

Abb. 1.59 Bewegungsachsen des Daumensattelgelenks.

Die Mittelhand formt in typischer Weise den Handrücken und die Hohlhand, wobei besonders die Elemente des aktiven Bewegungsapparates das Oberflächenrelief der Handflächen prägen.

Am Metakarpus treten den langen, vom Unterarm kommenden *extrinsischen* Hand- und Fin-

germuskeln, die mit ihren Sehnen das *Dorsum* und die *Palma manus* durchqueren, die kurzen oder *intrinsischen* Hand- und Fingermuskeln zur Seite. Letztere bilden, von bindegewebigen Septen umhüllt, drei separate Hohlhandräume aus. Aufgrund der Funktionsvielfalt der Handfinger, des Daumens und des Kleinfingers, bilden sich *Daumenballen*, *Thenar*, und *Kleinfingerballen*, *Hypothenar*, heraus und umgreifen so eine mittlere Zone, die dem zweiten bis vierten Mittelhandknochen entspricht. Thenar und Hypothenar bilden dabei gleichzeitig ein kräftiges Polster für die Greiffläche der Hand. Obwohl in unterschiedlichen Ebenen angeordnet, gehören alle kurzen Hand- und Fingermuskeln den ventralen oder palmaren Muskeln, den genetischen Beugern, an. Sie werden deshalb auch von den beiden ventralen Handnerven, N. medianus und N. ulnaris, motorisch innerviert (Abb. 1.60).

Der *Handrücken*, *Dorsum manus*, ist durch die zu den Fingern hin divergierenden Sehnen der Strecken gekennzeichnet. Im Gegensatz zur Hohlhand enden die Strecksehnen nach Unterqueren des dorsalen Haltebandes, *Retinaculum extensorum*, über den Basen der Mittelhandknochen. Als Bestandteil der Handrückenfaszie entsteht ein peritendinöses Binde-

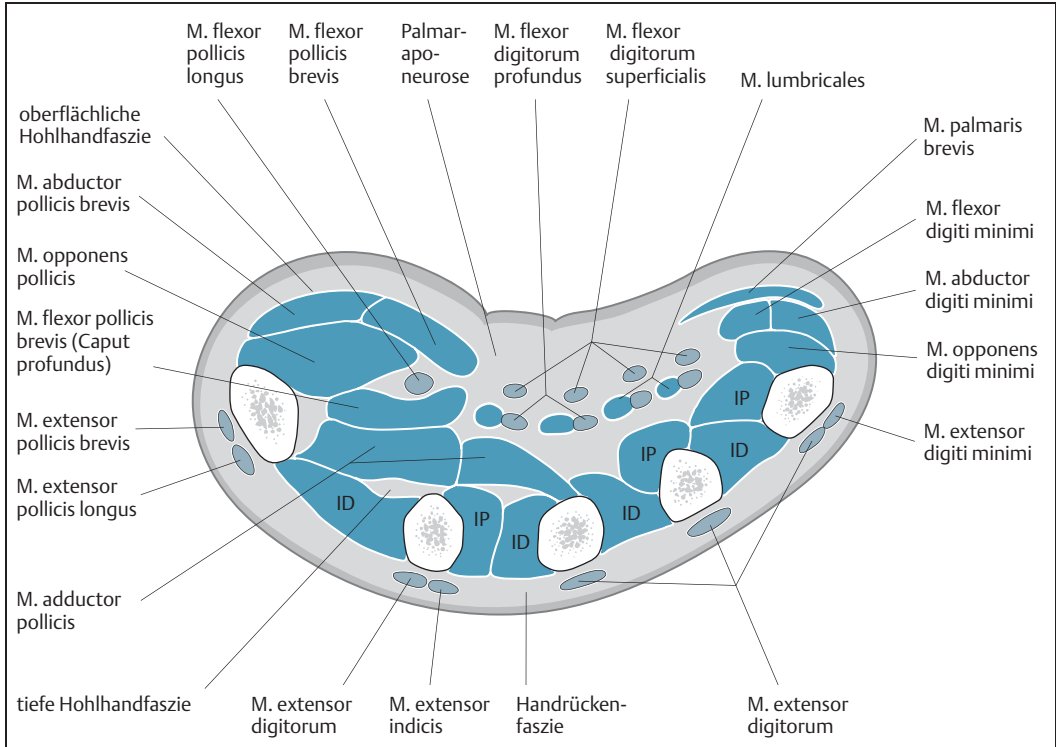


Abb. 1.60 Transversalschnitt in Höhe des Metakarpus.

