



Disponible en ligne sur  
**SciVerse ScienceDirect**  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Elsevier Masson France  
**EM|consulte**  
[www.em-consulte.com](http://www.em-consulte.com)



## Pathologie des poulies

### Digital pulleys pathology

Priscilla D'Agostino<sup>a,\*</sup>, Dominique Le Viet<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Centre de chirurgie de la main, clinique du Parc Léopold, rue Froissart 38, 1040 Bruxelles, Belgique

<sup>b</sup> Institut de la main, clinique Jouvenet, 6, square Jouvenet, 75016 Paris, France

#### INFO ARTICLE

##### Historique de l'article :

Accepté le 13 septembre 2011

Disponible sur Internet le 24 décembre 2011

##### Mots clés :

Poulies  
 Anatomie  
 Biomécanique  
 Pathologies

##### Keywords:

Pulleys  
 Anatomy  
 Biomechanics  
 Pathologies

#### R É S U M É

L'anatomie et la biomécanique des poulies des tendons fléchisseurs ont été bien décrites. Ces poulies ont un rôle crucial dans le fonctionnement normal de la main. La parfaite connaissance de l'anatomie fonctionnelle des poulies digitales est fondamentale pour comprendre, diagnostiquer et traiter les différentes pathologies qui affectent le système des poulies.

© 2011 Société française de rhumatologie. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

#### A B S T R A C T

Flexor tendon pulley system anatomy and biomechanics have been well described. These pulleys have a crucial role in the normal functioning of the hand. The perfect knowledge of the functional anatomy of the digital pulleys is fundamental to understand, diagnose and treat the different pathologies, which affect the pulley system.

© 2011 Société française de rhumatologie. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Les poulies sont des coulisses fibreuses qui renforcent les gaines digitales et appliquent l'appareil fléchisseur contre les segments osseux. Cette fonction biomécanique rétentive autorise un fonctionnement biomécanique optimal des tendons.

Ces poulies peuvent être à l'origine de différentes pathologies de part leur localisation, leur configuration, leur fonction et leur caractère inextensif.

### 1. Anatomie

C'est Léonard De Vinci (1452–1529) qui réalise la première description des poulies digitales. En 1543, Vésale souligne l'importance biomécanique de celles-ci par rapport au phénomène de corde d'arc. Les anatomistes du début du XIX<sup>e</sup> en font une description anatomique plus précise s'accordant avec la nomenclature actuelle basée sur les travaux de Doyle et Blythe en 1975 [1]. Ces travaux sont complétés ensuite par Hunter en 1980 avec la description de la

poulie A5 [2]. Ce sont Manske et Lesker en 1983 qui décrivent une poulie A0 [3].

Il existe au niveau des doigts longs six poulies annulaires formées de fibres arciformes puissantes en avant des phalanges et trois poulies cruciformes (Fig. 1).

Les poulies annulaires sont nommées A0, A1, A2, A3, A4 et A5. Parmi elles, se distinguent les poulies dites « osseuses ». Ce sont les poulies A2 et A4, dont les insertions sont uniquement osseuses sur les facettes latérales de la phalange correspondante.

A2 commence 1 à 3 mm en aval de la poulie A1 [4] et se situe au niveau des deux tiers proximaux de la première phalange (P1). Elle s'étend sur 20 mm, soit 40 % de la taille de P1.

A4 occupe le tiers moyen de la deuxième phalange (P2). Elle constitue avec A2, la plus épaisse et la plus étendue des poulies. Elle mesure environ 12 mm de long.

Les poulies dites « articulaires » insérées sur la plaque palmaire. Il s'agit des poulies A1, A3, et A5.

A1 se situe en moyenne 5 mm en amont de l'articulation métacarpophalangienne (MCP). Sa longueur est de 10 mm, soit environ 20 % de la taille de P1, et se fixe latéralement à la plaque palmaire

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [dagostinoprish@hotmail.com](mailto:dagostinoprish@hotmail.com) (P. D'Agostino).

