

Funktionelle Anatomie der Hand

Die Hand ist die vielseitigste Greifvorrichtung, die bislang auf Erden existiert. Es sind zwar Maschinen erfunden worden, die viel schneller, präziser oder kräftiger als die menschliche Hand arbeiten, aber sie sind alle auf wenige Aufgaben beschränkt. Das Besondere der Hand liegt gerade darin, *nicht* spezialisiert zu sein. Der Verstand kann sie in immer neuen Situationen mit immer neuen Aufgaben betrauen.

Die Universalität der Hand beruht auf rund einem *Viertelhundert Skelettelementen*, die in noch mehr Gelenken gegeneinander beweglich sind. Die genannten Gelenke sind in 6 Hauptgelenklinien zusammenzufassen. Nahezu ein *halbes Hundert Muskeln* – 20 in der Hand gelegen, die übrigen mit langen Sehnen vom Unterarm auf die Hand übergreifend – sorgen für die Bewegungen.

Die Hand gewinnt ihre volle Funktionsfähigkeit aber erst dadurch, dass sie am distalen Ende der nochmals in 4 Stufen beweglichen oberen Extremität angebracht ist. Diese Binsenwahrheit wird bewusst, wenn etwa bei der Phokomelie („Robbengliedrigkeit“) die langen Röhrenknochen des Arms nicht ausgebildet werden und die Hand direkt an den Schultergürtel angrenzt. Hierbei soll an die Thalidomid-Embryopathie, besser bekannt als Contergan®-Embryopathie, erinnert werden. (Durch die Fortschritte der Stereochemie darf dieses Medikament jedoch nicht pauschal verdammt werden. Gegen bestimmte Erkrankungen, wie z.B. Lepra, hat es sich in jüngster Zeit als sehr effektiv erwiesen.)

2.1 Funktionelle Anatomie der Finger

Denkt man sich einen Querschnitt durch ein Fingergrundglied in ein Zifferblatt mit dem Mittelpunkt im Knochen liegend, so wird der an den Knochen angrenzende Bereich bei 12 Uhr von der Strecksehne, bei 6 Uhr von der Beugesehne eingenommen. Damit ist für Blutgefäße und Nerven in der Mitte kein Platz. Gefäße und Nerven weichen etwa in die 45°-Stellung in jeden der 4 Quadranten aus: Zwischen 1 und 2 Uhr, 4 und 5 Uhr, 7 und 8 Uhr, 10 und 11 Uhr. An jedem Finger ziehen somit 4 Gefäß- Nerven-Straßen distalwärts. Die Lage der Gefäße und Nerven ist bei chirurgischen Einschnitten genau zu beachten: Schnitte sind möglichst genau seitlich, also bei 3 Uhr und 9 Uhr anzulegen, um die neurovakuären Strukturen nicht zu verletzen.

2.1.1 Gelenke der Finger und Daumen

Fingergelenke

Fingerendgelenke (distale Interphalangealgelenke)

Das Caput phalangis, Mittelgliedköpfchen, bildet den Gelenkkopf. Er besitzt einer Rolle mit einer in der Mitte gelegenen Führungsnut. Die Basis phalangis bildet die Gelenkpfanne. Sie ist in der Mitte zu einer Knorpelleiste verdickt, die sich in der Führungsnut des Kopfes bewegt. Resultat dieser Konstruktion ist ein reines Scharniergelenk. Die Achse läuft quer durch den Gelenkkopf. In die Gelenkkapsel sind palmarseitig Die Ligg. palmaria eingebaut.

Die Kollateralbänder, Ligg. collateralia verlaufen zum Teil dorsal, zum Teil palmar von der oben genannten Bewegungsachse. Infolgedessen sind bei Beugung (bis 90°) die dorsalen Anteile und bei Streckung der Fingerglieder die palmaren gespannt, wodurch die Fingergelenke in jeder Stellung eine beträchtliche Bewegungssicherheit bekommen.

