

Das Kompartiment der Sehne des Musculus flexor pollicis longus im Karpaltunnel

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich–Wilhelms-Universität
Bonn

vorgelegt von
Daniela Katharina Bönsch
aus Bonn

2007

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. H. - M. Schmidt
2. Gutachter: Prof. Dr. med. U. A. Wagner

Tag der Mündlichen Prüfung: 02. 07. 2007

Aus dem Anatomischen Institut der Universität Bonn
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. K. Schilling

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn
http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG	6
2.	MATERIAL UND METHODE	9
3.	ERGEBNISSE	14
3.1.	Terminologie	14
3.2.	Größenmerkmale des karmo–metakarpalen Mesotendineums der Sehne des M. flexor pollicis longus	15
3.3.	Retinaculum flexorum	33
3.4.	Nervus medianus	34
3.5.	Hüllschichten des Nervus medianus auf Höhe des Retinaculum flexorum	34
3.6.	Metakarpales Mesotendineum des M. flexor pollicis longus	36
3.7.	Sehnenverbindung zum M. flexor digitorum profundus des Zeigefingers	38
4.	DISKUSSION	39
5.	ZUSAMMENFASSUNG	49
6.	TABELLARISCHER ANHANG	51
7.	ABKÜRZUNGEN	58
8.	LITERATURVERZEICHNIS	59

1. Einleitung

Der M. flexor pollicis longus (FPL) des Menschen ist phylogenetisch betrachtet ein junger Muskel. Bei den meisten Primaten ist er gar nicht vorhanden oder rudimentär als Bestandteil des M. flexor digitorum profundus angelegt. Von den übrigen Fingerbeugern unterscheidet er sich vor allem dadurch, daß er nur aus einem einzigen Muskel besteht, während jedem anderen Finger zwei Sehnen zugeordnet sind: M. flexor digitorum profundus und M. flexor digitorum superficialis. Er unterscheidet sich auch im Aufbau seiner Sehnenscheide von denen der anderen Finger, da beim FPL nur eine Sehne von einer Sehnenscheide umhüllt wird.

Die Sehnenscheiden der Finger II – IV wurden bisher von vielen Autoren untersucht und beschrieben. Ihre Gliederung in ein viszerales und ein parietales Blatt ihrer Wandung wurde von COHEN und KAPLAN (1987), DOYLE und BLYTHE (1975, 1977), JONES und AMIS (1988), KANAVAL (1939), KNOTT und SCHMIDT (1986), SCHARIZER (1981) und STRAUCH und DE MOURA (1985) genauer dargestellt. Vor allem wurden die Bandstrukturen („pulleys“) erfaßt, die die Sehnenscheide verstärken. FROHSE und FRÄNKEL (1908), KAPLAN (1987) und WHITTAKER (1907) befassten sich vor allem mit deren Mesotendinea und Vincula.

Über das Mesotendineum des langen Daumenbeugermuskels wurde dagegen vergleichsweise wenig berichtet. VON ROSTHORN beschrieb 1887 ein über die ganze Länge des M. flexor pollicis longus sich erstreckendes Mesotendineum, aber auch in mehrere Abschnitte zerteilte Formen. Fast ein Jahrhundert später untersuchten HERGENROEDER et al. 1982 die Vaskularisierung der Vincula und Mesotendinea des Daumens. Sie betonten, daß die Mesotendinea sich hinsichtlich Größe, Form und Ansatzpunkten an der Sehne unterscheiden. SCHMIDT und LANZ (1992, 2003) unterteilen das Mesotendineum in einen karpalen, metakarpalen und phalangealen Anteil. Diese Verteilung wird von ZBRODOWSKI et al. (1994) bestätigt. Erst ihre Arbeiten befassen sich eingehender mit Längenmessungen des Mesotendineums.

Der Passage der Sehne des M. flexor pollicis longus durch den Karpaltunnel ist bisher wenig Beachtung geschenkt worden. Trotzdem besitzt sie ein großes klinisches Interesse: die digitale Sehnenscheide des langen Daumenbeugers kommuniziert variabel mit dem radialen Kompartiment des Karpaltunnels. Dieses wiederum hat unterschiedlich verteilte Verbindungen zu den digitalen Sehnenscheiden der Finger II – IV (SCHELDROP, 1951). Ausbreitungen von Entzündungen der Sehnenscheiden (Phlegmonen) sind möglich (KANAVEL, 1939). Daraus ergibt sich eine große praktisch – klinische Bedeutung des weitgehend unbekanntem Kompartiments der Sehne des M. flexor pollicis longus im Karpaltunnel.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Mesotendineum der FPL–Sehne präparatorisch dargestellt und vermessen. Ziel unserer Arbeit war es, bisher nicht näher bestimmte Größenmerkmale zu erfassen, um die Ausdehnung des Mesotendineums in proximo–distaler Richtung exakter beurteilen zu können. Dabei achteten wir vor allem auf die mögliche Unterteilung in ein karpales und metakarpales Mesotendineum oder dessen kontinuierlichen Verlauf. Weiterhin haben wir den Bezug des Mesotendineums zu benachbarten Strukturen hervorgehoben (s. Abb. 1 und 2). Schließlich stellten wir Variationen hinsichtlich der Morphologie des Mesotendineums heraus. Diese wurden fotografisch und zeichnerisch dokumentiert. Wir führten eine Typisierung der Varianten durch und verglichen unsere Ergebnisse mit den Angaben in der Literatur.



Abb. 1 Horizontalschnitt einer rechten Hand in Höhe des Hamulus ossis hamati, von palmar. M. flexor pollicis longus (orange) und N. medianus (gelb) mit Begleit - gewebe

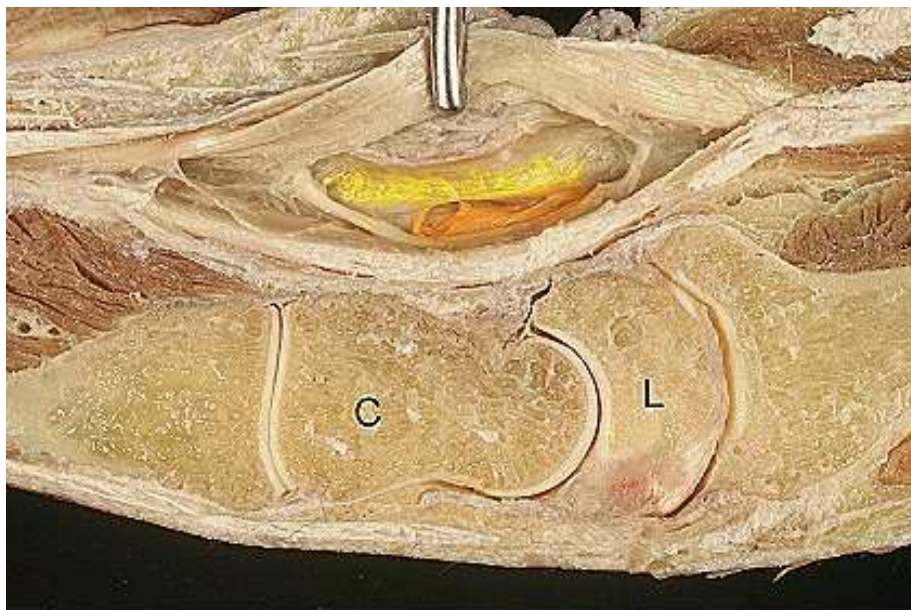


Abb. 2 Sagittalschnitt einer rechten Hand in Höhe der Ossa lunatum (L) und capitatum (C), von ulnar. M. flexor pollicis longus (orange) und N. medianus (gelb) mit Begleitgewebe

2. Material und Methode

Für die Untersuchungen standen 50 Feuchtpräparate von je 25 rechten und linken Händen älterer Erwachsener beider Geschlechter aus dem Anatomischen Institut der Universität Bonn zur Verfügung. Die Hände wurden mit Hilfe der üblichen Präpariertechnik konserviert. Nach dem Abtragen von Haut und subkutanem Fettgewebe wurde der Karpaltunnel eröffnet und der ulnare karpale Sehnenscheidensack herausgelöst, um den M. flexor pollicis longus innerhalb seiner Sehnenscheide sowie den N. medianus darzustellen. Für die Messungen wurden ein Stechzirkel und ein Gleitzirkel mit Nonius (Schieblehre) benutzt. Insgesamt wurden 19 Merkmale jeweils an rechten und linken Händen bestimmt.

Zunächst wurde das karpale Mesotendineum des M. flexor pollicis longus, das sich aus den Hüllschichten des N. medianus entwickelt, in seinen Ausdehnungen vermessen. Dann wurde der N. medianus mit dem anhaftenden Mesotendineum mobilisiert und die Ausdehnung seiner Hüllschichten zum Retinaculum flexorum bestimmt. Um Messungen im metakarpalen Anteil der Sehnenscheide durchführen zu können, wurde die Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus distal eröffnet und ihre Ausdehnung zwischen Retinaculum flexorum und dem Ringband A1 abgegriffen.

Alle erhobenen Messdaten wurden zunächst in Urlisten eingetragen und anschließend computergestützt variationsstatistisch ausgewertet. Bestimmt wurden der arithmetische Mittelwert, die Standardabweichung, der mittlere Fehler des Mittelwertes und die Variationsbreite. Die prüfstatistische Sicherung erfolgte nach dem t-Test nach GOSSET („STUDENT“). Seitendifferenzen wurden auf ihre Signifikanz überprüft. Die Auswertung ist im Ergebnisteil sowie tabellarisch im Anhang aufgeführt. Alle Meßergebnisse sind in Millimetern angegeben, die Meßgenauigkeit beträgt 0,5 mm.

Im einzelnen wurden folgende Größenmerkmale bestimmt:

- 1 Karpo–metakarpales Mesotendineum des M. flexor pollicis longus (Abb. 3)
 - 1.1. Proximo – distaler Abstand des proximalen Umschlagrandes des karpalen Sehnenscheidensackes bis zur Unterkreuzung des M. adductor pollicis
 - 1.2. Proximo – distale Länge des karpo–metakarpalen Mesotendineums der Flexor – pollicis – longus – Sehne, gemessen vom distalen Rand des karpalen Sehnenscheidensackes bis zur Unterkreuzung der Sehne durch den M. adductor pollicis
 - 1.3. Länge der Fenestrierung im karpalen Mesotendineum des M. flexor pollicis longus
 - 1.4. Höhe der Fenestrierung im karpalen Mesotendineum des M. flexor pollicis longus
 - 1.5. Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus an der höchsten Stelle der Fenestrierung
 - 1.6. Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am proximalen Rand der Fenestrierung
 - 1.7. Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am distalen Rand der Fenestrierung
 - 1.8. Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am distalen Rand der karpalen Sehnenscheide

2 Retinaculum flexorum (Abb. 3)

2.1 Proximo – distale Breite des Retinaculum flexorum

3 N. medianus (Abb. 3)

3.1. Breite des N. medianus am proximalen Rand des Retinaculum flexorum

3.2. Breite des N. medianus am distalen Rand des Retinaculum flexorum

4 Hüllschichten des N. medianus auf Höhe des Retinaculum flexorum (Abb. 4)

4.1. Proximo – distale Länge der dünneren Hüllschichten des N. medianus

4.2. Proximo – distale Länge der dickeren Hüllschichten des N. medianus

4.3. Radio – ulnare Breite der dünneren Hüllschichten des N. medianus

4.4. Radio – ulnare Breite der dickeren Hüllschichten des N. medianus

4.5. Radio – ulnare Breite der Hüllschichten des N. medianus bei gleichbleibender Dichte

5 Metakarpales Mesotendineum des M. flexor pollicis longus (Abb. 3)

5.1. Proximo – distale Länge des Mesotendineums vom distalen Rand des Retinaculum flexorum bis zum Ringband A1

5.2. Proximo – distale Länge des dichteren Anteils des Mesotendineums

5.3. Proximo – distale Länge des dünneren Anteils des Mesotendineums

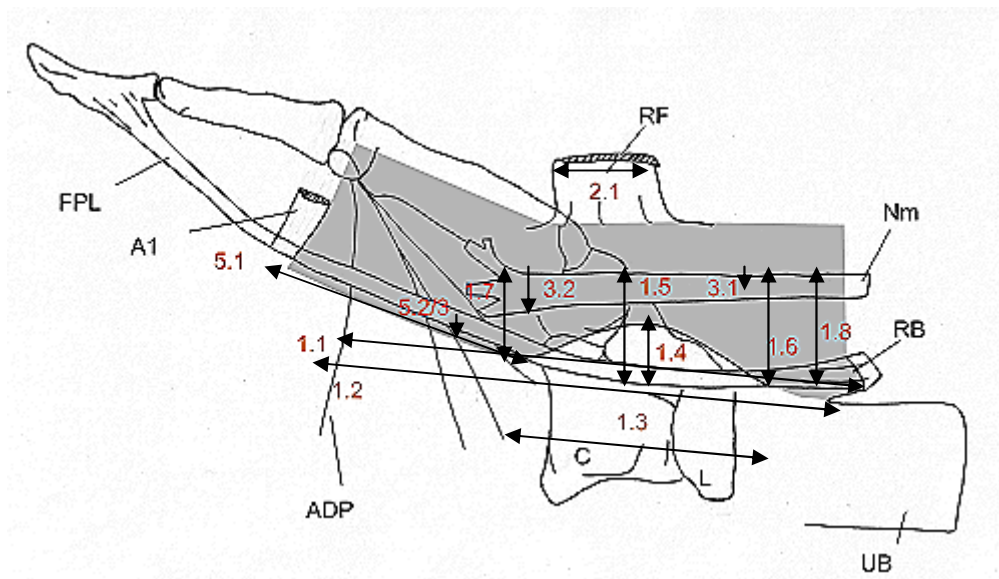


Abb. 3 Größenmerkmale des Mesotendineums der herausluxierten Sehne des M. flexor pollicis longus (FPL), Ansicht von ulno – plamar. Die graue Fläche entspricht dem entfaltetem Mesotendineum. Die roten Ziffern entsprechen den Definitionen der Meßgrößen (s. Auflistungen S. 9 - 11). RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, RB = radiale Bursa, UB = ulnare Bursa, L = Os lunatum, C = Os capitatum, ADP = M. adductor pollicis, A1 = Ringband A1 (eingekürzt)

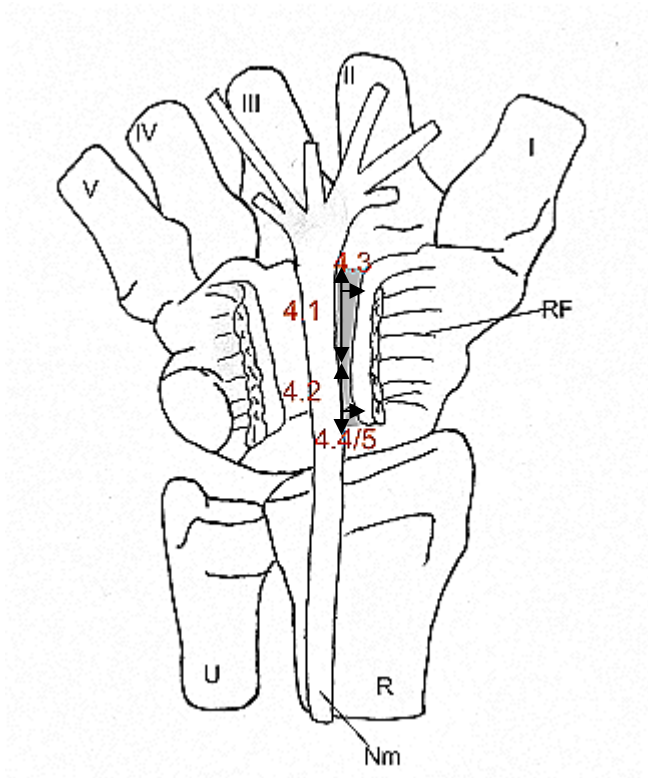


Abb. 4 Größenmerkmale der Hüllschichten des N. medianus (Nm) in Höhe des Retinaculum flexorum (RF), Ansicht von palmar. I–V = Ossa metacarpalia I–V, R = Radius, U = Ulna

3. Ergebnisse

3.1. Terminologie

Durch den von den Karpalknochen und dem Retinaculum flexorum begrenzten Karpalkanal ziehen die Sehnen der Fingerbeuger und der N. medianus. In diesem Bereich sind die Sehnen der Fingerbeuger von einem gemeinsamen Mesotendineum innerhalb des karpalen Sehnenscheidensacks eingehüllt: Die oberflächlichen und tiefen Beugesehnen liegen ulnar im Canalis carpi, während der M. flexor pollicis longus, umhüllt von einer separaten Vagina tendinis musculi flexoris pollicis longi, sich radial befindet. Der N. medianus befindet sich an der Unterseite des Retinaculum flexorum, nur von einem Verschiebespalt getrennt, im gemeinsamen Mesotendineum der Beugesehnen.