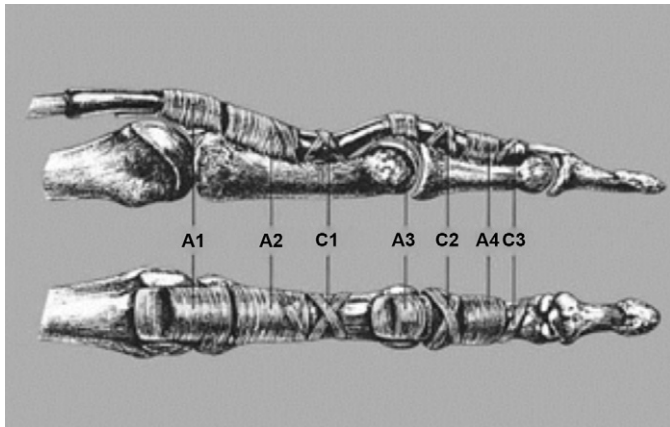


Fig. 1. Représentation schématique des poulies des doigts longs d'après Doyle et Blythe [1].

de la MCP. Il existe des variations anatomiques d'A1, d'une à trois bandes annulaires.

A3 se situe au niveau de l'interphalangienne proximale (IPP) et se fixe à la plaque palmaire de l'IPP. Elle est présente dans plus de 90% des cas et mesure 3 mm de large.

A5 est une poulie fine, étroite, fixée à la plaque palmaire de l'interphalangienne distale (IPD).

La poulie A0 décrite par Manske et Lesker [3] se situe en amont de la poulie A1 (Fig. 2). Elle est constituée par des fibres transversales de la partie distale de l'aponévrose palmaire moyenne. Ces fibres se fixent de part et d'autre de la gaine synoviale par des fibres sagittales qui s'amarrent en arrière au ligament intermétacarpien et aux fibres de l'aponévrose palmaire profonde. C'est la poulie la plus proximale, et elle agit comme une poulie arciforme.

Les poulies cruciformes sont C1, C2 et C3. Elles sont variables dans leur taille, leur présence et peuvent n'être qu'une simple bande oblique étroite.

C1 est située au niveau de P1 entre A2 et A3. Son insertion proximale est osseuse et son insertion distale se fait sur la plaque palmaire de l'IPP. C2 se situe au niveau de P2 entre les poulies A3 et A4 et a une insertion osseuse. C3 se situe au tiers distal de P2 entre les poulies A4 et A5. Comme C1, elle a une insertion proximale osseuse et une insertion distale sur la plaque palmaire de l'IPD (Fig. 1).

Au niveau du pouce, on retrouve deux poulies arciformes A1 et A2 et une poulie oblique (Fig. 3). La poulie A1 se situe au niveau de la MCP comme pour les doigts longs. La poulie A2 se situe au niveau de l'articulation interphalangienne (IP) et se fixe sur la plaque palmaire. Entre ces deux poulies arciformes se trouve la poulie oblique qui recouvre P1. Les fibres qui la constituent sont obliques de dedans en dehors et de proximal à distal.

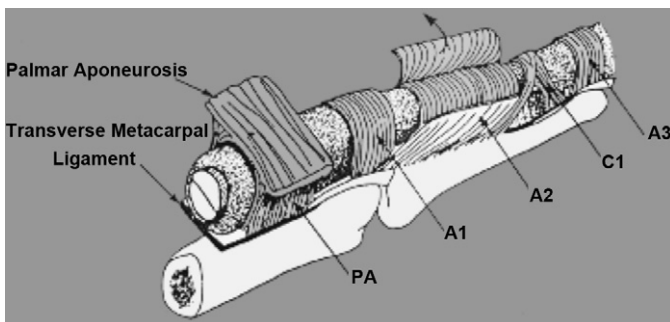


Fig. 2. Représentation schématique de la poulie A0 d'après Manske et Lesker [3].

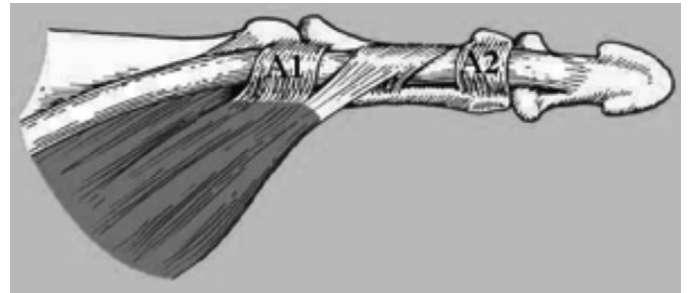


Fig. 3. Anatomie des poulies du pouce d'après Doyle et Blythe [1].

## 2. Biomécanique

Le rôle des poulies digitales est de maintenir les tendons fléchisseurs des doigts contre le squelette. Elles permettent ainsi d'éviter aux tendons de prendre la corde d'arc durant la flexion du doigt, ce qui leur assure une meilleure efficacité. Elles déterminent la longueur du bras de levier entre l'axe articulaire et le point d'application de la force et permettent un raccourcissement moindre du corps musculaire pour une flexion donnée. Ainsi, elles maintiennent un bras de levier relativement constant lors du mouvement de flexion du doigt. Sans ce système, il faudrait une excursion tendineuse plus importante pour avoir une flexion donnée. Les travaux de Lin [5,6] et de Tubiana [7] ont permis de mieux comprendre le système de poulie.