Fingermittelgelenke (proximale Interphalangealgelenke)

Für diese Gelenke gilt prinzipiell das bereits oben beschriebene.

Fingergrundgelenke (Metakarpophalangealgelenke)

In den Metakarpophalangealgelenken II– V (Abk.: MCP) ist eine Beugung der Finger um 80° – 90° und eine Streckung von 10° – 30° möglich. Das Spreizen der Finger, wie man die Abduktion nennt, erfolgt wie die Adduktion um eine dorsopalmare Achse. Bezogen wird der Vorgang immer auf den Mittelfinger, d.h. man adduziert zum Mittelfinger hin und spreizt von Mittelfinger weg. Spreizen ist nur bei gestreckten Fingern möglich.

Eine weitere Bewegung, die Zirkumduktion, ist mit dem Zeigefinger besonders gut ausführbar.

Die Rotation kann aktiv in den Fingergrundgelenken nicht ausgeführt werden. In gestrecktem Zustand besteht jedoch die Möglichkeit, die Finger in einem geringen Umfang nach beiden Seiten um ihre Längsachse zu drehen. Am im Grundgelenk gebeugten Finger ist dies praktisch unmöglich. Der Mechanismus ist so zu erklären, dass die Ligg. collateralia dorsal von der Bewegungsachse liegen. Sie sind deshalb, und weil sich außerdem der Krümmungsradius des Kopfes nach palmar vergrößert, in Beugstellung gespannt und verhindern dadurch weitgehend die Rotation. Dieses Phänomen spielt eine große Rolle bei der Art der Ruhigstellung der Finger (☞ *.*.) oder bei entzündlichen Erkrankungen des Gelenkraumes (☞ *.*.).

Fingermittelgelenke (proximale Interphalangealgelenke)

Daumengelenke

Daumenendgelenk

Das Endgelenk ist wie die Fingerendgelenke ein reines Scharniergelenk (☞ s.o., Fingerendgelenke).

Daumengrundgelenk

Das Daumengrundgelenk ist im Gegensatz zu den 4 anderen Fingergrundgelenken ebenfalls ein reines Scharniergelenk mit kräftigen Kollateralbändern. In die Gelenkkapsel ist medial und lateral je ein Sesambein eingelagert, an denen Thenarmuskeln inserieren. Das Lig. palmare ist eine verstärkende Faserplatte der Membrana fibrosa der Gelenkkapsel.

Daumensattelgelenk (Karpometakarpalgelenk I)

Das Daumensattelgelenk ist ein Gelenk zwischen Trapezium und erstem Mittelhandknochen. Der Form nach ist es ein Sattelgelenk. Sattelgelenke haben 2 rechtwinklig aufeinander stehende Hauptachsen.

Beim Daumensattelgelenk sind dies:

- Abduktions-Adduktionsachse: Sie geht im Winkel von 45° zur Handfläche durch das Trapezbein. Der Daumen wird nicht in der Ebene der übrigen Finger, sondern schräg zur Hohlhand hin abgespreizt.
- Oppositions-Repositionsachse: Auch diese Achse geht im Winkel von 45° zur Handfläche durch das Trapezbein, aber rechtwinklig zur vorherigen. Die Bewegung wird am einfachsten klar, wenn man abwechselnd Daumen und Kleinfinger sich berühren lässt (Opposition) und dann wieder maximal auseinanderbewegt.

Bei der Bewegungsprüfung orientiere man sich immer am Mittelhandknochen des Daumens. Die Nullstellung ist der zwanglos (also 45° zu den übrigen Fingern gedreht) angelegte Daumen. Die Opposition wird bei abgespreiztem Daumen geprüft.

Es gibt Literatur, in der zum Teil die um 45° gedrehte Stellung des Trapezbeins nicht beachtet und dann das Abspreizen (Abduzieren) in der Ebene der übrigen Finger definiert. Es wird dann praktisch identisch mit dem Rückstellen (Reponieren).

