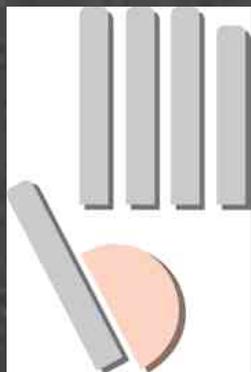
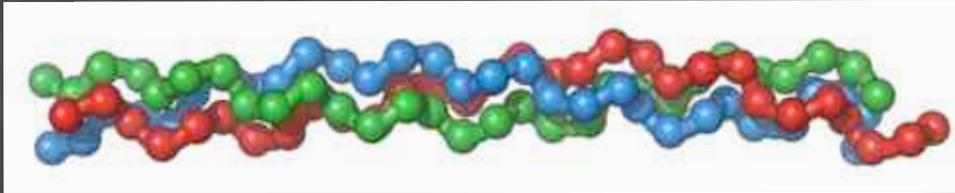


Anatomie descriptive et fonctionnelle des tendons fléchisseurs à la main

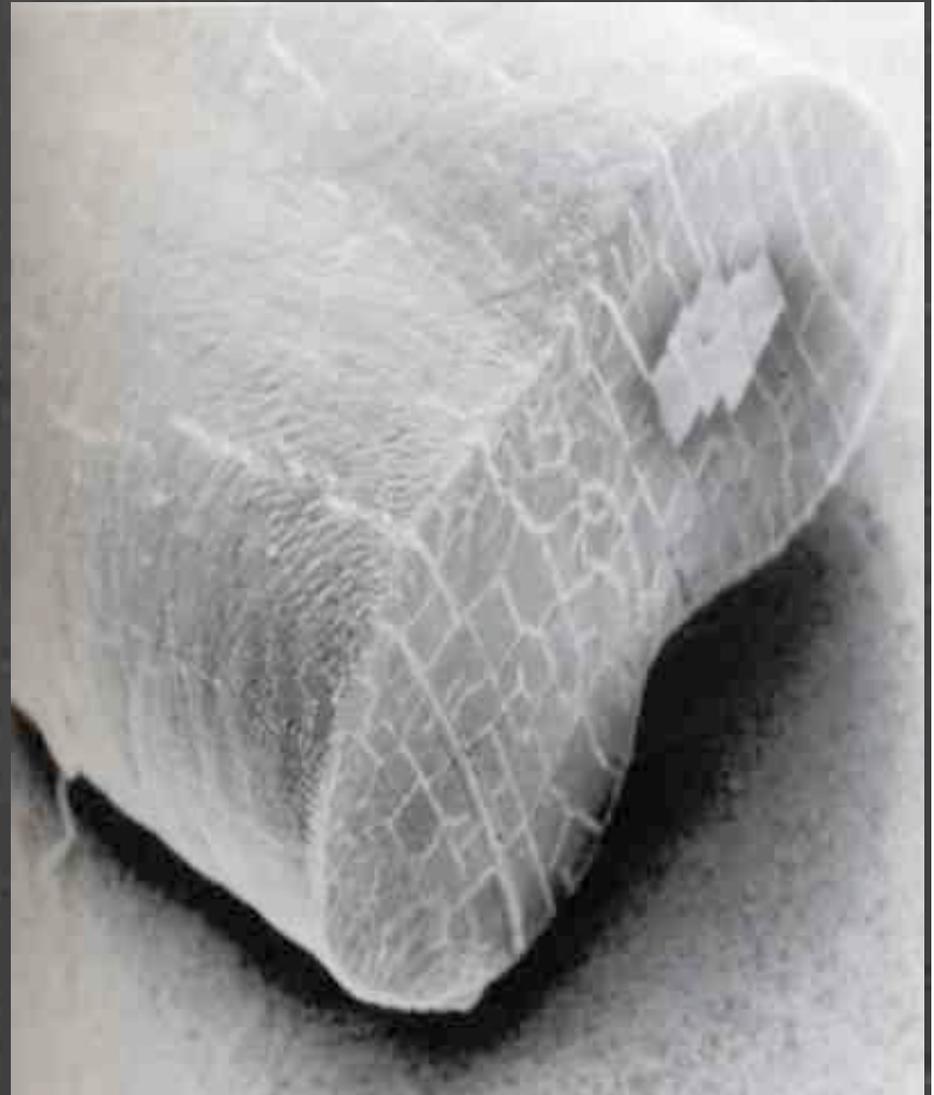
Christian Dumontier
Institut de la Main & hôpital saint
Antoine, Paris



Composition

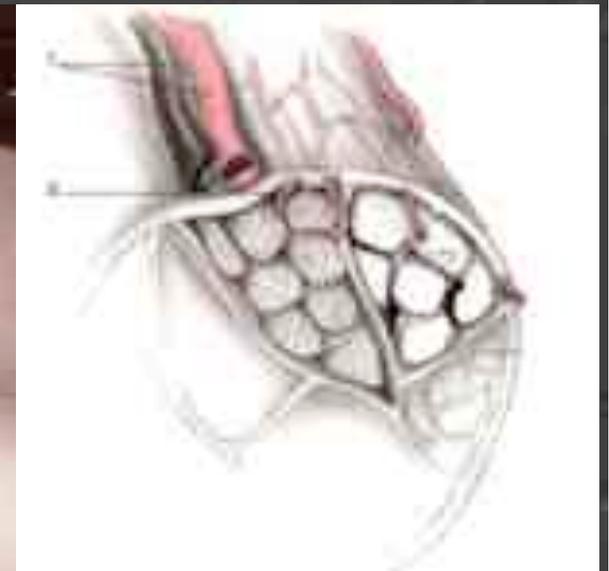
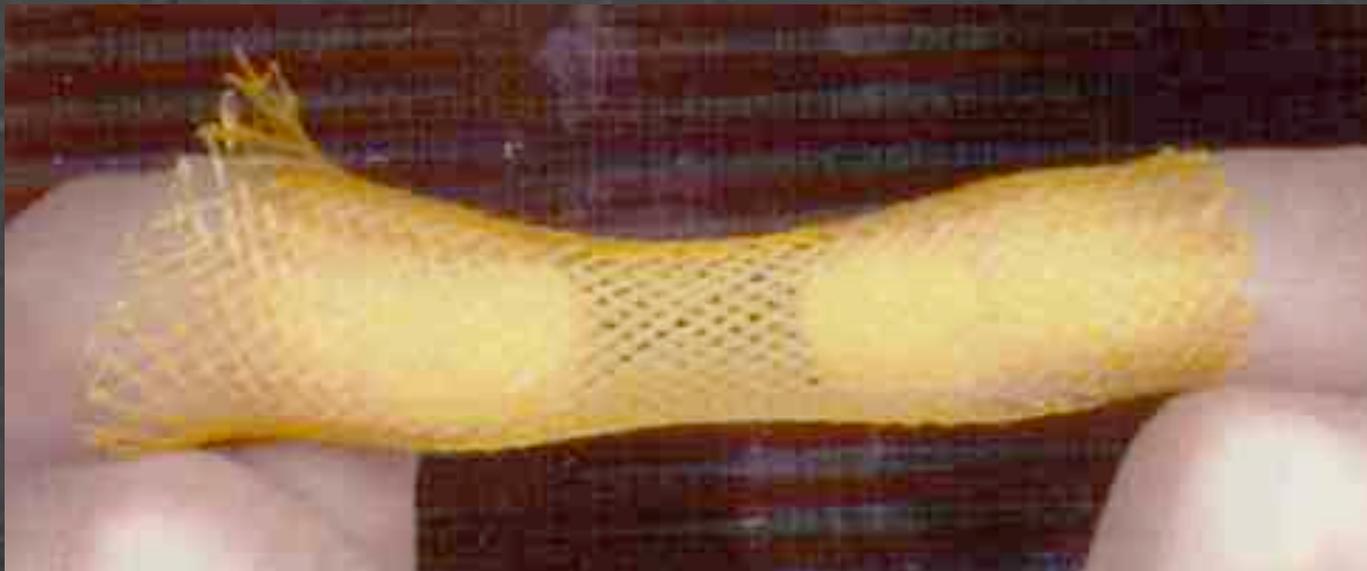


- 70 % de protéines (tropocollagène) dans une configuration en triple hélice
- Les fascicules sont composés de fibroblastes matures (ténocytes) et de collagène de type I



Composition

- La configuration en triple hélice augmente la résistance en tension
- Les fascicules sont couverts d'un endotendon dont la convergence forme le péri-tendon



Les fléchisseurs

- Du poignet

- Flexor carpi radialis, Flexor Carpi Ulnaris, Palmaris longus

- Des doigts

- Flexor pollicis longus, flexor digitorum profundus, flexor digitorum superficialis

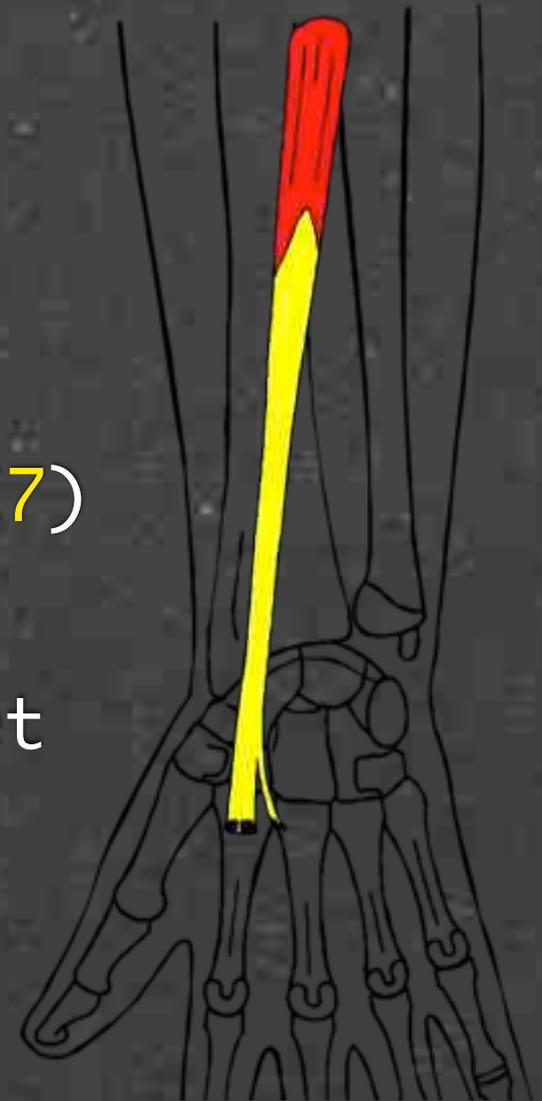
Flexor carpi radialis

- Origine: insertion humérale
- Terminaison: Base du 2ème métacarpien



Flexor carpi radialis

- Vascularisation: a. ulnaire
- Innervation: n. médian (C6, C7)
- Fonction: Fléchisseur et inclinateur latéral du poignet



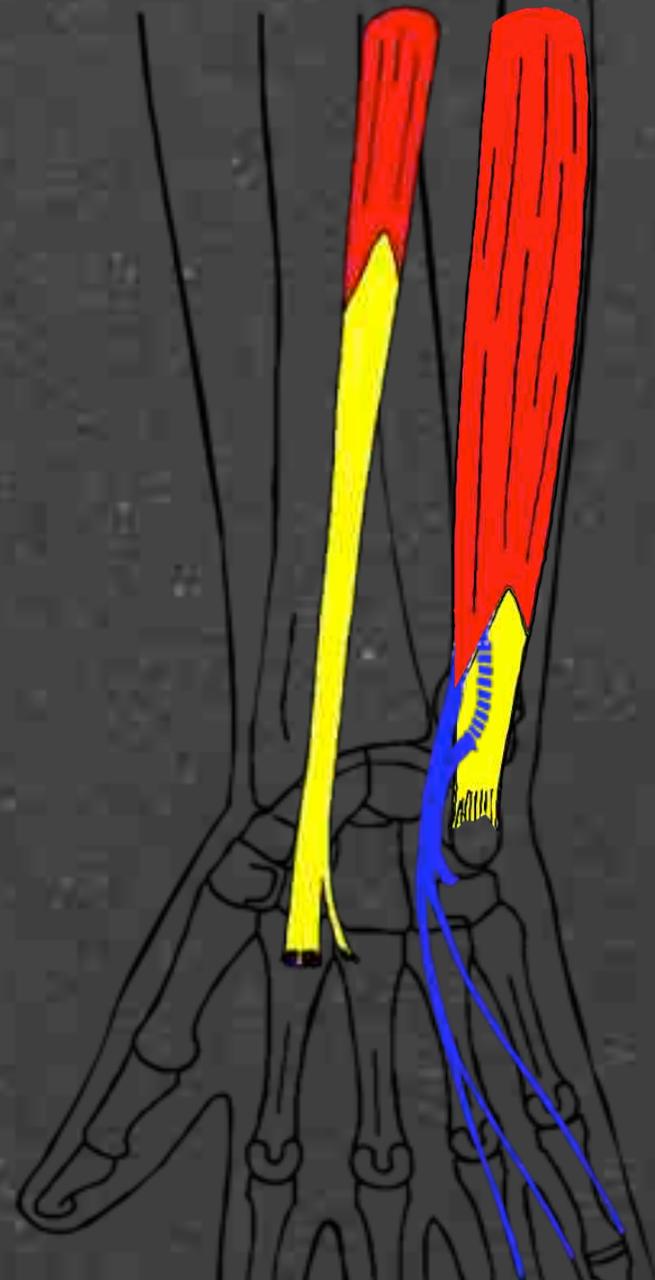
Flexor carpi ulnaris

- Origine: humérus + olécrane et bord postérieur de l'ulna
- Terminaison: Pisiforme, hamulus, base 5ème métacarpien



Flexor carpi ulnaris

- Vascularisation: a. ulnaire
- Innervation: n. ulnaire (C7, C8)
- Fonction: Fléchisseur et inclinateur médial du poignet

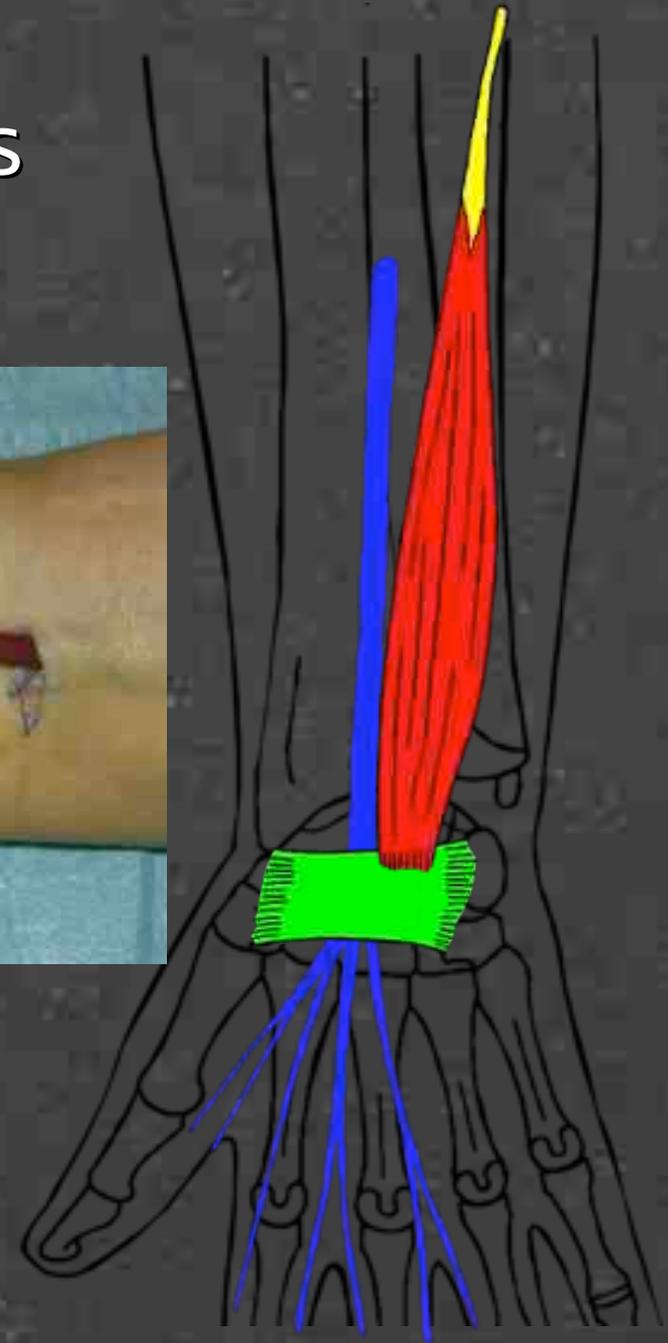
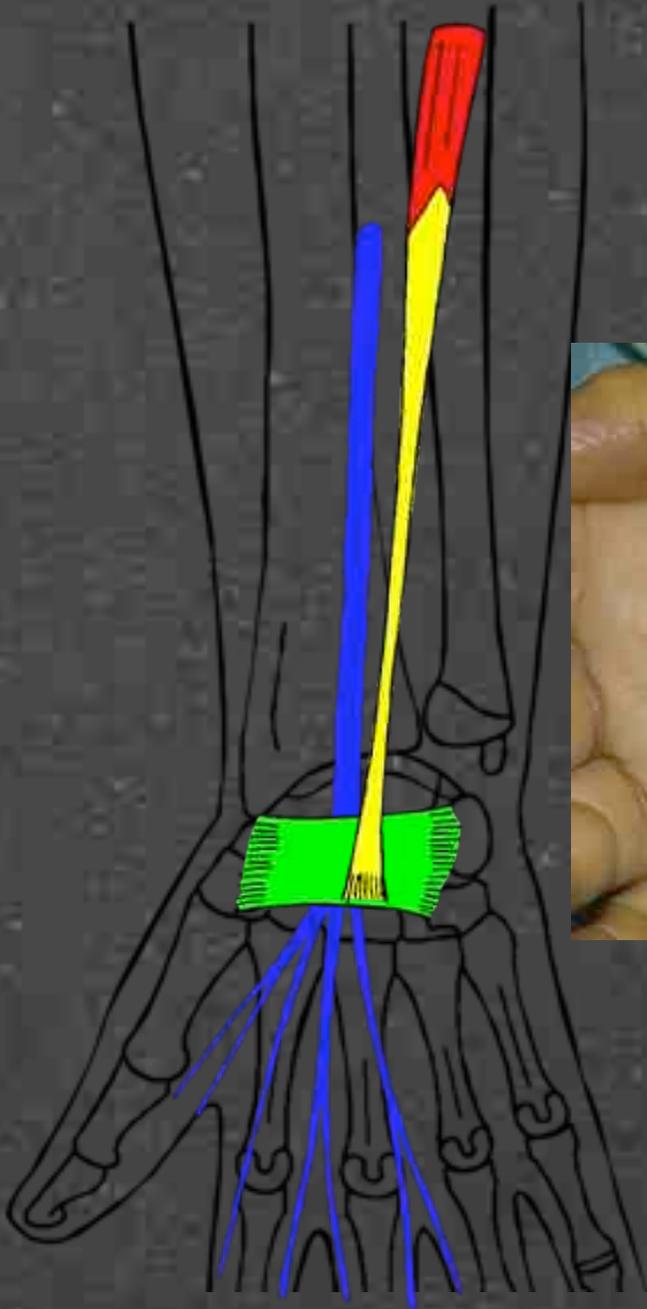


Palmaris Longus

- Origine: Humérus
- Terminaison: Aponévrose palmaire moyenne
- Innervation: n. médian (C7, C8)
- Vascularisation: a. ulnaire
- Fonction: fléchisseur (accessoire) du poignet



Variantes anatomiques fréquentes



Variations du palmaris longus

- Absence 12,8 % de 1600 dissections
- Anomalies 9%
- Variations de forme 50% (muscle, central, distal ou digastrique)
- Bandes accessoires 33% (pour l'ADM, ...)
- Régression physiologique d'un muscle fléchisseur de P1

Examen du palmaris longus



- Absent chez $\approx 15\%$ de la population “caucasienne”
- Absent chez 40% des Egyptiens, et 2% des amérindiens

Flexor digitorum profundus

- Origine: 3/4 proximal et médial de l'ulna et de la membrane interosseuse
- Terminaison: Base de la phalange distale des doigts longs



