

Aus dem Anatomischen Institut München (Direktor: Prof. Dr. T. v. LANZ)

## Zur Innervation der Gelenke der oberen Extremität\*

Von

ALBRECHT WILHELM

Mit 14 Textabbildungen

(Eingegangen am 23. Oktober 1957)

### Einleitung und Fragestellung

Die schmerzbedingten Leistungsausfälle im Bereich bestimmter Gelenke spielen in der Chirurgie eine nicht unwesentliche Rolle. Ihre Behandlung bezweckt unter anderem eine Blockade der schmerzleitenden Bahnen, wodurch der zur Vasoconstriction und Muskeltonisierung führende Reflexmechanismus unterbrochen wird. Was nun speziell die in der Gelenkkapsel ablaufenden Vorgänge anlangt, so läßt sich hierzu bemerken, daß das zentripetale wie -fugale Geschehen weitgehend an Gelenknerven gebunden ist, die cerebrospinale und sympathische Bestandteile enthalten. Diese Nerven sind somit nicht nur hinsichtlich der Statik und der Schmerzvermittlung von großer Bedeutung, sondern auch verantwortlich für die Funktion des capsulären Gefäßapparates und damit auch für das biochemische Gleichgewicht der Synovialflüssigkeit. Auf Grund der engen Beziehungen, die zwischen den Endigungen der Nerven einerseits und den Endothelien, Histiocyten und Bindegewebelementen andererseits bestehen, faßt man heute die Synovialis als Bestandteil des reticulo-histiocytären Systems auf, das einer nervösen Steuerung unterliegt (ROSSI).

Angesichts dieses beachtlichen Ergebnisses der Forschungen über die feinere Innervation der Gelenkkapsel sind die Fortschritte, die seit den umfassenden Untersuchungen RÜDINGERS über die Gelenknerven des menschlichen Körpers auf makroskopischem Gebiet gemacht worden sind, weniger ins Auge fallend. In diesem Zusammenhang sollen jedoch neuere Arbeiten, wie die von GARDNER und WRETE, die durchaus wesentliche Beiträge zur Frage der nervösen Gelenkversorgung erbracht haben, keineswegs übersehen werden. Nur muß hierzu ausdrücklich bemerkt werden, daß die wichtigsten Ergebnisse mit Hilfe der histologischen Untersuchung von fetalen Serienschritten gewonnen wurden und bis heute zum Großteil makroskopisch noch nicht bestätigt worden sind.

Es war deshalb das Ziel der vorliegenden Arbeit, die Innervation der Gelenke im Bereich der oberen Extremität nochmals genauer zu untersuchen. Damit sollte festgestellt werden, was sich an Gelenknerven präparatorisch darstellen läßt. Außerdem kam es auf eine genaue Beschreibung der Topographie dieser Nerven an. Die Verteilung der Nervenfasern im Stratum fibrosum der Gelenkkapsel selbst wurde, soweit dies methodisch möglich war, beachtet.

Dieser Aufgabe habe ich mich um so lieber gewidmet, als in der deutschen Fachliteratur seit den präzisen Untersuchungen von RÜDINGER, also seit nunmehr 100 Jahren, eine größere Arbeit auf diesem Gebiet fehlt und deshalb wohl

---

\* Herrn Professor Dr. med. TITUS RITTER VON LANZ zum 60. Geburtstag gewidmet.

die einschlägigen Lehr- und Handbücher diesen Gegenstand bisher ziemlich unbeachtet gelassen haben. Außerdem dürfte gerade eine Untersuchung der Verhältnisse an der oberen Extremität auch von klinischem Interesse sein.

### Material und Methode

Aus materialtechnischen Gründen wurde zunächst der Plexus brachialis an einem erwachsenen männlichen Arm, der zusammen mit Clavicula und Scapula vom Rumpf abgesetzt worden war, systematisch durchpräpariert. Da an dieser Extremität der Plexus im Bereich der Regio axillaris bereits anpräpariert und somit verschiedene Gelenkäste nicht mehr auffindbar waren, wurde versucht, die für das Schultergelenk bestimmten Gelenknerven am Neugeborenen darzustellen. Hierbei erwies sich dieses Material als überaus geeignet. Es wurden deshalb auch je 2 Schulter- und Ellenbogengelenke von verschiedenen Neugeborenen untersucht. Auf eine Darstellung der Nervenversorgung der Handgelenke am gleichen Material habe ich in Anbetracht der zu geringen Größe des Untersuchungsobjektes verzichtet. Zur Klärung von Einzelfragen wurden außerdem noch Schulter- und Ellenbogengelenke eines Erwachsenen und zweier Neugeborenen teilweise untersucht, ebenso 2 Erwachsenenhände.

Das gesamte Material wurde vor Untersuchungsbeginn nach ausreichender Formol-Carbol-Konservierung zunächst für mehrere Wochen in 70%igem Alkohol aufbewahrt, wodurch sich die Verfolgung der feineren Nervenäste, vor allem im Bereich der Hand, wesentlich leichter gestaltete. Die Darstellung der Gelenknerven erfolgte mit Hilfe einer Präparierlupe bei künstlicher Beleuchtung, da Tageslicht zu geringe Farbunterschiede ergab. Neben dem üblichen Präparierbesteck wurden Zupfnadeln und feine Scheren, wie sie in der Augenheilkunde gebräuchlich sind, verwendet.

Die beigefügten halbschematischen Abbildungen geben die Verhältnisse beim Erwachsenen wieder. Die am Neugeborenen erhobenen Befunde wurden unter genauer Beachtung der Relationen ebenfalls in die gleichen Gelenkschemen eingezeichnet. Aus Gründen der besseren Übersicht war es manchmal notwendig, Veränderungen hinsichtlich der Lage von Hauptnervenstämmen, wie z. B. des N. ulnaris, vorzunehmen. Demgegenüber wurde aber versucht, die Innervationsverhältnisse der einzelnen Gelenke möglichst objektiv wiederzugeben.

Die Beschreibung des Verteilungsgebietes der einzelnen Gelenknerven erfolgt nach der bisher üblichen Nomenklatur. Dem Vorschlag WRETES folgend, wäre also z. B. der über dem Capitulum radii liegende Kapselabschnitt als „radialer“ zu bezeichnen usw.