Im Canalis carpi bestehen die Sehnenscheiden aus weichem, dehnbarem Bindegewebe, während sie sich im phalangealen Anteil in einen osteofibrösen Kanal verwandeln, der mit Hilfe von straffen Verstärkungszügen die Sehne am Knochen fixiert und ihr zielgerichtete Bewegungen ermöglicht.

Wie die Beugesehnenscheiden der Finger DII – V ist die digitale Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus durch ringförmige, schräge und/oder y-förmige Bänder verstärkt. Das proximale Ringband A1 befindet sich über dem Metakarpophalangealgelenk, das distale Ringband A2 in Höhe des Interphalangealgelenks. Dazwischen spannt sich ein quer verlaufender Bandzug, das Lig. obliquum, aus.

Im Bereich der Phalangen sind die Beugesehnen DII – IV von einer eigenen digitalen Sehnenscheide umgeben, die sich nicht in den Sehnenscheidensack des Karpaltunnels fortsetzt. Im Gegensatz dazu sind die digitalen Sehnenscheiden von DI und DV meist mit ihrem karpalen Anteil verbunden, sie bilden also eine durchgehende Sehnenscheide.

Unsere Untersuchung befaßt sich mit diesem Verbindungsstück zwischen karpalem und phalangealem Anteil der Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus. Hier ist regelhaft ein Mesotendineum ausgebildet, das aus den Hüllschichten des N. medianus hervorgeht.

3.2. Größenmerkmale des karmo–metakarpalen Mesotendineums der Sehne des M. flexor pollicis longus

3.2.1. Proximo – distaler Abstand des proximalen Umschlagrandes des karpalen Sehnenscheidensackes bis zur Unterkreuzung des M. adductor pollicis

Diese Meßstrecke entspricht dem Zwischenstück zwischen karpalem und digitalem Anteil der Sehnenscheide.

Der arithmetische Mittelwert dieser Strecke für beide Seiten betrug 54,7 mm. Die rechten mittleren Meßwerte ähnelten mit 54,8 mm (38,7 – 72,1) den linken mit 54,6 mm (38,1 – 72,5). Rechts betrug die Standardabweichung 8,1 mm, links 12,8 mm. Signifikanzen ergaben sich nicht.

3.2.2. Proximo – distale Länge des karmo–metakarpalen Mesotendineums der Flexor pollicis longus–Sehne, gemessen vom distalen Umschlagrand des karpalen Sehnenscheidensackes bis zur Unterkreuzung der Sehne durch den M. adductor pollicis

Diese Meßstrecke gibt die Länge des Mesotendineums des M. flexor pollicis longus an. Es handelt sich hierbei um den Anteil der Sehnenscheide, der die Sehne im karmo–metakarpalen Bereich am Knochen fixiert bzw. die Verbindung zwischen karpalem Sehnenscheidensack und digitaler Sehnenscheide darstellt.

Unsere Messungen ergaben einen Mittelwert für die Längen rechter und linker Mesotendinea von 44,1 mm. Dabei waren die Mesotendinea der rechten Seite (45,3 mm) um 2,5 mm länger als die der linken Seite mit einem Mittelwert von 42,9 mm. Bei einer Variationsbreite rechts zwischen 33,2 mm und 64 mm betrug die Standardabweichung 7,5 mm. Auf der linken Seite lag die Standardabweichung bei 6,3 mm, mit einer Variationsbreite von 32,5 mm bis 59,1 mm. Der t-Test zeigte keine Signifikanzen.

Das Mesotendineum zeigte auffallend viele Formvarianten. So ließ sich bei 27 Händen eine Unterbrechung des Mesotendineums in seinem Verlauf im Sinne einer Fenestrierung feststellen. Dabei fanden wir bei den rechten Händen 14 mit einer bzw. mehreren Fenestrierungen, während an 13 linken Händen entsprechende Membranfenster auftraten.

Um die morphologischen Vielfalt des Mesotendineums näher zu beschreiben, führten wir eine Typisierung durch.

Typ I : Mesotendinea ohne Fenestrierung

- a) Durchgehendes Mesotendineum, ohne Fenestrierung
- b) Durchgehendes Mesotendineum , ohne Fenestrierung, das mit dem Boden des Karpaltunnels jedoch nicht verbunden ist, sondern die Sehne des M. flexor pollicis longus zum Karpaltunnel hin überlappt. Darunter kann die Sehne ungeschützt vorliegen oder von viszeralem Synovium bedeckt sein.

Typ II : Mesotendinea mit Fenestrierung

- a) Mesotendineum mit einem bogenförmigen Loch, das auf den Boden des Karpaltunnels reicht
- b) einfache Lücke, die den Boden des Karpaltunnels nicht erreicht
- c) komplexe Lücke / mehrere Lücken
- d) ausgeprägte Lücke bzw. kein Mesotendineum vorhanden

Die Verteilung der einzelnen Typen zeigt Tab. 1:

Anzahl der Hände	Typ Ia	Typ Ib	Typ IIa	Typ IIb	Typ IIc	Typ IId
Gesamt	16	4	10	4	13	3
Rechts	5	4	6	0	8	2
Links	11	0	4	4	5	1

Typ Ia beschreibt ein Mesotendineum der FPL–Sehne, das kontinuierlich vom karpalen Sehnenscheidensack bis zum digitalen Anteil der Sehnenscheide verläuft. Es war fest mit dem Bindegewebe des Bodens des Karpaltunnels verwachsen und zeigte keine Öffnung zum Karpaltunnel oder zum Beugesehnenkonvolut (Abb. 5 - 7) Dieser Typ war mit 16 Händen am häufigsten vertreten.



Abb. 5 Linke Hand von ulno – palmar mit durchgehendem Mesotendineum (M), Typ **Ia**. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal



Abb. 6 Rechte Hand von ulno–palmar mit durchgehendem Mesotendineum (M), Typ **Ia**. Im Bereich des Pfeils spaltet sich das Mesotendineum in drei verschiedene Blätter auf, die aus den Hüllschichten des N. medianus hervorgehen. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, dist = distal

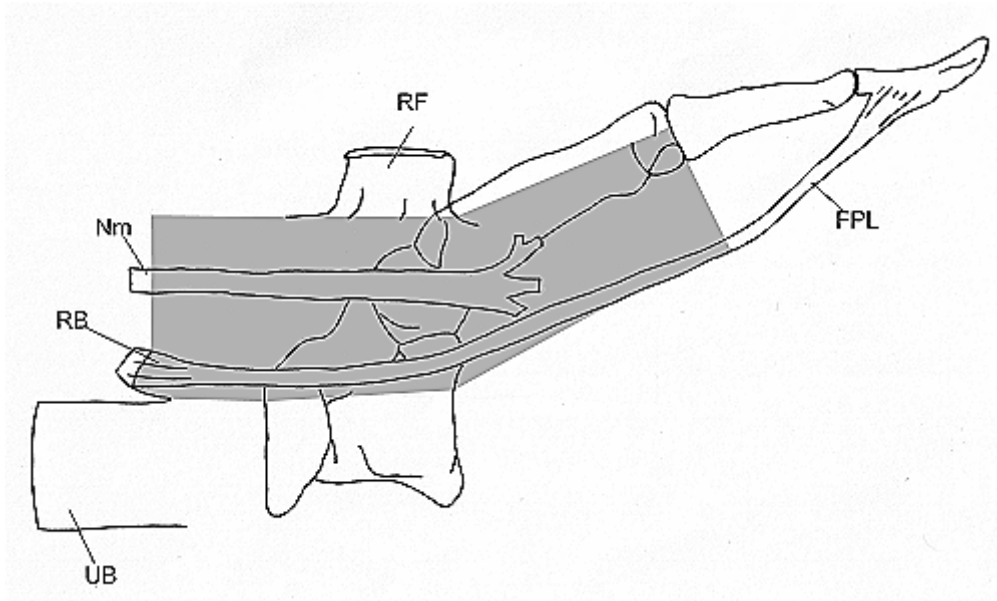


Abb. 7 Schematische Darstellung einer linken Hand des Typ **Ia** mit durchgehendem Mesotendineum (grau). UB = ulnare Bursa, RB = radiale Bursa, RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus

Typ Ib zeigte ein ebenfalls von karpal nach digital durchgehendes Mesotendineum, das jedoch bei Anheben mit einer Präparierpinzette nach dorsal, also zum Boden des Karpaltunnels offen war. Darunter war die Sehne des M. flexor pollicis longus entweder ungeschützt oder von einer Vagina synovialis bedeckt (Abb. 8).

Beim Typ IIa (Abb. 9 u. 10) begann die Öffnung zum Karpaltunnel distal des karpalen Sehnenscheidensacks und verlief bogenförmig bis annähernd an den M. adductor pollicis heran. Dabei waren die Ausläufer des Mesotendineums am Boden des Karpaltunnels befestigt. Darunter lag die FPL – Sehne teils von Vagina synovialis bedeckt, teils „nackt“ vor. In manchen Präparaten war die synoviale Sehnenscheide im palmaren Teil fest mit der FPL – Sehne verwachsen, um dann weiter nach dorsal hin plötzlich zu enden.

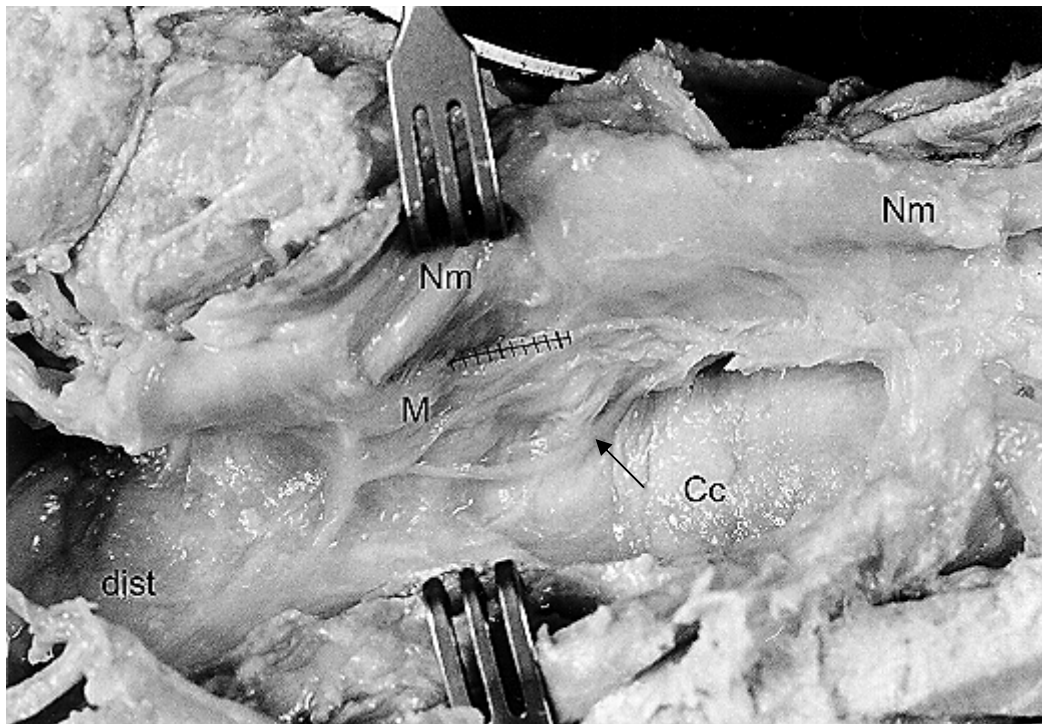


Abb. 8 Rechte Hand von ulno – palmar mit durchgehendem Mesotendineum (M). Der Pfeil zeigt auf den Rand des nach palmar hochklappbaren Mesotendineums (Typ **Ib**). Oberhalb der Millimetermarkierung befindet sich eine rundliche Ausparung, deren Hinterwand aus Mesotendineum besteht und an den Rändern der Ausparung blindsackartig in das vordere Blatt umschlägt. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal

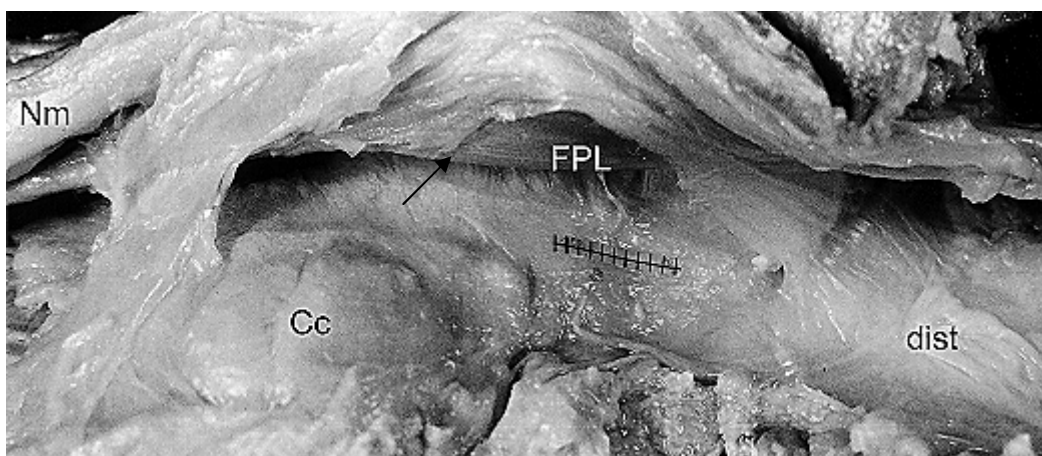


Abb. 9 Linke Hand von ulno–palmar mit bogenförmiger Fenestrierung im Mesotendineum (Pfeil), Typ **Ila**. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal

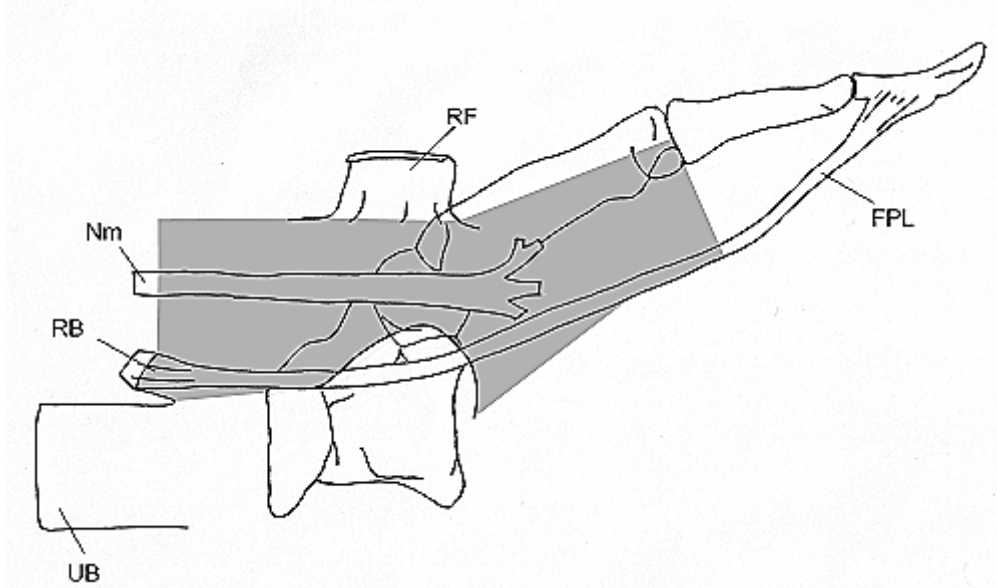


Abb. 10 Schematische Darstellung der linken Hand aus Abb. 9, Typ **IIa**. Die graue Fläche entspricht dem Mesotendineum. UB = ulnare Bursa, RB = radiale Bursa, RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus

Typ **IIb** (Abb. 11 u. 12) bestand im Prinzip aus einem ebenfalls durchgängigen Mesotendineum, das von einer einzigen, meist ovalen Lücke, die nicht bis zum Boden des Karpaltunnels reichte, unterbrochen war.

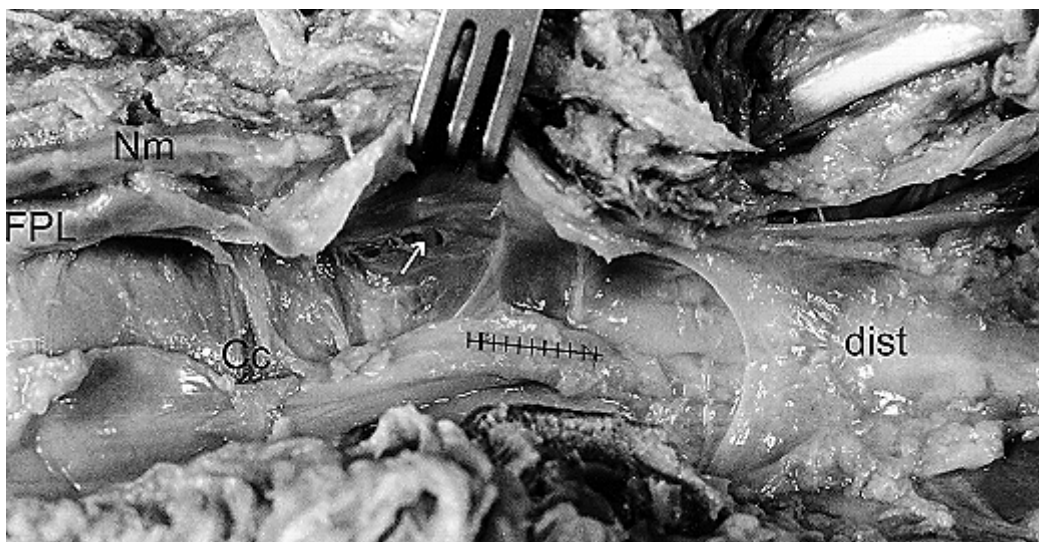


Abb. 11 Linke Hand von ulno-palmar mit kleiner Öffnung (Pfeil) im Mesotendineum (Typ **IIb**). Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal

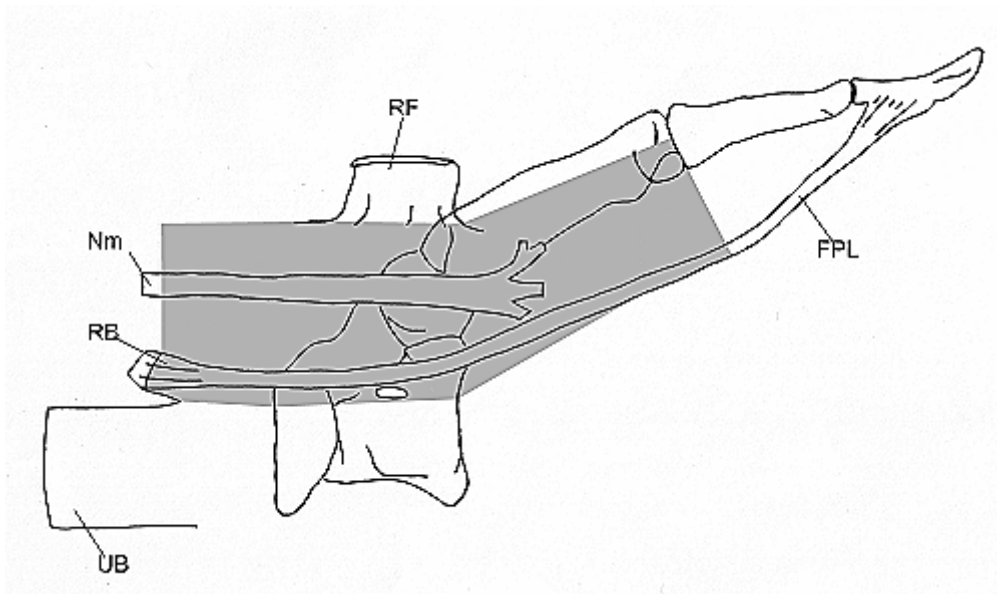


Abb. 12 Schematische Darstellung der linken Hand aus Abb. 11, Typ **IIb**. Die graue Fläche entspricht dem Mesotendineum. UB = ulnare Bursa, RB = radiale Bursa, RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus

Morphologisch am interessantesten stellte sich Typ IIc dar, der sich durch vielfältige Variationen an Fenestrierungen auszeichnete (Abb. 15 u. 16). Die Abb. 13 und 14 zeigen, wie das Mesotendineum vorhangartig, mit mehreren, winzigen, palmodorsal verlaufenden Öffnungen, die FPL - Sehne überzieht. Weiterhin zeichneten sich Lücken im Mesotendineum ab, die dahinter eine von Synovia bedeckte Sehne des M. flexor pollicis longus enthielten.

Es zeigte sich, daß in einigen Fällen Gewebeanteile des Mesotendineums sich unmittelbar mit der Sehne des FPL verbunden haben (Abb. 17 u. 18).

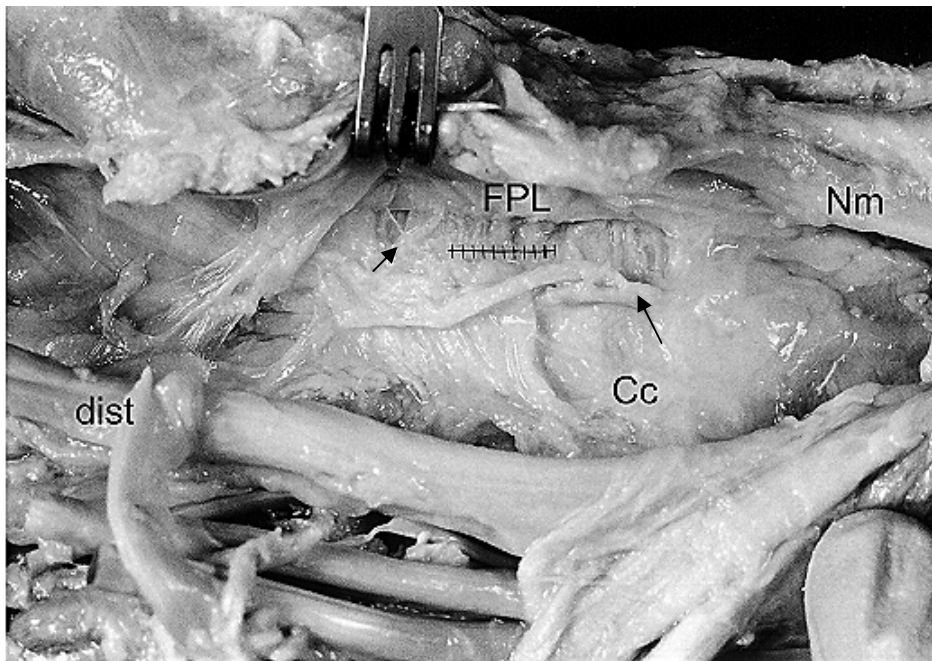


Abb. 13 Rechte Hand von ulno-palmar mit fenestriertem Mesotendineum (Typ **IIc**). Im Bereich der Pfeile sowie oberhalb der Millimetermarkierung sind vorhangartige Öffnungen zu erkennen. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal

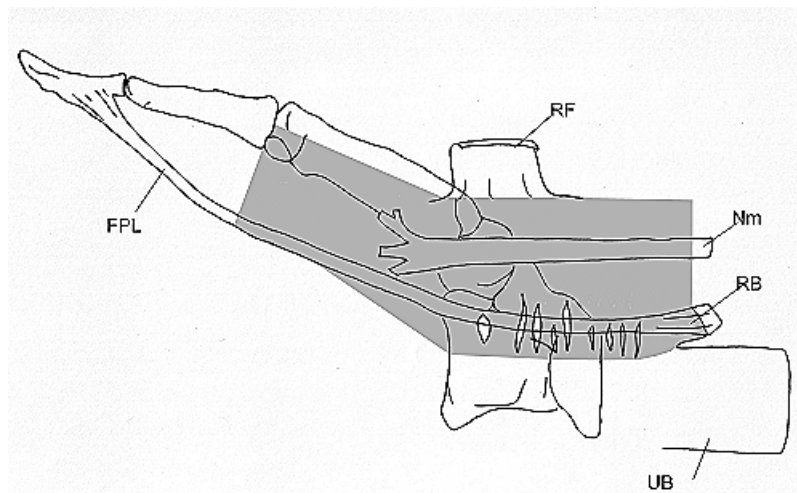


Abb. 14 Schematische Darstellung der rechten Hand aus Abb. 13, Typ **IIc**. Die graue Fläche entspricht dem Mesotendineum. FPL = M. flexor pollicis longus, RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, RB = radiale Bursa, UB = ulnare Bursa

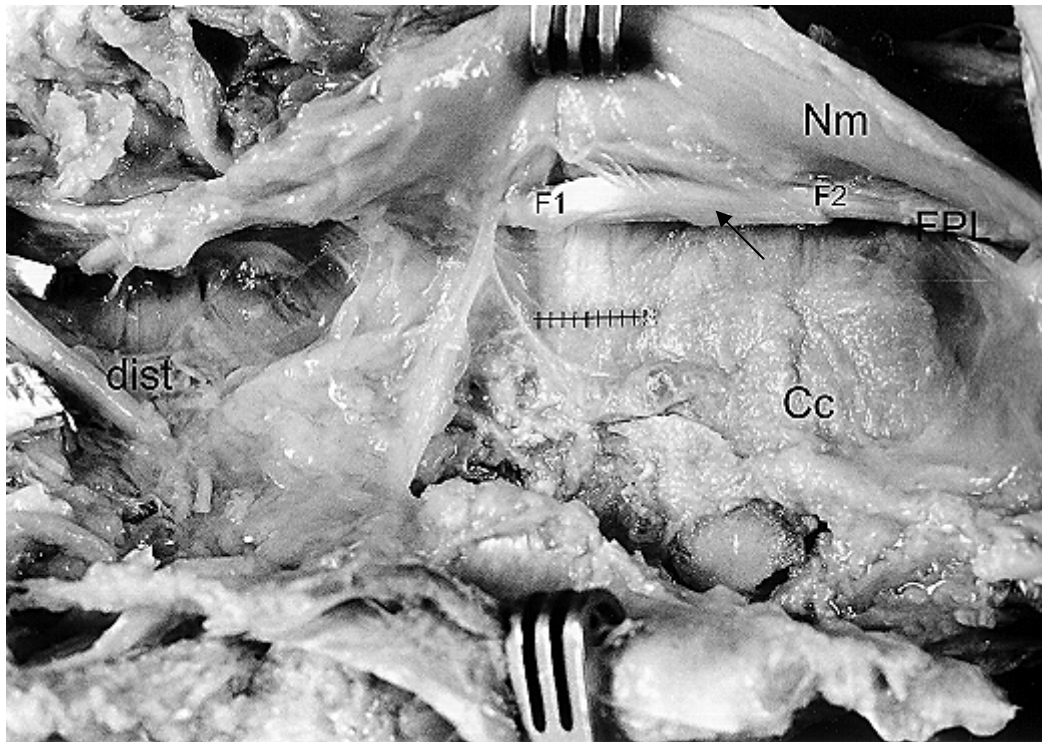


Abb. 15 Rechte Hand von ulno-palmar mit zwei Fenestrierungen (F1 und F2) im Mesotendineum (Pfeil), entsprechend eines Typs **IIc**. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal

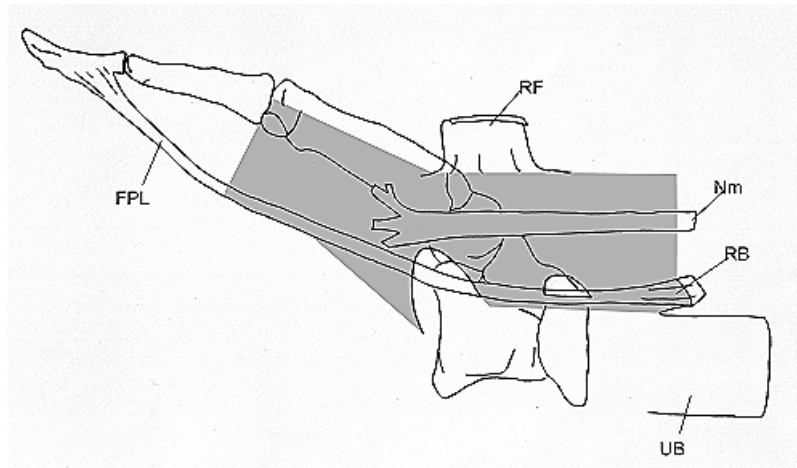


Abb. 16 Schematische Darstellung der rechten Hand aus Abb. 15, Typ **IIc**. Die graue Fläche entspricht dem Mesotendineum. FPL = M. flexor pollicis longus, RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, RB = radiale Bursa, UB = ulnare Bursa