Flexor digitorum profundus

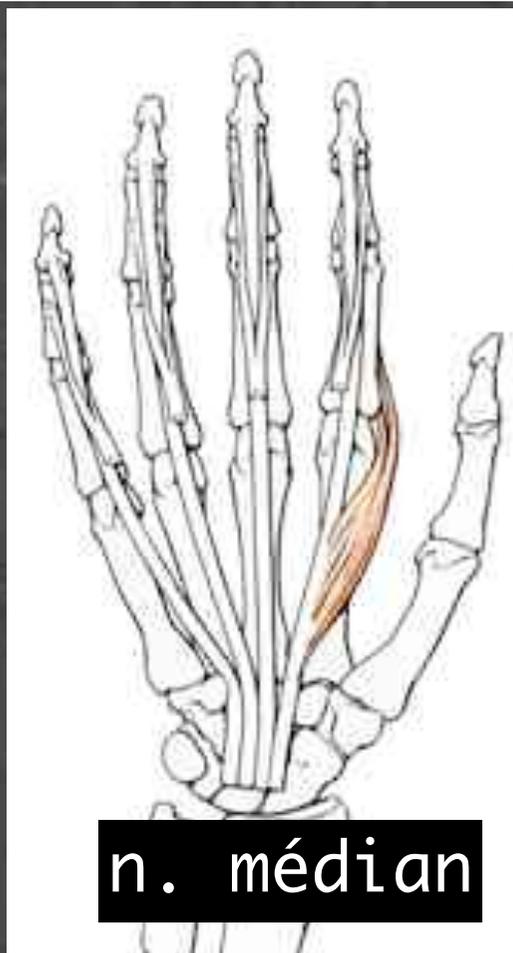
- Vascularisation: a. ulnaire et interosseuse antérieure
- Innervation: n. ulnaire (partie médiale, C8-T1) et branche antérieure interosseuse du nerf médian (partie latérale, C8-T1)

- Passe dans le canal carpien, entouré par une synoviale - les tendons sont souvent peu différenciés (lame)



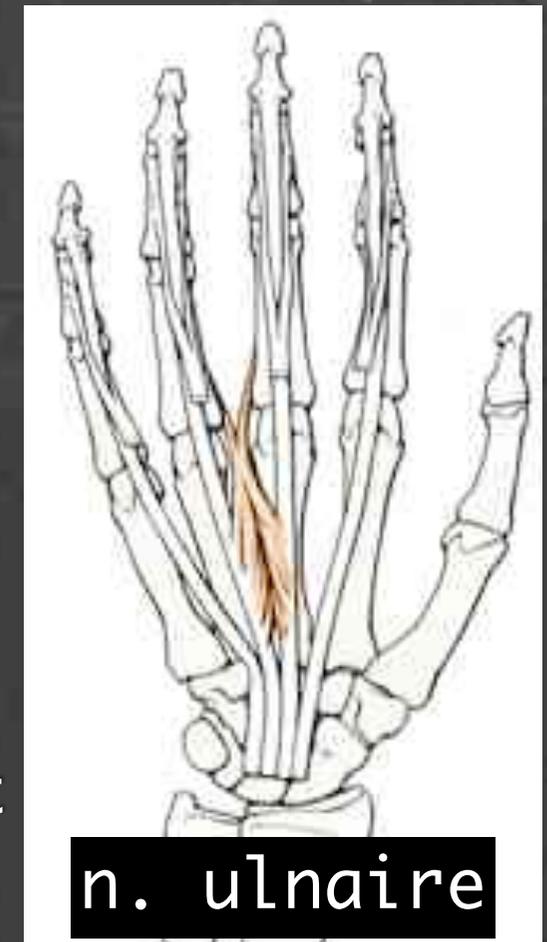
- Les lombricaux s'insèrent sur le FCP à la paume



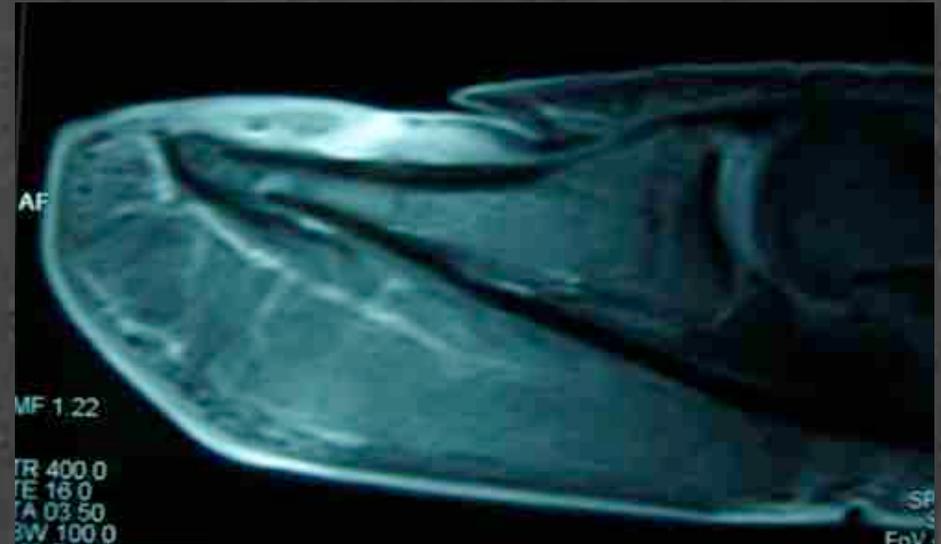


Les 1er et 2è lombricaux sont unipennés et s'insèrent au bord latéral du tendon correspondant

Les 3è et 4è lombricaux sont bi-pennés et s'insèrent sur deux tendons adjacents mais passent au bord radial du doigt



- Terminaison du FCP sur P3, le plus souvent sous forme de deux bandelettes réunies



Examen clinique

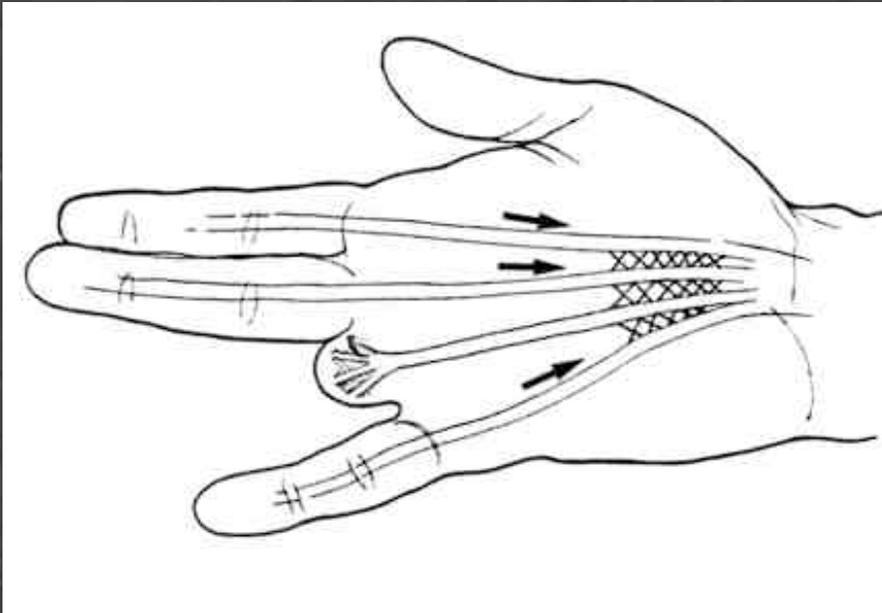
- Inspection: perte de la cascade physiologique
- Flexion active de P3, le reste du doigt étant immobilisé
- La mise en extension du poignet sensibilise l'examen



Syndrome du quadriges



- Décrit par Verdan (1960)
- Blocage des profonds quand l'un est fixe (amputation, adhérence,...)



Syndrome du quadriges

	Flexion IPD	Force IPD
I	Complète	diminuée
II	incomplète	diminuée
III	absente	absente



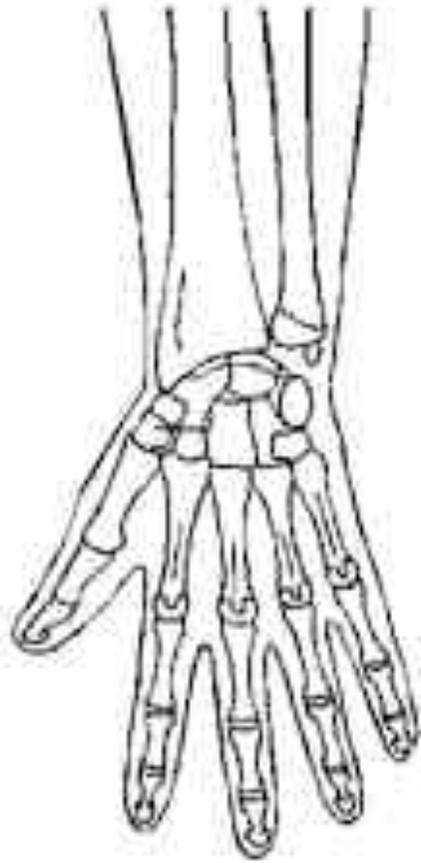
Flexor digitorum superficialis

- Origine: humérus, coronoïde et LLI (chef ulnaire) et 1/2 proximale du radius (chef radial)
- Terminaison: Base de la phalange intermédiaire des doigts longs



Flexor digitorum superficialis

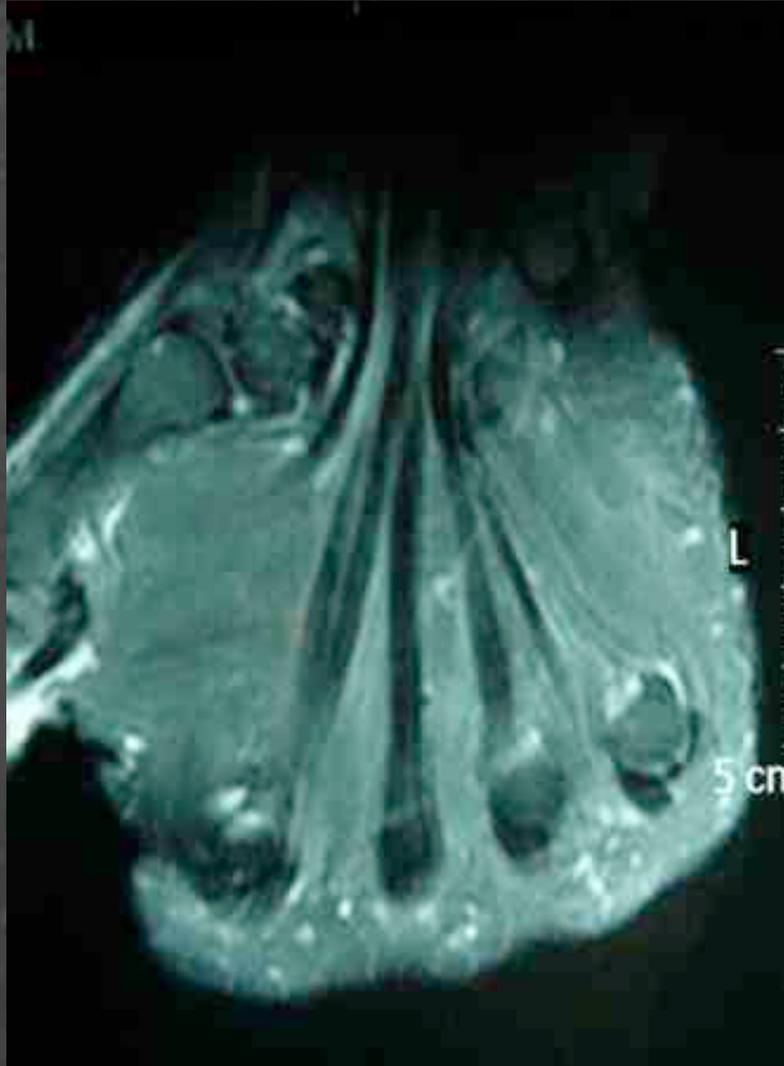
- Origine: humérus, coronoïde et LLI (chef ulnaire) et 1/2 proximale du radius (chef radial)
- Terminaison: Base de la phalange intermédiaire des doigts longs
- Vascularisation: a. ulnaire
- Innervation: n. médian (C7, C8, T1)



- Passage dans le canal carpien en deux “couches”

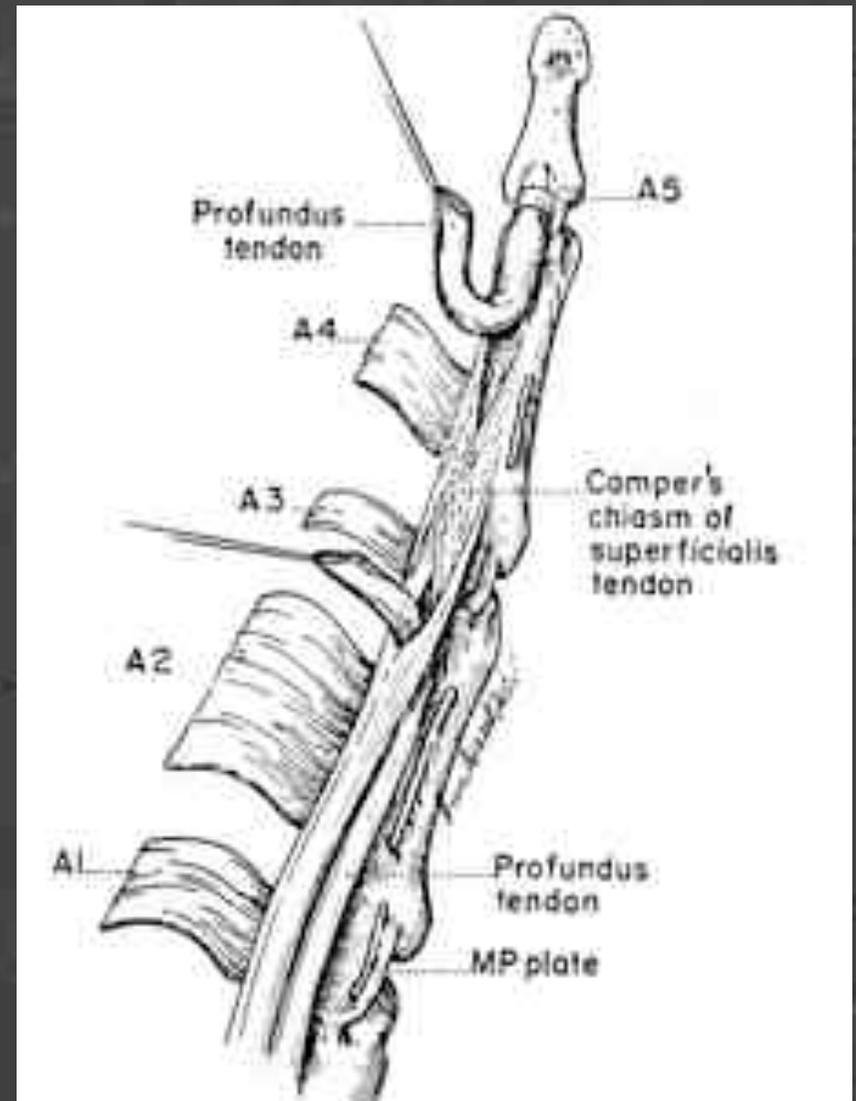


- En avant des profonds à la paume où il commence à se diviser





Se divise en deux faisceaux qui eux-mêmes se divisent en deux faisceaux qui s'entrecroisent (chiasma de Camper)



- S'insère sur la moitié proximale de la deuxième phalange



Examen clinique

- Bloquer les doigts adjacents pour bloquer l'action des fléchisseurs profonds
- Test de la phalange molle



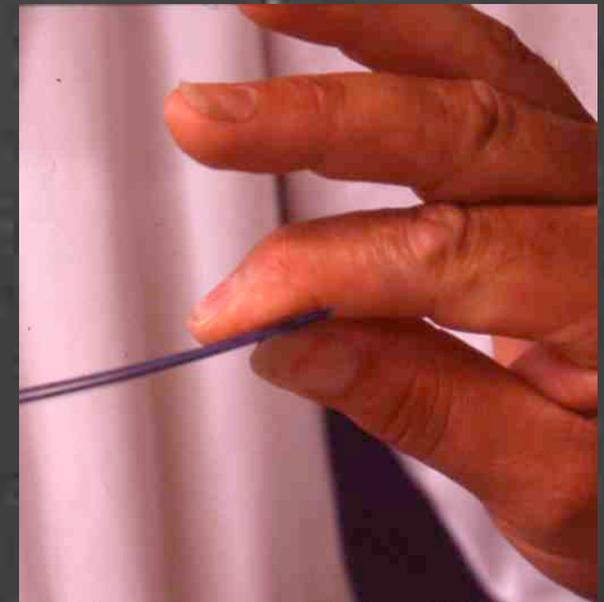
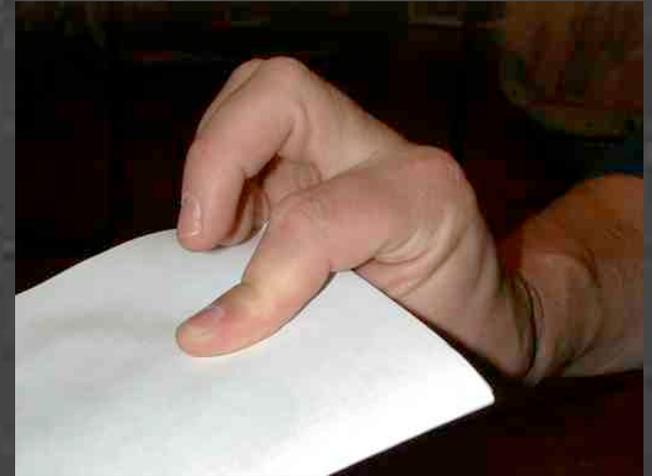
Difficultés

- Le FCS du 5è peut être adhérent au FCS du 4è, non fonctionnel ou absent

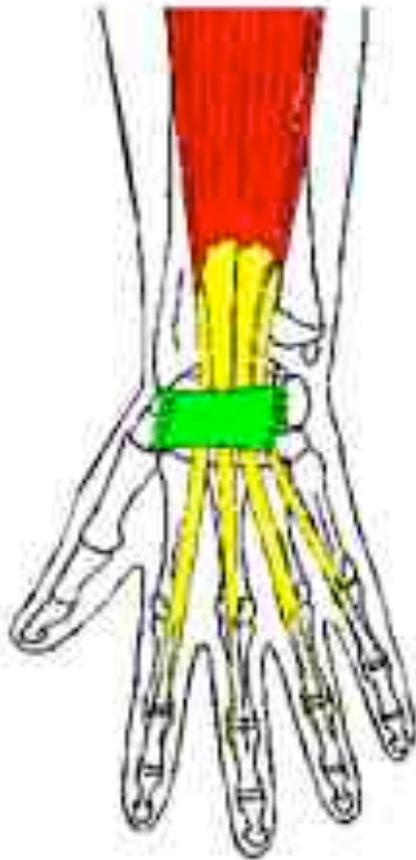


Difficultés

- Le FCP de l'index peut être indépendant

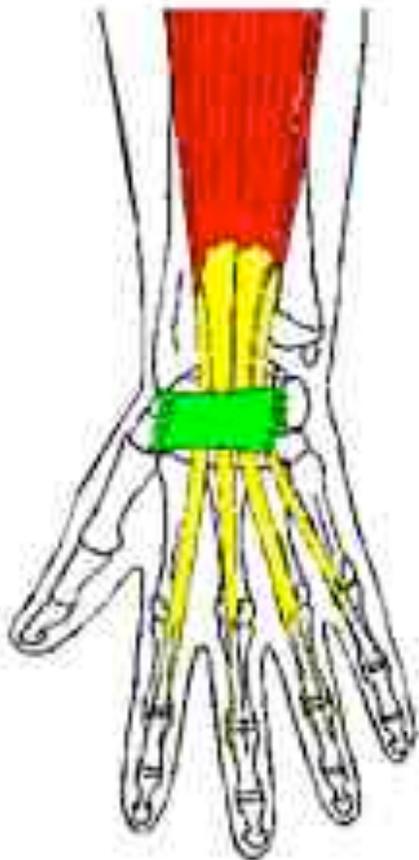


Anomalies



- Flexor digitorum superficialis brevis

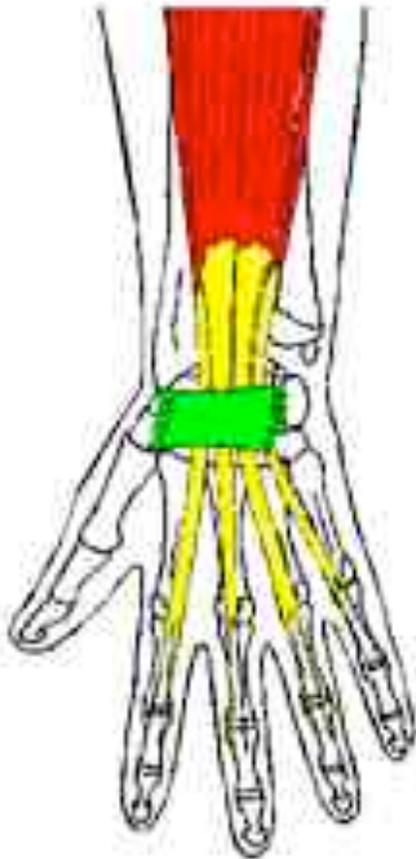
Anomalies



- Flexor digitorum superficialis digastrique



Anomalies



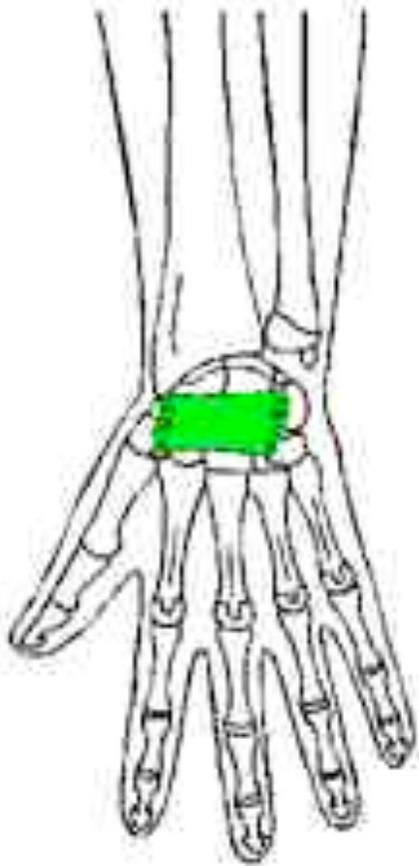
- Flexor digitorum superficialis avec insertion basse des corps musculaires
- Cause possible de canal carpien d'effort ?

