

Neuere Untersuchungen der Fasertexturen am palmodigitalen Übergang

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

vorgelegt von
Nadine José Gonzalez
aus: Bonn

2006

Angefertigt mit der 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: 28.07.2006

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 lieben Eltern

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	6
Material und Methoden	9
Ergebnisse	12
Makroskopische Anatomie der Fasciculi longitudinales	12
Größenmerkmale der Fasciculi longitudinales an Zeige-, Mittel- und Ringfinger	17
Makroskopische Anatomie der sagittalen Septen der Mittelhand	21
Größenmerkmale der sagittalen Septen der Zeige-, Mittel- und Ringfinger	23
Makroskopische Anatomie des Überganges der Längszügel der Palmaraponeurose nach distal–dorsal und der retrovaskulären Schrägfasern	31
Größenmerkmale der Längszügel am Übergang nach distal-dorsal und den retrovaskulären Schrägfasern der Zeige-, Mittel- und Ringfinger	33
Makroskopische Anatomie des Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“)	44
Größenmerkmale des Lig. metacarpale transversum superficiale	46
Makroskopische Anatomie der peritendinösen Kreuzfasern	50
Größenmerkmale der peritendinösen Kreuzfasern an Zeige-, Mittel- und Ringfinger	51
Diskussion	60
Zusammenfassung	74
Literaturverzeichnis	76

Einleitung

Keine andere Region des Körpers stellt einen so ergiebigen „Tummelplatz“ für die Bindegewebepräparation dar wie die Hand. Daraus ergeben sich zahlreiche Beschreibungen von Septen, Zügeln oder Bändern. In vielen Arbeiten, die sich über zwei Jahrhunderte erstrecken, konnten die großen Zusammenhänge mit allgemeiner Zustimmung geklärt werden. In vielen Details werden jedoch ganz unterschiedliche Standpunkte vertreten (GRAY, 1980).

Trotz jahrhundertelanger Untersuchungen erweist sich das Bindegewebegerüst der Hand auch heute noch als Mittelpunkt einer vor allem von Anatomen und Handchirurgen zumeist kontrovers geführten Diskussion. Besonders das faserige Bindegewebe der Hand steht wegen einer möglichen Beteiligung an der DUPUYTRENschen Erkrankung im Mittelpunkt des Interesses. Es war 1832 Baron Guillaume DUPUYTREN, der die schrumpfenden Längsfaszikel der Palmaraponeurose für das Krankheitsbild der „permanenten Fingerretraktion“ verantwortlich machte. Diese nach ihm benannte palmodigitale Kontraktur ist eine fibröse, proliferative Hyperplasie von Bindegewebestrukturen (Fibromatose) der Finger und Hohlhand. Heute leiden bis zu 1,9 Millionen Deutsche am Morbus DUPUYTREN (BRENNER et al., 1994, BRENNER et al., 2001).

Die Hand des Menschen besitzt ein komplex strukturiertes Bindegewebesystem, das in seiner Einheit die straffen Bänder des Skelettsystems, die Muskelhüllen des Thenars und Hypothenars, die dazwischen verspannte Palmaraponeurose, zahlreiche Septen und schließlich das feine Netz der Retinacula cutis, mit dem dazwischen liegendem Fettgewebe und vor allem der Haut vereint. Dieses Fasersystem ist in der bewegten Hand erheblichen dynamischen Lage- und Formveränderungen ausgesetzt. Entscheidende Kompartimente dieses Fasersystems stellen die Palmaraponeurose sowie das Ligamentum metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“) dar.

Die Palmaraponeurose, mit ihren Fasciculi transversi und longitudinales ist eine annähernd dreieckig geformte und mit der Haut verankerte Faserplatte (Abb. 2).

Zusammen mit dem „Schwimmband“ und den nach dorsal gerichteten Septen der Hohlhand bildet sie nach POISEL (1973) einen dreidimensionalen Bindegewebekörper. Bereits GRAPOW (1887) beschrieb diesen dreidimensionalen Bindegewebekomplex sehr ausführlich, verzichtete jedoch auf genaue Maßangaben. In der uns zur Verfügung stehenden Literatur fanden wir lediglich bei SCHMIDT u. LANZ (1992) und WETZEL (1994) genauere Größenangaben der Palmaraponeurose. In der vorliegenden Arbeit wurde die Ausmessung der Fasciculi longitudinales, des Lig. natatorium und der Verbindungsfasern zwischen Lig. natatorium und den Beugesehnscheiden (peritendinöse Kreuzfasern) unter Festlegung zahlreicher reproduzierbarer Meßpunkte durchgeführt. Somit liegen zusätzliche wichtige Maßangaben über die klinisch und funktionell wichtigen Bindegewebestrukturen der Hohlhand vor. Diese können eine umfassende Grundlage für die Beurteilung von pathologischen Veränderungen bilden. Verbindungsfasern zwischen dem Lig. natatorium und der Beugesehnscheide sind in der vorliegenden Literatur lediglich von MEINEL (1979, 1999) beschrieben worden, ohne jedoch ausführliche Maßangaben zu liefern.

Über die Fasciculi longitudinales sind dagegen zahlreiche Veröffentlichungen erschienen. ANSON u. ASHLEY (1946), GRAPOW (1887), KALBERG (1935/36) machen teilweise unterschiedliche Aussagen über die Anzahl der Längsfasern der Palmaraponeurose. Ebenso findet man über die Ausdehnungen der Fasciculi longitudinales im Bereich des palmodigitalen Übergangs sehr unterschiedliche Angaben. Nach FROHSE u. FRÄNKEL (1908), POISEL (1973), MC FARLANE (1974) und BUCKGRAMCKO (1981) ziehen sie über die Fasciculi transversi hinweg oder sie reichen lediglich bis zum Lig. natatorium (BOJSEN-MØLLER u. SCHMIDT 1994, CAUGHELL u. MC FARLANE 1988, SCHMIDT u. LANZ 1992).

Auch das Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“) ist immer wieder Mittelpunkt zahlreicher Untersuchungen gewesen. Da es seiner Textur nach kein Band (Ligamentum) im streng anatomischen Sinn, sondern lediglich ein in sich verflochtenes System von einzelnen Fasern darstellt, hat es trotzdem wichtige funktionelle Aufgaben zu erfüllen.

Es hemmt das Abspreizen der Finger und zügelt die Haut und die Leitungsbahnen im Bereich des palmodigitalen Überganges. WEIS-WALTER (1989) beschreibt es dagegen lediglich als Kunstprodukt der herkömmlichen anatomischen Präparation.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Fasciculi longitudinales, das Lig. natatorium und die Verbindungsfasern zwischen dem Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“) und den Beugesehnenscheiden präparatorisch dargestellt und vermessen. Die Ergebnisse werden mit den Angaben der Literatur verglichen. Sie sollen einen wichtigen Beitrag zur genaueren Kenntnis der an der Haut der Hand vorkommenden Verspannungsstrukturen liefern. Außerdem kann man die Resultate als eine Ergänzung zum besseren Verständnis pathologischer Vorgänge im Bereich des palmodigitalen Übergangs auffassen.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen am Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium), den Fasciculi longitudinales der Palmaraponeurose, den sagittalen Septen und den Fortsetzungen der Längszügel der Palmaraponeurose standen 60 Feuchtpräparate von Händen älterer Erwachsener beider Geschlechter aus dem Anatomischen Institut der Universität Bonn zur Verfügung. Nach lupenpräparatorischer Darstellung der Strukturen wurden insgesamt 40 Bestimmungen von Größenmerkmalen mit Hilfe eines Stechzirkels und eines Gleitzirkels mit Nonius (Schieblehre) durchgeführt.

Alle Meßwerte wurden variationsstatistisch ausgewertet. Dabei wurde der arithmetische Mittelwert (\bar{x}), die Standardabweichung (S), die Variationsbreite (X_{inf} und X_{supr}), die Gesamtsumme und die Differenz zwischen rechten und linken Meßwerten berechnet. Die Seitenunterschiede wurden mit Hilfe des t-Tests nach GOSSET („Student“) für den Vergleich zweier Mittelwerte unabhängiger Stichproben überprüft. Erläuterungen der verwendeten Symbole:

n	Umfang der Stichproben
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
S	Standardabweichung
X_{inf}	kleinster Messwert
X_{supr}	größter Messwert
t-Test	t-Test nach GOSSET („Student“)

Alle Meßwerte sind in mm angegeben.

Definition der Merkmalsbestimmungen:

- I. Fasciculi longitudinales der Palmaraponeurose an Zeige-, Mittel- und Ringfinger
 - A Größte Breite in Höhe der Schaftmitte des Os metacarpale
 - B Größte Breite in Höhe der distalen Hohlhandfurche
 - C Größte Breite in Höhe des proximalen Endes des sagittalen Septums

- II. Sagittale Septen der Mittelhand
 - D Größte Höhe am proximalen Ende
 - E Größte Höhe unter der distalen Hohlhandfurche
 - F Größte Länge des Lumbrikaliskanals auf der dorsalen Seite
 - G Größte Länge des Lumbrikaliskanals auf der palmaren Seite

- III. Fortsetzungen der Längszügel der Palmaraponeurose nach distal-dorsal, Untersuchungen an den retrovaskulären Schrägfasern
 - H Größte Länge vom Faserknoten zum metakarpophalangealen Vereinigungskern (ZANCOLLI - Komplex)
 - I Winkel zwischen der retrovaskulären Schrägfaser und dem Boden des Lumbrikaliskanals
 - J Größte Dicke der Schrägfasern
 - K Größte Breite in der Mitte der Schrägfasern

- L Größte Breite der retrovaskulären Schrägfasern an ihrem Ansatz im Hautverankerungssystem und dem ZANCOLLI-Komplex
- M Größter Abstand vom Faserknoten zur Grundgelenkfurche

IV. Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“)

- N Größte Länge, gemessen über der Mitte des Bandes von der radialen Seite des Zeigefingers zur Mitte des Bandes an der ulnaren Seite des Kleinfingers
- O ulnare Breite
- P radiale Breite
- Q_{ZF} Breite über dem Zeigefinger
- Q_{MF} Breite über dem Mittelfinger
- Q_{RF} Breite über dem Ringfinger
- Q_{KF} Breite über dem Kleinfinger

V. Peritendinöse Kreuzfasern am Zeige-, Mittel-, Ring- und Kleinfinger

- R Größte Länge radial
- S Größte Länge ulnar
- T Größte Breite der peritendinösen Kreuzfaserstruktur
- U Größte Dicke der radialen Faser
- V Größte Dicke der ulnaren Faser

Ergebnisse

Makroskopische Anatomie der Fasciculi longitudinales

Das Bild der palmaren Hohlhand ist durch zahlreiche Hautfurchen gekennzeichnet, die als Stauchungsfurchen genetisch vorgeprägt sind (Abb. 1). Sie entwickeln sich, trotz der Ähnlichkeit mit Gelenkbeugefurchen unabhängig von der Gelenkfunktion. Diese Furchen durchziehen die Greiffläche der Hand in unterschiedlichen Richtungsverläufen. Sie sind schräg oder quer zu den Fingerlängsachsen orientiert. Weiterhin stellen sie Reliefgrenzen dar, zwischen denen der beugeseitige Weichteilmantel der Hohlhand bei Fingerflexion zusammengedrückt wird. Dabei faltet sich die gestauchte Haut auf (Abb. 14). Bei Fingerstreckung wird die Haut wieder auseinander gezogen und abgeflacht. Straffe Retinacula cutis von der Palmaraponeurose aufsteigend, fixieren die Haut der Handinnenfläche (Abb. 13). Diese lässt sich daher nicht in Falten abheben und ist kaum verschieblich. Dichtgewebte Verbindungsfasern im gesamten Bereich der Hohlhand durchsetzen das subkutane Fettgewebe unter Bildung kleinerer und größerer Kammern. Eine Abscherung der Haut gegen die Unterlage beim Ergreifen fester Gegenstände wird somit verhindert. Außerdem schützen die gekammerten Fetträume die Weichteile der Hohlhand gegenüber punktförmigen Druckeinwirkungen. Die Palmaraponeurose ähnelt von palmar einer annähernd dreieckigen Faserplatte (Abb. 2). Sie besteht aus längsgerichteten, schrägen und quer ausgespannten Fasern. Ihre Basis ist zum distalen Ende der Hohlhand gerichtet. Sie zerfällt dort in einige wenige dünne Stränge, die in Richtung der Finger ziehen. Fasciculi transversi (Abb. 3) durchlaufen die Hohlhand quer. Die radiale Kante ist nach SCHMIDT u. LANZ (2003) im Mittel 50 mm lang, die ulnare 38 mm, während der Mittelabschnitt 42 mm mittlere Länge aufweist.

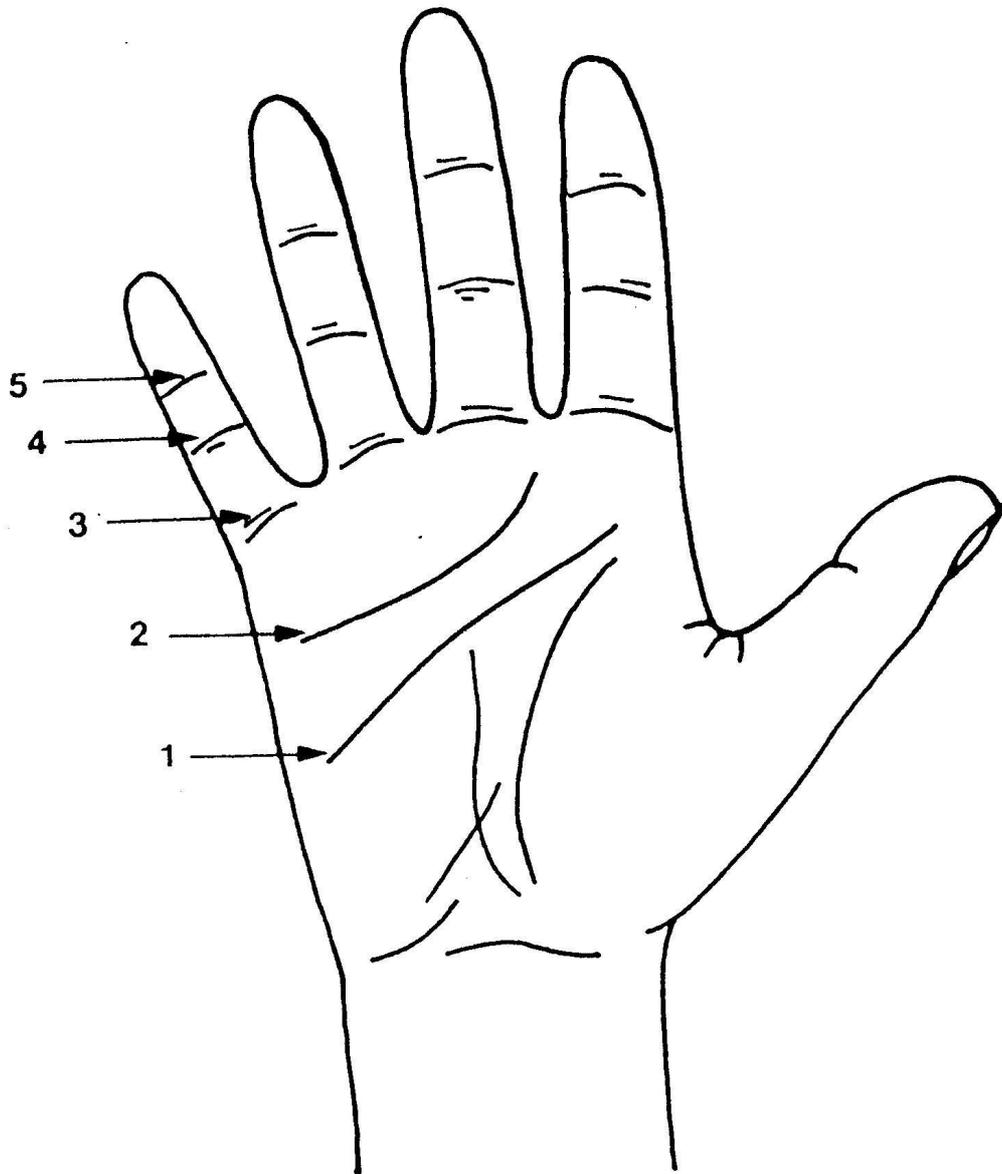


Abbildung 1 – Hautrelief der Hohlhand –

1 proximale quere Hohlhandfurche, 2 distale quere Hohlhandfurche, 3 Grundgliedfurche, 4 Mittelgelenkbeugefurche, 5 Endgelenkbeugefurche

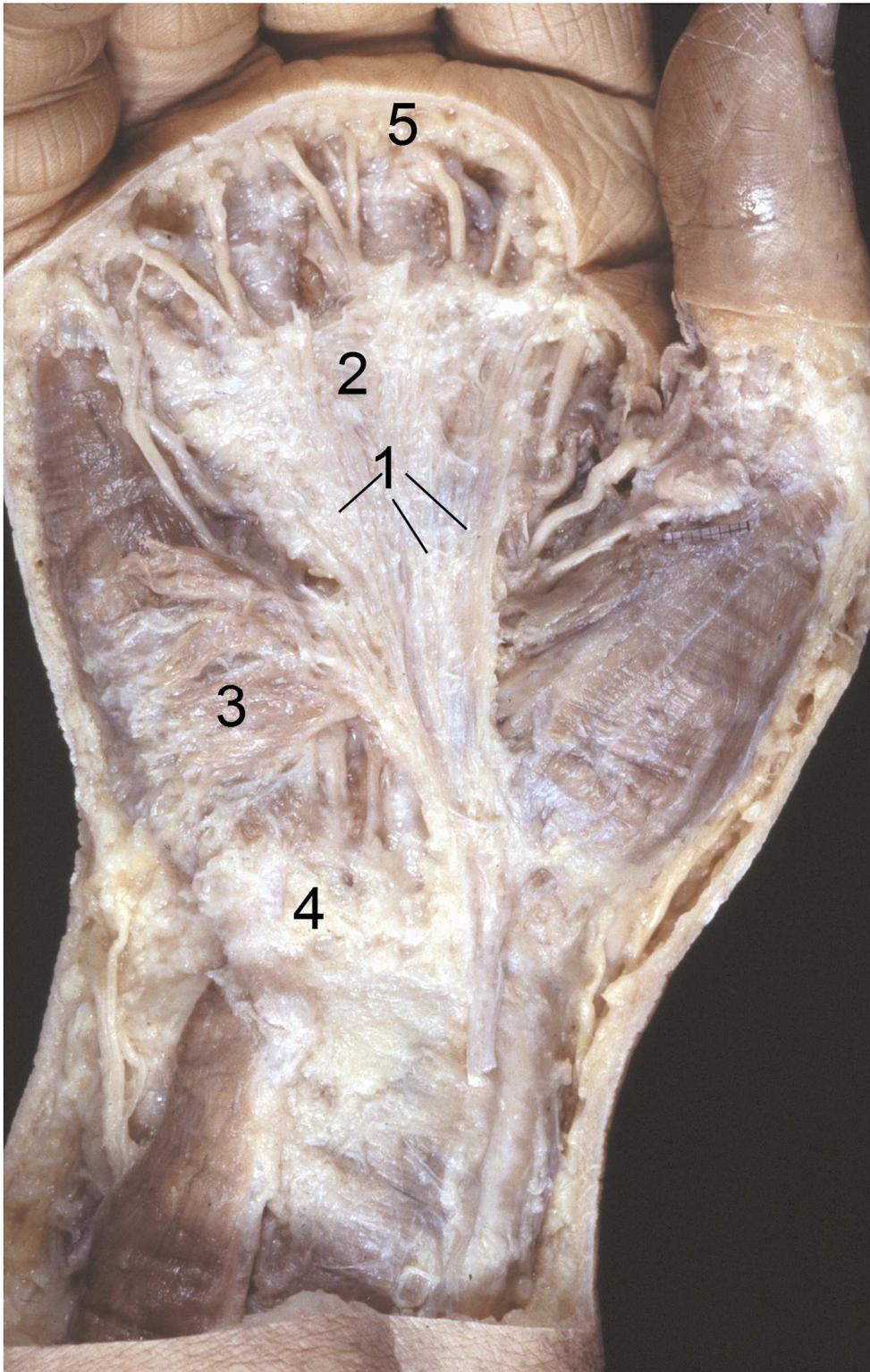


Abbildung 2 – Rechte Hand von palmar

1 Palmaraponeurose, 2 Fasciculi transversi, 3 M. palmaris brevis, 4 Lig. carpi palmare, 5 Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium; "Schwimmband")

In Höhe des Retinaculum flexorum, mit dem die Palmaraponeurose verwachsen ist, wird sie etwa 21 mm breit und läuft dann gegen die Finger im Mittel auf 55 mm erweitert aus (JOVERS, 1991). Die Spitze zeigt nach proximal und kann als Fortsetzung der Sehne des M. palmaris longus aufgefasst werden. Von ulnar strahlen Fasern des M. flexor carpi ulnaris über das Lig. carpi palmare ein. Trägt man diese Fasern ab, werden quere (radioulnar) und schräg ausgespannte Fasern sichtbar. Die queren Faserzüge entsprechen den sehnigen Ursprüngen des M. palmaris brevis. Der distale Faserapparat der Palmaraponeurose besteht aus oberflächlichen Längsfasern, Fasciculi longitudinales, und tieferen quer verlaufenden Fasciculi transversi. Die Fasciculi longitudinales streben fächerartig in Richtung der Finger. Im distalen Drittel der Aponeurosis palmaris verlaufen die Fasciculi transversi dorsal zu den längsorientierten Fasern. Die Ausläufer der Palmaraponeurose im Bereich des palmodigitalen Übergangs weisen sehr verwickelte Verbindungen zu Nachbarstrukturen auf. Oberflächliche Anteile der Fasciculi longitudinales enden als vertikal zur Haut ziehende Fasern in etwa in Höhe der distalen Hohlhandfurche (Abb. 13). Jeweils radial und ulnar ziehen tiefere Fasern von den longitudinalen Faszikeln als retrovaskuläre Schrägfasern zur Außenseite der Beugesehnenscheide des Ringbandes A1 und zur Grundgelenkkapsel (Verbindung zum ZANCOLLI - Komplex) sowie zur Haut (Abb.13). Dieser von ZANCOLLI (1979) beschriebene Gewebereich setzt sich aus folgenden Strukturen zusammen: palmare Platte, Ligg. collateralia des Grundgelenkes, Lig. metacarpale transversum profundum, Lig. sagittale und das Ringband A1 (Abb. 12). Längsverlaufende oder paratendinöse Fasern zum Lig. metacarpale superficiale (Schwimmband) sind äußerst dünn und sehr spärlich vorhanden (Abb. 6). Sie lassen sich nur nach sehr sorgfältiger und vorsichtiger anatomischer Präparation darstellen.