## Nerven des Schulter- und Acromioclaviculargelenkes

### A. Eigene Befunde

Die bei den bisherigen makroskopischen und mikroskopischen Untersuchungen erhobenen Befunde konnten in ihren Grundzügen bestätigt werden. Nicht gefunden habe ich lediglich die selbst von GARDNER an Serienschnitten als fraglich bezeichneten Gelenkäste des N. radialis sowie die nach RÜDINGER zum Acromioclaviculargelenk ziehenden Fäden des N. suprascapularis. Neben der erstmaligen makroskopischen Darstellung von bestimmten histologischen Ergebnissen wurden zusätzlich neue Befunde erhoben.

*Die Gelenkäste der Nn. subscapulares* (Abb. 1). Nach FROHSE und FRÄNKEL wird die Pars thoracalis mi. subscapularis von jenen 3 Nn. subscapulares innerviert, die sich selbständig vom dorsalen Faszikel des Plexus brachialis lösen. Der kraniale N. subscapularis teilt sich oberflächlich zunächst in 2 stärkere Muskeläste. Der laterale hiervon gibt kurz darauf einen rückläufigen Zweig ab, welcher in der über die Bursa subcoracoidea hinwegziehenden Muskelportion nach lateral verläuft. Indem er sich immer tiefer in die Muskulatur einsenkt, erreicht er schließlich die ventrale Fläche der Bursa in der Höhe des scapularen

Kapselbereiches und verzweigt sich auf ihr. Der weiter caudal in den Muskel eintretende Nerv gibt oberflächlich einen stärkeren, ebenfalls rückläufigen Muskelast ab. Dieser bildet einen typischen Plexus intermuscularis (FROHSE und FRÄNKEL), aus dem mehrere weiter nach lateral ziehende Muskeläste abgehen. Zwei von ihnen enden als Gelenkäste. Der kraniale Ast zieht mit den zur oberen Muskelportion verlaufenden Muskelfasern und gelangt so an den caudalen Rand der Bursa subcoracoidea. Neben Ästen an die hier vorbeiziehende Muskelsehne gibt er mehrere kurze Fäden zur Kapsel über dem Gelenkspalt

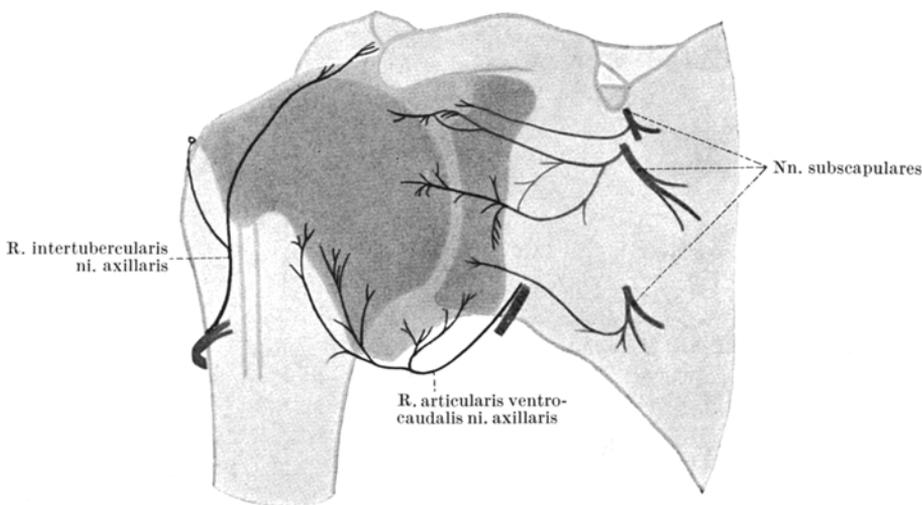


Abb. 1. Rechtes Schultergelenk von ventral mit den Rr. articulares der Nn. subscapulares und des N. axillaris

Zeichenerklärung zu Abb. 1—14. Kapselbereich dunkelgrau, Knochen hellgrau, Gelenk- und gelenknahe Periostäste schwarz, alle übrigen Nerven dunkelgrau. Von der Gegenfläche kommende bzw. zu dieser laufende Äste durch Ring gekennzeichnet

ab und endet in dem daran anschließenden humeralen Kapselbereich. Der caudale Ast geht etwas weiter lateral vom Plexus intermuscularis ab. Noch vor Erreichen der Kapselgrenze biegt er im Muskel nach dorsal ab, um etwa in der Mitte der scapularen Kapsel einzutreten, die er mit mehreren Fäden versorgt. Ein stärkerer Faden läuft im Stratum fibrosum weiter nach lateral und endet in dem gelenkspaltnahen humeralen Kapselbezirk. Von einem der rückläufigen Muskeläste des 3. N. subscapularis zweigt sich ein weiterer R. articularis ab. Der sehr dünne Faden endet im unteren scapularen Bereich der Kapsel.

*Die Gelenkäste der Nn. thoracales ventrales.* Der N. thoracalis ventralis cranialis (Abb. 2) gibt unter dem M. subclavius, also noch vor seinem Durchtritt durch die Lamina cribrosa infraclavicularis, einen relativ starken Ast ab. Nachdem dieser einen feinen Zweig aus einem weiter proximal entspringenden Muskelästchen für den M. pectoralis maior aufgenommen hat, durchbohrt er die Fascia pectoris profunda. Indem er sich vor dem M. subclavius nach lateral wendet, erreicht er schließlich den Proc. coracoideus, über welchen er lateral vom Lig. coracoclaviculare hinwegläuft. Von hier aus gibt er sehr feine Äste an dieses Band sowie zur gleichnamigen Bursa ab. Dann zieht er an der dorso-lateralen

Seite des Proc. coracoideus herab und gelangt zwischen die Lig. coracoacromiale et -claviculare, wo er sich in 2 feine Fäden teilt. Der eine tritt sofort unter das Lig. coracoacromiale, gibt hier ein Fädchen zur Bursa subacromialis ab und verschwindet in Höhe des Gelenkspaltes in der Kapsel; der andere läuft zwischen den beiden Bändern zum Articul. acromio-clavicularis, den er von ventral her versorgt.