Flexor pollicis longus

- Origine: face antérieure du radius et membrane interosseuse
- Terminaison: Base de la phalange distale du pouce



Flexor pollicis longus



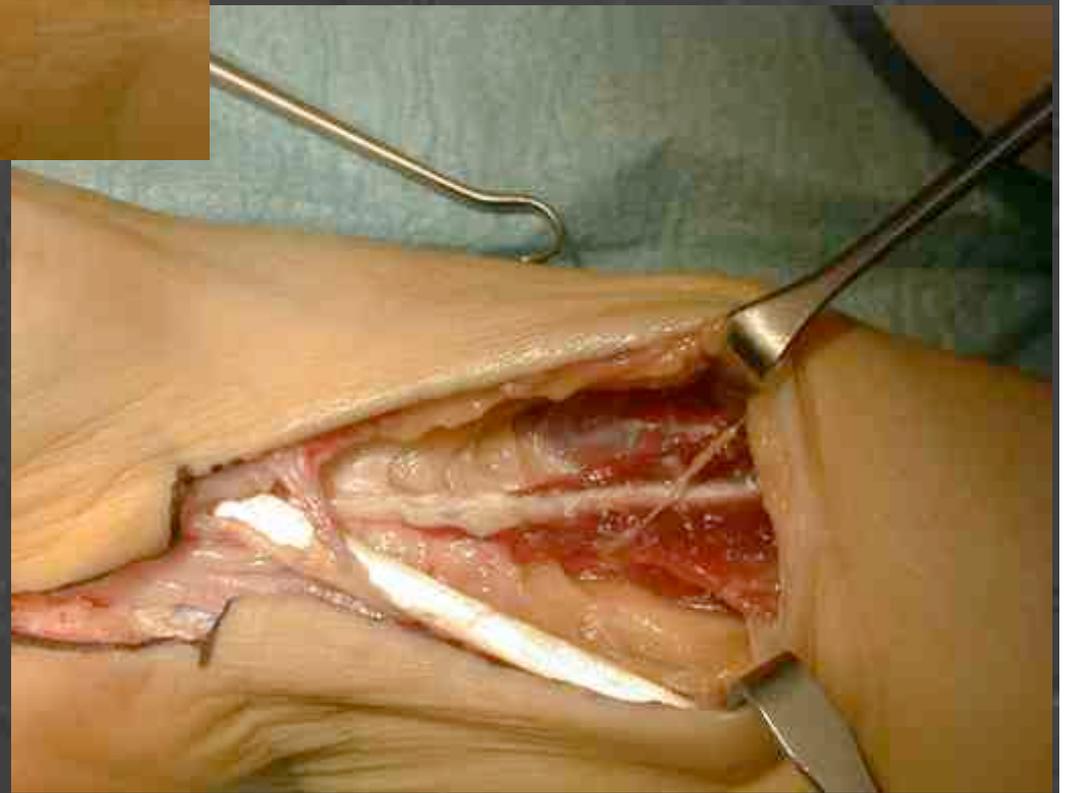
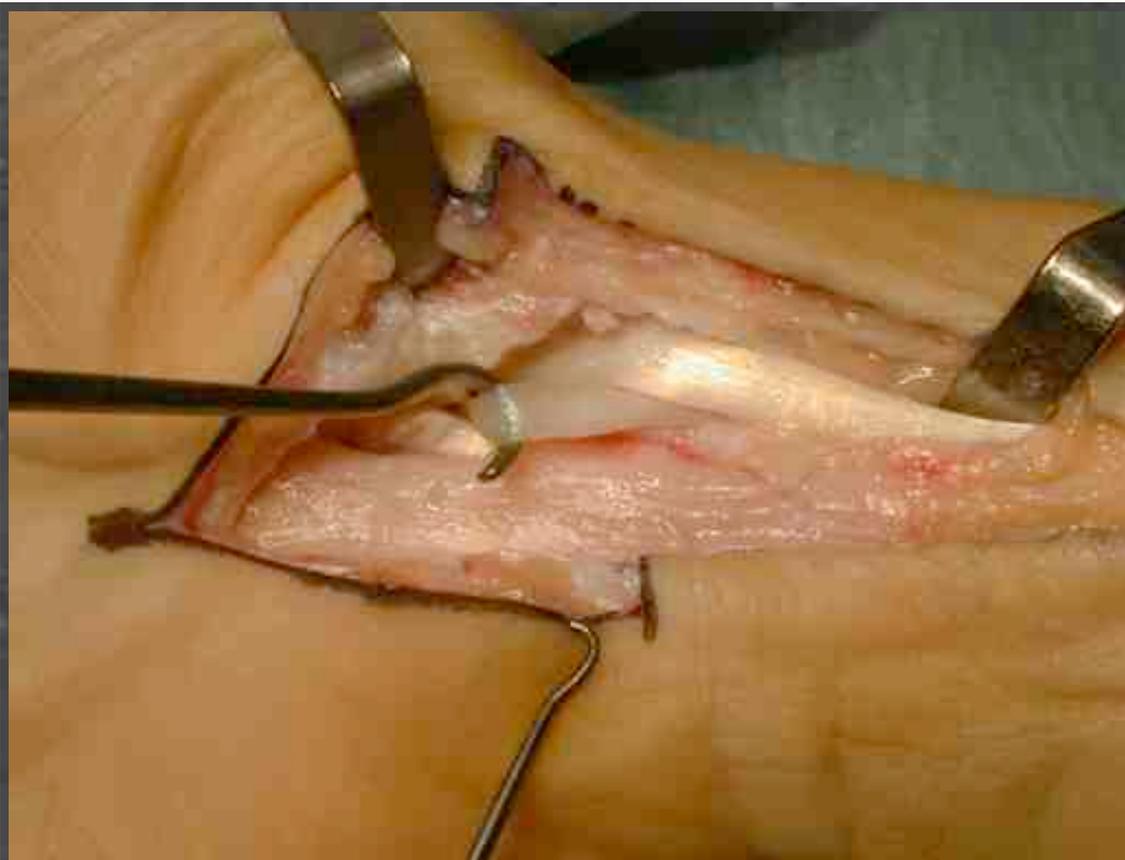
- Vascularisation: a. interosseuse antérieure
- Innervation: n. médian (C8, T1)

Anomalies

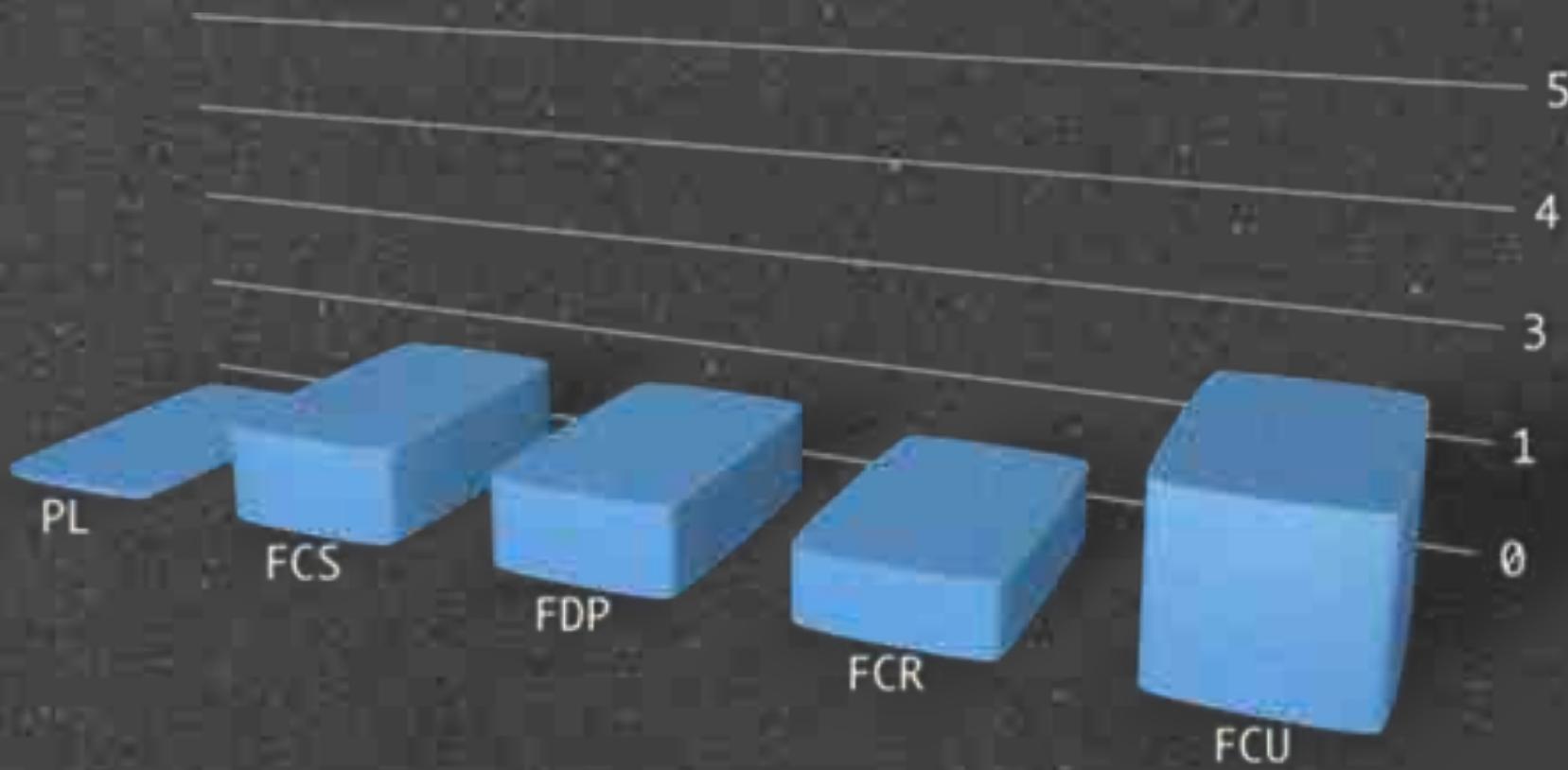
- Signe de Linburg-Comstock
- Anastomose à l'avant-bras entre FPL et FDP index



Exemple
d'anastomoses
de Linburg



Force relative des tendons fléchisseurs

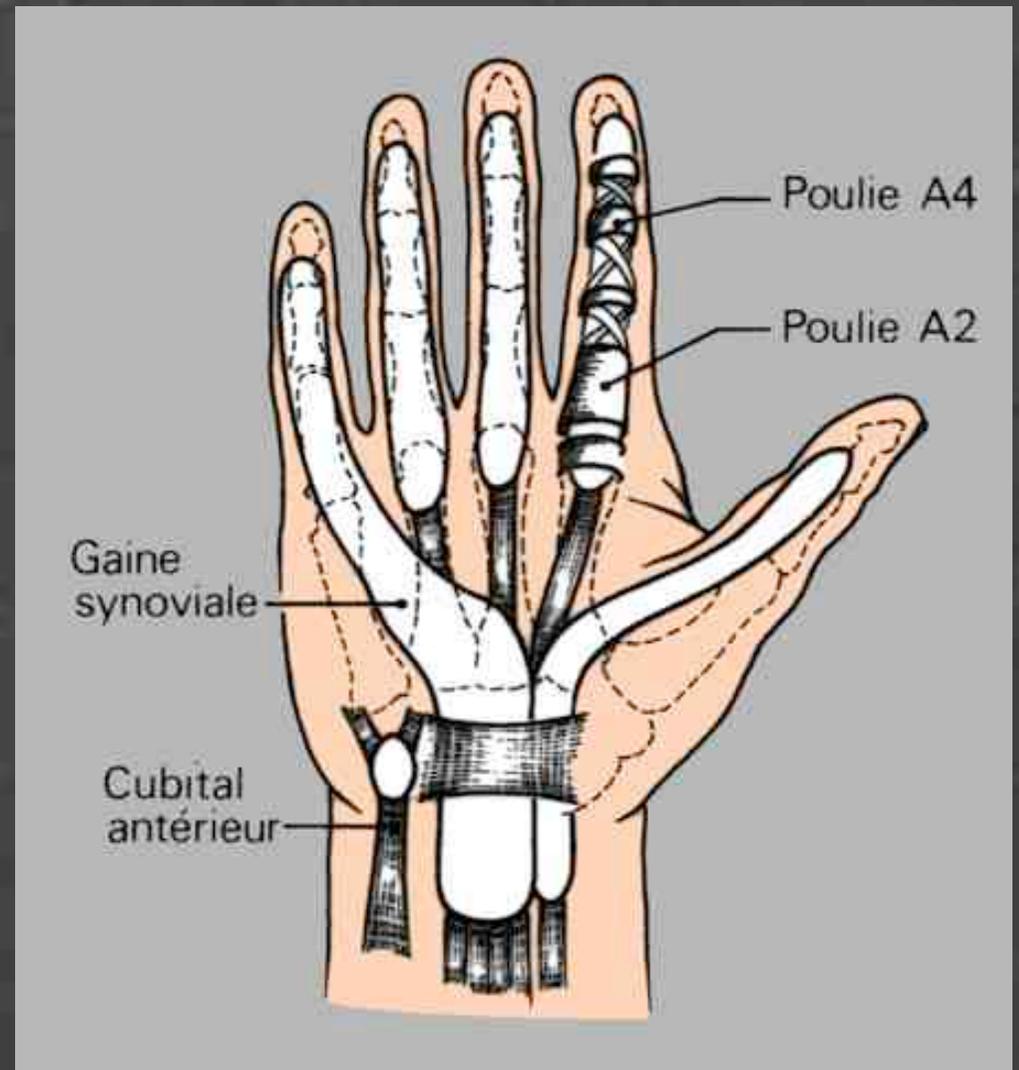


Gaine des fléchisseurs

- Au canal carpien
- Aux doigts longs médians
- Au pouce et à l'annulaire

La gaine synoviale au poignet et à la main

- Entoure les tendons dont elle est indissociable



La gaine synoviale à la paume

- Entoure les fléchisseurs de l'auriculaire et du pouce



La gaine digitale



- Etanche, deux feuillets viscéraux et pariétaux entourant les tendons fléchisseurs

La gaine digitale

- Commence 10-14 mm proximal à la MP (cul de sac)
- Se termine au niveau de l'interphalangiennne distale



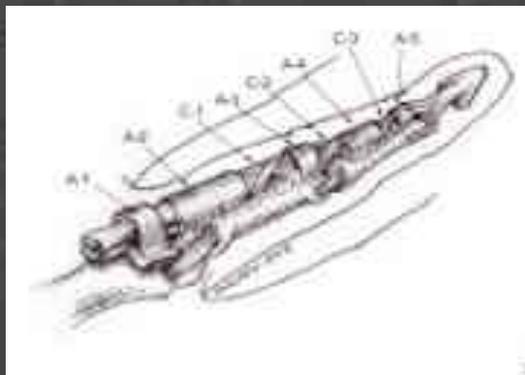
Rôle de la gaine digitale

- Nourrir le tendon (production de liquide synovial)
- Faciliter le glissement des tendons
- Rôle mécanique de poulie de réflexion pour lutter contre l'effet de corde d'arc



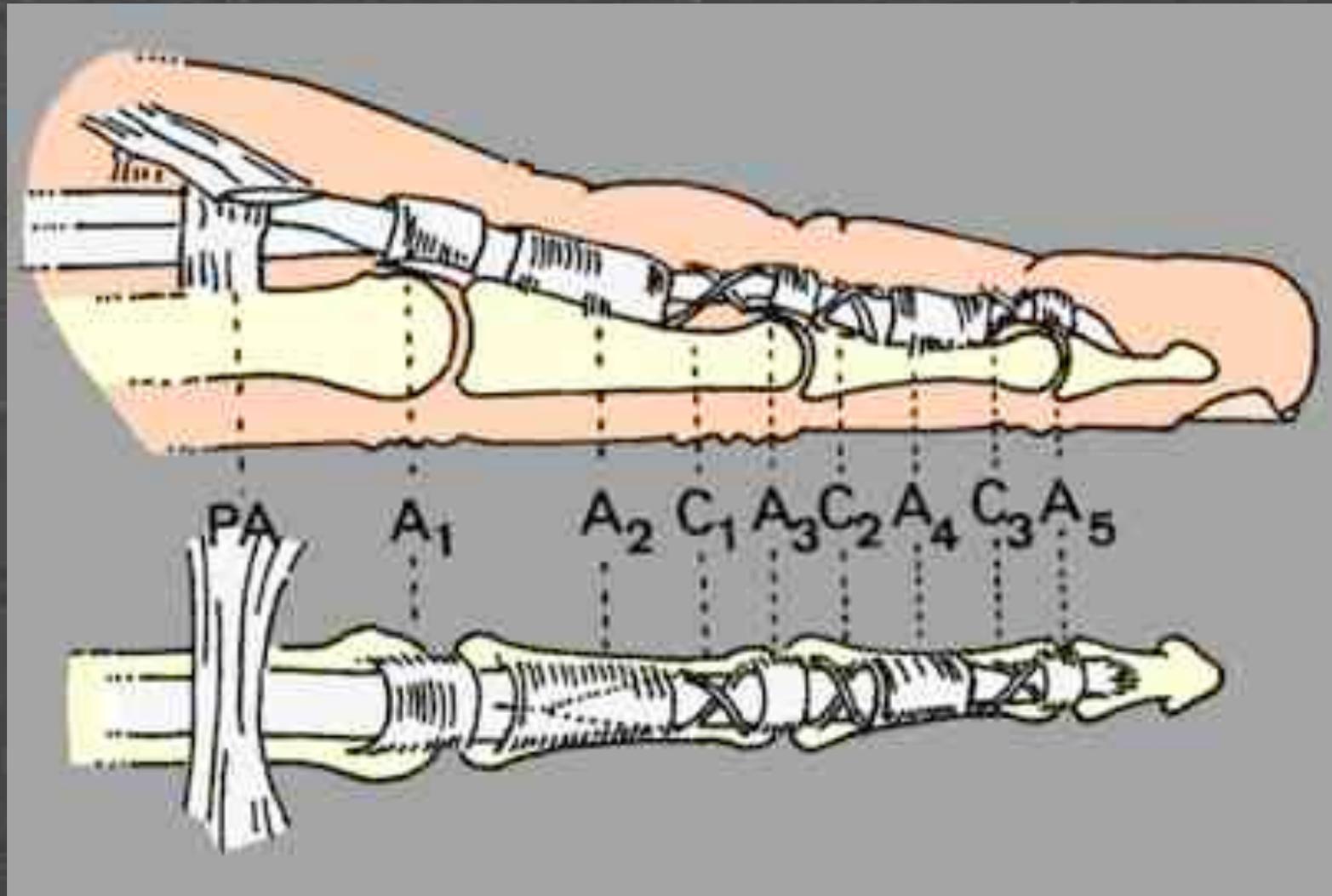
En flexion le tendon FCP est proximal de 3 cm et antérieur de 2 cm à la MP