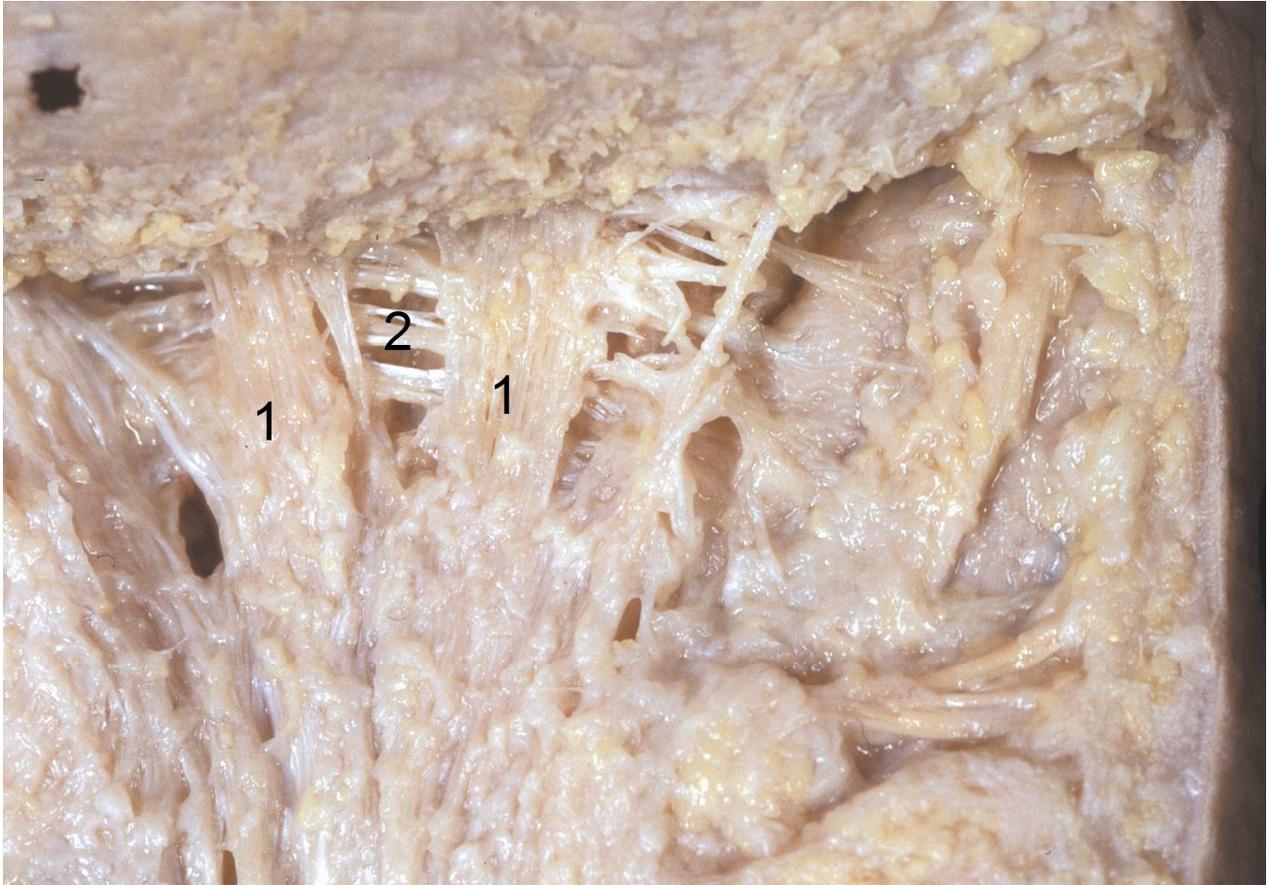


Abbildung 3 – Präparatorische Darstellung des distalen Abschnittes der Palmaraponeurose mit Fasciculi longitudinales (1) und transversi (2)

Größenmerkmale der Fasciculi longitudinales an Zeige-, Mittel- und Ringfinger

Zeigefinger

Für die Messung an den Zeigefingern standen uns insgesamt 17 Präparate zur Verfügung.

A) Die mittlere Breite der Längsfaszikel (Merkmal A) unseres Untersuchungsgutes in Höhe der Schaftmitte des 2. Mittelhandknochens beträgt 5,5 mm. Die Spannweite reicht von 3,5 bis 8,5 mm. Der Seitenunterschied ist mit 5,6 mm rechts und 5,3 mm links äußerst gering. Für das Merkmal A konnten wir bei den Zeigefingern, gegenüber dem Mittel- und Ringfinger, mit 3,5 mm insgesamt die geringste Breite messen.

B) In Höhe der distalen Hohlhandfurche (Merkmal B) haben wir als mittlere Breite einen Wert von 5,3 mm errechnet. Die Spannweite reicht von 4,0 bis 7,0 mm. Der Rechts-Links-Unterschied ist mit 5,3 mm rechts gegenüber 5,4 mm links wenig auffallend.

C) Die mittlere Breite des Fasciculus longitudinalis in Höhe des proximalen Endes des sagittalen Septums (Merkmal C) beträgt 6,5 mm. Die Breite erstreckt sich von 3,5 mm bis 10 mm. Auch hier ist der Rechts-Links-Unterschied mit 6,9 mm rechts gegenüber 6,0 mm links nicht nennenswert. Wir beobachteten ein fächerförmiges Aufteilen der Fasern des Fasciculus longitudinalis. Oberflächliche Anteile steigen vertikal zur Haut (Abb. 13). Jeweils radial und ulnar ziehen tiefere Fasern zur Außenseite der Beugesehnscheide, an das Ringband A1 (und können hier in Verbindung mit dem ZANCOLLI - Komplex stehen), zur Grundgelenkkapsel und zur Haut. Dünnere längsverlaufende Fasern gehen kontinuierlich in das Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium) über.

Im Rechts-Links-Vergleich aller drei Merkmale konnte bei der statistischen Überprüfung keine Signifikanz festgestellt werden.

Tab.1 Größenmerkmale des Fasciculus longitudinalis, Zeigefinger

Merkmal A	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
gesamt	17	5,5	1,6	3,5	8,5	0,75
rechts	8	5,6	1,7	3,5	8,5	
links	9	5,3	1,5	4,0	8,0	
Merkmal B						
gesamt	17	5,3	1,1	4,0	7,0	0,75
rechts	8	5,3	1,0	4,0	7,0	
links	9	5,4	1,2	4,0	7,0	
Merkmal C						
gesamt	17	6,5	1,8	3,5	10,0	0,41
rechts	8	6,9	1,9	4,5	10,0	
links	9	6,0	1,7	3,5	8,0	

Mittelfinger

Für die Messungen an den Mittelfingern standen uns 16 Präparate zur Verfügung.

A) Die mittlere Breite der Fasciculi longitudinales über der Schaftmitte des Os metacarpale III (Merkmal A) beträgt 6,4 mm. Rechts haben wir eine mittlere Breite von 7,2 mm errechnet, links dagegen lediglich 5,5 mm. Auch hier besteht keine Signifikanz. Für das Merkmal A konnten wir an den Mittelfingern mit 10,0 mm die größte Breite messen. Es stellte sich heraus, dass am Mittelfinger der größte Wert für die Breite des Fasciculi longitudinales über der Schaftmitte abgegriffen werden konnte.

B) In Höhe der distalen Hohlhandfurche beträgt die mittlere Breite des Fasciculus longitudinalis 5,6 mm (Merkmal B). Die Spannweite erstreckt sich von 1,5 mm bis 8,5 mm. Auch hier konnten wir rechnerisch keine Signifikanz im Recht-Links-Vergleich feststellen.

C) Für das Merkmal C, also der größten Breite in Höhe des proximalen Endes des sagittalen Septums, konnten wir einen mittleren Wert von 4,7 mm errechnen. Wir maßen Werte von 1,0 mm bis 8,0 mm. Somit konnten wir für das Merkmal C bei den Mittelfingern die kleinste noch messbare Breite abgreifen. Der Unterschied zwischen rechts und links ist mit 1,0 mm links gegenüber 1,5 mm rechts äußerst gering.

Tab. 2 Größenmerkmale des Fasciculus longitudinalis, Mittelfinger

Merkmal A	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	16	6,4	1,9	4,0	10,0	0,34
Rechts	8	7,3	1,9	4,0	10,0	
Links	8	5,5	1,6	4,0	9,0	
Merkmal B						
Gesamt	16	5,6	2,1	1,5	8,5	0,92
Rechts	8	5,1	1,9	1,5	7,0	
links	8	5,5	2,4	2,5	8,5	
Merkmal C						
gesamt	16	4,7	2,2	1,0	8,0	0,66
rechts	8	5,1	2,3	1,5	8,0	
links	8	3,8	1,9	1,0	5,5	

Ringfinger

Für die Merkmale A-C standen uns 14 Ringfinger zur Verfügung.

A) Die größte Breite der Fasciculi longitudinales über der Schaftmitte des Os metacarpale IV (Merkmal A) beträgt 8,0 mm, während die mittlere 6,2 mm aufweist. Der Infimalwert liegt bei 4,5 mm. Auch hier ergab sich rechnerisch keine Signifikanz zwischen rechts und links. An drei Präparaten konnten wir keine Messungen vornehmen, da sich die Fasciculi longitudinales nicht exakt darstellen ließen.

B) Die mittlere Breite in Höhe der distalen Hohlhandfurche (Merkmal B) beträgt 5,9 mm. Die größte Breite konnten wir mit 8,5 mm beobachten. Der kleinste Wert beträgt hier 3,0 mm. Für die linken Ringfinger konnten wir eine mittlere Breite von 6,6 mm errechnen. Für die rechten lediglich 5,2 mm.

Für die Messungen bezüglich des Merkmals B stellten sich zwischen den einzelnen Fingern keine signifikanten Unterschiede heraus.

C) Für die übrigen Ringfinger konnten wir über dem proximalen Ende des sagittalen Septums eine mittlere Breite (Merkmal C) von 6,4 mm errechnen. Für die rechten Ringfinger ergaben sich 7,2 mm, gegenüber einer mittleren Breite links von 5,5 mm. Die

Messungen erstrecken sich von 2,0 mm bis 9,5 mm. Ein signifikanter Unterschied zwischen rechts und links besteht nicht.

An den Ringfingern fanden wir für die Breite des Fasciculus longitudinalis über dem proximalen Ende des sagittalen Septums die kleinsten Werte. Die Fasciculi longitudinalis der Zeige- und Mittelfinger sind in dieser Höhe mindestens 1,4 mm breiter als die der Ringfinger.

Tab. 3 Größenmerkmale des Fasciculus longitudinalis, Ringfinger

Merkmal A	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
gesamt	14	6,2	1,1	4,5	8,0	1,00
rechts	7	6,2	1,4	4,5	8,0	
links	7	6,2	0,9	5,0	7,5	
Merkmal B						
gesamt	14	5,9	1,6	3,0	8,5	0,16
rechts	7	5,3	1,4	3,0	7,0	
links	7	6,6	1,5	4,5	8,5	
Merkmal C						
gesamt	14	6,4	2,6	2,0	9,5	0,68
rechts	7	7,2	2,5	3,0	9,5	
Links	7	5,5	2,7	2,0	8,0	

Makroskopische Anatomie der sagittalen Septen der Mittelhand

Der tiefe Mittelhandraum wird von der Palmaraponeurose fast vollständig abgedeckt. Sie ist über neun senkrechte Septen (zwei marginale und sieben intermediäre) mit den tiefergelegenen Strukturen der Hohlhand verbunden. In Höhe der Ursprünge der Mm. lumbricales an den Sehnen des M. flexor digitorum profundus trennen diese sieben intermediären Septen das zentrale Kompartiment der Hohlhand in eine Serie von schmalen, radiär zu den Fingern auslaufenden Gleiträumen auf (Abb. 4). Sie unterteilen den distalen Teil der Hohlhand in acht Räume, in denen die Beugesehnen, die Mm. lumbricales und die Aa. und Nn. digitales palmares communes verlaufen. Alle Intermediärsepten gehen wie Schiffskiele aus absteigenden Fasern sowohl der transversalen als auch der longitudinalen Faszikel der Palmaraponeurose hervor (Abb. 5).

Fasern der Fasciculi longitudinales und transversi strahlen in die Septen ein und stehen wie diese mit dem Lig. metacarpale transversum profundum, der tiefen Hohlhandfaszie und der Faszie des M. adductor pollicis in Verbindung (Abb. 4). Die marginalen Septen haben ihren Ursprung an der Seitenwand des Karpalkanals und laufen radial über die Faszie des M. adductor pollicis und des ersten M. interosseus palmaris zur radialen Seitenwand des Lumbrikaliskanals des Zeigefingers, während das ulnare Septum über die Faszie der Hypothenarmuskulatur läuft und in die ulnare Seitenwand des Lumbrikaliskanals des Kleinfingers einstrahlt. In der Tiefe ist es am fünften Metakarpalknochen fixiert. Die intermediären Septen haben eine unterschiedliche Ausdehnung und reichen von der Zwischenfingerfalte der vier ulnaren Finger bis maximal zur Mitte der Metakarpalknochen. Sie schließen diesen halbmondförmig ab.

Die Septen beginnen nicht nebeneinander in einer Fluchtreihe, sondern sind etwas nach distal oder proximal versetzt angeordnet. Ihr freier proximaler Rand ist sichelförmig gestaltet. Die nach dorsal gerichtete Befestigung setzt sich in ihren Verbindungen in die tiefe Hohlhandfaszie und das tiefe quere Hohlhandband fort (Abb. 4).

Gemessen haben wir die Höhe der sagittalen Septen über dem proximalen Ende am Beginn des Lumbrikalkanals und in Höhe der distalen Hohlhandfurche. Die Länge des Lumbrikalkanals wurde von dorsal und von palmar bestimmt. Für die Vorbereitung der Präparation mussten die uns zur Verfügung stehenden Hände parallel zur Längsachse der Finger zersägt werden. Dabei erfolgte die Messung an der jeweils besser erhaltenen Schnittfläche. So ergaben sich Messungen für die radiale bzw. ulnare Seite der Finger.

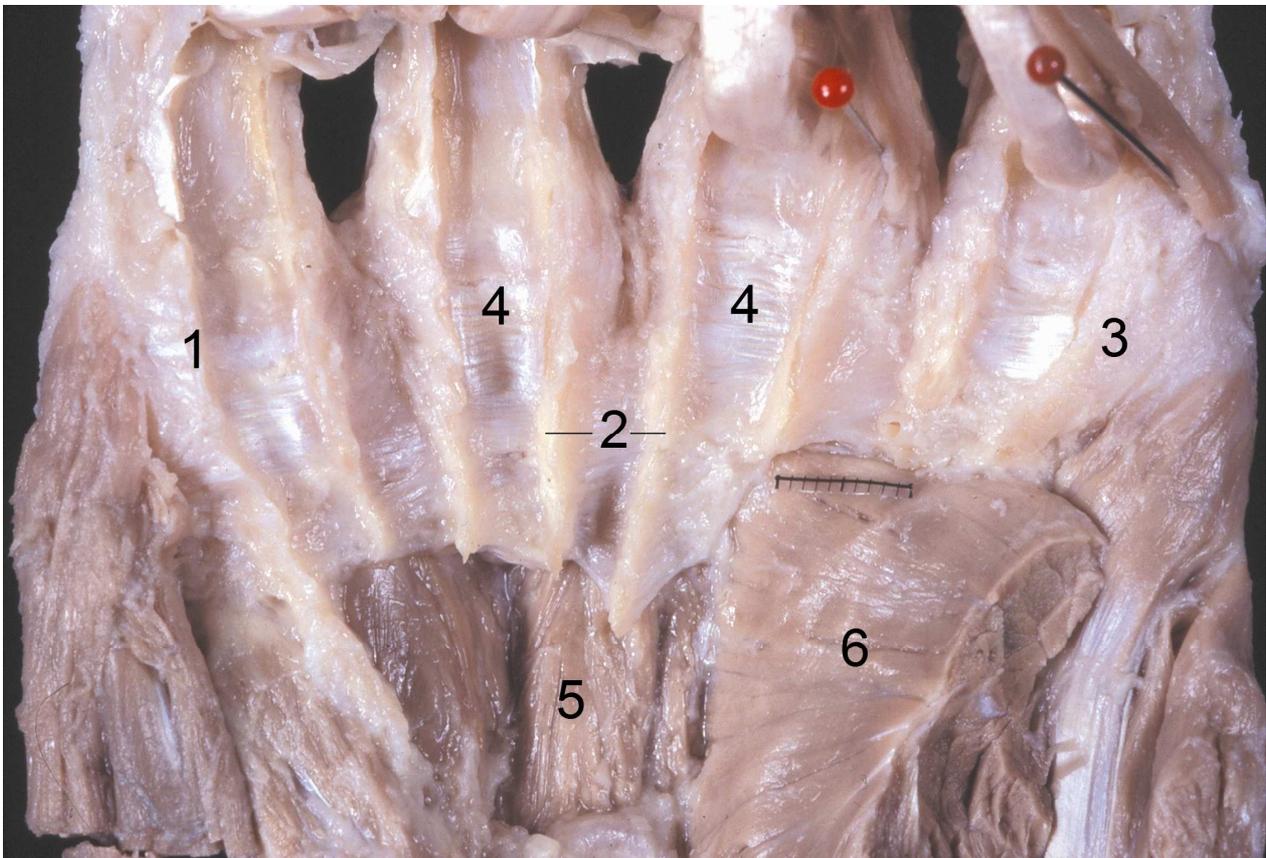


Abbildung 4 – Sagittale Septen der Hohlhand

1 *Septum marginale ulnare*, 2 *Septa intermedia*, 3 *Septum marginale radiale*, 4 *Lig. metacarpale transversum profundum*, 5 *Mm. interossei palmares*, 6 *Caput transversum des M. adductor pollicis* (Millimeterpapier)

Größenmerkmale der sagittalen Septen der Zeige-, Mittel- und Ringfinger

Zeigefinger

Für diese Messungen standen uns 17 Zeigefinger zur Verfügung.

D) Die mittlere Höhe des sagittalen Septums über dem proximalen Ende (Merkmal D) beträgt bei den Zeigefingern 8,1 mm. Der Rechts-Links-Unterschied ist mit 8,1 mm gegenüber 8,0 mm äußerst gering. Die Spannweite erstreckt sich von 6,5 mm bis 10,5 mm. Rechnerisch konnten wir keine Signifikanz erkennen.

E) Unter der distalen Hohlhandfurche konnten wir bei den Zeigefingern eine größte Höhe des sagittalen Septums (Merkmal E) von 9,5 mm abgreifen. Die mittlere Höhe beträgt 6,9 mm. Auch hier ist der Rechts-Links-Unterschied mit 0,62 mm nicht signifikant. Dies gilt ebenso für die Unterschiede zwischen rechts radial, rechts ulnar, links radial und links ulnar. Eine Signifikanz ergab sich rechnerisch ebenfalls nicht.

F) Die größte Länge des Lumbrikalkanals auf der dorsalen Seite (Merkmal F) konnten wir mit 18,0 mm beobachten. Die mittlere Länge beträgt 9,4 mm. Hier konnten wir im Rechts-Links-Vergleich, mit 8,2 mm gegenüber 11,1 mm, einen deutlichen Unterschied zugunsten der rechten Seite verzeichnen. Der kürzeste Lumbrikalkanal besitzt in den uns zur Verfügung stehenden Präparaten eine Länge 5,0 mm. Einen weiteren deutlichen Unterschied konnten wir im Vergleich der linken ulnaren und radialen Zeigefinger beobachten. Die größte Länge links radial beträgt 13,0 mm, links ulnar jedoch nur 9,2 mm.

G) Auf der palmaren Seite des Lumbrikalkanals konnten wir die größte Länge (Merkmal G) mit 19,5 mm beobachten, die kleinste beträgt 9,5 mm. Die mittlere Länge beträgt jedoch nur 12,2 mm und ist damit größer als die mittlere Länge auf dem Boden des Lumbrikalkanals. Auch hier konnten wir mit 3,9 mm einen deutlichen Rechts-Links-Unterschied beobachten. Hingegen ergibt sich im Vergleich zwischen links radial und

ulnar ein Unterschied von 1,5 mm zugunsten der links radial präparierten Finger. Eine Signifikanz ergab sich hier rechnerisch jedoch nicht.

Tab. 4 Größenmerkmale der sagittalen Septen, Zeigefinger

Merkmal D	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	17	8,1	1,3	6,5	10,5	0,35
Rechts	8	8,1	1,5	6,5	10,5	
Links	9	8,1	1,1	6,5	9,5	
rechts-radial	4	7,9	1,6	6,5	10,0	
rechts-ulnar	4	8,4	1,7	7,0	10,5	
links- radial	4	8,7	1,0	7,5	9,5	
links-ulnar	5	7,5	0,9	6,5	8,0	
Merkmal E						
Gesamt	17	6,9	1,4	5,0	9,5	0,95
Rechts	8	6,6	1,1	5,0	8,5	
Links	9	7,3	1,7	5,0	9,5	
rechts-radial	4	6,1	0,9	5,0	7,0	
rechts-ulnar	4	7,1	1,3	5,5	8,5	
links-radial	4	7,7	2,4	5,0	9,5	
links-ulnar	5	6,8	1,2	5,5	7,5	
Merkmal F						
Gesamt	17	9,4	3,1	5,0	18,0	0,91
Rechts	8	8,2	1,8	5,0	10,0	
Links	9	11,1	3,8	7,5	18,0	
rechts-radial	4	8,1	1,5	6,0	9,5	
rechts-ulnar	4	8,3	2,2	5,0	10,0	
links-radial	4	13,0	4,8	8,5	18,0	
links-ulnar	5	9,1	1,4	7,5	10,0	
Merkmal G						
Gesamt	17	12,2	3,1	9,5	19,5	0,78
Rechts	8	10,5	1,5	9,5	14,0	
Links	9	14,4	3,3	10,0	19,5	
rechts-radial	4	10,1	0,6	9,5	11,0	
rechts-ulnar	4	10,9	2,1	9,5	14,0	
links-radial	4	15,2	4,8	10,0	19,5	
links-ulnar	5	13,7	1,5	12,0	15,0	

Mittelfinger

An 16 Mittelfingern konnten wir die Untersuchung durchführen.