Das auffallende Charakteristikum der menschlichen Hand ist der opponierbare Daumen. Erst durch seine Beweglichkeit und Kraft ist der vollkommene Wert der Hand sichergestellt.

Oberflächenanatomie der Fingerknochen

Von den Metakarpal- und Phalangealknochen sind die Dorsalflächen über die ganze Länge tastbar, von der Palmarseite nur die Köpfe und Basen der Ossa metacarpi und bei den Phalangen auch noch die Ränder.

2.1.2 Muskeln und Sehnen der Finger

Die Marionette ahmt die Mechanik der Muskeln und Sehnen in unseren Armen und Händen nach. Sie hat mehr als nur *eine* Lektion über die Beseelung menschlicher Arme zu bieten. Das altgriechische Wort *neuron* bedeutet Schnur oder Faden. Die Marionette ist also einfach eine Puppe, die an Fäden gezogen wurde. Sie überwindet die Schwerkraft durch Aufhängung an Querhölzern, die sich über ihrem Kopf befinden.

Mitte des 19. Jahrhunderts waren die Einzelheiten dieser Führungshölzer und der Fäden streng gehütete Zunftgeheimnisse, so dass man heute herzlich wenig über ihre Entwicklung weiß. Doch die Grundprinzipien sind recht einfach. Alle Marionetten haben Extremitätensegmente, die in einer Ebene von vorn nach hinten oder von der Seite zur anderen schwingen. Bestimmt werden diese Bewegungen durch Fäden, die am Führungskreuz befestigt sind.

Ein hingerissener Neurologe würde zu dem Schluss gelangen, dass Puppenspieler und Marionette in lebhafter Kommunikation stehen, dass sie eine enge Bindung haben müssen. Über den Faden (*neuron*) eben. Die technischen Fragen verlieren alle Bedeutung: Jeder ist der andere, so dass sich die Frage erübrigt, wer denn wirklich die Fäden zieht. Durch einen wundersamen Zufall der Semantik wird der Arm der Puppe wie der des Menschen von einem „Neuron“ gesteuert. Obwohl der Einfluss des Neurons auf die Marionette mechanisch ist, der auf den Menschen dagegen elektrochemisch, sind Bewegungen von gleicher Anmut und Ausdruckskraft das Ergebnis.

2.1.3 Nerven der Finger

Die Innervation der Finger teilen sich die Nn. medianus, ulnaris und radialis asymmetrisch:

	Schema der Innervation der Finger
Palmar:	3 ½ Finger N. medianus (N1–7) 1 ½ Finger N. ulnaris (N8–N10)
Dorsal nur bis PIP	2 ½ Finger N. radialis 2 ½ Finger N. ulnaris

Der Daumen fügt sich nicht immer in dieses Schema ein.

2.1.4 Gefäße der Finger

Aus dem oberflächlichen Hohlhandbogen (☞ 2.3.5) entspringen die gemeinsamen Fingerschlagadern (Aa. digitales palmares communes). Diese ziehen in Richtung in Richtung der Zwischenräume zwischen 2 Fingern distalwärts. Auf Höhe der Fingergrundgelenke teilen sie sich jeweils in 2 eigentliche Fingerschlagadern (Aa. digitales palmares propriae), die jeweils an der ulnaren und radialen Seite bis zu deren Endglied durchlaufen. Der oberflächliche Hohlhandbogen und seine Äste liegen oberflächlich zu den Fingerbeugesehnen unter der Palmaraponeurose. Den Arterienbogen begleitet ein Venenbogen (Arcus venosus palmaris superficialis).

Der oberflächliche Hohlhandbogen ist bei nur etwa einem Drittel der Fälle typisch ausgebildet. In der Mehrzahl der Fälle ist der Bogen nicht geschlossen, und die vier

gemeinsamen Fingerschlagadern entspringen teils aus der Ellen-, teils aus der Speicherschlagader. Auch kann sich in seltenen Fällen eine A. mediana an der Bogenbildung beteiligen.