Anatomie de la gaine digitale



- Décrite par de la Caffinière et par Doyle et Blythe
- Succession de renforcement (poulies annulaires) de zone moins solides (poulies cruciformes) et de tissu synovial

Anatomie de la gaine digitale

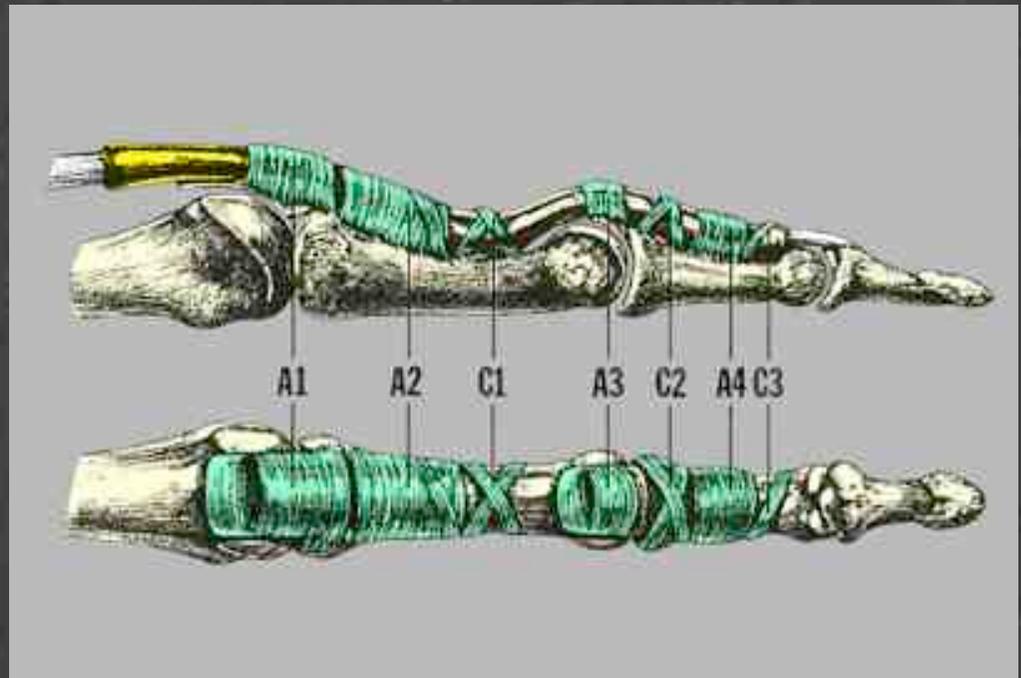
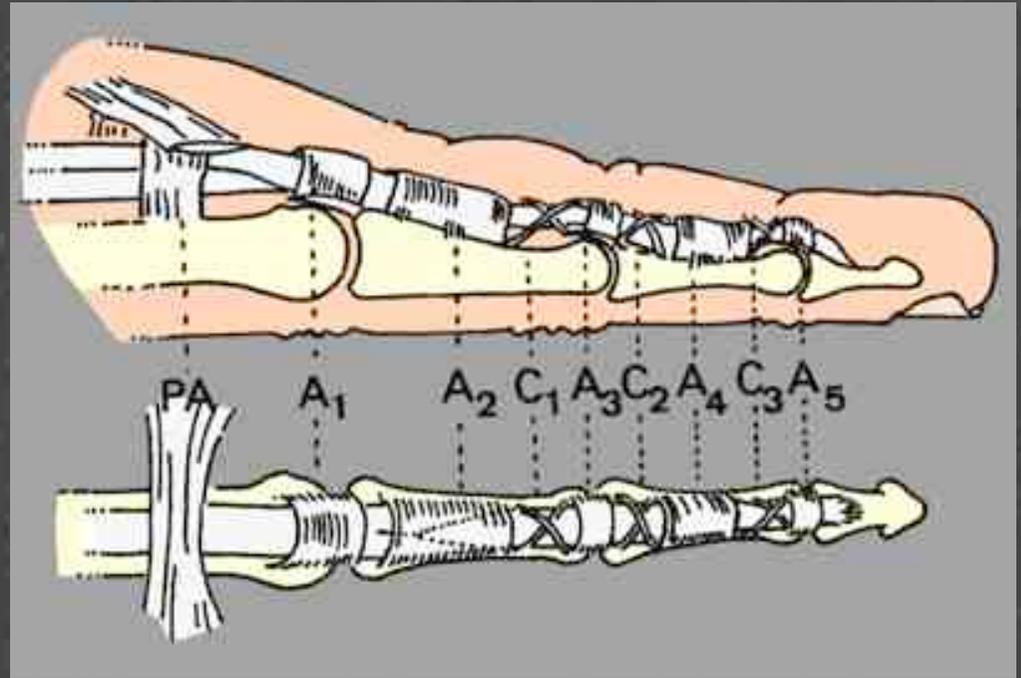


- Fonctionne plus comme un tire-fesse ou un télésiège que comme une poulie



Poules annulaires

- A1 en regard MP, 8mm
- A2 mi-P1, 17mm
- A3 en regard IPP, 3 mm
- A4 mi-P2, 6-7 mm
- A5 en regard IPD, 4 mm



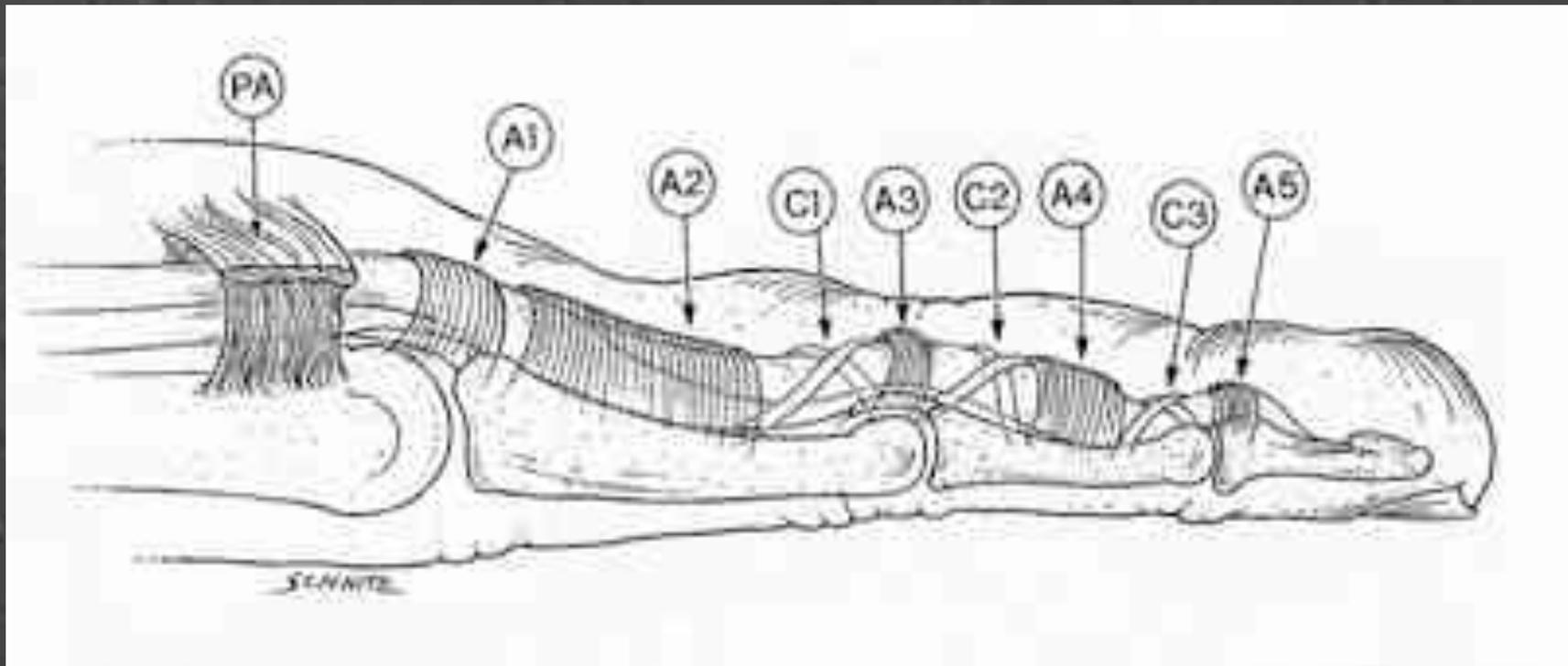
Poulies cruciformes

- C1, entre A2 et A3
- C2, entre A3 et A4
- C3, entre A4 et A5



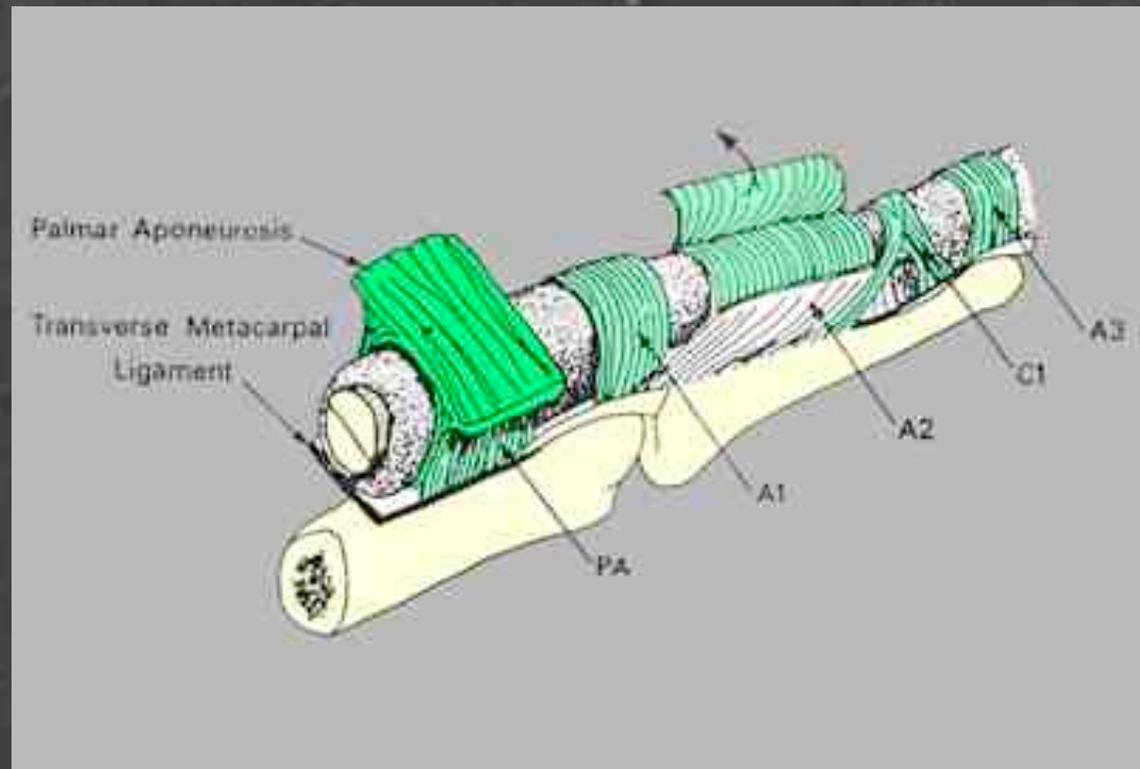
On y associe

- Poulie A0 ou ligament palmaire transverse, 1 cm de large



On y associe

- 1-3 mm proximal au cul-de-sac et 8-10 mm proximal au bord proximal de la poulie A1



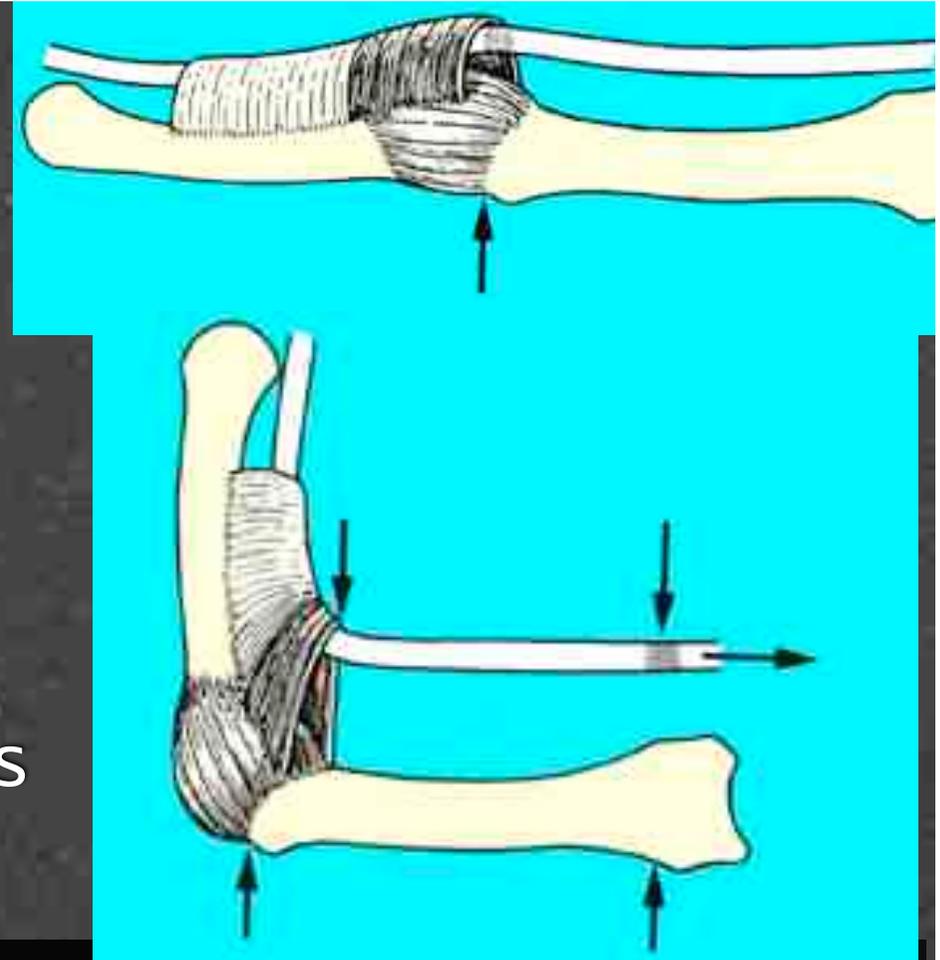
Rôle des poulies cruciformes



- Sécrétion du liquide synovial
- Nutrition des tendons par imbibition (existence d'orifices à leur face superficielle avec effet de pompe)

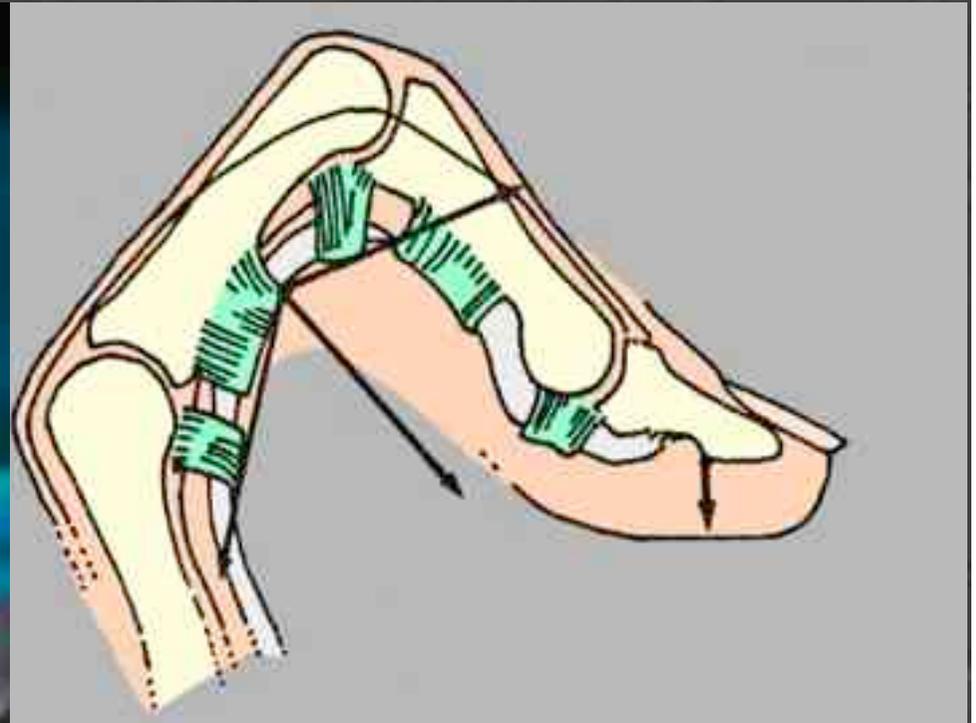
Rôle des poulies annulaires

- Rôle mécanique: maintenir les tendons au contact de l'os pour améliorer l'action mécanique des fléchisseurs



Rôle des poulies annulaires

- De façon physiologique, les tendons tendent à prendre la corde lors de la flexion





3EME DOIGT DROIT RESISTANCE



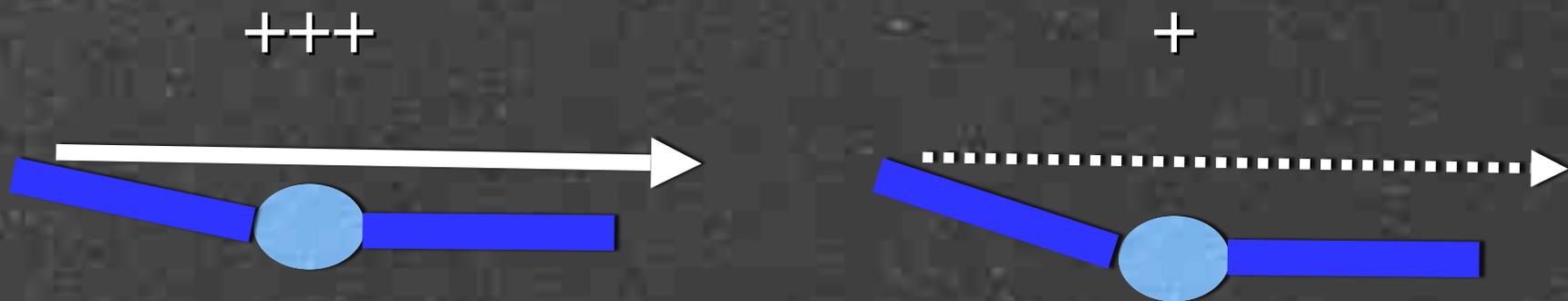
Rupture de la
poulie A2 chez
un grimpeur



3EME DOIGT GAUCHE RESISTANCE

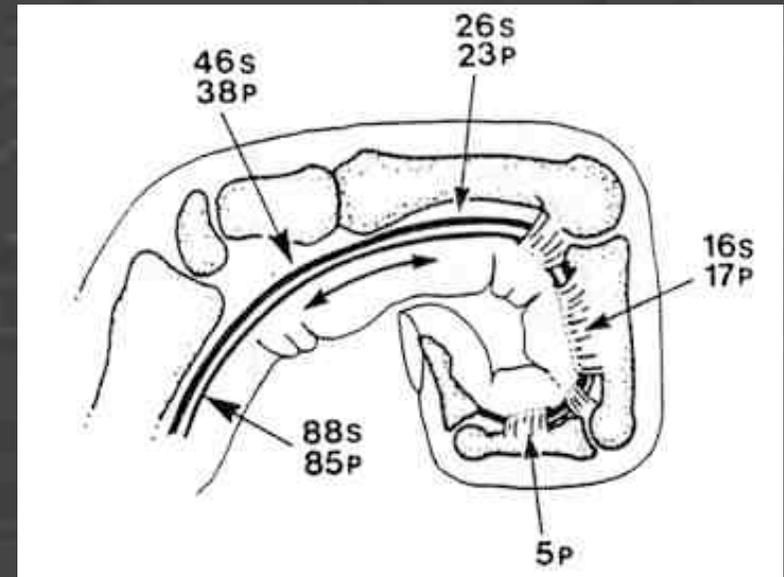
Rappel mécanique

- Plus le tendon est éloigné de l'axe de flexion de l'articulation, plus grand est le moment d'action et moindre le déplacement angulaire