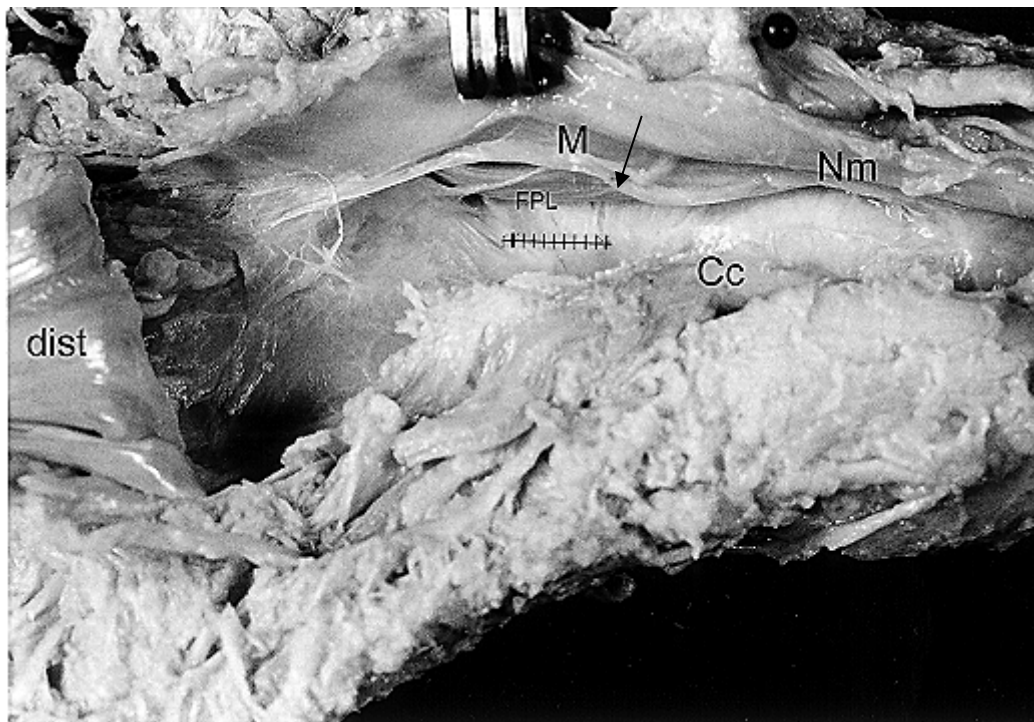


Abb. 17 Rechte Hand von ulno-palmar, Mesotendineum (M) Typ **IIc**. Durch ein Bindegewebeseptum erfolgt die Unterteilung in zwei Öffnungen. Der Pfeil zeigt auf die Stelle, an der das Mesotendineum mit der Sehne des FPL verwachsen ist. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal

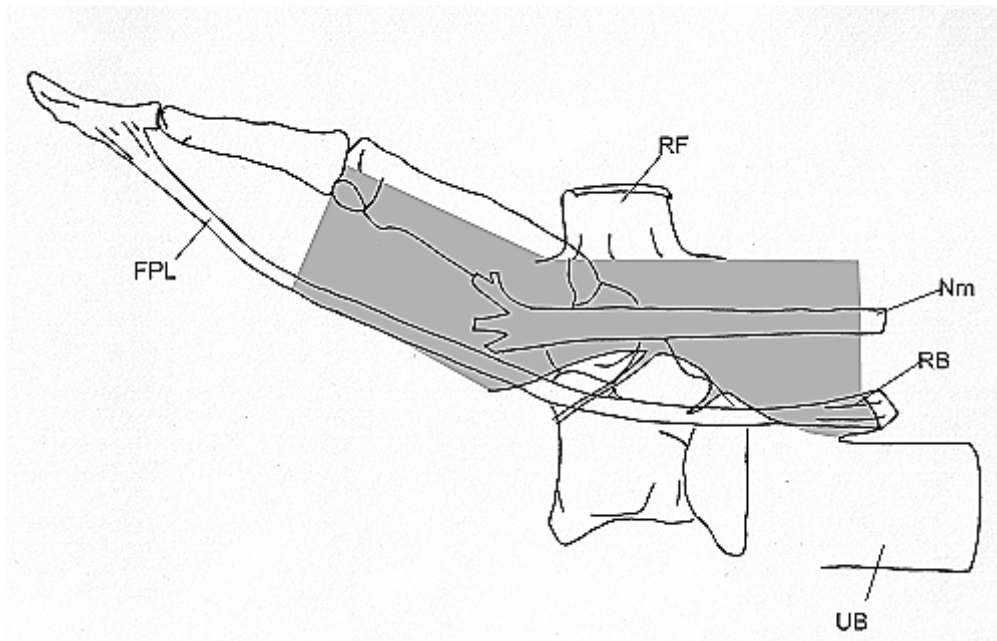


Abb. 18 Schematische Darstellung der rechten Hand aus Abb. 17, Typ **IIc**. Die graue Fläche entspricht dem Mesotendineum. FPL = M. flexor pollicis longus, RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, RB = radiale Bursa, UB = ulnare Bursa

In insgesamt 3 Fällen schließlich war die Lücke so ausgedehnt, daß man in diesem Fall nicht von einem Mesotendineum bzw. einer Verbindung des karpalen mit dem digitalen Anteil der Sehnenscheide sprechen konnte (Typ IId, Abb. 19). Hierbei begann die bogenförmig verlaufende Fenestrierung – morphologisch ähnlich wie Typ IIa – am distalen Ende des karpalen Sehnenscheidensacks und endete an der Unterkreuzung des M. adductor pollicis.

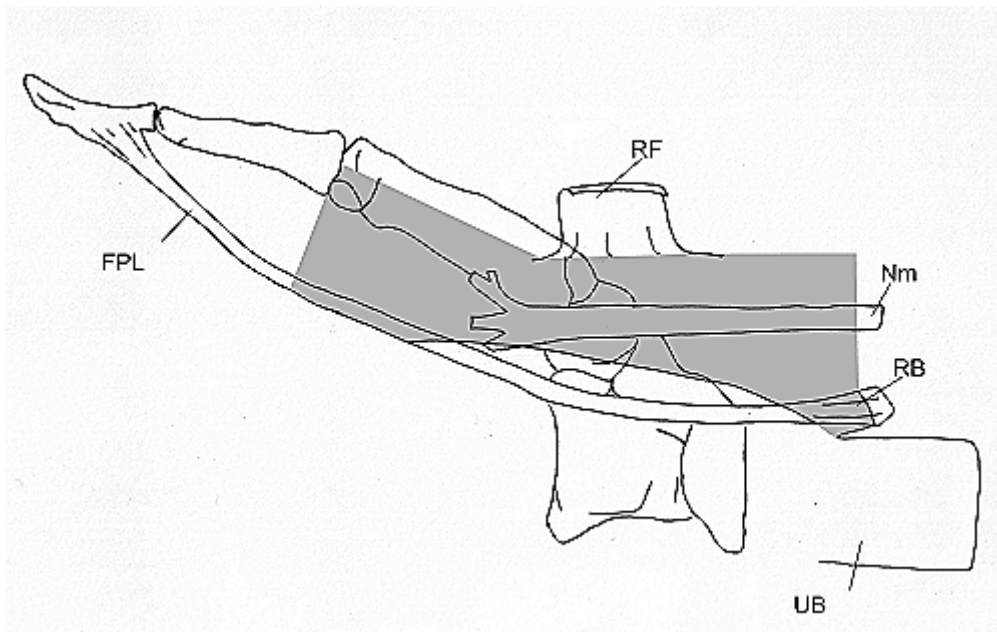


Abb. 19 Schematische Darstellung einer rechten Hand des Typs **IId**. Die graue Fläche entspricht dem Mesotendineum. FPL = M. flexor pollicis longus, RF = Retinaculum flexorum, Nm = N. medianus, RB = radiale Bursa, UB = ulnare Bursa

In unserem Untersuchungsgut fanden wir ein Präparat, welches von palmar ein durchgehendes Mesotendineum in Form eines Typs Ia aufwies. Nach Ablösen des N. medianus mit dem Mesotendineum vom Retinaculum flexorum ergab sich von palmar die freie Sicht auf die FPL–Sehne. Hier ist deutlich zu sehen, wie Fasern des Mesotendineums in vielfältiger Gestalt zur FPL–Sehne verlaufen (Abb. 20).



Abb. 20 Linke Hand von ulno-palmar nach Ablösen des N. medianus vom Retinaculum flexorum. Zwischen FPL und N. medianus sind die Faserzüge des Mesotendineums erkennbar. Nm = N. medianus, FPL = M. flexor pollicis longus, Cc = Canalis carpi, dist = distal

3.2.3. Länge einer Fenestrierung im karpalen Mesotendineum des M. flexor pollicis longus

Wie oben beschrieben, wurde das Mesotendineum des M. flexor pollicis longus in 54% der Fälle von einer Fenestrierung unterbrochen. Die größte Länge der Fenestrierung betrug im Mittel 17,9 mm. Die Extremwerte schwankten zwischen 3,2 mm und 35,2 mm. Zwischen den rechten (19,0 mm) und linken Mittelwerten (16,5 mm) konnte eine Differenz von 2,6 mm festgestellt werden. Dabei wiesen die rechten Messungen eine Variationsbreite von 10,3 mm bis 35,2 mm auf, die linken Messungen lagen zwischen

3,2 mm und 34,5 mm. Die Standardabweichung betrug rechts 7,0 mm und links 8,3 mm. Signifikanzen waren nicht zu erkennen.

3.2.4. Höhe einer Fenestrierung im karpalen Mesotendineum des *M. flexor pollicis longus*

Für die rechte Seite ergab sich ein Mittelwert von 7,0 mm (3,8 – 13,0 mm) bei einer Standardabweichung von 2,7 mm, auf der linken Seite ein Mittelwert von 7,7 mm (3,2 – 15 mm) und eine Standardabweichung von 3,1 mm. Der Gesamtmittelwert dieser Höhenmessung lag bei 7,3 mm. Im t-Test zeigte sich keine Signifikanz.

Wie aus dieser Verteilung der Meßdaten im Vergleich zur Länge der Fenestrierung hervorgeht, handelte es sich meist um ovale Öffnungen mit der größten Ausdehnung in proximo–distaler Richtung.

3.2.5. Radio – ulnare Länge vom Oberrand des *N. medianus* bis zum Unterrand des *M. flexor pollicis longus* an der höchsten Stelle der Lücke

Die folgenden Meßwerte sind ein Maß für die Nähe des *N. medianus* an den einzelnen Abschnitten zum *M. flexor pollicis longus*. Sie messen den Raum, in dem die Hüllschichten des *N. medianus* zur FPL – Sehne verlaufen und in das Mesotendineum einfließen (Abb. 21).

Für die radio – ulnare Länge vom (radialen palmaren) Oberrand des *N. medianus* bis zum (dorsalen) Unterrand des *M. flexor pollicis longus* an der höchsten Stelle der Lücke wurde ein Gesamtmittelwert von 10,1 mm errechnet. Dabei war der Abstand bei den linken Händen mit einem Mittelwert von 10,5 mm etwas größer als bei den rechten Händen mit einem Mittelwert von 9,7 mm. Die Standardabweichung lag links bei 2,8 mm, mit einer Variationsbreite von 6,6 bis 15,9 mm. Auf der rechten Seite betrug die Standardabweichung 2,8 mm, mit einer Variationsbreite von 5,9 bis 17,3 mm. Signifikante Unterschiede konnten nicht gefunden werden.

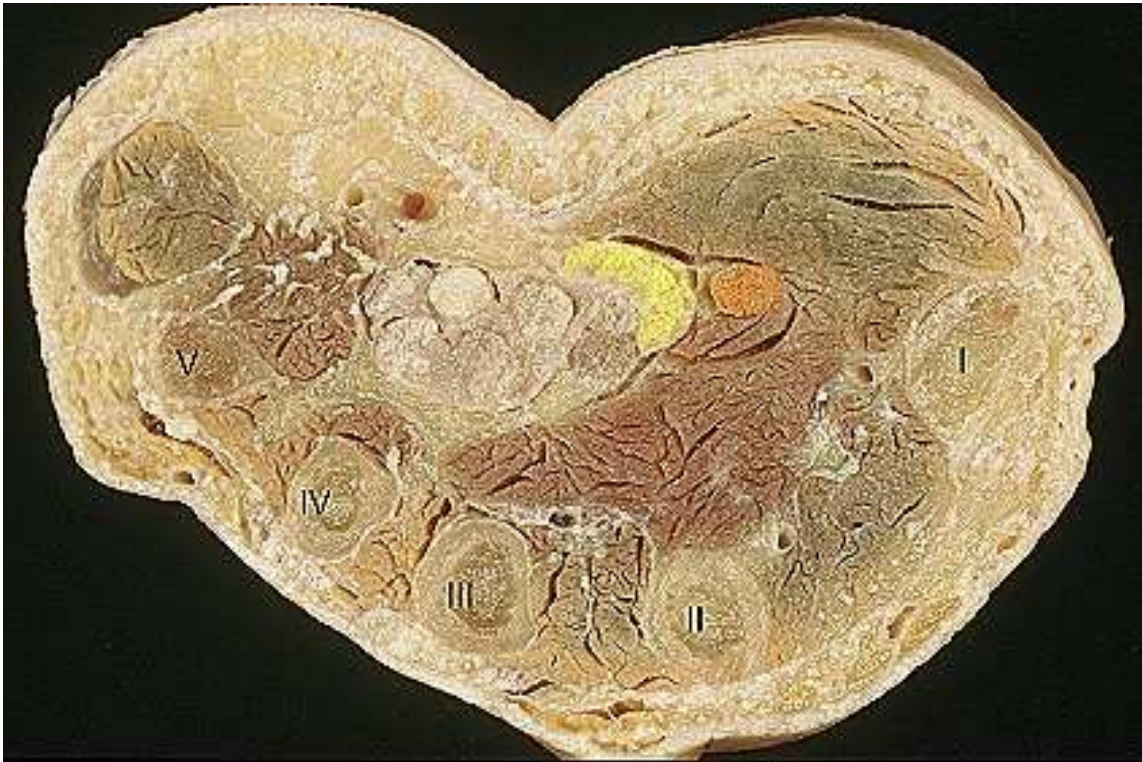


Abb. 21 Querschnitt einer rechten Hand am distalen Ende des Karpaltunnels, von proximal. Die Hüllschichten des N. medianus (gelb) verlaufen zur FPL–Sehne (orange)

Ebenso wie der N. medianus steht auch der M. flexor carpi radialis in enger Verbindung zum M. flexor pollicis longus. Nahe am Karpaltunnel zunächst palmar des FPL liegend, überkreuzt er zwischen Os scaphoideum und Os trapezium die Sehne des FPL, um schließlich an der Basis des 2. Metakarpalknochens anzusetzen (Abb. 22 – 24).

