poulie, prévention, blessures, escalade

Keywords : pulley, prevention, injuries, climbing

## LEXIQUE

II, III, IV, V : Index, annulaire, majeur, auriculaire

AMP : Articulation Métacarpo-Phalangienne

« Bac » : Le « bac » est une grosse prise qui permet une préhension englobante de toute la main [1, 2].

« Bloc », « voie » : Ces termes peuvent évoquer à la fois la discipline et le support d'escalade [3]. Le bloc est un type d'escalade qui ne dépasse pas les quatre mètres de hauteur et qui se pratique sans assurage mais avec un tapis de réception. La voie est un type d'escalade qui dépasse les quatre mètres de hauteur et qui nécessite l'utilisation d'une corde. [4]

Doigt à ressaut : Syndrome de sursollicitation d'un doigt qui se traduit cliniquement par un claquement brusque à l'extension de ce dernier [5].

Doigt en col de cygne : Déformation du doigt qui correspond à une hyperextension de l'IPP et à une flexion de l'IPD.

ED : Muscle Extenseur des Doigts

Escalade : activité sportive dont le but est d'atteindre le sommet de voies ou de blocs en évoluant à mains nues et sans aide matérielle [4].

F.F.M.E. : Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade

FPD : Muscle Fléchisseur Profond des Doigts

FSD : Muscle Fléchisseur Superficiel des Doigts

IOD : Muscles Interosseux Dorsaux

IOP : Muscles Interosseux palmaires

IPP : Articulation Inter-Phalangienne Proximale

IPD : Articulation Inter-Phalangienne Distale

Mode de contraction musculaire isométrique : Le moment de force est égal au moment résistant, la longueur du muscle ne varie pas.

Mode de contraction musculaire anisométrique concentrique : Le moment de force est supérieur au moment résistant, le muscle se raccourcit pendant qu'il se contracte.

Mode de contraction musculaire anisométrique excentrique : Le moment de force est inférieur au moment résistant, le muscle s'allonge pendant qu'il se contracte.

Mode de contraction musculaire pliométrique : Une contraction concentrique fait suite à une contraction excentrique avec un laps de temps inférieur à 200 ms [5].

P1 : Première phalange

P2 : Deuxième Phalange

P3 : Troisième phalange

MK : Masseur Kinésithérapeute

Pan Güllich (fig. 8) : Panneau de bois légèrement incliné vers l'arrière, sur lequel sont fixées de façon équidistante différentes rangées de prises identiques.

Poutre (fig. 8) : En escalade, ce terme désigne un agrès qui dispose d'une grande variété de préhensions utilisées pour se suspendre.

Traction : En escalade, ce terme fait référence à l'élévation du corps par les membres supérieurs, avec dans certains cas l'appui des pieds pour soulager l'effort.

## **1. INTRODUCTION**

Les premières descriptions anatomiques des coulisses des fléchisseurs datent de 1969 par Barton et de 1975 par Doyle et Blythe. En 1990, Bollen décrit pour la première fois le phénomène de la rupture de poulie(s) [6]. À cette époque, ce phénomène concerne uniquement une faible population de grimpeurs de haut niveau. Aujourd'hui, l'escalade s'est popularisée et le nombre de licenciés a augmenté tous les ans entre 2004 et 2011 [7]. De plus en plus de grimpeurs sont confrontés à cette lésion bien qu'étant loin du niveau des meilleurs de la discipline. Avec les tendinopathies, il s'agit des lésions les plus courantes [3, 5]. Bien qu'elle soit assez rare dans le monde sportif, la rupture de poulie(s) peut nécessiter l'opération et elle est redoutée chez les pratiquants de l'escalade [8]. C'est pourquoi, ces dix dernières années les articles concernant les lésions de poulie(s) se sont multipliés.

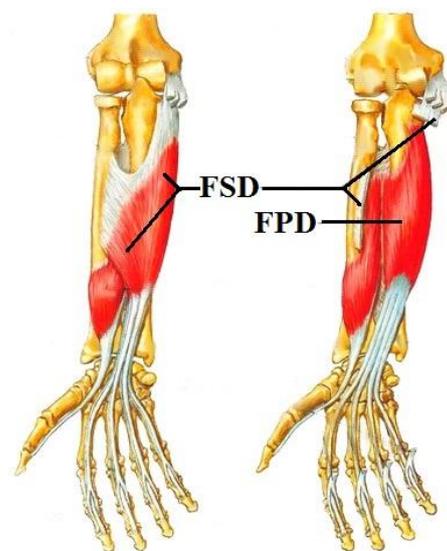
À ce jour, les informations de prévention auprès des grimpeurs sont limitées. C'est pourquoi nous nous demandons : « Comment améliorer l'observance de la prévention des lésions de poulie(s) chez les pratiquants de l'escalade ? ». Ce mémoire a pour but de faire le point sur les lésions des poulies afin de mieux conseiller les grimpeurs. Après quelques rappels anatomiques et biomécaniques, nous détaillons le mécanisme de rupture et les différents facteurs impliqués. Puis, nous nous intéressons particulièrement à des exercices spécifiques sollicitant les doigts. Nous décrivons leurs intérêts et/ou leurs risques. Enfin, une discussion est menée sur différents facteurs qui influent sur la survenue des lésions de poulie(s), ainsi que sur les limites de cette étude.

Les conclusions (pratiques ou théoriques) à même d'aider le grimpeur dans sa recherche de performance ou de plaisir en escalade, tout en diminuant les risques de lésions des poulies, sont réunies dans un livret de prévention (annexe I). Notre objectif est d'interpeller dans les salles d'escalade les grimpeurs de tous niveaux à ce sujet. Alors que bien souvent les grimpeurs ne s'informent sur leur(s) blessure(s) qu'après l'accident, nous cherchons ici à intervenir avant tout prémisses de blessure. Pour autant, nous nous devons également de conseiller les grimpeurs après la survenue de la blessure.

## 2. RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMÉCANIQUES

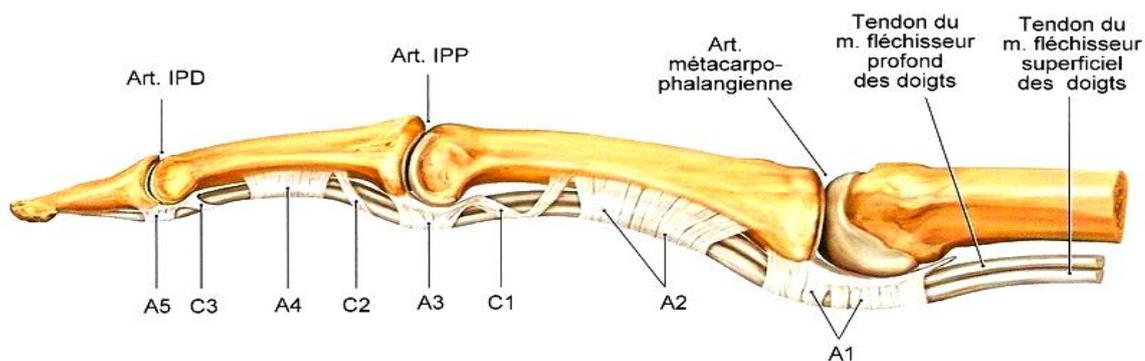
Nous nous intéressons à l'anatomie au niveau distal et uniquement aux doigts longs. Le pouce peut physiologiquement subir une rupture de poulie mais cette lésion est très rare en escalade.

Le système fléchisseur des doigts longs différencie le FSD et le FPD (fig. 1). Le FSD participe à la flexion du poignet et réalise la flexion de P2 [10]. Ses tendons forment un chiasma à hauteur de l'IPP (après la boutonnière qui laisse passer le tendon du FPD) et s'insèrent distalement aux bords latéraux de P2 des quatre doigts longs. La boutonnière a un effet de plaquage sur le tendon du FPD. Les tendons du FPD s'insèrent distalement à la base de P3 des quatre doigts longs. Le FPD participe à la flexion du poignet et réalise à lui seul la flexion de l'IPD. Concernant la flexion des doigts, il est important de rappeler l'effet ténodèse : il correspond à la flexion passive des doigts par une extension du poignet mettant en tension les muscles fléchisseurs. [11]



**Figure 1 : Muscles fléchisseurs des doigts [9]**

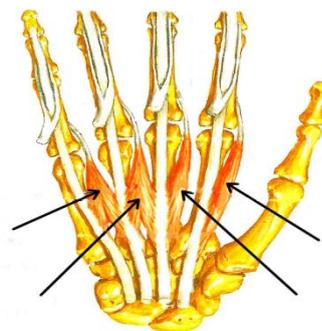
L'appareil tendineux est maintenu dans chaque doigt long par une coulisse fibreuse formée par les poulies. Les gaines synoviales des tendons jouent un rôle antifriction [11]. Nous distinguons les poulies cruciformes, plus grêles avec des fibres entrecroisées, et les poulies arciformes, avec des fibres parallèles [11]. Selon la classification de Doyle et Blythe de 1975, il existe trois poulies cruciformes et cinq poulies arciformes (fig. 2).



**Figure 2 : Poulies du canal des fléchisseurs [12]**

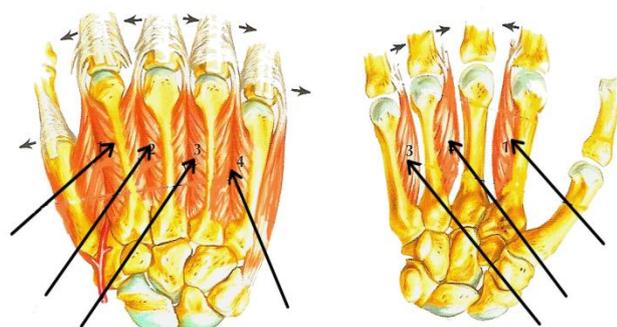
Cependant, des variations interindividuelles existent sur le nombre et la disposition de ces dernières [13]. Elles forment dans tous les cas un canal inextensible [14] et ont une fonction tunnelaire qui évite que le tendon ne prenne la corde d'arc [11]. Il existe pourtant une corde d'arc physiologique [15] qui n'est pas visible à l'œil nu. En réfléchissant les tendons, les poulies permettent d'augmenter les bras de levier et donc la force développée par les muscles fléchisseurs. Seules les poulies A2 et A4 sont indispensables au maintien d'une flexion complète [16]. Elles sont mécaniquement plus fortes [15]. Les poulies diffèrent par leur taille et par leur résistance à la rupture. La force de résistance est d'environ 310 Newton pour la poulie A1, jusqu'à 407 N pour l'A2, et entre 193 N et 210 N pour l'A4 [14]. Les poulies de grimpeurs professionnels peuvent être beaucoup plus résistantes [17].

Parmi les muscles intrinsèques de la main, nous nous intéressons aux muscles lombricaux (fig. 3) et aux IOP et IOD (fig. 4). Les muscles lombricaux ont essentiellement un rôle proprioceptif [11]. S'insérant entre le FPD et l'ED, ils équilibrent les tensions antagonistes des deux muscles. Les muscles interosseux permettent quant à eux de stabiliser les AMP en travail statique. Ils réalisent une flexion des AMP et une extension des IPP et IPD en travail dynamique [10]. Concernant la



**Figure 3 : Muscles Lombricaux [18]**

flexion de P1 : le bras de levier des muscles interosseux augmente avec la flexion de l'AMP en raison du glissement en distale de la dossière des interosseux [11]. Les IOD permettent aussi les mouvements d'abduction des doigts longs tandis que les IOP permettent les mouvements d'adduction des doigts longs. [10]



**Figure 4 : IOD (à gauche) et IOP (à droite) [18]**

Sur la face dorsale de la main, se situent les tendons des muscles extenseurs des doigts longs. C'est leur rôle d'antagoniste aux muscles fléchisseurs ainsi que leur lien avec les muscles interosseux et lombricaux qui nous intéressent. L'ED est un muscle épicondylien latéral qui se termine sur la face dorsale des quatre doigts longs, à la base des trois phalanges. Il réalise l'extension des quatre doigts longs et plus particulièrement des AMP. Le II et le V ont la particularité d'avoir chacun un extenseur propre. [10]

### **3. PHYSIOPATHOLOGIE DES LÉSIONS DE POULIE(S)**

#### **3. 1. Facteurs intrinsèques**

Parmi les grimpeurs lésés, il a été mis en évidence que l'âge du grimpeur influence significativement sur la survenue des ruptures de poulie(s) [3]. Elles représentent 43,7% des lésions chez les plus de 40 ans [19]. Les mesures de prévention ont alors une place prépondérante pour parer à une dégénérescence physiologique que nous ne pouvons pas maîtriser.

En escalade, les membres supérieurs deviennent des membres locomoteurs. Plus le poids d'un grimpeur est élevé, plus la force nécessaire dans les doigts est importante pour une même prise. Le risque de lésions des poulies est donc proportionnellement accru avec le poids du grimpeur [3, 16]. Les grimpeurs « brévilignes hyper musclés » sont prédisposés aux blessures [20]. Un lien significatif entre les ruptures de poulie(s) et l'IMC (Indice de Masse Corporelle) a pu être trouvé chez les hommes [3]. En dehors du poids du sujet, des doigts longs et minces peuvent être plus sujets aux blessures que des doigts courts et épais en raison d'un « phénomène accentué de levier » [5].

Lors de la première description du phénomène de rupture par Bollen S. en 1990, sur 67 sujets, les ruptures de poulie(s) se retrouvent surtout au majeur de la main dominante [6]. À ce jour différentes études décrivent le phénomène plutôt du côté non dominant [21, 22]. Une étude plus récente de 2009 ne décrit aucune prédominance de côté significative, cependant elle ne concerne que 31 sujets [23]. Il est donc difficile au vu de ces études de définir concrètement si un côté est davantage touché par les lésions de poulie(s).

La poulie A2 résiste à deux tendons. De plus, la poulie A3 est très élastique et a tendance à laisser le tendon reposer sur les poulies A2 et A4 [21, 24]. Ces deux dernières sont les plus lésées [14, 25]. C'est la friction entre la gaine et la coulisse qui engendre la rupture [26]. La vascularisation est également plus précaire dans la zone où le tendon fléchisseur profond perfore le tendon superficiel, elle est appelée zone du « no man's land » [25]. À noter que les ruptures de la poulie A2 « progressent plus lentement que les blessures d'A3 ou d'A4 » [27].

Bien qu'une classification décrive le système anatomique des poulies, elles peuvent varier par leur disposition ou leur forme d'un individu à l'autre [28]. Cela influe sur la répartition des forces qui s'appliquent sur les poulies [24]. Schöffl et al. ont mis en évidence une corrélation entre la force de rupture de la poulie A2 et la position d'A3 et A4 [29].

### 3. 2. Positionnement des doigts

La position des doigts semble être le facteur principal de lésions des doigts [30]. Classiquement, la profondeur des prises guide le grimpeur dans son choix de préhension [31]. Lors de la pratique sportive de l'escalade, une multitude de prises et de préhensions sont décrites. Dans le cadre de notre étude, nous distinguons principalement les préhensions arquées et tendues et nous référençons quatre autres types de préhensions :

#### **Préhension arquée (fig. 5) :**

Les IPD sont en extension voire en hyperextension, les IPP sont à environ 90° de flexion et les AMP sont en légère flexion [17, 24]. Le pouce verrouille la préhension au niveau de la face latérale de l'index [3]. Cette préhension sollicite essentiellement le FPD [8, 16, 32] qui « a une efficacité accrue sur la flexion de l'IPP car les IPD sont verrouillées en extension » [3, 16]. Les interosseux participent à la flexion des AMP et stabilisent P1 [21]. Les débutants privilégient cette position [8, 24] et 90% des grimpeurs en sont coutumiers sur les petites prises [17, 24].



**Figure 5 : Préhension arquée**

Elle est efficace car :

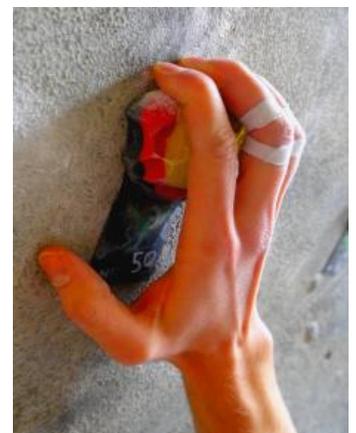
- Elle est moins douloureuse que la préhension tendue (vue ci-dessous) sur les prises avec des bords tranchants [17].
- La main est plus proche du rocher, le poignet est en position haute et permet d'aller chercher plus facilement une prise éloignée [8, 16].
- Elle « donne une impression de puissance, de stabilité et de sécurité » avec « une surface de contact maximale entre la roche et la pulpe du doigt » [24].
- Il n'est pas nécessaire de compenser la différence de longueur des doigts [17].

- Le poignet a davantage de liberté qu'avec une préhension tendue [31] et le grimpeur peut compenser un manque de force par une extension du poignet, ce qui favorise l'effet ténodèse [3, 30].
- Le verrouillage du pouce permet d'augmenter la force développée [17, 24, 31, 33] sans augmenter le risque de lésions des autres doigts [34].
- La flexion de l'IPP augmente le moment de force des muscles fléchisseurs qui est plus important entre 90° et 100° de flexion [17].
- Le mécanisme de compression du tendon (Tendon Compression Mechanism) est augmenté par la flexion de l'IPP, ce qui améliore la force de préhension et permet au grimpeur de moins forcer pour tenir une prise [3, 35]. Ce phénomène correspond aux frictions créées entre les tendons fléchisseurs et la poulie A2.

Cependant, la préhension arquée exerce des forces considérables sur les poulies [5, 24, 36]. La position arquée est considérée comme la principale cause de la rupture de poulie A4 [36]. Comparativement à la préhension tendue, les forces exercées sur les poulies A2 et A4 en position arquée sont respectivement 36 fois et 4 fois supérieures [32]. L'IPD est verrouillée, le seul mouvement possible vient de l'IPP or son angle de flexion augmente les frictions, ce qui favorise les ruptures de poulie(s) [8, 35, 37]. De plus, en flexion, la taille des poulies A2 et A4 diminue par rapport à la longueur de la phalange, la répartition des charges est alors modifiée en faveur des ruptures de poulie(s) [38].

### **Préhension tendue (fig. 6) :**

L'IPP est en légère flexion afin d'éviter une déformation en col de cygne [1] et les IPD sont fléchies à 50-70° [8, 17, 24]. Le FSD travaille plus qu'en position arquée [8, 36]. Le III et le IV qui sont plus longs que les autres doigts doivent se fléchir un peu pour compenser la différence de longueur. Cette préhension est à privilégier sur les petites prises pour protéger les poulies [24, 36]. Si une poulie est lésée avec une préhension tendue, il s'agit essentiellement de la poulie A2 [36].