Les poulies annulaires sont plus résistantes que les poulies cruciformes. Les poulies A2 et A4 ont un rôle prépondérant dans l'efficacité des tendons fléchisseurs et dans l'enroulement des doigts. Ce sont les poulies les plus épaisses, les plus résistantes et celles qui se raccourcissent le moins en flexion du doigt (raccourcissement de 25%). Elles évitent aux tendons de se décoller de l'os et donc l'apparition d'une corde d'arc. Elles sont d'autant plus sollicitées que la flexion se fait contre résistance. La rupture de ces poulies entraîne à la fois une perte de force et une perte de mobilité puisqu'elle diminue le moment fléchissant. La section isolée d'A2 diminue l'enroulement digital de 10%.

Les poulies annulaires A1, A3 et A5 ainsi que les poulies cruciformes sont plus lâches, moins résistantes et se raccourcissent plus en flexion que les poulies A2 et A4. Elles ne préviennent la corde d'arc qu'en face de leur articulation. Du fait de leur élasticité, elles éloignent en flexion le tendon fléchisseur de l'axe de rotation de l'articulation en regard. Cela permet d'augmenter son angle d'attaque et donc son efficacité.

Leur rupture n'empêche pas la flexion complète du doigt, cependant elle se fera avec une contraction musculaire plus importante en cas de rupture de A1 ou A3.

Enfin la rupture de la poulie A0, quand elle est associée à celle de A1 et/ou A2, majore la perte de flexion du doigt. Il apparaît ainsi que les poulies A2 et A4 doivent être réparées en cas de rupture complète.

Les poulies ont des résistances à la rupture très importantes. La plus résistante est la poulie A2 (137 N à 407 N), puis ce sont les A1 (310 N) et A4 (193 N à 210 N). Les poulies A3, A5, et les poulies cruciformes sont beaucoup moins solides [6,8,9].

Leur résistance est bien supérieure aux contraintes appliquées par les tendons fléchisseurs lors des mouvements passifs, actifs ou contre résistance [10]. Une résection de 50% des poulies permet même de conserver une force suffisante pour les activités quotidiennes sans incidence sur la fonction du doigt [11].

Au niveau du pouce, la rupture isolée de la poulie A1 ou de la poulie oblique n'entraîne pas l'apparition d'une corde d'arc du tendon du long fléchisseur du pouce (LFP), même quand cette rupture est associée à celle de A2. En revanche, la rupture concomitante

de la poulie A1 et de la poulie oblique est responsable d'une corde d'arc [12]. Il est alors nécessaire de reconstruire l'une de ces deux poulies pour retrouver une fonction normale du pouce.

### 3. Pathologies

Les principales pathologies rencontrées sont par ailleurs, les kystes de la poulie métacarpo-phalangienne A1, les doigts à ressaut et enfin les lésions traumatiques des poulies essentiellement observées chez les grimpeurs à mains nues.

#### 3.1. Les kystes de la poulie métacarpophalangienne A1

Les kystes de la poulie métacarpophalangienne A1, développés aux dépens de la poulie métacarpo-phalangienne, sont très fréquents et prédominent sur le médium et l'annulaire [13]. Ces kystes surviennent non pas au niveau des zones de faiblesse du canal digital mais là où la poulie est épaisse [14] et il s'agit en fait de dégénérescence mucoïde de la poulie.

Ils sont soit antérieurs palmaires soit, le plus souvent, latéralisés. De petit volume, ils sont parfois douloureux lors des poussées et leur régression spontanée est fréquente. Il n'existe pas de communication avec la gaine des fléchisseurs sous-jacente et lors de la mobilisation des doigts, il n'y a aucune mobilisation de ce kyste.

Ces kystes peuvent être traités par écrasement. La récurrence est peu fréquente contrairement aux kystes de la face dorsale du poignet par exemple. En cas d'impossibilité ou d'échec d'un écrasement et en présence d'une gêne fonctionnelle, l'exérèse du kyste et d'un fragment de poulie A1 sur lequel ce kyste est appendu est pratiquée (Fig. 4).