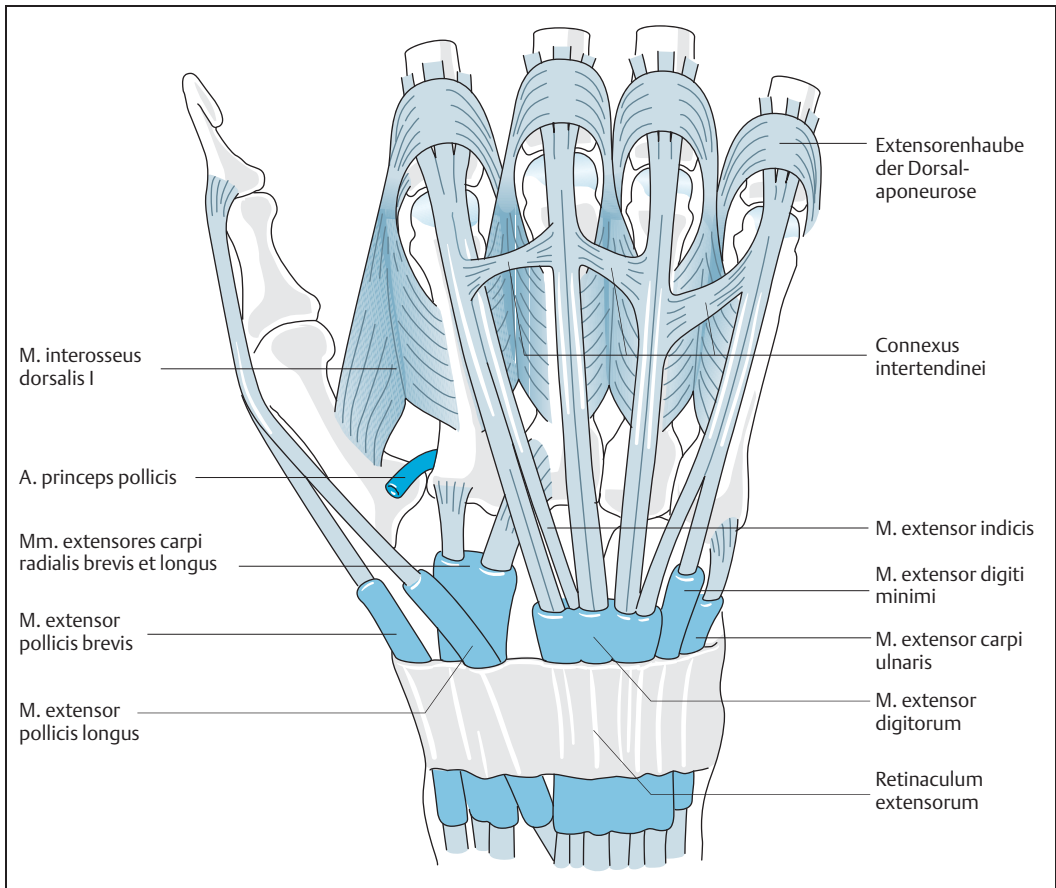


Abb. 1.61 Strecksehnen und Mm. interossei der Hand.

gewebe, das durch eine ausgeprägte Schichtenbildung sehnenscheidenähnliche Gleiträume für die mobilen Strecksehnen bereitstellt. Grundlage dieser dorsalen Gleitgewebe ist das tiefe Blatt der Handrückenfaszie, die in Fortführung der Strecksehnenfächer des Retinaculum extensorum Führungsröhren für die extrinsischen Hand- und Fingermuskeln bildet. Proximal der metakarpalen Köpfe kommt es zu einer transversalen Verbindung der Strecksehnen über Sehnenbrücken, Connexus intertendinei, die als straffe Bindegewebszüge zu einer radioulnaren Stabilisierung der Strecksehnen beitragen. Darüber hinaus bewirken diese Sehnenverbindungen eine individuell unterschiedlich ausgeprägte mechanische Kopplung der Streckung der Finger II–V. Der Zeigefinger, Index, verfügt in der Regel über einen zusätzlichen, tiefer gelegenen Streckker, dessen Sehne keine intertendinöse Verbindung aufweist und so eine ausgiebigere Eigenstreckung des Fingers ermöglicht. Als Rudiment

eines tiefen, kurzen Streckers, der bei manchen Anthropoiden beobachtet wird, kann der Mittelfinger einen kurzen Streckmuskel tragen, dessen Muskelbauch dann auf dem Handrücken liegt.

Bedeckt von den Strecksehnen, verlaufen die dorsalen **Zwischenknochenmuskeln**, Mm. interossei dorsales. Diese Muskeln sind aufgrund ihrer dorsalen Lage zum tiefen queren Hohlhandband, Lig. metacarpale transversum profundum, weit in den dorsalen intermetakarpalen Raum verlagert. Der ulnare Handrücken wird vom Abspreizer des Kleinfingers, M. abductor digiti minimi, als Teil des Kleinfingerballens begrenzt. Der radiale Handrücken lässt den ersten dorsalen Zwischenknochenmuskel breitflächig hervortreten und findet seine scharfe Grenze an den Sehnen der beiden Daumenstreckker, M. extensor pollicis longus und M. extensor pollicis brevis, zwischen denen unmittelbar distal des Retinaculum extensorum in der Fovea radialis der Puls der A. radialis auf dem Os trapezium getastet wird (Abb. 1.61).

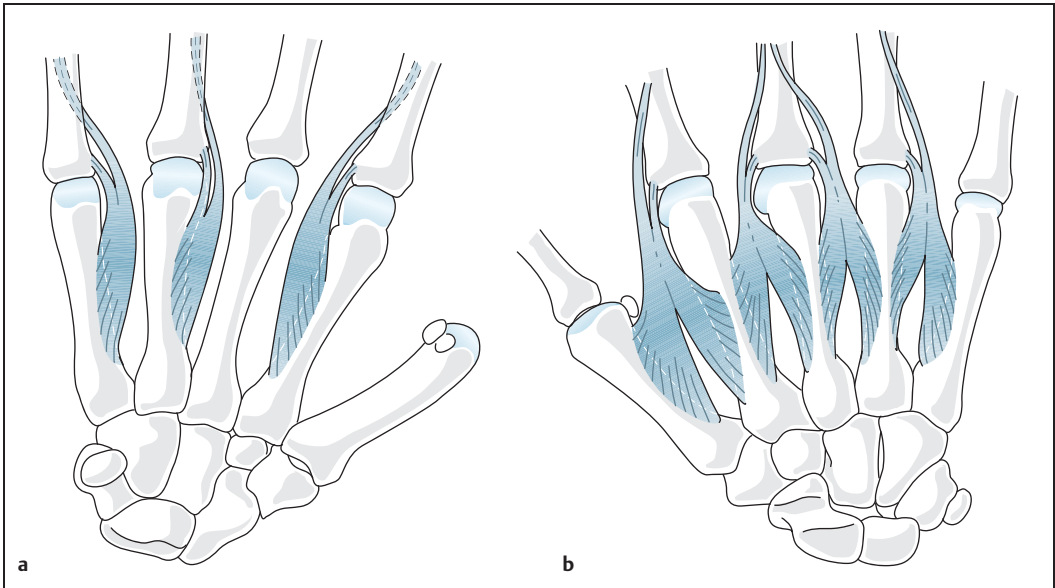


Abb. 1.62a–b Metakarpus mit Mm. interossei. **a** Mm. interossei palmares. **b** Mm. interossei dorsales.