Die palmaren Fingerarterien sind weitaus stärker als die dorsalen. Die dorsalen erschöpfen sich meist schon im Grundglied. Mittel und Endglied werden in der Regel von den palmaren Gefäßen auch auf der Dorsalseite versorgt. Ähnlichverhalten sich die Nerven. Der Daumen fügt sich nicht immer in dieses Schema ein.

In den Fingern liegen keine stoffwechselaktiven Organe. Trotzdem sind die Fingerarterien besonders stark. Auf der palmaren Seite kann man ihren Puls meist ohne Schwierigkeiten tasten. Das große Kaliber ist durch die große Oberfläche bedingt. An ihr kann viel Wärme abgegeben werden. Die Arterien der Finger können zur Wärmeregulation eingesetzt werden: Bei starker Durchblutung geht viel Wärme verloren, bei schwacher wenig.

2.2 Funktionelle Anatomie des Daumens

Der Gegenspieler der langen Finger ist der Daumen; er ist „die halbe Hand“, er macht die Hand erst zum vollwertigen Greiforgan. Den Daumen kann kein anderer Finger vertreten. Ohne den Daumen können wir weder feine noch grobe Greifbewegungen ausführen.

2.2.2 Gelenke des Daumens

2.2.3 Muskeln und Sehnen des Daumens

2.2.4 Nerven des Daumens

2.2.5 Gefäße des Daumens

2.3 Funktionelle Anatomie der Mittelhand

2.3.1 Skelett der Mittelhand

2.3.2 Gelenke der Mittelhand

Im Karpometakarpalgelenk stehen die Basen der Metakarpalia versetzt und sind mit den distalen Handwurzelknochen verbunden (☞ 1.10.2). Das 4. und 5. Metakarpale sind die beweglichsten in der Reihe und haben beide zum Os hamatum Kontakt. Die Beweglichkeit um das Hamatum wurde erst im Laufe der Evolution erworben. Zusammen mit den Grundgelenken erlaubt diese Beweglichkeit ein schräges „Einbeugen“ des 4. und 5. Fingers zum Daumenballen hin, eine Bewegung, die Opposition bezeichnet wird. Manche Menschen können das 5. Metakarpale sichtbar aktiv in die Flexion bewegen. Das 2. und 3. Metakarpale sind mit dem Os trapezoideum bzw. dem Os capitatum sehr straff verbunden. Hier lässt sich nur eine geringe Federung tasten. Die geschilderten Bewegungsausschläge sind so klein, dass sie praktisch nicht in Winkelgraden gemessen werden können. Nur der 5. Strahl macht davon manchmal eine Ausnahme. In allen Fällen aber ist die Bewegung benachbarter Metakarpalköpfe gegeneinander tastbar und sichtbar. Bei hypermobiler Beweglichkeit lassen sich große Bewegungsamplituden erkennen.

2.3.3 Muskeln und Sehnen der Mittelhand

2.3.4 Nerven der Mittelhand

In der gleichen Schicht wie der oberflächliche Hohlhandbogen (☞ 2.3.5 sowie 2.1.5) und seiner Äste verlaufen die Hautnerven der Palmarseite der Hand.

N. ulnaris

Der N. ulnaris teilt sich im distalen Unterarmbereich in einen Ast zum Handrücken und einen Ast zur Hohlhand. Der Hohlhandast spaltet sich wieder in einen sensiblen oberflächlichen und einen motorischen tiefen Ast auf. Aus dem oberflächlichen Ast entspringen wie aus dem oberflächlichen Hohlhandbogen (☞ 2.3.5 sowie 2.1.5) gemeinsame Fingernerven, die sich zu den eigentlichen Fingernerven aufspalten.