**Figure 6 : Préhension tendue**

En préhension tendue, si tous les doigts de la main sont utilisés et que P2 et P3 sont en contact avec la prise, nous retrouvons la préhension « idéale d'un point de vue médical » décrite par Hochholzer T. et Schöffl V [5]. D'ailleurs, comme P2 est en contact avec la prise il n'y a pas de risque de déformation en col de cygne dans ce cas.

À ce jour, plusieurs études démontrent qu'il n'y a pas de différence significative dans la force appliquée sur la prise entre la préhension tendue et la préhension arquée [30, 36]. Cependant, ces études ne prennent pas en compte le verrouillage du pouce. Une étude récente qui 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 force de préhension tendue n'est plus significative [31].

#### **Autres prises :**

➤ Préhension semi-arquée (annexe III, fig. 1) : Elle est considérée comme une préhension intermédiaire entre les préhensions arquées et tendues [3, 8]. Le pouce n'est pas utilisé mais il peut dans certains cas être placé sur le côté de la prise [5, 8]. Les IPD sont en rectitude ou en légère hyper-extension, les IPP en flexion et les AMP en rectitude ou en légère flexion. L'angle de l'IPP, et donc les forces exercées sur les poulies, sont diminués par rapport à la préhension arquée [5, 8].

➤ Préhension en « pincette » (annexe III, fig. 2) : Elle est généralement utilisée sur des prises obliques ou verticales [2]. Sur une prise fine, la préhension en « pincette » se rapproche de la position des doigts en préhension arquée [2]. Cependant, lors de cette préhension, seul le pouce s'oppose aux quatre autres doigts. Bien qu'aucune étude ne mesure la force développée avec cette préhension, nous pouvons supposer que la force développée sur une petite prise avec une préhension en « pincette » est plus faible qu'avec une préhension arquée. Cela peut expliquer que nous ne retrouvons aucune description de cette préhension lors de la survenue des lésions de poulie(s).

➤ Préhensions mono et bi-digitales (annexe III, fig. 3) : Ces préhensions ne se retrouvent pas chez les débutants. L'annulaire et le majeur sont prioritairement utilisés [14, 24] et la

position tendue (qui exerce peu de contraintes sur les poulies) est privilégiée. Un doigt seul applique plus de force en position tendue [17, 21].

Pour autant, ces préhensions sont décrites comme un facteur de risque des lésions de poulie(s) [5]. Après la position arquée ce sont les préhensions que l'on retrouve le plus lors des ruptures de poulie(s) [25]. Le(s) doigt(s) supportent plus de charges [17], le nombre de doigts sollicités est inversement proportionnel au risque de lésions des poulies [8].

➤ Préhensions globales (annexe III, fig. 4 et 5) : Nous regroupons ici les préhensions sur des prises assez grosses avec lesquelles nous estimons qu'il n'y a pas de risque lésionnel direct pour les poulies. Ces dernières sont plaquées contre l'os par l'appui sur la prise. La préhension en crochet qui est peu traumatisante et économique en fait partie [3]. Il s'agit de la prise la plus naturelle avec les IPP et IPD fléchies. Elle est comparable à la saisie inversée d'une valise [8, 14, 23, 24].

### 3. 3. Les doigts III et IV plus lésés :

Le III et le IV sont les deux doigts de force décrits par Napier [16] et sont prioritairement utilisés avec les prises mono et bi-digitales [14]. Ils sont les plus concernés par les lésions de poulie(s) [8, 14, 21, 23, 25, 39]. En 2007, une étude a cherché à en trouver la raison [39]. Elle a démontré que la force appliquée au bout des doigts est plus importante sur le III et IV (comparativement au II et V) et que leurs poulies étaient proches de leurs seuils de ruptures contrairement au II et au V. Le rapport « force exercée sur les poulies / tension des tendons » est également plus important sur les poulies A2 du III et IV [24].

En outre, le IV est décrit comme moins bien vascularisé [14, 16]. Dans près de deux tiers des cas c'est le quatrième doigt qui est concerné par une lésion de poulie(s) [14]. L'annulaire n'est pas dans l'axe longitudinal fonctionnel de la main, il subit donc une composante de rotation [14, 30, 40]. Lors de certaines prises éloignées de l'axe du corps, cette composante de rotation augmente [5]. De plus, il n'est pas « encadré comme le majeur ni soutenu comme l'index » [40] et ses poulies sont, selon Manske et Lester [21, 23], moins solides que celles du majeur.

### 3. 4. Travail musculaire

Lors de la pratique de l'escalade, le mode de contraction musculaire des muscles fléchisseurs des doigts est essentiellement isométrique [41, 42]. Or, ce mode a tendance à augmenter les résistances vasculaires et il ne favorise pas une bonne oxygénation des tissus. D'où l'importance de réaliser un échauffement qui augmente la vascularisation musculaire avant une séance d'escalade [41, 43].

Par ailleurs, la répétition de mouvements de haute intensité sur les membres supérieurs favorise les lésions de poulie(s) [3, 8, 14]. Près de la moitié des grimpeurs blessés aux poulies citent les « efforts brutaux » comme pouvant en être la cause [3].

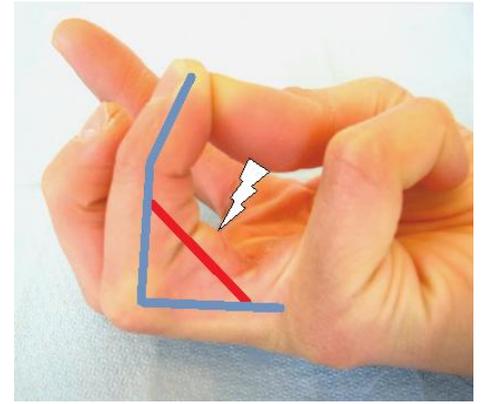
La vitesse du mouvement n'influe pas sur le phénomène de friction générée par le frottement entre les poulies et les tendons des muscles fléchisseurs [35]. La friction augmente en revanche progressivement en fonction de la force développée. Elle est donc plus importante lors d'un travail excentrique que lors d'un travail concentrique [35, 44]. Par ailleurs, des études mettent en évidence que lors d'un travail excentrique la poulie A2 est plus sensible à la rupture, alors que durant un travail concentrique il s'agit de la poulie A4 [28, 29].

### 3. 5. Signes cliniques

Une poulie lésée peut être distendue, avoir une rupture partielle ou avoir une rupture complète [5]. La poulie peut casser brutalement ou de façon progressive [14]. Le signe clinique le plus communément retrouvé lors d'une lésion est une douleur au niveau des faces latérales et palmaires en regard de la poulie lésée [14]. Une impotence fonctionnelle plus ou moins sévère survient avec une diminution de force [5] et une diminution de l'enroulement du doigt [45]. Un hématome ainsi qu'un œdème peuvent apparaître [5, 6, 46].

Un bruit caractéristique (claquement) est généralement entendu lors de la rupture complète [14, 27, 47]. Une corde d'arc évidente visible lors de l'application d'une résistance à la flexion du doigt (fig. 7) indique une atteinte grave, avec possible rupture conjuguée des poulies A2, A3 et A4 [21]. Du fait de sa grande flexibilité, les ruptures isolées d'A3 sont très rares, bien que quelques fois citées [46]. La rupture d'A3 ne modifie pas la corde d'arc [48].

Une rupture d'A2 à son extrémité distale engendre une corde d'arc plus importante qu'à son extrémité proximale [48]. De surcroît, il est démontré qu'à l'inverse de la poulie A4, la rupture d'A2 se fait de l'extrémité distale à l'extrémité proximale [36]. C'est pourquoi, une rupture partielle de 30% d'A2 engendre déjà une corde d'arc de 3mm, visible à l'échographie [48].



**Figure 7 : Mise en évidence d'une corde d'arc par une flexion contre résistance [8]**

D'autre part, un déficit d'extension de l'IPP est possible si la rupture est combinée à la lésion d'un muscle lombrical [40, 46]. L'hématome peut également gêner à lui seul cette extension [40].

Une rupture isolée ou un doigt gonflé peuvent induire en erreur lors de la réalisation du test de la corde d'arc [49]. Des examens complémentaires peuvent être nécessaires pour confirmer le diagnostic clinique (annexe IV, fig. 1). L'échographie en dynamique est conseillée [49] avant un éventuel IRM (annexe IV, fig. 2) s'il subsiste encore un doute [27, 40, 46]. L'échographie est moins coûteuse [23, 40] et permet de différencier les lésions de poulie(s) de la tendinopathie [5].

### **3. 6. Classification des lésions et traitements associés**

Schöffl et al. classifient les lésions selon quatre grades avec les traitements associés [46] (tableau I). Le grade 1 est le plus répandu avec 36% des lésions. Le grade 4 ne concerne que 6% des lésions mais requiert un traitement chirurgical.

Dans l'immédiat, avant de consulter un spécialiste, le grimpeur qui se blesse doit mettre son doigt au repos. Nous conseillons également d'appliquer du froid, de réaliser une syndactylie avec un doigt voisin (annexe IV, fig. 3) et de veiller à garder le doigt lésé en élévation par rapport au coude [8].

Tableau I : Les différents grades des atteintes de poulie(s) et les traitements associés [5, 23, 24, 46]

<b>Pathologie</b>	Distension de poulie	Rupture complète d'A4 ou rupture partielle d'A2 ou A3	Rupture complète d'A2 ou d'A3	multiples ruptures (A2/A3 ou A2/A3/A4) ou rupture simple d'A2 ou d'A3 combinée avec un traumatisme des muscles lombricaux ou des ligaments latéraux.
<b>Grade</b>	1	2	3	4
<b>Thérapie</b>	conservatrice	conservatrice	conservatrice	réparatrice
<b>Reprise douce du sport</b>	Après 4 semaines	Après 4 semaines	Après 6 à 8 semaines	3 mois
<b>Reprise complète du sport</b>	6 semaines	6 à 8 semaines	3 mois	6 mois

Le traitement conservateur consiste au repos strict associé au port d'une bague thermoformée (annexe IV, fig. 4) pendant 45 jours [14, 16, 45] et à du glaçage [5].

Le traitement chirurgical consiste à la formation d'une néo-poulie (annexe IV, fig. 5) [14, 40] en privilégiant un matériel synovialisé pour favoriser les glissements [45]. En post-opératoire, une attelle associée à une bague rigide est portée pendant 30 à 45 jours. La mobilisation digitale est débutée immédiatement sous couvert d'un MK [23]. Puis, la bague est portée seule durant 30 à 45 jours [23, 45]. Un 'tape' peut être utilisé encore plusieurs mois après la disparition de la douleur pour diminuer « les risques de surmenage » [5]. Nous nous intéressons davantage à l'intérêt du 'tape' et aux différentes méthodes de réalisation dans la partie discussion (p.28).

Outre le travail de mobilisation, le MK a ici un rôle primordial dans l'éducation thérapeutique du patient. Un défaut d'observance du patient pendant sa rééducation ou des objectifs de traitement non atteints suite à une opération chirurgicale peuvent engendrer des

complications. La cicatrisation de la poulie peut se faire en position lâche ou en arrière du système tendineux. Cela crée une diminution de flexion active du doigt et une diminution de force [14]. Des complications de types douleur ou gêne sont également possibles [25]. Il est fortement déconseillé de reprendre l'entraînement intensif avant d'avoir totalement récupéré la mobilité de l'articulation [5].

#### **4. DESCRIPTION D'EXERCICES SPÉCIFIQUES QUI SOLLICITENT LES DOIGTS DANS DIFFÉRENTS MODES DE CONTRACTION MUSCULAIRE**

La force des doigts est « l'un des principaux facteurs de performance en escalade » [2]. Il n'existe pas de consensus sur les exercices à réaliser pour renforcer sa force de préhension. Nous nous référons ici à la littérature.

D'une manière générale, un entraînement spécifique sur une poutre ou sur un pan Güllich (fig. 8) peut générer des lésions [8]. « Ce type d'entraînement est très traumatisant pour les doigts car il entraîne la répétition de gestes et donc de contraintes identiques » [21]. Il se réalise bien souvent sans l'aide des pieds et n'est pas adapté aux grimpeurs novices [5]. « Une des causes principales d'accidents en escalade vient du fait que l'accent soit mis très tôt sur un entraînement basé sur la force » [5].



**Figure 8 : Poutre d'entraînement (à gauche) et pan Güllich (à droite) retrouvés dans une salle d'escalade**

Pour être bénéfiques et éviter les blessures, ces exercices doivent être planifiés dans le cadre de cycles de travail et réalisés après un échauffement adéquat [50, 51]. À noter qu'après un entraînement en force maximale, un repos de 72 heures en moyenne est recommandé [5].

Dans le cas contraire, les risques sont le surentraînement et la blessure. Nous déconseillons donc de réaliser plus de deux séances par semaine en force maximale sur un pan Güllich ou sur une poutre.

Bien que dans la pratique de l'escalade le mode de contraction le plus utilisé pour les muscles fléchisseurs des doigts soit le mode isométrique [1, 41, 42, 50], nous en retrouvons d'autres. Les exercices décrits ci-dessous sont pratiqués à l'aide de différents outils ou dispositifs communément retrouvés dans les salles d'escalade ou dans la panoplie du grimpeur. Ils peuvent tous être intégrés dans un entraînement, mais la manière dont ils sont réalisés peut dans certains cas les rendre dangereux pour l'intégrité des poulies.

#### 4. 1. Mode isométrique

➤ Suspensions : Cet exercice se réalise principalement sur une poutre pour travailler la puissance ou la résistance musculaire [47, 50]. Il peut également être réalisé sur des « G-string » (annexe V, fig. 1). Ces derniers proposent des préhensions différentes en fonction de la façon dont ils sont disposés. Ces agrès nécessitent une force de contrôle supérieure pendant les suspensions car ils sont mobiles. C'est le choix des préhensions et des prises qui est ici primordial pour éviter la blessure [5].

➤ Tractions à vitesse lente : La phase de descente impose de fortes tensions sur les muscles fléchisseurs, ce qui peut générer des épitrochléites [5]. Cet exercice peut être réalisé avec du lest mais il faut que le grimpeur ait la force nécessaire pour que les muscles fléchisseurs des doigts ne passent pas sur un mode excentrique (lésionnel).

#### 4. 2. Mode anisométrique

➤ « Power Putty® » (annexe V, fig. 2) : Il s'agit d'une pâte à malaxer, fabriquée à partir de matériau de haute technologie. « La différence avec une pâte à malaxer traditionnelle réside dans le fait que la résistance à la pression qu'oppose le matériau est fonction de la force exercée ». Elle peut donc servir pour l'échauffement, pour la récupération ou pour de la rééducation post-traumatique. [47]

➤ Balles et « Musclet » (annexe V, fig. 3) : Ces outils permettent un travail analytique des fléchisseurs des doigts adapté pour l'échauffement ou pour du renforcement musculaire en fonction de leur dureté. À noter qu'il existe différents modèles de « Musclet » et que tous n'ont pas une résistance réglable. Aussi, selon la position d'un « Musclet » dans la main les contraintes sont différentes :

- Une préhension avec les pulpes des doigts en contact avec une des branches risque de placer les doigts dans une position arquée en fin du mouvement de flexion.
- Le sens de tenue d'un « Musclet », avec le doigt II ou V à l'extrémité d'une des branches, génère des sollicitations différentes des doigts. D'où l'intérêt de varier les sens de tenue.

➤ « Gripmaster® » (annexe V, fig. 4) : Cet outil se présente sous une forme semblable aux « Musclet », mais la résistance n'est pas réglable et il individualise la résistance pour chaque doigt. Il est déconseillé à l'échauffement car il demande trop d'effort [5] mais nous pouvons l'envisager dans le cadre d'un renforcement musculaire.

➤ « Powerball® » (annexe V, fig. 5) : Il s'agit d'une sphère à l'intérieur de laquelle se situe un rotor. Le but est de faire tourner le rotor par un mouvement comparable à celui réalisé pour mélanger une sauce. Ce dernier génère alors de l'inertie et inflige une résistance proportionnelle à la force qui lui est donnée. Cet appareil a un rôle de tonification, il sollicite les muscles du membre supérieur en stabilisation sur de faible amplitude, dont les fléchisseurs des doigts. [52] Les doigts englobent la sphère et nous ne décrivons pas de contraintes particulières sur les poulies.

➤ « Finger pull ups » : « Cet exercice consiste à passer de la position tendue à la position arquée (puis de la position arquée à la position tendue), en suspension à deux mains sur une réglette plus ou moins épaisse » [53]. Nous le déconseillons fortement car ces mouvements (réalisés avec tout le poids du corps ou non) risquent d'augmenter les frictions entre les poulies et les tendons, notamment lors du passage de la position arquée à la position tendue qui se fait sur un mode excentrique.

### 4. 3. Mode pliométrique

En escalade, nous retrouvons le mode pliométrique au niveau des muscles fléchisseurs des doigts, notamment suite à la réception d'un mouvement dynamique important sur une petite prise. La phase excentrique correspond à un facteur de risque lésionnel important.

➤ « Double jeté » : Cet exercice se réalise généralement sur un pan Güllich en passant d'une rangée de prises à une autre [50]. Il consiste à réaliser une phase de descente (excentrique) et une phase de montée (concentrique) en réduisant le plus possible le laps de temps entre les deux phases. [5] L'effort pliométrique des muscles fléchisseurs des bras engendre un effort pliométrique des muscles fléchisseurs des doigts lors de la réception des mouvements. Le « double jeté » est donc réservé à des grimpeurs confirmés et doit être réalisé sur des prises assez grosses [5].

➤ Tractions à vitesse rapide : Selon nous, ces mouvements sur des petites prises avec une préhension arquée peuvent également solliciter les fléchisseurs des doigts dans un mode pliométrique entre le moment de descente et le moment de remontée de la traction.

## **5. MATÉRIEL ET MÉTHODE**

### 5. 1. Méthode de recherche bibliographique

Pour répondre à notre problématique « Comment améliorer l'observance de la prévention des lésions de poulie(s) chez les pratiquants de l'escalade ? », nous avons principalement utilisé les mots clefs suivants : « poulie », « prévention », « blessures » et « escalade ». Ils ont été écrits en français et en anglais sur le site de l'HAS, de PubMed, Google Scholar, Science Direct, EM Consulte, Kinedoc, Reedoc et PEDro. Nous avons également réalisé une recherche manuelle dans le domaine de l'escalade et de la prévention des lésions des poulies. Nous avons à ce sujet suivi régulièrement les publications de deux sites de renom en escalade : « kinescalade » [47] et « lafabriquevertical » [53].

La recherche bibliographique sur les moteurs de recherche ne nous a pas toujours permis de trouver les articles qui nous intéressaient, beaucoup d'études parlant des techniques de réparations chirurgicales des poulies. Un grand nombre de nos références a été trouvé dans la bibliographie d'études que nous avons lues. Si le titre nous semblait intéressant, nous lisions le résumé puis éventuellement tout le texte.