D) Im Bereich der Mittelfinger unseres Untersuchungsgutes beträgt die mittlere Höhe des Lumbrikaliskanals (Merkmal D) 8,2 mm, die größte 12,0 mm und die kleinste Höhe 4,0 mm. Im Vergleich zwischen rechts und links ergeben sich auch hier nur geringe Unterschiede mit 1,9 mm im Mittel. An rechts radial und links radial präparierten Händen fanden wir im Mittel eine Höhe von 2,3 mm. Der Unterschied zwischen rechts radial und rechts ulnar, sowie links radial und links ulnar ist nicht signifikant.

E) Mit den Messungen der Höhe der sagittalen Septen unter der distalen Hohlhandfurchung (Merkmal E) konnten wir feststellen, dass die Lumbrikaliskanäle an dieser Stelle kaum an Höhe verlieren. Die höchste Ausdehnung konnten wir mit 11,5 mm beobachten, im Mittel 7,2 mm. Der Seitenunterschied ist mit 6,2 mm rechts gegenüber 8,5 mm links nicht signifikant. Im Vergleich zwischen den Messungen rechts radial zu rechts ulnar bzw. links radial zu links ulnar ergeben sich minimale Unterschiede von 0,1 mm bis 0,5 mm. Die geringste Höhe hatte einen Wert von 3,5 mm.

F) Die dorsal gelegene größte Ausdehnung des Lumbrikaliskanals (Merkmal F) beträgt 25 mm gegenüber der geringsten mit 8 mm. Im Mittel konnten wir einen Wert von 14,7 mm errechnen. Auch hier ließen sich im Vergleich zwischen rechts und links, sowie zwischen rechts radial und rechts ulnar nur minimale Unterschiede beobachten. Lediglich der Vergleich zwischen links radial und links ulnar ergab einen Unterschied von 4,3 mm.

G) Die palmar gelegene größte Ausdehnung der Lumbrikaliskanäle beträgt 25,0 mm, die kürzeste dagegen 10,0 mm. Die mittlere Länge konnten wir mit 14,6 mm errechnen. Auch hier ergeben sich im Vergleich zwischen rechts und links, sowie rechts radial und rechts ulnar keine nennenswerten Unterschiede. Die linken Mittelfinger unseres Untersuchungsgutes jedoch wiesen zwischen den radial und ulnar gemessenen einen Unterschied von 14,4 mm auf. Auch hier beobachteten wir radial, mit einem mittleren Wert von 17,0 mm gegenüber ulnar 12,7 mm, einen längeren Lumbrikaliskanal.

Tab. 5 Größenmerkmale der Sagittale Septen, Mittelfinger

Merkmalsgruppe	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Merkmalsgruppe D						
Gesamt	16	8,2	2,1	4,0	12,0	0,45
Rechts	8	7,4	2,5	4,0	12,0	
Links	8	9,3	0,8	8,0	10,5	
rechts-radial	4	7,4	1,9	6,0	10,0	
rechts-ulnar	4	7,5	3,3	4,0	12,0	
links-radial	4	9,7	0,8	9,0	10,5	
links-ulnar	4	8,8	0,8	8,0	9,5	
Merkmalsgruppe E						
Gesamt	16	7,2	2,4	3,5	11,5	0,34
Rechts	8	6,2	2,3	3,5	10,0	
Links	8	8,6	1,8	6,5	11,5	
rechts-radial	4	6,1	2,0	4,5	9,0	
rechts-ulnar	4	6,3	2,9	3,5	10,0	
links-radial	4	8,8	2,4	6,5	11,5	
links-ulnar	4	8,3	1,6	6,5	9,5	
Merkmalsgruppe F						
Gesamt	16	14,8	5,2	8,0	25,0	0,94
Rechts	8	14,8	5,4	8,0	22,0	
Links	8	14,8	5,4	10,0	25,0	
rechts-ulnar	4	14,8	4,6	8,5	18,5	
links-radial	4	16,8	7,2	10,0	25,0	
links-ulnar	4	12,7	3,1	10,0	16,0	
Merkmalsgruppe G						
Gesamt	16	14,6	4,0	10,0	25,0	0,93
Rechts	8	14,4	4,8	10,0	25,0	
Links	8	14,8	3,1	12,0	19,5	
rechts-radial	4	15,5	6,5	11,0	25,0	
rechts-ulnar	4	13,4	2,9	10,0	16,5	
links-radial	4	17,0	3,1	13,5	19,5	
links-ulnar	4	12,7	0,8	12,0	13,5	

Ringfinger

Für die Messung dieser Merkmale standen uns 14 Ringfinger zur Verfügung.

D) Die höchste Ausdehnung des Lumbrikaliskanals am proximalen Ende (Merkmal D) beträgt 14,5 mm, die geringste 6,0 mm. Im Mittel errechneten wir 9,5 mm. Die Vergleiche der Messungen zwischen rechten und linken Ringfingern, sowie rechten Ringfingern auf der radialen gegenüber der ulnaren Seite ergaben jedoch keine signifikanten Unterschiede. Der Vergleich zwischen linken Ringfingern der radialen gegenüber der ulnaren Seite ergab jedoch eine rechnerische Differenz von 3,9 mm. Die Lumbrikaliskanäle der linken Ringfinger unseres Untersuchungsgutes sind auf der radialen Seite im Schnitt höher als auf der ulnaren. Eine statistische Signifikanz zwischen rechts und links besteht nicht.

E) Im Mittel beträgt die Höhe der Lumbrikaliskanäle unter der distalen Hohlhandfurche (Merkmal E) 6,2 mm. Die Spannbreite erstreckt sich von 1,0 mm bis 10,0 mm. Zwischen rechten und linken Ringfingern ergibt sich eine rechnerische Differenz von 1,4 mm. An den rechten Ringfingern konnten wir feststellen, dass der Lumbrikaliskanal unter der distalen Hohlhandfurche radial höher ist als ulnar. Die rechnerische Differenz liegt bei 1,8 mm.

F) Die größte dorsal gemessene Länge des Lumbrikaliskanals (Merkmal F) bei den Ringfingern unseres Untersuchungsgutes beträgt 26,0 mm gegenüber der geringsten von 13,0 mm. Im Mittel konnten wir einen Wert von 20,0 mm errechnen. Die linken Ringfinger wiesen mit einem Mittelwert von 22,5 mm einen längeren Lumbrikaliskanal auf, als die rechten mit 18,2 mm. Auch der Vergleich zwischen den rechten Ringfingern ergab einen deutlichen Unterschied. Während ulnar die mittlere dorsale Länge 21,0 mm beträgt, ergibt sie auf der radialen Seite lediglich 17,1 mm. Ähnliche Verhältnisse fanden wir bei den linken Ringfingern zugunsten der ulnaren Seite. Deutlich stellt sich hier auch der Unterschied zwischen rechts ulnaren und links ulnaren Ringfingern heraus. Die linken Ringfinger weisen auf der ulnaren Seite einen im Mittel 3,5 mm längeren Lumbrikaliskanal auf. Zusammenfassend finden sich die längsten Lumbrikaliskanäle an den linken Händen auf der ulnaren Seite.

G) Für die Länge des Lumbrikaliskanals der palmaren Seite (Merkmal G) konnten wir einen Wert von 20,0 mm ermitteln. Die Messungen erstrecken sich von 13,0 mm bis 25,0 mm. Auch hier besitzt die linke ulnare Seite die größten Werte für die palmare Ausdehnung der Lumbrikaliskanäle. Der Unterschied zwischen rechts und links beträgt 4,3 mm. Zwischen rechts ulnar und links ulnar können wir einen Unterschied von 3,5 mm beobachten. Auch der Vergleich der rechten und linken Ringfinger ergibt für die radiale Seite eine geringere Ausdehnung des Lumbrikaliskanals als für die ulnare.

Rechnerisch ergibt sich für alle drei Merkmale an den Ringfingern keine Signifikanz. Besonders an den Ringfingern konnten wir beobachten, daß Fasern aus den Fasciculi longitudinales in die sagittalen Septen einstrahlen (Abb. 4) und Verbindung zum tiefen queren Hohlhandband besitzen. Die unmittelbare Nähe der sagittalen Septen zum Lig. metacarpale transversum profundum konnten wir an einem Präparat besonders deutlich darstellen. Die Funktion des tiefen queren Hohlhandbandes als Unterstützung der Führung der Beugesehnenscheide ist klar zu erkennen. Die einstrahlenden Fasern der Fasciculi longitudinales in die sagittalen Septen, sowie weiter in die Tiefe bis zum tiefen queren Hohlhandband, stellen straffe Verbindungen dar. Beim Greifen von festen Gegenständen wird somit die Verklammerung der Weichteile unterstützt.

Der Übergang von Fasern der Fasciculi longitudinales in die sagittalen Septen und in das Ringband A1 bzw. über die sagittalen Septen in das Ringband A1 stellte sich an den Ringfingern besonders gut dar.

Tab.6 Größenmerkmale der sagittale Septen, Ringfinger

Merkmal D	n	x	S	Xinf	Xsupr	t-Test
gesamt	14	9,5	2,7	6,0	14,5	0,68
rechts	7	9,8	3,0	6,0	14,5	
links	7	9,1	2,5	6,0	12,0	
rechts-radial	5	9,1	2,6	6,0	13,0	
rechts-ulnar	2	11,5	4,2	8,5	14,5	
links-radial	3	10,7	1,5	9,0	12,0	
links-ulnar	4	6,8	1,1	6,0	7,5	
Merkmal E						0,35
gesamt	14	6,2	2,4	1,0	10,0	
rechts	7	6,8	3,1	1,0	10,0	
links	7	5,4	0,8	4,0	6,0	
rechts-radial	5	7,3	1,6	7,0	9,5	
rechts-ulnar	2	5,5	6,4	1,0	10,0	
links-radial	3	5,2	1,0	4,0	6,0	
links-ulnar	4	5,8	0,4	5,5	6,0	
Merkmal F						0,27
gesamt	14	19,9	4,0	13,0	26,0	
rechts	7	18,8	4,7	13,0	26,0	
links	7	21,5	2,6	18,0	24,0	
rechts-radial	5	17,9	4,1	13,0	23,0	
rechts-ulnar	2	21,0	7,1	16,0	26,0	
links-radial	3	21,2	3,0	18,0	24,0	
links-ulnar	4	22,0	2,8	12,0	24,0	
Merkmal G						0,06
gesamt	14	20,0	4,0	13,0	25,0	
rechts	7	18,2	3,8	13,0	25,0	
links	7	22,5	2,7	19,0	25,0	
rechts-radial	5	17,1	2,9	13,0	20,5	
rechts-ulnar	2	21,0	5,7	17,0	25,0	
links-radial	3	21,2	2,9	19,0	24,5	
links-ulnar	4	24,5	0,7	24,0	25,0	

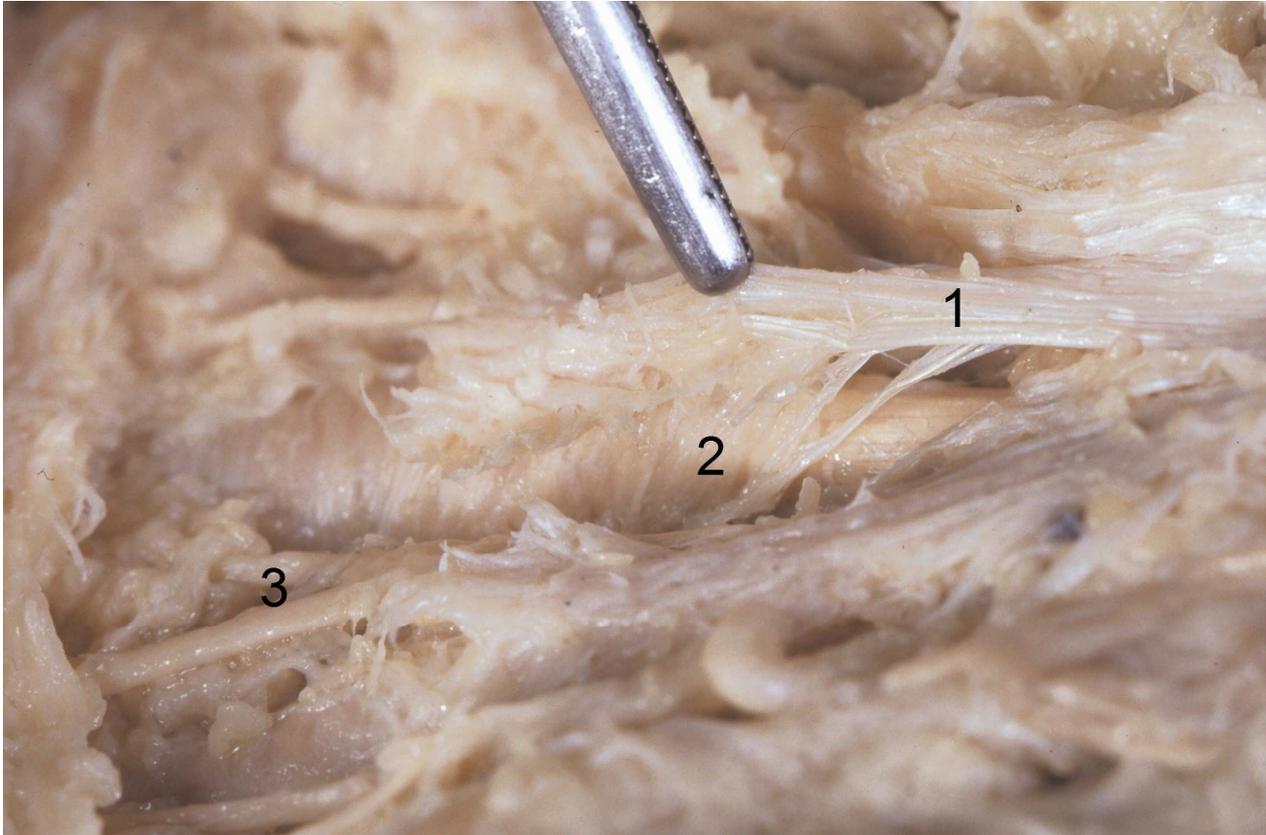


Abbildung 5 – Distaler Abschnitt der Palmaraponeurose

1 *Fasciculus longitudinalis*, 2 *Übergangsfasern in die sagittalen Septen des Mittelfingerstrahles*, 3 *Vasa und Nn. digitales palmares propriae*

Makroskopische Anatomie des Überganges der Längszügel der Palmaraponeurose nach distal–dorsal und der retrovaskulären Schrägfasern

Die distalen Ausläufer der Palmaraponeurose weisen sehr komplexe Verbindungen zu Nachbarstrukturen auf. Oberflächliche Anteile der Längszügel der Palmaraponeurose enden als vertikal zur Haut aufsteigende Fasern in Höhe der distalen Hohlhandfurche (Abb. 13). Jeweils radial und ulnar ziehen tiefere Fasern der longitudinalen Faszikel zur Außenseite der Beugesehnenscheide an das Ringband A1, zur Grundgelenkkapsel und zur Haut als retrovaskuläre Schrägfasern. Längsverlaufende prä- oder paratendinöse Fasern zum Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“) sind dünn und spärlich vorhanden. Diese, vereinzelt von den Fasciculi longitudinales nach distal und dorsal ziehende Fasern, strahlen in einen dicht gewebten Faserknoten ein (Abb. 7), der palmar vom metakarpophalangealen Vereinigungskern (ZANCOLLI - Komplex) liegt. Der ZANCOLLI - Komplex setzt sich aus folgenden Strukturen zusammen: palmare Platte und Ligg. collateralia des Grundgelenkes, Lig. metacarpale transversum profundum, Lig. sagittale und Ringband A1. In ihrer gesamten Zirkumferenz werden die Fingergrundgelenke durch dieses komplizierte System von Bindegewebestrukturen umhüllt. Es stabilisiert nicht nur den Bewegungsablauf in den Gelenken sondern führt auch die Strecksehnen, dient den Handbinnenmuskeln zum Ansatz, fixiert das Ringband A1 sowie die palmare Platte und zügelt letztlich den transversalen Metakarpalbogen. ZANCOLLI beschrieb diesen metakarpophalangealen Halteapparat (Abb. 12) schon 1979. Im speziellen ist er wie folgt aufgebaut: von der Sehne des M. extensor digitorum und ihren Ansatzfasern an der Basis des Grundgliedes löst sich die Pars transversa der Lamina intertendinea (LANDSMEER). Sie besteht seitlich des Gelenkes aus den einstrahlenden Fasern der Mm. interossei und einer fibrösen Lamelle (sagittales Band), die zusammen mit dem Kollateralband, dem Lig. metacarpale transversum profundum, der palmaren Platte und dem Ringband A1 den metakarpophalangealen Vereinigungskern bilden. Der Kern bildet die Grenze zwischen zwei Kompartimenten, einem dorsalen für das Grundgelenk und den periartikulären Strukturen, sowie einem palmaren für die Beugesehnen(scheide).

Verletzungen eines oder mehrer Bauteile können das Gleichgewicht am Gelenk ansetzender oder vorbeiziehender Kräfte empfindlich stören und zu einer Fehlstellung führen (SMITH u. KAPLAN 1967, HAKSTIAN u. TUBIANA 1967, FLATT 1971, MINAMI et al. 1985, YOUNG et al. 2000). Hierbei spielen die Zugrichtungen der Beugesehnen eine wichtige Rolle. Besonders auf den Zeige- und Mittelfinger wirken im jeweiligen Grundgelenk bei der Beugung starke, nach ulnar orientierte Kräfte ein. Geht die Zügelung verloren, ist eine ulnare Deviation die Folge.

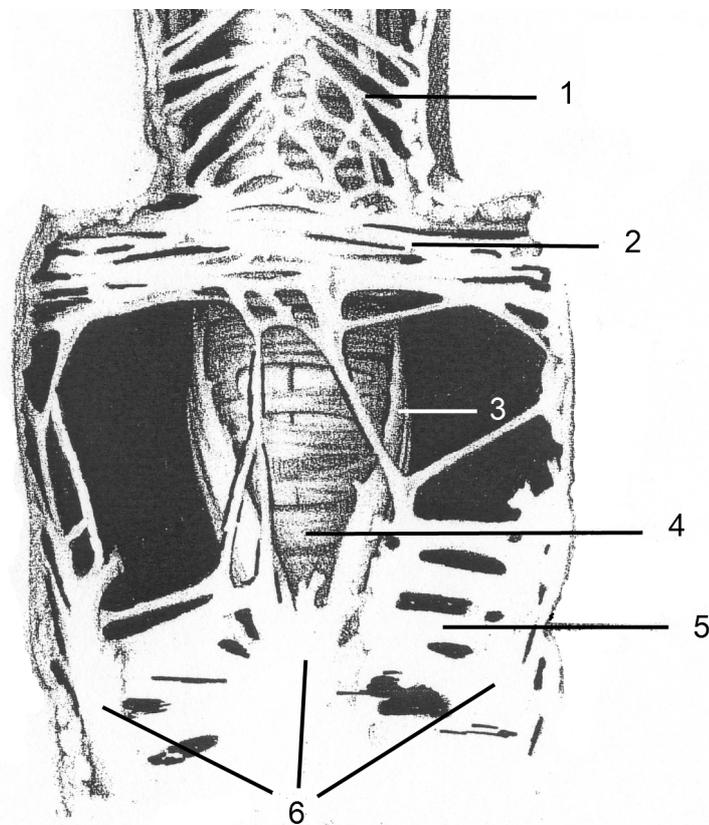


Abbildung 6 - Hautbänder am palmodigitalen Übergang des Mittelfingers. (Die vertikal zur Haut aufsteigenden Fasern sind abgetragen). - 1 GRAYSONsche Bänder, 2 Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium), 3 tiefe Fasern des Fasciculus longitudinalis, 4 Ringband A1, 5 Fasciculus transversus, 6 oberflächliche Fasern des Fasciculus longitudinalis (modifiziert nach SCHMIDT/LANZ Chirurgische Anatomie der Hand, Stuttgart, Thieme, 2003)

Größenmerkmale der Längszügel am Übergang nach distal-dorsal und den retrovaskulären Schrägfasern der Zeige-, Mittel- und Ringfinger

Zeigefinger

H) Für die größte Ausdehnung der Länge vom Faserknoten zum metakarpophalangealen Vereinigungskern (Merkmal H) konnten wir einen Wert von 25,0 mm messen. Auch fanden wir Faserknoten, die unmittelbar palmar vom metakarpophalangealen Vereinigungskern liegen. Im Mittel konnten wir einen Wert von 13,1 mm berechnen. Im Rechts-Links-Vergleich ergibt sich eine Abweichung von 3,6 mm. Auch das Verhältnis zwischen der radialen und der ulnaren Seite der rechten Zeigefinger ergibt eine Differenz von 6,0 mm zugunsten der ulnaren Seite. Das bedeutet, dass auf dieser Seite der Abstand zwischen dem Faserknoten und dem ZANCOLLI - Komplex deutlich länger ist, als auf der radialen Seite. Die Divergenz zwischen der radialen und ulnaren Seite der linken Finger beträgt 2,6 mm. Die Gegenüberstellung der gemittelten Werte für die radialen rechten und linken Finger ergibt eine Abweichung von 5,0 mm. Die Abweichung zwischen den ulnaren Seiten der rechten und linken Finger hingegen nur 2,6 mm. Dagegen ist der Abstand zwischen den Faserknoten und dem ZANCOLLI - Komplex auf der linken radialen und ulnaren Seite insgesamt länger als auf der rechten Seite. Bei einigen Fingern konnten wir jedoch feststellen, dass der Faserknoten unmittelbar in den metakarpophalangealen Vereinigungskern übergeht.

I) Für den Winkel zwischen den retrovaskulären Schrägfasern und dem Boden des Lumbrikaliskanals (Merkmal I) konnten wir im Mittel einen Wert von 11,8 Grad ermitteln. Die Ergebnisse erstrecken sich von 3,0 Grad bis 25,0 Grad. Dabei konnten wir in der Gegenüberstellung der rechten und linken Finger sowie des Vergleichs zwischen rechten Fingern radial und ulnar und linker Finger radial und ulnar keine nennenswerten Unterschiede erkennen. Auch der Vergleich der radialen bzw. ulnaren Seiten der rechten und linken Zeigefinger ergab keine größere Abweichung. Eine Signifikanz konnte rechnerisch nicht nachgewiesen werden.