N. medianus

In der Hohlhand gibt der N. medianus motorische Äste zu einem Teil der Daumenballenmuskulatur und der Mm. lumbricales ab. Sein stärkerer sensibler Teil zweigt sich wie der N. ulnaris in gemeinsame und eigentliche Fingernerven auf. Die sensiblen Innervationsgebiete der Nerven sind anders als ihre motorischen nicht scharf gegeneinander abgegrenzt, sondern überlappen sich weit.

2.3.5 Gefäße der Mittelhand

A. radialis (Speichenschlagader) und A. ulnaris (Ellenschlagader) vereinigen sich in der Hohlhand in 2 Arterienbögen, dem oberflächlichen und dem tiefen Hohlhandbogen. Auf diese Weise wird die Blutversorgung der Finger optimal gewährleistet. Ähnliche starke Querverbindungen zwischen Arterien mittleren Kalibers findet man an der Fußsohle und an der Basis des Gehirns.

Die Hohlhandbögen

Oberflächlicher Hohlhandbogen

Im oberflächlichen Hohlhandbogen (Arcus palmaris superficialis) verbindet sich der Endast der A. ulnaris mit dem R. palmaris superficialis der A. radialis. Die A. ulnaris erreicht zusammen mit dem N. ulnaris oberflächlich des Retinaculum flexorum die Hohlhand. Ihr Puls ist radial neben dem Erbsenbein zu tasten. Sie gibt den R. palmaris profundus zum tiefen Hohlhandbogen ab und biegt dann etwa auf Höhe der Hautfalte zwischen Daumen und Zeigefinger daumenwärts um und vereinigt sich da mit dem oberflächlichen Hohlhandast der Speichenschlagader. Dieser geht am distalen Ende der Radialispulgrube von der A. radialis ab, bevor sich diese zum Handrücken wendet. Er zieht oberflächlich oder durch die Daumenballenmuskulatur zum mittleren Hohlhandbereich. Aus dem oberflächlichen Hohlhandbogen entspringen die gemeinsamen Fingerschlagadern (☞ 2.1.5).

Tiefer Hohlhandbogen

Im tiefen Hohlhandbogen (Arcus palmaris profundus) vereinigen sich der vom Handrücken zur Hohlhand zurückkehrende Endast der A. radialis und der tiefe Ast der A. ulnaris etwa auf Höhe des distalen Endes des Karpaltunnels. Aus dem tiefen Hohlhandbogen entspringen die palmaren Mittelhandarterien, die meist mit den gemeinsamen Fingerarterien (☞ 2.1.5) anastomosieren. Dadurch beteiligt sich auch der tiefe Hohlhandbogen an der Blutversorgung der Finger. Der tiefe Hohlhandbogen liegt unter den Beugesehnen der Finger.

2.4 Funktionelle Anatomie d. Handgelenks

2.5 Der TFC-Komplex (TFCC)

2.5.1 Discus ulnocarpalis

2.5.2 Meniscus ulnocarpalis

2.5.3 Weitere wichtige Strukturen

2.6 Biomechanik des Handgelenkes

2.6.1 Stabilitätskonzepte der Handwurzel – der ewige Streit

„Navarro“

Navarro (1937) hatte seit 1919 an drei knöchernen Säulen in der Handwurzel gedacht: eine Mittelachse für Flexion und Extension und 2 laterale Drehachsen. Die mittlere Achse wird vom Hamatum, vom Kapitatum und vom Lunatum gebildet aufgrund ihrer aufgrund ihrer starken ligamentären Verbindung. Die radiale Drehachse besteht aus dem Skaphoid, dem Trapezium und dem Trapezoideum, während die ulnare Drehachse allein durch das Triquetrum dargestellt wird. Taleisnik modifizierte 1976 das Konzept von Navarro. Er stellte fest, dass das Skaphoid nicht fest an das Trapezium oder Trapezoideum gebunden ist.