#### 3.2. Le doigt à ressaut

Le doigt à ressaut est une pathologie extrêmement fréquente en chirurgie de la main. Le phénomène de ressaut est lié à l'existence d'une inadéquation entre le contenant, à savoir le canal digital ostéofibreux et plus précisément la poulie A1, et le contenu, les tendons fléchisseurs. Il existe des formes primitives congénitales ou acquises, et des formes secondaires d'origine rhumatismale ou métabolique (amyloïdose).

Le *primum movens* du doigt à ressaut acquis de l'adulte semble être la survenue d'une hyperplasie vasculaire de la poulie A1 réduisant son diamètre interne et devenant alors constrictive des structures coulissantes en son sein. Ce phénomène

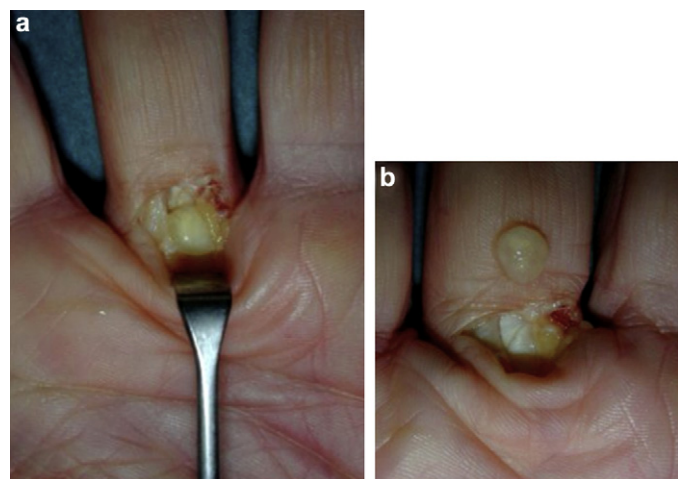


Fig. 4. Vue opératoire (a) et aspect macroscopique (b) d'un kyste de la poulie A1.

serait secondaire à une modification ou à une augmentation des contraintes mécaniques sur les tendons fléchisseurs, et induirait par l'augmentation des contraintes en friction, une métaplasie chondroïde de la gaine des fléchisseurs conduisant à un épaississement nodulaire responsable du ressaut clinique [15].

Ce ressaut peut-être objectivé lors de la flexion ou de l'extension du doigt incriminé. La survenue d'un blocage en flexion du doigt sera observée lorsque le tonus des extenseurs n'autorise plus le passage en force de la masse des fléchisseurs sous la poulie A1.

Chez l'adulte, après échec d'un traitement médical bien conduit (repos, infiltration), l'intervention chirurgicale est fréquemment proposée. Habituellement, la simple ouverture de la poulie A1 donne d'excellents résultats dans les doigts à ressaut classiques sans dilatation tendineuse, ni déficit d'extension de l'IPP.

La libération de la poulie A1 peut se réaliser soit par incision transversale habituelle soit par incision longitudinale comme l'a rapporté Stefanich [16] en 1989. Quant au traitement percutané décrit initialement par Lorthioir [17] en 1958 et repris par de nombreux auteurs [18,19], son caractère aveugle et le risque d'ouverture incomplète de la poulie A1 ou de lésions sous-jacentes des tendons fléchisseurs, en fait une technique peu répandue. Cette technique est déconseillée pour le pouce et l'auriculaire du fait de la situation des nerfs collatéraux qui sont souvent situés en avant de la poulie A1.

Dans les doigts à ressaut anciens, infiltrés à plusieurs reprises et associés à un flessum de l'IPP (Fig. 5), cette technique est cependant insuffisante surtout lorsqu'après ouverture de la poulie A1, on trouve un tendon fléchisseur superficiel ou profond dilaté qui ne s'engage pas dans la poulie A2 en aval. Dans ces cas, s'indique une résection de la bandelette ulnaire du fléchisseur commun