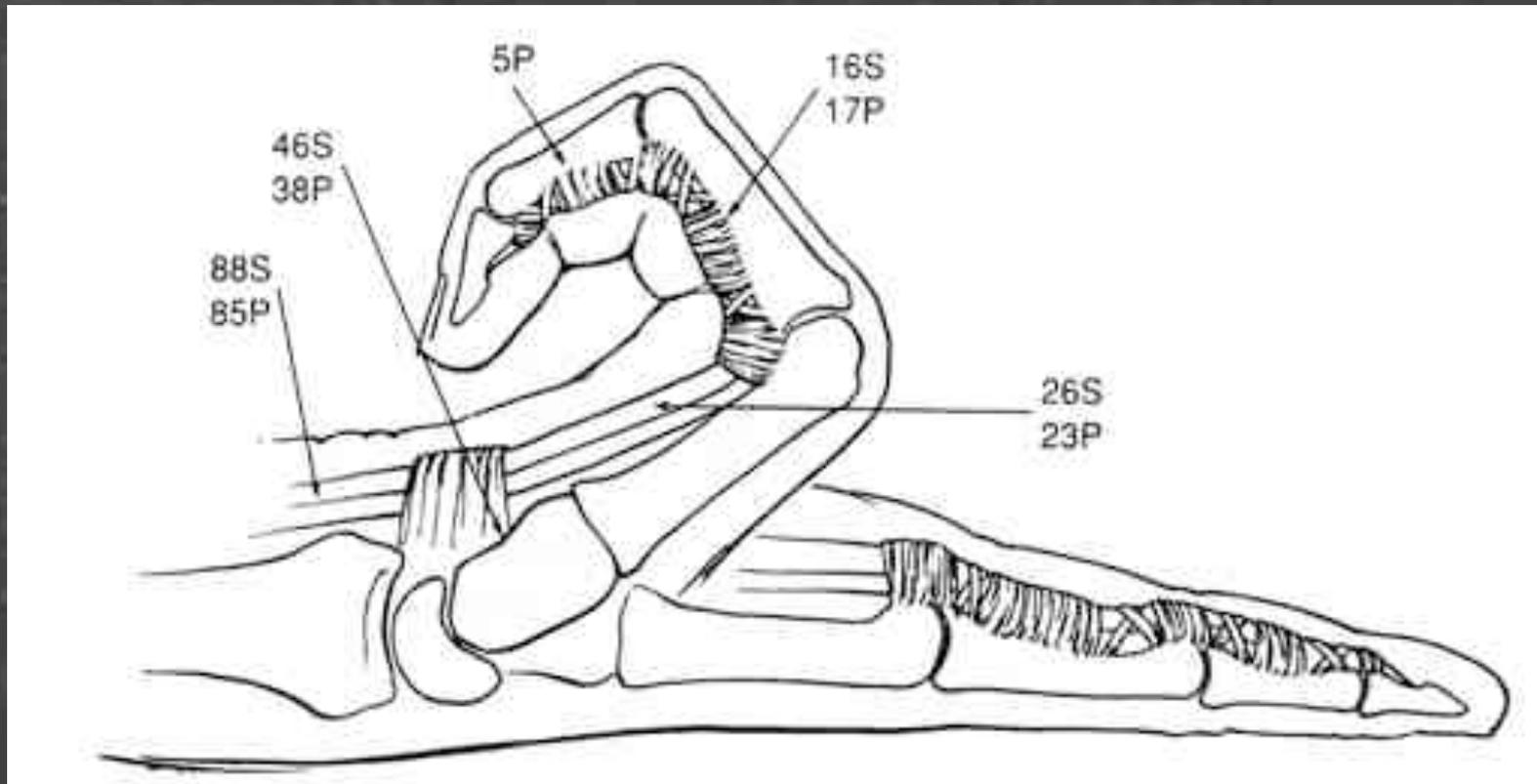
Course des fléchisseurs

- Près de 8 cm au poignet pour une flexion complète des doigts et du poignet
- En l'absence de poulies, une course de 15 cm serait nécessaire pour obtenir la flexion



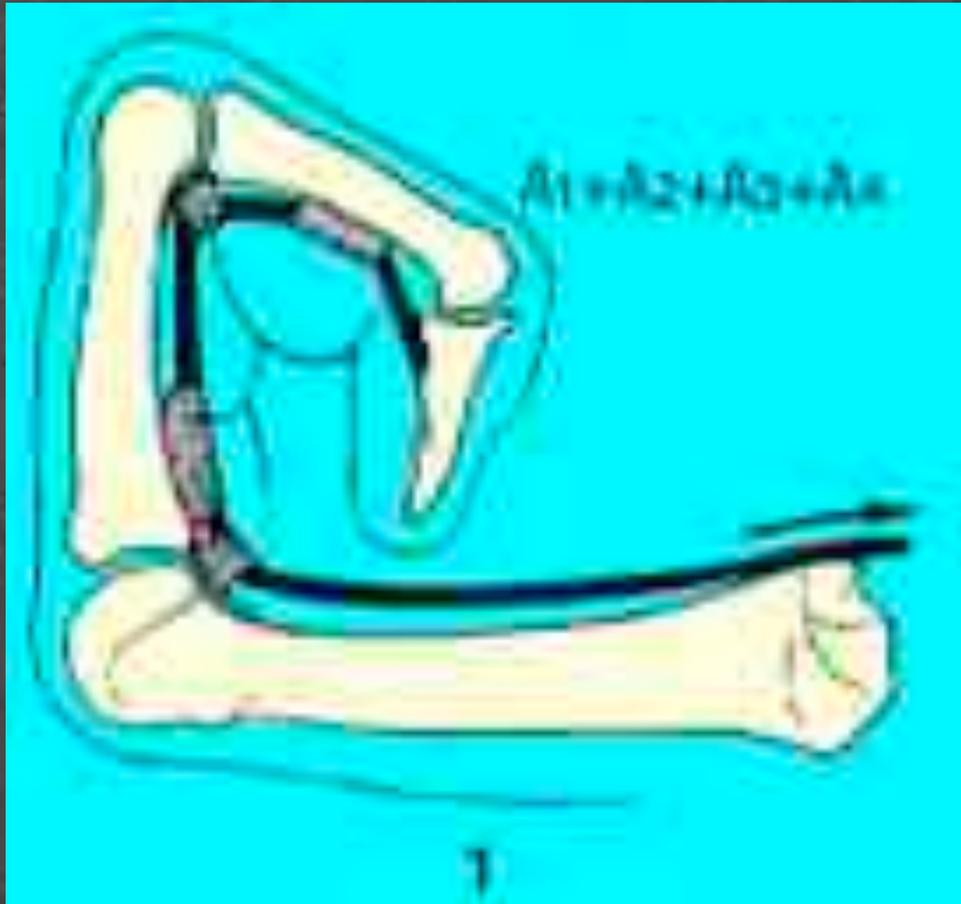
Course des fléchisseurs

- Poignet bloqué, seul 25 mm sont nécessaires pour une flexion complète des doigts

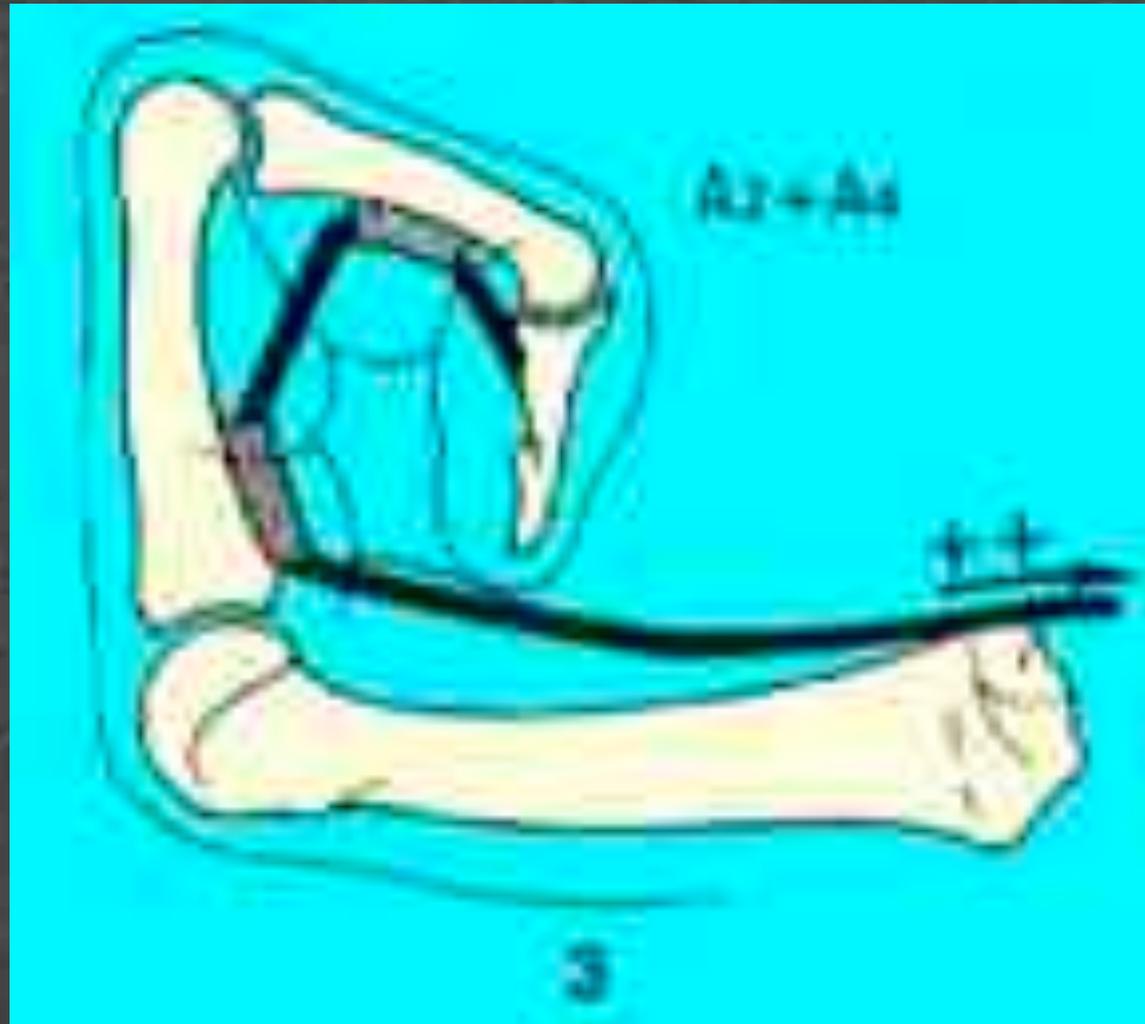


Forces exercées

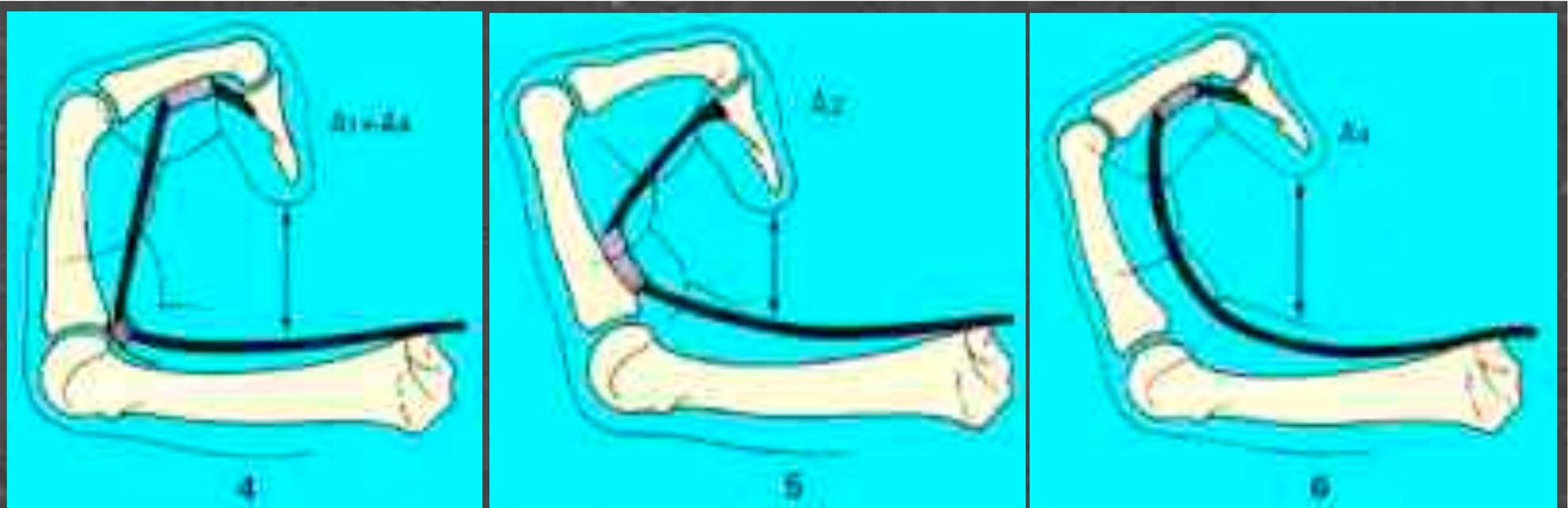
- Flexion passive: 2 à 4 N
- Flexion active, légère résistance: < 10 N
- Flexion avec résistance modérée: < 17N
- Flexion en force: 70 N
- Appui sur la pointe de l'index: 120 N
- Rupture d'un point de Kessler \approx 25 N



ablation A1, flexion possible



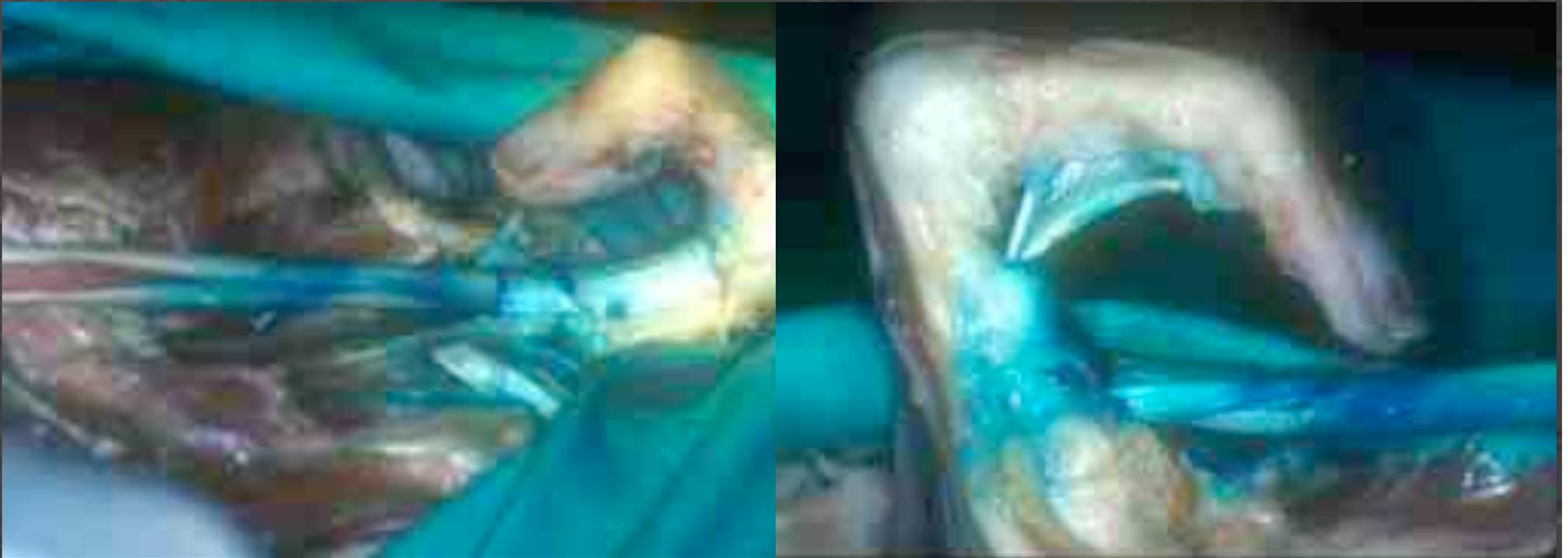
A2 + A4, flexion complète possible
mais plus de force nécessaire



- Si A2 ou A4 sont manquantes, aucune flexion complète n'est possible, même avec force

Exemple

- Ablation de la poulie A4



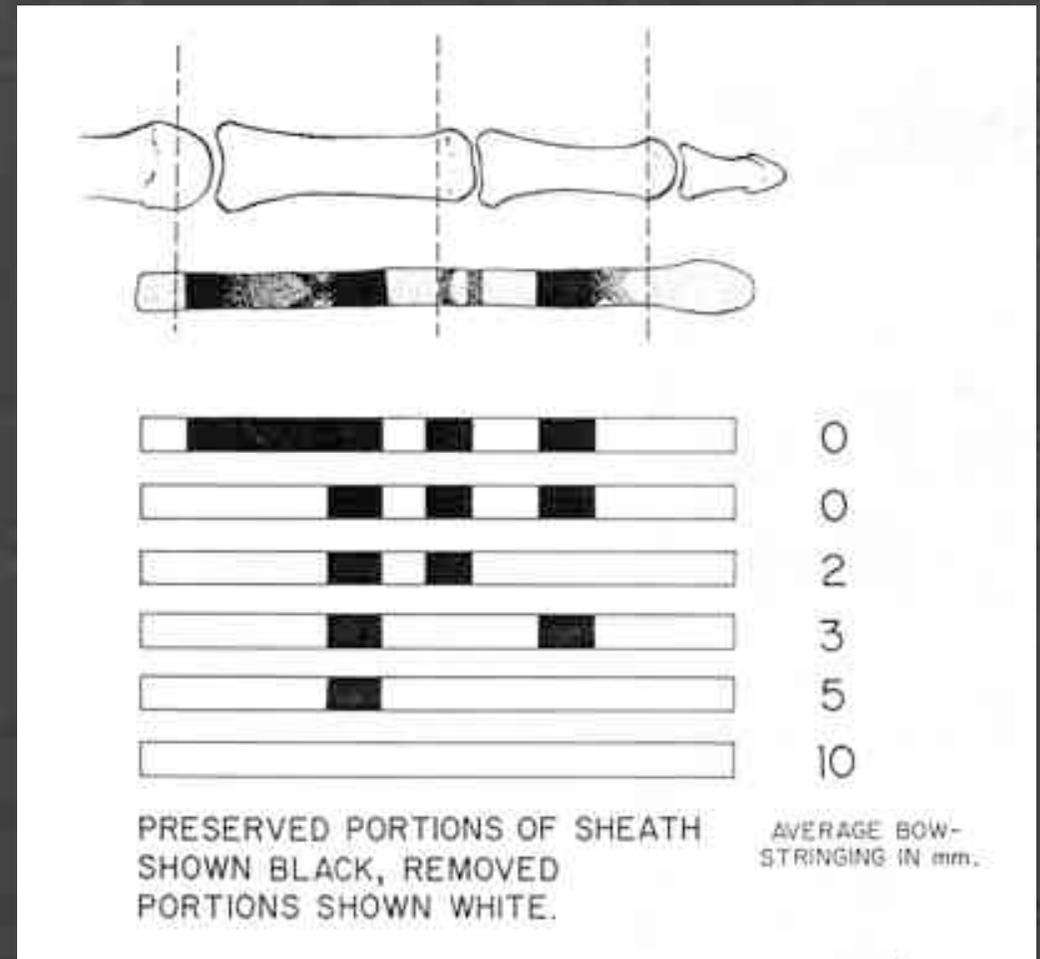
Poulies préservées

Dpp en mm

A1	A2	C1	A3	C2	A4		0
	A2	C1	A3	C2	A4	C3	0
	A2				A4	C3	0
A1	A2	C1	A3				2-5
A1	A2	C1					10-12
	A2						12-15
		C1	A3	C2	A4	C3	15-20
					A4		25-30