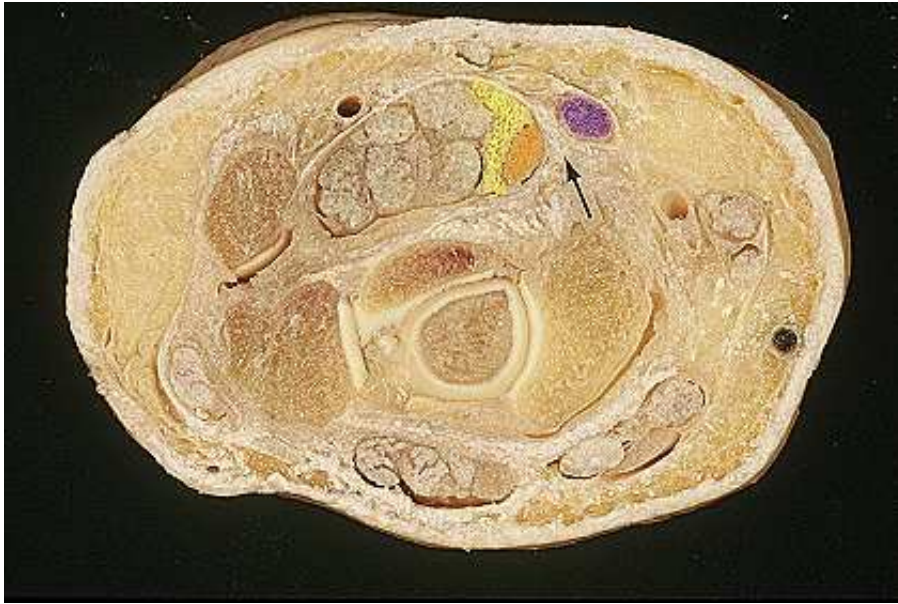


Abb. 22 Querschnitt einer rechten Hand in Höhe des Os pisiforme, von proximal. In enger räumlicher Beziehung zueinander stehen der N. medianus (gelb) und die Sehne des M. flexor pollicis longus (orange). Der Pfeil markiert die Kreuzungsstelle zwischen FPL und M. carpi radialis (lila), der hier palmar des FPL liegt

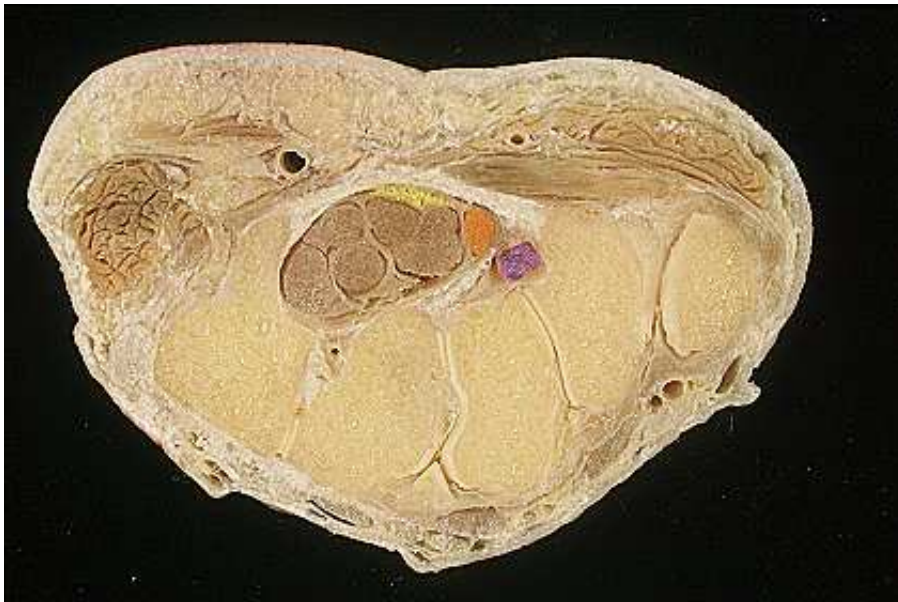


Abb. 23 Querschnitt einer linken Hand in Höhe des Hamulus ossis hamati, von distal. Der N. medianus (gelb) liegt palmar des FPL (orange) und ist über seine Hüllschichten mit dem Mesotendineum des FPL verbunden, das dorsal am Boden des Karpaltunnels endet. In diesem Bereich des Karpus liegt der M. flexor carpi radialis dorsal des FPL



Abb. 24 Sagittalschnitt einer linken Hand in Höhe des Os scaphoideum (S) und trapezium (T), von ulnar. Der Pfeil zeigt auf die Kreuzungsstelle der Sehnenscheidewände des FPL (orange) und des M. flexor carpi radialis (lila)

3.2.6. Radio-ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am proximalen Rand der Lücke

In Bezug auf die Länge vom Oberrand des N. medianus zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am proximalen Rand der Lücke wurde folgende Ergebnisse bestimmt: Der Mittelwert der rechten und linken Messungen lag bei 14,6 mm, wobei die linke Seite mit einem mittleren Wert von 15,6 mm um 1,8 mm länger war als die rechte Seite mit einem Mittelwert von 13,8 mm. Die Standardabweichung lag rechts bei 2,9 mm bei einer Variationsbreite von 8,6 mm bis 21,3 mm. Links betrug die Standardabweichung 2,6 mm. Die Variationsbreite lag hier zwischen 11,1 mm und 19,3 mm. Signifikanzen konnten nicht nachgewiesen werden.

3.2.7. *Radio–ulnare ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am distalen Rand der Lücke*

Für beide Seiten zusammen ergab sich ein Mittelwert von 13,9 mm. Rechts lag die Standardabweichung bei 2,5 mm, links bei 2,9 mm. Auf der rechten Seite ergab sich eine Variationsbreite von 10,2 mm bis 20,2 mm, auf der linken von 10,3 mm bis 19,8 mm. Signifikante Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden.

3.2.8. *Radio–ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am distalen Rand der karpalen Sehnenscheide*

Es zeigte sich, daß auf der linken Seite der Mittelwert bei 13,4 mm lag, der um 0,2 mm kleiner war als der der rechten Seite mit 13,6 mm. Rechts lag die Standardabweichung bei 1,8 mm mit Meßwerten zwischen 9,6 mm und 17,3 mm.. Die Standardabweichung der linken Seite betrug dagegen 2,3 mm mit einer Variationsbreite zwischen 8,1 und 17 mm. Signifikante Unterschiede konnten auch hier nicht gefunden werden.

3.3. **Retinaculum flexorum**

3.3.1. *Proximo – distale Breite des Retinaculum flexorum*

Im Rahmen der Messungen der proximo–distalen Breite des Retinaculum flexorum wurde ein Gesamtmittelwert von 26,8 mm errechnet. Die Differenz der rechten (27,7 mm) und linken (26,0 mm) Mittelwerte betrug 1,6 mm. Dabei wiesen die rechten Messungen eine Variationsbreite von 18,6 mm bis 37,3 mm auf. Im Gegensatz dazu lagen die Werte der linken Seite zwischen 19,2 mm und 47,1 mm. Standardabweichungen von 5,0 mm (rechts) und 5,5 mm (links) wurden ermittelt. Signifikante Unterschiede konnten nicht nachgewiesen werden.

3.4. Nervus medianus

3.4.1. Breite des N. medianus am proximalen Rand des Retinaculum flexorum

Die Breitenmessungen des Nervs am proximalen Rand des Retinaculum flexorum ergaben an dieser Stelle folgende Werte:

Die mittlere Breite des N. medianus errechnete sich für beide Seiten zusammen auf 7,5 mm. Dabei waren die Werte der rechten Seite mit einem Mittelwert von 7,5 mm (5,3 – 10,6 mm) um 0,1 mm größer als die der linken Exemplare mit einem mittleren Wert von 7,4 mm (4,8 – 12,8 mm). Rechts betrug die Standardabweichung 1,4 mm, links lag sie bei 1,7 mm. Im t-Test zeigte sich keine Signifikanz.

3.4.2. Breite des N. medianus am distalen Rand des Retinaculum flexorum

Die Messungen der rechten Seite ergaben einen mittleren Wert von 8,1 mm bei einer Variationsbreite von 5,5 mm bis 11,5 mm. Auf der linken Seite lag der Mittelwert bei 8,1 mm und die Streubreite zwischen 5,2 mm und 12,0 mm. Somit wurde ein Gesamtmittelwert von 8,1 mm errechnet. Rechts betrug die Standardabweichung 1,6 mm, links 1,8 mm.

3.5. Hüllschichten des Nervus medianus auf Höhe des Retinaculum flexorum

In einem zweiten Präparationsschnitt wurden die Hüllschichten des N. medianus mobilisiert und ihre Ausdehnung zum Retinaculum flexorum in radio-ulnarer Richtung gemessen. Dabei konnte dieser Abschnitt der Hüllschichten in 86% der Fälle in einen dünneren, transparenten und einen dichteren Anteil unterteilt werden, deren Länge und Breite, maximal gedehnt gemessen, bestimmt wurden. In den restlichen 14%, bei denen die Hüllschichten des N. medianus eine gleichbleibende Dichte aufwiesen, wurden nur einmalig deren Breite bestimmt. Auffällig war, daß im Falle der Unterscheidung

zwischen einem dünneren und dichteren Bereich der dünnere stets distal vom dichteren Anteil lag.

3.5.1. Proximo – distale Länge der dünneren Hüllschichten des N. medianus

Im Mittel ergaben die Messungen zur Länge der dünneren Hüllschichten des N. medianus einen Wert von 15,3 mm. Dabei waren die linken Präparate mit einem Mittelwert von 16,9 um 3,8 mm länger als die der rechten Seite mit einem mittleren Wert von 13,2 mm. Es wurde eine Variationsbreite rechts zwischen 5,9 mm und 23,4 mm und links zwischen 9,0 mm und 30,0 mm gefunden. Die Standardabweichungen betragen 5,2 mm für die rechte und 6,3 mm für die linke Seite. Prüfstatistisch konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden.

3.5.2. Proximo – distale Länge der dickeren Hüllschichten des N. medianus

Im Mittel betrug die Länge der dickeren Hüllschichten 11,7 mm. Mit einer Variationsbreite von 7,6 mm bis 18,5 mm ergab sich für die rechte Seite ein Mittelwert von 12,5 mm. Die Standardabweichung lag bei 3,1 mm. Links wurde ein Mittelwert von 11,2 mm (7,0 – 15,4 mm) errechnet. Die Standardabweichung betrug 2,9 mm. Im t-Test zeigte sich keine Signifikanz.

3.5.3. Radio – ulnare Breite der dünneren Hüllschichten des N. medianus

Rechts wurde ein Mittelwert von 6 mm ermittelt bei einer Standardabweichung von 2,2 mm. Dabei war dieser Wert um 0,5 kleiner als der Mittelwert der linken Seite. Dieser lag bei 6,5 mm mit einer Standardabweichung von 2,2 mm. Auf der linken Seite waren

Werte zwischen 3,0 mm und 10,6 mm zu finden. Rechts fanden wir eine Variationsbreite von 2,6 mm bis 10,1 mm. Signifikante Unterschiede konnten nicht gefunden werden.

3.5.4. Radio – ulnare Breite der dickeren Hüllschichten des N. medianus

Links wurde eine Variationsbreite ermittelt zwischen 2,9 mm und 12,5 mm, rechts lag sie zwischen 3,4 mm und 7,4 mm. Der Gesamtmittelwert von 6,1 mm wurde aus den Mittelwerten der rechten (5,5 mm) und linken Seite (6,7 mm) errechnet. Die Standardabweichung betrug rechts 1,3 mm und links 3,1 mm.

3.5.5. Radio – ulnare Breite der Hüllschichten des N. medianus bei gleichbleibender Dichte

Bei Messung der Hüllschichten mit gleichbleibender Dichte wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

Für rechts und links fand sich ein gemeinsamer Mittelwert von 6,7 mm. Die Breitenmessungen rechts wiesen einen Mittelwert von 6,6 mm auf, der um 0,1 mm kleiner war als der der linken Seite mit 6,7 mm. Rechts waren die Extremwerte von 5,3 mm bis 8,4 mm zu finden, links lagen sie zwischen 4,9 mm und 10,8 mm. Die Standardabweichung betrug rechts 1,1 mm und links 1,8 mm.

3.6. Metakarpales Mesotendineum des M. flexor pollicis longus

In diesem Schritt unserer Präparation wurde die Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus distal des Retinaculum flexorum eröffnet und deren Länge bis zum Ringband A1 gemessen. In diesem Abschnitt stellte sich das Mesotendineum als sehr dünne Membran dar, so daß nur in zwei Fällen eine Unterscheidung in einen transparenten

und einen dichteren Teil der Sehnenscheide erfolgen konnte, in allen übrigen Fällen wurde die Länge einmalig bestimmt.

Es zeigte sich, daß in diesem Abschnitt der Sehnenscheide das Mesotendineum aus den Faszien der Thenarmuskulatur hervorgeht.

3.6.1. Proximo – distale Länge des Mesotendineums vom distalen Rand des Retinaculum flexorum bis zum Ringband A1

Unsere Messungen ergaben für die rechte Seite einen Mittelwert von 34,2 mm (26,7 mm – 42,1 mm) bei einer Standardabweichung von 4,2 mm. Links betrug die Standardabweichung 3,1 mm und der Mittelwert 33,7 mm (26,9 mm – 37,7 mm). Für beide Seiten zusammen konnte der Mittelwert auf 34 mm errechnet werden. Im t-Test zeigten sich keine Signifikanzen.

3.6.2. Proximo – distale Länge des dichteren Anteils des Mesotendineums

Die beiden Hände (je eine rechte und eine linke Hand), in denen sich ein dünner von einem dichten Anteil unterscheiden ließ, zeigten einen Mittelwert 8,1 mm bei einer Standardabweichung von 2,0 mm. Die Variationsbreite umfaßte 6,1 mm bis 10,1 mm.

3.6.3. Proximo – distale Länge des dünneren Anteils des Mesotendineums

Der gemeinsame Mittelwert betrug 29,6 mm (23,7 mm – 35,4 mm). Die Standardabweichung wurde mit 5,9 mm berechnet.

3.7 Sehnenverbindung zum M. flexor digitorum profundus des Zeigefingers

Im Rahmen unserer Messungen am Mesotendineum des M. flexor pollicis longus fanden wir bei einer Hand eine tendinöse Verbindung vom M. flexor pollicis longus zum M. flexor digitorum profundus des Zeigefingers (Abb. 25). Diese bestand sowohl aus Sehngewebe als auch aus verstärkten synovialen Fasern. Sie war etwa 20 mm lang und 2 mm im Durchmesser.