„Lichtman“

„Taleisnik“

2.7 Funktionen der Hand (6 Seiten)

2.7.1 Hand, Denken und Sprache

Leben von der Qualität „Mensch“ ist an die Organisationshöhe bestimmter Abschnitte des Zentralnervensystems (ZNS) gebunden. Aber das Gehirn bedarf zweier weiterer Voraussetzungen, um die Welt zu verändern:

- Der besonderen Gestaltung der Atemwege und des oberen Verdauungstraktes, Mund & Kehlkopf, zur Entwicklung einer differenzierten Sprache sowie

- der Hand als Greiforgan. Die überragende Bedeutung der Hand für die Entwicklung des Verstandes wird aus der Wortfolge greifen – begreifen – Begriff deutlich. Auch Therapie ist als Be-hand-lung an die Hand bebunden. Dies trifft für den Chirurgen zu, den „Handwerker“ (gr. cheir = Hand).

Fragt man Laien nach dem für Menschen charakteristischen Körperteil oder Organ, wird häufig die Hand genannt. Dies ist – vergleichend anatomisch gesehen – falsch: Die Hand des Menschen gleicht im Bau im Wesentlichen der Hand der Menschenaffen (ganz im Gegensatz zum spezifisch menschlichen Fuß). Der Unterschied liegt in der Verfügbarkeit: Menschenaffen leben als „Hangler“ in den Bäumen und benötigen die Hände zum Festhalten an Ästen. Dem auf den Erdboden herabgestiegenen Menschen hingegen ist *freie Hand* gelassen aufzubauen oder zu zerstören. Durch das Erfassen von Naturgesetzen hat er Oberhand über andere Lebewesen gewonnen, glaubt, die Welt fest im Griff zu haben und ist doch in seiner Handlungsfreiheit sehr eingeschränkt, wenn man z.B. mit der Misshandlung von Geiseln droht. Dies soll jedoch keine Abhandlung oder ein Handbuch über die Hand in der Sprache werden.

Der Primat des ZNS vor der Hand wird deutlich, wenn man die Handwerklichen Möglichkeiten von Menschen verschiedener Intelligenz bedenken: Beim höhergradig Schwachsinnigen heben sie sich kaum über das Niveau der Menschenaffen heraus. Andererseits war die frei verfügbare Hand eine unabdingbare Voraussetzung der Menschwerdung: Aus der Verwandtschaft der Delfine hätte sich trotz deren hochdifferenzierten ZNS kein Lebewesen von der Organisationshöhe des Menschen entwickeln können.

Robert Davies schrieb in seinem Buch: „Was Du ererbt von Deinen Vätern“ eine außerordentliche Bemerkung: „Die Hand spricht mit dem Gehirn so sicher, wie das Gehirn mit der Hand spricht.“ Er hat dort nicht nur eine Geschichte über Maler und Malerei erzählt, sondern erneut daran erinnert, dass es höchste Zeit ist, unsere vorherrschenden äußerst einseitigen – auf den Kopf fixierten (?) – Theorien über Gehirn, Geist, Sprache und *Handeln* zu korrigieren.

2.7.2 Der „hochkarätige“ Daumen

John Russel Napier [1993] drückte die Funktion des Daumens folgendermaßen aus: „Die Hand ohne Daumen ist im schlimmsten Falle nichts als ein lebendiger Fischheber und bestenfalls eine Zange, die nicht richtig schließt. Ohne den Daumen fällt die Hand um 60 Millionen Jahre evolutionäre Zeitrechnung zurück in ein Stadium, wo der Daumen sich nicht unabhängig bewegen konnte und einfach ein Finger wie jeder andere war. Wie sehr die Gegenüberstellung (Anm.: gemeint ist die Opposition) von Fingern und Daumen dazu beigetragen hat, den Menschen von den übrigen Primaten zu unterscheiden, kann man gar nicht genug betonen.“

Literatur

Navarro A (1937): Anatomia y fisiologia del carpo. Ann Inst Clin Quir Chir Exp 1: 162–250