En pratique

- [A2 + {A3 ou A4}]
- permettent une flexion complète avec un effet corde d'arc limité

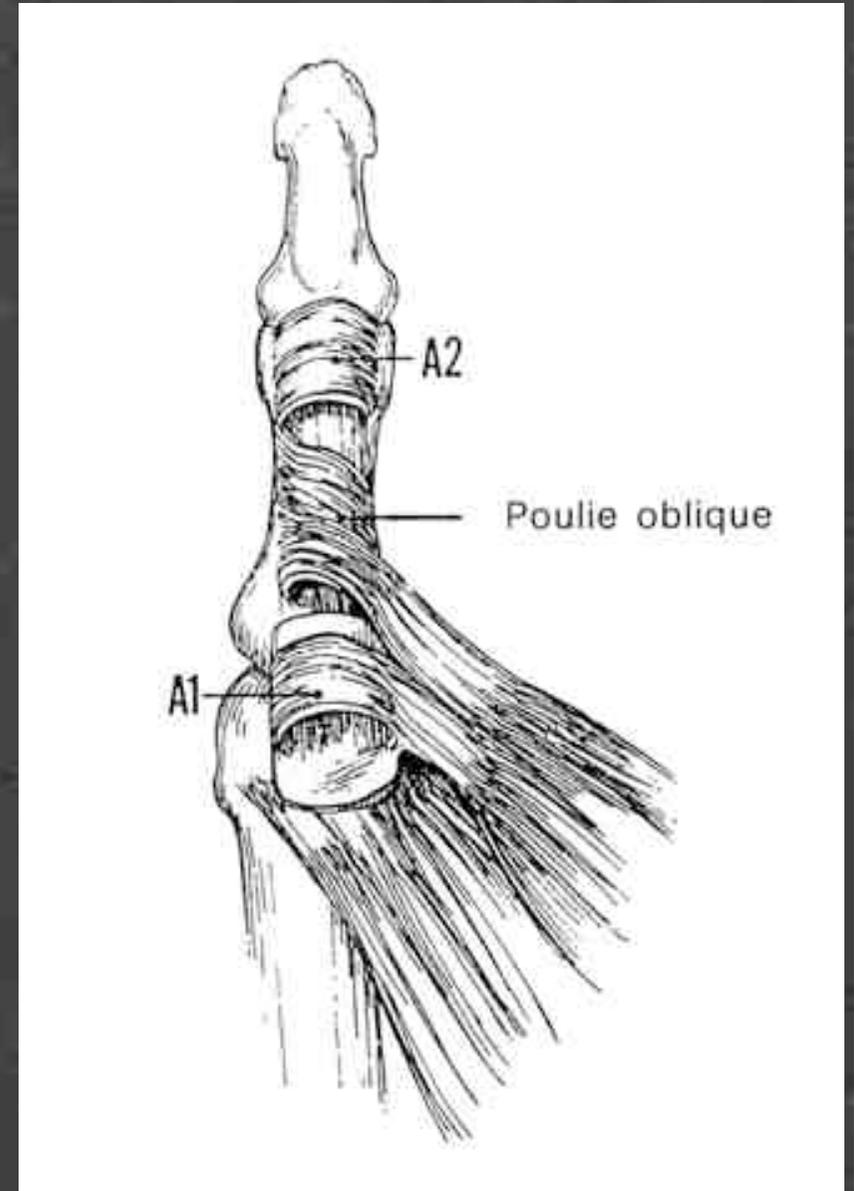


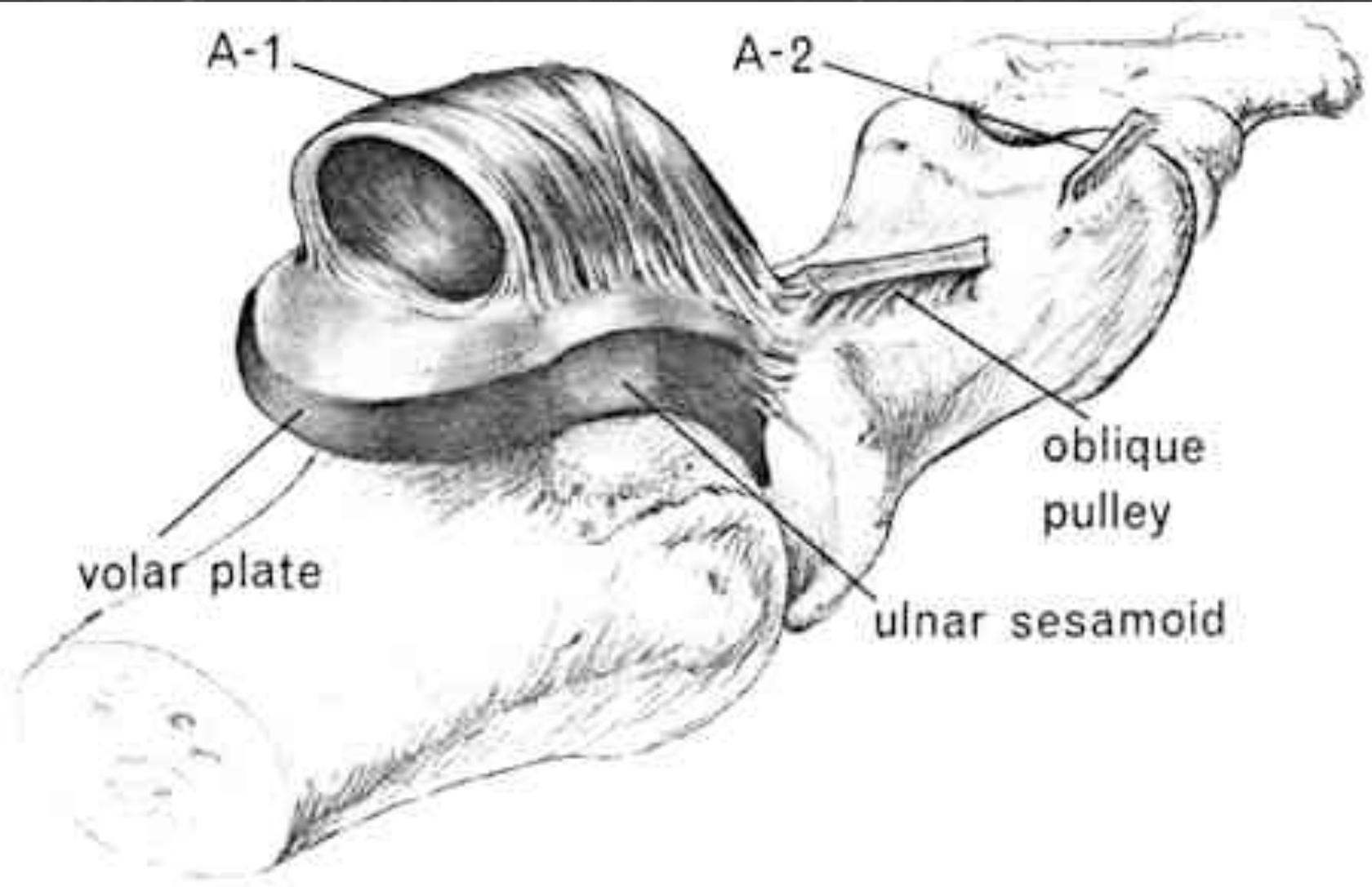


Conservation des poulies lors d'une synovectomie étendue

Le pouce : 3 poulies

- T1, en regard de la MP, 9 mm
- T2, en regard de l'IP, 10 mm
- Oblique, renforcé par l'adducteur, 11 mm





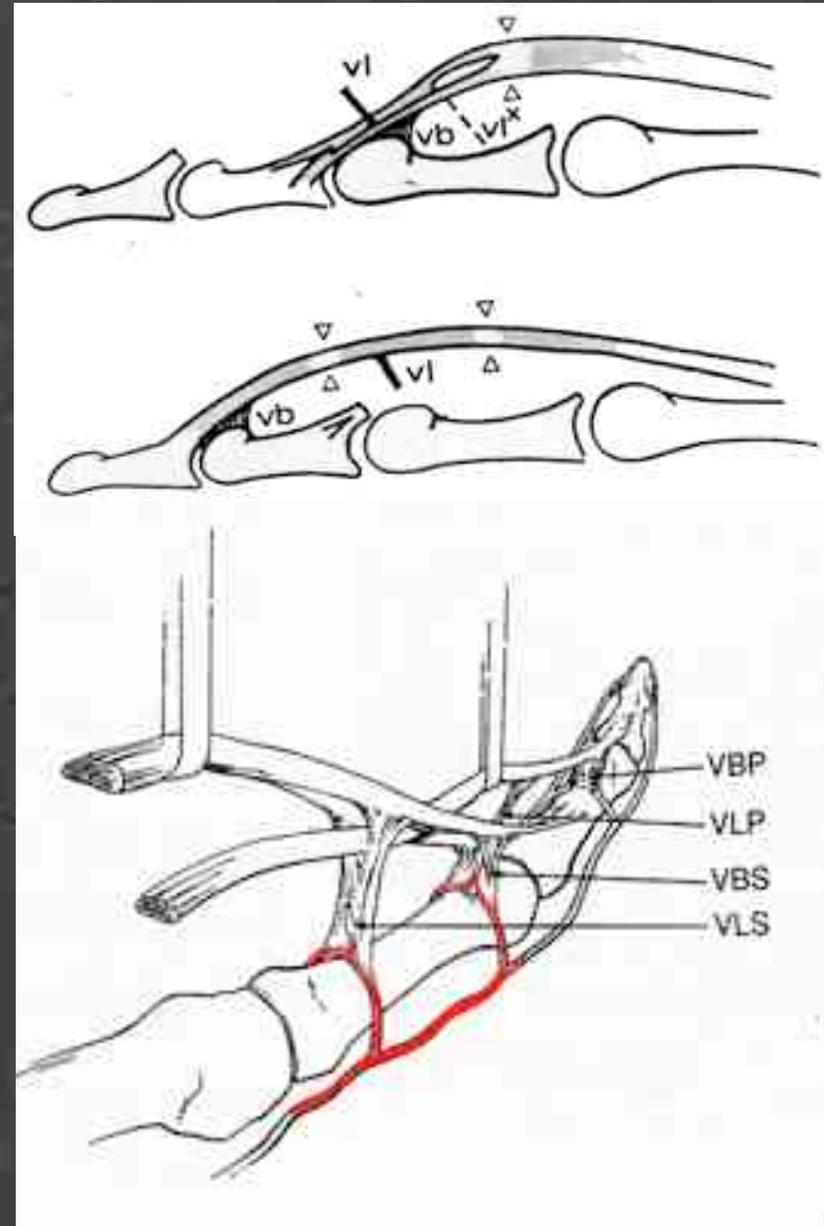
Direction ulno-proximale à radio-distale de la poulie oblique, la plus importante mécaniquement

Vascularisation

- Par les muscles à l'avant-bras
- Par la synoviale dans le canal carpien
- Par les muscles et le péri-tendon à la paume
- Précaire aux doigts

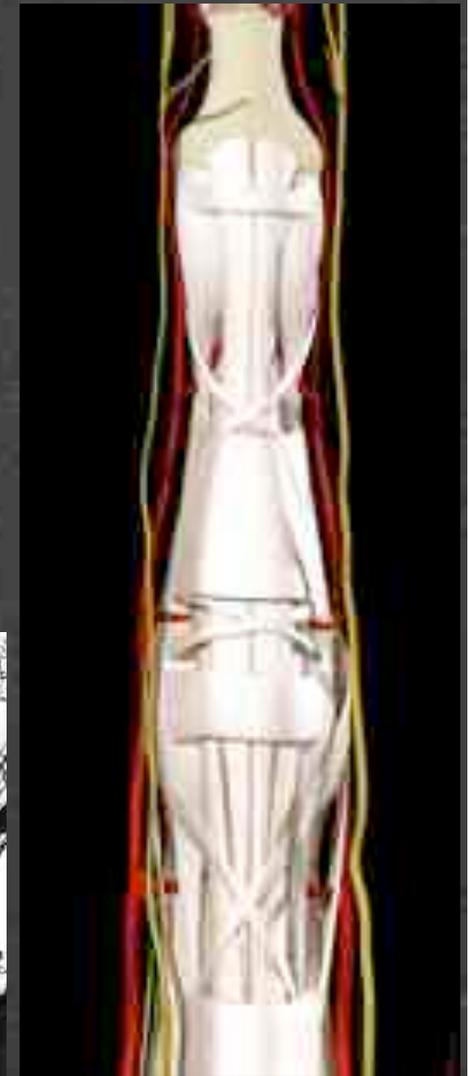
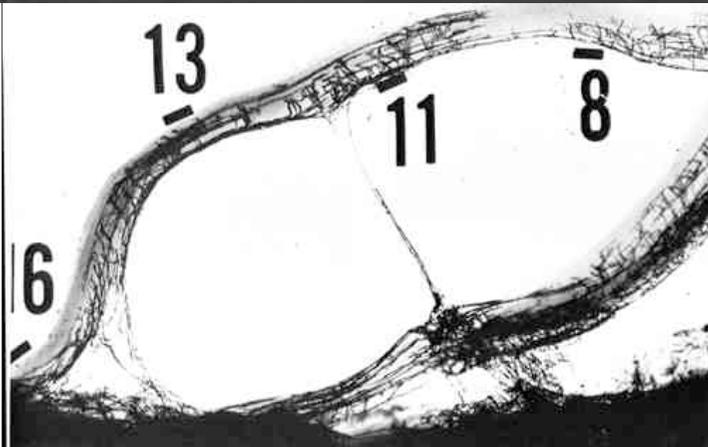
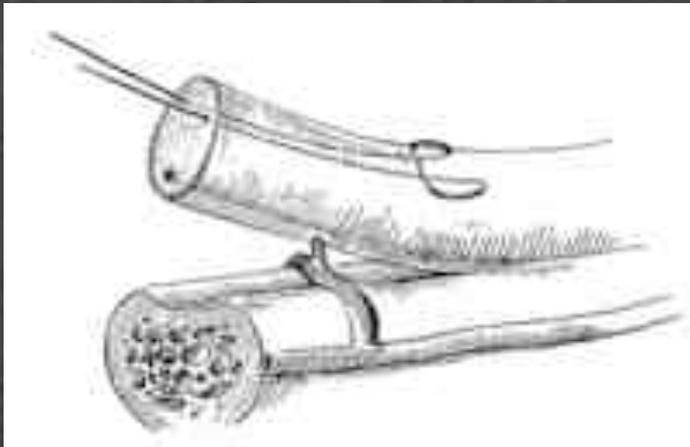
Vascularisation aux doigts

- Proximale, par le péri-tendon autour du cul-de-sac
- Distale, par le périoste
- Par l'intermédiaire des vincula dans le canal digital



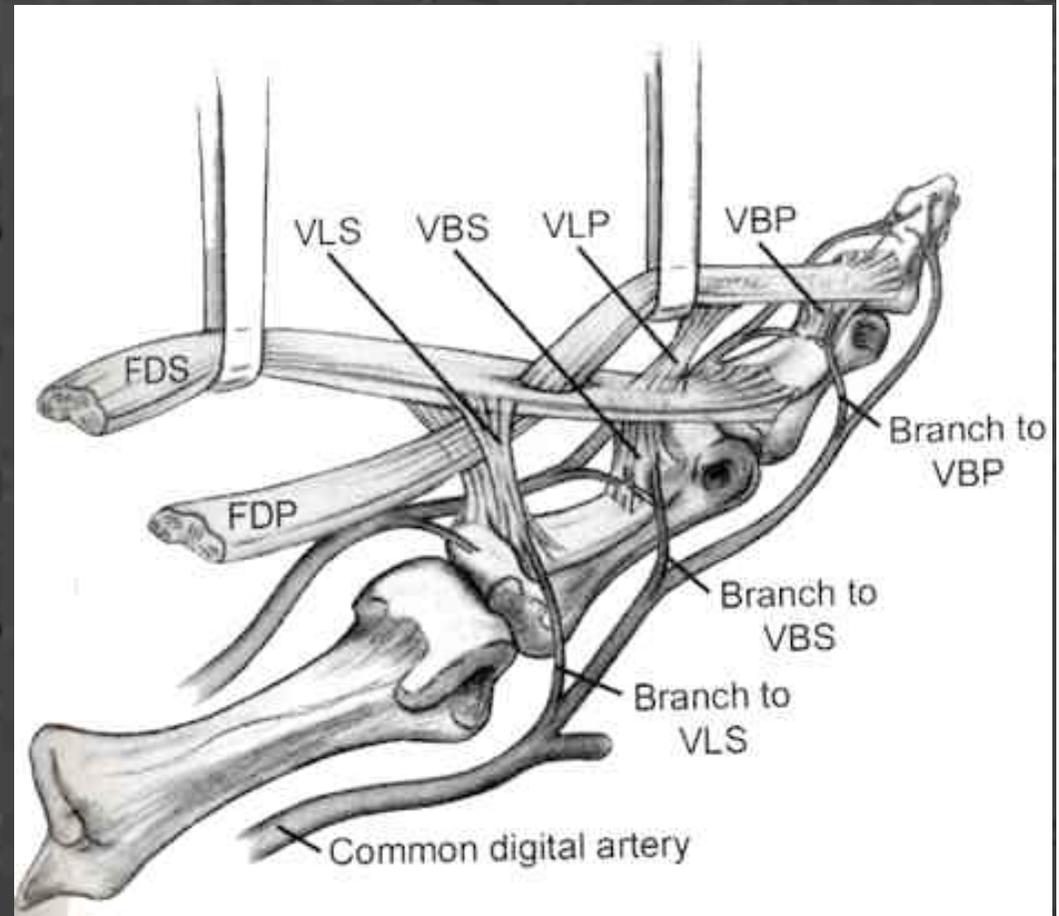
Les vincula

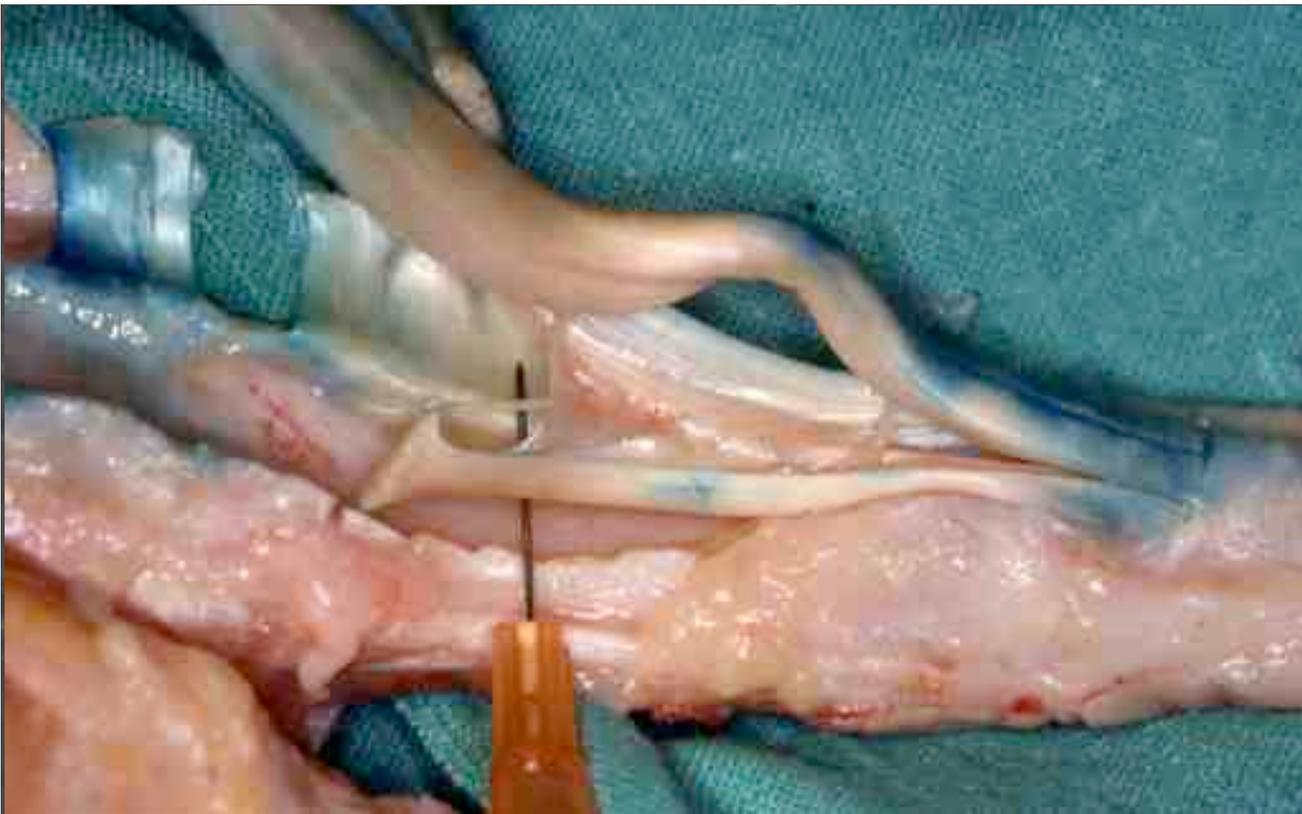
- Issues des artères collatérales
- Branches rétro-vasculaires d'Edwards
- Abordent les tendons par la face postérieure