En dehors des ouvrages ou études traitant de la description anatomique, nous avons privilégié les études rédigées après 2005. Sur les 57 références bibliographiques, nous référençons sept études ou ouvrages réalisés durant ces trois dernières années. En dehors des études françaises, nous nous référons à 27 études anglo-saxonnes réalisées par des auteurs anglais, autrichiens ou allemands principalement.

## **5. 2. Réalisation du livret**

Comme le rappelle la nouvelle définition de la kinésithérapie inscrite dans le projet de loi adopté par l'Assemblée Nationale le 14 avril 2015, le MK a une mission de prévention. D'ailleurs, d'après l'article R.4321-13 du décret de compétence des masseurs kinésithérapeutes : « Selon les secteurs d'activité où il exerce et les besoins rencontrés, le MK participe à différentes actions d'éducation, de prévention, de dépistage ».

Le document le plus récent de prévention des lésions en escalade est à notre connaissance l'ouvrage « Escalade : blessures et traumatismes, les prévenir, les guérir » de Hochholzer T. et Schöffl V [5]. Il a été réalisé en 2012 et donne une vision globale des pathologies rencontrées en escalade. La littérature spécialisée nous a incités à la réalisation d'un livret ciblé sur les lésions des poulies. C'est également un avis partagé par la F.F.M.E.

Le livret de prévention (annexe I) est réalisé après lecture du document de l'HAS « Élaboration d'un document écrit d'information à l'intention des patients et des usagers du système de santé » [54]. Le public visé est large et englobe des grimpeurs expérimentés ou débutants, antérieurement blessés ou non. Nous avons un but de prévention primaire, secondaire et tertiaire.

En effet, il s'agit de :

- faire « prendre conscience d'un éventuel facteur de risque et d'un comportement à risque pour la santé et de l'intérêt de modifier une habitude de vie ou d'éviter le problème à l'avenir »,
- faire « comprendre l'intérêt d'un soin pour arrêter la progression de la maladie ou d'un problème de santé »,
- faire « comprendre la manière de prévenir les rechutes, récurrences, complications ». [54]

Nous tentons de faciliter le plus possible la lecture du livret. Le texte est rédigé avec la police « Times New Roman » de taille 12, l'interligne est de 1,5 et nous espaçons de deux interlignes les titres. Nous veillons à rédiger des phrases assez courtes avec une idée par phrase. Nous évitons le jargon et privilégions la diffusion d'un vocabulaire médical. Nous utilisons des phrases d'accroche qui correspondent aux principaux messages de prévention. Elles débutent chaque paragraphe de prévention et sont rédigées avec un langage direct pour donner envie aux lecteurs de lire la suite du paragraphe. Le jeu des couleurs doit permettre quant à lui une lecture plus attrayante. Nous respectons toujours la même disposition des illustrations par rapport au texte et les légendes permettent de les interpréter. Le sommaire en première page et la numérotation des pages doivent permettre aux lecteurs de naviguer plus facilement dans le livret si nécessaire.

La durée et les répétitions des exercices et des étirements décrits se fondent sur la littérature [5, 50]. Dans les exercices décrits nous avons veillé à ne pas trop utiliser d'accessoires différents pour que les exercices soient plus facilement réalisables par les grimpeurs. C'est pourquoi nous utilisons à trois reprises une bande élastique.

Nous essayons d'expliquer de manière simple les conclusions ou exercices de notre étude afin que le livret puisse être compris par le plus grand nombre de grimpeurs. Pour les lecteurs qui souhaitent avoir des informations complémentaires, nous leurs conseillons des ouvrages, des sites internet, ou d'en parler avec leur MK.

Son accès sera bien entendu gratuit pour les usagers. Il se fera par internet, idéalement par le site de la F.F.M.E sous condition d'un accord de la commission fédérale. La version

informatique nous permet d'avoir un coût de diffusion presque nul, de toucher davantage de grimpeurs, et de pouvoir actualiser facilement le document de prévention si nécessaire. De plus, nous avons la possibilité de la compléter avec des vidéos animées pour rendre sa lecture encore plus ludique.

Le format du livret n'a pas été notre priorité car nous envisageons qu'une affiche de prévention soit diffusée en premier lieu dans les salles d'escalade. Ces dernières permettent un relais de diffusion supplémentaire et l'affiche doit donner envie au grimpeur d'aller plus loin dans sa recherche d'informations. Nous proposons à la commission fédérale de la F.F.M.E. deux affiches réalisées par nos soins (annexe II, fig.1 et fig. 2). Nous avons également contacté différents sites internet de renom en escalade qui sont prêts à diffuser le livret.

## **6. DISCUSSION**

Nous développons ici différents facteurs qui participent à la prévention des lésions des poulies et que nous retrouvons dans notre livret. Nous traitons ces facteurs en tenant compte de l'état actuel des connaissances et discutons des limites de celui-ci.

### **6. 1. Les adaptations physiologiques des poulies**

Il semble que la population professionnelle de grimpeurs a des poulies mécaniquement plus fortes [17]. Cependant, les grimpeurs sollicitant toujours davantage leurs poulies, le risque de lésion augmente avec le niveau [19, 24, 25]. Une étude auprès de plus de 400 grimpeurs [3] démontre significativement plus de lésions des poulies après six ans de pratique, comparativement à des grimpeurs ayant entre deux et six ans de pratique.

D'après Schöffl et Hochholzer [5], dans la pratique de l'escalade, les tendons des doigts ont tendance à s'adapter plus rapidement que les ligaments des doigts (un à deux ans contre plus de deux ans). Donc, si nous considérons les poulies comme une structure ligamentaire, le risque de ruptures de poulie(s) est accru après un an de pratique d'escalade. Toutefois, en sachant que le risque augmente avec le niveau, il semble que seule une faible

population de grimpeurs puisse avoir un niveau assez élevé après une année de pratique pour risquer de se blesser.

D'autre part, en considérant les adaptations physiologiques des poulies, nous pouvons avoir un avis critique sur certaines études réalisées sur des cadavres [15, 29, 35, 36]. Elles analysent toutes des valeurs de friction ou de résistance au niveau des poulies. Or, les valeurs d'une étude réalisée avec des cadavres d'une moyenne d'âge de 75 ans [36] peuvent-elle être comparées à celle d'une population active d'une moyenne d'âge bien plus faible ? De plus, rien ne nous indique que ces personnes décédées pratiquaient l'escalade. C'est pourquoi, dans ces cas nous nous intéressons davantage à la conclusion générale de l'étude, qu'à ses conclusions chiffrées.

## 6. 2. L'influence du support de pratique

La profondeur, l'inclinaison, la largeur et l'angle de la prise définissent prioritairement la préhension adaptée pour saisir une prise. Des prises tranchantes incitent à saisir la prise en position arquée pour éviter de se couper la peau [17]. La morphologie de la main du grimpeur influence également dans le choix des différentes préhensions. Par exemple, certains ne mettront que deux doigts sur une prise où d'autres pourront en mettre trois [8].

Les lésions de poulie(s) sont plus courantes en structures artificielles plutôt qu'en extérieur avec 61,7% contre 38,7% [19]. Les structures artificielles proposent bien souvent des pans Güllich et des blocs, ce qui favorise les entraînements intensifs avec des répétitions de mouvements [3, 5, 23]. D'ailleurs, 55% des grimpeurs citent le bloc (en intérieur ou extérieur) comme étiologie probable de leurs lésions de poulie(s) [3].

Les structures proposées, les prises, ainsi que leurs dispositions semblent donc influencer sur la survenue des lésions de poulie(s). D'une manière générale, les salles d'escalade doivent pouvoir proposer un plus grand nombre de prises rondes et moins anguleuses qui incitent à la position tendue et sont moins lésionnelles [51]. À ce sujet, des prises spécifiques (« Psycho slopers® ») pour les pans Güllich [53] et une poutre ergonomique (« Kineboard® », développée en partenariat avec un MK) ont récemment été commercialisées [47] (annexe V, fig. 6 et 7). Toutes deux sont conçues pour être moins lésionnelles.

### 6. 3. L'hygiène de vie

Des conseils d'ordre général font partie de la prophylaxie. Nous déconseillons « la prise d'agents vasoconstricteurs et/ou excitants » qui sont « nocifs à la vascularisation », surtout dans un délai proche de l'entraînement. Le tabac, l'alcool et le café en font partie [16]. Dans cette liste de produits à éviter lors de la pratique de l'escalade, nous incluons également les boissons énergisantes qui contiennent des excitants. D'autres facteurs responsables d'un affaiblissement de l'état général influent sur la survenue de blessures : la qualité du sommeil, des sources infectieuses latentes de type dentaire ou ORL [16].

En ce qui concerne la nutrition, nous ne nous étendons pas sur les détails du régime alimentaire qui concerne davantage les sportifs de haut niveau. En revanche, il faut savoir qu'« une alimentation trop riche en glucides (supérieure à 65% par jour) ou trop pauvre en lipides (inférieure à 15% par jour) conduit à une augmentation des facteurs inflammatoires, donc à une augmentation du risque de lésions » [8]. Par ailleurs, l'excès de protéines peut engendrer des tendinopathies [8].

L'hydratation doit être régulière avant, pendant et après l'entraînement [8, 23]. Boire au cours de l'entraînement ne suffit pas à diminuer le risque de blessures, il faut boire tout au long de la journée [3]. La déshydratation engendre une diminution de la synovie et donc plus de frottements des gaines synoviales [8]. Or, nous avons vu précédemment que c'est la friction entre la gaine et la poulie qui est responsable de la rupture.

### 6. 4. Lien de causalité avec les épitrochléites

Nous avons vu que les doigts III et IV sont les plus touchés par les lésions de poulie(s). Mais ce sont également les plus touchés par les tendinopathies [3]. S. Remillieux trouve dans son étude un lien significatif entre les lésions de poulie(s) et les tendinopathies [3]. Une tendinose nodulaire ou une ténosynovite augmentent la compression sur les poulies et les frictions [3, 26], ce qui accroît le risque de lésions des poulies [35]. D'où l'intérêt pour les grimpeurs de ne pas négliger l'apparition de tendinites dans la prévention des lésions des poulies et de bien les soigner. Un doigt à ressaut dû à un nodule ou à un rétrécissement de la

poulie A1, peut aussi être la conséquence d'une tendinite [5, 8]. Le ressaut et le frottement se font au niveau de la poulie A1. Cette dernière est rarement lésée et cette pathologie n'a encore jamais été décrite dans la littérature comme un facteur de risque de lésions de poulie(s). Cependant, nous considérons cette pathologie comme un facteur de risque potentiel car elle peut refléter une inflammation plus généralisée du tendon ou de la gaine synoviale.

### 6. 5. L'échauffement

L'échauffement est souvent mis en cause lors de la survenue de blessures en escalade, que ce soit parce qu'il est insuffisant, mal réalisé ou par manque de progressivité [19, 20, 51]. 27% des lésions de poulie(s) surviennent pendant l'échauffement ou au « début de la séance » d'entraînement [3].

Lors de l'échauffement, en plus de l'augmentation de la température du corps [5, 41], la corde d'arc « physiologique » augmente de 30% [17, 32]. Selon Schweizer, la course du tendon devient alors « plus constante et régulière limitant les pics de force » [17, 23].

Remillieux S. démontre significativement l'intérêt d'une activité cardiotraining et d'exercices spécifiques à faible intensité durant l'échauffement. Pour ce qui est de la pratique des « mobilisations articulaires » et de la durée de l'échauffement, cela n'influe pas significativement sur les lésions des poulies. En revanche, la pratique exclusive d'escalade dans un niveau de difficulté sous maximal augmente significativement le risque de lésions des poulies. Or, 41% des grimpeurs le font. [3]

Classiquement, nous différencions un échauffement général et un échauffement spécifique [5, 41, 43, 50]. Chacune des deux phases doit durer environ 30 minutes [50]. Dans la phase générale, nous cherchons à mobiliser un maximum de groupes musculaires avec la possibilité de mobilisations systématiques du tronc vers les extrémités [50]. Nous réalisons également des mobilisations articulaires en augmentant progressivement en amplitude. Concernant les mobilisations articulaires des doigts, nous proposons dans le livret un exercice spécifique décrit par Wehbé MA. Cet exercice permet d'améliorer les glissements entre les tendons des muscles fléchisseurs et doit donc limiter les pics de force exercés sur les poulies [55].

Dans la phase spécifique, nous augmentons en intensité en sollicitant plus particulièrement les groupes musculaires utilisés dans l'exercice physique à venir [5]. Des exercices de suspension sont ensuite possibles sur une poutre ou sur un pan Güllich [50] avant de grimper de manière relâchée dans un niveau facile pour le grimpeur [5]. De plus, lors de l'échauffement des étirements légers et non prolongés sont conseillés [5, 16, 50]. Nous pouvons apparenter ces étirements à des « mises en tension à visée d'éveil proprioceptif » [3].

Cometti G. rappelle quant à lui les travaux de Masterovoï et l'importance durant l'échauffement de l'augmentation de la température musculaire accompagnée d'une augmentation de la vascularisation [43]. Pour cela, il conseille des contractions analytiques avec une résistance faible de 20% à 50% de la force maximale et déconseille le footing lent, le travail rapide en fréquence, les accélérations intenses et les étirements. Nous rappelons que les étirements que nous préconisons ont pour but d'améliorer la course du tendon. Le footing que nous incluons dans les activités cardiotraining a quant à lui un but de réveil cardio-pulmonaire avant des exercices de vascularisation musculaire. Bien que le travail de Cometti G. sur l'échauffement ait été adapté à l'escalade [41], nous ne nous étendons pas sur les différentes étapes d'échauffement proposées. Ces dernières ont tendance à préparer à un effort de force maximal de type compétition, différent de ce que nous recherchons ici.

Dans tous les cas, l'échauffement doit être adapté à la séance qui va suivre et à la fatigue ressentie [50]. Environ une heure d'échauffement est nécessaire avant un effort à intensité maximale [8]. De plus, si la séance a lieu le matin, il a encore plus d'importance car le corps n'est pas prêt à fournir un effort [8].

## **6. 6. L'intérêt du renforcement du membre supérieur**

Un grimpeur ayant une capacité de préhension faible par rapport à la force de l'ensemble de son membre supérieur risque de subir une ouverture des doigts contre une forte résistance et de se blesser au niveau des poulies [29]. Par conséquent, les grimpeurs doivent évoluer dans un niveau adapté à la force de l'ensemble de leur membre supérieur pour ne pas risquer de sur-solliciter leurs doigts.

Guirao S. énonce en 2008 l'intérêt d'une prise en charge globale dans la rééducation en kinésithérapie des ruptures de poulie(s) digitales [25]. Il en découle qu'une tonification de l'ensemble du membre supérieur est primordiale car le travail de ce dernier se répercute sur la répartition des charges dans les doigts. Il ne faut également pas négliger que l'épaule est maintenue par le gainage du tronc. D'où l'intérêt de le renforcer avec des exercices de gainage des chaînes antérieures, latérales et postérieures qui incluent un travail de l'épaule.

Nous avons précédemment décrit le risque de lésions des poulies qui peut être créé par une petite prise éloignée (p.8) [5]. Nous étendons ce risque à toutes les prises qui ne sont pas dans un plan horizontal. Les doigts qui ne sont pas dans l'axe de la main sont sur-sollicités si la traction du grimpeur ne s'effectue pas dans l'axe de la prise (annexe VI, fig. 2). Nous préconisons donc un travail proprioceptif de l'ensemble du membre supérieur en faisant prendre conscience au grimpeur de ce mécanisme lésionnel. Que la prise soit devant lui, éloignée, ou inclinée, le grimpeur doit chercher à répartir de manière harmonieuse les charges dans ses doigts. Plus la prise est éloignée plus il devient difficile de répartir les forces dans ses doigts car les mouvements correcteurs sont épuisés (annexe VI, fig.3). À noter que sur une prise éloignée, un grimpeur risque de chercher une sensation de stabilité et donc d'avoir une préhension arquée, ce qui augmente le risque de lésion.

Nous préconisons également un renforcement des muscles extenseurs des doigts. En effet, contrairement aux muscles fléchisseurs des doigts qui sont très sollicités en escalade, les muscles extenseurs des doigts sont peu sollicités. Or, ce déséquilibre de force musculaire agoniste – antagoniste peut favoriser l'apparition des épitrochléites [5, 8].

### **6. 7. L'importance de la « force de contact »**

Nous pouvons distinguer la « force de tenue », qui correspond à la qualité de serrage de la prise, et la « force de contact » [50]. Cette dernière est la capacité du grimpeur à serrer instantanément une prise lorsque ses doigts entrent en contact avec celle-ci lors d'un mouvement dynamique. Elle permet de diminuer le travail excentrique à la réception du mouvement. L'apprentissage d'exercices dynamiques progressifs pour améliorer la « force de contact » a donc un intérêt dans la prévention des ruptures de poulie(s). Ainsi, nous proposons

dans le livret un travail spécifique à ce sujet. Nous décrivons quatre étapes progressives pour améliorer cette capacité, tout en privilégiant la position tendue.

### **6. 8. L'influence de la technique et de l'équipement**

La technique d'escalade a un rôle important sur le risque de lésions des poulies. De nombreux grimpeurs oublient que « la force des doigts n'est pas le seul facteur pour progresser en escalade » [8]. Un grimpeur avec une attitude dynamique, qui place ou replace brutalement ses doigts, ou dont les pieds perdent régulièrement l'adhérence, exerce sur ses poulies des contraintes qui sont semblables à celles d'un mouvement excentrique [16]. Pour préserver ses poulies, il est d'ailleurs fortement déconseillé d'essayer de se rattraper lors d'une chute [5]. Une bonne gestuelle, une escalade plus douce et de bons appuis sur les pieds sont préférables pour diminuer les contraintes mécaniques exercées sur les doigts [3]. Des chaussons assez rigides sont recommandés pour de meilleurs appuis [16, 53] mais cela ne se vérifie pas forcément dans tous les cas de figure. Des chaussons souples peuvent être plus adaptés sur de petites prises rondes (annexe 6, fig.1). C'est pourquoi, nous rappelons dans le livret l'importance du choix des chaussons en fonction du type d'escalade et l'importance de la qualité de l'appui des pieds pour soulager les doigts.

### **6. 9. La fatigue et le surentraînement**

La fatigue et le surentraînement sont régulièrement cités comme des causes de lésions aux poulies [3, 19, 20, 51]. D'ailleurs, les grimpeurs pratiquant une autre activité contraignante sur les membres supérieurs se blessent significativement plus aux poulies [3].