Die *Hohlhand* beherbergt in mehreren Lagen die extrinsischen und intrinsischen Beugemuskel und wird radial oder daumenwärts ebenso wie ulnar oder kleinfingerwärts von einem deutlicher differenzierten Daumen- und Kleinfingerballen begrenzt. Die tiefste Schicht der kurzen Handmuskeln bilden die *Zwischenknochenmuskeln*, Mm. interossei. Sie verlaufen in den Zwischenräumen der Mittelhandknochen, Spatia interossea. Diese Muskeln entsprechen kurzen Beugern, die im Fingergrundgelenk zusätzlich Ab- und Adduktionsbewegungen ermöglichen. Die Mm. interossei dorsales entspringen zweiköpfig an den benachbarten Mittelhandknochen und formen auf diese Weise vier Muskelbäuche. Die drei Mm. interossei palmares entspringen von der Ulnarseite des zweiten und den Radialseiten des vierten und fünften Metakarpale und sind schwächer ausgeprägt als die dorsalen Zwischenknochenmuskeln. Von palmar kommend, ziehen alle Interossei zur Basis der Grundphalanx der Finger II bis V und inserieren außerdem in die Dorsalaponeurose dieser Finger (Abb. 1.62a–b). Grundsätzlich sind die dorsalen Zwischenknochenmuskeln konvergent zur Mittelfingerachse, die palmaren divergent zur Mittelfingerachse ausgerichtet, sodass die dorsalen abduzierend und die palmaren adduzierend wirken. Der dritte Strahl, nur von dorsalen Interossei besetzt, wird durch den Zug dieser Muskeln in der Mittellinie fixiert. Für die Greiffunktion der Hand ist die aufgrund der seitlichen Insertion

der Interossei verursachte rotatorische Bewegungskomponente der Finger bedeutsam. Neben dem Daumen besitzt der Kleinfinger ein ausgeprägtes Rotationsvermögen.

Im Gegensatz zu den Zwischenknochenmuskeln verlaufen die vier Wurmmuskeln, Mm. lumbricales, palmar des tiefen queren Hohlhandbandes. Sie entspringen am radialen Rand der Sehnen des tiefen Fingerbeugers und strahlen an dieser Seite in die Dorsalaponeurose des zweiten bis fünften Fingers ein. Ihrer Lage nach können sie zwar die Beugung in den Grundgelenken der Finger und deren Streckung in den Interphalangealgelenken unterstützen, zeigen aber elektromyographisch höhere Aktivitäten während der Streckung der Finger in ihren Grundgelenken. Durch den Zug dieser Muskeln kommt es offenbar zu einer vermehrten Freigabe der tiefen Beugesehnen, was wiederum die Fingerstreckung erleichtert. Die Mm. lumbricales variieren hinsichtlich ihres Ursprungs und Ansatzes, wobei die Variationshäufigkeit vom ersten zum vierten Muskel zunimmt. Aufgrund ihres mobilen Ursprungs an den tiefen Beugesehnen werden sie bei Flexion der Finger in den Karpaltunnel hineingezogen, sodass ihre proximalen Anteile die distale Radiuskante erreichen können (Abb. 1.63).

Bedeckt werden die kurzen Handmuskeln von der *tiefen Hohlhandfaszie* und der darüber liegenden karpalen Sehnnenscheide des tiefen und oberflächlichen Fingerbeugers, die kleinfingerwärts

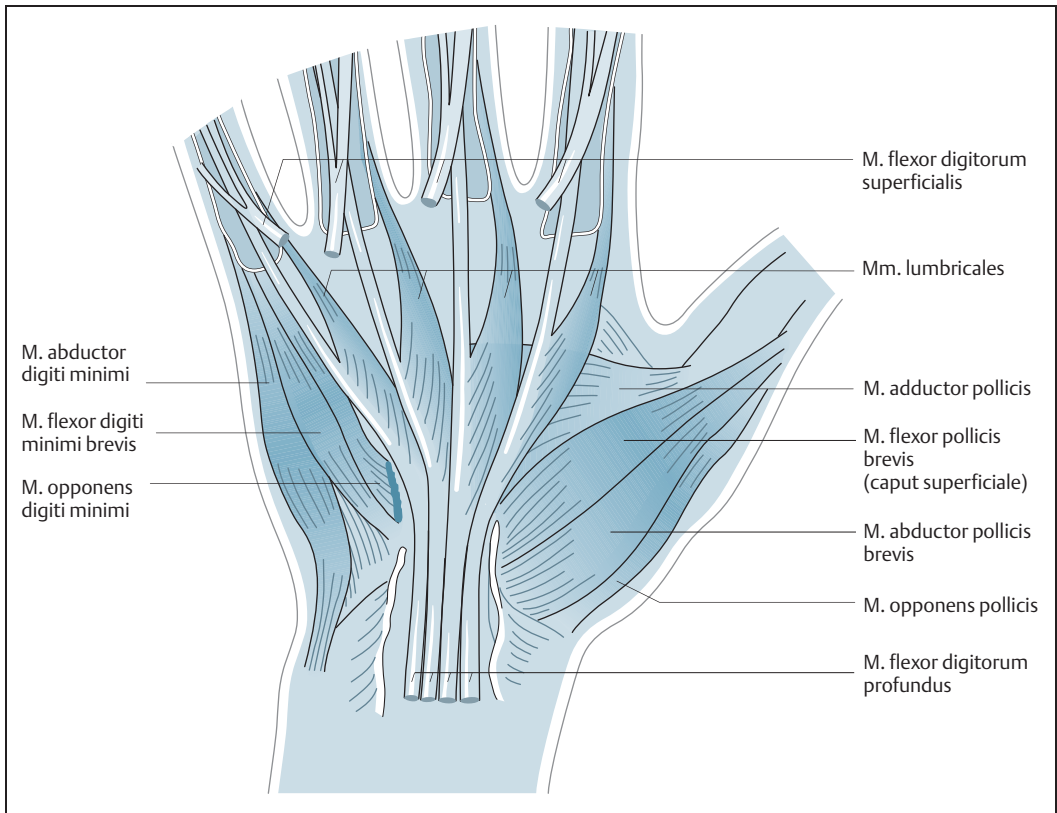


Abb. 1.63 Metakarpus und Mm. lumbricales.

ohne Unterbrechung in die digitale Sehnenscheide übergeht. Der Daumen besitzt eine eigene, die Sehne des langen Daumenbeugers in voller Länge umgebende Sehnenscheide. Die gemeinsame Sehnenscheide des zweiten bis vierten Strahls endet in der Regel auf mittlerer Höhe des Metakarpus und setzt sich nach kurzer Unterbrechung proximal der Fingergrundgelenke in den digitalen Sehnenscheiden fort (Abb. 1.64).