Bei dem anderen Neugeborenenpräparat (Abb. 3) liegen die Verhältnisse ähnlich. Bis zum medialen Rand des M. deltoideus begleitet der Gelenkast einen R. deltoideus aae. thoracoacromialis. Die Innervation des Articul. acromioclavicularis konnte hier jedoch nicht sichergestellt werden, obwohl sich ebenfalls ein in dieser Richtung ziehendes Fädchen fand.

Kurz vor Eintritt des N. thoracalis ventralis cranialis in den M. pectoralis maior löst sich von einem der Muskeläste ein stärkerer Zweig (Abb. 2). In Begleitung eines Gefäßes erreicht er knapp unterhalb des Proc. coracoideus den M. deltoideus. Zunächst zieht er ein kleines Stück am inneren Rand dieses Muskels herab, unterläuft ihn dann und verschwindet teils in der Sehnenscheide des Caput longum m. bicipitis, lateral von der Sehne, teils zieht er mit einem kleinen Ast der A. circumflexa humeri volaris auf die Kapsel zu. Dieser Gelenkast stellt offenbar eine Variation dar, da sein Verteilungsgebiet an den anderen Präparaten von Ästen des N. axillaris versorgt wird.

Der N. thoracalis ventralis caudalis erhält distal vom Ursprung der A. coracoacromialis seinen Zuschuß aus dem unteren Primärstrang (Abb. 2). An dieser Stelle geht aus beiden Teilen je ein feiner Faden hervor. Nach Vereinigung derselben läuft das gemeinsame Stämmchen auf der A. axillaris etwas nach proximal und lateral und nimmt dann am dorsalen Rand des Gefäßes einen feinen sympathischen Faden auf (s. unten). Von hier aus schließt sich das Stämmchen einem in Höhe der Abgangsstelle der A. thoracoacromialis entspringenden Kapselgefäß an. Beide unterlaufen den lateralen Faszikel und ziehen auf der Vorderfläche des M. subscapularis zum Proc. coracoideus. Nerv und Gefäß treten unterhalb desselben in die scapulare Kapsel ein. Ein feiner Nervenfaden zieht an der Unterseite des Proc. coracoideus zum Lig. coracohumerale.

*Sympathische Fasern.* GARDNER hat histologisch erstmals eine direkte Verbindung zwischen Truncus sympathicus und dem Schultergelenk nachgewiesen. An einem Neugeborenenpräparat (Abb. 2) ist es mir gelungen, diese Verbindung nun auch präparatorisch darzustellen.

Vom kranialen Pol des Ganglion stellare geht ein relativ starker Ast zur dorsalen Seite der A. subclavia ab. Er läuft in der Adventitia des Gefäßes nach distal und nimmt etwa in Höhe der 1. Rippe einen etwa halb so starken Zweig aus dem 1. Thorakalsegment auf. Unter ständiger Abgabe feiner Fäden — ein solcher konnte bis zum Beginn der A. thoracoacromialis verfolgt werden — anastomosiert er schließlich mit dem Gelenkast des N. thoracalis ventralis caudalis, dessen Verlauf bereits beschrieben wurde.

*Die Gelenkäste des N. musculocutaneus.* An einem Präparat (Abb. 3) war es mir trotz größter Sorgfalt nicht möglich, noch weitere Gelenkäste der Nn. thoracales ventrales darzustellen. Anstatt dessen fanden sich hier Gelenkäste aus dem N. musculocutaneus. Dieser Befund war bei dem der Abb. 2 zugrunde liegenden Neugeborenenpräparat wiederum nicht zu erheben. Auf Grund faser-

analytischer Überlegungen muß man hierbei wohl annehmen, daß sich *N. musculocutaneus* und *N. thoracalis ventralis* gegenseitig ersetzen können. Dies

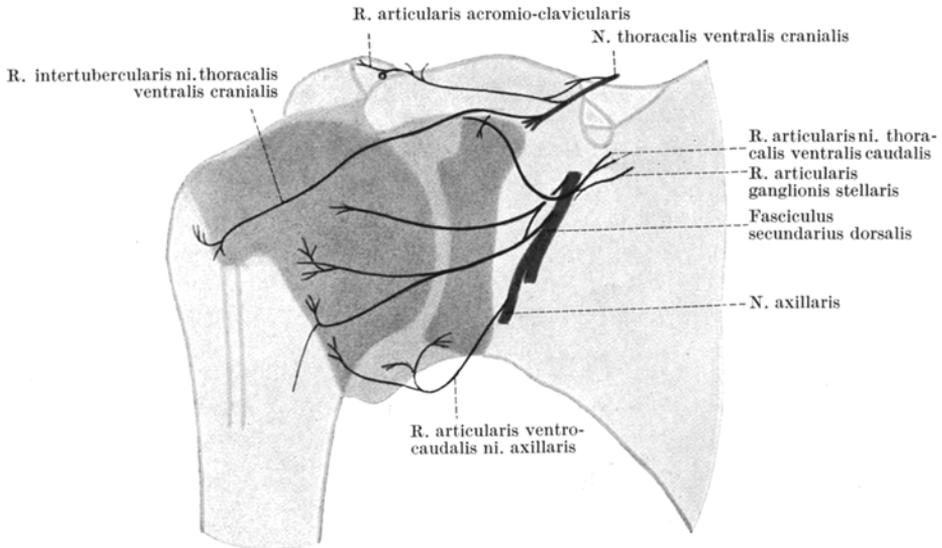


Abb. 2. Rechtes Schultergelenk von ventral mit den Rr. articulares der Nn. thoracales ventrales, des N. axillaris, des Fasciculus secundarius dorsalis und des Ganglion stellare