Un grimpeur fatigué musculairement a tendance à être en position arquée (lésionnelle) avec les coudes qui s'éloignent du mur pour augmenter l'extension de poignet et l'effet ténodèse. Un effort excentrique des muscles fléchisseurs des doigts peut aussi être généré, favorisant les ruptures de poulie(s). Chaque grimpeur doit donc savoir évaluer son état de fatigue pour rester dans une démarche préventive. Helias F. évoque les plus expérimentés qui adaptent leurs séances en fonction d'un indice de fatigue de 0 à 10 [51]. Nous considérons que cet outil peut être proposé à un public plus vaste afin que les grimpeurs prennent

davantage conscience de ce facteur de risque. Pour autant, l'escalade dans un état de fatigue peut être bénéfique car un grimpeur fatigué va devoir chercher davantage à se relâcher et à améliorer sa gestuelle pour continuer à évoluer [50, 53].

Pour lutter contre le surentraînement nous préconisons également la planification des entraînements, ce que peu de grimpeurs en dehors du haut niveau font [3, 19, 51]. Les compétiteurs sont significativement moins blessés aux poulies que les grimpeurs qui recherchent le plaisir ou la performance occasionnelle. La planification des entraînements peut en être l'explication. D'ailleurs, lorsque la programmation est faite par une personne qualifiée nous notons une diminution significative de ces lésions de près de 50% [3].

La planification débute par la décomposition de l'année en plusieurs périodes appelées macrocycles (tab. II). Une planification trop détaillée [50, 51] n'a pas d'intérêt pour la population que nous visons.

Tableau II : Macrocycles de la planification de l'entraînement [50]

<b>Préparation</b>			<b>Concrétisation</b>	<b>Régénération</b>
PPG (Préparation Physique Générale)	PPS (Préparation Physique Spécifique)	Affûtage		

Dans le cadre de la prévention des ruptures de poulie(s), des objectifs précis et accessibles doivent permettre au grimpeur de prendre confiance en soi et d'éviter la répétition de mouvements trop intenses [5, 51].

## 6. 10. Les étirements

Remillieux S. a trouvé dans son enquête que la pratique des étirements de tout type au niveau des doigts et des avant-bras en dehors des entraînements ou en fin de séance n'engendre pas de différence significative sur la survenue des lésions de poulie(s) [3]. Cependant, nous pouvons remettre en doute ces résultats car dans cette enquête 74% des grimpeurs disent s'étirer seulement entre neuf et quinze minutes par semaine en dehors des séances. Bien souvent le grimpeur pense s'étirer mais le temps qu'il y consacre est insuffisant pour avoir un effet efficace [19].

Les étirements en souplesse des fléchisseurs des doigts diminuent le risque d'épitrôchléite [5] et nous avons précédemment rappelé que les tendinopathies constituent un facteur de risque dans la survenue des lésions de poulie(s) [3]. La raideur peut être un bénéfice pour les grimpeurs [1], mais si elle est trop importante elle devient un facteur de risque. À ce sujet, en 2009, Houtmann C. ne trouve pas de lien significatif entre la réalisation d'étirements passifs de courte durée des muscles fléchisseurs et une diminution de la force statique mesurée au dynamomètre [1]. Nous présentons donc dans le livret des étirements des muscles fléchisseurs des doigts pour en éviter une raideur importante.

Les étirements des muscles interosseux sont quant à eux recommandés dans la rééducation suite à une rupture de poulie(s) [5]. Peu connus des grimpeurs et peu étirés, ils sont souvent raides du fait de leur importante sollicitation en escalade [5]. Rien n'est dit concernant leurs étirements pour la prévention des lésions de poulie(s). Cependant, nous savons qu'un muscle raccourci est sujet aux lésions musculaires [5] et au vu de leur proximité avec les poulies les plus proximales des doigts longs, nous incluons des étirements des muscles interosseux dans notre livret.

Nous parlons ici des étirements réalisés pour lutter contre une rétraction musculaire. Ceux-ci sont pratiqués à distance des séances d'entraînements. Sur un mode passif, ils peuvent dépasser une minute [5]. D'autres étirements musculaires réalisés sur un mode passif ou non peuvent être préconisés pour la pratique de l'escalade. Cela ne fait pas partie de l'objet du livret mais nous conseillons aux grimpeurs qui souhaitent avoir plus d'informations à ce sujet d'en parler avec leur MK.

### **6. 11. Le risque de lésions chez les enfants**

L'escalade est un sport pratiqué par une population de plus en plus jeune avec des pratiques identiques à celles des seniors. Or, ils ont des particularités physiologiques et anatomiques différentes des adultes et il faut prendre en compte le décalage entre la croissance et la maturation chez les plus jeunes. Les tendons et ligaments s'adaptent plus lentement que les muscles et la croissance osseuse évolue (jusqu'à 18 ans chez les garçons et 16 ans chez les filles). [5]

Tant que la croissance de l'enfant n'est pas terminée il faut éviter une pratique intensive ou une recherche spécifique du gain de force [20]. Les exercices pliométriques, excentriques ou lestés sont déconseillés chez l'enfant. La préhension tendue doit être encore davantage privilégiée que chez les adultes. Dans le cas contraire, des lésions des zones de croissance (osseuses ou tendineuses) et des poulies peuvent survenir. [5] Nous pouvons comparer ce risque à la physiopathologie du syndrome d'Osgood Schlatter au genou qui survient régulièrement chez les enfants sportifs.

Nous disposons de peu de bibliographie et il n'y a aucun recensement des lésions de poulie(s) à ce sujet. Seul l'ouvrage de Schöffl et Hochholzer [5] réalisé en 2012 développe récemment un chapitre sur ce thème. L'intensité avec laquelle l'escalade peut être pratiquée chez les plus jeunes risque de devenir la prochaine priorité de prévention. Alors que certaines fédérations sportives ont déjà adapté la pratique chez les enfants, ce n'est pas encore le cas de la F.F.M.E. Cependant, elle nous a confié se préoccuper en ce moment même de ce sujet afin d'en prévenir une évolution défavorable. Dans le livret, nous avons donc décidé de consacrer une sous-partie aux risques de lésions des poulies chez les enfants.

## **6. 12. L'autodiagnostic et l'automédication**

Pour les lésions de poulie(s), surtout dans le cas où l'impotence fonctionnelle est faible, l'autodiagnostic est fréquent. Ces lésions sont devenues banales et n'ont donné lieu à aucune déclaration d'accident en France entre 2004 et 2011 [7]. La F.F.M.E. nous a d'ailleurs indiqué ne pas avoir de recensement précis du nombre de lésions de poulie(s) sur ces dernières années. Peu de grimpeurs consultent un spécialiste après s'être blessés, beaucoup ont le réflexe de mettre un 'tape' sur le doigt lésé lors d'une douleur ressentie et de reprendre l'escalade. Dans ce cas, le risque est également de sur-solliciter la main saine pour soulager la main lésée. De plus, 14,5% des grimpeurs qui se blessent prennent des anti-inflammatoires sans consulter. [19] Or, un diagnostic médical est primordial. Il faut notamment exclure la possibilité d'autres lésions comme la déchirure de l'attache distale du FSD [5].

Les grimpeurs pratiquent l'automédication mais n'écourent pas assez leur corps pour autant. 44% des patients ont eu, dans la période précédant la lésion, des douleurs s'apparentant à un syndrome de menace [23]. Gneccchi S. et al. notent 38% de récurrences et un

repos post-traumatique souvent trop faible [19]. Seul 56% des grimpeurs changent leurs habitudes de pratique après une blessure aux poulies [3].

Dans le cadre de la prévention, le rôle du MK est donc de sensibiliser davantage les grimpeurs sur la conduite à tenir lors d'une blessure s'apparentant à une lésion de poulie(s). Nous en prévenons la première apparition et la récurrence.

### 6. 13. L'intérêt du 'tape'

Les techniques de 'tape' dans le cadre d'une entorse du doigt ou d'une poulie sont bien différentes. Ici, il est souvent décrit comme ayant simplement un effet anxiolytique qui n'évite pas les blessures [8, 14, 44, 45]. En 1990, Bollen décrit déjà que les grimpeurs blessés se sentent mieux avec un 'tape' (sans pour autant décrire la façon dont ils l'appliquent) [6]. Pour certains « si le grimpeur se sent plus fort avec un 'tape' autant qu'il en porte un » [56]. Cependant, le grimpeur ne risque t'il pas la récurrence de blessure en se considérant protégé ? En considérant que la protection est trop légère, l'effet de prévention du 'tape' se discute, mais nous lui considérons au moins un effet proprioceptif [44, 16].

De nombreuses techniques de confection différentes sont proposées et testées ce qui nous permet déjà de tirer quelques conclusions. Une bande non élastique doit être utilisée [16]. Il faut éviter des bandes trop fines [56]. En effet, le risque principal du 'tape' est sans doute de comprimer la vascularisation du doigt. Un 'tape' en regard de la poulie A2 ou A4 avec des plaques thermoformées peut permettre d'éviter cette compression [47]. Cependant, la réalisation est plus technique et il faut parvenir à se procurer ce type de matériel.

Pour protéger l'ensemble des poulies A2, A3 et A4, un montage englobant les trois poulies est préférable (annexe VII, fig. 1). Beyler C. et Loubriat J-W. propose dans ce cas un 'tape' global avec trois bandes. Une première bande circulaire sur P1, une seconde sur P2 et une troisième qui bloque l'IPP à 30° de flexion maximale. La troisième bande justifie notamment son intérêt dans le cas d'une ténosynovite. En évitant un mouvement important de flexion, elle diminue la sollicitation de la gaine [56].

Aussi, une technique assez récente dite en « H » semble faire ces preuves [5, 24, 57]. (Fig.9 et annexe VII, fig. 2) Cette méthode diminue de 16% la distance entre le tendon et l'os comparativement à un doigt sans 'tape'. Elle augmente également la force du doigt lésé de 13% en position arquée. [57] Elle s'applique en regard de l'IPP avec deux morceaux à chaque extrémité allant sur les phalanges proximales et intermédiaires. Le 'tape' est donc bien en regard des poulies A2, A3 et A4. Il est plutôt à l'extrémité distale de la poulie A2. D'ailleurs, Schweizer décrit une meilleure efficacité lorsque le 'tape' est appliqué à l'extrémité distale de la première phalange [32]. (Annexe VII, fig. 3) L'efficacité de cette méthode semble aussi corroborer l'étude de Schöffl et al. qui démontre que la poulie A2 commence d'abord par céder à son extrémité distale [36]. Le 'tape' doit être appliqué avant la séance et serré. Si le doigt bleuit avant la séance cela peut être normal, mais le 'tape' doit devenir plus lâche en grim pant afin de permettre la vascularisation. [5]



**Figure 9 : Méthode de 'tape' en « H »**

La pose du 'tape' ne doit pas être systématique. Il ne remplace en aucun cas une poulie et doit être appliqué sous conseils d'un spécialiste. Bien que la méthode en 'H' ait montré son efficacité dans le cas de rupture de poulie(s), elle ne permet pas d'augmenter la force d'un doigt sain. Nous déconseillons à ce sujet l'application de 'tape' sur un doigt sain, il faut aussi laisser le corps s'adapter aux contraintes qui lui sont soumises. [5]

#### **6. 14. Les limites du livret de prévention**

Nous nous adressons à une large population de grimpeurs de différents âges et de différents niveaux. Cependant, nous ne prétendons pas réaliser la prévention des ruptures de poulie(s) des grimpeurs professionnels et de très haut niveau qui ont une charge de travail bien plus importante et qui sont suivis au quotidien. Ce livret n'est également pas accessible à la compréhension d'un trop jeune public et il est assez long. Nous estimons à 25 minutes la lecture des 21 pages (en format A4).

Le livret est disponible uniquement avec un accès internet. Dans le cas d'une affiche diffusée dans des salles d'escalade, cela oblige aussi le grimpeur à noter les références pour une lecture ultérieure.

La limite principale de ce livret est sans aucun doute son évaluation. Le livret n'a pas encore été évalué auprès d'une population de grimpeurs, son évaluation peut faire l'objet d'une prochaine étude. À ce jour, les dernières modifications se fondent sur les avis d'une dizaine de kinésithérapeutes et/ou grimpeurs auxquels le livret a été envoyé. Nous l'avons également envoyé le 2 avril au MK de l'équipe de France d'escalade, au MK fédéral et au médecin fédéral. Pour tenir compte des critiques dont ils nous ont fait part le 24 avril, nous proposerons une version légèrement modifiée à la commission fédérale de la F.F.M.E.

## **7. CONCLUSION**

Nous avons consacré une partie du mémoire à différents exercices spécifiques qui sollicitent les doigts et nous avons pu voir que certains exercices pratiqués par les grimpeurs favorisent fortement les lésions de poulie(s). Nous avons également rappelé le lien entre la prévention des lésions des poulies et celle des tendinopathies des muscles fléchisseurs des doigts. À ce jour, la position de la main semble le facteur principal des lésions de poulie(s). Pour autant, c'est une association de facteurs de risques intrinsèques et extrinsèques qui engendre la blessure.

Ce mémoire aboutit à un livret en version informatique ciblé sur la prévention des lésions des poulies. Idéalement, sa diffusion se fera par le site internet de la F.F.M.E. et une affiche sera placée dans les salles d'escalade. En informant ces sportifs, nous espérons leur apporter une meilleure compréhension des facteurs de risques et une connaissance plus précise de cette lésion pour en diminuer la prévalence. Le MK a pleinement son rôle à jouer dans cette prévention primaire, secondaire et tertiaire.

Les jeunes grimpeurs s'entraînent de plus en plus comme des adultes et les grimpeurs de haut niveau ne sont plus les seuls à subir des lésions de poulie(s). La population visée est large. En réalisant la prévention d'une pathologie spécifique, nous sensibilisons indirectement les grimpeurs sur les différentes pathologies qui touchent ce sport. Bien que notre patrimoine génétique soit proche de celui du singe, notre corps a besoin de s'adapter progressivement aux contraintes engendrées par la pratique de l'escalade.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **HOUTMANN C.** - Influence des étirements des fléchisseurs des doigts sur le force maximale statique. 2009. 17 p. Mémoire Kiné : Nancy.
2. **LELARDOUX S., LOUBRIAT J-W.** - L'escalade sportive. Kinésithérapie La Revue, 2006 ; 58 : 10-13.
3. **REMILLIEUX S.** - Les blessures de la main par sur-sollicitation des doigts lors de la pratique de l'escalade sportive. 2012. 30 p. Mémoire Kiné : Nancy.
4. **F.F.M.E. (Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade).** *Présentation de l'escalade.* 2011. <<http://www.ffme.fr/escalade/page/presentation-2.html>> (page consultée le 21/04/2015).
5. **HOCHHOLZER T, SCHÖFFL V.** - Escalade : blessures et traumatismes, les prévenir, les guérir. 1<sup>o</sup> ed. Grenoble : Glénat, 2012. 186 p. ISBN : 978-2-7234-8924-9.
6. **BOLLEN SR.** - Injury to the A2 pulley in rock climbers. Journal of Hand Surgery, 1990; 15B : 268-270.
7. **DURAND-BECHU M, CHAMINADE B, BELLEUDY P, GASQ D.** - Les blessures lors de la pratique de l'escalade en France de 2004 à 2011. Science & Sports, 2014 ; 29 : 125-130.
8. **GNECCHI S, MOUTET F.** - Escalade : Pathologies de la main et des doigts. 1<sup>o</sup> ed. Paris : Springer-Verlag, 2010. 199 p. ISBN : 978-2-8178-0006-6.
9. **NETTER F. H.** Atlas d'anatomie humaine. 4<sup>o</sup> ed. Paris : Masson, 2007. 639 p. ISBN-10 : 2-294-08042-4, ISBN-13 978-2-294-08042-5.
10. **DUFOUR M.** Anatomie de l'appareil locomoteur : membre supérieur. 2<sup>o</sup> ed. Paris : Masson, 2007. 448 p. ISBN : 978-2-294-08056-2.
11. **DUFOUR M., PILLU M.** Biomécanique Fonctionnelle. 1<sup>o</sup> ed. Paris : Masson, 2006. 568 p. ISBN : 978-2-294-08877-3.
12. **SCHÜNKE M, SCHULTE E, SCHUMARCHER U, VOLL M, WESKER K.** - Atlas d'Anatomie Prométhée, Anatomie générale et système locomoteur. Paris : Maloine, 2006. 540p. ISBN 2-224-02846-6-6 – 978-2-224-02846-6.

13. **DOYLE JM.** Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system: a current review. *Journal of Hand Surgery*, 1989; 14A : 349-351.
14. **MOUTET F., FORLI A., CORCELLA D., MARTIN DES PALLIERES T., DEBUS G., THOMAS D., GNECCHI S.** - Pathologies de la main du grimpeur. *Kinésithérapie Scientifique*, 2010; 511 : 5-14.
15. **LIN GT, COONEY WP, AMADIO PC, AN KN.** Mechanical properties of human pulleys. *The Journal of Hand Surgery*, 1990 ; 15B : 429-34.
16. **THOMAS D, MOUTET F, GERARD P.** - Rééducation des lésions des poulies digitales chez le grimpeur. *Kinésithérapie Scientifique*, 2010 ; 511 : 15-21.
17. **SCHWEIZER A.** - Biomechanical properties of the crimp grip position in rock climbers. *Journal of Biomechanics*, 2001 ; 34 : 217-223.
18. **NETTER FH.** Atlas d'anatomie humaine. 5<sup>e</sup> ed. Paris : Masson, 2011. 532 p. ISBN : 978-1-4160-5951-6.
19. **GNECCHI S, MOUTET F, THOMAS D.** - Les traumatismes des doigts en escalade chez le grimpeur « anciennement lésé ». *Kinésithérapie Scientifique*, 2010 ; 515 : 23-33.
20. **BENEZIS C.** - Les lésions musculaires du sportif. *Kinésithérapie Scientifique*, 2010 ; 511 : 45-54.
21. **LEJONCOUR A.** - Pathologies des doigts liées à la pratique de l'escalade chez des grimpeurs de haut niveau. 2006. 82 p. Mémoire Kiné. : Louvain-la-Neuve.
22. **MOUTET F, FORLI A, VOULLIAUME D.** - Pulley rupture and reconstruction in rock climbers. *Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery*, 2004 ; 8 (3) : 149-155.
23. **GRAS M** - Revue à long terme après réparation chirurgicale de poulie A2 chez le grimpeur confirmé et de haut niveau. 2009. 20 p. Mémoire DU de chirurgie de la main et du membre supérieur : Grenoble.
24. **MENEGOZ E.** - Les ruptures des poulies digitales liées a la pratique de l'escalade. 2009. 88 p. Mémoire Kiné : Charleroi.
25. **GUIRAO S.** - Rupture de poulie chez le grimpeur : Et le membre sup' dans tout ça ? 2008. 15 p. Mémoire Kiné : Libramont.
26. **LOUBRIAT J-W.** - La pathologie en escalade sportive. *Kinésithérapie La Revue*, 2006; 58 : 14-18.
27. **MERRITT AL, HUANG JI.** - Hand Injuries in Rock Climbing. *The Journal of Hand Surgery*, 2011; 36 (11) : 1859-1861.