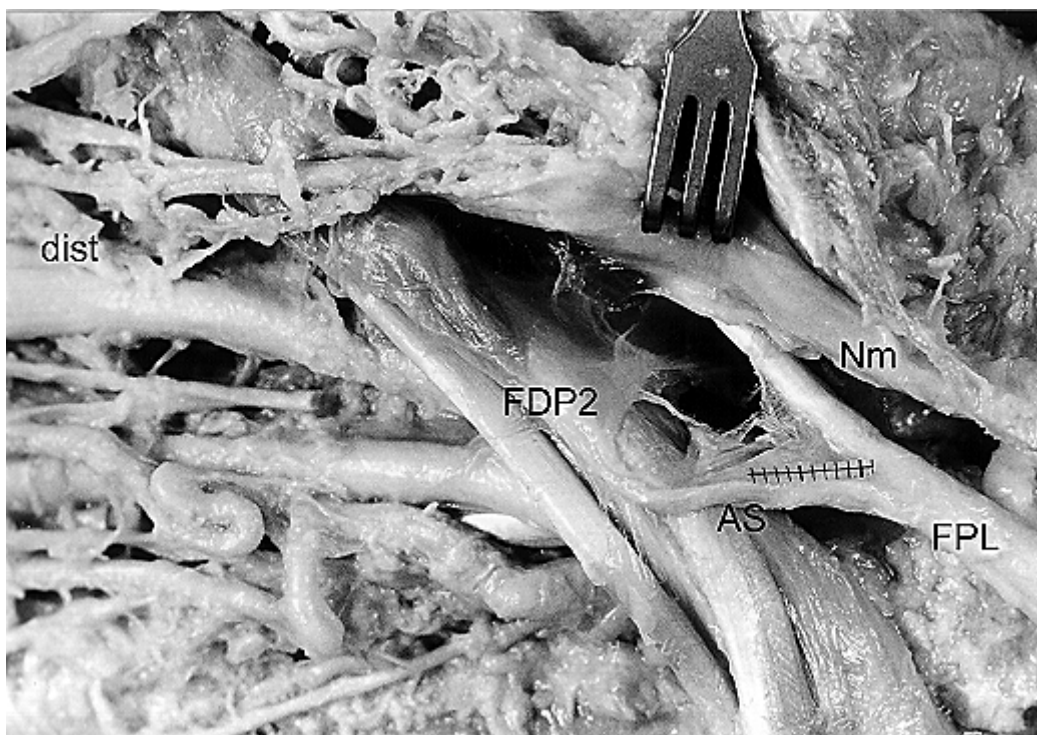


Abb. 25 Rechte Hand von ulno-palmar mit akzessorischer Sehne (AS) zwischen M. flexor pollicis longus (FPL) und M. flexor digitorum profundus des Zeigefingers (FDP2). Oberhalb der Millimetermarkierung fallen die ausgeprägten synovialen Fasern auf. Distal der Sehnenverbindung wies der FPL kein Mesotendineum auf (Typ **IId**)

4. Diskussion

Die Beugesehnen der Finger werden von fünf digitalen Sehnenscheiden umhüllt, die sich in ihrer proximo – distalen Ausbreitung unterscheiden. Die digitalen Sehnenscheiden der Finger II – IV enden proximal auf Höhe der Metakarpalköpfe, während die des kleinen Fingers und die des Daumens sich in den Sehnenscheidensack des Karpaltunnels fortsetzen. Distal reichen die Sehnenscheiden bis zur Basis der Endphalanx.

Im Karpaltunnel verlaufen die Sehnenscheiden der Beugemuskeln in je einem ulnaren und einem radialen Gleitraum (FROHSE und FRÄNKEL, 1908; KANAVEL, 1939; KAPLAN, 1984; LANZ und WACHSMUTH, 1959; RESNICK, 1975; v. ROSTHORN, 1887; SCHELDROP, 1951; SCHMIDT, 1987).

VON ROSTHORN schrieb 1887, daß die radiale Bursa nur zur Sehne des M. flexor pollicis longus in Beziehung tritt, während die ulnare Bursa mit den Beugern des IV. und V. Fingers verbunden ist. Demnach treten die Sehnen des IV. und V. Fingers in den ulnaren Sehnenscheidensack ein, wobei ihre Sehnenscheiden als Bestandteile dessen Wand zu sehen sind. Die Beugesehnen des fünften Fingers buchten das Lumen des ulnaren Sackes nach ulnar aus und sind über Mesotendinea, die aus der Wand des ulnaren Sackes hervorgehen, mit dem Sehnenpaket der übrigen Beugesehnen verbunden. Die Sehnenscheiden des Zeige – und Mittelfingers liegen außerhalb der beiden Sehnenscheidensäcke.

Wie KANAVEL (1939) betonte, geht nach POIRIER und CHARPY (1901) die Sehnenscheide des kleinen Fingers in der Hälfte der Fälle in die ulnare Bursa über. Seiner Ansicht nach werden die Beugesehnen des II. – IV. Fingers von der ulnaren Bursa halbmondförmig von ulnar umrahmt. Nach FROHSE und FRÄNKEL (1908) ist die ulnare Bursa zum Handteller hin sackartig erweitert, um die Sehnen der Finger II – IV aufnehmen zu können. SCHMIDT (1987) stellte heraus, daß der ulnare

Sehnenscheidensack, eingebettet in ein gemeinsames Mesotendineum, die acht Sehnen der oberflächlichen und tiefen Fingerbeuger für die Finger II – IV enthält.

Nach der Darstellung von FROHSE und FRÄNKEL (1908) reicht die 12 – 14 cm lange Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus von der Nagelphalanx proximalwärts bis zu den distalen Muskelbündeln des FPL. Sie betonten, daß der phalangeale Anteil nach POIRIER und CHARPY (1901) nur in 5% der Fälle nicht mit dem Saccus carpalis kommuniziert.

Auch KANAVAL (1939) fand bei seinen Experimenten zur Ausbreitung von speziell aus Gips, Glycerin und Wasser hergestelltem Injektionsmittel in die digitale Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus, daß sich die radiale Bursa ebenfalls mit Flüssigkeit füllte. Das bedeutet also, daß es sich in den meisten Fällen um eine kontinuierliche, von karpal nach phalangeal reichende Scheide handelt. Dies konnte durch unsere Ergebnisse bestätigt werden, da wir nur in 3 von 50 Händen (6%) kein Mesotendineum im Bereich zwischen karpalem und phalangealem Anteil der Sehnenscheide finden konnten. In diesen Fällen war die Sehnenscheide des FPL zweigeteilt in einen phalangealen und einen karpalen Anteil angelegt, die beide nach metakarpal hin geöffnet waren. Sie wiesen demnach keine Ein- und Austrittspforten der Sehne auf, wie von DOYLE (1988, 1989) für die Finger II – IV beschrieben.

KANAVAL (1939) fand bei seinen Experimenten außerdem, daß sich die Injektionsflüssigkeit in einigen Fällen von der phalangealen Sehnenscheide in die Hohlhand fortsetzte. In diesen Fällen muß man davon ausgehen, daß es bei diesen Präparaten keine durchgehende Sehnenscheide, sondern eine Öffnung im Bereich der Hohlhand gegeben hat. Dies wird durch unsere Beobachtungen unterstützt, in denen wir 27 Hände (54 %) mit Fenestrierungen im Mesotendineum Richtung Hohlhand und 3 Hände ohne Mesotendineum (s.o.) gefunden haben. In 8 % fanden wir ein „überlappendes“ Mesotendineum vor, d.h. es handelte sich um ein kontinuierliches Mesotendineum, das jedoch dorsalwärts nicht mit dem Boden des Karpaltunnels verwachsen war, sondern nach Hochklappen mittels einer Pinzette eine Öffnung zum Karpaltunnel zeigte. In allen diesen beschriebenen Fällen (insgesamt 68%) wäre also eine Verteilung der Injektionsflüssigkeit nach KANAVAL (1939) und damit einer Infektion in die Palma manus möglich gewesen.

Der oben beschriebene Aufbau von radialer und ulnarer Bursa stellt nach v. ROSTHORN (1887) den Normalfall dar. Daneben gibt es Variationen mit drei Karpalsäcken. VON ROSTHORN (1887) beschreibt dabei zwei verschiedene Varianten eines dritten Karpalsacks: Häufiger liegt ein von proximal keilförmig zwischen die beiden bekannten Aussackungen eingeschobener 3. Sack vor. Seltener findet sich dagegen ein mächtiger, sich weit distalwärts erstreckender 3. Sack, der die beiden reduzierten anderen Säcke nach lateral verdrängt und durch den die Sehnenscheide zum Zeigefinger verläuft. Eine Kommunikation zwischen diesen Säcken hat v. ROSTHORN (1887) im Gegensatz zu einigen anderen Autoren (FROHSE und FRÄNKEL, 1908; KANAVAL, 1939; RESNICK, 1975; SCHELDROP, 1951; WESTON, 1969) nicht beobachtet.

Meist wird die These vertreten, daß eine posteriore und eine anteriore intermediäre Bursa vorhanden sind (FROHSE und FRÄNKEL, 1908; KANAVAL, 1939; RESNICK, 1975). Dabei ist die posteriore Bursa in den meisten Fällen für eine Verbindung von radialer und ulnarer Bursa verantwortlich, die nach SCHELDROP (1951) in 85 % gegeben ist. Auch die klinischen Erfahrungen KANAVAL's (1939), der im überwiegenden Teil der Fälle ein Übergreifen von Infektionen zwischen radialer und ulnarer Bursa beobachtet hat, sprechen für eine Verbindung.

Wie oben erwähnt, fanden wir in unseren Untersuchungen in 68% Präparate mit offener Verbindung der radialen Bursa zu Bindegeweberäumen der Hohlhand, die eine intermediäre Bursa vermuten lassen. Insbesondere die nach dorso-palmar gerichtete Öffnung des Mesotendineums unseres Typs 1b weist in die Richtung einer posterioren intermediären Bursa, die dorsal des M. flexor digitorum profundus des Zeigefingers gelegen ist (FROHSE und FRÄNKEL, 1908; KANAVAL, 1939; RESNICK, 1975).

Nach KAPLAN (1984) weist die radiale Bursa eine breite, unterbrochene Synovialfalte auf, welche die Flexor – pollicis – longus – Sehne mit ihrer Sehnenscheidewand verbindet. Erst v. ROSTHORN (1887) prägte den Begriff des „Mesotendineums“ . Er verglich das Peritoneum des Darms mit dem Mesotendineum der Sehnen:

Wie das Mesenterium des Darms führt das auch als „Gekröse“ bezeichnete Mesotendineum dem Sehnenpaket des Karpalkanals von dorsal Nerven und Gefäße zu. Dieses Mesotendineum wird aus den beiden medialen Wänden der karpalen Sehnenscheidensäcke gebildet, die wie zwei Mesenterialplatten aneinander stoßen.

Wenn die Sehnen sich nach distal hin zu den einzelnen Fingern aufzweigen, teilt sich auch das Mesotendineum, so daß jedem Finger ein separates Mesotendineum zukommt.

Im Bereich der phalangealen Sehnenscheiden der Finger II – IV sind die Sehnen nicht durch ein kontinuierliches Mesotendineum mit ihrer Sehnenscheidenwand verbunden, sondern durch separate Vincula tendinum brevia und longa (KAPLAN, 1984). Es werden mehrere Formen der Vincula brevia und longa unterschieden. Das dreieckige Vinculum breve befindet sich proximal vom Ansatz des M. flexor digitorum profundus an die distale Phalanx und verbindet die dorsale Sehnenfläche mit der Scheidenwand. Das viereckige Vinculum breve führt auf Höhe der Grundphalanx von der aufgespaltenen Sehne des M. flexor digitorum superficialis zur Sehnenscheidenwand. Die Vincula longa verbinden zum einen den FDP und den FDS in der Mittellinie, zum anderen den M. flexor digitorum superficialis mit der peripheren Wand der Sehnenscheide (FROHSE und FRÄNKEL, 1908; KAPLAN, 1984; WHITTAKER, 1907).

Am Daumen sind die Verhältnisse etwas weniger kompliziert, da nur eine Beugesehne vorliegt. Hier unterscheidet v. ROSTHORN (1887) zwei Möglichkeiten eines Mesotendineums: Das Mesotendineum kann kontinuierlich verlaufen und erst zu Beginn des phalangealen Anteils konkav ausgeschnitten enden, um dann unmittelbar vor der Endphalanx ein kurzes Vinculum aufzuweisen. Im anderen Fall ist das Mesotendineum in mehrere Abschnitte zerteilt. Es geht von der Ulnarseite des radialen Sackes aus (ROSTHORN, 1887; SCHMIDT und LANZ, 2003) und umhüllt die FPL–Sehne, wobei es den radialen Sack in eine obere und untere Etage unterteilt.

Von ZBRODOWSKI et al. (1994) werden die Mesotendinea als transparente Membranen bezeichnet, die sich zwischen dorsaler Fläche der Sehne und dem Boden der Sehnenscheide ausspannen. Sie unterscheiden am M. flexor pollicis longus ein phalangeales, ein metakarpales und ein karpales Mesotendineum. Das phalangeale Mesotendineum verläuft – ähnlich dem oben beschriebenen dreieckigen Vinculum breve (FROHSE und FRÄNKEL, 1908; KAPLAN, 1984) – zwischen dem distalen Ende der FPL - Sehne und der Basis der distalen Phalanx. Das metakarpale, welches mit dem Metakarpalknochen im mittleren Drittel oder auf ganzer Länge verbunden ist, weist vier

verschiedene Formen auf: Die keilförmigen, trapezförmigen oder parallelogrammförmigen Mesotendinea besitzen konkave Ränder und einen dünneren mittleren Anteil, die vierte Formvariante des metakarpalen Mesotendineums ist mit dem karpalen Mesotendineum fusioniert und tritt in 30% auf. Das karpale Mesotendineum wird als rhombenförmig mit verdickten Rändern für die enthaltenen Gefäße bezeichnet. Demnach fanden ZBRODOWSKI et al. (1994) in 30 % ein von karpal nach metakarpal durchgehendes Mesotendineum vor. Wir sahen es in 94% , wobei wir die Präparate mit Fenestrierungen mit eingerechnet haben. Ohne die großen Fenestrierungen des Typs 2a mit einzubeziehen, fanden wir immer noch bei 74% ein karmo – metakarpales Mesotendineum. Bei ZBRODOWSKI et al. (1994) sind innerhalb der einzelnen Mesotendinea keine Unterbrechungen im Sinne von Fenestrierungen beschrieben. Sie geben die Länge eines karmo – metakarpalen Mesotendineums mit 70 – 100 mm an, unsere Messungen ergaben Werte zwischen 32,5 und 64,0 mm. mit einer mittleren Länge von 44,1 mm.

Nach HERGENROEDER et al. (1982) variieren die Mesotendinea nach Größe, Konfiguration und Anzahl der Sehnenansätze. In unseren Untersuchungen fanden wir in 54 % eine oder mehrere Fenestrierungen im Mesotendineum vor. Dabei handelte es sich in 20% um eine einfache, bogenförmige Öffnung, die mit dem Boden des Karpaltunnels verwachsen war. Ihre Ränder waren entsprechend den Vorstellungen von HERGENROEDER et al. (1982) und ZBRODOWSKI et al. (1994) konkav ausgebuchtet. ZBRODOWSKI et al. (1994) beobachteten nur bei Vorhandensein eines parallelogrammförmigen metakarpalen Mesotendineums ein Vinculum tendineum, das sie als rudimentäre Sehne eines oberflächlichen Daumenbeugers ansahen. Dieses Vinculum verband das metakarpale Mesotendineum mit dem phalangealen oder mit der Mitte der proximalen Phalanx.