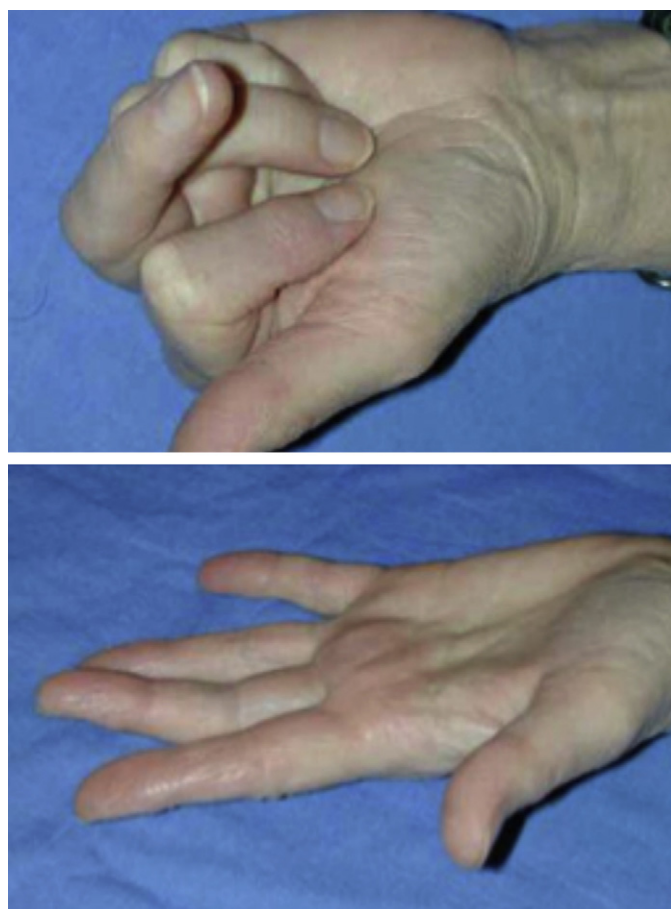
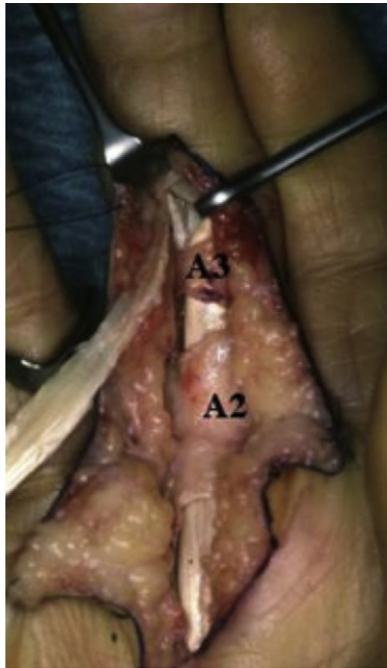


Fig. 5. Médium à ressaut associé à un flessum de l'IPP et un défaut d'enroulement.



**Fig. 6.** Technique chirurgicale décrite par Le Viet en 2004 (USSR, Ulnar Superficialis Slip Resection) [20].

superficiel (Flexor digitorum superficialis, FDS) selon la technique de Le Viet [20] (Fig. 6). La finalité étant de diminuer le volume intracanalair et de restaurer l'extension complète de l'IPP (Fig. 7).

### 3.3. Lésions traumatiques des poulies

Les lésions traumatiques des poulies sont contemporaines d'un nouveau mode d'escalade « à mains nues » qui a vu le jour dans les années 1975 [21–23]. Cette nouvelle technique « d'escalade libre » communément appelée « grimpe » diffère de « l'escalade artificielle » par l'utilisation des points d'ancrages. Cette évolution technique a provoqué une recrudescence de pathologies relativement spécifiques parmi lesquelles la rupture sous-cutanée des poulies digitales. Sa fréquence actuelle chez le grimpeur est de 20% [9].



**Fig. 7.** Évolution postopératoire à J15 d'un doigt à ressaut traité par la technique USSR. L'extension et la flexion sont complètes.

Les seules poulies annulaires A2 et A4 évitent donc aux tendons fléchisseurs de prendre la corde de l'arc (effet « bowstringing » des anglo-saxons). Au contraire, les poulies A3 ou C1 beaucoup plus élastiques [24] leur permettent de s'éloigner de l'axe de rotation de l'IPP et d'augmenter ainsi leur angle d'attaque, et par là leur efficacité.

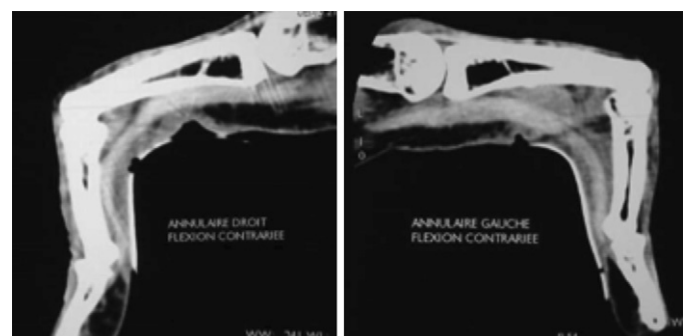
Les ruptures de poulies constituent ainsi près de 30% des lésions digitales du grimpeur [21,22,25] sans pour autant, comme le supposait Bollen [21], leur être exclusivement réservées puisque notre série compte deux cas survenus dans d'autres contextes mais avec un mécanisme lésionnel identique, l'un chez un véliplanchiste professionnel, et l'autre chez un patient ayant soulevé une charge lourde. L'atteinte préférentielle (90% des cas) de l'annulaire et du médius s'explique par l'utilisation de ces doigts dans les prises sur petites surfaces n'admettant que deux doigts, voir même dans les prises monodigitales [26].