- 28. WIATER BP, HENTZEN ER, MEUNIER MJ, ABRAMS RA** - A2 Pulley Insufficiency. *The Journal of Hand Surgery*, 2013; 38 (1) : 158-163.
- 29. SCHÖFFL I, OPPELT K, JÜNGERT J, SCHWEIZER A, BAYER T, NEUHUBER W, SCHÖFFL V.** - The influence of concentric and eccentric loading on the finger pulley system. *Journal of Biomechanics*, 2009; 42 (13) : 2124-2128.
- 30. QUAINÉ F, VIGOUROUX L, MARTIN L.** - Effect of simulated rock climbing finger postures on force sharing among the fingers. *Clinical Biomechanics*, 2003; 18 : 385-388.
- 31. AMCA AM, VIGOUROUX L, ARITAN S, BERTON E** - Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *Journal of Sports Sciences*, 2012; 30 (7) : 669-677.
- 32. VIGOUROUX L, QUAINÉ F, LABARRE-VILA A, MOUTET F.** - Estimation of finger muscle tendon tensions and pulley forces during specific sport-climbing grip techniques. *Journal of Biomechanics*, 2006; 39 (14) : 2583-2592.
- 33. SCHWEIZER A.** - Biomechanical effectiveness of taping the A2 pulley in rock climbers. *The Journal of Hand Surgery*. 1999; 25B (1) : 102-107.
- 34. QUAINÉ F, VIGOUROUX L, PACLET F, COLLOUD F.** - The Thumb During the Crimp Grip. *Journal of Sports Medicine*, 2011; 32 : 49-53.
- 35. MOOR BK, NAGY L, SNEDEKER JG, SCHWEIZER A.** Friction between finger flexor tendons and the pulley system in the crimp grip position. *Clinical Biomechanics*, 2009; 24 (1) : 20-25.
- 36. SCHÖFFL I, OPPELT K, JÜNGERT J, SCHWEIZER A, NEUHUBER W, SCHÖFFL V.** The influence of the crimp and slope grip position on the finger pulley system. *Journal of Biomechanics*, 2009; 42 (13) : 2183-2187.
- 37. SCHWEIZER A, FRANK O, OCHSNER PE, JACOB HAC.** - Friction between human finger flexor tendons and pulleys at high loads. *Journal of Biomechanics*, 2003; 36 : 63-71.
- 38. LIN GT, AMADIO PC, AN KN, COONEY WP.** - Functional anatomy of the human digital flexor pulley system. *The Journal of Hand Surgery*, 1989; 14A : 949-956.
- 39. VIGOUROUX L, QUAINÉ F, PACLET F, COLLOUD F, MOUTET F.** - Middle and ring fingers are more exposed to pulley rupture than index and little during sport-climbing: a biomechanical explanation. *Clinical Biomechanics*, 2008; 23 (5) : 562-70.

- 40. SCHÖFFL V, SCHÖFFL I.** - Injuries to the Finger Flexor Pulley System in Rock Climbers: Current Concepts. *The Journal of Hand Surgery*, 2006; 31A : 647-654.
- 41. FERRY T.** Préparation physique, imagerie mentale, entraînement en escalade : L'échauffement. [En ligne] <<http://thomas-ferry.fr/3-la-preparation-physique/l-echauffement-dernieres-donnees/>> (consulté le 16/10/14).
- 42. GILES LV., RHODES EC., TAUNTON JE.** - The Physiology of Rock Climbing. *Sports Medicine*, 2006, 36, 6, p. 529-545.
- 43. COMETTI G.** - Echauffement. In Centre d'Expertise de la Performance. [En ligne] <http://expertise-performance.u-bourgogne.fr/pdf/Echauffement.pdf>> (consulté le 23/04/14).
- 44. CROWLEY TP.** - The Flexor Tendon Pulley System and Rock Climbing. *The Journal of Hand and Microsurgery*, 2012; 4 (1) : 25-9.
- 45. MOUTET F.** Flexor tendon pulley system: anatomy, pathology, treatment. *Chirurgie de la Main*, 2003; 22 (1) : 1-12.
- 46. SCHÖFFL V, HOCHHOLZER T, WINKELMANN HP, STRECKER W.** Pulley injuries in rock climbers. *Wilderness & Environmental Medicine*, 2003; 14 (2) : 94-100.
- 47. LOUBRIAT J-W.** In Kinescalade. [En ligne]. <[www.kinescalade.com](http://www.kinescalade.com)> (page consultée le 23/04/15).
- 48. LEEFLANG S, COERT JH.** - The role of proximal pulleys in preventing tendon bowstringing: Pulley rupture and tendon bowstringing. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 2014; 67 (6), Pages 822–827.
- 49. EL-SHEIKH Y, WONG I, FARROKHYAR F, THOMA A.** - Diagnosis of finger flexor pulley injury in rock climbers: A systematic review. *Canadian Journal of Plastic Surgery*, 2006; 14 (4) : 227-231.
- 50. BROUSSOULOUX O., GUYON L.** Escalade et performance : préparation et entraînement. 1<sup>e</sup> ed. Paris : Amphora, 2004. 351p. ISBN 2-85180-655-6.
- 51. HELIAS F.** - Conseils spécifiques de préparation à l'escalade – Prévention et réentraînement après blessures. *Kinésithérapie La Revue*, 2006, 58, p. 23-284.
- 52.** Powerball, comment ça marche ? [En ligne]  
**<http://www.powerballs.com/fr/fonctionnement-powerball.php?m=Works>**  
(page consultée le 22/04/15).

- 53. BROUSSOULOUX O, GUYON L.** In La Fabrique Verticale [En ligne] <<http://lafabriqueverticale.com/technique-escalade>> (page consultée le 22/04/15).
- 54.** Élaboration d'un document écrit d'information à l'intention des patients et des usagers du système de santé, 2008 [En ligne] <[http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/elaboration\\_doc\\_info\\_patients\\_rap.pdf](http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/elaboration_doc_info_patients_rap.pdf)> (page consultée le 22/04/2015).
- 55. WEHBE MA, HUNTER JM.** - Flexor tendon gliding in the hand. Part II. Differential gliding. The Journal of Hand Surgery, 1985; 10A : 575-579.
- 56. LOUBRIAT J-W, BEYLER C.** - La prise en charge du grimpeur blessé. Kinésithérapie La Revue, 2006 ; 58 : 19-22.
- 57. SCHÖFFL I, EINWAG F, STRECKER W, HENNIG F, SCHÖFFL V.** - Impact of taping after finger flexor tendon pulley ruptures in rock climbers. Journal of Applied Biomechanics, 2007; 23 (1) : 52-62.

Autres références :

- QUERELLOU E, GNECCHI M, MOUTET F.** - Traumatologie de la main du sportif. Congrès Urgence, 2011; 667-678.
- DEGEZ F.** - Effet ténodèse au poignet par la prono-supination. Congrès des JFK 2015.

# **ANNEXES :**

## **ANNEXE I : LIVRET DE PRÉVENTION**

# Comment prévenir la Rupture de Poulie en escalade ?

## Sommaire :

<b>I) Préambule</b> .....	/ 2
<b>II) Physiopathologie</b> .....	/ 2
- Un peu d'anatomie .....	/ 2
- Qu'est ce qu'une poulie ? .....	/ 3
- Les risques de lésions des poulies en escalade .....	/ 3
<b>III) Prévenir la rupture de poulie</b> .....	/ 4
- Veiller à son hygiène de vie .....	/ 4
- Un bon échauffement est primordial .....	/ 5
- S'entraîner en réduisant les risques de lésions des poulies .....	/ 8
- Les risques de lésions chez les enfants .....	/ 13
- Les signaux d'alarme .....	/ 14
<b>IV) S'il est trop tard...</b> .....	/ 15
- Les signes d'une rupture de poulie(s) .....	/ 15
- La conduite à tenir avant une consultation spécialisée .....	/ 15
- Les différents traitements après une consultation spécialisée .....	/ 15
- Les risques d'un traitement mal suivi .....	/ 16
<b>V) La place du « strapp' » dans tout ça ?</b> .....	/ 16
<b>VI) Conclusion</b> .....	/ 18
<i>Questionnaire des facteurs de risques</i> .....	/ 18
<i>Pour plus d'informations</i> .....	/ 20
<i>Iconographie</i> .....	/ 20

## I) Préambule :

Les lésions de poulie(s) sont courantes en escalade. Elles ne touchent pas seulement le haut niveau. De nombreux grimpeurs en ont déjà entendu parler mais combien sont capables de décrire ce mécanisme lésionnel et de le prévenir ? La lésion d'une poulie ne signifie pas forcément une rupture complète. Celle-ci peut être distendue ou partiellement déchirée. Elle nécessite dans tous les cas un traitement adéquat qui peut aller jusqu'à l'opération avec un repos strict du doigt pendant trois mois. Cette blessure mérite que tous les grimpeurs s'y intéressent afin d'en prévenir la survenue.

Ce livret vous est destiné, grimpeurs novices ou expérimentés, en quête de plaisir ou de performance. Il a pour but de vous informer et de vous guider dans la prévention de ces lésions.

Vous pouvez vous référer au « **questionnaire des facteurs de risques** » à la fin du livret pour évaluer votre risque de blessure au niveau des poulies.

## II) Physiopathologie :

### **Un peu d'anatomie**

Nous parlons ici uniquement des doigts longs, c'est-à-dire que nous excluons le pouce qui a une disposition anatomique différente.

Il n'y a pas de muscles présents dans vos doigts. D'ailleurs, comme vous avez pu le remarquer après une séance d'escalade intensive, ce n'est pas dans vos doigts que vos courbatures sont localisées. Les muscles principaux qui permettent de fléchir les doigts et de saisir les prises sont au nombre de deux : un muscle appelé « fléchisseur superficiel des doigts » et un autre appelé « fléchisseur profond des doigts ». Ils se situent à la partie antérieure des avant-bras et se prolongent ensuite jusqu'aux phalanges des différents doigts par des tendons.

De petits muscles situés dans la main permettent de stabiliser les articulations à la base des doigts, ils sont nommés 'muscles intrinsèques' dans la suite du livret.



Schéma des muscles fléchisseurs des doigts (vue antérieure)

## Qu'est ce qu'une poulie ?

Il s'agit de l'unité qui compose la coulisse dans laquelle passent les tendons au niveau de chaque doigt. Nous pouvons comparer une poulie à une gouttière qui maintient les tendons des muscles fléchisseurs contre l'os. Nous en dénombrons huit dans chaque doigt long.

En réfléchissant le tendon, les poulies améliorent la force développée par les muscles fléchisseurs. Lorsqu'une ou plusieurs d'entre elles sont rompues et que le tendon n'est plus maintenu contre l'os par les poulies, il prend la « corde d'arc » (voir photo p.15).



Coulisse des tendons des muscles fléchisseurs [1]

## Les risques de lésions des poulies en escalade

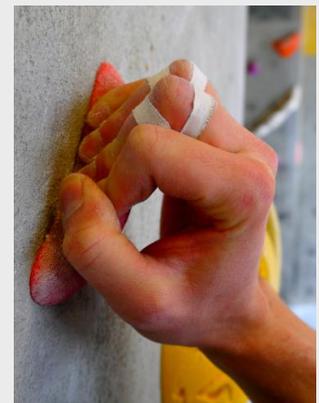
Votre **pooids** peut augmenter le risque de lésions, notamment lors des mouvements dynamiques.

Les grimpeurs **âgés de plus de 40 ans** sont plus souvent blessés aux poulies. Le risque chez les jeunes pratiquants est abordé p.13.

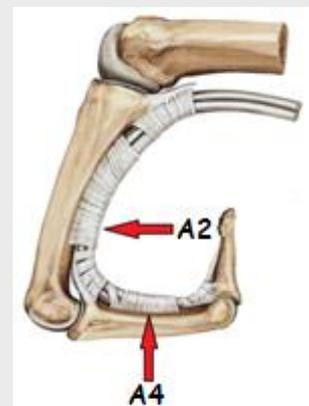
En escalade, les poulies sont soumises à des forces considérables qui augmentent leurs risques de rupture. La position «**arquée**» des doigts est la position qui exerce le plus de contraintes sur les poulies.

Le plus souvent, ce sont les **majeurs et annulaires** qui sont lésés. Deux poulies sont plus touchées que les autres. Particulièrement celle appelée «**A2**» (voir ci-contre), au niveau de la première phalange.

Le risque de rupture de poulie(s) à l'annulaire est augmenté sur les prises **mono-doigts, bi-doigts** et sur les **petites prises éloignées** ou qui ne sont pas dans **un plan horizontal**. Ceci est aggravé avec une préhension arquée. L'annulaire n'étant pas dans l'axe de la main, il est davantage mis à contribution si votre traction ne s'effectue pas dans l'axe de la prise. De plus, les poulies de l'annulaire sont les plus fragiles car ce doigt est moins bien vascularisé.



Préhension arquée



Poulies les plus lésées [1]

Les **mouvements dynamiques** favorisent les lésions. C'est à **la réception** de ces mouvements, doigts fléchis, que les poulies sont les plus sensibles. L'exemple le plus parlant est sans doute le **pan Güllich**.

Ces mouvements dynamiques se retrouvent plus facilement en **bloc**, mais à partir d'un certain niveau nous retrouvons aussi ce type de mouvements en voie. De plus, la répétition d'un même mouvement ou d'une même séquence est plus fréquente en bloc, sur pan, sur poutre ou sur pan Güllich. Or, des **contraintes répétées** sur les mêmes structures avec la même intensité engendrent plus facilement une blessure.



Pan Güllich

### III) Prévenir la rupture de poulie :

#### **Veiller à son hygiène de vie**

→ **Si vous êtes déshydratés vous avez plus de risques de vous blesser.** N'attendez pas d'avoir soif pour boire de l'eau, si c'est le cas vous êtes déjà déshydraté. Buvez peu mais régulièrement tout au long de la journée (avant, pendant, et après l'entraînement). Vous pouvez vous référer à la couleur de votre urine qui doit être claire si vous vous êtes bien hydratés.



→ **Evitez de grimper si vous êtes affaiblis par une infection dentaire ou ORL, une maladie, ou un manque de sommeil.**

→ **Evitez ou limitez les substances excitantes (tabac, alcool, café, boissons énergisantes).** Elles sont nocives à la vascularisation.

→ **Surveillez votre alimentation.** Une alimentation trop protéinée fragilise les tendons. Une alimentation trop riche en glucides (supérieure à 65% par jour) ou trop pauvre en lipides (inférieure à 15% par jour) augmente les facteurs inflammatoires.

→ **Prenez en compte la pratique d'autres activités contraignantes qui sollicitent les membres supérieurs.** Des activités manuelles qui sollicitent vos doigts ou membres supérieurs en dehors de la pratique de l'escalade peuvent faciliter la survenue de blessures. Attention à la sur-sollicitation !

→ Une tendinite des muscles fléchisseurs des doigts peut favoriser la survenue des ruptures de poulie(s). La tendinite peut à posteriori laisser des épaissements sur un tendon. Cela augmente les frottements entre les poulies et ce tendon. Elle peut être liée à une mauvaise hygiène dentaire qui fragilise votre organisme. Ne négligez pas la prise en charge des tendinites !

Remarque : Un « doigt à ressaut », caractérisé par un claquement brusque du doigt à l'extension, peut également être considéré comme un facteur de risque.

## Un bon échauffement est primordial

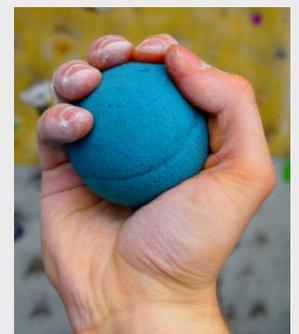
→ Créez une routine que vous adaptez en fonction de la séance d'entraînement prévue et de votre fatigue. Plus la séance se rapproche de votre niveau maximum plus l'échauffement doit être long et spécifique. Si l'entraînement a lieu le matin, l'échauffement est encore plus important car votre corps n'est pas prêt à fournir un effort.

→ Grimpez à un niveau sous maximal ne suffit pas pour s'échauffer. L'idéal est de différencier deux phases d'échauffement (général et spécifique). Dans la phase d'échauffement spécifique vous pouvez commencer à grimper dans un niveau sous maximal. Cependant, il faut savoir qu'une heure d'échauffement est nécessaire avant de pouvoir faire un effort maximal.

❖ Échauffement général : *Le but est d'augmenter la température musculaire et la vascularisation en sollicitant un maximum de groupes musculaires différents, sans faire d'efforts trop intenses.*

- Activité de type **cardio-training** pendant une dizaine de minutes. Vous pouvez **malaxer une balle molle en courant**, faire du vélo ou faire de la corde à sauter.

- **Contractions répétées avec une intensité faible** des muscles fléchisseurs des doigts, des fléchisseurs et extenseurs du coude, des ischio-jambiers (muscles derrière la cuisse), des quadriceps, des abdominaux et des muscles érecteurs du dos.



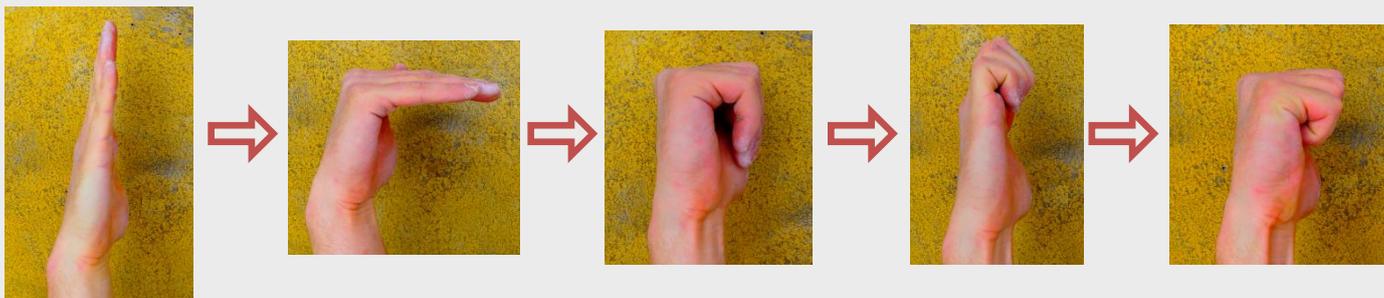
Balle molle adaptée à l'échauffement des doigts

Vous pouvez **malaxer une balle ou une pâte molle**, réaliser des **pompes** (possibilité de les faire sur les genoux), des **tractions** (possibilité de les faire avec une poussée au sol

pour avoir une intensité faible), des **accroupissements-redressements**, des **redressements en étant à plat ventre au sol** (en regardant le sol décollez votre menton et levez les coudes, mains, chevilles et genoux du sol), **etc...**

- **Mobilisations articulaires lentes** en augmentant progressivement l'amplitude (nuque, épaules, poignets, doigts, etc...)