Während bei vielen Autoren die Begriffe „Vinculum“ und „Mesotendineum“ nahezu synonym gebraucht werden im Sinne von gefäßführenden dünnen Membranen , die sich zwischen Sehne und ihrer Scheidenwand ausspannen (ARMENTA und FISHER, 1984; FROHSE und FRÄNKEL, 1908; KAPLAN, 1984), wird von HERGENROEDER et al. (1982) herausgestellt, daß die Mesotendinea, im Gegensatz zu den Vincula, an der palmaren Seite der Sehne ansetzen. Unsere Ergebnisse konnten diese Aussage insofern bestätigen, da bei 7 (14%) unserer Präparate das Mesotendineum fest mit der

palmarer Seite des M. flexor pollicis longus verwachsen war. Diese Präparate wiesen ein- bis mehrere Fenestrierungen auf, deren Ränder mit der Flexor – pollicis – longus – Sehne verbunden waren. Meist waren die Mesotendinea, deren Fasern unter anderem aus Hüllschichten des superfiziell gelegenen N. medianus stammten, palmo – dorsal mit dem Boden des Karpaltunnels verwachsen oder verliefen halbmondförmig wieder nach radial unter die Sehne des M. flexor pollicis longus, um im Bereich des Metakarpalknochens anzusetzen. Wie auch aus Zeichnungen bei HERGENROEDER et al. (1982) hervorgeht, scheint das Mesotendineum die Flexor – pollicis – longus – Sehne von radial zu umschlingen.

Die Mesotendinea bzw. die Vincula führen Gefäße zur Sehne. HERGENROEDER et al. (1982) beschreiben das Vinculum breve, welches im distalen Bereich der proximalen Phalanx Gefäße zur Flexor – pollicis – longus – Sehne führt und das Mesotendineum, das Gefäße aus dem metakarpalen Anteil enthält. Zwischen beiden besitzt die Sehne ein avaskuläres Segment zwischen Vinculum und Mesotendineum. Im selben Segment wird von LUNDBORG (1979) eine Anastomose beschrieben. Generell wird diese Gefäßverteilung entlang der FPL–Sehne dadurch erklärt, daß Reibungskräfte in vaskularisierten Zonen vermieden werden sollen.

Die meisten Autoren sehen die Vincula als Platzhalter für Gefäße zur Versorgung der Sehnen an. Nur bei ARMENTA und FISHER (1984) werden sie auch als Halteapparat betrachtet, der ein gewisses Maß an Kraft aufnehmen kann. Unsere Beobachtungen ergaben, daß das karmo–metakarpale Mesotendineum des M. flexor pollicis longus aus einem sehr zarten Bindegewebe besteht, das keine Haltefunktion erlaubt.

Nach v. LANZ und WACHSMUTH (1959) verbindet das Mesotendineum das synoviale und das viszerale Blatt der Sehnenscheide. Die digitalen Sehnenscheiden der Finger II – IV sind in ihrem Verlauf vom Kopf der Metakarpalknochen bis zum distalen Interphalangealgelenk von einem inneren, viszeralen Blatt (Vagina synovialis) und einem äußeren, parietalen Blatt (Vagina fibrosa) umgeben (COHEN und KAPLAN, 1987; DOYLE und BLYTHE, 1975, 1977; JONES und AMIS, 1988; KANAVAL, 1939; KNOTT und SCHMIDT, 1986; SCHARIZER, 1981; STRAUCH und DE MOURA, 1985).

Außen befindet sich ein osteofibröser Kanal, der dorsal von Periost und den palmarer Platten sowie von den das parietale Blatt verstärkenden queren, ring – und

kreuzförmigen Bändern („pulleys“) palmar gebildet wird (COHEN und KAPLAN, 1987; DOYLE, 1989; DOYLE und BLYTHE 1975, 1977; HOVING und HILLEN, 1989; KANAVAL, 1939; KNOTT und SCHMIDT, 1986; SHREWSBURY, 2003). Das viszerale Blatt umgibt die Sehne und alle Strukturen, die in die Sehnenscheide eindringen, wie die Vincula und Mesotendinea (COHEN und KAPLAN, 1987; v. LANZ und WACHSMUTH, 1959).

Am Anfang und Ende der Sehnenscheide wie auch an Ein- und Austritt der Vincula geht das viszerale in das parietale Blatt über. Dabei schlagen beide Blätter am distalen Ende der Sehnenscheide ineinander um, während sie am proximalen Ende eine „präputium-ähnliche“ Doppelfalte bilden (DOYLE, 1988; KNOTT und SCHMIDT, 1986; SCHARIZER, 1981). STRAUCH und DE MOURA (1985) erklären, daß das parietale Blatt am proximalen Ende der Sehnenscheide zwei separate „cul-de-sacs“ bildet: ein „cul-de-sac“ für jede Sehne, um dann in das viszerale Blatt überzugehen. Dieser Ansatz wird in den Zeichnungen von WHITTAKER (1907) bestätigt.

Auch an den die Vagina fibrosa verstärkenden „pulleys“ bilden sich „cul-de-sacs“. Sie entstehen dadurch, daß das parietale Blatt, dem die „pulleys“ aufliegen, sie nach außen hin überlappt, dann wieder umschlägt und unter dem Band weiter verläuft. Es kommt demnach zu Ausbuchtungen der Sehnenscheide über jedem Rand eines „pulleys“ (DOYLE, 1988; DOYLE und BLYTHE, 1975; JONES und AMIS, 1988; STRAUCH und DE MOURA, 1985). Diese dienen der Beweglichkeit der Sehnenscheide. Sie wölben sich bei Flexion nach außen vor, sodaß die Bänder dicht aneinander zu liegen kommen. Sie werden bei Extension flacher (DOYLE, 1988; DOYLE und BLYTHE, 1975; HOVING und HILLEN, 1989; JONES und AMIS, 1988; STRAUCH und DE MOURA, 1985).

Bei unseren Untersuchungen am Daumen konnten wir feststellen, daß bei 6 Präparaten im Karpometakarpalbereich die Sehne des M. flexor pollicis longus „nackt“ unter dem Mesotendineum lag. Bei manchen dieser Hände setzten Fasern des Mesotendineums unmittelbar auf der Sehne an. Unterhalb dieser Fasern war die Sehne nicht bedeckt.

Eine klare Gliederung in ein parietales und viszerales Blatt, wie sie für die phalangealen Sehnenscheiden der Sehnen II – IV bekannt ist, konnten wir im Karpometakarpalbereich des Daumens nicht erkennen. Vielmehr spannt sich ein Mesotendineum, das von der

palmo – radiale Wand des Karpaltunnels ausgeht, nach ulnar aus, umschlingt die Flexor – pollicis – longus – Sehne wie eine Hülse, um schließlich dorso – radial der Sehne zu enden oder dorsal mit dem Boden des Karpaltunnels zu verwachsen. Manche Fasern spalten sich vom Hauptverlauf des Mesotendineums ab, um von radial kommend, direkt auf der palmaren Seite der Flexor – pollicis – longus – Sehne zu enden. An einigen Präparaten konnten wir radial der nach ulnar gerichteten Fenestrierung eine Umhüllung der Flexor – pollicis – longus – Sehne im Sinne eines viszeralen Blattes feststellen. VON ROSTHORN (1887) beschreibt eine derartige Membran, die in einzelnen Fällen die Flexor – pollicis – longus – Sehne überzieht und sich dorsalwärts wie ein Vinculum tendinum an der Knochenrinne der Sehne anheftet. Führt man eine Sonde in diese Membran ein, gelangt man von karpal nach phalangeal. In seltenen Fällen, in denen die Membran rings um die Sehne fixiert ist, konnte man die Sonde nicht vorschieben. Diese Darstellung ähnelt der Beschreibung eines Mesotendineums, wie wir es gefunden haben, insbesondere in Bezug auf die Anheftung an der Sehne. Bei unseren Präparaten war die Sehne einerseits von Synovium umhüllt, andererseits führten Fasern des Mesotendineums zur Sehne und verbanden sich mit ihr.

Im Karpalbereich erhält das Mesotendineum Fasern aus den bindegewebigen Hüllschichten des N. medianus (SCHMIDT und LANZ, 2003). An unseren Präparaten haben wir die Entfernung des N. medianus zur Flexor – pollicis – longus – Sehne an verschiedenen Stellen gemessen. Dabei ergab sich, daß die Medianusfasern mit einer mittleren Länge von 13,5 – 14,6 mm die Sehne umschlingen.

Nach SCHARIZER (1981) strahlen Sehnenzüge des M. adductor pollicis in die Sehnen Scheide des M. flexor pollicis longus ein. Auch in der Darstellung von SCHMIDT und FISCHER (1999), die einen y-förmigen Bandkomplex im phalangealen Teil der Sehnen Scheide untersuchten, gehen die Ansatzsehnen der Thenarmuskeln in die Verstärkungszüge der FPL-Scheide ein. Im Rahmen unserer Messungen des metakarpalen Anteils des Mesotendineums, dessen Länge im Mittel 34 mm betrug, konnten wir bestätigen, daß Fasern der Thenarmuskulatur in den metakarpalen Anteil des Mesotendineums einstrahlen. Dies wird durch die Beschreibung von COHEN und KAPLAN (1987) unterstützt, die für die Sehnen der Finger II – IV darlegen, daß die

Blätter der Sehnenscheide aus dem die Mm. lumbricales umgebenden Paratendineum hervorgehen.

Der M. flexor pollicis longus ist evolutionsgeschichtlich betrachtet ein junger Muskel. Bei Gorillas und Schimpansen kommt er nicht vor. Bei manchen Primaten sind Elemente des FPL zu finden, die sich in der Muskelmasse des M. flexor digitorum profundus verlieren. Manche Ausprägungen des FPL bei Primaten können als Variationen beim Menschen gefunden werden (MANGINI, 1960).

Phylogenetisch stammen FPL und FDP aus einer gemeinsamen mesodermalen Masse (KAPLAN, 1984; STAHL et al., 2005), woraus sich Verbindungen zwischen beiden ergeben können. LEIJNSE (1997) beschreibt eine hohe Inzidenz von Verbindungen vom proximalen FPL zum distalen Anteil des FDP des Index. Er stellte heraus, daß die sich vom M. flexor pollicis longus zum FDP II überkreuzenden Sehnenfasern zum Teil mit ihren Synovialscheiden verflochten sind.

In unserem Untersuchungsgut fanden wir eine Hand, die eine Verbindung vom M. flexor pollicis longus zum M. flexor digitorum profundus des Zeigefingers aufwies. Sie war 20 mm lang und maß 2 mm im Durchmesser. Wie von LEIJNSE (1997) beschrieben, zeigte unser Präparat verstärkte synoviale Fasern, die die akzessorische Sehne umgaben. Erstaunlicherweise fehlte bei diesem Präparat ein Mesotendineum der FPL – Sehne.

SCHMIDT und LANZ (2003) zitierten, daß nach LINBURG und COMSTOCK (1979) derartige akzessorische Sehnen in 25% einseitig und in 6% beidseitig auftraten. LINBURG und COMSTOCK (1979) stellten dar, daß diese Sehnenverbindung im Durchmesser 1,0 mm betragen, aber auch dem Durchmesser der Sehne des FDP II entsprechen kann. Sie betonten, daß es gelegentlich direkte tendinöse Verbindungen gibt, aber meist nur eine Verbindung aus verdicktem Synovium besteht.

Typisch für diese Anomalie ist die Unfähigkeit das Interphalangealgelenk des Daumens ohne gleichzeitige Flexion des distalen Interphalangealgelenks des Zeigefingers zu beugen. Nach LINBURG und COMSTOCK (1979) verursacht diese Unfähigkeit selten Symptome, die eine operative Korrektur erfordern, wogegen nach klinischen

Erfahrungen anderer Autoren (LOMBARDI et al., 1988; SLATER, 2001; STAHL et al., 2005) durchaus Operationen notwendig waren.

So berichten STAHL et al. (2005) von einer Patientin, bei der beidseitig eine Sehnenverbindung zwischen M. flexor pollicis longus und dem M. flexor digitorum profundus des Zeigefingers bestand. Hier bewirkte die Verbindung eine erneute Ruptur der zuvor genähten FPL - Sehne, da durch eine Greifbewegung der Patientin eine Kraftübertragung durch die akzessorische Sehne vom FDP II auf den FPL erfolgte.

SLATER (2001) gibt ein Fallbeispiel eines Karpaltunnelsyndroms und des gleichzeitigen Auftretens von zwei akzessorischen Sehnen, die, beide ausgehend vom FPL, zum FDP II und III verliefen. SLATER vermutet, daß die akzessorischen Sehnen möglicherweise eine Tendovaginose ausgelöst und es deshalb zum Karpaltunnelsyndrom kam. Die Symptome in Form von Schmerzen und Parästhesien endeten erst nach chirurgischer Revision des Karpaltunnels und Exzision der beiden Sehnenverbindungen.

Die Schlußfolgerung, daß eine tenosynoviale Hyperplasie ein Karpaltunnelsyndrom auslösen kann, wird von LOMBARDI et al. (1988) unterstützt. Sie fanden unter den chirurgisch explorierten Händen symptomatischer Patienten in einem Drittel keine tendinöse Verbindung, aber eine tenosynoviale Hyperplasie, die Adhäsionen zwischen FPL und FDP II hervorrief. Ihre Vermutung besteht darin, daß ein hypertrophes Tenosynovium an der Verbindung zwischen radialer und ulnarer Bursa, welches durch traumatische oder vorangegangene operative Einflüsse entstanden ist, ein Karpaltunnelsyndrom auslösen kann.

5. Zusammenfassung

An 50 formalinfixierten Händen von Erwachsenen beider Geschlechter wurde die Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus im karmo–metakarpalen Bereich präparatorisch dargestellt und vermessen. Neben einer variationsstatistischen Auswertung der Größenmerkmale wurden die Morphologie des Mesotendineums und sein Bezug zu benachbarten Strukturen untersucht.

Im Bereich des Karpus und Metakarpus geht die radiale Bursa, die den karpalen Anteil der Sehnenscheide des FPL darstellt, in ein Mesotendineum über, das bis zum Ringband A1 nach distal zieht. In dieses Mesotendineum strahlen proximal Hüllschichten des N. medianus und distal Fasern aus Faszien der Thenarmuskulatur ein.

Bezüglich des Aufbaus der Mesotendinea führten wir eine Typisierung durch.

In 32% fanden wir ein kontinuierliches Mesotendineum vor, welches die FPL – Sehne komplett umgab und von der radialen Bursa bis zum Ringband A1 zog. In 8% der Hände zeigte sich eine ähnliche Morphologie. Hier war das Mesotendineum jedoch nach dorsal hin offen, so daß die FPL–Sehne, unter dem überlappenden Mesotendineum versteckt, mit der Hohlhand verbunden war. Bei 27 der 50 Präparate (54%) wurde das Mesotendineum von einer nach ulno – palmar gerichteten Fenestrierung unterbrochen. In 6% war diese Öffnung so ausgeprägt, daß man nicht mehr von einem Mesotendineum sprechen konnte. Bei diesen 3 Händen lag eine zweigeteilte Sehnenscheide mit einem karpalen, entsprechend der radialen Bursa, und einem phalangealen Anteil vor.