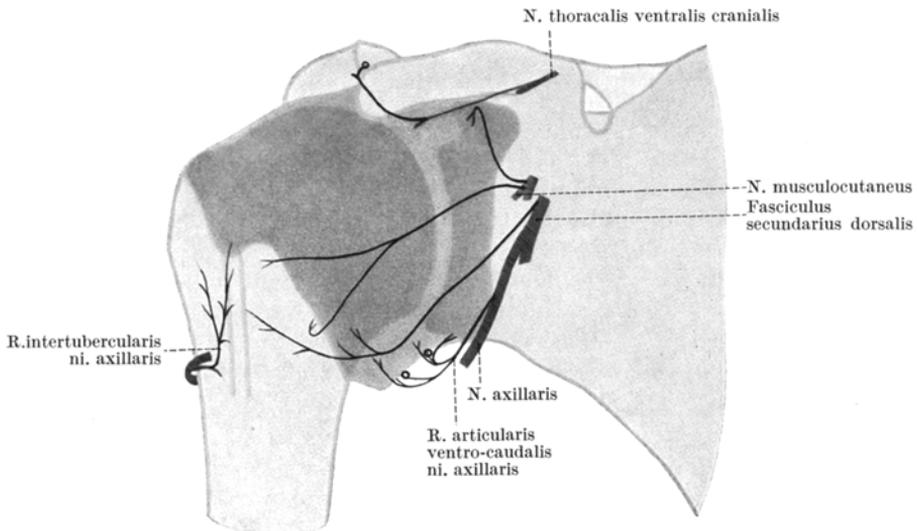


Abb. 3. Rechtes Schultergelenk von ventral mit den Rr. articulares des N. thoracalis ventralis cranialis, des N. musculocutaneus, des N. axillaris und des Fasciculus secundarius dorsalis

scheint mir um so wahrscheinlicher zu sein, als der jeweilige Gelenkast des einen oder anderen Nerven die Gelenkkapsel immer an der gleichen Stelle erreicht.

Vom *N. musculocutaneus* zweigen sich nach seinem Ursprung aus dem lateralen Faszikel unter ziemlich steilem Winkel 2 dünne Ästchen ab. Sie ziehen, eng aneinanderliegend, etwa in Richtung der zum *Proc. coracoideus* verlaufenden Kapselarterie (Abb. 3), von der sie lockeres Füllgewebe trennt. Die beiden Fäden

trennen sich in der Tiefe zwischen den *Mm. pectoralis minor et coracobrachialis*. Der kraniale Faden läuft ventral von der erwähnten Kapselarterie zum subcoracoidalen Rand des *M. subscapularis* und verschwindet hier in der scapularen Kapsel. Er versorgt somit das Gebiet, das an dem anderen Neugeborenenpräparat die *Sympathicus-N. thoracalis ventralis*-Anastomose versieht. Der caudale Faden zieht auf dem *M. subscapularis* nach distal und lateral und teilt sich da, wo er den *M. coracobrachialis* zu unterlaufen beginnt, in 2 Fädchen; das eine zieht in lateraler Richtung zur Sehnenscheide des *Caput longum m. bicipitis*, das andere erreicht den Unterrand des *M. subscapularis* etwa in Höhe der medialen Humerusschaftfläche. Da sich diese beiden Fädchen nicht weiter identifizieren ließen, kann ihr nervöser Gelenkbeitrag höchstens vermutet werden. Als Nebenfund sei hier noch erwähnt, daß der proximale *R. muscularis ni. musculocutanei* im *M. coracobrachialis* ein bis zum *Proc. coracoideus* verfolgbares Ästchen abgeben kann.

*Die Gelenkäste aus dem Fasciculus dorsalis und N. axillaris.* Da die Gelenkäste des *N. axillaris* letzten Endes auch aus dem dorsalen Bündel stammen und der direkt aus diesem entspringende Ast ein mehr oder minder großes Gebiet des erstmals von RÜDINGER genauer beschriebenen oberen Axillarisastes übernehmen kann, sollen diese *Rr. articulares* hier zusammen beschrieben werden.

Vom dorsalen Faszikel gehen 2 Gelenkäste ab (Abb. 2), der eine proximal von der bereits genannten Kapselarterie, die er unterläuft, der andere distal hiervon. Beide Äste verbinden sich in der Nähe des Ursprungsstammes durch ein feines Fädchen, laufen erst schräg auf dem *M. subscapularis* herab und ziehen dann in einem sanften Bogen in Richtung auf das *Tuberculum minus humeri*. Im Bereich der Gelenkkapsel treten sie in die Ansatzsehne des Leitmuskels ein und lassen sich hier etwas tiefer verfolgen. Von dem distalen Gelenkast zweigt sich außerdem etwa in Höhe des Gelenkspaltes ein etwas dünnerer Zweig ab, der sich um den caudalen Rand der Muskelsehne, kurz vor ihrer Insertion, herumschlingt und so die Gelenkkapsel erreicht. Hierbei gibt er nach distal einen feinen Faden zur *Bursa mucosa m. latissimi dorsi* ab.

Die bis in die Sehne des *M. subscapularis* verfolgbaren Nervenfasern enden, wie wir seit den histologischen Untersuchungen GARDNERS wissen, im *Stratum fibrosum* und zu einem kleinen Teil im *Stratum synoviale* der Kapsel.

Der Gelenkast aus dem dorsalen Bündel kann auch nur mit einer Wurzel entspringen, wie dies Abb. 3 zeigt. Auch hier unterläuft er die Kapselarterie und zieht lateral vom *N. axillaris* auf dem *M. subscapularis* herab. Der Gelenkast endet hier nicht in der Sehne des *M. subscapularis*, sondern schlingt sich um den unteren Rand des Muskels herum, versorgt mit 2 ansehnlichen Zweigen den caudalen humeralen Kapselbezirk und endet nach Abgabe feiner Periostfäden im *Sulcus intertubercularis*, wo er unter der Sehne bzw. ihrer *Bursa mucosa* verschwindet. Der Endast verläuft mit den *Vasa circumflexa humeri volaria* und zwar proximal von ihnen; seine Verlaufsrichtung ist leicht ansteigend.