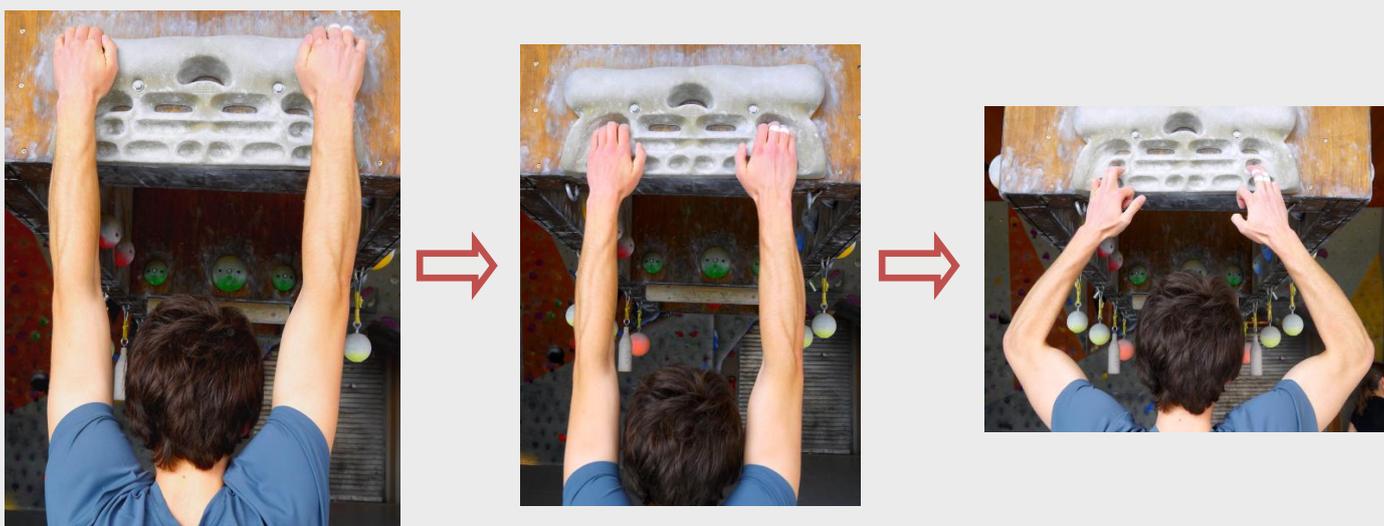
Pour la mobilisation des doigts longs, vous pouvez réaliser l'exercice suivant :



Réalisez successivement et **10 fois** les différentes positions des doigts. **Maintenez une seconde** chaque position.

❖ Échauffement spécifique : *Le but est de se rapprocher progressivement de l'effort demandé par la suite.*

- **Suspensions et blocages** à différents degrés de flexion des coudes. Une **dizaine de secondes**.

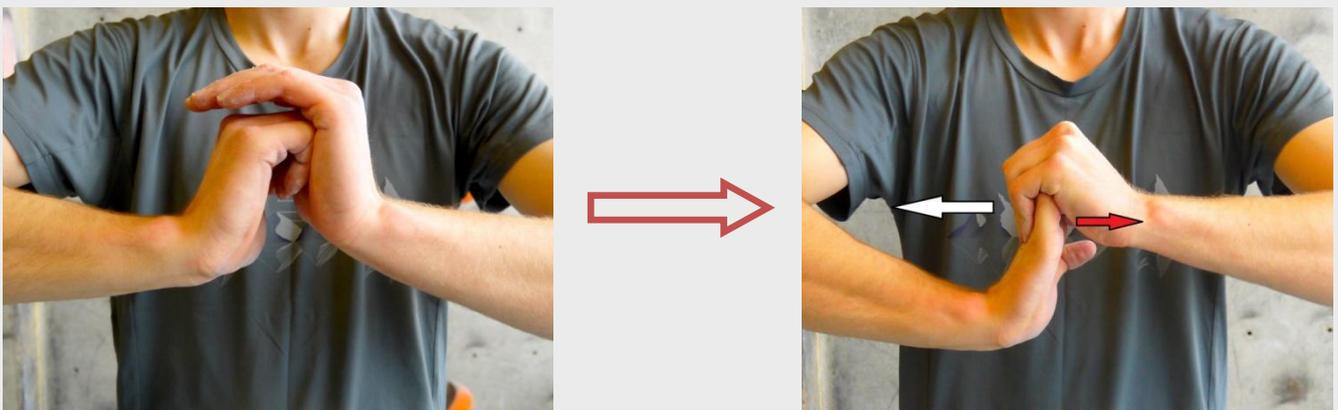


Variez la taille des prises et la profondeur. En fonction de votre niveau, allez progressivement sur des prises plus petites (possibilité d'avoir un pied au sol pour soulager les doigts).

- **Etirements légers et non prolongés** (moins de 6 secondes, deux fois, entrecoupés de 6 secondes de pause). Pour la prévention de la rupture de poulie(s), nous présentons deux étirements (la flèche rouge correspond au texte mis en gras dans les encadrés) :



Etirement des muscles fléchisseurs des doigts : Maintenez le poignet et les doigts en extension. Tendez le coude et montez le bras tendu vers le haut **tout en essayant de fléchir les doigts**.



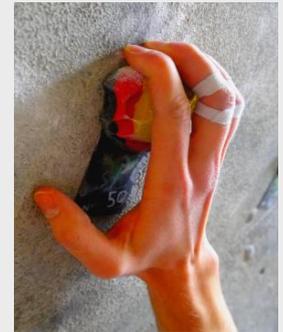
Etirement des muscles intrinsèques de la main : Maintenez devant vous vos doigts fléchis. Amenez-les en arrière **tout en essayant de pousser vers l'avant** avec les doigts de la main étirée.

- **Escalade à un niveau sous maximal** en étant relâché. Augmentez ensuite progressivement en intensité.

→ **La progressivité est le maître mot de l'échauffement**. Lorsqu'il fait froid, vous pouvez utiliser des chauffeuses avant de commencer l'échauffement. Rappelez-vous que l'échauffement est important, non seulement pour la prévention des blessures mais également pour être plus performant !

## S'entraîner en réduisant les risques de lésions des poulies

→ **Privilégiez la préhension tendue dès que possible** pour les petites prises. Cette préhension implique beaucoup moins de contraintes sur vos poulies et vos articulations. La préhension tendue doit vous permettre de soulager plus souvent vos poulies plutôt que d'être toujours en position arquée. Elle nécessite un temps d'adaptation si l'on est habitué à être toujours en position arquée sur les prises de moins d'une phalange.



Préhension tendue

→ **Renforcez vos muscles extenseurs des doigts.** Les muscles qui permettent d'ouvrir la main sont peu sollicités en escalade. Un déséquilibre de force entre les muscles qui ferment la main et ceux qui ouvrent peut favoriser la survenue de tendinites des muscles fléchisseurs qui, comme nous l'avons vu précédemment, peuvent favoriser les ruptures de poulie(s).

Placez la bande élastique aux bouts de vos doigts. Maintenez votre poignet redressé. Ouvrez la main contre la résistance de la bande élastique et **maintenez la position 10 secondes**. Vous pouvez faire **3 à 4 séries de 15 à 20 mouvements** avec des phases de repos entre chaque série.



→ **Ne négligez par le renforcement de tout votre membre supérieur.** Une épaule, un bras, un poignet forts et stables mais surtout plus précis vous aident à **mieux répartir la pression sur vos doigts** (et donc vos poulies) comme lors des mouvements « en épaule » (voir photo ci-contre).

La traction du bras doit s'effectuer dans le sens de la prise. Le but est d'avoir une répartition harmonieuse de la force sur les doigts et d'être plus efficace.



Voici quelques exercices types à réaliser :

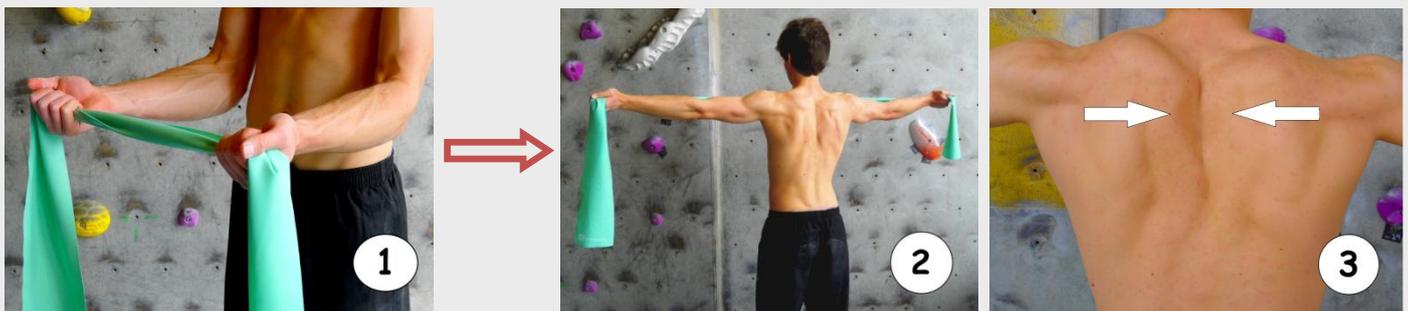
- Exercice du ressenti de la répartition des charges dans les doigts :

Entraînez-vous spécifiquement à ressentir la répartition du poids dans vos doigts. Placez-vous debout face au mur, puis sur le mur avec progressivement des prises inclinées de plus en plus éloignées. Faites-le en position tendue et en position arquée, en regardant la prise dans un premier temps puis sans la regarder.



**Vous devez ressentir la même répartition des charges lorsque la prise est devant vous que lorsqu'elle est éloignée et/ou inclinée.**

- Renforcement des muscles qui stabilisent l'épaule :



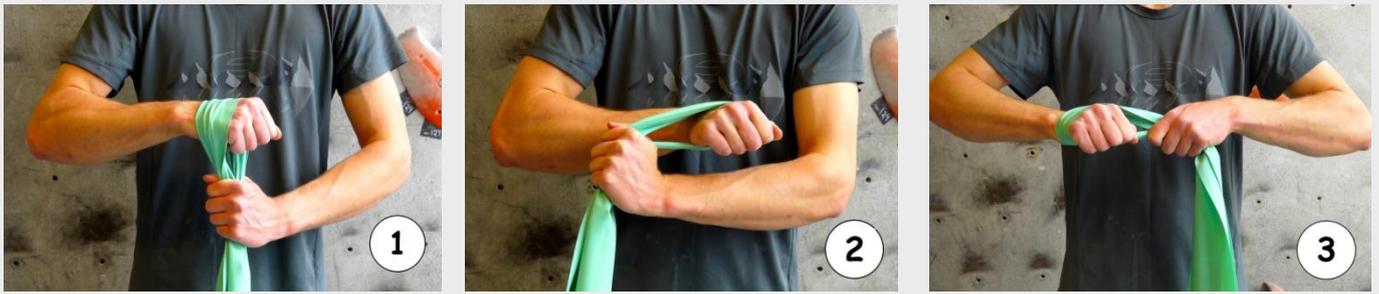
Tenez une bande élastique devant vous avec les paumes de mains vers le haut (1). Ecartez les bras en gardant les coudes tendus et les paumes de mains vers le haut (2). Essayez de rapprocher les omoplates (3) et **maintenez la position 10 secondes**. Vous pouvez faire **3 à 4 séries de 15 à 20 mouvements** avec des phases de repos entre chaque série. Rapprochez les mains si vous voulez augmenter la difficulté.

- Exercice de gainage :



Réalisez des postures de gainage de **30 secondes à 1 minute** en étant face au sol (1), latéralement (2), et dos au sol (3). Faites **3 répétitions** de chaque posture avec une phase de repos entre chaque répétition.

- Exercice de renforcement musculaire du poignet :



Placez une bande élastique autour de votre main. Maintenez **30 secondes à 1 minute** votre poignet fixe en tirant la bande élastique vers le bas (1) et latéralement (2 et 3).

Remarque : L'utilisation d'une « Powerball® » convient également au renforcement des muscles du poignet.

→ **Faites attention à l'escalade dans un niveau supérieur à votre niveau maximal.** Avec des préhensions en position arquée, un manque de force dans les doigts ou dans les bras peut créer une sur-sollicitation de vos poulies. Prudence avec les prises mono et bi-doigts, elles sont réservées aux grimpeurs expérimentés.

→ **Ne faites pas trop de répétitions intensives dans un même bloc ou une même partie de voie.** Si vous êtes amenés à répéter des mouvements intenses identiques, accordez-vous du repos entre les répétitions. Attention, un léger échauffement peut être nécessaire après une pause prolongée.

→ **Faites attention aux exercices sur pan Güllich ou sur poutre.** Les exercices intenses avec de petites prises sur ces agrès ne doivent pas être réalisés dans un état de fatigue. Les séances spécifiques sur un pan Güllich ou sur une poutre doivent être espacées et ne conviennent pas aux grimpeurs débutants. Nous déconseillons d'en faire plus de deux par semaine, pour éviter de se blesser mais également pour bénéficier d'un travail efficace.

→ **Ne faites pas de « finger pull ups ».** Ces mouvements consistent à passer de la position tendue à la position arquée et inversement, de façon répétée, en étant suspendu sur de petites prises. Ils sont fortement déconseillés car ils favorisent les lésions de poulie(s).

→ **Développez votre capacité à tenir instantanément les prises (uniquement pour les grimpeurs expérimentés).** Cela permet de diminuer le risque lésionnel lors de la réception de mouvements dynamiques.



**Adaptez la taille des prises et rajoutez un appui de pied en fonction de votre niveau.**

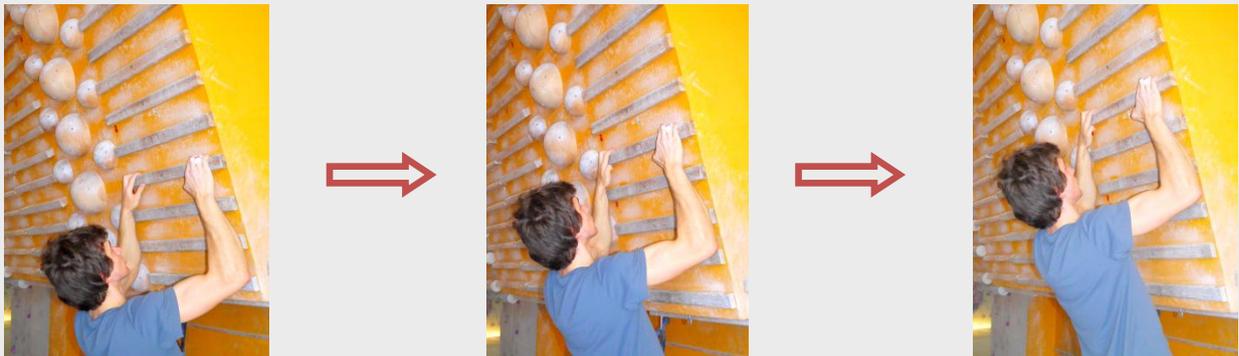
- Etape 1 : Placez-vous les pieds au sol, face à un mur ou à un pan Güllich et saisissez les prises devant vous avec un rythme de plus en plus rapide.

- Etape 2 : Sur un pan Güllich :



Partez avec les deux mains au même niveau. Montez une main de plus en plus haute (de niveau en niveau). Faites-le de chaque côté.

- Etape 3 : Sur un pan Güllich :



Montez simultanément les deux mains de niveau en niveau.

- Etape 4 : Sur un pan Güllich :



Les mains sont placées à deux niveaux différents. Intervertissez simultanément la position des mains.

Remarque :

- Privilégiez les **prises aux bords arrondis**.
- Soyez en **position tendue** lors des réceptions des mouvements décrits aux étapes 2, 3, et 4. Attention à **ne pas négliger la qualité de la pose des doigts** lorsque vous voulez augmenter en intensité ou en vitesse.
- Les étapes 3 et 4 peuvent être très intensives pour les doigts. Selon votre niveau et la taille des prises, **n'hésitez pas à réaliser ces étapes avec un appui de pied** pour soulager vos doigts.

→ **Améliorez votre technique et votre gestuelle.** Une gestuelle en souplesse (plutôt que dynamique) diminue les contraintes exercées sur les doigts. Entraînez-vous à grimper en serrant le moins possible les prises dans une voie que vous connaissez.

→ **La qualité de l'appui et le choix des chaussons sont primordiaux pour soulager ses doigts.** Le choix des chaussons est à adapter principalement en fonction du type de voie à réaliser. Contrairement à ce qui est souvent dit, les chaussons les plus rigides ne sont pas toujours les mieux adaptés pour soulager les doigts. Si vous n'avez qu'une seule paire de chaussons, privilégiez des chaussons intermédiaires entre souplesse et rigidité.



Ces photos représentent deux poses de pieds sur une même prise avec un chausson rigide (1) et un chausson souple (2). Cette prise est arrondie, elle nécessite un appui comparable à la pose d'un pied en adhérence contre une paroi. Un chausson plus souple est ici préconisé car il permet d'épouser correctement la forme de la prise et d'avoir un meilleur appui (2).

→ **N'essayez pas de vous rattraper si vous êtes en position arquée et que l'un de vos pieds perd l'adhérence.** Vous risquez dans le cas contraire de surcharger brutalement vos doigts, ce qui peut entraîner une rupture de poulie(s).

→ **Planifiez vos séances et fixez-vous des objectifs accessibles.** Des objectifs accessibles vous permettront notamment de ne pas trop multiplier les essais dans un même bloc et de prendre confiance en vous. Nous vous conseillons également de définir des périodes de travail en fonction de vos objectifs à plus long terme. Vous pouvez différencier chronologiquement les cycles suivant :

<b>Préparation</b>			<b>Performance</b>	<b>Récupération</b>
PPG (Préparation Physique Générale)	PPS (Préparation Physique Spécifique)	Affûtage		

→ **Adaptez vos charges de travail en fonction de votre fatigue.** Vous pouvez définir votre fatigue sur une échelle de 0 à 10. Vos séances seront régulées en fonction de cette échelle et vous vous donnerez plus facilement une limite de fatigue à ne pas dépasser. Un léger état de fatigue peut permettre de chercher à améliorer sa technique et gestuelle pour s'économiser, cependant cela devient très risqué dans un état de fatigue avancé.

→ **La récupération fait partie intégrante de l'entraînement.** Elle doit être planifiée au même titre.