J) Die kräftigsten retrovaskulären Schrägfasern unseres Untersuchungsgutes konnten wir mit einer Dicke (Merkmal J) von 10,0 mm ausmessen. Die dünnste Faser war 1,0 mm dick, gemessen an ihrer Mitte. Auch hier ergaben sich, wie im Merkmal I, keine signifikanten Unterschiede bei dem Vergleich der rechten gegenüber der linken und der rechten bzw. linken radialen und ulnaren Zeigefinger.

K) Die größte Breite in der Mitte der Schrägfasern (Merkmal K) beträgt 10,0 mm gegenüber der geringsten mit 1,0 mm. Im Mittel konnten wir einen Wert von 2,5 mm berechnen. Auch für dieses Merkmal konnte im Vergleich rechter und linker Finger kein statistisch gesicherter Unterschied festgestellt werden.

L) Um den Übergang der retrovaskulären Schrägfasern in das Hautverankerungssystem und dem ZANCOLLI - Komplex genauer dokumentieren zu können, wurde die Ansatzbreite der Fasern ausgemessen (Merkmal L). Im Mittel konnten wir einen Wert von 5,3 mm errechnen. Zwischen rechts und links ergab sich eine Differenz von 1,7 mm. Bei den rechten Zeigefingern zeigte sich, dass die Ansätze der retrovaskulären Schrägfasern auf der radialen Seite, mit einem gemittelten Wert von 9,0 mm gegenüber 3,8 mm, breiter sind als auf der ulnaren. Bei den linken Fingern stellte sich heraus, dass die Ansätze auf der ulnaren Seite breiter sind als die radialen. Eine Signifikanz ergab sich rechnerisch jedoch nicht.

M) Mit dem Merkmal M haben wir den Abstand zwischen dem Faserknoten und der Grundgelenkfurche der jeweiligen Finger genauer untersucht. Es stellte sich heraus, dass der weiteste Abstand 19,5 mm und der geringste 1,0 mm beträgt. Damit projiziert sich der Faserknoten annähernd auf die Grundgelenkfurche (Abb. 3 und Abb. 7). Im Mittel ergab sich ein Wert von 9,0 mm. Dabei stellte sich für die linken Zeigefinger mit 13,4 mm gegenüber den rechten mit 5,2 mm ein deutlicher Unterschied heraus. Im weiteren Vergleich beobachteten wir für die ulnaren Seiten der rechten und linken Zeigefinger längere Abstände als jeweils radial. Eine Signifikanz ergab sich rechnerisch jedoch nicht.

Tab. 7 Größenmerkmale der Längszügel am Übergang nach distal-dorsal und den retrovaskulären Schrägfasern der Zeigefinger

Merkmal H	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
gesamt	17	13,1	6,7	0,0	25,0	0,95
rechts	8	11,0	5,5	0,0	15,0	
links	9	14,6	7,4	0,0	25,0	
rechts-radial	4	8,0	6,9	0,0	12,0	
rechts-ulnar	4	14,0	1,0	1,3	15,0	
links-radial	4	13,0	1,3	0,0	25,0	
links-ulnar	5	15,6	3,7	1,0	19,0	
Merkmal I						0,81
gesamt	17	11,8	5,3	3,0	25,0	
rechts	8	11,4	6,8	3,0	25,0	
links	9	12,2	4,2	8,0	21,0	
rechts-radial	4	11,3	9,5	3,0	25,0	
rechts-ulnar	4	11,7	5,8	11,0	12,0	
links-radial	4	11,7	3,5	8,0	15,0	
links-ulnar	5	12,5	4,9	9,5	21,0	
Merkmal J						0,11
gesamt	17	2,7	1,0	1,0	10,0	
rechts	8	3,2	1,2	2,0	8,0	
links	9	2,2	0,6	1,0	10,0	
rechts-radial	4	3,7	1,5	2,0	8,0	
rechts-ulnar	4	2,7	0,6	2,0	4,5	
links-radial	4	2,0	0,0	2,0	8,0	
links-ulnar	5	2,3	0,8	1,0	10,0	
Merkmal K						0,11
gesamt	17	2,5	1,0	1,0	10,0	
rechts	8	3,2	1,2	2,0	8,0	
links	9	2,2	0,6	1,0	10,0	
rechts-radial	4	3,7	1,5	2,0	8,0	
rechts-ulnar	4	2,7	0,6	2,0	4,5	
links-radial	4	2,0	0,0	2,0	8,0	
links-ulnar	5	2,3	0,8	1,0	10,0	

Merkmal L						
gesamt	17	5,3	2,8	1,5	10,0	0,61
rechts	8	7,0	2,5	4,0	10,0	
links	9	4,2	2,6	1,5	10,0	
rechts-radial	4	9,0	1,4	8,0	10,0	
rechts-ulnar	4	5,7	2,1	4,0	8,0	
links-radial	4	2,7	1,3	1,5	4,0	
links-ulnar	5	5,1	2,8	3,0	10,0	
Merkmal M						
gesamt	17	9,0	6,1	1,0	19,5	0,21
rechts	8	5,3	3,7	1,0	10,0	
links	9	13,4	5,4	7,5	19,5	
rechts-radial	4	2,3	1,9	1,0	5,0	
rechts-ulnar	4	8,3	2,1	1,0	10,0	
links-radial	4	9,3	2,5	7,5	11,0	
links-ulnar	5	15,0	5,6	9,0	19,5	

Mittelfinger

H) Bei dem Merkmal H, das die Länge zwischen dem Faserknoten und dem ZANCOLLI-Komplex beschreibt, konnten wir im Mittel einen Wert von 17,3 mm errechnen. Zwischen rechts und links ergab sich keine Differenz. Die größte Länge ergab sich mit 24,0 mm, die geringste mit 11,5 mm. Bei den rechten Mittelfingern konnten wir einen Unterschied zwischen der radialen Seite mit 16,3 mm, und der ulnaren Seite mit 19,2 mm, feststellen. Bei den linken Mittelfingern verschiebt sich die Seitendifferenz zugunsten der radialen Seite. Die Abweichung liegt hier bei 1,4 mm. Rechnerisch konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden.

I) Der größte Winkel zwischen den retrovaskulären Schrägfasern und dem Boden des Lumbrikalkanals (Merkmal I) liegt bei den Mittelfingern bei 26,5 Grad. Der kleinste Winkel liegt bei 6,0 Grad. Im Mittel konnten wir einen Wert von 11,4 Grad ermitteln. Zwischen den rechten und linken Fingern ergibt sich eine Abweichung von 1,7 Grad. Die Differenz zwischen der radialen und der ulnaren Seite ist bei den rechten Fingern mit 5,2 Grad zugunsten der ulnaren, größer als bei den linken Fingern mit 3,5 Grad.

J) Die retrovaskulären Schrägfasern sind bei den Mittelfingern im Mittel 1,7 mm dick (Merkmal J). Die dünnste Faser beobachteten wir mit 0,5 mm. Im Mittel beträgt die Dicke 1,7 mm. Der Vergleich zwischen rechts und links ergibt hier eine nur minimale Differenz. Die radiale Seite, sowohl der rechten, als auch der linken Finger, war mit 2,0 mm im Mittel dicker als die der ulnaren Seite.

K) Die größte Breite in der Mitte der Faser (Merkmal K) beträgt 8,0 mm. Die kleinste konnten wir mit 0,5 mm ausmessen. Im Mittel fanden wir für die Breite der Schrägfaser 2,9 mm. Der Rechts-Links-Unterschied beträgt 0,8 mm zugunsten der linken Mittelfinger. Im Vergleich der beiden Seiten der rechten Mittelfinger, stellte sich eine Differenz von 2,5 mm zugunsten der radialen Seite dar. Innerhalb der Gruppe aller linken Finger ist der Unterschied gering. Rechnerisch konnten wir keine Signifikanz bestimmen.

L) Die größte Breite am Ansatz der Schrägfasern an der Haut (Merkmal L) und dem ZANCOLLI - Komplex beträgt 9,5 mm. Die kleinste liegt bei 4,0 mm. Rechnerisch konnten wir eine mittlere Breite von 5,7 mm bestimmen. Der Rechts-Links-Vergleich ergab keine statistisch gesicherten Unterschiede.

M) Bei der Messung der Abstände zwischen dem Faserknoten und der Grundgelenkfurche konnten wir den größten Abstand (Merkmal M) mit 16,0 mm bestimmen. Im Mittel konnten wir einen Wert von 8,2 mm errechnen. Der deutlichste Unterschied ergibt sich bei dem Vergleich der rechten radial bzw. ulnar präparierten Finger. Zugunsten der radialen Seite konnten wir einen Unterschied von 3,4 mm errechnen.

Tab. 8 Größenmerkmale der Längszügel am Übergang nach distal-dorsal und den retrovaskulären Schrägfasern der Mittelfinger

Merkmal H	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
gesamt	16	17,3	3,7	11,5	24,0	0,92
rechts	8	17,5	4,1	11,5	21,5	
links	8	17,2	3,6	13,0	24,0	
rechts-radial	4	16,3	5,2	11,5	21,5	
rechts-ulnar	4	19,2	1,0	18,0	20,0	
links-radial	4	18,0	5,0	13,0	24,0	
links-ulnar	4	16,4	2,1	13,5	18,0	
Merkmal I						
gesamt	16	11,4	5,8	6,0	26,5	0,78
rechts	8	12,2	7,6	6,0	26,5	
links	8	10,5	3,8	6,0	17,5	
rechts-radial	4	10,0	5,8	6,0	18,5	
rechts-ulnar	4	15,2	10,0	7,5	26,5	
links-radial	4	9,0	2,6	6,0	12,0	
links-ulnar	4	12,5	4,8	8,0	17,5	
Merkmal J						
gesamt	16	1,7	1,8	0,5	0,5	0,87
rechts	8	1,6	1,8	0,5	0,5	
links	8	1,9	1,9	0,5	0,5	
rechts-radial	4	2,0	2,1	0,5	0,5	
rechts-ulnar	4	0,8	0,4	0,5	0,5	
links-radial	4	2,0	2,6	0,5	0,5	
links-ulnar	4	0,8	1,7	0,5	0,5	
Merkmal K						
gesamt	16	2,9	2,5	0,5	8,0	0,71
rechts	8	2,4	2,1	0,5	6,0	
links	8	3,2	2,8	0,5	8,0	
rechts-radial	4	3,3	2,1	3,0	6,0	
rechts-ulnar	4	0,8	0,4	0,5	1,0	
links-radial	4	2,8	2,3	0,5	6,0	
links-ulnar	4	3,6	3,5	0,5	8,0	

Merkmal L						
gesamt	16	5,7	2,0	4,0	9,5	0,98
rechts	8	5,6	2,0	4,0	9,5	
links	8	5,7	2,1	4,0	8,0	
rechts-radial	4	5,8	2,6	4,0	9,5	
rechts-ulnar	4	5,5	1,5	4,0	7,0	
links-radial	4	6,0	2,8	4,0	8,0	
links-ulnar	4	5,5	2,2	4,0	8,0	
Merkmal M						
gesamt	16	8,2	4,3	0,0	16,0	0,77
rechts	8	7,7	4,0	0,0	12,0	
links	8	8,9	4,9	0,0	16,0	
rechts-radial	4	6,0	5,2	0,0	12,0	
rechts-ulnar	4	9,4	1,4	7,5	11,0	
links-radial	4	8,5	2,3	6,0	10,5	
links-ulnar	4	9,1	6,7	0,0	16,0	

Ringfinger

H) Im Bereich der Ringfinger konnten wir den längsten Abstand zwischen dem Faserknoten und dem ZANCOLLI - Komplex (Merkmal H) mit 29,0 mm beobachten. Der geringste Abstand beträgt 5,5 mm. Im Mittel errechneten wir einen Wert von 17,4 mm. Hierbei stellte sich im Rechts-Links-Vergleich kein wesentlicher Unterschied heraus. Im Seitenvergleich der jeweils rechten bzw. linken Ringfinger stellte sich jedoch heraus, dass die ulnare Seite größere Werte vorwies. Rechts beträgt der Unterschied zwischen der ulnaren und der radialen Seite 15,9 mm, zugunsten der ulnaren Seite. Bei den linken Fingern liegt die Abweichung bei 6,3 mm. Weiterhin fällt auf, dass bei den Ringfingern der längste Abstand zwischen dem Faserknoten und dem ZANCOLLI - Komplex gemessen werden konnte, gefolgt von den Zeige- und schließlich von den Mittelfingern.

I) Bei den Messungen der Winkel zwischen den retrovaskulären Schrägfasern und dem Boden des Lumbrikalkanals (Merkmal I) ist der Unterschied zwischen den einzelnen Seiten der rechten bzw. der linken Ringfinger sehr deutlich. Während bei den rechten Fingern die ulnare Seite größere Winkel aufweist, zeigt die ulnare Hälfte der linken Finger noch größere Werte. Der größte Winkel erreicht 31,0 Grad. Damit haben wir bei

den Ringfingern, im Vergleich mit den Zeige- und Mittelfingern, den größten Wert finden können. Im Rechts-Links-Vergleich fällt eine Differenz von 3,0 Grad auf. Auch hier ergibt sich rechnerisch keine Signifikanz.

J) Die kleinste Faserdicke (Merkmal J) beträgt 0,5 mm gegenüber 3,5 mm bei den am stärksten entwickelten. Im Mittel errechnete sich ein Wert von 1,7 mm. Damit liegen die Ringfinger, ebenso wie die Mittelfinger in ihren Dickenmaßen deutlich unter den Zeigefingern, die im Mittel einen Wert von 2,7 mm vorweisen. Der Vergleich ergibt einen Unterschied von 1,3 mm. Die radialen rechten Ringfinger weisen gegenüber den ulnaren eine doppelt so große Dicke auf. Bei den linken Fingern beobachteten wir ebenfalls bei der radialen Hälfte die größeren Werte.

K) Die größte Breite in der Fasermittelpunkt (Merkmal K) beträgt bei den Ringfingern unseres Untersuchungsgutes 8,0 mm. Die kleinste Breite maßen wir mit 0,5 mm. Im Mittel berechnete sich ein Wert von 3,0 mm. Die Differenz zwischen rechts und links liegt bei 2,0 mm.

L) Der breiteste Ansatz der Schrägfasern (Merkmal L) beträgt 10,5 mm. Damit fanden wir auch für dieses Merkmal die größten Werte bei den Ringfingern, gefolgt von den Zeige- und Mittelfingern. Exakt 3,7 mm beträgt die Differenz der mittleren Werte zwischen den rechten und den linken Fingern. Auch der Vergleich zwischen radial und ulnar der rechten Finger ergibt eine Differenz von 5,5 mm. Dagegen fällt der Unterschied bei den linken Fingern deutlich geringer aus.

M) Bei den Ringfingern konnten wir im Gegensatz zu den Zeige- und Mittelfingern an keinem Präparat die Übereinstimmung des Faserknotens mit der Grundgelenkfurche feststellen. Der kleinste Abstand (Merkmal M) liegt bei 2,0 mm. Der größte Abstand beträgt 17,0 mm. Für den mittleren Abstand errechnete sich ein Wert von 7,7 mm. Dabei ist der Abstand zwischen dem Faserknoten und der Grundgelenkfurche rechts, mit einem mittleren Wert von 10,4 mm, größer als links mit 3,8 mm. Der Abstand bei den linken Ringfingern auf der ulnaren Seite ist mit 12,5 mm am längsten.

Tab. 9 Größenmerkmale der Längsfaszikel am Übergang nach distal-dorsal und den retrovaskulären Schrägfasern der Ringfinger

Merkmal H	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
gesamt	14	17,4	6,6	5,5	29,0	0,62
rechts	7	16,2	9,4	5,5	29,0	
links	7	18,3	3,9	12,5	21,5	
rechts-radial	5	9,8	3,9	5,5	13,0	
rechts-ulnar	2	25,8	4,6	22,5	29,0	
links-radial	3	15,2	2,8	12,5	18,0	
links-ulnar	4	21,5	0,0	21,5	21,5	
Merkmal I						0,44
gesamt	14	15,3	6,1	8,0	31,0	
rechts	7	13,6	4,9	8,0	19,0	
links	7	16,7	7,1	12,0	31,0	
rechts-radial	5	13,3	4,7	8,0	17,0	
rechts-ulnar	2	14,0	7,1	9,0	19,0	
links-radial	3	20,0	9,5	14,0	31,0	
links-ulnar	4	13,3	1,2	12,0	14,0	
Merkmal J						0,12
gesamt	14	1,7	1,1	0,5	3,5	
rechts	7	2,5	1,0	1,5	3,5	
links	7	1,3	1,0	0,5	2,5	
rechts-radial	5	3,0	0,7	2,0	3,5	
rechts-ulnar	2	1,5	/	/	1,5	
links-radial	3	2,0	0,9	1,0	2,5	
links-ulnar	4	0,5	1,2	0,5	0,5	
Merkmal K						0,11
gesamt	14	3,0	2,4	0,5	8,0	
rechts	7	4,2	2,8	1,0	8,0	
links	7	1,9	1,5	0,5	4,5	
rechts-radial	5	4,0	1,8	2,0	5,5	
rechts-ulnar	2	4,5	5,0	1,0	8,5	
links-radial	3	1,8	2,3	0,5	4,5	
links-ulnar	4	2,0	0,0	2,0	2,0	

Merkmal L						
gesamt	14	3,4	3,2	0,5	10,5	0,09
rechts	7	5,5	3,9	1,0	10,5	
links	7	1,8	1,0	0,5	2,5	
rechts-radial	5	2,8	2,5	1,0	4,5	
rechts-ulnar	2	8,3	3,2	6,0	10,5	
links-radial	3	0,8	3,4	0,5	1,0	
links-ulnar	4	2,5	0,0	2,5	2,5	
Merkmal M						
gesamt	14	7,7	4,7	2,0	17,0	0,01
rechts	7	3,8	1,3	2,0	5,0	
links	7	10,4	4,3	7,0	14,0	
rechts-radial	5	4,2	1,0	3,0	5,0	
rechts-ulnar	2	3,3	1,8	2,0	4,5	
links-radial	3	7,7	0,3	7,5	8,0	
links-ulnar	4	12,5	4,8	7,0	17,0	

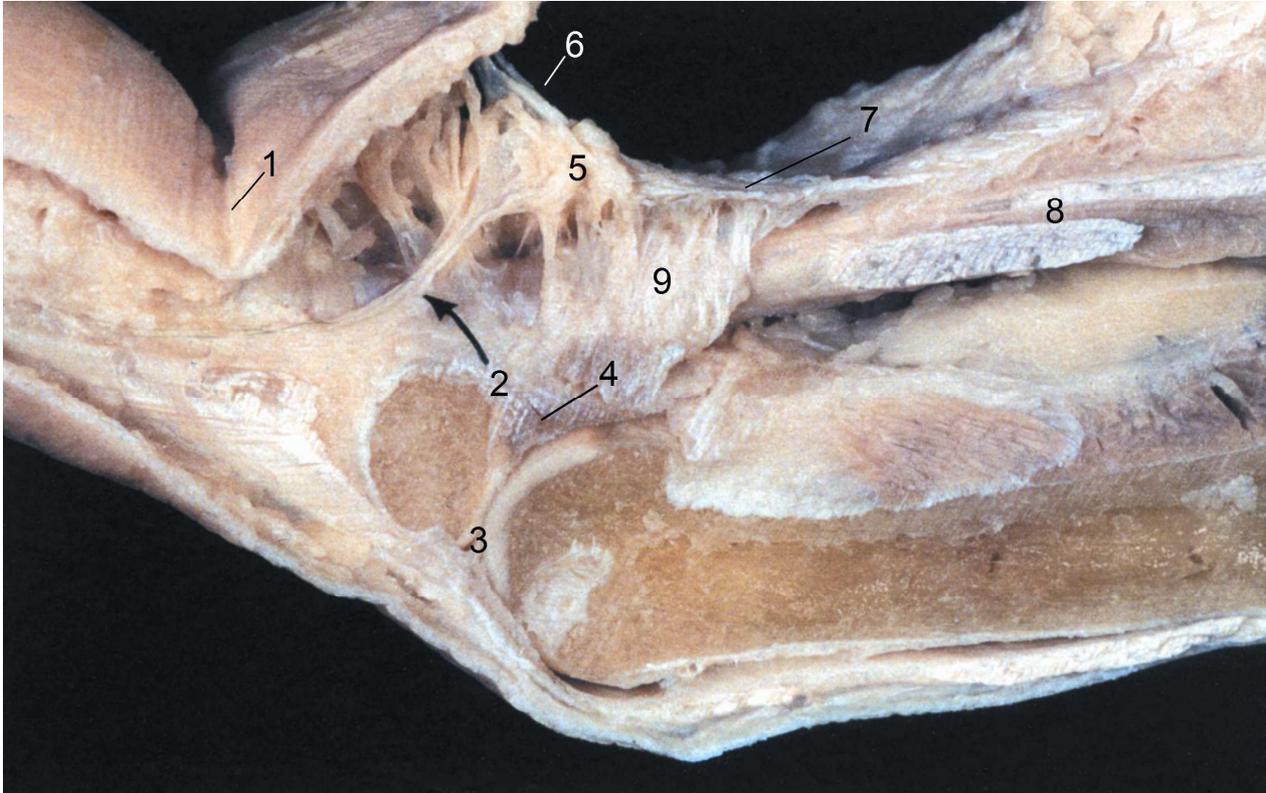


Abbildung 7 – Hautverankerungen am palmodigitalen Übergang des Ringfingers. Längsschnitt. 1 Grundgliedfurche, 2 tiefe Verbindungsfasern zur Haut der Zwischenfingerfalte (retrovaskuläre Schrägfasern), 3 Grundgelenk des Ringfingers, 4 palmare Platte, 5 Faserknoten, 6 vertikal zur Haut ziehende Fasern des Fasciculus longitudinalis, 7 Fasciculus longitudinalis, 8 Beugesehnen, 9 intermediäres Septum

Makroskopische Anatomie des Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“)

Nach dem Abtragen der Haut an der Hohlhand legt man eine von unterschiedlichen Faserformationen längs und quer durchzogene Fettgewebeschicht frei. Das Lig. metacarpale transversum superficiale besteht aus scherengitterartig (Abb. 9) sich durchflechtenden, längeren und kürzeren, locker gewebten Bindegewebefasern. Interdigital im Schwimmbereich verspannte Fasern verbinden das prä tendinöse Bindegewebe benachbarter Fingergrundgliedbasen. Es erstreckt sich in seiner Höhe von der Ulnarkante des Zeigefingers bis zur Radialkante des Kleinfingers. Durch die Spatia interfascicularia ziehen die Gefäßnervenbündel dorsal von den Fasern des Lig. metacarpale transversum superficiale in den Fingerseitenbereich. Während diese Fasern im Fingerbereich kontinuierlich in die GRAYSONschen Hautbänder (Abb. 7) übergehen sind paratendinöse Fasern als distale Ausläufer der Fasciculi longitudinales nur spärlich und dünn ausgebildet.