Der *N. axillaris* gibt noch während seines Verlaufes auf dem *M. subscapularis* seinen ersten Gelenkast ab, der sich allmählich in lateraler Richtung vom Hauptstamm entfernt. In einem leichten, nach dorso-lateral gerichteten Bogen erreicht er das am Unterrand des *M. subscapularis* der Gelenkkapsel aufliegende Füllgewebe, teilt sich hier in 2 Hauptäste, die den Muskel unterlaufen und ihre

Endverzweigungen zur Kapsel schicken. Der mediale Ast versorgt vornehmlich die vorn-untere scapulare Kapsel sowie den Recessus axillaris, während der laterale den entsprechenden humeralen Kapselbezirk innerviert. Der laterale Hauptast kann sich zuvor in 2 Zweige teilen, die einen voneinander verschiedenen Weg zur Kapsel einschlagen (Abb. 1). Der erste Zweig tritt sofort unter den Muskel und erreicht in Begleitung von Kapselgefäßen aus den *Vasa circumflexa volaria* die untere humerale Kapsel; der zweite verläuft, einen Ast unter die Latissimussehne entlassend, in den caudalen Partien des Muskels, an den er feine Fäden abgibt, nach lateral und erreicht schließlich die humerale Kapselgrenze, kranio-lateral vom Ausbreitungsgebiet des ersten Zweiges.

Die Innervationsgebiete des *N. R. articularis ni. axillaris* sind bei den einzelnen Präparaten verschieden groß. In Abb. 3 beschränkt es sich fast ausschließlich auf den sog. Recessus axillaris. Erklärbar ist dieses Verhalten nur durch die Tatsache, daß auch aus dem dorsalen Bündel Gelenkäste abgehen können, die ein mehr oder minder großes Versorgungsgebiet des oberen Axillarisastes übernehmen. Schließlich ist auf Grund des präparatorischen Befundes bei dem einen Neugeborenenpräparat (Abb. 3) die Vermutung wohl kaum von der Hand zu weisen, daß zumindest der untere Gelenkast des *N. musculocutaneus* ebenfalls vikariierend für ein bestimmtes Teilgebiet des *N. axillaris* bzw. *Fasciculus dorsalis* eintreten kann.

Der den *M. teres minor* versorgende *R. muscularis ni. axillaris* teilt sich nach seinem Ursprung in 2 Äste (Abb. 4). Der mediale Ast gibt kurz darauf einen Zweig ab, der unter dem Muskel zur dorso-caudalen Kapsel zieht, wo er sich teilt. Die medialen Fasern versorgen die lange *Tricepssehne* an ihrem Ursprung, den unmittelbar daneben gelegenen sowie den unteren scapularen Kapselabschnitt; die lateralen Fasern verschwinden in der Kapsel über dem Gelenkspalt und erreichen teilweise die caudale humerale Kapselregion. In den beiden anderen Präparaten (Abb. 5) stammen die Fasern für den dorso-caudalen bzw. caudalen scapularen Kapselabschnitt ebenfalls direkt aus dem Muskelast des *M. teres minor*. Sie verlassen ihn unter spitzem Winkel und wenden sich nach medial. Der für die caudale humerale Kapsel bestimmte Faden leitet sich in beiden Fällen jedoch nur z. T. von diesem Muskelast ab, während die wesentlich größere Ursprungsportion direkt vom Stamm des *N. axillaris* abgeht. Nach Vereinigung der beiden Teile tritt dann der Gelenknerv vom *R. muscularis teretis minoris* nach lateral weg und senkt sich am Unterrand des Muskels in die humerale Kapsel ein. Ein stärkeres Fädchen versorgte in einem Fall auch noch den caudalen Teil des Muskels.

In insgesamt 3 Fällen konnte ich das Vorhandensein eines typischen *R. intertubercularis* feststellen (Abb. 1, 3). Kurz bevor der *R. circumflexus ni. axillaris* den *Sulcus intertubercularis* erreicht, tritt meist von einem kleinen Muskelästchen ein stärkerer Zweig weg, der am lateralen Rand des Grabens nach proximal zieht. Hierbei gibt er einen Ast zum *Tuberculum maius*, welcher die laterale humerale Kapselgrenze erreichen kann (Abb. 1, 4), sowie mehrere kleine Fädchen zur *Bursa mucosa* der langen *Bicepssehne* ab und endet schließlich als Kapselnerv. An einem Erwachsenenengelenk (Abb. 1) ließ sich dieser Ast bis zur *Bursa subacromialis* und zum *Lig. coracoacromiale* verfolgen. Ob auf diesem Wege auch die *Articulatio acromio-clavicularis* versorgt wird, konnte nicht

sicher entschieden werden. An einem anderen Präparat wurde die ventrale Seite der Bursa subacromialis von einem stärkeren Fädchen versorgt, das sich über dem Tuberculum minus von einem der Endäste des N. axillaris ablöste.

*Die Gelenkäste des N. suprascapularis.* Der N. suprascapularis kann noch vor seinem Durchtritt durch die Incisura scapulae einen Periostast an die ventrale Seite des Proc. coracoideus abgeben. Unmittelbar darauf oder erst beim Eintritt in die Fossa supra spinam, stets jedoch vor Abgang des proximalen R. muscularis für den M. supraspinatus löst sich vom Hauptstamm der obere Gelenkast ab. In einem leichten Bogen wendet sich dieser nach lateral, verläuft dabei nahe dem Knochen im Füllgewebe zwischen M. supraspinatus und Proc. coracoideus und gelangt schließlich auf das Lig. coracohumerale. Auf dieser Verlaufsstrecke gibt er feine Ästchen an das Periost des Proc. coracoideus, zum Lig. coracoclaviculare, zur Bursa desselben sowie zu den in dem erwähnten Füllgewebe verlaufenden Gefäßen ab. Außerdem zweigt sich vor Erreichen des Lig. coracohumerale ein etwas stärkerer Gelenkfaden ab, der sich unter dem M. supraspinatus im kranialen scapularen Kapselbereich verzweigt (Abb. 4, 5). Auf dem Lig. coracohumerale gibt der Gelenkast zunächst Fäden an dieses sowie zum Lig. coracoacromiale ab. Hierauf teilt er sich und schickt vor dem M. supraspinatus einen Zweig zur Bursa subacromialis (Abb. 4) und einen zweiten, zunächst am oberen Rand dieses Muskels, dann unter ihm verlaufend, zum kranialen Kapselbezirk über dem Gelenkspalt (Abb. 4, 5). Dieses Gebiet wird aber, wie wir bereits gesehen haben, auch von Fasern des N. thoracalis ventralis erreicht (Abb. 5).