Vier kurze palmare Muskeln – M. abductor pollicis brevis, M. opponens pollicis, M. flexor pollicis brevis und M. adductor pollicis – formen den Daumenballen, Thenar, und sind gleichzeitig Ausdruck der wesentlich höheren Mobilität des ersten Strahls. Diese das gesamte erste Metakarpale bis auf einen dorsalen Streifen umgebende Muskulatur ermöglicht dabei nicht nur eine enorme Beweglichkeit des Daumens, sondern stabilisiert auch aktiv die Daumengelenke, vor allem das Daumensattelgelenk. Die Daumenmuskeln entspringen hauptsächlich (Ausnahme: tiefe Köpfe) vom Retinaculum flexorum und von den beiden radialen Handwurzelknochen, Skaphoid und Trapezium. Sie ziehen zum lateralen

und medialen Sesambein und zur Gelenkkapsel des Daumengrundgelenks sowie zur Grundphalanx des Daumens. Einzig der M. opponens inseriert am radialen Rand des ersten Mittelhandknochens. Neben den namensgebenden Wirkungen der einzelnen Thenarmuskeln sind ihre rotatorischen Bewegungskomponenten für die Gegenüberstellung des ersten Strahls und damit für die Greiffunktion von Wichtigkeit. Hervorzuheben ist hierbei besonders der kurze Daumenbeuger, M. flexor pollicis brevis, der zwischen seinen beiden Köpfen die Sehne des langen Daumenbeugers führt und den Daumen gegen Widerstand kräftig opponiert (Abb. 1.65).

Die drei Muskeln des *Kleinfingerballens*, Hypothenar – M. abductor digiti minimi, M. flexor digiti minimi, M. opponens digiti minimi – entspringen vom ulnaren Rand des Retinaculum flexorum und der sogenannten Eminentia ulnaris carpi (Hakenbein, Os hamatum und Erbsenbein, Os pisiforme). Hervorzuheben ist die Wirkung des tief liegenden M. opponens, der gemeinsam mit den Mm. interossei von der profunden Hohlhandfaszie bedeckt wird. Aufgrund seines schrä-

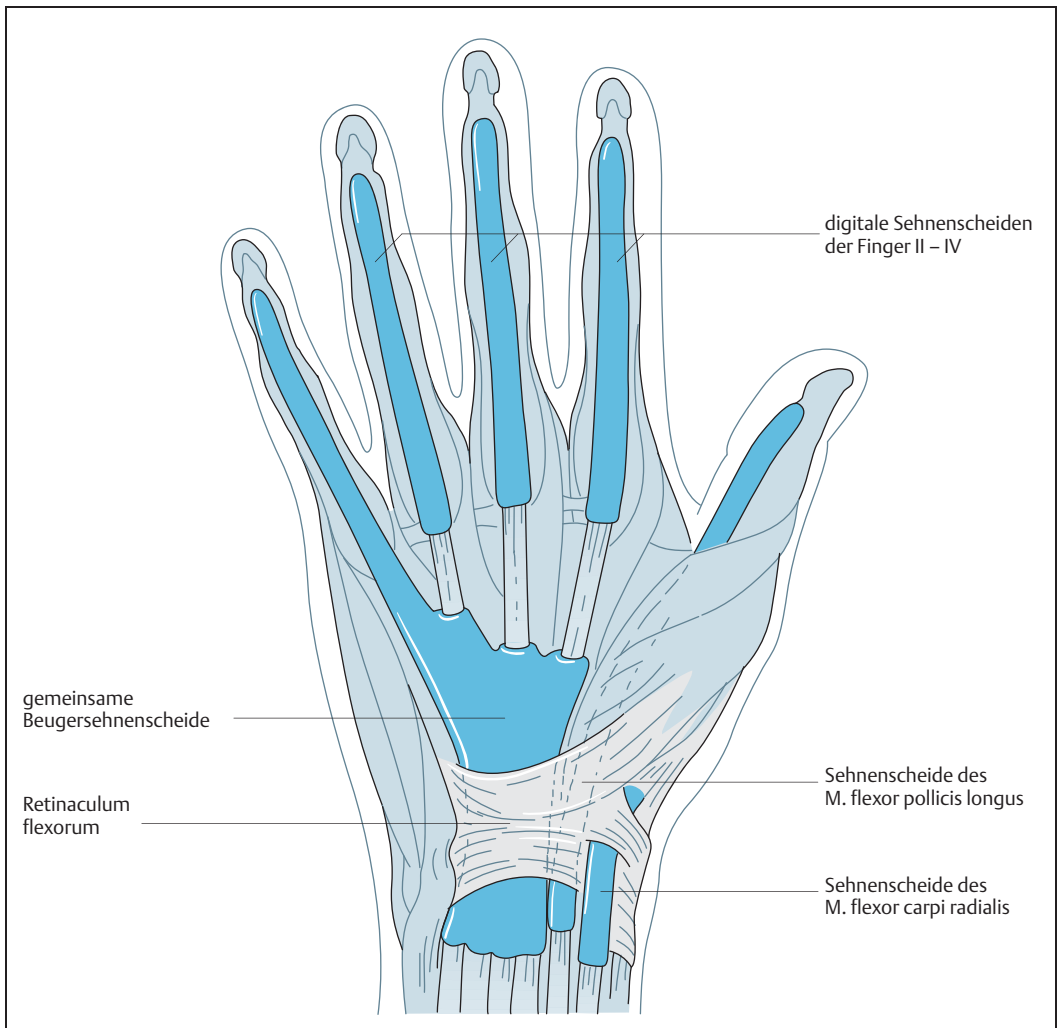


Abb. 1.64 Beugesehnenscheiden der Hand.

gen Verlaufs zum lateralen Rand des fünften Metakarpale und der höheren Beweglichkeit des fünften Karpometakarpalgelenks zieht dieser Muskel den fünften Strahl aus der Ebene der anderen Mittelhandknochen in die Opposition zum Daumen und verstärkt so gleichzeitig die Hohlhandwölbung (Abb. 1.66).