→ **Des étirements réalisés à distance de l'entraînement sont préconisés.** Il faut savoir qu'un muscle raccourci a plus de risques de lésions musculaires. Ces étirements concernent les mêmes muscles que ceux étirés à l'échauffement (p.7) mais ils sont réalisés différemment. Ils ont pour but d'éviter la mise en place d'une raideur importante.

Pour être efficaces, ces étirements doivent être pratiqués **régulièrement**. Ils se font sur un mode **passif** (sans contraction du muscle étiré) et peuvent être prolongés **au-delà d'une minute**. Répétez les étirements **trois fois**, avec **1 minute de pause** entre chaque répétition.

Remarque : D'autres étirements musculaires à visée de récupération ou de souplesse peuvent être réalisés en escalade mais ils ne font pas l'objet de ce livret.

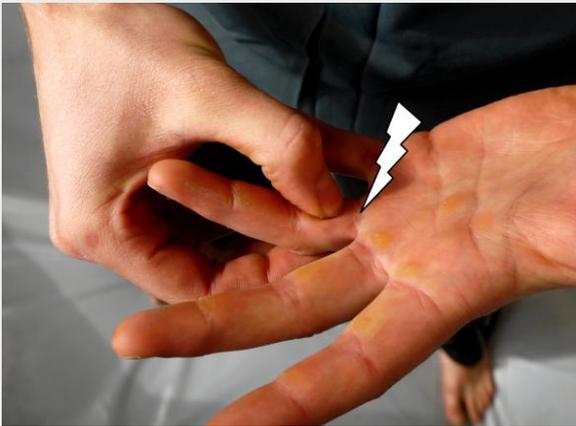
## Les risques de lésions chez les enfants

→ **Un enfant ne doit pas s'entraîner comme un adulte.** Les enfants ont des particularités physiologiques qu'il ne faut pas négliger. Les exercices intensifs (travail lesté, exercices en puissance sur pan Güllich) sont fortement déconseillés.

→ **Privilégiez un travail gestuel, technique, et en endurance.** Dès le plus jeune âge, il faut prendre les bonnes habitudes avec une préhension ‘tendue’ et éviter la préhension arquée ou les prises trop petites. Commencez par des voies en dalles pour faire travailler le transfert d’appui et la gestuelle.

## Les signaux d’alarme

→ **Palpez vos doigts pour mettre en évidence des douleurs en regard des poulies.** Faites-le plus particulièrement en regard de la poulie la plus lésée décrite précédemment (p.3). La rupture de cette poulie a tendance se faire progressivement. Près d’un grimpeur sur deux ressent des douleurs durant la période précédant la rupture de poulie(s) ! Ce n’est pas parce que vous ne sentez aucune douleur en grimpant que vous n’en ressentirez pas à la palpation.



Exercez des pressions au niveau de la première phalange, à la face antérieure et aux faces latérales.

Faites-le plus particulièrement sur l’annulaire et sur le majeur qui sont les plus touchés par les ruptures de poulie(s). Ce test peut être fait **avant, pendant et après la séance**, afin de voir si des douleurs surviennent déjà au repos, après une séance ou après un exercice particulier.

Si des douleurs surviennent à un doigt :

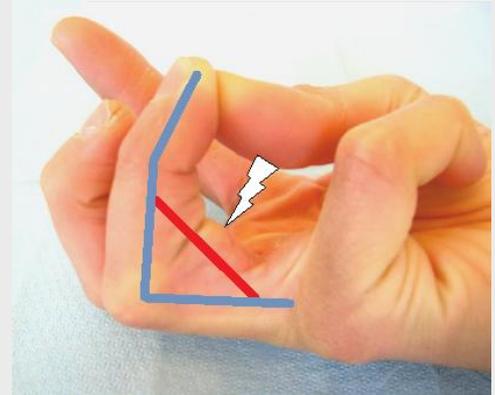
→ **Mettez votre doigt au repos.**

→ **Consultez votre médecin traitant si les douleurs persistent.** Il pourra si besoin vous guider vers un spécialiste.

## IV) S'il est trop tard...

### Les signes d'une rupture de poulie(s)

Si en grimpant vous entendez un « **clac** », que vous avez des **douleurs** sur les côtés et à la face palmaire du doigt, que **vous n'arrivez pas à plier le doigt autant qu'avant**, il est alors fort probable que vous souffriez d'une rupture partielle ou totale de poulie(s). Un œdème (gonflement du doigt) et un hématome peuvent également apparaître. La mise en évidence d'une « **corde d'arc** » par une flexion du doigt contre résistance décrit plutôt une rupture totale.



Mise en évidence de la « corde d'arc » [2]

### La conduite à tenir avant une consultation spécialisée

- **Arrêtez de grimper** et n'utilisez plus ce doigt,
- **Appliquez du froid** sur le doigt quotidiennement,
- **Gardez le doigt blessé surélevé** par rapport au coude,
- **Attachez votre doigt lésé à un de ses doigts voisins** à l'aide de deux bandes de Strappal®. Cela permet de le protéger davantage pendant les activités quotidiennes. Utilisez des bandes assez larges et ne serrez pas trop pour éviter de gêner la circulation sanguine.



Protection du doigt lésé en l'attachant au doigt voisin

### Les différents traitements après une consultation spécialisée

Selon l'atteinte, deux types de traitements sont possibles :

- Un **traitement conservateur**, 45 jours de repos avec une bague thermoformée.
- Un **traitement chirurgical** qui consiste à créer une néo-poulie. L'opération est suivie de 3 mois de repos (45 jours d'immobilisation avec une bague thermoformée et une attelle d'immobilisation, puis 45 jours avec la bague thermoformée seule).



Bague thermoformée avec une attache par un scratch

Dans tous les cas :

→ **Suivez les avis médicaux** qui vous seront donnés afin que la poulie puisse cicatriser complètement.

→ **Le repos du doigt est primordial.**

→ **La reprise devra ensuite être très progressive.** Après s'être blessé, il faut adapter ses exercices et sa pratique de l'escalade pour une reprise réussie. Demandez conseil à votre kinésithérapeute ou médecin spécialiste pour le protocole à suivre.

## **Les risques d'un traitement mal suivi**

Les complications suivantes sont possibles :

→ **Une perte de force.** Si la poulie est distendue et qu'elle ne maintient plus efficacement le tendon contre l'os, la force des muscles fléchisseurs sera diminuée. Cela peut vous empêcher de reprendre le niveau de pratique que vous aviez auparavant.

→ **Une perte d'amplitude de flexion active.** Pour les mêmes raisons que ci-dessus, vous n'arriverez plus à plier complètement le doigt lésé.

→ **Des douleurs résiduelles et chroniques.** Ces douleurs peuvent vous empêcher de reprendre l'escalade et être invalidantes dans certaines activités de la vie quotidienne.

→ **Une récurrence et/ou aggravation de la lésion.** Un grand nombre de récurrences est recensé dans le cas des lésions de poulie(s).

→ **Une blessure à l'autre main.** Inconsciemment ou non, vous risquez de sur-solliciter votre main saine pour protéger la main lésée.

## **V) La place du « strapp' » dans tout ça ?**

Le terme « strapp' » fait partie du jargon de l'escalade, dans la suite du livret nous utilisons le terme médical anglais : **'tape'**. De plus en plus de grimpeur ont les doigts avec du 'tape' (pour une entorse, des lésions de poulie(s), des douleurs inconnues, etc...). Nous parlons ici uniquement du 'tape' concernant les lésions de poulie(s).

→ **Mettre un ‘tape’ ne remplace pas une poulie.** Sa pose ne doit pas être systématique. Votre corps s’adapte aux contraintes qui lui sont exercées (dans la limite du raisonnable). Si vous cherchez à soutenir vos poulies systématiquement par un ‘tape’, elles ne s’adapteront pas.

→ **Mettez un ‘tape’ uniquement sur avis d’un spécialiste.** Ne mettez pas un ‘tape’ avec une suspicion de lésions de poulie(s) pour pouvoir grimper avec la sensation d’être protégé.

→ **Utilisez un ‘tape’ uniquement dans le cadre d’une reprise progressive de l’escalade après une lésion.** Aucune efficacité n’a été démontrée en prévention d’une rupture de poulie(s).

→ **Retirez progressivement le ‘tape’.** Après conseil d’un spécialiste, il faut vous habituer progressivement à grimper sans le ‘tape’.

→ **Privilégiez la méthode en « H ».** Parmi les nombreuses méthodes qui existent, la méthode en « H » semble à ce jour la plus efficace. Elle a tout de même une efficacité limitée à retenir le tendon contre l’os et ne doit pas être utilisée en cas de douleurs !

Pour réaliser la méthode en « H » :

- prenez une bande de Strappal® d’environ 1,5 cm de large et 10 cm de long (à adapter en fonction de la morphologie du doigt),
- coupez-la en X comme ci-contre,
- collez le milieu du X dans le sens de la largeur, sous l’articulation entre les deux premières phalanges,
- collez les deux premiers morceaux sur la première phalange,
- pliez légèrement le doigt et collez les deux autres morceaux sur la deuxième phalange.



Découpe du Strappal® en X



Méthode de ‘tape’ en « H »

Cette méthode doit être réalisée avant de commencer à s’échauffer. Le ‘tape’ doit être « assez serré » pour être efficace. Il peut gêner la circulation du sang juste après sa mise en

place. Cependant, afin de ne plus gêner la circulation, le ‘tape’ doit se détendre un peu au fur et à mesure des mouvements des doigts. **Si votre doigt change de couleur après avoir commencé à grimper, retirez-le.**

## VI) Conclusion :

Les lésions de poulie(s) sont suffisamment invalidantes dans la pratique de l’escalade pour que tout grimpeur se sente concerné par ce livret de prévention.

Leur survenue est multifactorielle : un seul de ces facteurs ne suffit sans doute pas à les provoquer mais le risque de blessure augmente en les cumulant.

Sachez gérer votre forme et être attentif à l’apparition de douleurs. L’hygiène de vie, l’échauffement et la gestion des entraînements participent aux principes de prévention énoncés. Ils n’enlèvent rien au plaisir de l’escalade, bien au contraire !

## Questionnaire des facteurs de risques :

Afin d'évaluer arbitrairement vos risques de subir des lésions de poulie(s), vous pouvez répondre par « oui » ou « non » aux 14 affirmations suivantes. Comptez 1 point par réponse « oui » excepté les affirmations précédées d'un « \* » qui valent 2 points. Plus votre résultat sera important, plus vous serez sujets aux lésions de poulie(s).

1. J'ai un niveau maximal (après travail) :  
     $\geq 6a$  en bloc et  $\geq 7a$  en voie *pour les femmes*  
     $\geq 6b$  en bloc et  $\geq 7b$  en voie *pour les hommes*.
2. J'ai plus de 40 ans ou moins de 16 ans.
3. Je pratique d'autres activités contraignantes sur les membres supérieurs.
4. \* J'ai déjà eu des lésions de poulie(s).
5. Je suis sujet(te) aux tendinites des fléchisseurs des doigts ou j'ai un « doigt à ressaut ».
6. J'ai conscience de ne pas m'hydrater suffisamment, avant, pendant et/ou après les séances d'entraînement.
7. Je ne planifie pas mes entraînements.
8. Je m'échauffe uniquement en grim pant dans un niveau inférieur à mon niveau maximal.
9. J'utilise la préhension arquée à chaque prise de moins d'une phalange.
10. J'ai tendance à grimper en puissance plutôt qu'en placement et en souplesse.
11. Je réalise plus de deux fois par semaine des exercices intensifs sur des petites prises d'une poutre et/ou d'un pan Güllich.
12. J'ai tendance, pendant une même séance, à essayer plusieurs fois de suite un bloc (ou le passage d'une voie) que je ne réussis pas.
13. J'ai tendance à finir mes séances par des exercices intenses ou des blocs difficiles.
14. \* J'ai régulièrement des douleurs lorsque j'exerce des pressions sur mes doigts en regard de la première ou deuxième phalange.

Si  $\leq 5$  : faible probabilité

Si  $> 5$  et  $< 10$  : probabilité moyenne

Si  $\geq 10$  : forte probabilité

---

Pour plus d'informations :

- **Votre kinésithérapeute** ; il/elle peut vous donner des conseils à propos : d'autres étirements, de l'échauffement, d'autres pathologies rencontrées, etc...

- « **Escalade : blessures et traumatismes, les prévenir, les guérir** » de Hochholzer T. et Schöffl V. ; cet ouvrage vous donne une approche plus globale de la prévention des lésions liées à l'escalade.

- « **Escalade et performance** » de Guyon L. et Broussouloux O. ; cet ouvrage vous guide dans les techniques de préparation et d'entraînement, il vous aide notamment à gérer la planification de vos séances.

- « **Escalade : Pathologies de la main et des doigts** » de Gneccchi S. et Moutet F. ; cet ouvrage décrit les différentes lésions de la main et des doigts en escalade, il vous donne des conseils de prévention et vous guide dans l'entraînement et la reprise après une blessure.

- « **kinescalade.com** » ; ce site internet recueille de nombreux articles qui vous conseillent dans la préparation et l'entraînement pour une meilleure prévention des blessures.

- « **lafabriqueverticale.com** » ; ce site internet a pour but de fournir de façon pédagogique les ressources nécessaires à une progression rapide et harmonieuse en escalade.

- « **ffme.fr** » ; le site de la Fédération Française de la Montagne et de l'Escalade vous informe des dernières actualités en escalade mais également en alpinisme, en canyoning, en randonnée montagne, en raquette à neige et en ski-alpinisme.

---

Iconographie :

[1] : **SCHÜNKE M., SCHULTE E., SCHUMARCHER U., VOLL M., WESKER K.** - Atlas d'Anatomie Prométhée, Anatomie générale et système locomoteur. Paris : Maloine, 2006. 540p. ISBN 2-224-02846-6 – 978-2-224-02846-6

[2] : **GNECCHI S., MOUTET F.** - Escalade : Pathologies de la main et des doigts. Paris : Springer-Verlag, 2010. 199p. ISBN : 978-2-8178-0006-6

---

*Ce livret de prévention est présenté par Julien REMILLIEUX étudiant en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie à l'ILFMK de Nancy, en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat. Pour toute information complémentaire ou si vous souhaitez lire l'étude complète, vous pouvez contacter par mail l'auteur : [Julien5set@aol.com](mailto:Julien5set@aol.com)*

## ANNEXE II : AFFICHES DE PRÉVENTION

# **N'ATTENDEZ PAS La Rupture .... De Poulie !!!**

Prenez soin de vos doigts !



- **Echauffement**
- **Entraînement**
- **Signaux d'alarme**
- **Soins**
- **Utilisation du  
« strapp' »**

Rendez-vous sur :

**www.\*\*\*\*\***

*Le livret de prévention disponible à l'adresse internet ci-dessus fait partie du mémoire réalisé par Julien REMILLIEUX, étudiant en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie à l'ILFMK de Nancy, en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat. Pour toute information complémentaire ou si vous souhaitez lire l'étude complète, vous pouvez contacter par mail l'auteur : Julien5set@aol.com*

Figure 1 : Première proposition d'affiche

# **Prenez soin de vos poulies !**

- **Echauffement**
- **Entraînement**
- **Signaux d'alarme**
- **Soins**
- **Utilisation du « strapp' »**

**www.\*\*\*\*\***

Le livret de prévention disponible à l'adresse internet ci-dessus fait partie du mémoire réalisé par Julien REMILLIEUX, étudiant en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie à l'ILFMK de Nancy, en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat. Pour toute information complémentaire ou si vous souhaitez lire l'étude complète, vous pouvez contacter par mail l'auteur : Julien5set@aol.com

Figure 2 : Deuxième proposition d'affiche

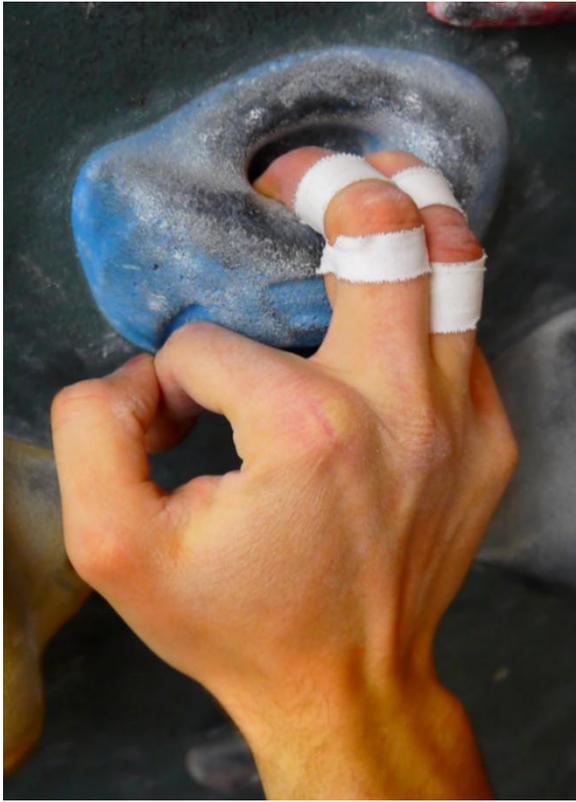
### ANNEXE III : DIFFÉRENTES PRÉHENSIONS



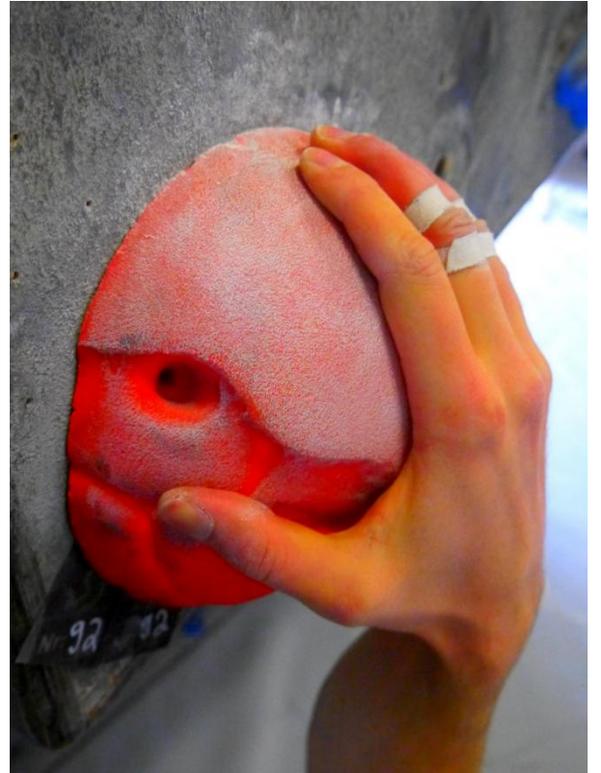
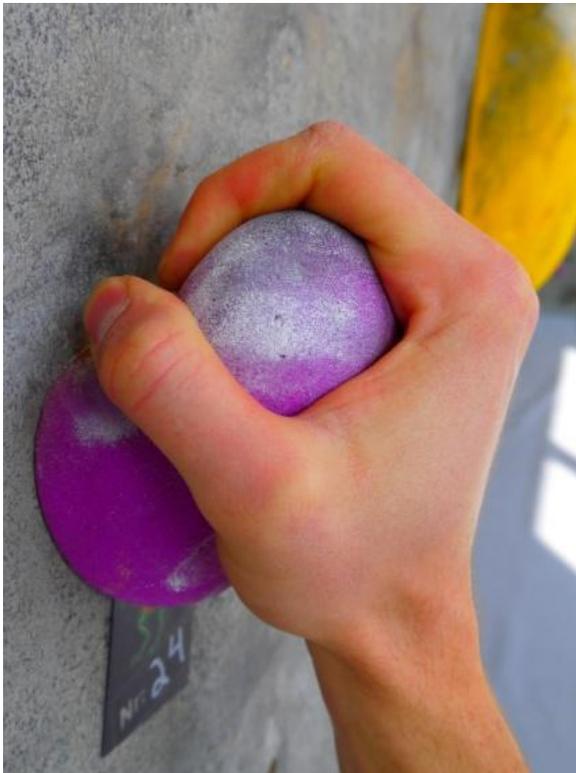
**Figure 1 : Préhension semi-arquée**