Der den M. supraspinatus innervierende proximale Ast gibt in der Tiefe des Muskels ein nach lateral ziehendes Ästchen ab, welches etwa in Höhe des Gelenkspaltes den Muskel verläßt und nach kurzem Verlauf in der humeralen Kapsel endet (Abb. 4). Der proximale Ast kann aber auch noch vor Eintritt in den Muskel einen feinen Faden zur Kapselgrenze im Bereich der Fossa supra spinam abgeben, wie ich an einem anderen Präparat feststellen konnte.

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem distalen Ast für den M. supraspinatus. Er verläßt den N. suprascapularis an der Unterseite des Muskels und gibt kurz darauf einen feinen Faden zur A. suprascapularis sowie einen etwas stärkeren, dieses Gefäß unterlaufenden Ast zum scapularen Kapselbereich in Höhe der Spina scapulae ab (Abb. 4). Dieser Gelenkast kann aber auch nach Abgang des distalen Muskelastes direkt aus dem N. suprascapularis entspringen, in dem zwischen den Mm. supra- et infraspinatus liegenden Füllgewebe weiter nach lateral verlaufen und somit auch den angrenzenden humeralen Bereich der Kapsel innervieren (Abb. 5). Der distale Muskelast schlingt sich dann um den unteren Rand des M. supraspinatus herum und entsendet hierbei einen relativ starken Ast zum subacromial liegenden Fett- und Bindegewebe. Dieser tritt dann in den Muskel ein und gelangt, in lateraler Richtung verlaufend, allmählich an die Unterseite desselben, um schließlich unterhalb bzw. am Unterrand der Supraspinatussehne als Gelenknerv zu enden (Abb. 4, 5). Das von ihm versorgte Kapselgebiet ist mit der Muskelsehne bereits deutlich verwachsen. Dies muß im Hinblick auf die Tatsache, daß der M. supraspinatus durch diesen Kapselansatz auch als Kapselraffer funktioniert, besonders vermerkt werden. Das gleiche gilt auch, wie wir sehen werden, für den entsprechenden Ast im M. infra-

spinatus. Nebenbei sei noch erwähnt, daß von dem am Unterrand der Supraspinatussehne endenden Gelenkast auch feine Fäden zur Unterseite der Bursa subacromialis abgeben können (Abb. 4).

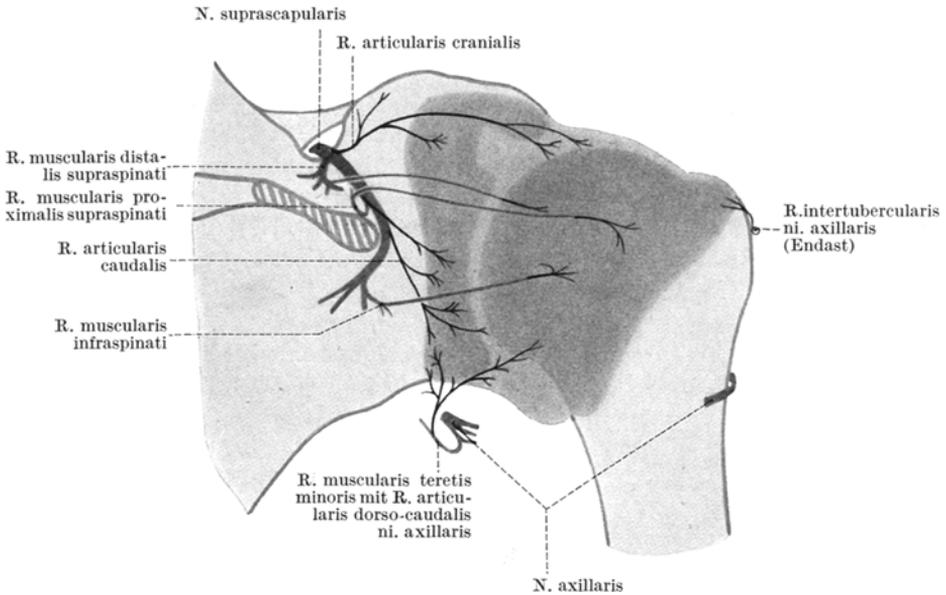


Abb. 4. Rechtes Schultergelenk von dorsal mit den Rr. articulares des N. suprascapularis und des N. axillaris. Acromion schräg abgetragen

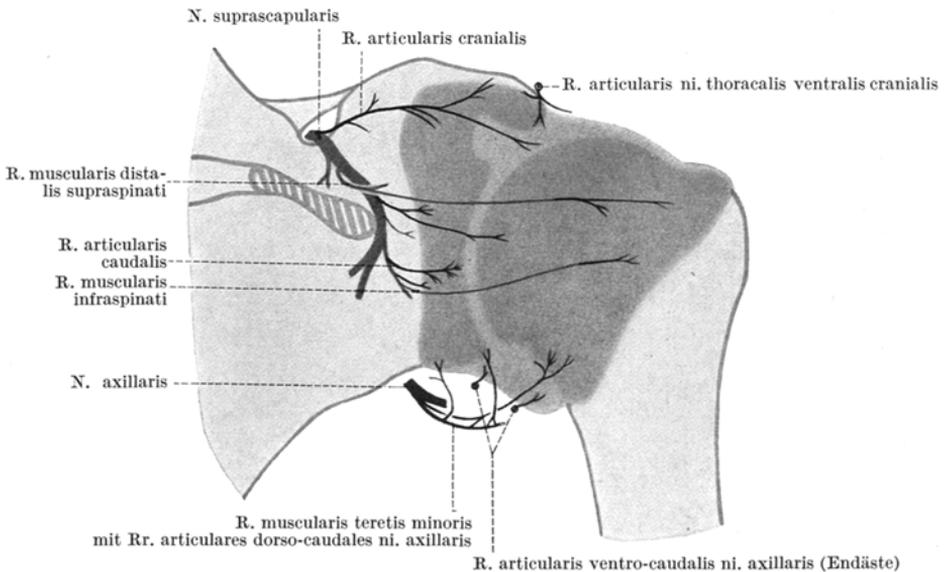


Abb. 5. Rechtes Schultergelenk von dorsal mit den Rr. articulares des N. suprascapularis, des N. axillaris und des N. thoracalis ventralis cranialis. Acromion schräg abgetragen