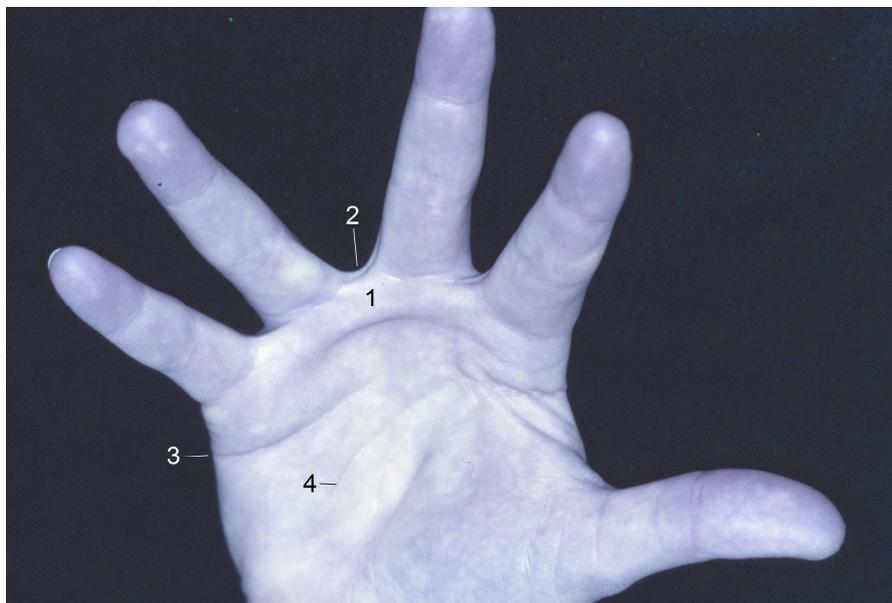


Abbildung 8 – Relief des Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“) am Lebenden (1) - 2 Zwischenfingerfalte, 3 distale Hohlhandfurche, 4 proximale Hohlhandfurche

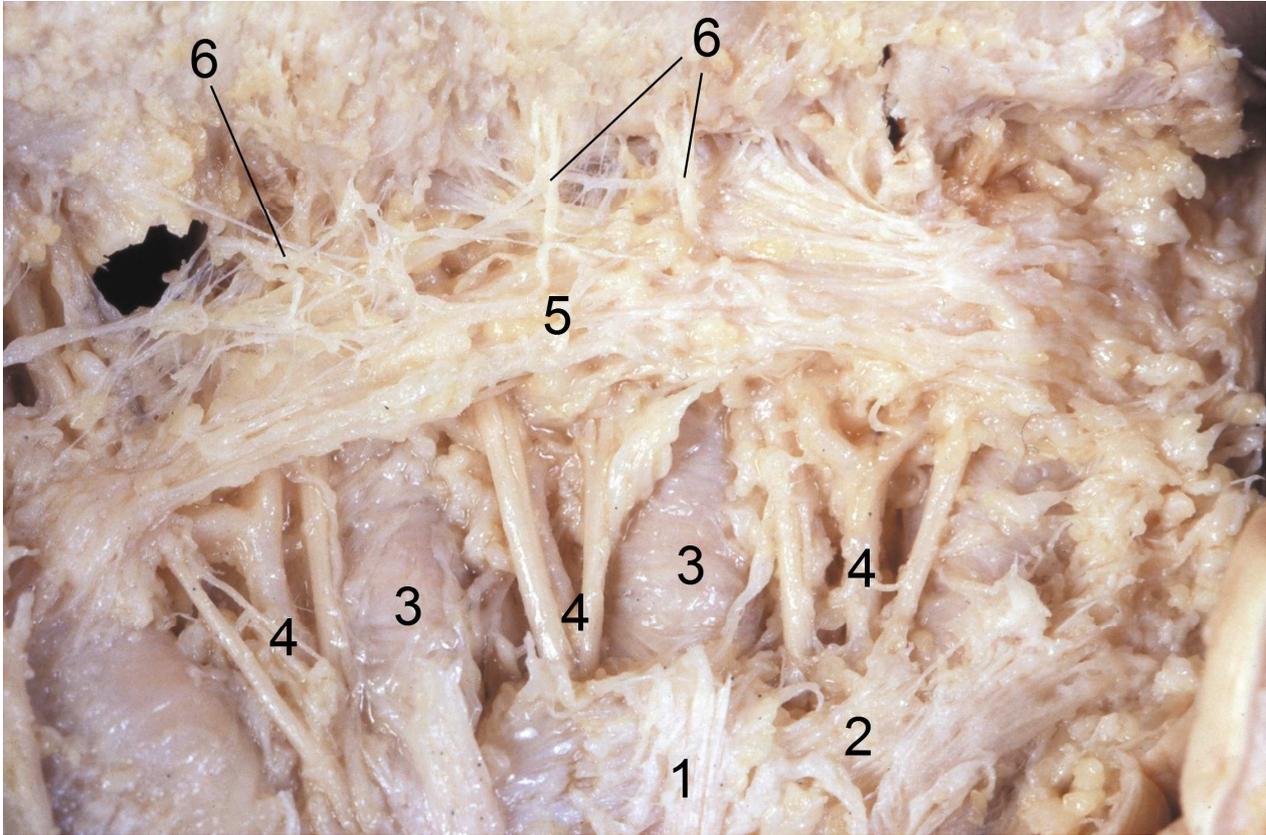


Abbildung 9 - Fasertexturen am palmodigitalen Übergang

1 *Fasciculus longitudinalis*, 2 *Fasciculus transversus*, 3 Ringband A1, 4 *Vasa und Nn. digitales palmares propriae*, 5 *Lig. metacarpale transversum superficiale* (*Lig. natatorium*, „Schwimmband“), 6 *Verbindungsfasern zwischen dem Lig. natatorium und der Haut*

Größenmerkmale des Lig. metacarpale transversum superficiale

Für die Messungen am Schwimmband standen uns 25 Hände zur Verfügung, davon 13 rechte und 12 linke.

N) Die größte Länge entspricht der Ausdehnung des „Schwimmbandes“ von ulnar nach radial (Merkmal N). Abgegriffen wurde diese jeweils in der Mitte des Ansatzes des Bandes an der ulnaren bzw. radialen Seite der Hand. Wir konnten bei unseren Präparationen eine mittlere Schwimmbandlänge von 83,3 mm messen. Der Rechts-Links-Unterschied ist mit 0,1 mm äußerst gering. Das längste „Schwimmband“ fanden wir an einer linken Hand mit 93,0 mm, das kürzeste rechts mit 74,5 mm.

O) Die ulnare Breite des Schwimmbandes (Merkmal O) beträgt im Mittel 14,3 mm. Auch hier besteht keine Signifikanz zwischen rechten und linken Merkmalen. Der breiteste ulnare Ansatz des Bandes wurde mit 19,0 mm an einer rechten Hand beobachtet.

P) Für die radiale Breite (Merkmal P) konnten wir für linke Hände den größten Wert ermitteln (20,0 mm). Im Mittel errechnete sich ein Wert von 13,7 mm. Die kleinste Breite auf der radialen Seite des „Schwimmbandes“ fand sich rechts mit 11,0 mm. Im Rechts-Links-Vergleich errechnete sich wieder keine Signifikanz. Auch der Vergleich der ulnaren und radialen Breite ergibt, mit einem Unterschied von 0,6 mm zugunsten der ulnaren Breite keine statistische Sicherheit.

Q_{ZF}) Die breiteste Ausdehnung (Merkmal Q_{ZF}) über dem Zeigefinger zeigte sich links mit 16,0 mm. Die kürzeste, ebenfalls an einer linken Hand, betrug 7,0 mm. Ein signifikanter Unterschied zwischen rechten und linken Händen konnte nicht festgestellt werden. Die mittlere Breite beträgt 12,7 mm.

Q_{MF}) An einem linken Mittelfinger fanden wir das breiteste „Schwimmband“ (Merkmal Q_{MF}) mit 15,5 mm. Der kleinste Wert für dieses Merkmal betrug 9,0 mm an einer rechten Hand. Im Mittel ergab sich ein Wert von 13,9 mm. Auch hier wurde kein nennenswerter Unterschied zwischen links und rechts errechnet. Im Vergleich zu den

Werten der Zeigefinger fällt jedoch auf, dass das Band von radial nach ulnar, also vom Zeige- zum Ringfinger fächerförmig an Breite zunimmt.

Q_{RF}) Im Bereich der Ringfinger konnten wir im Mittel eine Breite (Merkmal Q_{RF}) von 15,2 mm messen. Der größte Wert fand sich mit 18,0 mm links, sowie der kleinste mit 9,0 mm ebenfalls links. Der Rechts-Links-Unterschied ergab einen Wert von 0,8 mm. An den Ringfingern fanden wir somit die breiteste Ausdehnung des „Schwimmbandes“.

Q_{KF}) Zum Kleinfinger (Merkmal Q_{KF}) hin verjüngt sich das „Schwimmband“ wieder. Im Mittel errechnete sich ein Wert von 13,5 mm. Der größte Wert beträgt jedoch 19,0 mm und beschreibt damit die breiteste Ausdehnung des „Schwimmbandes“ an einem Finger. Die kleinste Ausdehnung konnte auch im Bereich der Kleinfinger beobachtet werden, mit einem Wert von 7,0 mm. Die größten Unterschiede zwischen dem breitesten und dem kürzesten Band fanden sich somit im Bereich des Kleinfingers.

Tab.10 Größenmerkmale des Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“)

Merkmal N	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
gesamt	25	83,3	4,0	74,5	93,0	0,08
rechts	13	82,0	3,9	74,5	88,0	
links	12	84,9	3,8	81,0	93,0	
Merkmal O						
gesamt	25	14,3	2,6	9,0	19,0	0,85
rechts	13	14,4	3,2	9,0	19,0	
links	12	14,2	1,8	11,0	17,0	
Merkmal P						
gesamt	25	13,73	2,2	11,0	20,0	0,28
rechts	13	13,27	1,5	11,0	15,0	
links	12	14,3	2,9	12,0	20,0	
Merkmal Q _{ZF}						
gesamt	25	12,7	1,9	7,0	16,0	0,53
rechts	13	12,5	1,2	10,0	14,5	
links	12	13,0	2,6	7,0	16,0	
Merkmal Q _{MF}						
gesamt	25	13,9	1,0	9,0	15,5	0,23
rechts	13	13,62	0,9	9,0	15,0	
links	12	14,1	1,1	12,5	15,5	
Merkmal Q _{RF}						
gesamt	25	15,24	2,0	9,0	18,0	0,35
rechts	13	14,9	1,7	13,0	17,5	
links	12	15,7	2,4	9,0	18,0	
Merkmal Q _{KF}						
gesamt	25	13,5	2,7	7,0	19,0	0,55
rechts	13	13,2	2,6	8,5	18,0	
links	12	13,8	3,0	7,0	19,0	

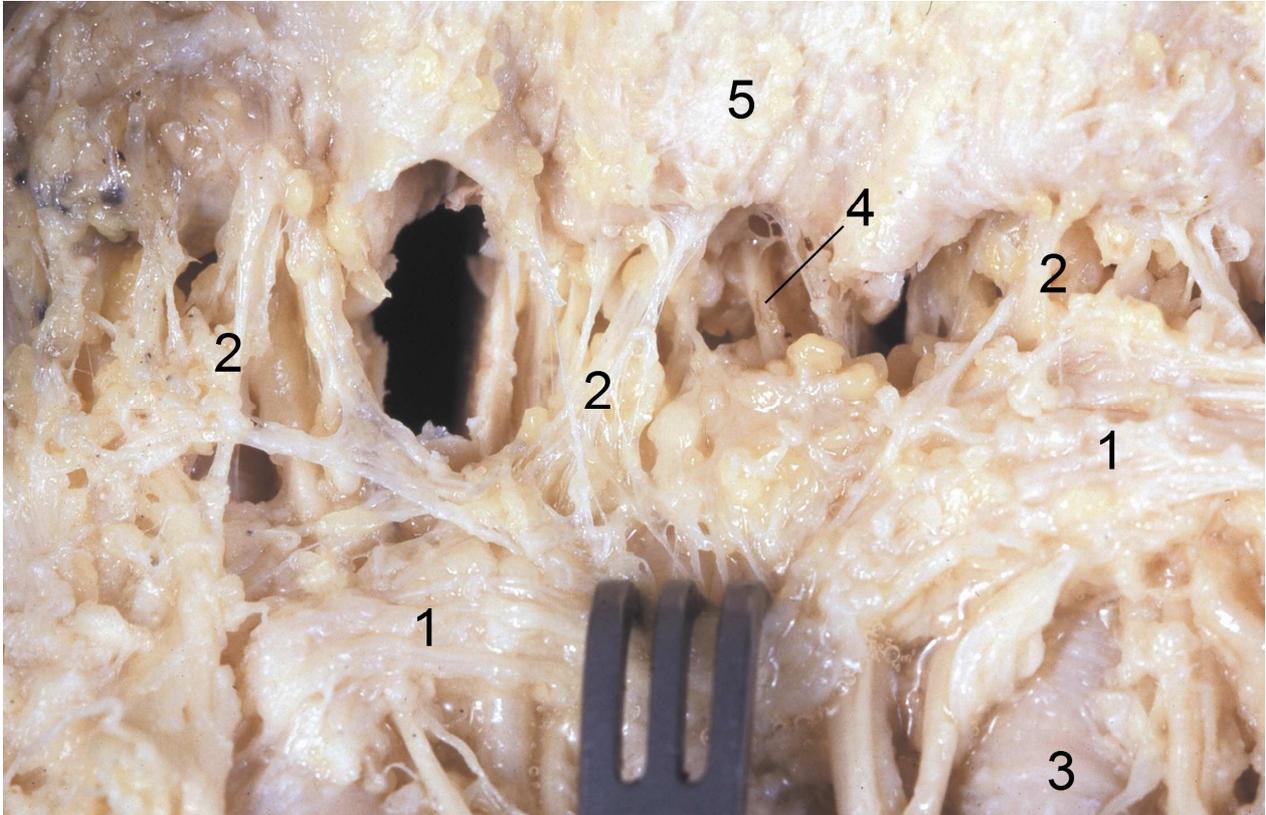


Abbildung 10 – Fasertexturen am palmodigitalen Übergang (Details)

- 1 *Lig. metacarpale transversum superficiale* (*Lig. natatorium*, „Schwimmband“),
 2 Verbindungsfasern zwischen dem *Lig. natatorium* und der Haut, 3 Ringband A1,
 4 *Vasa und Nn. digitales palmares propriae*, 5 Unterseite der Haut

Makroskopische Anatomie der peritendinösen Kreuzfasern

Die in sich verflochtene Faserformation des „Schwimmbandes“ zeigt eine weitgehend gerade Begrenzung nach proximal und Ausläufer in die Zwischenfingerräume des zweiten bis vierten Fingers. Es handelt sich wie bei den Retinacula cutis um, locker gewebte Bindegewebefasern, welche die Haut über den Fingergrundgelenken verspannen. Außerdem ziehen peritendinöse Kreuzfasern als Verbindungen zwischen dem Schwimmband und der Beugesehnenscheide nach distal. Diese Fasern entsprechen den weiter distal im Fingerbereich liegenden GRAYSONschen Bändern (Abb. 7). Die Kreuzfasern inserieren sowohl radial als auch ulnar an der Beugesehnenscheide. Dadurch wird eine Verflechtung zwischen der Beugesehnenscheide, dem Ringband A1 und dem ZANCOLLI - Komplex hergestellt. Durch Ausmessungen der Länge der radial bzw. ulnar ausgerichteten Fasern, sowie der Dicke und der Breite dieser Kreuzfasern konnten wir einen umfangreichen Anteil von Fasern der palmodigitalen Übergangszone charakterisieren.

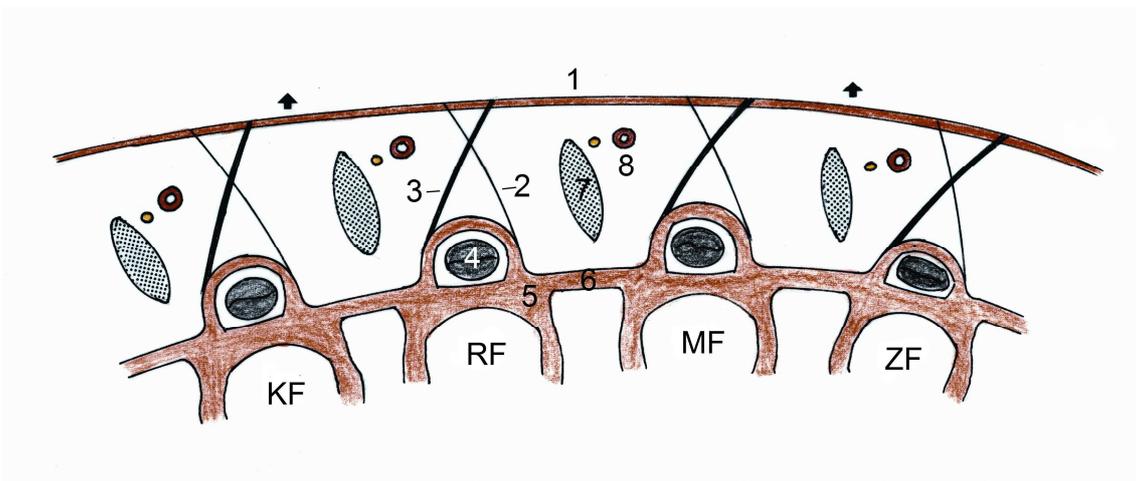


Abbildung 11 – Peritendinöse Kreuzfasern. Querschnitt einer rechten Hand von proximal.

1 *Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium)*, 2 nach ulnar ziehende peritendinöse Kreuzfaser, 3 nach radial ziehende peritendinöse Kreuzfaser, 4 Sehnenscheide, 5 „metakarpophalangealer Vereinigungskern“ (ZANCOLLI), 6 *Lig. metacarpale transversum profundum* (tiefes queres Hohlhandband), 7 *M. lumbricalis*, 8 Gefäß-Nervenbündel im Lumbrikaliskanal. Die Pfeile zeigen nach palmar.

Größenmerkmale der peritendinösen Kreuzfasern an Zeige-, Mittel- und Ringfinger

Für die Untersuchungen an den peritendinösen Kreuzfasern standen uns 25 Hände zur Verfügung (13 rechte und 12 linke).

Zeigefinger

R) Gemessen haben wir die Länge der Faser vom „Schwimmband“ bis zu dem Punkt, an dem die Faser in die Beugesehnenscheide verläuft. Im Mittel beträgt die Länge der nach radial ausgerichteten Fasern 8,6 mm. Die längste Faser konnten wir mit 14,0 mm an einer linken Hand messen, die kürzeste nach radial gerichtete Faser war lediglich 4,0 mm lang. Im Rechts-Links-Vergleich beobachteten wir einen Unterschied von 1,9 mm zugunsten der linken Hände. Eine Signifikanz ergab sich nicht.

S) Für die nach ulnar ausgerichteten Fasern an den Zeigefingern konnten wir für die Länge (Merkmal S) einen Mittelwert von 7,0 mm errechnen. Die nach radial ausgerichteten Fasern an den Zeigefingern sind länger als die ulnaren. Es ergibt sich ein Unterschied von 1,6 mm. Auch die längste gemessene ulnare Verbindung zur Beugesehne ist mit 8,0 mm (rechte Hand) deutlich kürzer als die nach radial ausgerichtete mit 14,0 mm. Die kürzeste Entfernung zwischen „Schwimmband“ und Beugesehnenscheide im Bereich der Zeigefinger beobachteten wir mit 4,0 mm. Auch hier ergab sich im Rechts - Links - Vergleich keine Signifikanz.

T) Für die Breite der sich überkreuzenden Bindegewebezüge (Merkmal T) konnten wir einen Mittelwert von 8,0 mm errechnen. Der breiteste stellte sich mit 11,0 mm und der schmalste mit 5,0 mm dar. Für rechte und linke Hände konnten wir jeweils nahezu gleiche Werte bestimmen.

U) Bei der Messung der Dicke der jeweiligen Verbindungsfasern (Merkmal U) ergab sich ein mittlerer Wert für die nach radial gerichteten Fasern von 3,1 mm. Das kräftigste Band war 4,5 mm dick und wurde an einer linken Hand freipräpariert. Die dünnsten

Fasern betragen 2,0 mm, sowohl an den rechten als auch an den linken Händen. Eine Signifikanz ergab sich nicht.

V) Für die Länge der nach ulnar ausgerichteten Verbindungsfasern (Merkmal V) konnten wir einen Mittelwert von 2,3 mm ermitteln. Wir konnten wiederum feststellen, dass die nach radial ausgerichteten Fasern nicht nur die längeren sondern auch die kräftigeren von beiden sind. Die dünnste ulnare Verbindung konnten wir mit 1,5 mm ausmessen. Eine Signifikanz ergab sich nicht. Weiterhin beobachteten wir, dass die stärkere Faser immer proximal der dünneren gelegen ist. Das bedeutet, dass die Insertion der dünneren Faser an der Beugesehnsenscheide immer distaler liegt als die der kräftigeren.

Tab.11 Größenmerkmale der peritendinösen Kreuzfasern der Zeigefinger

Merkmal R	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	25	8,6	2,8	4,0	14,0	0,13
Rechts	13	7,8	1,9	4,0	10,0	
Links	12	9,5	3,4	5,0	14,0	
Merkmal S						
Gesamt	25	7,0	2,1	4,0	13,5	0,00
Rechts	13	5,8	1,2	4,0	8,0	
Links	12	8,2	2,2	7,0	13,5	
Merkmal T						
Gesamt	25	8,0	1,7	5,0	11,0	0,85
Rechts	13	8,0	1,6	5,5	11,0	
Links	12	7,9	1,8	5,0	11,0	
Merkmal U						
Gesamt	25	3,1	0,8	2,0	4,5	0,63
Rechts	13	3,2	0,8	2,0	4,0	
Links	12	3,0	0,8	2,0	4,5	
Merkmal V						
Gesamt	25	2,3	0,6	1,5	3,5	0,15
Rechts	13	2,1	0,6	1,5	3,5	
Links	12	2,6	0,7	1,5	3,5	

Mittelfinger

R) Bei den Präparationen an den Mittelfingern konnten wir für die Länge (Merkmal R) der radial ausgerichteten Fasern einen Wert von 7,0 mm ermitteln. Das längste Band betrug 12,0 mm, jeweils an einer rechten und linken Hand gemessen. Das kürzeste dehnte sich, an einer linken Hand gemessen, 5,0 mm aus. Eine Signifikanz ergab sich bei diesen Messungen nicht. Auch bei den Mittelfingern stellte sich heraus, dass die radial ausgerichteten Fasern die längeren sind.