Als derbe Deckschicht liegt den kurzen Handmuskeln sowie den Sehnen der Fingerbeuger die *Palmaraponeurose* der Hand auf. Diese Bindegewebsplatte, in die ein inkonstanter *M. palmaris longus*, auf dem *Retinaculum flexorum* verlaufend, spannend inserieren kann, befestigt sich proximal an transversalen Verstärkungszügen der Unterarmfaszie und zieht mit Längsfasern zum zweiten bis fünften Finger. Darüber hinaus

besitzt die *Palmaraponeurose* kräftige transversale Bandzüge, deren am weitesten nach distal vorgeschobene Anteile als oberflächliches queres Hohlhandband, *Lig. metacarpale transversum superficiale*, die Grundlage der sogenannten *Schwimmhäute*, *Ligg. natatoria*, sind. Die *Palmaraponeurose* steht über sagittale, neben den Beugesehnen zum tiefen queren Hohlhandband ziehende Bindegewebssepten auch mit der tiefen Hohlhandfaszie in Verbindung. Diese Septen bilden tiefe metakarpale Funktionsräume und verankern außerdem die kutanen Greifflächen des Handtellers am Mittelhandskelett. Die *Palmaraponeurose* bildet so ein stabiles, die darunter liegenden Weichteile schützendes Widerlager der Greifhand (Abb. 1.67).

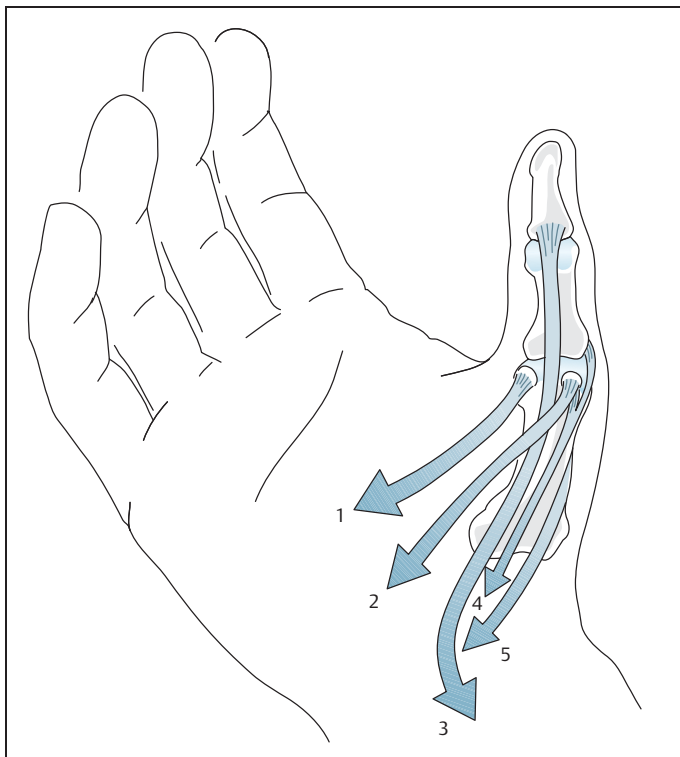


Abb. 1.65 Funktionsschema der Daumenballenmuskulatur.
1 M. adductor pollicis,
2 M. flexor pollicis brevis, (Caput superficialis), 3 M. flexor pollicis longus,
4 M. abductor pollicis,
5 M. opponens pollicis.

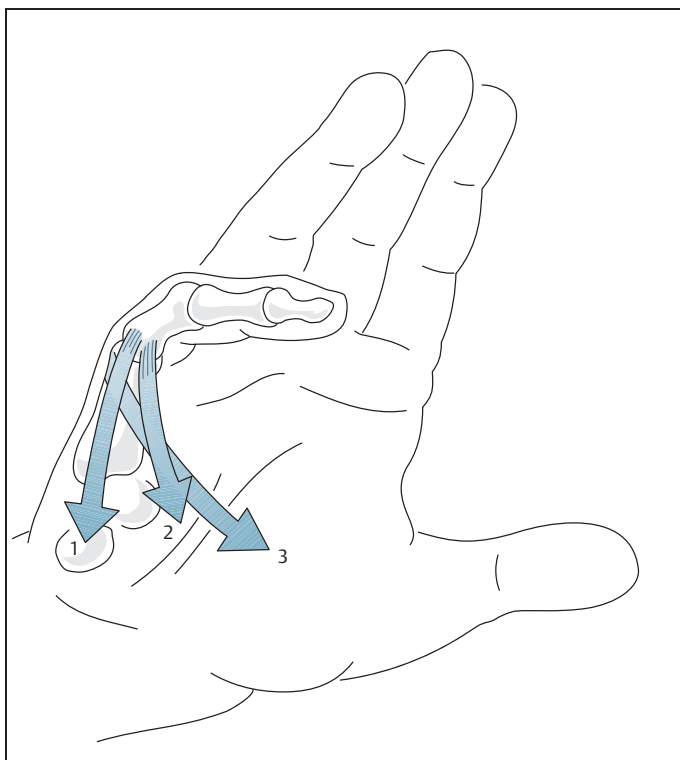


Abb. 1.66 Funktionsschema der Kleinfingerballenmuskulatur.
1 M. abductor digiti minimi,
2 M. flexor digiti minimi,
3 M. opponens digiti minimi.