L'anamnèse met en évidence de façon systématique la survenue d'un clac sonore audible et puissant lors d'une prise en arqué (MCP en extension, IPP en flexion contrariée et IPD en extension ou hyperextension). Suivent alors des douleurs antérieures ou latérales au niveau de la poulie concernée. Ces douleurs précèdent la rupture vraie et la perte d'efficacité du doigt lors de la prise, si la rupture est de survenue progressive, non aiguë.

L'examen clinique révèle une douleur à la palpation en regard de la poulie lésée et lors de la flexion contrariée. Le signe pathognomonique est la présence d'une corde d'arc de l'appareil fléchisseur en flexion contrariée et en arqué. Ce signe permet de faire le diagnostic lésionnel et topographique [27]. On peut également retrouver un défaut d'enroulement des doigts avec une flexion incomplète. Il existe souvent un flessum antalgique de l'IPP. En cas de rupture partielle, on ne retrouvera que les douleurs, mais pas de corde d'arc ni de déficit de flexion.

Les diagnostics différentiels sont nombreux devant une douleur palmaire digitale chez le grimpeur comme la tendinite d'insertion du FCS, la ténosynovite des fléchisseurs sans rupture de poulie, les entorses de l'IPP (qui atteignent plus volontiers le médius) et le « rugby finger » des anglo-saxons entraînant une désinsertion du fléchisseur profond au niveau de P3 de l'annulaire.

Les examens complémentaires d'imagerie ne sont pas nécessaires au diagnostic en présence d'une corde d'arc. Ils seront effectués en cas de doute sur une rupture de poulie et en l'absence de ce signe pathognomonique. L'échographie [21,28], le scanner [25,29] ou l'IRM [30] peuvent être utilisés et seront effectués de manière bilatérale et comparative. L'échographie statique ne permet pas toujours de faire le diagnostic de rupture de poulie. En revanche, l'échographie dynamique permet de diagnostiquer une rupture complète de poulie mais pas les ruptures partielles. Il paraît plus judicieux comme le propose Le Viet [25] d'effectuer un scanner avec des coupes de 1,5 mm de profil sur un doigt en arqué avec le filtre des parties molles. Le scanner permet de faire le diagnostic



**Fig. 8.** Scanner comparatif en flexion contrariée mettant en évidence une corde d'arc de l'appareil fléchisseur de l'annulaire gauche.

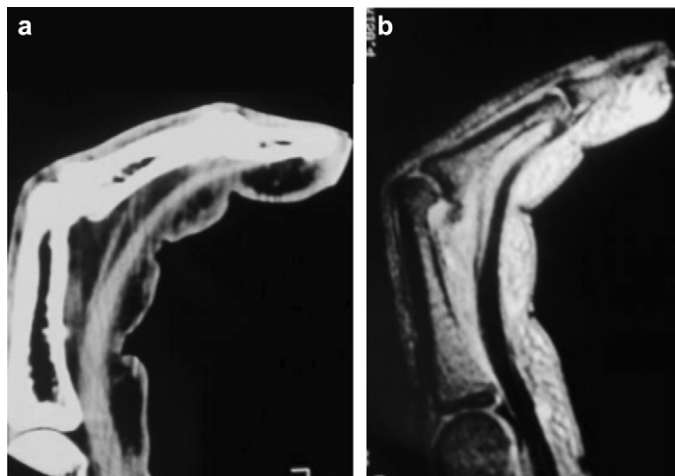


Fig. 9. Corde d'arc visualisée par scanner (a) et IRM (b).

de rupture complète en montrant un tendon fléchisseur prenant la corde d'arc avec une distance tendon-os supérieure à 2 mm (Fig. 8). L'IRM permet d'obtenir les mêmes renseignements qu'avec le scanner mais nécessite une antenne de surface de petit diamètre et un temps d'acquisition plus long (Fig. 9). Devant l'insuffisance de