S) Die längste nach ulnar ausgerichtete Kreuzfaser weist im Bereich des Mittelfingers an einer rechten Hand eine Länge (Merkmal S) von 10,0 mm auf. Die kürzeste, ebenfalls rechts, ist mit 3,0 mm mehr als die Hälfte kleiner. Im Mittel errechnete sich ein Wert von 5,4 mm. Im Rechts-Links-Vergleich ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede.

T) Die breiteste Verbindung zwischen dem „Schwimmband“ und der Beugesehnenscheide des Mittelfingers (Merkmal T) beträgt 9,5 mm, die dünnste dagegen nur 2,5 mm. Im Mittel errechnete sich ein Wert von 6,3 mm.

U) Die dickste Verbindungsfaser (Merkmal U) konnten wir mit 8,0 mm wieder auf der radialen Seite an einer rechten Hand messen. Im Vergleich mit der dicksten, ulnar ausgerichteten Faser an einem Mittelfinger, ergibt sich ein Unterschied von 2,0 mm. Damit können wir auch für die Mittelfinger feststellen, dass die radialen Fasern im Mittel länger und kräftiger sind als die ulnaren. Für die mittlere Dicke der radialen Fasern ergibt sich am Mittelfinger ein Wert von 4,2 mm. Die dünnste Verbindung zwischen dem Lig. natatorium und der Beugesehnenscheide beträgt 2,5 mm.

V) Die kräftigste Faser der ulnaren Seite ist lediglich 6,0 mm, die dünnste nur 2,0 mm dick (Merkmal V). Im Mittel ergibt sich ein Wert von 2,5 mm. Auch hier besteht keine Signifikanz zwischen rechten und linken Händen.

Tab.12 Größenmerkmale der peritendinösen Kreuzfasern der Mittelfinger

Merkmal R	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	25	7,0	1,7	5,0	12,0	0,95
Rechts	13	7,0	2,3	5,0	12,0	
Links	12	7,0	0,7	6,0	8,5	
Merkmal S						
Gesamt	25	5,4	1,6	3,0	10,0	0,40
Rechts	13	5,1	2,2	3,0	10,0	
Links	12	5,6	0,6	5,0	6,5	
Merkmal T						
Gesamt	25	6,3	1,2	2,5	9,5	0,11
Rechts	13	6,8	1,2	2,5	9,5	
Links	12	6,0	1,1	2,5	6,5	
Merkmal U						
Gesamt	25	4,2	1,3	2,5	8,0	0,71
Rechts	13	4,1	1,6	2,5	8,0	
Links	12	4,4	1,2	2,5	6,5	
Merkmal V						
Gesamt	25	2,5	1,6	2,0	6,0	0,37
Rechts	13	2,0	0,0	2,0	2,0	
Links	12	2,7	1,3	2,0	6,0	

Ringfinger

R) Auch bei den Ringfingern bestätigte sich die bereits bei den übrigen Fingern gemachte Beobachtung, dass die von der Beugesehnenscheide nach radial in das „Schwimmband“ ziehende Faser die kräftigere von beiden ist. Im Mittel errechnete sich für die Länge (Merkmal R) ein Wert von 8,1 mm. Die längste Faser betrug 12,0 mm an einer linken Hand, die kürzeste 3,5 mm an einer rechten. Signifikant war der Rechts-Links-Vergleich jedoch nicht.

S) Für die ulnaren Fasern an den Ringfingern konnten wir einen Längenwert (Merkmal S) von 6,9 mm ermitteln. Auch hier ergab der Rechts-Links-Vergleich keine Signifikanz. Die längste Faser wurde mit 9,5 mm an einer rechten und mit 9,0 mm an einer linken Hand gemessen.

T) Für die Breite der Kreuzfasern (Merkmal T) im Bereich der Ringfinger mussten wir feststellen, dass sie, wie an den Mittelfingern, deutlich dünner waren als jene über den Zeigefingern (im Mittel 6,7 mm). Es errechnete sich ein Unterschied von 1,3 mm zugunsten der Zeigefinger. So stellten sich für die Zeigefinger nicht nur die breitesten Kreuzfasern heraus, sondern auch die längsten Verbindungsfasern zwischen dem „Schwimmband“ und der Beugesehnenscheide.

U) Die dickste radial an das „Schwimmband“ ziehende Faser (Merkmal U) beträgt an den Ringfingern misst 8,0 mm (rechte Hand), im Mittel 4,0 mm. Das dünnste Band, 1,1 mm, fanden wir an einem linken Finger. Damit konnten wir für die Ringfinger im Vergleich mit den anderen Fingern, die kräftigsten Fasern messen. Signifikant war der Rechts-Links Vergleich auch hier nicht.

V) Bezüglich der Dicke der ulnaren Fasern (Merkmal V), errechnete sich ein Mittelwert von 3,0 mm. Die kräftigste Faser ergab 6,0 mm, dabei konnten wir sowohl an einem linken, sowie rechten Finger diesen Wert messen. Im Vergleich mit der Dicke der ulnaren Fasern an den übrigen Fingern stellten sich für die Ringfinger wieder die kräftigsten Fasern heraus.

Tab.13 Größenmerkmale der peritendinösen Kreuzfasern an den Ringfingern

Merkmal R	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
Gesamt	25	8,1	1,7	3,5	12,0	0,08
Rechts	13	8,7	1,3	3,5	9,5	
Links	12	7,5	1,8	2,2	12,0	
Merkmal S						
Gesamt	25	6,9	1,2	5,0	9,5	0,03
Rechts	13	7,4	1,2	5,0	9,5	
Links	12	6,4	1,0	5,0	9,0	
Merkmal T						
Gesamt	25	6,7	1,0	5,0	10,0	0,45
Rechts	13	6,8	0,5	6,5	8,0	
Links	12	6,5	1,4	5,0	10,0	
Merkmal U						
Gesamt	25	4,0	2,1	1,0	8,0	0,30
Rechts	13	4,6	2,2	2,0	8,0	
Links	12	3,4	1,9	1,0	6,5	
Merkmal V						
Gesamt	25	3,0	1,5	1,5	6,0	0,79
Rechts	13	2,9	1,5	1,5	6,0	
Links	12	3,2	1,7	1,5	6,0	

Kleinfinger

R) Wir beobachteten an den Kleinfingern im Vergleich zu den übrigen Fingern die kürzesten Fasern. Im Mittel konnten wir eine Faserlänge (Merkmal R) von 5,6 mm messen. Die längste nach radial ausgerichtete Faser beträgt 11,0 mm an einem rechten Kleinfinger. Die kürzeste Verbindung zwischen dem Lig. natatorium und der Beugesehnenscheide beträgt 4,0 mm. Eine Signifikanz im Vergleich rechter und linker Kleinfinger ergab sich nicht.

S) Im Vergleich der Längenwerte der nach radial ziehenden Fasern (Merkmal S) beobachteten wir auch an den Kleinfingern einen mit 0,4 mm geringfügigen Unterschied zugunsten der radialen Fasern. Die kürzesten ulnaren Fasern entsprechen den Werten der radialen mit 4,0 mm. Die längsten waren jedoch im Vergleich untereinander wieder kürzer mit 9,0 mm (ulnare Fasern) zu 11,0 mm (radiale Fasern).

T) Die breiteste Verbindungsstruktur zwischen „Schwimmband“ und Beugesehnenscheide (Merkmal T) konnten wir an den Kleinfingern mit 8,5 mm messen. Damit waren sie breiter als an den Zeigefingern. Im Mittel errechnete sich ein Wert von 6,7 mm. Die geringste Breite beobachteten wir an einem linken Kleinfinger mit 4,5 mm.

U) Für die Dicke der radialen Fasern (Merkmal U) an den Kleinfingern beobachteten wir im Mittel einen Wert von 3,5 mm. Der höchste Wert ergab 6,5 mm, gegenüber einer kräftigsten ulnaren Faser mit 4,0 mm. So bestätigte sich auch an den Kleinfingern die bereits an den übrigen Fingern gemachten Beobachtungen, dass die nach radial ausgerichtete Faser immer die kräftigere und längere Faser ist.

V) Im Mittel errechnete sich für die Dicke der ulnaren Fasern (Merkmal V) an den Kleinfingern lediglich ein Wert von 2,6 mm. Die dünnste wies einen Wert von 1,5 mm auf.

Tab.14 Größenmerkmale der peritendinösen Kreuzfasern der Kleinfinger

Merkmal R	n	x	S	X _{inf}	X _{supr}	t-Test
gesamt	25	5,6	1,9	4,0	11,0	0,47
Rechts	13	5,3	2,5	4,0	11,0	
Links	12	6,0	1,0	5,0	7,5	
Merkmal S						
Gesamt	25	5,2	1,2	4,0	9,0	0,84
Rechts	13	5,2	1,5	4,0	9,0	
Links	12	5,1	0,7	4,0	6,0	
Merkmal T						
Gesamt	25	6,7	1,2	4,5	8,5	0,96
Rechts	13	6,6	0,9	5,0	8,0	
Links	12	6,7	1,5	4,5	8,5	
Merkmal U						
Gesamt	25	3,5	1,5	1,0	6,5	0,26
Rechts	13	4,0	1,4	2,5	6,5	
Links	12	3,1	1,5	1,0	6,0	
Merkmal V						
Gesamt	25	2,6	0,9	1,5	4,0	0,19
Rechts	13	3,0	0,7	2,0	4,0	
Links	12	2,2	1,0	1,5	4,0	

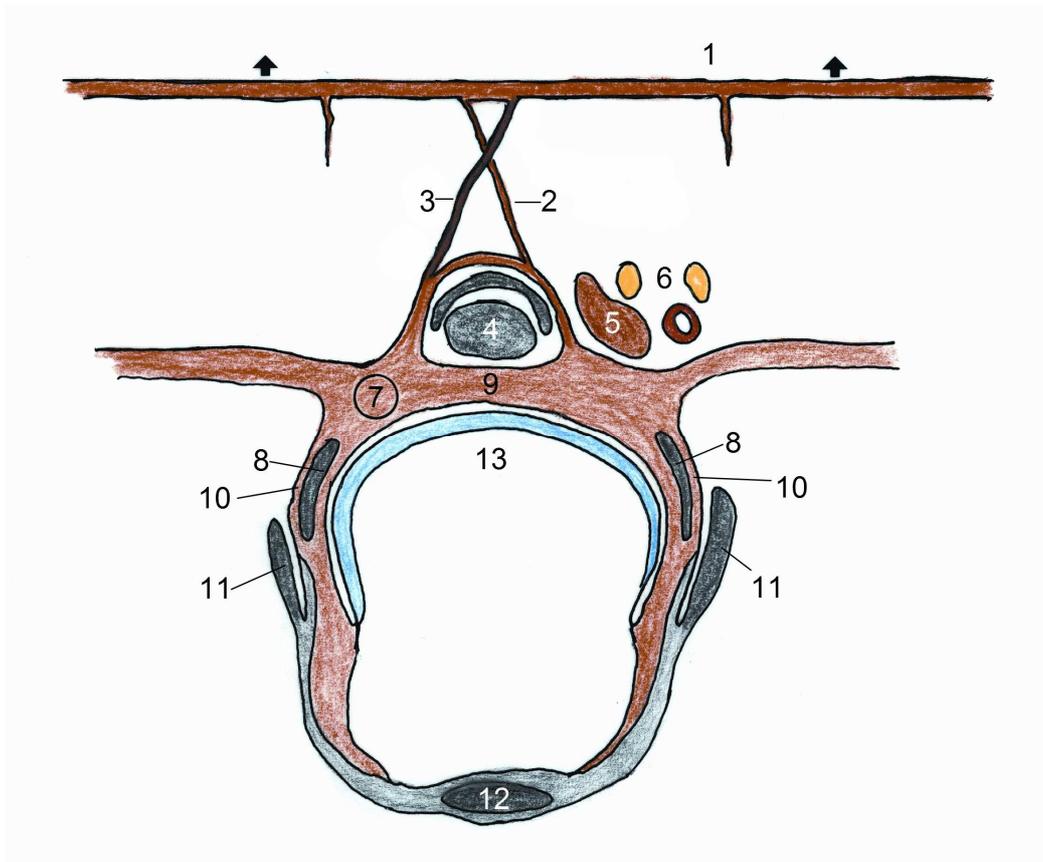


Abbildung 12 – Peritendinöse Kreuzfasern und zirkulärer metakarpophalangealer Halteapparat (ZANCOLLI - Komplex), Ansicht von proximal (rechte Hand).

1 *Lig. metacarpale transversum superficiale* (*Lig. natatorium*, „Schwimmband“),
 2 *peritendinöse Kreuzfaser nach ulnar ziehend*, 3 *peritendinöse Kreuzfaser nach radial ziehend*, 4 *Sehnen des M. flexor digitorum superficialis und profundus*, 5 *M. lumbricalis*,
 6 *A. und N. digitalis palmaris proprius*, 7 *metakarpophalangealer Halteapparat (ZANCOLLI - Komplex)*, 8 *M. interosseus (Knochenansatzfasern)*, 9 *palmare Platte*,
 10 *sagittales Band*, 11 *M. interosseus dorsalis (Strecksehnenansatzfasern)*, 12 *Sehne des M. extensor digitorum*

Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wird über die Faserarchitektur im Bereich des palmodigitalen Überganges berichtet. Da die distalen Ausläufer der Palmaraponeurose sehr komplizierte Verbindungen zu Nachbarstrukturen aufweisen (GOSSET 1974), haben wir vor allem die Größenmerkmale distaler Abschnitte der Palmaraponeurose, der vertikalen Septen, des Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“), der retrovaskulären Schrägfasern und der peritendinösen Kreuzfasern untersucht.

Angaben zur Charakterisierung der Größe und Ausdehnung der Palmaraponeurose findet man in der uns zur Verfügung stehenden Literatur lediglich bei MEINEL (1979), JOVERS (1991), WETZEL (1994) sowie SCHMIDT u. LANZ (2003). Deren Angaben zur Palmaraponeurose beziehen sich jedoch nur auf Längen- und Breitenwerte der gesamten Faserplatte. Dagegen haben wir vor allem die Ausdehnungen der Fasciculi longitudinales im Hinblick auf die Beteiligung am palmodigitalen Faserkomplex untersucht.

Die Palmaraponeurose ist nicht als isoliertes Gebilde aufzufassen, sondern muss als wesentlicher Bestandteil des dreidimensionalen Hohlhandbindegewebekörpers gesehen werden. Diese Beobachtungen von DUPUYTREN (1834), GRAPOW (1887), LEGUEU u. JUVARA (1892), KANAVAL et al. (1929) und MILLESI (1959) konnten wir in den ineinander verflochtenen Faserstrukturen und ihren Verknüpfungen ebenfalls erkennen. Die zentrale Stellung der Palmaraponeurose innerhalb der bindegewebigen Texturen des Fibroskeletts der Hohlhand, die als funktionell einheitlicher Körper aufgefasst werden muss, erkannte MILLESI bereits 1959.

LEGUEU u. JUVARA (1892) haben innerhalb der Aponeurose einerseits oberflächlich gelegene „languettes prétendineuses“ (Fasciculi longitudinales) und „fibres intertendineuses“ (prélombricales) unterschieden. In der tiefer gelegenen Schicht differenzierten sie zwischen „fibres transversales“ (Fasciculi transversi) und „lâmes prétendineuses“. Die letztgenannten paratendinösen Septen fixieren die

Palmaraponeurose nahezu unverschieblich an der tiefen Hohlhandfaszie und an den Metakarpalknochen. Die beiden Autoren stellen einen Zusammenhang her zwischen der Palmaraponeurose und der Dorsalaponeurose durch die sog. "fibres perforantes". Dabei variiert die Definition der Hohlhandsepten in der vorliegenden Literatur sehr. Nach ANSON u. ASHLEY (1940), GRODINKSY u. HOLYOKE (1941) und FLYNN (1942, 1943) handelt es sich um dünne Scheidewände der proximalen Hohlhand. ANSON u. ASHLEY (1940) und CORDIER u. COULOUMA (1934) unterteilen ebenso wie POISEL (1973) die Hohlhand in einen Thenar-, Hypothenar- und Mittelhandraum, während FLYNN (1942) nur zwei Räume und GODINSKY u. HOLYOKE (1941) zusätzlich noch einen Adduktorenraum beschreiben. In mehreren früheren Arbeiten wird ein „oblique septum“, das sich nach FLYNN (1942) unter der tiefen Beugesehne des Mittelfingers befindet und am dritten Metakarpalknochen befestigt scheint, als wichtige Trennwand beschrieben. Die Funktion dieses Septums versteht JAMIESON (1950) als ein Halteband des Zeigefingers. Die Beobachtungen von ANSON u. ASHLEY (1949), GRODINSKY u. HOLYOKE (1941) und FLYNN (1942, 1943), nach denen es sich bei den Septen lediglich um dünne Scheidewände der proximalen Hohlhand handelt, konnten wir nicht bestätigen. Die Fasern der sagittalen Septen treten nicht nur mit der tiefen Hohlhandfaszie und den Palmarflächen der Metakarpalknochen in Kontakt, sondern verlaufen wie eine Schlinge nach dorsal periartikulär um die Metakarpophalangealgelenke herum.

SCHMIDT u. LANZ (1992, 2003) sehen in diesem Septum keine eigenständige Struktur, sondern die Faszie des Daumenballens. Den proximalen Hohlhandraum betrachten sie wie CORDIER u. COULOUMA (1934) als einen ungeteilten Raum zwischen Thenar und Hypothenar. An der distalen Hohlhand kommt es nach LEGUEU u. JUVARA (1892) zu Unterteilungen („partitions“). Vier sekundäre Sehnenfächer haben FROHSE u. FRÄNKEL (1908) beschrieben, die durch ein Verschmelzen der Fasern der Fasciculi longitudinales in der Tiefe um die Sehnen herum entstehen. Diese Beobachtung konnten wir an unseren Präparaten bestätigen. GRODINSKY u. HOLYOKE (1941) fanden ebenfalls eine Kompartimentierung, sprechen jedoch nicht von Septen. ANSON u. ASHLEY (1942) erwähnen im distalen Drittel der Hohlhand Trennwände, welche die Mm. lumbricales und die Beugesehnen einscheiden. Der Verlauf wird nach FLYNN

(1942) als von der Unterseite der Palmaraponeurose zur Faszie der palmaren Mm. interossei ziehend angegeben. JAMIESON (1950) unterscheidet acht Septen. Dabei setzt das mediale Septum des Mittelfingers am dritten Metakarpalknochen an und ist besonders lang. Während unserer Messungen stellten wir ebenfalls fest, dass das vierte Septum am Ringfinger mit einer mittleren Länge von 20,0 mm das mit Abstand längste ist. Auch WETZEL (1994) fand für das vierte Septum die größte Ausdehnung. Die Befunde von WETZEL (1994) und POISEL (1973), die acht Septen einteilen, wobei die ulnaren Septen der Sehnen für den zweiten und dritten Finger als sehr kurz erschienen, sind an unseren Präparaten ebenfalls zu sehen gewesen. POISEL (1973) fand die intermediären Septen I-IV als die kürzesten. Nach WETZEL (1994) sind die Septen I-III besonders kurz. Dagegen ist das vierte, so wie in unseren Beobachtungen das längste mit 12,2 mm im Mittel. GOSSET (1974) fand ebenso eine Kompartimentierung der distalen Hohlhand durch acht Septen, wovon jeweils zwei benachbarte eine Beugesehne umfassen. Dadurch entstehen sieben Räume. Vier davon enthalten Sehnen und drei neurovaskuläre Bündel und die Mm. lumbricales. Sie füllen den zweiten bis vierten Intermetakarpalraums aus. Diese Befunde entsprechen weitgehend denen von BOJSEN-MØLLER u. SCHMIDT (1974). Die Autoren benennen neun intermediäre Septen. Sie beginnen proximal mit einem sichelförmigen Ende und liegen immer distal vom Scheitel des Arcus palmaris superficialis (SCHMIDT u. LANZ 1992) und reichen bis zum seitlichen Abschnitt der palmaren Platte des Grundgelenkes der Finger II-V (BUCK-GRAMCKO 1981). Durch die neun Septen gibt es nach BOJSEN-MØLLER u. SCHMIDT (1974) acht Räume, in denen die Mm. lumbricales und die Beugesehnen der Finger verlaufen. Die Nerven und Blutgefäße sind zwischen diesen Räumen durch feine Gewebesepten von den Muskeln abgetrennt. In den meisten der von uns untersuchten Fälle stellte sich heraus, dass die palmare Seite der intermediären Septen länger ausgebildet ist, als die dorsale. Die Septen nehmen in der Länge von den Zeige- bis zu den Ringfingern an Länge zu. Bezüglich der Höhe der sagittalen Septen im intermediären Bereich konnten wir feststellen, dass sie proximal höher sind als distal. Wir beobachteten außerdem, dass sie an der distalen Hohlhandfurche um mindestens 1,0 mm an Höhe abnehmen. Die größte Differenz bezüglich der Höhe und der Länge im Verlauf des intermediären Septums wurde an den Ringfingern beobachtet. Insgesamt

stellten wir wie WETZEL (1994) fest, dass das IV. Septum nicht nur das längste sondern auch gleichzeitig das höchste ist.

Die intermediären Septen stehen mit weiteren Bindegewebestrukturen der Hand in fester Verbindung. Man kann Verflechtung mit der tiefen Hohlhandfaszie, dem Lig. metacarpale transversum profundum, der Adduktorenfaszie, den Fasciculi longitudinales und den Fasciculi transversi freilegen. Über die Retinacula cutis besteht außerdem eine enge Verbindung zur Haut der Palma manus, die durch dieses System fest an das Skelett der Hand geheftet ist. Über ihre enge Verbindung ergibt sich die Funktion eines Fasergeflechtes, das schon von SKOOG (1967) als fibröses Tunnelsystem beschrieben wurde. Es ist mit den Ringbändern der Sehnen fixiert, wodurch ihr bogensehnenartiges Abheben vom Knochen verhindert wird. BUCK-GRAMCKO (1981) und MANSKE u. LESKER (1983) haben hervorgehoben, dass eine Exkursionsminderung und eine eingeschränkte Beugefähigkeit der Finger die Folge wäre.