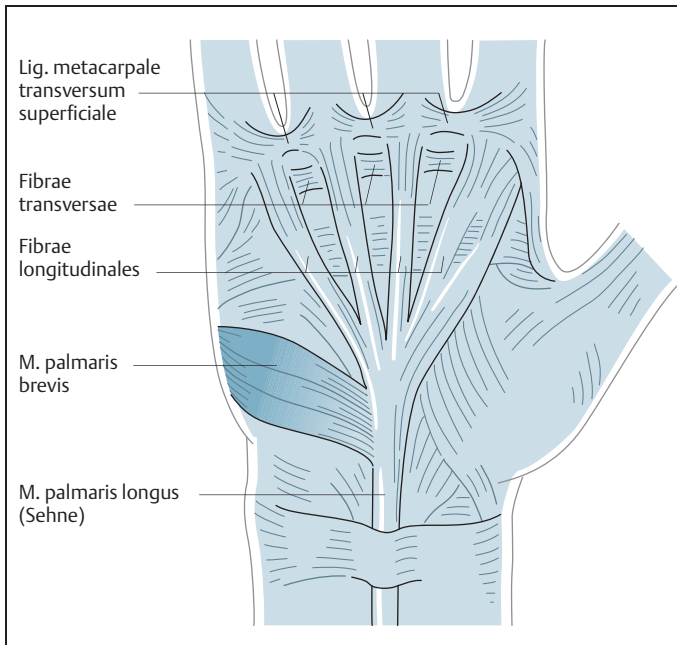


Abb. 1.67 Palmaraponeurose der Hand.

Fibrosierungen und Schrumpfungen vor allem der längsorientierten Faserzüge der Palmaraponeurose führen zur Ausbildung derber Stränge und Knoten, die mit einer Beugekontraktur der Finger einhergehen können. Diese als Dupuytren-Kontraktur beschriebene pathologische Veränderung der Palmaraponeurose führt häufig zu enormen Funktionseinschränkungen der Hand.

Die Palmaraponeurose begrenzt durch bindegewebige Septen in Verbindung mit den Faszien der kurzen Handmuskeln drei weitgehend abgeschlossene Räume im Bereich der Mittelhand: den *Thenar-*, *Mittelhand-* und *Hypothenarraum*. Der Thenarraum wird von den Faszien der Thenarmuskulatur begrenzt und reicht nach ulnar bis zum dritten Metakarpale. Der Hypothenarraum, ebenfalls von der entsprechenden Muskelfaszie umhüllt, reicht vom Os pisiforme bis zur Basis der fünften Grundphalanx. Zwischen beiden liegt der Mittelhandraum, *Spatium palmare medianum*, der proximal am karpalen Sehnen-scheidensack beginnend, nach distal in acht Gleiträumen für die Beugesehnen und die Mm. lumbricales sowie die digitalen Leitungsbahnen endet. Die bindegewebige Abgrenzung zu den seitlichen Kammern des Thenar und Hypothenar kann dabei als Fortsetzung des Karpaltunnels aufgefasst werden.

Entzündliche Prozesse im Bereich des Thenar- oder Hypothenarraumes bleiben zunächst auf diese bindegewebig ausgekleideten Räume beschränkt. Entzündungen des Mittelhandraumes können sich nach proximal bis zum Unterarm ausdehnen.

Die *Blutversorgung* des *Handrückens* erfolgt über die A. radialis und die aus ihrem R. carpalis dorsalis hervorgehenden metakarpalen Ästen, Aa. metacarpales dorsales. Die A. radialis und die Aa. metacarpales dorsales verlaufen gemeinsam mit den Strecksehnen in einem Raum, der palmar vom tiefen Blatt und dorsal vom oberflächlichen Blatt der Handrückenfaszie, Fascia dorsalis manus, begrenzt wird. Letztere steht als Fortsetzung der Unterarmfaszie, Fascia antebrachii, mit dem Retinaculum extensorum in Verbindung. Kurz vor Erreichen des ersten Zwischenknochenraumes, durch den die Arterie zur Hohlhand wechselt, gibt sie die erste Mittelhandarterie, A. metacarpalis dorsalis I, ab. Im ersten Zwischenknochenraum, Spatium interosseum primum, entspringen aus dieser Arterie die dorsalen Fingerarterien, Aa. digitales dorsales, für die Dorsal-seite des Daumens und des radialen Zeigefingers. Die übrigen metakarpalen Arterien teilen sich im zweiten bis vierten Zwischenknochenraum in jeweils zwei dorsale Fingerarterien. In die Aa. metacarpales dorsales münden Verbindungsäste, Rr. perforantes, der palmaren Metakarpalarterien, Aa. metacarpales palmares.

Da die Strecksehnen auf dem Handrücken in der Regel keine Sehnenscheiden ausbilden, kommt dem Bindegewebe zwischen den Blättern der Handrückenfaszie eine besondere Bedeutung zu. Aufgrund des lamellenartigen Aufbaus dieser Faszien-schichten erhalten die Strecksehnen ein *peritendinöses Gleitlager*, dessen physiologische und pathologische Eigenarten denen der Sehnenscheiden entsprechen. Auf der oberflächlichen Handrückenfaszie verzweigt sich ein venöses Netz, Rete venosum dorsale manus, das als Zufluss- und Sammelsystem die V. cephalica und die V. basilica speist. Mit den Venen verlaufen die sensiblen Äste des N. superficialis des N. radialis und des R. dorsalis des N. ulnaris. Beide Nerven versorgen jeweils die radiale und ulnare Hälfte der Handrückenhaut.

Die *Gefäß-Nervenbahnen der Hohlhand* verlaufen in zwei Schichten, einer *subfaszialen* und einer tiefen. Die subfaszialen Bahnen liegen in einer dünnen Fett-Bindegewebsschicht zwischen der Palmaraponeurose und den Beuge-sehnen, die tiefen Bahnen verlaufen auf der tiefen Hohlhandfaszie, bedeckt vom Beuge-sehnenapparat und dessen Begleitmuskeln.