Der Aufbau der Fenestrierungen gestaltete sich sehr unterschiedlich. Wir fanden in 20% eine große, bogenförmige Öffnung, die torartig bis auf den Boden des Karpaltunnels reichte. 17% der Hände wiesen entweder eine einfache, mitten im Mesotendineum liegende Öffnung auf oder enthielten einen komplexen Aufbau aus mehreren Fenestrierungen.

Im Mittel waren die Öffnungen in proximo – distaler Richtung 17,9 mm lang und in dorso – palmarer Richtung 7,3 mm breit.

Das Mesotendineum wies eine mittlere Länge von 44,1 mm. auf. Es umschlingt die Sehne des M. flexor pollicis longus von radio – palmar nach radio – dorsal. Dabei ist sein dorsaler Abschnitt in 68% mit dem Boden des Karpaltunnels verwachsen.

Sechs Hände wiesen eine von Synovium unbedeckte FPL – Sehne auf. Bei 7 Händen war das Mesotendineum mit der palmaren Seite der Sehne verwachsen.

In unserem Untersuchungsgut fand sich eine Hand mit der tendinösen Verbindung zwischen der FPL – Sehne und der Sehne des FDP des Zeigefingers. Diese Verbindung war von verstärkten synovialen Fasern umgeben.

6. Tabellarischer Anhang

Übersicht über die in den Tabellen verwendeten Symbole:

n = Umfang der Stichprobe

\bar{x} = arithmetischer Mittelwert

s = Standardabweichung der Stichproben

$s_{\bar{x}}$ = mittlerer Fehler des Mittelwertes

x_{inf} = kleinster Meßwert (Infimalwert)

x_{supr} = größter Meßwert (Supremalwert)

t-Test = Test nach GOSSET („Student“) für unverbundene Stichproben

Alle Meßwerte sind in Millimeter (mm) angegeben.

6.1. Karpo–metakarpales Mesotendineum des M. flexor pollicis longus

Tab. 1 Proximo – distaler Abstand des proximalen Umschlagrandes des karpalen Sehnenscheidensackes bis zur Unterkreuzung des M. adductor pollicis

	n	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	50	54,65	7,91	1,12	38,10	72,50	0,88
Rechts	25	54,82	8,09	1,62	38,70	72,10	
Links	25	54,56	12,77	2,55	38,10	72,50	

Tab. 2 Proximo – distale Länge des karpo – metakarpalen Mesotendineums der FPL - Sehne, gemessen vom distalen Rand des karpalen Sehnenscheidensackes bis zur Unterkreuzung der Sehne durch den M. adductor pollicis

	n	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	45	44,13	7,04	1,05	32,5	64,0	0,25
Rechts	23	45,34	7,47	1,56	33,2	64,0	
Links	22	42,85	6,30	1,34	32,5	59,1	

Tab. 1 Länge einer Fenestrierung im karpo – metakarpalen Mesotendineum des M. flexor pollicis longus

	n	\bar{x}	s	$\frac{s}{\bar{x}}$	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	29	17,87	7,07	1,31	3,2	35,2	0,39
Rechts	16	19,03	6,98	1,75	10,3	35,2	
Links	13	16,45	8,29	2,29	3,2	34,5	

Tab. 2 Höhe einer Fenestrierung im karpometakarpalen Mesotendineum des M. flexor pollicis longus

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	29	7,3	2,91	0,54	3,2	15,0	0,52
Rechts	16	6,97	2,66	0,67	3,8	13,0	
Links	13	7,71	3,14	0,87	3,2	15,0	

Tab. 3 Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus an der höchsten Stelle der Fenestrierung

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	22	10,07	2,84	0,61	5,9	17,3	0,53
Rechts	12	9,7	2,83	0,82	5,9	17,3	
Links	10	10,51	2,79	0,88	6,6	15,9	

Tab. 4 Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am proximalen Rand der Fenestrierung

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	22	14,6	2,89	0,62	8,6	21,3	0,15
Rechts	12	13,78	2,88	0,83	8,6	21,3	
Links	10	15,59	2,58	0,82	11,1	19,3	

Tab. 5 Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am distalen Rand der Fenestrierung

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	20	13,93	2,69	0,6	10,2	20,2	0,91
Rechts	12	13,87	2,52	0,73	10,2	20,2	
Links	8	14,03	2,93	1,04	10,3	19,8	

Tab. 6 Radio – ulnare Länge vom Oberrand des N. medianus bis zum Unterrand des M. flexor pollicis longus am distalen Rand der karpalen Sehnenscheide

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	44	13,45	2,17	0,33	8,1	17,3	0,75
Rechts	22	13,56	1,75	0,37	9,6	17,3	
Links	22	13,35	2,52	0,54	8,1	17,0	

6.2. Retinaculum flexorum

Tab. 9 Proximo – distale Breite des Retinaculum flexorum

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	50	26,83	5,34	0,76	18,6	47,1	0,29
Rechts	25	27,65	5,06	1,01	18,6	37,3	
Links	25	26,02	5,49	1,1	19,2	47,1	

6.3. Nervus medianus

Tab. 10 Breite des N. medianus am proximalen Rand des Retinaculum flexorum

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	49	7,47	1,53	0,22	4,8	12,8	0,76
Rechts	25	7,54	1,39	0,28	5,3	10,6	
Links	24	7,4	1,66	0,34	4,8	12,8	

Tab. 11 Breite des N. medianus am distalen Rand des Retinaculum flexorum

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	45	8,1	1,69	0,25	5,2	12	0,89
Rechts	24	8,13	1,55	0,32	5,5	11,5	
Links	21	8,06	1,84	0,4	5,2	12	

6.4 Hüllschichten des Nervus medianus auf Höhe des Retinaculum flexorum

Tab. 12 Proximo – distale Länge der dünneren Hüllschichten des N. medianus

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	19	15,34	6,15	1,41	5,9	30,3	0,19
Rechts	8	13,15	5,15	1,82	5,9	23,4	
Links	11	16,94	6,32	1,91	9,0	30,3	

Tab. 13 Proximo – distale Länge der dickeren Hüllschichten des N. medianus

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	18	11,73	3,04	0,72	7,0	18,5	0,40
Rechts	8	12,45	3,05	1,08	7,6	18,5	
Links	10	11,15	2,91	0,92	7,0	15,4	

Tab. 14 Radio - ulnare Breite der dünneren Hüllschichten des N. medianus

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	18	6,27	2,19	0,52	2,6	10,6	0,64
Rechts	8	5,98	2,21	0,78	2,6	10,1	
Links	10	6,5	2,16	0,68	3,0	10,6	

Tab. 15 Radio – ulnare Breite der dickeren Hüllschichten des N. medianus

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	18	6,13	2,55	0,6	2,9	12,5	0,32
Rechts	8	5,48	1,25	0,44	3,4	7,4	
Links	10	6,65	3,13	0,99	2,9	12,5	

Tab. 16 Radio – ulnare Breite der Hüllschichten des N. medianus bei gleichbleibender Dichte

	n	\bar{x}	S	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	14	6,68	1,51	0,40	4,9	10,8	0,89
Rechts	7	6,61	1,09	0,41	5,3	8,4	
Links	7	6,74	1,84	0,69	4,9	10,8	

6.5 Metakarpales Mesotendineum des M. flexor pollicis longus

Tab. 17 Proximo – distale Länge des Mesotendineum vom distalen Rand des Retinaculum flexorum bis zum Ringband A1

	n	\bar{x}	s	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	33	33,96	3,67	0,64	26,7	42,1	0,73
Rechts	15	34,21	4,23	1,09	26,7	42,1	
Links	18	33,74	3,11	0,73	26,9	37,7	

Tab. 18 Proximo – distale Länge des dichteren Anteils des Mesotendineums

	n	\bar{x}	s	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	2	8,1	2	1,41	6,1	10,1	
Rechts	1	6,1					
Links	1	10,1					

Tab. 19 Proximo – distale Länge des dünneren Anteils des Mesotendineums

	n	\bar{x}	s	$S_{\bar{x}}$	X_{inf}	X_{supr}	t-Test
Gesamt	2	29,55	5,85	4,14	23,7	35,4	
Rechts	1	35,4					
Links	1	23,7					

7. Abkürzungen

ADP	M. adductor pollicis
C	Os capitatum
Cc	Canalis carpi
cm	Zentimeter
dist	distal
FDP	M. flexor digitorum profundus
FDS	M. flexor digitorum superficialis
FPL	M. flexor pollicis longus
L	Os lunatum
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M	Mesotendineum
M.	Musculus
Mm.	Musculi
mm	Millimeter
N.	Nervus
Nm	Nervus medianus
RB	radiale Bursa
RF	Retinaculum flexorum
S	Os scaphoideum
T	Os trapezium
UB	ulnare Bursa

8. Literaturverzeichnis

- 1 ARMENTA E, FISHER J. Anatomy of the flexor pollicis longus vinculum system. J Hand Surg 1984; 9A: 210 – 212
- 2 COHEN MJ, KAPLAN L. Histology and ultrastructure of the human flexor tendon sheath. J Hand Surg 1987; 12A: 25 – 29
- 3 DOYLE JR. Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system. J Hand Surg 1988; 13A: 473 – 484
- 4 DOYLE JR. Anatomy of the flexor tendon sheath and pulley system: A current review. J Hand Surg 1989; 14A: 349 – 351
- 5 DOYLE JR, BLYTHE WF. Anatomy of the flexor tendon sheath and pulleys of the thumb. J Hand Surg 1977; 2: 149 – 151
- 6 DOYLE JR, BLYTHE W. The finger flexor tendon sheath and pulleys: anatomy and reconstruction. Amer Acad Orthop Surg (AAOS) Symposium on tendon surgery in the hand, St. Louis : C.V. Mosby, 1975; 81 – 87
- 7 FROHSE F, FRÄNKEL M. Die Muskeln des menschlichen Armes. In: v. BARDELEBEN K, Hrsg. Handbuch der Anatomie des Menschen, 2. Abt., 2. Teil. Jena: Fischer, 1908; 144 – 146, 264 – 284
- 8 HERGENROEDER PT, GELBERMAN RH, AKESON WH. The vascularity of the flexor pollicis longus tendon. Clin Orthop 1982; 102: 298 – 303

- 9 HOVING EW, HILLEN B. Functional anatomy of the vagina fibrosa of the flexors of the fingers. *J Hand Surg* 1989; 14B: 99 – 101
- 10 JONES MM, AMIS AA. The fibrous flexor sheaths of the fingers. *J Anat* 1988; 156: 185 – 196
- 11 KANAVAL AB. Infections of the hand. 7th Edition, Philadelphia : Lea & Febiger, 1939
- 12 KAPLAN EB. Functional and surgical anatomy of the hand. 3rd Edition, Philadelphia: Lippincott, 1984
- 13 KNOTT C, SCHMIDT HM. Die bindegewebigen Verstärkungseinrichtungen der digitalen Sehnenscheiden an der menschlichen Hand. *Gegenbaurs morph Jahrb* 1986; 132: 1 – 28
- 14 LANDSMEER JMF. Atlas of anatomy of the hand. Edinburgh – London – New York: Churchill Livingstone, 1976
- 15 LANZ T v., WACHSMUTH W. Praktische Anatomie. Bd. 1, 3. Teil: Arm 2. Aufl. Berlin – Göttingen – Heidelberg : Springer 1959
- 16 LEIJNSE JNAL . A generic morphological model of the anatomic variability in the M. flexor digitorum profundus, M. flexor pollicis longus and Mm. lumbricales complex. *Acta Anat* 1997; 160: 62 –74
- 17 LINBURG RM, COMSTOCK BE. Anomalous tendon slips from the flexor pollicis longus to the flexor digitorum profundus. *J Hand Surg* 1979; 4: 79 – 83
- 18 LOMBARDI RM, WOOD MB, LINSCHIED RL. Symptomatic restrictive thumb–index flexor tenosynovitis: incidence of musculotendinous anomalies and results of treatment. *J Hand Surg* 1988; 13A: 325 – 328

- 19 LUNDBORG G. The vascularization of the human flexor pollicis longus tendon. *The Hand* 1979; 11: 28 – 33
- 20 MANGINI U. Flexor pollicis longus muscle. *J Bone Jt Surg* 1960; A 42: 467 – 470
- 21 POIRIER P, CHARPY A. *Traité d'Anatomie Humaine. Tome III.* Paris : Masson, 1901
- 22 RESNICK D. Roentgenographic anatomy of the tendon sheaths of the hand and wrist: tenography. *Am J Roentgenol* 1975; 124: 44 - 51
- 23 ROSTHORN v. A. Die Synovialsäcke und Sehnenscheiden in der Hohlhand. *Arch Klin Chir* 1887; 34: 813 – 842
- 24 SCHARIZER E. Die Makroanatomie der Beugesehnen. *Akt Traumatol* 1981; 11: 75 – 80
- 25 SCHELDROP EW. Tendon sheath patterns in the hand. *Surg Gynec Obstetr* 1951; 93: 16 – 22
- 26 SCHMIDT H–M. Zur klinischen Anatomie der Sehnen und Sehnenscheiden der menschlichen Hand (Referat). *Verh Anat Ges* 81. Jena : Fischer, 1987: 293 – 310
- 27 SCHMIDT H–M, FISCHER G. Die Verstärkungsbänder der Sehnenscheide des M. flexor pollicis longus. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 362 – 366
- 28 SCHMIDT H–M, LANZ U. *Chirurgische Anatomie der Hand.* Stuttgart: Hippokrates, 1992
- 29 SCHMIDT H–M, LANZ U. *Chirurgische Anatomie der Hand. 2. Aufl.* Stuttgart: Thieme, 2003

- 30 SHREWSBURY M. Pollical oblique ligament in humans and non-human primates. *J Anat* 2003; 202: 397 – 407
- 31 SLATER RR. Flexor tendon anomalies in a patient with carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg* 2001; 26B: 373 – 376
- 32 STAHL S, STAHL S, CALIF E. Failure of flexor pollicis longus repair caused by anomalous flexor pollicis longus to index flexor digitorum profundus interconnections: a case report. *J Hand Surg* 2005; 30A : 483 – 486
- 33 STRAUCH B, DE MOURA W. Digital flexor tendon sheath: an anatomic study. *J Hand Surg* 1985; 10A: 785 – 789
- 34 WESTON WJ. The digital sheaths of the hand. *Aust Radiol* 1969; 13: 360 – 364
- 35 WHITTAKER CR. The arrangement of the synovial membrane in the palmar digital sheaths. *J Anat Physiol* 1907; 41: 155 – 157
- 36 ZBRODOWSKI A, GAJISIN S, BEDNARKIEWICZ M. Mesotendons of the flexor pollicis longus muscle. *Acta anat* 1994; 151: 131 – 137

Meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Hans–Martin Schmidt möchte ich herzlich für die Vergabe des Themas und seine freundliche und hilfsbereite Betreuung bei der Erstellung dieser Dissertation danken.

Großer Dank gilt auch meinen Eltern und meiner Schwester, die mich stets ermutigt und unterstützt haben.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Tanzpartner Jan Niemeyer für seine Hilfe bei der Fertigstellung dieser Arbeit bedanken