MEINEL (1979), JOVERS (1991), WETZEL (1994) sowie SCHMIDT und LANZ (2003) beschreiben sehr ausführlich Größe und Ausdehnung der Palmaraponeurose. Diese Angaben beziehen sich jedoch nur auf Längen- und Breitenwerte der gesamten Faserplatte. Dagegen haben wir vor allem die Ausdehnungen der Fasciculi longitudinales im Hinblick auf die Beteiligung am palmodigitalen Faserkomplex untersucht. Wie MILLESI (1959) beobachteten wir eine meist flächenförmige Anordnung der Faserbündel zum zweiten und dritten Finger. MILLESI (1959) stellte weiterhin fest, dass jene zum vierten und fünften Finger im Querschnitt rundlich erscheinen und baumartige Verzweigungen nach beiden Seiten haben. An unseren Präparaten konnten wir seine Beobachtungen bestätigen. Auch POISEL (1973) beschreibt ein stärker ausgebildetes Längsbündel zum Ring- und Kleinfinger. Vergleicht man die Größenmerkmale der Fasciculi longitudinales an den verschiedenen Fingern, dann fällt auf, dass sie von proximal nach distal an Breite zunehmen, da sie sich fächerförmig aufteilen. Man findet etwa in Höhe des distalen Endes der Fasciculi transversi eine fast komplette Aufgliederung der Fasciculi longitudinales. Dabei geht die fächerförmige Auflösung der Fasern von einem dichtgewebten Faserknoten aus (Abb. 7). Dieser liegt etwa zwischen dem ZANCOLLI - Komplex und der Grundgelenkfurche. Wir fanden heraus, dass der Faserknoten im Bereich des Zeigefingers im Mittel um 13,1 mm vom

ZANCOLLI - Komplex entfernt liegt. Im Bereich der Mittel- und Ringfinger ist der Abstand um etwa 4,0 mm länger. Der Abstand des Faserknotens zur Grundgelenkfurche beträgt im Mittel 9,0 mm. Die Fasciculi longitudinales verbreitern sich am Zeigefingerstrahl nach distal von 5,5 mm auf 6,5 mm im Mittel. Diesen Verlauf können wir auch bei den Ringfingern beobachten. Die Maße an den Mittelfingern weichen dagegen vom normalen Baumuster ab, da sich die Längsfaszikel hier distal verjüngen. Insgesamt lässt sich jedoch immer eine fächerförmige Verbreiterung der Längsfaszikel nach distal, mit der stärksten Ausprägung im Bereich der Ringfinger, beobachten. Außerdem konnten wir bestätigen, dass oberflächliche Faserzüge aus den Fasciculi longitudinales in Höhe der distalen Hohlhandfurche bzw. in Höhe des proximalen Endes des sagittalen Septums von unten in die Haut einstrahlen (Abb. 13) (STACK 1973, LANDSMEER 1976, MEINEL 1979, WETZEL 1994). Sie stammen ebenfalls aus diesem regelmäßig vorkommenden dichtgewebten Faserknoten, von dem aus auch die tiefen längsverlaufenden Fasern ausgehen (Abb. 7). Teile dieser Fasern ziehen spiralförmig jeweils nach distal radial bzw. ulnar als retrovaskuläre Schrägfaser („spiral band“, MC FARLANE, 1974) zur Haut und zum metakarpophalangealen Vereinigungskern am Fingergrundgelenk (ZANCOLLI- Komplex).

Während wir die mittlere Breite über den Mittelhandknochen, der distalen Hohlhandfurche und in Höhe des proximalen Endes der sagittalen Septen gemessen haben, beschränkte sich WETZEL (1994) lediglich auf Breitenbestimmungen in Höhe des distalen Randes der Fasciculi transversi. Von dem Faserknoten aus ziehen Teile der Faserstränge nach palmar zur Haut. Weitere Fasern verlaufen nur vereinzelt weiter nach distal in das komplexe Faserkonvolut des „Schwimmbandes“ (Abb. 6). Bei vielen Autoren (LEGUEU u. JUVARA 1892, FROHSE 1906, MILLESI 1959) erstreckt sich der prä tendinöse Anteil der Fasciculi longitudinales, den palmaren Grundgelenkbereich bedeckend, bis zur Mitte der proximalen Phalanx und stellt eine Fortsetzung der Fasciculi longitudinales in die Fingerregion dar. DUPUYTREN (1834), GOSSET (1974), MC FARLANE (1974), STACK (1974), THOMINE (1974), MEINEL (1979) und WEISWALTER (1989) beschreiben dagegen eine V-förmige Aufspaltung der Fasciculi longitudinales unmittelbar am distalen Rand der Fasciculi transversi. Der Großteil der Fasern inseriert hier an der Gabelungsstelle in der Haut (THOMINE 1974, MEINEL

1979, WEIS-WALTER 1989). Die randständigen Längsfaszikel verlassen den oberflächlichen Subkutanraum, um dorsalwärts in und an den Metakarpophalangealgelenken und den lateralen Fingerseitenbereichen anzusetzen. GOSSET (1974) hob hervor, dass nicht der Großteil der zentralen Fasern in der Haut inseriert, sondern sich aufspaltet, um lateral der Beugesehnen mit den sagittalen Septen der Palmaraponeurose zu konfluieren. Dieses können wir mit unseren Beobachtungen bestätigen. Auch LANDSMEER (1976) teilt nicht die gängige Meinung der prä tendinösen Faserkontinuität zwischen Hohlhand und Fingerbereich. Bei ihm endigt der wohl größte Teil der Längsfasern durch Insertion an der Hautunterseite. Dies konnten wir allerdings nicht beobachten, da sich der größte Teil der Fasern nach unseren Beobachtungen fächerförmig nach beiden Seiten in die Tiefe aufspaltet (Abb. 5). Die verbleibenden Fasern der prä tendinösen Zügel weichen vor den Fingergrundgelenken zur Seite aus, um in Form sich verjüngender Faserstränge zu beiden Seiten der Sehnencheiden in die Tiefe und in die Fingerseitenbereiche zu ziehen (LANDSMEER 1976). Einige dieser Fasern setzen an der Gelenkkapsel, an der palmaren Platte und an den Seiten der Fingergrundgliedbasen an. Die übrigen Fasern erstrecken sich dorsal des „Schwimmbandes“ in die Seitenbereiche der Finger, wo sie sich nach THOMINE (1974) am Aufbau der von MC FARLANE (1974) beschriebenen retrovaskulären Schrägfaser beteiligen. Diese trennt den palmaren vom dorsalen Fingerbereich durch die Fixierung der Haut an Sehnencheiden und Knochen. Hier verlaufende Verbindungen gehen kontinuierlich in die von CLELAND (1878) beschriebenen Hautligamente über.

Nach distal werden die Fasciculi longitudinales somit Teil der retrovaskulären Fasern. Typischerweise besitzen die Fasern eine proximale Verbindung zur Hohlhand. Sie können aber auch nur auf einen Finger beschränkt sein. Diese von BRENNER (2003) gemachten Beobachtungen konnten wir auch an unseren Präparaten beobachten. Dabei stellten wir fest, dass die dicksten retrovaskulären Schrägfasern mit einer Stärke von 3,7 mm an den rechten Zeigefingern gemessen werden konnten. An den von uns präparierten Fingern sind jeweils nur die radiale oder ulnare Seite präpariert worden. Aber nicht an jedem Finger ließen sich die Schrägfasern darstellen. Die breiteste Faser fand sich am Ringfinger mit 3,0 mm. Zusätzlich beobachteten wir an fast allen von radial

aus präparierten Fingern kräftigere Fasern als ulnar. Im Vergleich der Finger stellten sich für die Zeigefinger die kräftigsten retrovaskulären Schrägfasern heraus. Je breiter die Stränge ausgebildet sind, desto dünner waren die Fasern angelegt. Die Schrägfasern stellen durch ihre Verbindung radial bzw. ulnar zu der Außenseite der Beugesehnenscheide (THOMINE 1972) eine Verbindung zwischen der Palmaraponeurose und den tiefer gelegenen Hohlhandschichten her. Schon PAILLARD (1827) beschrieb diesen Verlauf von Anteilen der Längsfaszikel. MC GROUTHER (1982) schlug eine Aufteilung der Längsfaszikel in drei Schichten mit unterschiedlichen Ansätzen vor:

- Die erste Schicht der Längsfaszikel inseriert oberflächlich in die Haut (Abb. 13). Dies kann bei voller Streckung der Finger als Hauteinziehung beobachtet werden.

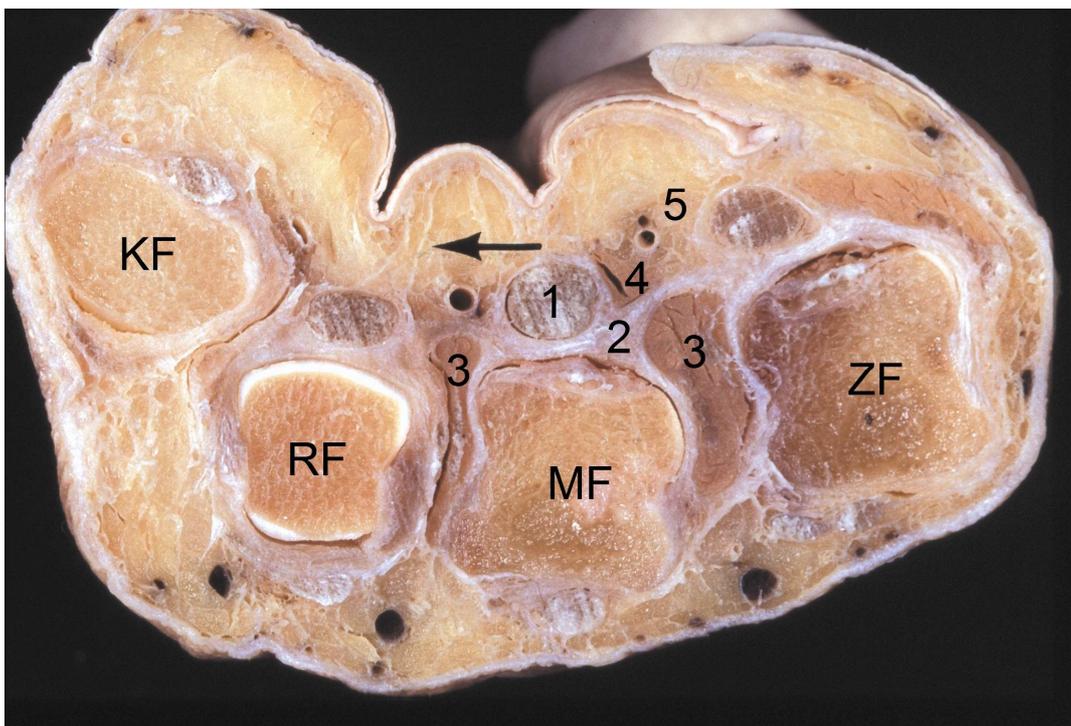


Abbildung 13 – Querschnitt einer rechten Hand von proximal. Der Pfeil zeigt auf vertikal zur Haut ziehende Fasern der oberflächlichen Schicht der Fasciculi longitudinales

1 Beugesehnenscheide und Ringband A1, 2 metakarpophalangealer Halteapparat (ZANCOLLI – Komplex), 3 Mm. interossei, 4 M. lumbricalis, 5 Vasa und Nn. digitales palmares communes

- Die Fasern der zweiten Schicht ziehen sich aufgabelnd dorsal des Lig. natatorium und des Gefäß-Nervenbündels hindurch und dehnen sich in Richtung der Finger aus. MC FARLANE (1974) benennt sie wegen ihres engen Kontaktes zum neurovaskulären Bündel und ihres spiralförmigen Verlaufes als „spiral bands“. Dagegen beschreibt THOMINE (1985) diese Fasern als „retrovaskuläres Band“. YU et al (2003) sehen ebenfalls die Gabelung der Längsfaszikel (Gabelbänder) in je zwei „spiral bands“ als regelmäßig vorkommend an, da sie an beiden Seiten der Beugesehnenscheide dorsal des Gefäßnervenbündels nach distal - dorsal verlaufen. So stellen sie eine Verbindung dar, zwischen den Längsfaszikeln der Palmaraponeurose und der Kapsel des Grundgelenkes, dem tiefen queren Hohlhandband und der Haut der Seitenflächen der Finger. Sie entsprechen somit dem Verlauf der retrovaskulären Schrägfaser. Diese Beobachtungen von THOMINE (1985) konnten wir in unseren Präparationen nachvollziehen, so dass wir die retrovaskulären Schrägfasern als eigenständige, von den Gabelbändern unabhängige Fasern, beschreiben können.
- Die dritte und am tiefsten gelegene Schicht zieht nahezu vertikal zur Seite der Beugemuskelsehnenscheide und des Grundgelenkes und endet nach MC GROUTHER (1982) in der Nähe der Streckmuskelsehne. Auch andere Autoren identifizieren diese Fasern (STACK 1985, ZANCOLLI 1979), die von LEGUEU u. JUVARA (1892) als „perforierende Fasern“ bezeichnet wurden.

THOMINE (1974) war der Erste, der auf die distal der Gabelungsstelle der Längsfaszikel entstehende faserarme, prätendinöse Aponeurosenlücke aufmerksam machte. Er nannte diesen Bereich „hiatus aponévrotique“. Wie LEGUEU u. JUVARA (1892), KANAVEL et al. (1929) und SKOOG (1967) konnten auch wir beobachten, wie Fasern der Fasciculi longitudinales unterschiedlich weit in den palmaren Fingerbereich ziehen. Die Beobachtungen von MILLESI (1959), nach denen die Fasciculi longitudinales als durchgehende Stränge zum Lig. natatorium ziehen, wurden bereits von MEINEL (1979) und WETZEL (1994) auf der Grundlage ausgedehnter Präparationen widerlegt. Das entspricht auch unseren Ergebnissen. Wir bestätigen, dass nur vereinzelte prätendinöse Fasern (LEGUEU u. JUVARA 1892) das jeweilige Spatium interfasciculare („hiatus aponévrotique“ THOMINE 1972) überqueren.

Interessant sind die Beobachtungen von JOVERS (1991) und WETZEL (1994), nach denen die Fasciculi longitudinales nicht regelmäßig an die vier Fingerstrahlen gebunden sein müssen, sondern in Einzelfällen Fasern aus einem Strang in Richtung zweier Finger ziehen (KALBERG 1935). Auch das konnten wir an unseren Präparaten beobachten. Die Anzahl der Fasciculi longitudinales kann daher erheblich variieren.

Die Fasciculi transversi unterteilen LEGUEU u. JUVARA (1892) in lange, vom zweiten bis zum fünften Os metacarpale reichende und kurze, von einem Sehnenzwischenraum zum anderen laufende Fasern. Die Bedeutung dieser Fasern ist nach den beiden Autoren nicht nur der Zusammenhalt der Fasciculi longitudinales untereinander sondern vor allem der Zusammenhalt der Beugesehnen durch Fixation am Skelett. Im Gegensatz zu LEGUEU u. JUVARA (1892) und KAPLAN (1965) beschreibt SKOOG (1966) die Fasciculi transversi als ein durchgängiges Band, das ohne Unterbrechung vom ersten Interphalangealraum bis zum ulnaren Rand der Hohlhand verläuft.

Über die Funktion der Palmaraponeurose herrscht in der Literatur keine einheitliche Vorstellung. DUPUYTREN (1834) beschrieb eine Hemmung der Hyperextension. Die Fixierung der Beugesehnen hoben LEGUEU u. JUVARA (1892) hervor. Eine hydraulische Funktion nahmen v. LANZ u. WACHSMUTH (1959) an. Die Beugefunktion erwähnte FROHSE (1906). Eine Fixierung der Haut zur Sicherung des Griffes nannten GRAPOW 1887 und MILLESI (1959). Die Polsterung der Handfläche war MILLESI (1959) ebenfalls wichtig.

Letztere Funktionen werden zum größten Teil dem „Schwimmband“ zugeordnet. Der mit Fett und Bindegewebe ausgefüllte interdigitale Geweberaum wird erheblichen Lage- und Formveränderungen ausgesetzt. Ein hier eingeschlossener Fettkörper wird bei Fingerstreckung nach distal und in den Interdigitalraum hineingezogen. Bei Fingerbeugung wird er in seinem Längsverlauf zusammengepresst und aus dem Interdigitalraum herausgedrückt, so dass er in den prädigitalen Seitenbereich ausweichen kann. Diese Mobilität wird durch eine von den Fingern unabhängige ausschließlich interdigitale Faserverspannung zwischen palmarer und dorsaler Zwischenfingerhaut gewährleistet (MEINEL 1999). Bereits CLELAND (1878) erwähnte dieses Phänomen in seiner Beschreibung, die „cutaneous ligaments“ erst in Höhe der

distalen Grundphalanxhälfte gefunden zu haben. Die Gewährleistung einer „Knautschfähigkeit“ der Haut scheint eine zentrale anatomische Funktion der Hautfesselung im Bereich des palmodigitalen Überganges der Hand zu sein. Daneben ist die Einschränkung der Spreizfähigkeit der Finger sowie der Schutz der in den Fingerbereich ziehenden Gefäße, Nerven und Lumbrikalmuskeln ebenso wichtig wie die Hautverspannung. Die Vorstellung von den Funktionen des „Schwimmbandes“ macht das Verständnis dieses komplizierten Faserkomplexes umso wichtiger (MEINEL 1999).

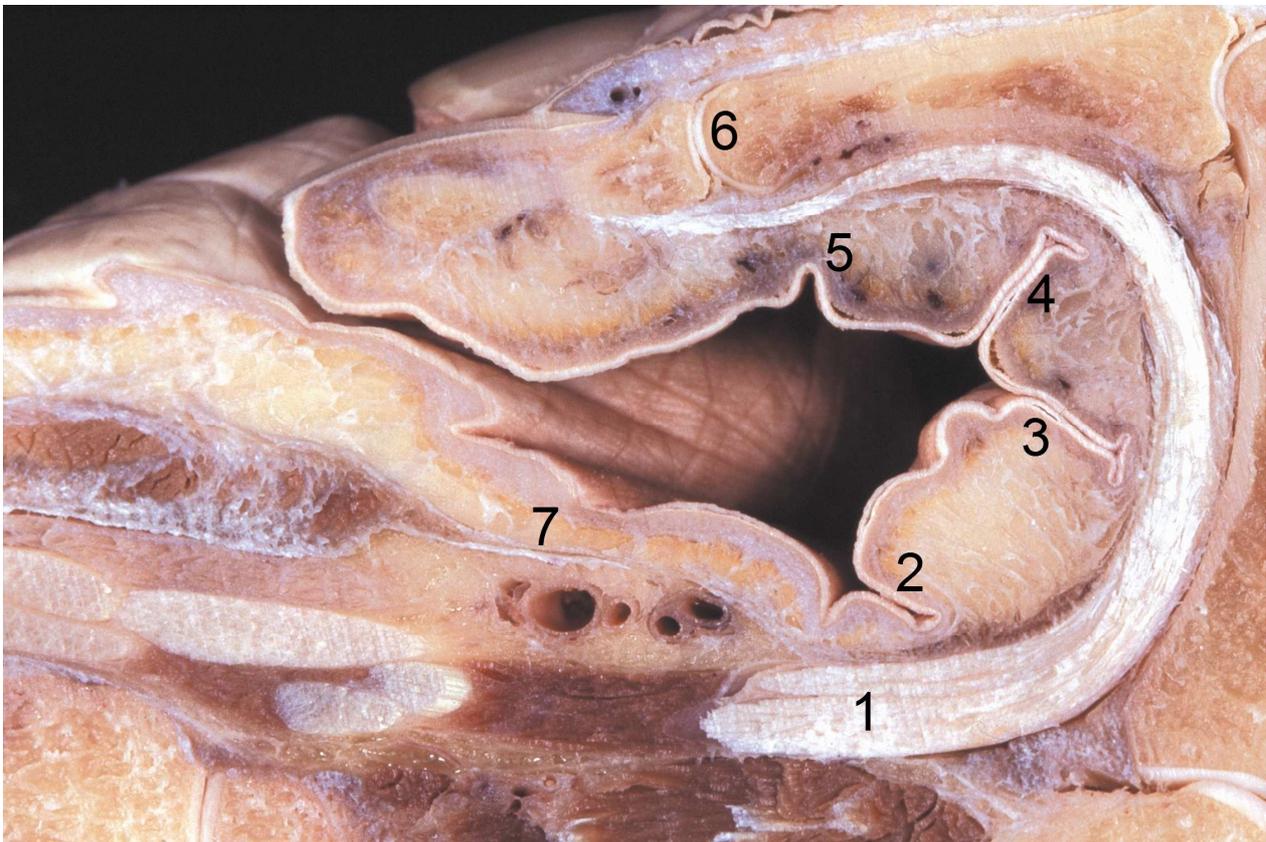


Abbildung 14 – Längsschnitt durch einen linken Mittelfinger, Ansicht von ulnar, („Knautschzone“) - 1 *Beugesehnen*, 2 *distale Hohlhandfurche*, 3 *Grundgelenkfurche*, 4 *Mittelgelenkfurche*, 5 *Endgelenkfurche*, 6 *Articulatio interphalangealis distalis*, 7 *Fasciculus longitudinalis*,

Das Lig. natatorium ist Teil des Fasersystems, das sich aus den Fasciculi transversi entwickelt. Dieser Faserkomplex besteht neben den proximal lokalisierten Fasciculi transversi der Palmaraponeurose zusätzlich aus dem Lig. natatorium, das distal des Metakarpophalangealgelenks zwischen den Fingern lokalisiert ist. SCHMIDT u. LANZ (2003) dagegen beschreiben seine Lage über den Basen der Grundphalangen. Um die Funktion der Mobilität der Haut in der „Knautschzone“ des palmodigitalen Überganges zu verstehen (Abb.14), ist die Beschreibung des Bandes als ein komplex strukturiertes Fasernetz erforderlich. Die Charakterisierung von WETZEL (1994), der das Lig. natatorium als querverlaufendes Band unter der Haut der Zwischenfingerfalten darstellt, wird dem Faserkomplex nicht gerecht. Das Lig. metacarpale transversum superficiale sollte strikt von den tiefen transversalen, intermetakarpalen Bändern (Ligamentum metacarpale transversum profundum) im Bereich der palmaren Platten der Metakarpophalangealgelenke unterschieden werden. Die palmaren Platten der Fingergrundgelenke sind durch das tiefe quere Hohlhandband untereinander fest verbunden.