Die subfaszialen Gefäße werden durch den *oberflächlichen Hohlhandbogen*, Arcus palmaris superficialis, aus der A. ulnaris mit seinen Ästen und Begleitvenen gebildet. Der oberflächliche Hohlhandbogen erstreckt sich auf den Sehnen der Fingerbeuger und kann durch einen R. palmaris superficialis mit der A. radialis in Verbindung treten. Aus der Konvexität des Bogens entspringen die A. digitalis palmaris propria V und drei bis vier Aa. digitales palmares communes. Die gemeinsamen Fingerarterien spalten sich in Höhe der Grundgelenke in jeweils zwei kräftige palmare Fingerarterien, Aa. digitales palmares propriae. Die A. ulnaris versorgt somit in der Regel 3 1/2 ulnare Finger.

Der N. medianus teilt sich bereits im Karpaltunnel in seine Äste, die sowohl zum Daumenballen (ausgenommen M. adductor pollicis, tiefer Kopf des Flexor pollicis brevis) als auch als Nn. digitales palmares communes nach distal divergieren und dabei den oberflächlichen Hohlhandbogen unterkreuzen. Aus diesen gemeinsamen palmaren Nerven entspringen Nervenäste für die Lumbicalismuskeln I und II und die Nn. digitales palmares proprii für die Haut der 3 1/2 radialen Finger. Der N. ulnaris teilt sich in Höhe des Erbsenbeins in einen R. profundus für die Kleinfingerballenmuskulatur und einen R. superficialis für den M. palmaris brevis und die Hautäste für die ulnaren 1 1/2 Finger.

Der tiefen Gefäßschicht gehört der *tiefe Hohlhandbogen*, Arcus palmaris profundus, aus der

A. radialis an. Ehe die A. radialis die tiefe Hohlhand über das Spatium interosseum I erreicht, gibt sie im Daumenballen die A. princeps pollicis ab. Diese Arterie teilt sich unter dem M. opponens pollicis in zwei Aa. digitales palmares propriae für die ulnare und radiale Daumenseite. Der tiefe Hohlhandbogen liegt proximaler als der oberflächliche und ist durch einen R. palmaris profundus an seinem ulnaren Pol mit dem oberflächlichen verbunden. Aus dem tiefen Hohlhandbogen entspringen drei bis vier Aa. metacarpales palmares, die mit jeweils einer A. digitales palmaris communis des oberflächlichen Hohlhandbogens in Verbindung stehen. Die hier geschilderten Gefäßverhältnisse der Hohlhandbögen sind nur bei etwa einem Drittel der Menschen anzutreffen. So kann der oberflächliche Hohlhandbogen auch ausschließlich durch die A. ulnaris, durch eine A. mediana antebrachii, durch drei Arterien gebildet werden oder als offener Bogen in Erscheinung treten. In gleicher Weise variieren der tiefe Hohlhandbogen und die Abgänge der Fingerarterien (Abb. 1.68a–b).

Aus einem feinen oberflächlichen *Lymphgefäßsystem* und einem tiefen System wird die Lymphe ähnlich dem venösen Abfluss hauptsächlich durch die Zwischenknochenräume zum Handrücken geleitet. Hier entstehen die mit den Venen nach proximal verlaufenden Lymphbahnen. Kleinkalibrige Lymphbahnen begleiten die Äste der A. ulnaris und A. radialis in der Tiefe der Hohlhand.

Die *Haut* zeigt an Handrücken und Handteller deutliche morphologische Unterschiede, die u. a. als Ausdruck einer differentiellen mechanischen Belastung aufgefasst werden können. So wird das Dorsum manus von einer relativ dünnen und behaarten Felderhaut bedeckt, die sowohl das dorsale Venennetz der Hand, Rete venosum dorsale manus, als auch die Sehnen des M. extensor digitorum hervortreten lässt. Über den Köpfen der Metakarpalia verdickt sich die unbehaarte Felderhaut, ist jedoch hier wie am übrigen Handrücken gut verschieblich und kann in Falten abgehoben werden. Die Haut des Handtellers ist an der Palmaraponeurose durch kräftige Haltebänder, Retinacula cutis, fixiert und deshalb kaum verschieblich. Durch fibröse Septen entstehen mit Fettgewebe aufgefüllte Kammersysteme im subkutanen Bindegewebe von Thenar und Hypothenar, die beim Zugreifen einerseits zur Polsterung der Weichteile dienen und andererseits die Abscherung der Haut unter der mechanischen Belastung verhindern. Thenar und Hypothenar sind durch eine stationäre Hautfalte, die Thenarfalte (Linea vitalis), voneinander getrennt.