In Höhe der Spina scapulae verläßt zunächst ein feines Periostästchen in lateraler Richtung den N. suprascapularis (Abb. 5). Kurz darauf entspringt aus ihm oder einem seiner zum M. infraspinatus ziehenden Muskeläste der untere

Gelenkast. Er zieht schräg nach distal und lateral, um nach Aufteilung in mehrere Zweige in der caudalen scapularen Kapselregion zu enden. Dieser Ast war in allen Fällen vorhanden. Zweimal konnten seine Endverzweigungen bis in das Innervationsgebiet des unteren Axillarisastes verfolgt werden, ohne jedoch mit Sicherheit eine Anastomose feststellen zu können.

Wie beim *M. supraspinatus*, endet auch ein im *M. infraspinatus* laufender Muskelast im Gebiet des Kapselansatzes als Gelenknerv. Er zweigt sich von dem am weitesten lateral in den Muskel eintretenden Ast ab und verläuft in den knoehennahen Schichten des Muskels, den er da verläßt, wo er mit der Kapsel bereits deutlich verwachsen ist. Dieser Gelenknerv ist übrigens wesentlich stärker als die beiden im *M. supraspinatus* verlaufenden. Als Besonderheit muß noch hervorgehoben werden, daß der untere *R. articularis ni. suprascapularis* und der im *M. infraspinatus* verlaufende Gelenkast aus ein und demselben Muskelast stammen können (Abb. 5).

Die in den Muskeln zum Gelenk ziehenden Nerven wurden insgesamt 3mal und der zwischen dem oberen und unteren Gelenkast abgehende und inserierende Kapselast an 4 Präparaten festgestellt.

### B. Übersicht über die Nerven des Schulter- und Acromioclaviculargelenkes

1. *Nn. subscapulares*. Gelenkäste der *Nn. subscapulares* werden von FICK, POIRIER und CHARPY u. a. erwähnt. Nach eigenen Befunden (Abb. 1) versorgen insgesamt 4 Äste die ventrale scapulare und gelenkspaltnahe humerale Kapselregion (1×).

2. *Nn. thoracales ventrales*. a) Der *N. thoracalis ventralis cranialis* gibt einen erstmals von BOCK beschriebenen Ast zum Acromioclaviculargelenk ab. Nach Überqueren des *Proc. coracoideus* zweigen sich von diesem Gelenkast Fasern zum Schultergelenk ab (ARKHANGELSKY, GARDNER; Abb. 2, 3, 5).

b) Ein weiterer Gelenkast des *N. thoracalis ventralis cranialis* zieht zum *Sulcus bicipitalis* (GARDNER). Vermutlich handelt es sich hierbei um eine Variation (Abb. 2; 1×).

c) Vom *N. thoracalis ventralis caudalis* zweigt sich ein feines Stämmchen ab, das im Bereich der *A. axillaris* einen sympathischen Faden vom Ganglion stellare aufnimmt und unterhalb des *Proc. coracoideus* in die scapulare Kapsel eintritt (histologischer Befund von GARDNER, eigener Befund; Abb. 2; 1×).

3. *Sympathische Fasern*. Sympathische Fasern aus dem *Truncus sympathicus* (Ganglion stellare) erreichen das Schultergelenk unterhalb des *Proc. coracoideus* (histologischer Befund von GARDNER, eigener Befund; Abb. 2; 1×).

4. *N. musculocutaneus*. WRETE beschreibt erstmals (histologisch) einen Ast des *N. musculocutaneus* für die ventrale Kapsel, der sich vor Erreichen derselben mit dem oberen Axillarisast verbindet.

a) Nach eigenen Befunden (Abb. 3) erreicht ein dünnes Ästchen die scapulare Kapsel unterhalb des *Proc. coracoideus* und verzweigt sich hier (1×). Es dürfte sich hierbei um eine Variation handeln, da dieses Kapselgebiet an einem anderen Präparat (Abb. 2) und in Bestätigung der histologischen Befunde von GARDNER von der *Sympathicus-N. thoracalis ventralis*-Anastomose versorgt wird.

b) Ein zweites Ästchen zieht auf dem *M. subscapularis* herab und teilt sich hier (Abb. 3); ein Fädchen zieht in Richtung zum *Sulcus bicipitalis*, das andere erreicht den Unterrand des Muskels. Vermutlich enden beide Fädchen in der Gelenkkapsel (1×).

5. *Fasciculus dorsalis und N. axillaris*. a) GARDNER konnte als erster einen Gelenkast des *Fasciculus dorsalis* für die ventrale Kapsel darstellen.

Nach eigenen Befunden (Abb. 2) können sogar 2 Gelenkäste (1×) aus dem *Fasciculus dorsalis* entspringen, die neben dem caudalen auch den medianen humeralen Kapselbezirk versorgen. An einem anderen Präparat (Abb. 3) entspringt nur ein Gelenkast, der nach Versorgung der caudalen humeralen Kapsel am *Sulcus intertubercularis* endet.

b) Der obere Gelenkast des N. axillaris verläßt den Hauptstamm kurz nach dessen Ursprung aus dem Fasciculus dorsalis und versorgt die ventro-caudale Kapsel (RÜDINGER). Nach eigenen Ergebnissen und in Bestätigung der histologischen Befunde WRETES lassen sich hierbei Äste unterscheiden, die vorwiegend den scapularen Kapselbereich nebst Recessus axillaris versorgen und solche, die hauptsächlich für die humerale Kapsel bestimmt sind (Abb. 1, 2, 3; 3×). Das Ausbreitungsgebiet des ersten Axillarisastes ist verschieden groß, da Gelenkäste des dorsalen Faszikels und vermutlich auch des N. musculocutaneus die Versorgung eines bestimmten Kapselgebietes übernehmen können (vgl. Abb. 1, 2, 3).