**Figure 2 : Préhension 'pincette'**



**Figure 3 : Préhension bi-doigt (à gauche) et mono-doigt (à droite)**



**Figure 4 : Préhension globale sur un « bac » (à gauche) et sur une prise plate (à droite)**



**Figure 5 : Préhension en crochet**

## ANNEXE IV : EXAMENS ET TRAITEMENTS

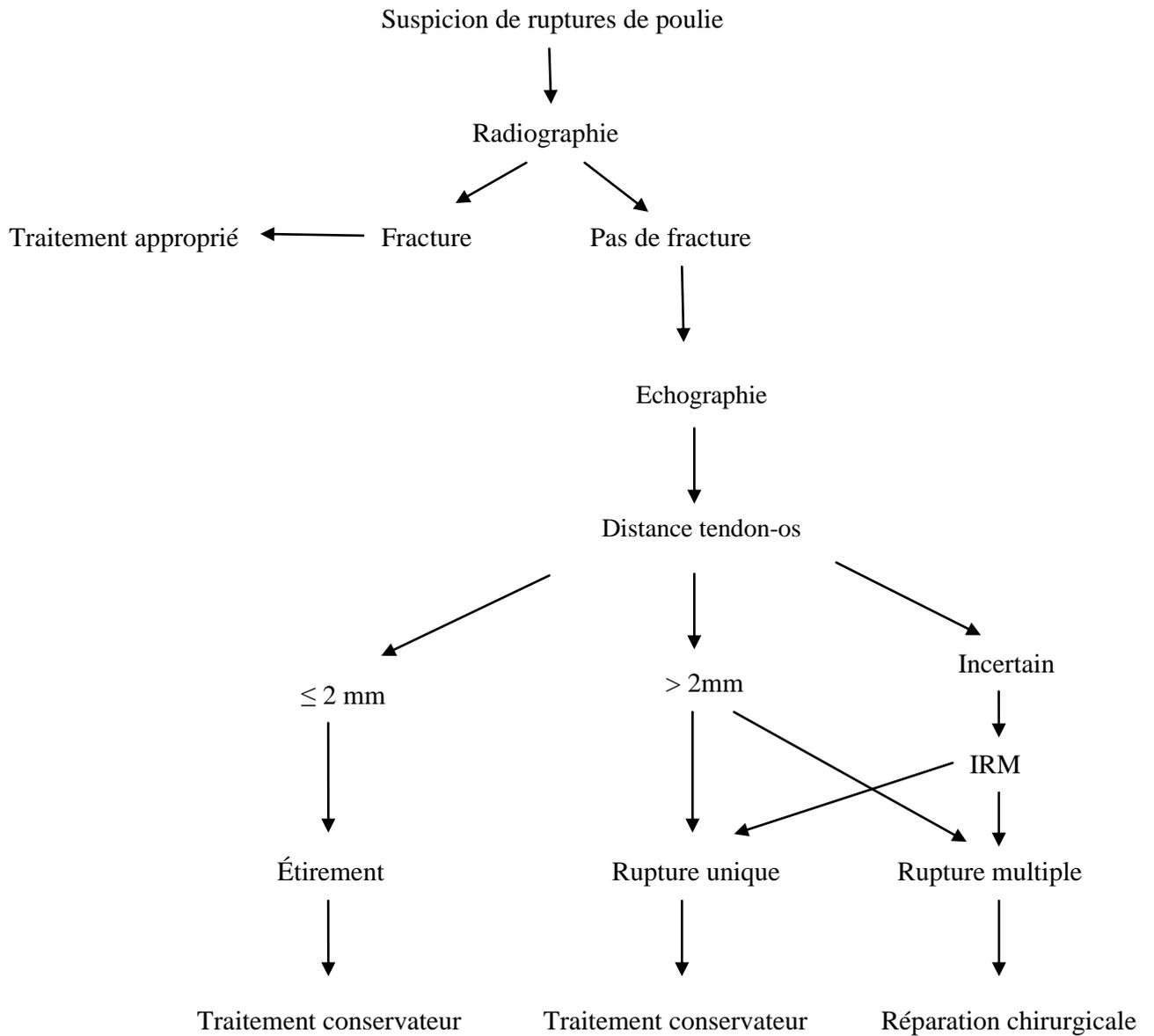
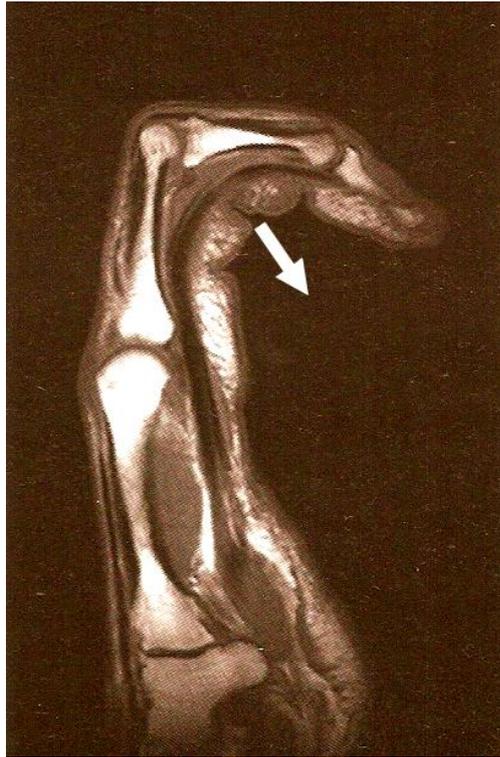


Figure 1 : Arbre décisionnel thérapeutique [24, 46]



**Figure 2 : Mise en évidence de la rupture des poulies A2 et A3 par un IRM, le tendon est décollé de l'os au niveau de l'IPP [5]**



**Figure 3 : Syndactylie réalisée entre l'annulaire et l'auriculaire**



**Figure 4 : Bague thermoformée avec une attache par un scratch**



**Figure 5 : Remplacement de la poulie A2 à l'aide de bande de rétinaculum des extenseurs [5]**

## ANNEXE V : OUTILS D'ENTRAÎNEMENT



Figure 1 : « G-string® » [53]

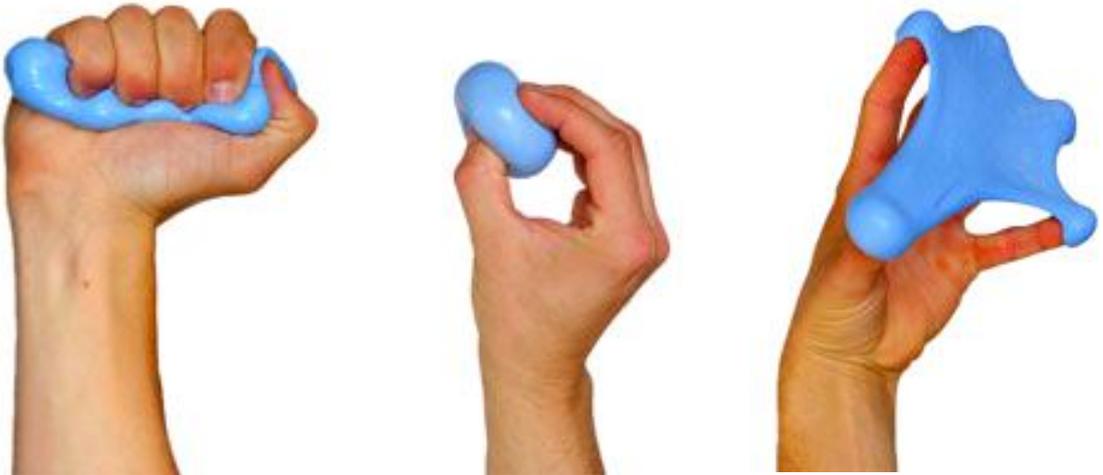


Figure 2 : Exemple d'exercices possibles avec la pâte « Power Putty® » [47]



**Figure 3 : « Musclet »**



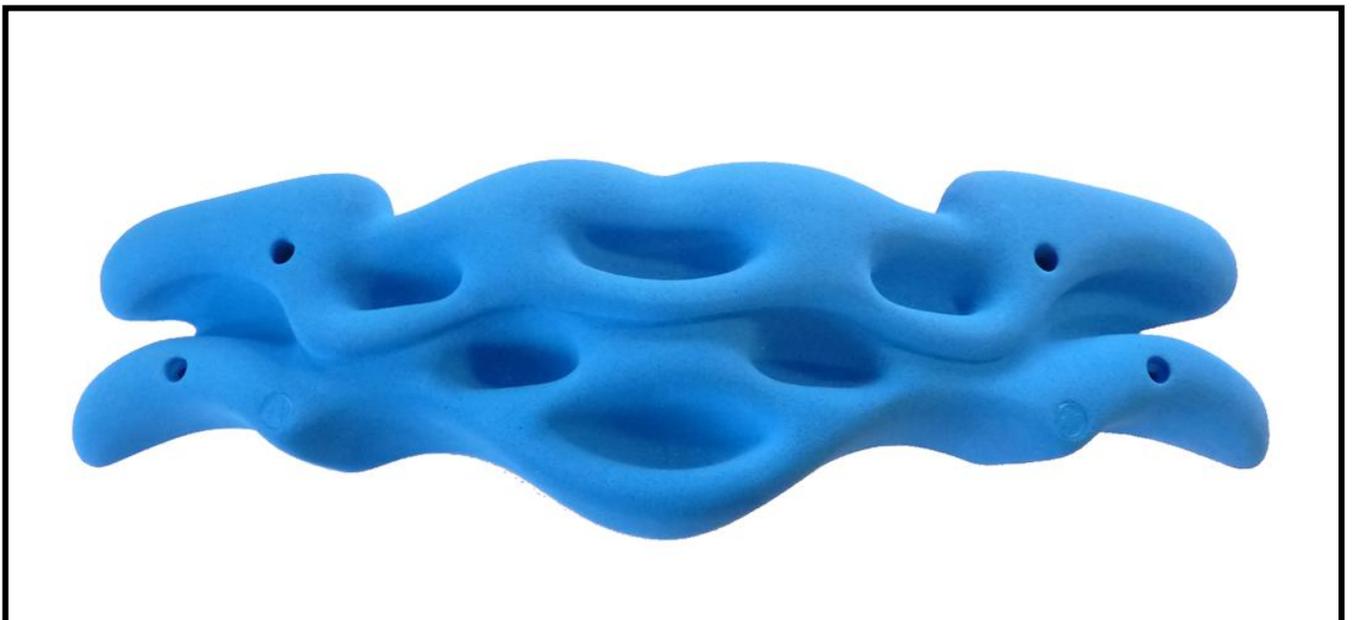
**Figure 4 : « Gripmaster® »**



**Figure 5 : « Powerball® »**

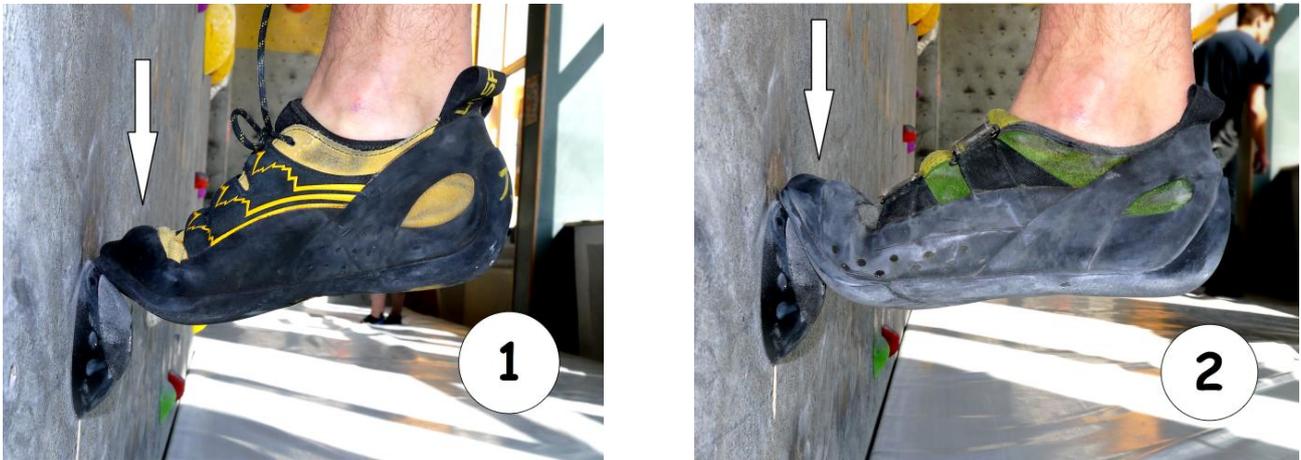


**Figure 6 : Grimpeuse évoluant sur des prises « Psycho slopers® » (à droite) [53] conçues spécifiquement pour être disposées sur les pans Güllich et être moins lésionnelles**

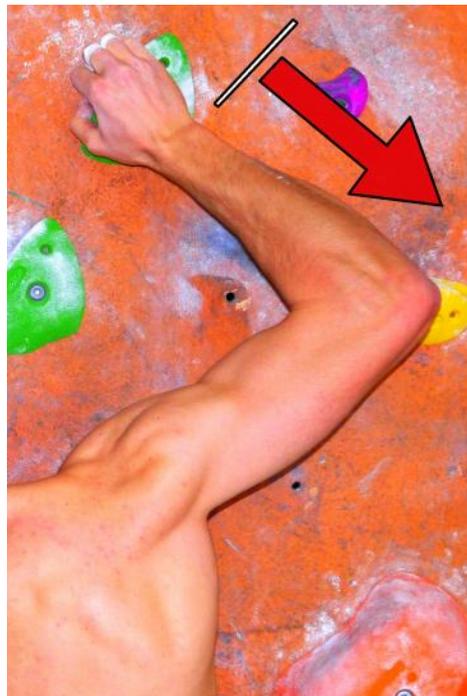


**Figure 7 : Poutre « Kineboard® » conçue pour être ergonomique et moins lésionnelle [47]**

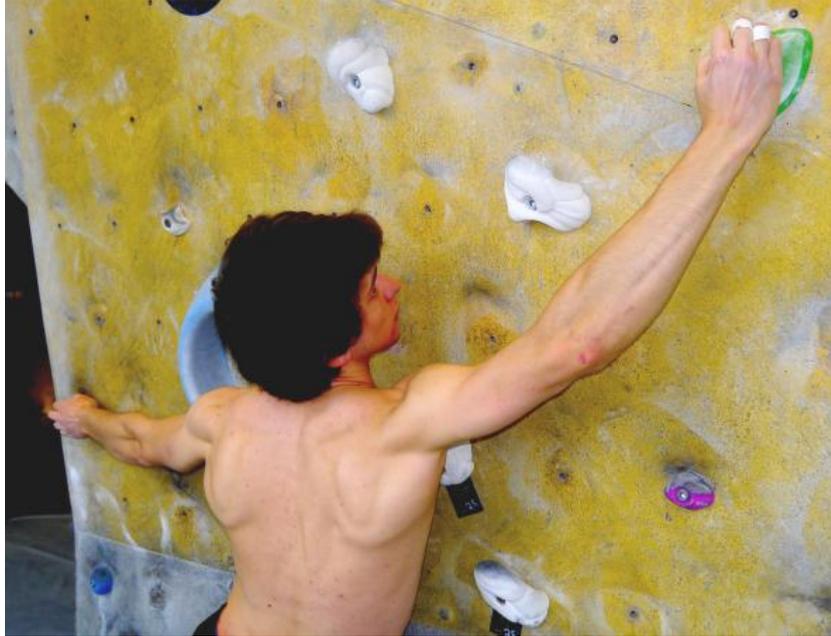
**ANNEXE VI : FACTEURS QUI INFLUENT SUR  
LA SURCHARGE DES POULIES**



**Figure 1 : Pose de pied sur une petite prise arrondie, avec un chausson rigide (1) et un chausson souple (2), le chausson souple qui épouse davantage la forme de la prise permet un meilleur appui**



**Figure 2 : Préhension arquée sur une petite prise éloignée, la traction s'effectue dans l'axe de la prise pour une meilleure répartition des contraintes sur les poulies**



**Figure 3 : Préhension arquée sur une prise très éloignée, les amplitudes articulaires qui peuvent permettre une meilleure répartition de force dans les doigts sont épuisées**

## ANNEXE VII : DIFFÉRENTES TECHNIQUES DE 'TAPE'



Figure 1 : 'Tape' englobant les trois poulies A2, A3 et A4 et qui limite la flexion du doigt

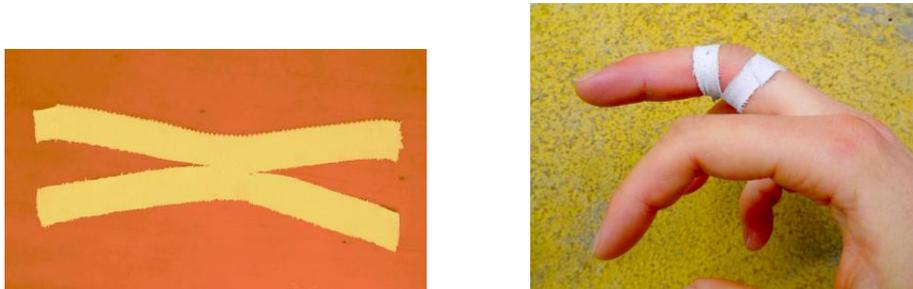


Figure 2 : Méthode de 'tape' en H, avec sa découpe (à gauche)



Figure 3 : 'Tape' décrit selon Schweizer en regard de l'extrémité distale de la poulie A2