Die Ausdehnung des „Schwimmbandes“ nach distal über die Mitte der Grundphalangen hinaus, wie sie von GRAPOW (1887) und WETZEL (1994) beschrieben wurden, konnten wir bestätigen. Der Faserkomplex zieht von der ulnaren Seite des Kleinfingers bis zur radialen Seite des Zeigefingers. Wir stellten fest, dass die Ansätze im Mittel ulnar breiter waren als radial. Der Unterschied zwischen radial und ulnar beträgt nach unseren Beobachtungen lediglich 0,6 mm. Unsere Beobachtungen stehen im Widerspruch zu denen von MEINEL (1979), der die Grenzen mit ulnarer Basis des Zeigefingers bis zur radialen Seite des Kleinfingers angibt. Auch WHITE (1984) legt die Begrenzung am Kleinfinger weiter ulnar fest. Er definiert den Ansatz aus zwei Teilen bestehend, wobei ein Teil der Fasern in die Haut einstrahlt und der andere Teil in eine Faszie, die sich aus Anteilen der Hypothenarfaszie, aus Fasern der Sehne des M. abductor digiti minimi und den GRAYSONschen Hautbändern zusammensetzt. Weitgehende Einigkeit besteht bei vielen Autoren darüber, dass es zu einer innigen Verflechtung mit den Wandschichten der Beugesehnenscheiden und den tiefen Fasern der Fasciculi longitudinales kommt. Diese Beobachtungen können auch wir bestätigen. Nach FROHSE (1906) besteht die Aufgabe des Bandes in einem Schutz vor zu starker Fingerspreizung, sowie vor

übermäßiger Beugung eines Fingers bei gestrecktem Nachbarfinger. In der gleichen Arbeit beschreibt FROHSE (1908) den Verlauf bis in den ersten Intermetakarpalraum zwischen Daumen und Zeigefinger hinein, in dem das Band jedoch schwächer ausgebildet ist. FROHSE (1906) bezieht sich damit auf die Arbeit von GRAPOW (1887), der diese Stränge als sehr deutlich sichtbar vorgefunden hat. FROHSE und FRÄNKEL (1908) betonen jedoch, dass die Fasern zwischen Daumen und Zeigefinger nicht zum Lig. natatorium gerechnet werden können. TUBIANA u. DE FRENNE (1982) bezeichnen sie als ein distal gelegenes queres Kommissuralband, in Anlehnung zu dem proximal gelegen queren Kommissuralband in Fortführung der Fasciculi transversi. Die Beobachtung über die Zunahme der Breite des „Schwimmbandes“ von radial nach ulnar können wir nur teilweise bestätigen. Im Mittel konnten wir eine Schwimmbandbreite über dem Zeigefinger von 12,7 mm, über dem Mittelfinger 13,7 mm und über dem Ringfinger 15,2 mm messen. Vom Zeige- bis Ringfinger nimmt die Breite des „Schwimmbandes“ zu, im Bereich des Kleinfingers dagegen wird es wieder schmaler. Im Unterschied zu den Messungen von WETZEL (1994) haben wir lediglich die Breite über den Fingern und nicht die Breite über den Kommissuren abgegriffen. Die von WEIS-WALTER (1989) veröffentlichte Beobachtung des vom Kleinfinger zum Zeigefinger breiter werdenden „Schwimmbandes“ ist von uns nicht vorgefunden worden.

Das Lig. natatorium ist ein präparatorisch darstellbares „Kunstprodukt“. Es lässt sich an der lebenden Hand intraoperativ nicht freilegen. Auch findet das Band in den einschlägigen Operationslehren keine Erwähnung. Und dies, obwohl der palmodigitale Übergang nicht nur wegen des weit verbreiteten M. DUPUYTREN, sondern auch an Händen mit intakter Subkutanschicht wegen z.B. stenosierender Tendovaginitiden oder Ringbandzysten unzähligen operativen Revisionen ausgesetzt ist. Bei der atraumatischen Präparation während des Operierens wird das Subkutangewebe möglichst intakt und im Verbund mit der Haut belassen. Die Fasern verbleiben damit in ihrer ursprünglichen Scherengitterformation und können keinen queren Faserzug vortäuschen. Auf keinen Fall lässt sich intraoperativ eine der anatomischen Präparation gleichwertige Ligamentformation darstellen (MEINEL 1979). Auch auf histologischer Ebene lässt sich für die bis heute geltende Beschreibung der Faserformation als Ligament keine Bestätigung finden. Nur nach herkömmlicher anatomischer Präparation

kann an der Haut der gestreckten und leicht gespreizten Hand ein Faserkomplex aufgefunden werden (MEINEL 1979).

Das „Schwimmband“ besitzt eine kontinuierliche Begrenzung nach proximal. BRENNER (2003) beschreibt nach distal jedoch drei Anteile: jeweils eine für den zweiten, dritten und vierten Zwischenfingerraum und zwar zusätzlich zu seiner Radialausdehnung in der ersten Zwischenfingerfalte. Das „Schwimmband“ dieser drei Bezirke gibt Längsfasern zu den benachbarten Fingern ab, die sich am Aufbau der „lateral digital sheets“ (LDS, Anteile der Retinacula cutis) beteiligen. Die Fasern des „Schwimmbandes“ ziehen über die gesamte Handbreite in die Haut. Der interdigitale Raum zwischen den Fasciculi transversi und dem Lig. natatorium wird als faserarm und fettreich beschrieben, aus dem sich bei Streckung der adduzierten Finger das Fett zu den Monticuli hervorquillt. THOMINE (1974) nennt diesen Raum „l'hiatus aponévrotique“.

Nach dorsal ist das „Schwimmband“ durch peritendinös sich überkreuzende Bindegewebezüge an den Beugesehnenscheiden fixiert. So entsteht eine Verbindung des oberflächlich gelegenen „Schwimmbandes“ zu dem komplizierten System von Bindegewebestrukturen, die die Fingergrundgelenke umhüllen. Dieser metakarpophalangeale Halteapparat (ZANCOLLI - Komplex) stabilisiert nicht nur die Bewegungen in den Grundgelenken der Finger, sondern führt auch die Strecksehnen, dient den Handbinnenmuskeln zum Ansatz, fixiert das Ringband A1 sowie die palmare Platte und zügelt den transversalen Metakarpalbogen (Abb. 12). Die Verbindungsfasern zwischen dem oberflächlich gelegenen „Schwimmband“ und der Beugesehnenscheide stellten sich in unseren Präparationen als Formation dar, die einem „Andreaskreuz“ ähnelt. Wir stellten fest, dass von der Beugesehnenscheide aus gesehen immer eine Faser nach radial in das Schwimmband zieht und die zweite Faser in ulnarer Richtung verläuft. Die Fasern entspringen jeweils auf der gegenüberliegenden Seite aus der Beugesehnenscheide. Das bedeutet, dass eine der beiden Fasern von der ulnaren Seite der Beugesehnenscheide, nahe des Ringbandes A1, entspringt, die andere Faser überkreuzt und schließlich nach radial zieht, um letztlich mit dem „Schwimmband“ auf der radialen Seite zu verschmelzen. Dabei stellte sich an allen vier Fingern heraus, dass die nach radial ziehenden Fasern die längeren und die kräftigeren waren. Auch beobachteten wir, dass das stärkere Band von beiden immer proximal gegenüber dem

schwächeren liegt. Die breitesten Verbindungsstrukturen beobachteten wir an den Zeigefingern, wobei die kräftigsten Bänder an Mittel- und Ringfingern vorgefunden wurden.

Die von uns erarbeiteten Befunde stellen eine umfassende Ergänzung zu den bisher in der Literatur angegebenen Charakterisierungen der Haut- und Bindegewebestrukturen der palmodigitalen Übergangszone dar. Sie sind gerade für das Verständnis der DUPUYTRENschen Erkrankung von besonderer Bedeutung. Letztlich müssen jedoch die straffen, geflechtartigen Bindegewebesysteme der palmaren Seite der Hand als funktionelle Einheit betrachtet werden (MILLES, 1959).

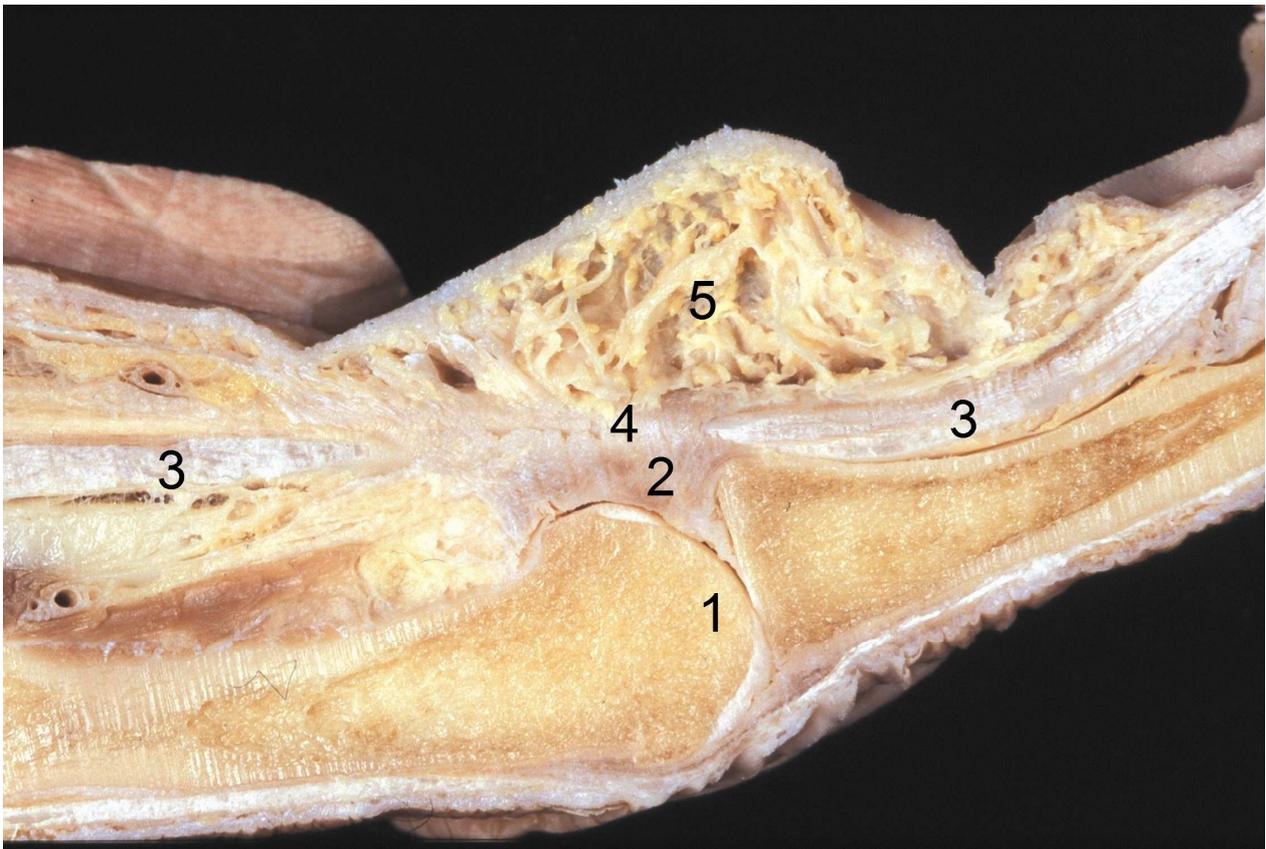


Abbildung 15 – Längsschnitt durch die Grundgelenkregion eines rechten Mittelfingers, Ansicht von ulnar – 1 *Articulatio metacarpophalangealis* (Grundgelenk, MP - Gelenk), 2 *palmare Platte*, 3 *Beugesehnen*, 4 *Ringband A1*, 5 *Fasertexturen des Lig. metacarpale transversum superficiale* (*Lig. natatorium*, „Schwimmband“)

Zusammenfassung

An 60 rechten und linken Feuchtpräparaten von Händen älterer Erwachsener beider Geschlechter aus dem Anatomischen Institut der Universität Bonn wurden die Längsfaszikel der Palmaraponeurose, die Septen der Hohlhand, der palmodigitale Übergangsbereich, das Lig. metacarpale transversum superficiale (Lig. natatorium, „Schwimmband“) lupenpräparatorisch dargestellt und nach Bestimmung reproduzierbarer Merkmale vermessen.

An 17 Händen stellte sich für die Längsfaszikel heraus, dass sie sich fast immer (Ausnahme Mittelfinger) von proximal nach distal fächerförmig verbreitern. Bis zu einem Faserknoten, der zwischen dem ZANCOLLI - Komplex und der Grundgelenkfurche liegt, ziehen die Fasern fächerförmig gegen die Finger. Der Faserknoten fand sich in fast allen Präparaten. Er liegt im Bereich der Mittel- und Ringfinger am weitesten vom ZANCOLLI-Komplex entfernt. Von ihm ziehen oberflächliche Fasern vertikal zur Haut. Tiefer gelegene ziehen schiffskielähnlich nach radial bzw. ulnar-dorsal an die Beugesehnenscheide. Einzelne Fasern gehen fortlaufend in den Komplex des „Schwimmbandes“ über.

Die dorsal von der Palmaraponeurose liegenden Septen werden in zwei marginale und sieben intermediäre eingeteilt. Die distale Hohlhand wird durch diese Septen in mehrere Fächer getrennt, wobei alle Septen eine unterschiedliche Ausbreitung haben. Sie sind palmar länger als dorsal, und proximal höher als distal. Vom Zeigefinger zum Ringfinger nehmen die intermediären Septen an Länge und Höhe zu. An den Ringfingern fanden wir die längste und höchste Ausdehnung der Septen.

Die jeweils radial und ulnar in die Tiefe zur Außenseite der Beugesehnenscheide an das Ringband A1 ziehenden Fasern der Längsfaszikel sind radial immer kräftiger als ulnar ausgebildet. An den Zeigefingern fanden wir die kräftigsten, an den Ringfingern die breitesten retrovaskulären Fasern. Je kräftiger das Band, desto dünner war es angelegt.

Vom Zeige- zum Ringfinger verbreitern sich die Bänder, wobei sie gleichzeitig an Dicke abnehmen.

Das Lig. natatorium ist von seiner ulnaren bis zur radialen Befestigung im Mittel 83,3 mm lang. Wir konnten einen Längenunterschied von 2,9 mm zugunsten der linken Hände beobachten. Ulnar konnten wir einen breiteren Ansatz als radial darstellen. Die Breite des „Schwimmbandes“ wurde von uns jeweils über dem Fingerstrahl abgegriffen, so dass wir von den Zeigefingern bis zu den Ringfingern eine Zunahme der Breite feststellten.

Verbindungsfasern zwischen der Beugesehnenscheide und dem „Schwimmband“ konnten wir an 25 Feuchtpräparaten darstellen. Das „Schwimmband“ ist durch tiefe, sich überkreuzende peritendinöse Fasern unterschiedlicher Dicke mit der Beugesehnenscheide fixiert. Dabei verläuft je eine Faser radial bzw. ulnar zum Schwimmband. Die radial an das Lig. natatorium verlaufende Faser erscheint immer länger und kräftiger als die ulnare. Im Vergleich der Finger stellten sich für die Mittel- und Ringfinger kräftigere Fasern der Struktur als für die Zeigefinger heraus.

Literaturverzeichnis

ANSON BJ, ASHLEY FL, The midpalmar compartment, associated spaces and limiting layers. *Anat Rec* 1940; 78: 389-408

BOJSEN-MØLLER F, SCHMIDT L. The palmar aponeurosis and the central spaces of the hand. *J Anat* 1974; 117: 55-68

BRENNER P, GHAZI MR, Morbus Dupuytren. Ein chirurgisches Therapiekonzept. Wien-New York: Springer, 2003

BUCK-GRAMCKO D, Funktionelle Anatomie. In: NIGST H, BUCK-GRAMCKO D, MILLESI H, Hrsg., Handchirurgie Bd. 1, Stuttgart: Thieme 1981

CAUGHELL KA, MC FARLANE RM, Developmental anatomy of the palmar aponeurosis and its relationship to the palmaris longus tendon. *J Hand Surg* 1988; 13A: 485-493

CLELAND FRS, On the cutaneous ligaments of the phalanges. *J Anat Physiol* 1878; 12: 526-527

CORDIER TP, COULOUMA FP, Données nouvelles sur les espaces cellulaires de la paume de la main. *Rev Chir* 1943; 72: 563-588

DUPUYTREN M, Leçons orales de clinique chirurgicale, faites à l'Hôtel-Dieu de Paris. Tome premier. Paris, Germer Baillière, 1832

FLYNN JE, Clinical and anatomical investigations of deep fascial space infections of the hand. *Amer J Surg* 1942; 55: 467-475

FLYNN JE, Surgical significance of the middle palmar septum of the hand. *Surg* 1943; 14: 134-141

FROHSE F, Die Aponeurosis palmaris und digitalis der menschlichen Hand mit besonderer Berücksichtigung ihrer Funktion. Arch Anat Physiol (Anat Abt) 1906; 101-108

FROHSE F, FRÄNKEL M, Die Muskeln des menschlichen Armes, In: K. v. BARDELEBENS Handbuch der Anatomie des Menschen. 2. Abt., 2. Teil. Jena, Fischer, 1908: 256-262

GOSSET J, Dupuytren's disease and the anatomy of the palmodigital aponeuroses. In: HUESTON JT, TUBIANA R, eds. Dupuytren's disease. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1974

GRAY'S ANATOMY. 5. Myology: Fascial arrangements in the hand. In: WILLIAMS PL, WARWICK R, eds. 35th ed. Edinburgh - London - Melbourne: Churchill Livingstone, 1973

GRAYSON J, The cutaneous ligaments of the digits. J Anat 1941; 45: 143-158

GRAPOW M, Die Anatomie und physiologische Bedeutung der Palmaraponeurose. Arch Anat Physiol (Anat Abt) 1987: 143-158

GRODINSKY M and HOLYOKE EA, The fasciae and fascial spaces of the palm. Anat Rec 1941; 79: 435-451

HYRTL J, Handbuch der topographischen Anatomie, Wien: Braumüller 1882

JAMIESON JG, The fascial spaces of the palm with special references to their significance in infections of the hand. Brit J Surg 1950; 28: 193-199

JOVERS B, Neuere Untersuchungen zur klinischen Anatomie der palmaren Mittelhandregion beim Menschen. Med. Inaug.-Diss., Würzburg, 1991

KANAVAL AB, KOCH SL, MASON ML, Dupuytren's contraction. With a description of the palmar fascia, a review of the literature, and a report of twenty-nine surgically treated cases. Surg Gyn Obstetr 1929; 48: 145-190

KAPLAN EB, MILFORD LW, The retinacular systems of the hand. In: KAPLAN EB, eds. The functional and surgical anatomy of the Hand. Philadelphia: Lippincott 1966: 169-170

KALBERG W, Zur Anatomie der Palmaraponeurose. Anat Anz 1935/36; 81: 149-159

LANDSMEER JM, Atlas of the anatomy of the hand. London: Livingstone 1976

LANZ Tv, WACHSMUTH W, Praktische Anatomie. Bd. 1, 3. Teil: Arm. 2. Aufl. Berlin - Göttingen - Heidelberg: Springer 1959

LEGUEU F, JUVARA E, Des aponévroses de la paume de la main. Bull Soc Anat 1892: 383 - 400

MANSKE PR, LESKER PA, Palmar aponeurosis pulley. J Hand Surg 1983; 8A: 259 - 263

MC FARLANE RM, Patterns of the diseased fascia in the fingers in Dupuytren's contracture. Plast Reconstr Surg 1974; 54: 31 - 44

MEINEL A, Morbus Dupuytren - Streckhemmung statt Fingerkontraktion? Formalgenese und Pathomechanik der Palmarfibromatose. Habil.-Schrift, Heidelberg, 1979

MEINEL A, Morbus DUPUYTREN. Neue Aspekte zu Formalgenese und Operationsprinzip. Handchir Mikrochir Plast Chir 1999; 31: 339-345

MILLES I H, Neue Gesichtspunkte in der Pathogenese der Dupuytren'schen Kontraktur. Brun's Beitr Klin Chir 1959; 198: 1-25

MILFORD LW, Retaining ligaments of the digits of the hand. Philadelphia WB Saunders, 1988

MEYER VE, Die Dupuytren'sche Kontraktur. Schweiz Rundsch Med Prax 1991; 13: 322-324

PAILLARD A, Traité des aponévroses, suivi de considérations chirurgicales. Paris 1827, (aus „Leçons orales...“ par DUPUYTREN, M. S. 20, Paris, Germer Baillière, 1832)

POISEL S, Die Anatomie der Palmaraponeurose. Therapiewoche 1973; 37: 3337-3339

POISEL S, Die topographische Anatomie der Gefäße und Nerven der Hohlhand. Therapiewoche 1973; 37: 3339-3344

RITTER MA, The anatomy and function of the palmar fascia. The Hand 1973; 5: 263 - 267

SCHMIDT H-M, LANZ U, Chirurgische Anatomie der Hand. Stuttgart: Hippokrates, 1992

SCHMIDT H-M, LANZ U, Chirurgische Anatomie der Hand. Stuttgart: Thieme, 2003

SKOOG T, The transverse elements of the palmar aponeurosis. Scand J Plast Reconstr Surg 1967; 1: 51 - 63

STACK HG, The palmar fascia and the development of deformities and displacements in Dupuytren's contracture. In: HUESTON JT, TUBIANA R, eds. Dupuytren's disease. Edinburgh: Livingstone, 1974

THOMINE JM, The aponeurosis and compartments of the hand. The Hand 1981; 1: 223 - 231

TUBIANA R, SIMMONS BP, DE FRENNE HAR, Location of Dupuytren's disease on the radial aspect of the hand. Clin Orthop 1982; 168: 222 - 229

WEIS-WALTER U, Das Schwimmband. Beitrag zum anatomisch - funktionellen Verständnis des Bindegewebsgerüsts der Hand. Med. Inaug. - Diss., Heidelberg, 1989

WETZEL G, Neuere Untersuchungen zur klinischen Anatomie der Palmaraponeurose. Med. Inaug. - Diss., Bonn, 1994

WHITE S, Anatomy of the palmar fascia on the ulnar border of the hand. J Hand Surg 1984; 9B: 50 - 56

YU B H-L, CHASE R A, STRAUCH B, Atlas of Anatomy and Clinical Implications, Chicago: Mosby, 2004