Les vincula (2)

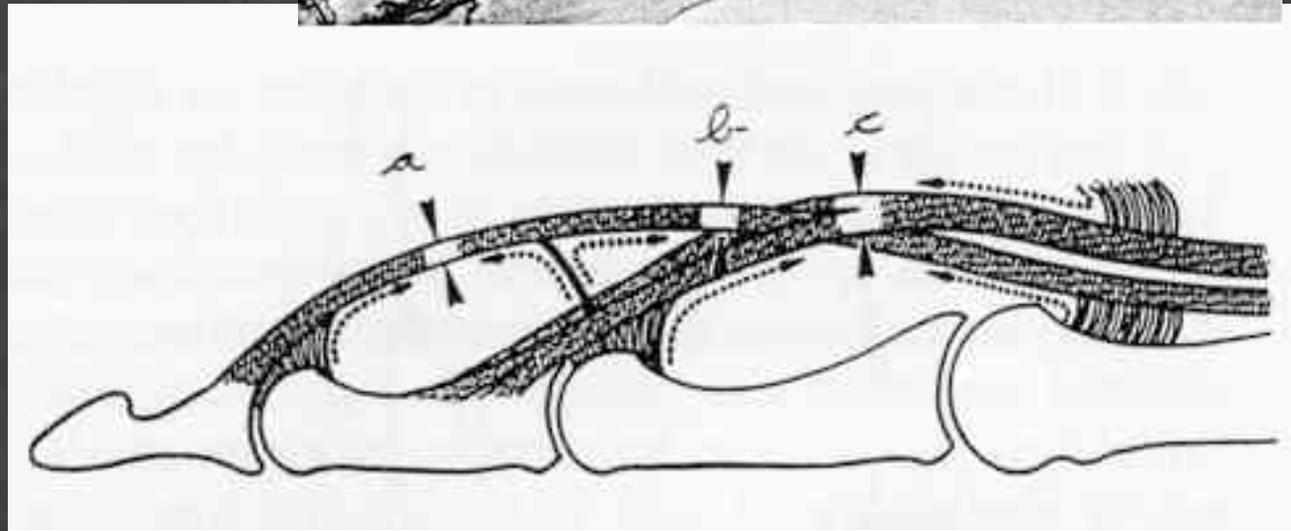
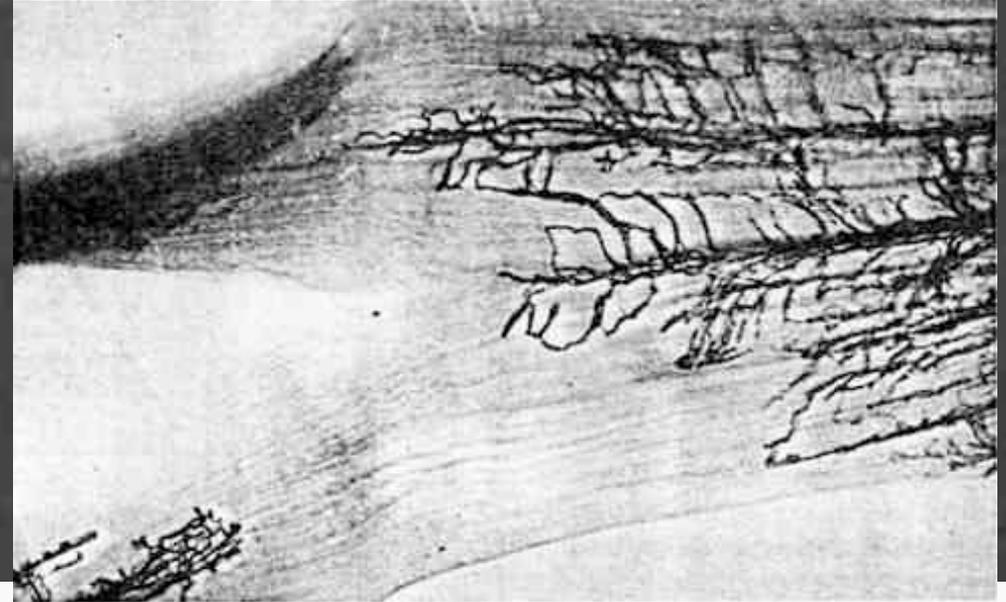
- Un vinculum brevis en regard de l'insertion du tendon
- Un vinculum longus moins constant





Conséquences

- Il existe deux zones mal (non)vascularisées, en regard des poulies A2 et A4



Cicatrisation tendineuse

- Historique
- Cicatrisation extrinsèque ➤ adhérences
- Cicatrisation intrinsèque ➤ idéale
- Les facteurs favorisant la cicatrisation intrinsèque

Historique



- ≈ 1880, la suture tendineuse est déconseillée car susceptible de générer des douleurs et des crises d'épilepsie !

Historique

- Sterling Bunnell déconseille les sutures tendineuses dans le canal digital (**no man's land**) et préconise la résection tendineuse avec greffe secondaire

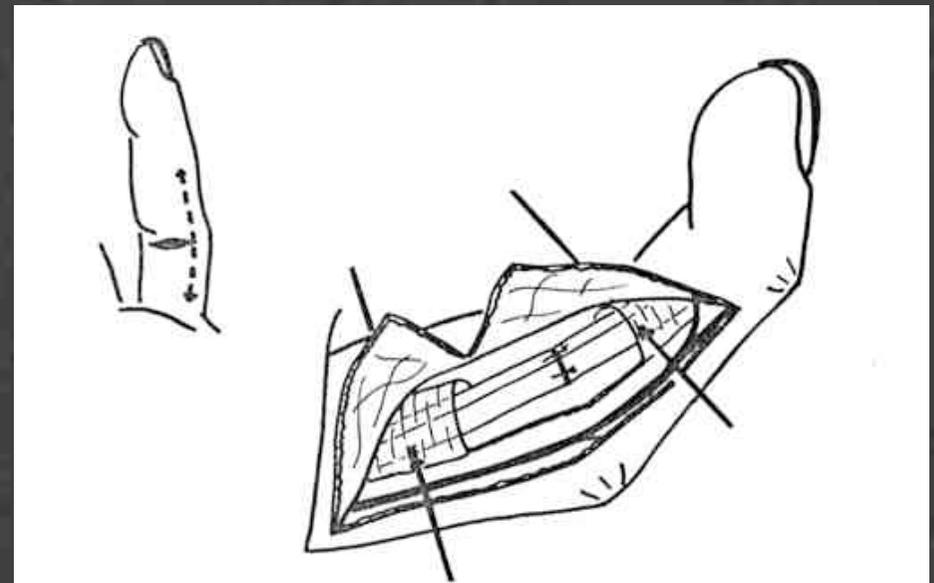


1882-1957

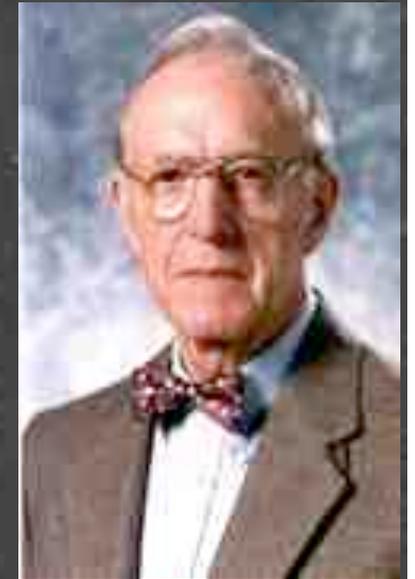


Historique

- 1959, Claude Verdan réalise les premières sutures dans le canal digital (sutures bloquées, suivies de ténolyse secondaire) avec des résultats comparables aux greffes



Historique

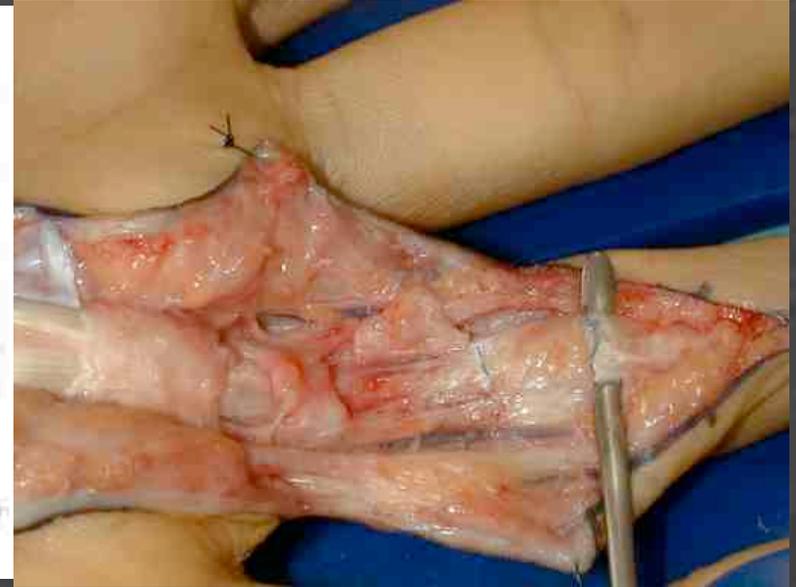
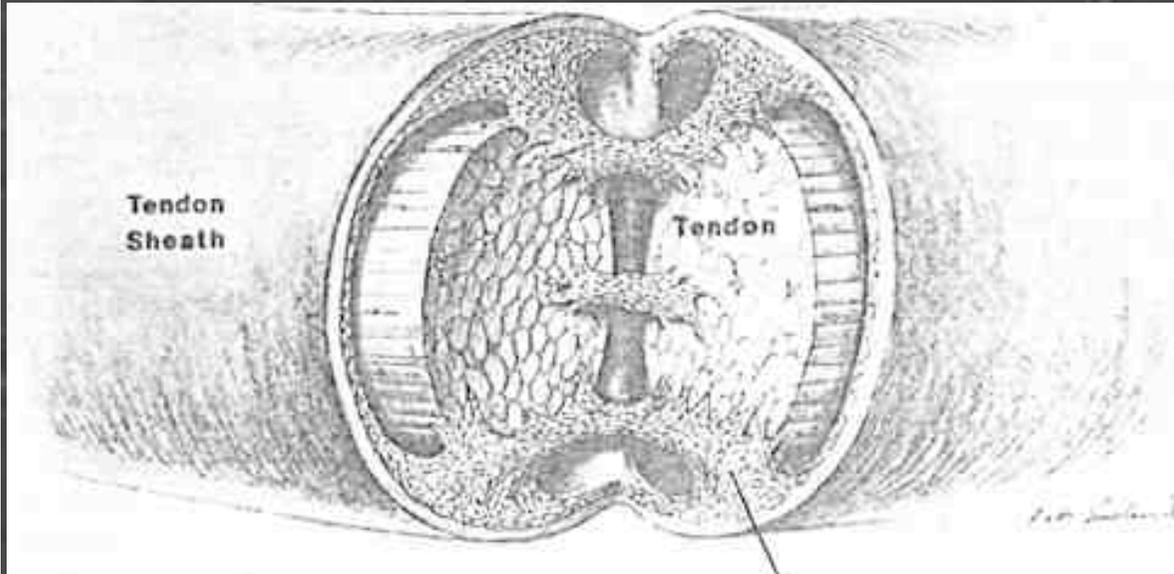


- 1967, Harold Kleinert présente sa technique de suture tendineuse à la société Américaine de chirurgie de la main
- L'ASSH envoie une commission d'enquête pour vérifier les dossiers de Kleinert qu'elle prend pour un menteur

Quelques dates

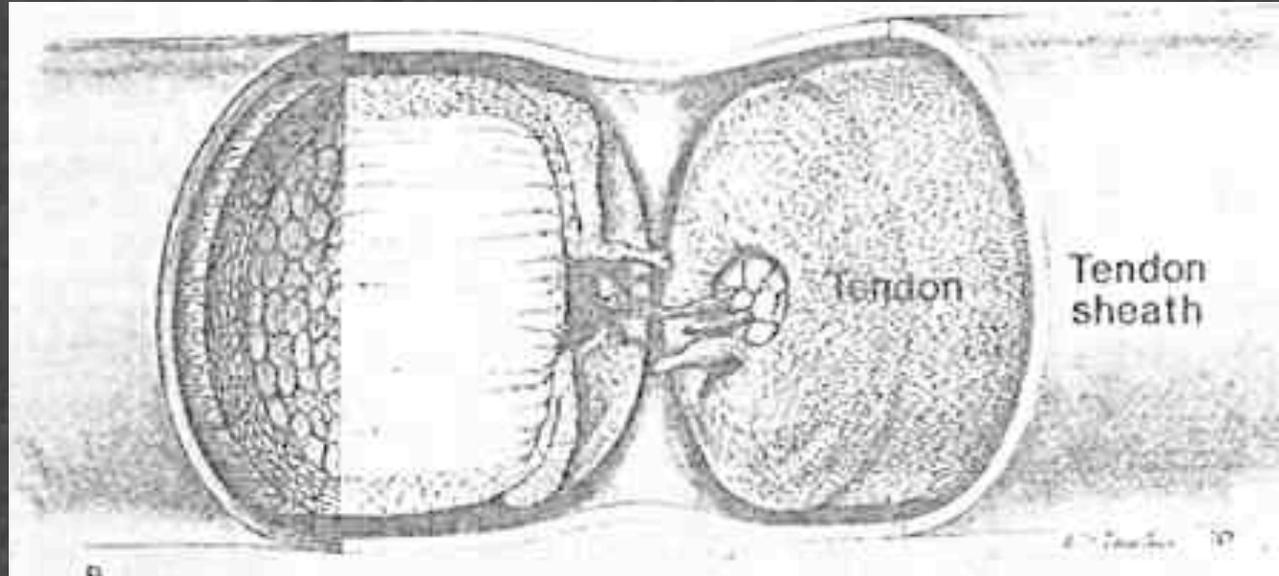
- ≈ 1950, Peacock, Potenza montrent l'importance de la prolifération fibroblastique et l'incapacité du tendon à cicatriser seul
- 1976, Lundborg rapporte la capacité du tendon à cicatriser per primam
- 1980, Gelbermann montre l'intérêt de la mobilisation précoce dans la cicatrisation intrinsèque
- 1987, Hitchcock démontre l'intérêt d'une mobilisation active

La cicatrisation extrinsèque



- Toutes les expérimentations initiales avaient montré que la cicatrisation était obtenue par la prolifération fibroblastique de la gaine synoviale et/ou des parties molles avoisinantes

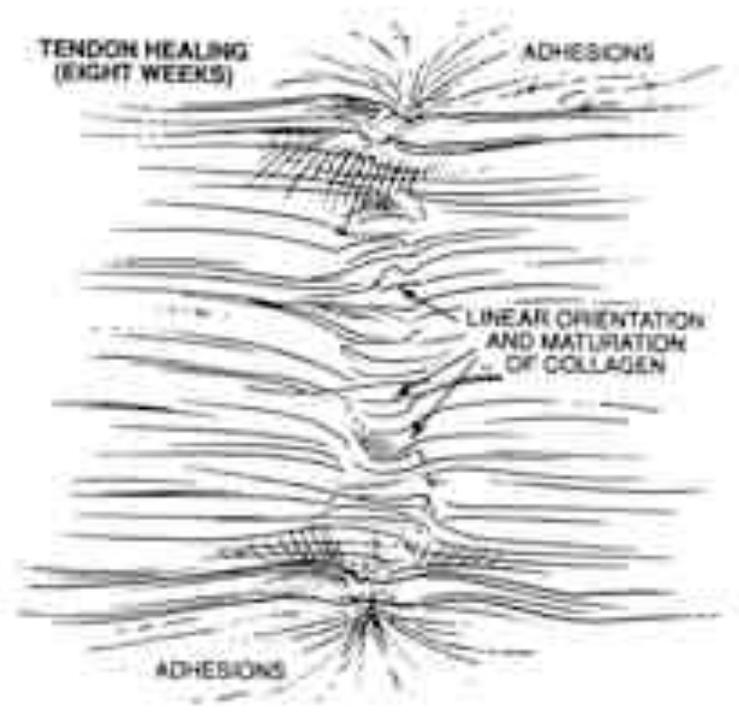
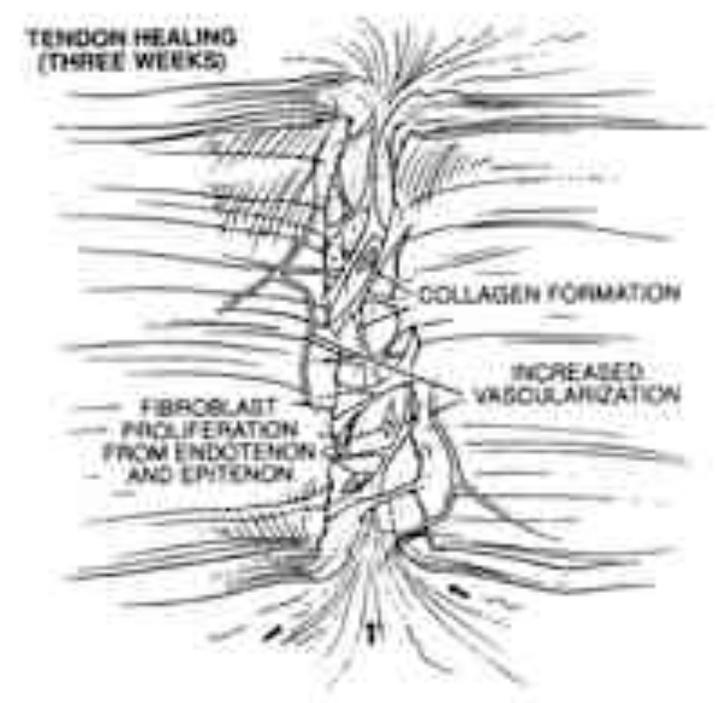
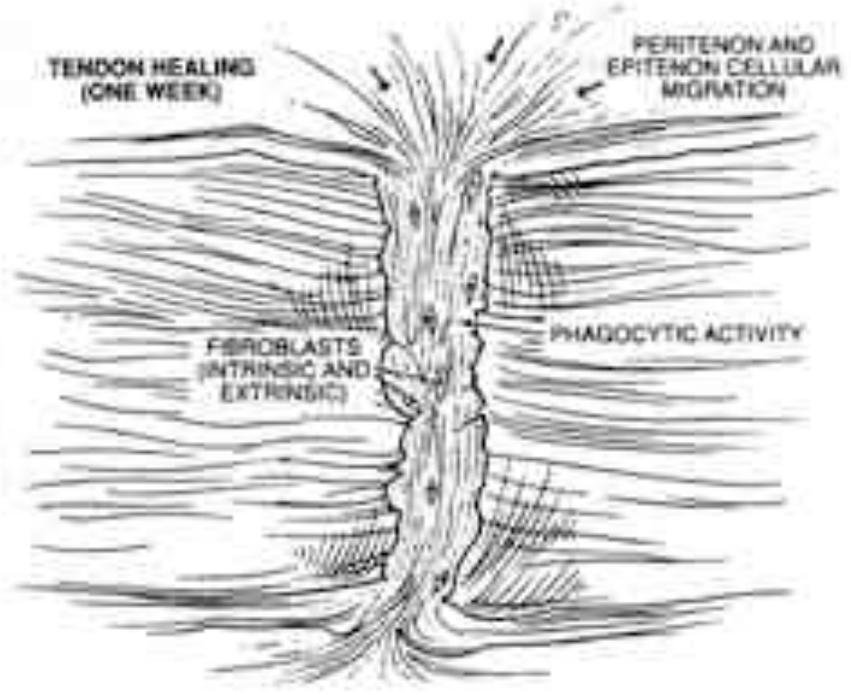
La cicatrisation intrinsèque