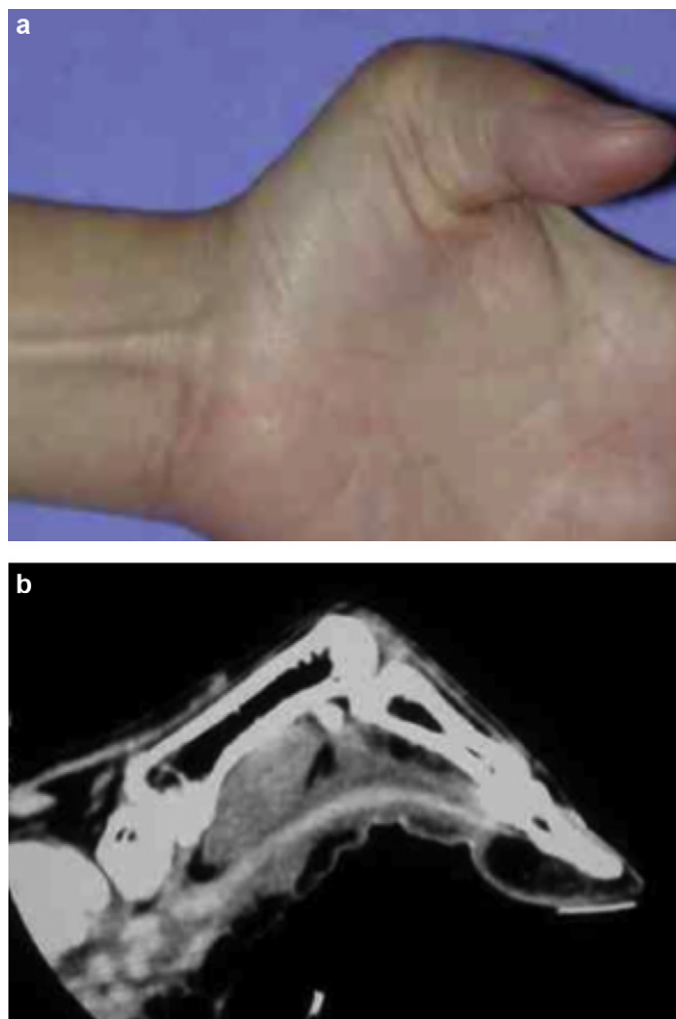


Fig. 10. Aspect clinique (a) et scanographique (b) d'une corde d'arc du LFP.

l'échographie et l'accès plus restreint à l'IRM, le scanner nous paraît être l'examen d'imagerie le plus adapté.

La rupture isolée de la poulie A2 presque exclusivement observée chez les grimpeurs relève le plus souvent d'un traitement orthopédique par bague circulaire thermoformée de protection de la poulie lésée pendant une période de 45 jours. En revanche, les ruptures associées des deux poulies A2 et A4 justifient une réparation chirurgicale de celles-ci [31].

Localisée au pouce, la rupture sous-cutanée des poulies avec apparition d'une corde d'arc du LFP est une pathologie rare (Fig. 10). Dans notre série, deux cas sont retrouvés. L'un faisant suite à une tendinite du LFP et l'autre à un pouce à ressaut, tous deux infiltrés à de multiples reprises. Dans les deux cas, l'indication de réparation chirurgicale a été posée.

#### 4. Conclusion

En dehors du doigt à ressaut, la pathologie des poulies est encore relativement méconnue. Une meilleure connaissance de l'anatomie et du fonctionnement des poulies est indispensable à la connaissance et au diagnostic de ces lésions. Méconnues ou sous traitées, ces lésions laissent des séquelles importantes pouvant entraver le fonctionnement de la main.