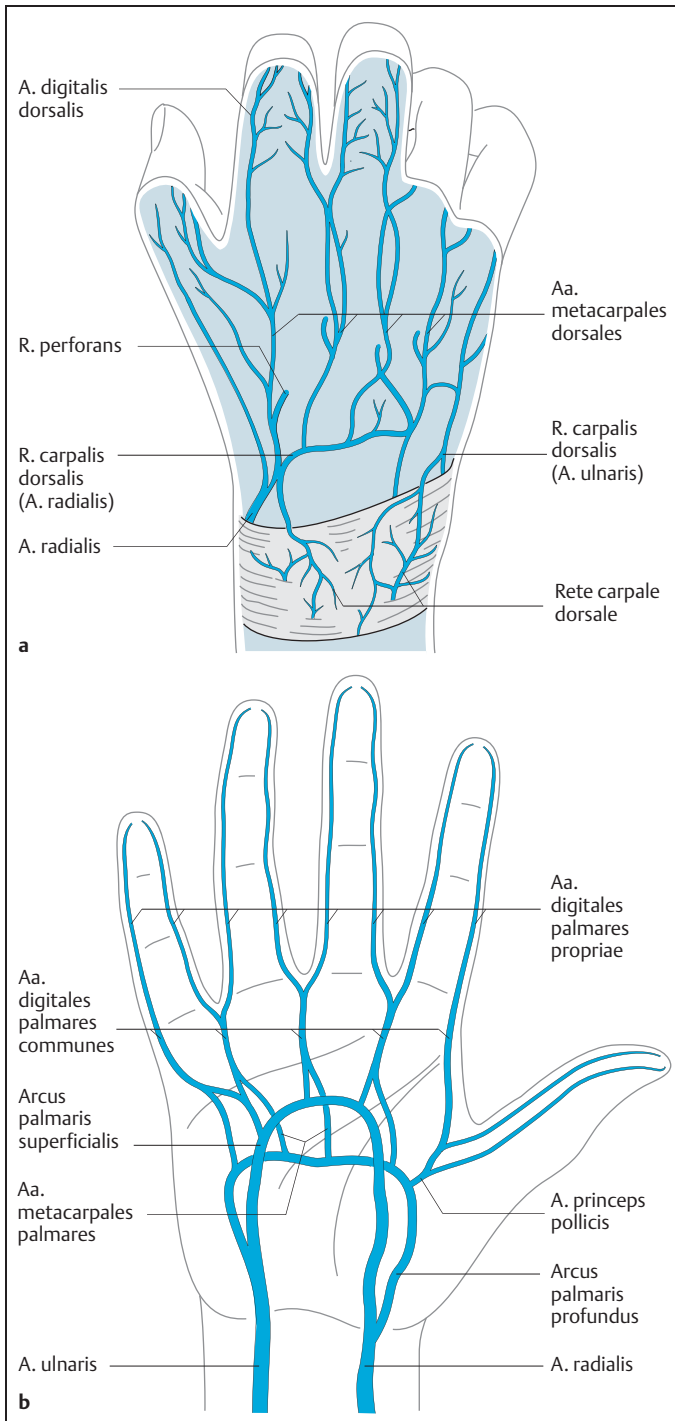


Abb. 1.68a–b Arterielle Gefäßversorgung. **a** Handrücken. **b** Hohlhand.

Die sensible Innervation des Handrückens erfolgt durch die beiden Hautäste des R. superficialis des N. radialis und des N. ulnaris, die über dem mittleren Metacarpale durch einen R. communi-

cans ulnaris des N. radialis eine Verbindung eingehen können. Bei der Ausbildung der dorsalen Hautäste werden einige Variationen beobachtet, die von einer überwiegend radialen bis hin zu

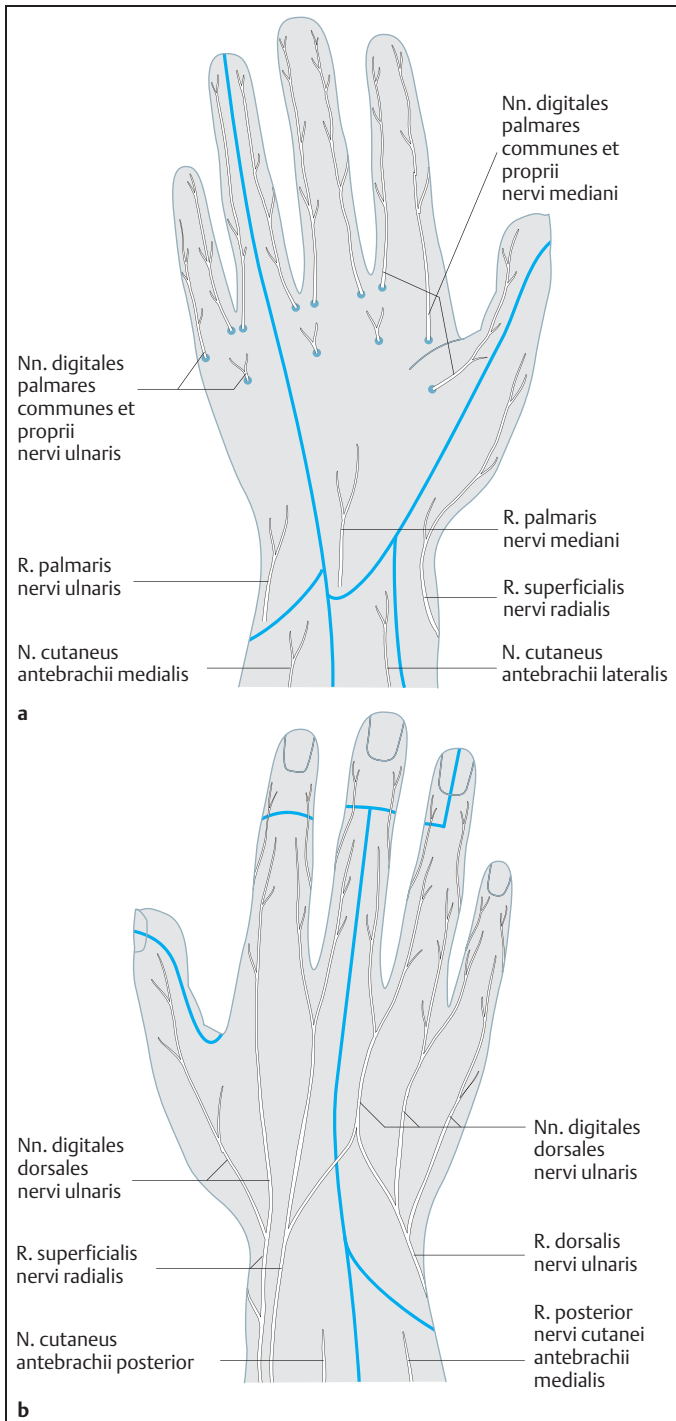


Abb. 1.69a–b Hautinnervation der Hand. **a** Palmare Ansicht. **b** Dorsale Ansicht.

einer vornehmlich ulnaren Innervation der Finger II bis V reichen. Die Hohlhand wird von den drei Handnerven gemeinsam versorgt, wobei der N. radialis lediglich den radialen Daumenbal-

len, der N. medianus den ulnaren Daumenballen bis zum Metakarpale IV und der N. ulnaris das radiale vierte Metakarpale und den Kleinfingerballen sensibel innerviert (Abb. 1.69a–b).