- Lundborg démontre que le tendon peut cicatriser par prolifération des ténocytes et que les adhérence ne sont pas une fatalité/obligation

En pratique

- Un simple coup de pince sur le péri-tendon suffit à créer des adhérences
- Il est impossible de différencier la participation des deux mécanismes
- Même si il faut tout faire pour privilégier la cicatrisation intrinsèque



Cicatrisation

- Phase inflammatoire: 2-8 jours
- La résistance repose exclusivement sur la suture
- Phase prolifération fibroblastique: 5 - 45 jours
- Néo-vascularisation de la suture à J 17 → nutrition synoviale +++
- Phase de remodelage: jusqu'à J 112

Cicatrisation



- Les 1ers travaux ont montré une diminution de la résistance du tendon autour de la première semaine après la suture
- La mobilisation active précoce semble diminuer la durée de cette phase de faiblesse

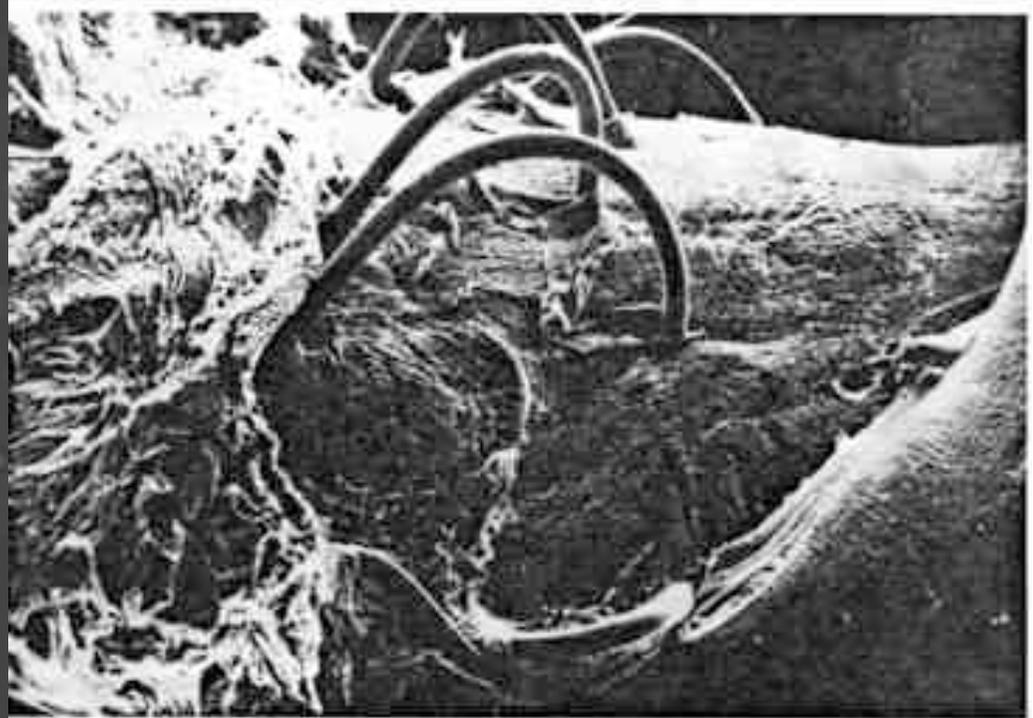
Facteurs d'adhérences

- Le traumatisme tendineux (écrasement)
- L'ischémie (vincula)
- L'immobilisation
- L'excision de la gaine
- L'écart inter-tendineux

Facteurs limitant les adhérences

- Chirurgie atraumatique +++
- Mobilisation précoce (active >> passive)
- Préservation de la gaine ?
- Facteurs physico-chimiques ? (voies de recherche)

Tendon non
mobilisé,
adhérences

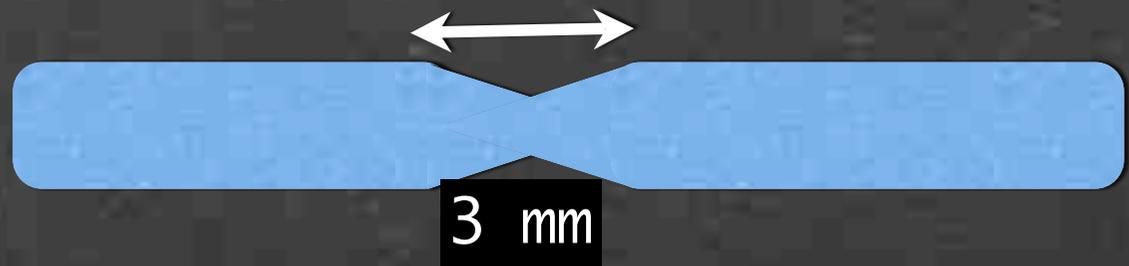


Tendon mobilisé,
moins
d'adhérences
mais léger "gap"



Le “gap” postopératoire

- L’allongement de la zone de suture peut entraîner un échec fonctionnel
- C’est une des causes du syndrome de Parkes
- Un allongement de plus de 3 mm entraîne une perte de résistance de la suture significative



Causes du “gap”

- Lâchage de la suture
- Suture inadaptée
- Immobilisation de mauvaise qualité
- Traction musculaire proximale excessive

Conséquences pratiques

- Limiter la taille des voies d'abord (atraumatique)
- Respecter la gaine, surtout les poulies annulaires, surtout A2 et A4
- Ne pas toucher au tendon avec les pinces
- Respecter la vascularisation

Conséquences pratiques

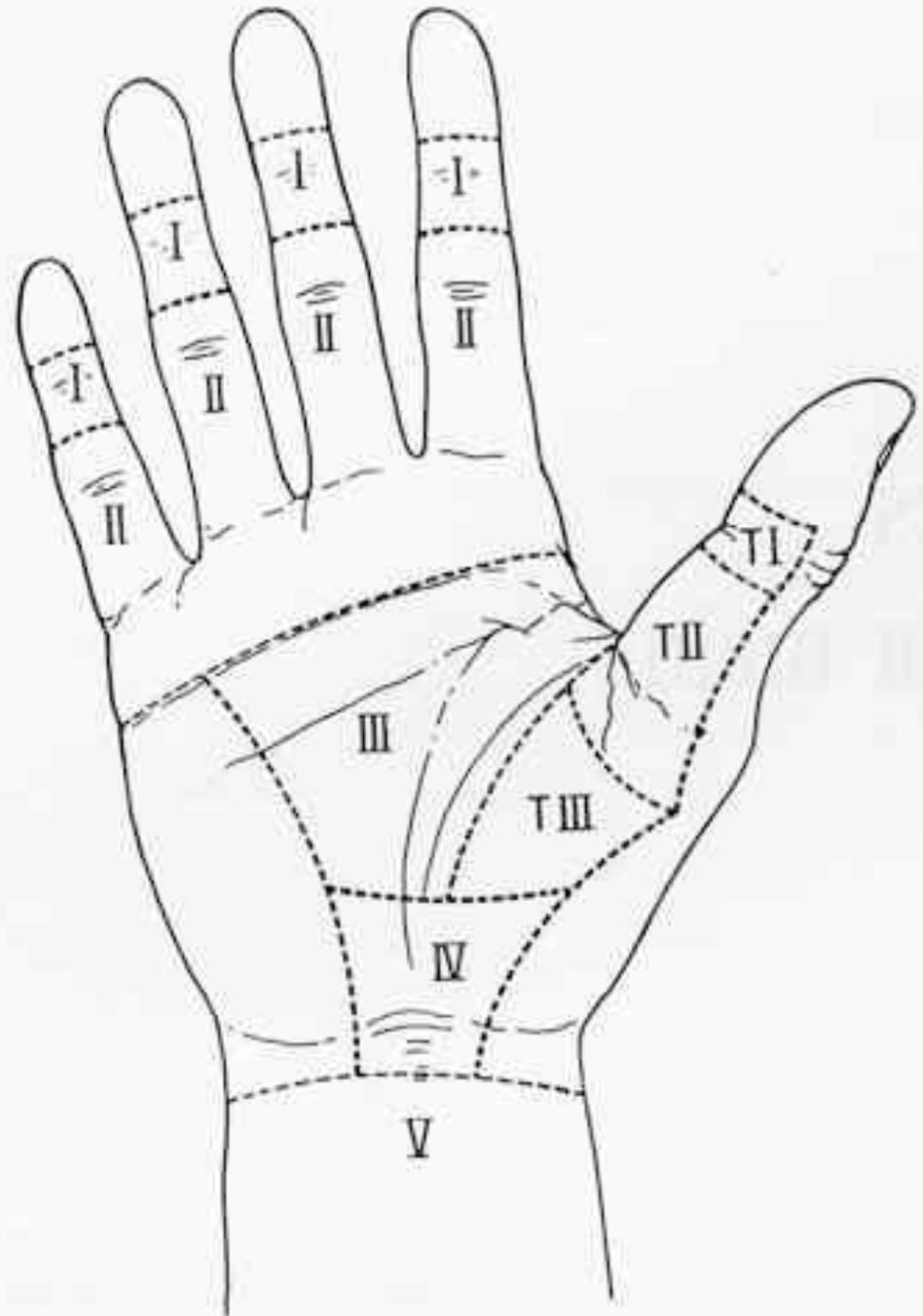
- Ne pas exciser le FCS (déchire les vincula)
- Suture primitive >> greffe secondaire
- Suture précoce (< 1 semaine)
- Suture assez solide pour permettre une mobilisation précoce

Mobilisation précoce

- Favorise la cicatrisation intrinsèque (épitendon)
- Diminue la fragilité du tendon suturé
- Améliore la qualité de la surface de glissement (↘ les résistances)
- Active >> passive:
 - ↗ 36% excursion FCP
 - Flexion IPD 10° = course de 0,9 mm (÷ 3 en passif)

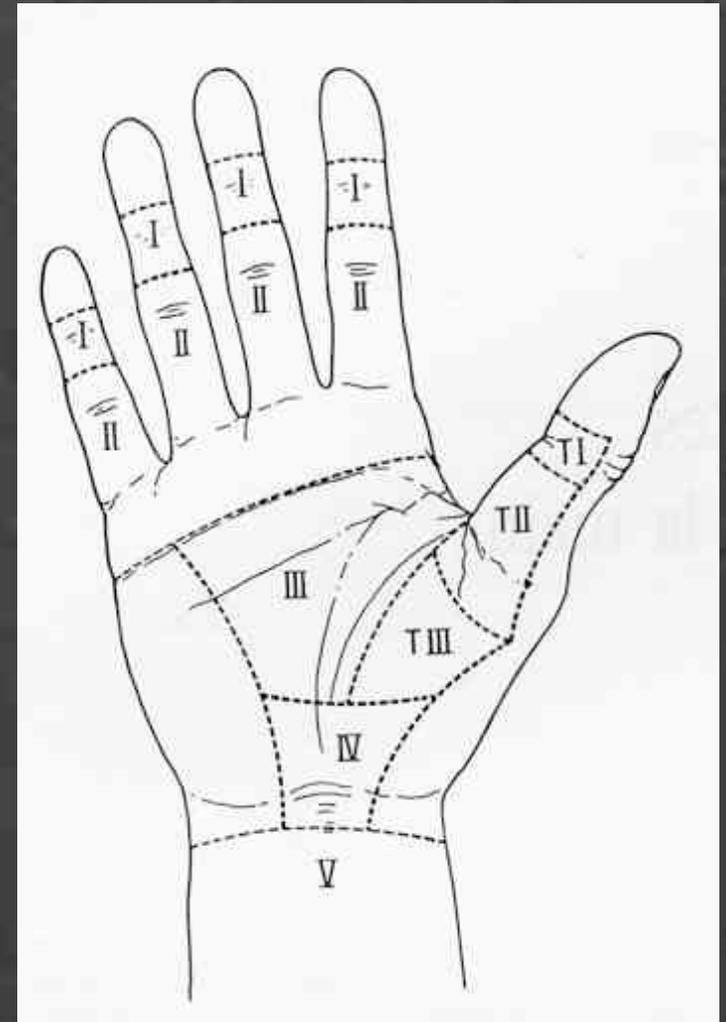
Classification

- Proposée par Verdan
- Celle de l'IFSSH



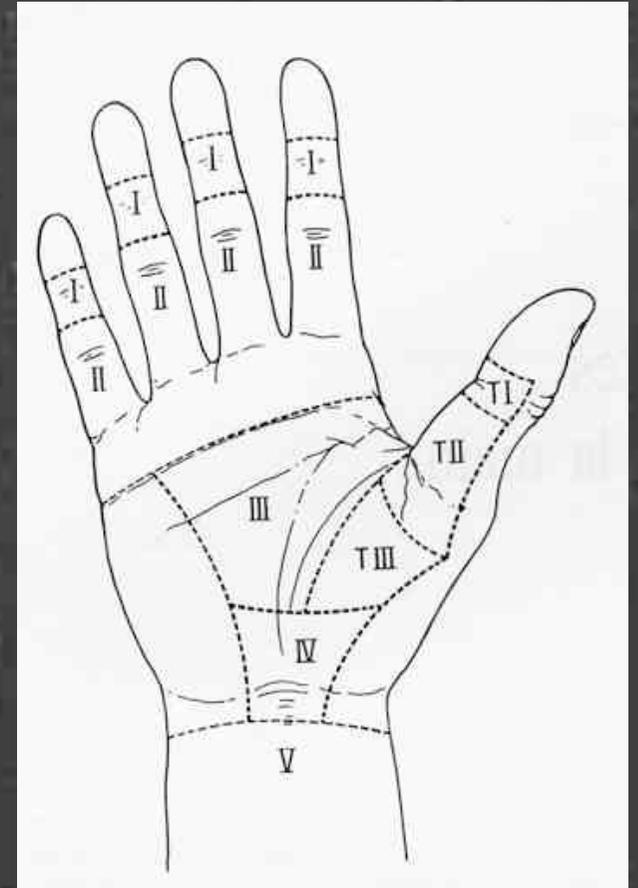
Zone I

- FCP seul, permet une suture appuyée très solide



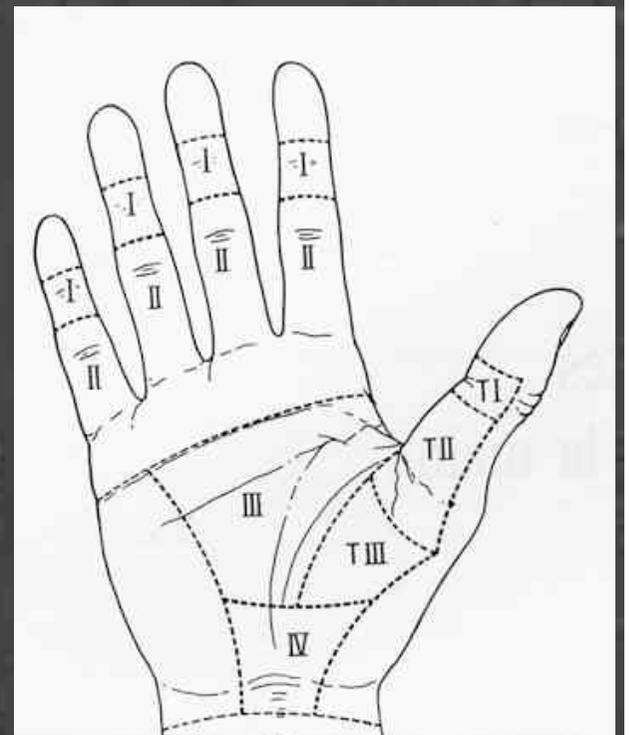
Zone II

- 50% des lésions
- Faible vascularisation, poulies épaissies, 2 tendons
- La plus difficile



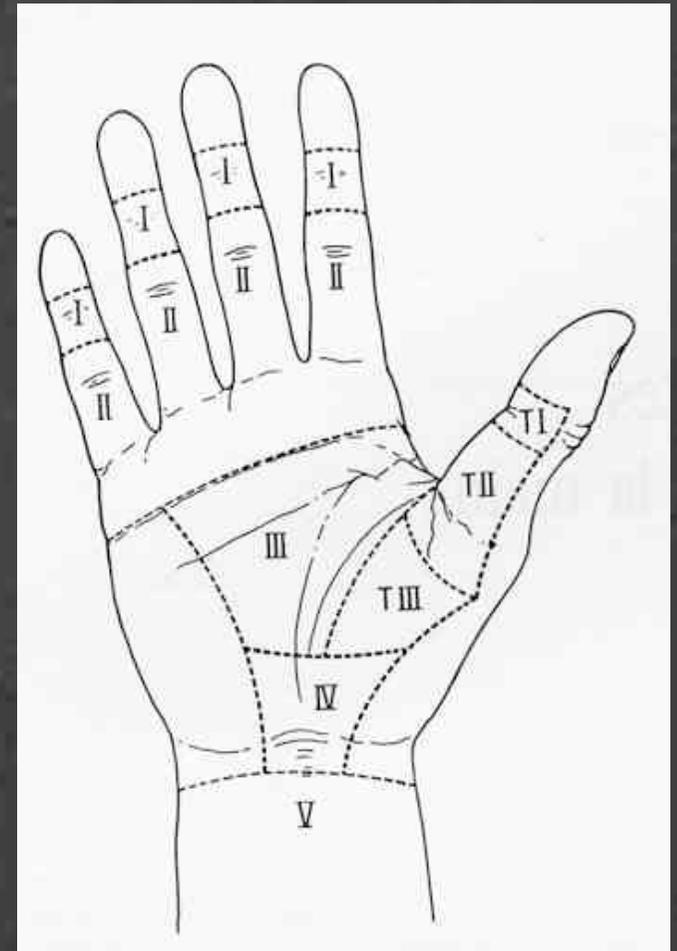
Zone III

- Bonne vascularisation
- Traumatisme associé des nerfs + artères
- Voies d'abord compliquées



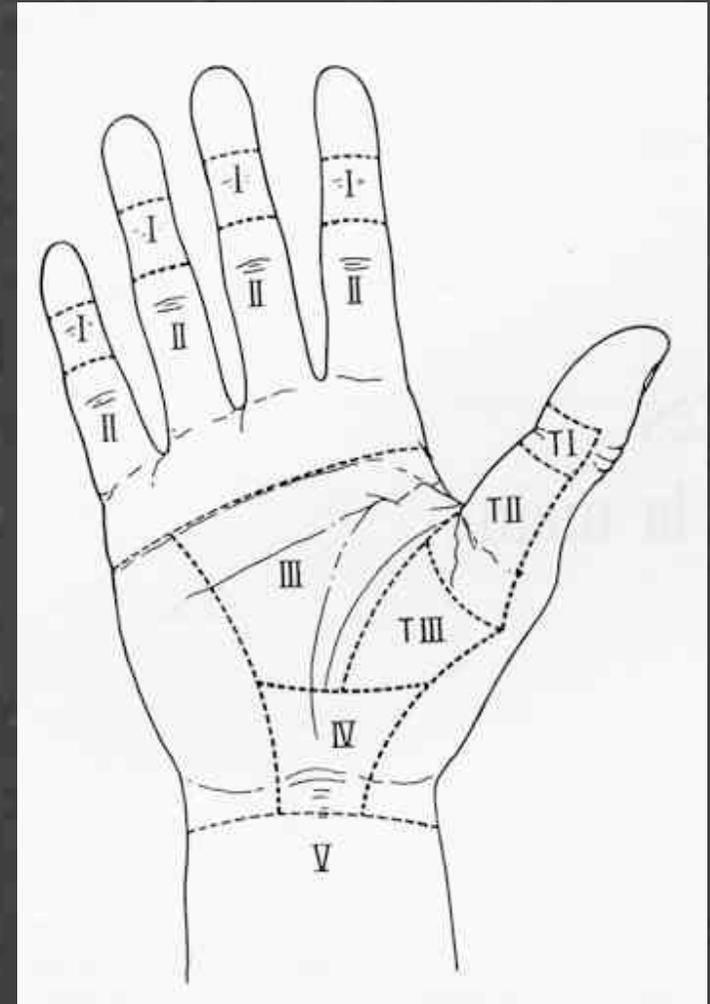
Zone IV

- Faible vascularisation
- Nombreuses adhérences



Zone V

- Bonne vascularisation
- Ruptures secondaires rares
- Difficultés techniques liées aux lésions musculaires



Conclusion

- La connaissance de l'anatomie, mais également de la physiologie tendineuse permet
- De comprendre les principes de la chirurgie et de la rééducation des tendons fléchisseurs
- Et ses difficultés !