#### Déclaration d'intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

#### Références

- [1] Doyle JR, Blythe W. The flexor tendon sheath and pulleys: anatomy and reconstruction. AAOS symposium on tendon surgery in the hand. Saint-Louis: Mosby; 1975 [p. 81–7].
- [2] Hunter JM, Cook JF, Ochiai NF, et al. The pulley system. *J Hand Surg* 1980;5:283.
- [3] Manske PR, Lesker PA. Palmar aponeurosis pulley. *J Hand Surg* 1983;8:259–63.
- [4] Doyle JR. Anatomy of the flexor tendon sheath and pulley system: a current review. *J Hand Surg* 1989;14A:349–51.
- [5] Lin GT, Amadio PC, An KN, et al. Biomechanical analysis of finger flexor pulley reconstruction. *J Hand Surg* 1989;14B:278–82.
- [6] Lin GT, Cooney WP, Amadio PC, et al. Mechanical properties of human pulleys. *J Hand Surg* 1990;15B:429–34.
- [7] Tubiana R. Physiologie des mouvements. Traité de chirurgie de la main. Tome 3, Paris: Masson; 1980.
- [8] Peterson WW, Manske PR, Bollinger BA, et al. Effect of pulley excision on flexor tendon biomechanics. *J Orthop Res* 1986;4:96–101.
- [9] Moutet F, Forli A, Corcella D, et al. Ruptures des poulies chez le grimpeur. Cours européens de pathologie chirurgicale du membre supérieur et de la main. Sauramps medical; 2011. p. 175–86 (Imprimé en France).
- [10] Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP, et al. Flexor tendon forces: in vivo measurements. *J Hand Surg* 1992;17A:291–8.
- [11] Mitsionis G, Fisher KJ, Bastidas JA, et al. Feasibility of partial A2 and A4 pulley excision: residual pulley strength. *J Hand Surg* 2000;25B:90–4.
- [12] Zissimos AG, Szabo RM, Yinger KE, et al. Biomechanics of the thumb flexor pulley system. *J Hand Surg* 1994;19A:475–9.
- [13] Le Viet D. Les kystes dits synoviaux du poignet et de la main. Cahiers d'enseignement de la Société française de la chirurgie de la main. Expansion Scientifique; 1991. 3, p. 49–58.
- [14] Angelides AC, Wallace PF. The dorsal ganglion of the wrist: its pathogenesis, gross and microscopic anatomy and surgical treatment. *J Hand Surg Am* 1976;1:228–35.
- [15] Drossos K, Rimmelink M, Nagy N, et al. Correlations between clinical presentations of adult trigger digits and histologic aspects of the A1 pulley. *J Hand Surg* 2009;34:1429–35.
- [16] Stefanich RJ, Peimer CA. Longitudinal incision for trigger finger release. *J Hand Surg* 1989;4A:316–7.
- [17] Lorthioir JR. Surgical treatment of trigger finger by a subcutaneous method. *J Bone Joint Surg* 1958;40A:793–5.
- [18] Eastwood DM, Gupta KJ, Johnson DP. Percutaneous release of trigger finger: an office procedure. *J Hand Surg* 1992;17A:114–7.
- [19] Pope DF, Wolfe SW. Safety and efficacy of percutaneous trigger finger release. *J Hand Surg* 1995;20A:280–3.
- [20] Le Viet D, Tsionos I, Boulouednine M, et al. Trigger finger treatment by ulnar superficialis slip resection (U.S.S.R.). *J Hand Surg* 2004;29B:368–73.
- [21] Bollen SR. Injury to the A2 pulley in rock climbers. *J Hand Surg* 1990;15B:268–70.

- [22] Cartier JL, Toussaint B, Darlot P, et al. Approche d'une nouvelle pathologie de la main liée à la pratique de l'escalade. À Propos d'une revue de 51 grimpeurs professionnels. *J Traumat Sport* 1985;2:35–9.
- [23] Rohrbough JT, Mudge MK, Schilling RC. Overuse injuries in the elite rock climbers. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1369–72.
- [24] Doyle JR, Blythe W. Macroscopic and functional anatomy of the flexor tendon sheath. *J Bone Joint Surg* 1974;56A:1094.
- [25] Le Viet D, Rousselin B, Roulot E, et al. Diagnosis of digital pulley rupture by computed tomography. *J Hand Surg* 1996;21A:245–8.
- [26] Vigouroux L, Quaine F, Paclat F, et al. Middle and ring fingers are more exposed to pulley rupture than index and little during sport-climbing: a biomechanical explanation. *Clin Biomech* 2008;23:562–70.
- [27] Moutet F, Guinard D, Gerard Ph, et al. Les ruptures sous-cutanées des poulies des fléchisseurs des doigts longs chez les grimpeurs de haut niveau : à propos de douze cas. *Ann Chir Main Memb Super* 1993;12:182–8.
- [28] Klauser A, Bodner G, Fraucher F. Finger injuries in extreme rock climbers. Assessment of high-resolution ultrasonography. *Am J Sports Med* 1999;27:733–7.
- [29] Rousselin B, Le Viet D, Roulot E, et al. Intérêt du scanner dans les ruptures des poulies digitales chez le grimpeur. *J Traumat Sport* 1995;12:7–14.
- [30] Gabl M, Lener M, Pechlaner S. Rupture or stress injury of the flexor tendon pulley? Early diagnosis with MRI. *Hand Microchir Plast Chir* 1996;28:317–21.
- [31] Moutet F, Forli A, Voulliaume D. Pulley rupture and reconstruction in rock climbers. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2004;8:149–55.