c) Der untere Gelenkast entspringt entweder aus dem N. axillaris selbst oder aber aus dem R. muscularis teretis minoris und versorgt den caudalen bzw. den dorso-caudalen Kapselbezirk (RÜDINGER). Anstatt dessen können aber nach eigenen Befunden auch zwei (1×) bzw. drei (1×) Gelenkäste isoliert entspringen (Abb. 5). Auch lassen sich hier in Übereinstimmung mit WRETE (histologischer Befund) wiederum mediale und laterale Fasern unterscheiden (3×), die den scapularen bzw. humeralen Kapselbereich versorgen (Abb. 4, 5).

d) Ein Endast des N. axillaris steigt als R. intertubercularis am lateralen Rand des Sulcus bicipitalis aufwärts und erreicht die Kapsel (RAUBER). Nach eigenen Untersuchungen kann sich (in 1 von 3 Fällen) dieser Ast bis zur Bursa subacromialis und zum Lig. coracoacromiale erstrecken (Abb. 1).

Ein entsprechender Ast kann aber auch aus dem oberen oder unteren Axillarisast (GARDNER, WRETE) und nach eigenen Befunden (1×) auch einmal aus dem Fasciculus dorsalis entspringen (Abb. 3).

e) Nach RAUBER soll der N. axillaris auch das Acromioclaviculargelenk versorgen. Diesen Befund konnte ich nicht sicher bestätigen.

6. *N. suprascapularis*. a) Der obere Gelenkast des N. suprascapularis löst sich meist in der Fossa supra spinam vom Hauptstamm und versorgt das Lig. coracoacromiale, den dorso-kranialen Kapselabschnitt sowie das Acromioclaviculargelenk (RÜDINGER). Die zu dem genannten Gelenk ziehenden Fasern habe ich nicht gesehen (Abb. 4, 5).

b) Der untere Gelenkast entspringt aus dem N. suprascapularis oder einem seiner Muskeläste nach Eintritt in die Fossa infra spinam. Seine Endfasern reichen bis zum Ausbreitungsgebiet des unteren Axillarisastes (RÜDINGER; Abb. 4, 5).

Anastomosen zwischen den beiden Gelenkästen des N. suprascapularis sowie zwischen dem unteren Gelenkast des letzteren und des N. axillaris konnte WRETE histologisch nachweisen.

c) Nach eigenen Befunden wird das zwischen dem oberen und unteren Gelenkast liegende Gebiet von einem eigenen Ast versorgt (4×). Dieser kann aus dem proximalen oder distalen R. muscularis supraspinati oder aber auch nach Abgang des letzteren direkt aus dem N. suprascapularis entspringen (Abb. 4, 5).

d) der distale R. muscularis supraspinati gibt nach Verzweigung im Muskel schließlich einen Gelenkast zur humeralen Kapsel ab (FROHSE und FRÄNKEL; Abb. 4, 5; 3×).

Nach eigenen Befunden und in Bestätigung der histologischen Befunde WRETES endet auch ein im M. supraspinatus verlaufendes Ästchen des proximalen R. muscularis (1×) sowie ein entsprechendes Ästchen im M. infraspinatus (3×) als Gelenknerv (Abb. 4, 5). Der proximale R. muscularis supraspinati kann auch vor Eintritt in den Muskel einen Faden zur Kapselgrenze abgeben (1×).

7. *N. radialis*. CRUVEILHIER beschreibt für den caudalen Kapselbereich Fasern des N. radialis. Diesen Befund konnte ich nicht bestätigen.

## Nerven des Ellenbogengelenkes

### A. Eigene Befunde

Der von CRUVEILHIER beschriebene Gelenkast des N. musculocutaneus, der den M. biceps durchsetzen soll, wurde nicht gefunden. Auch die von GARDNER anhand von fetalen Serienschnitten beschriebenen Anastomosen zwischen den Gelenkfasern des N. musculocutaneus und denen der Nn. radialis et medianus im Bereich des Stratum fibrosum ließen sich makroskopisch nicht darstellen. Außer Bestätigung der übrigen bisher bekannten Befunde konnten für die

Nn. medianus, musculocutaneus, radialis et ulnaris weitere Gelenkäste angegeben werden.

*Die Gelenkäste des N. radialis.* Der sog. R. collateralis ulnaris ni. radialis tritt bald nach seinem Ursprung in enge Beziehung zum N. ulnaris, mit dem er das Septum intermusculare nach außen durchbricht. Kurz darauf lehnt er sich mehr an den Verlauf der Vasa collateralia ulnaria proximalia an und zieht so auf der freien Oberfläche des Caput ulnare mi. tricipitis nach distal, das er mit mehreren Zweigen versorgt. Das Endästchen löst sich schließlich aus dem Verband der Gefäße und gelangt in Höhe des distalen, medialen Ursprungsbereiches des Muskels in einem leichten, nach radial gerichteten Bogen auf die Ventralseite desselben. Nach kurzem Verlauf verschwindet das Ästchen mit 2 Fäden in der humeralen Kapsel im Bereich der Fossa olecrani (Abb. 9, 10).

Die Darstellung dieses Gelenknerven am Neugeborenen ist mir nur an einem Ergänzungspräparat gelungen. Auch hier fiel wieder der durchwegs extramuskuläre Verlauf des Gelenkfadens auf. Da dieser nach den Literaturangaben (vgl. RAUBER-KOPSCH, TOLDT-HOCHSTETTER) konstant zu sein scheint, wurde er in Abb. 10 mit eingezeichnet.

Der für die Pars lateralis des Caput mediale mi. tricipitis bestimmte Muskelzweig löst sich in allen Präparaten zusammen mit dem N. cutaneus antibrachii dorsalis vom N. radialis. Er versorgt proximal erst das Caput laterale und teilt sich dann in 2 Nervenstämme, von denen der radiale der stärkere ist. Diese verlaufen zunächst oberflächlich, senken sich aber schon bald in das Caput mediale ein und ziehen nach distal. Der mediale Muskelast (Abb. 10) wendet sich noch vor Erreichen des distalen Randes der Muskelursprungsfläche weiter in die Tiefe und gibt hier einen sehr feinen Faden zur humeralen Kapselgrenze ab. Dann wendet er sich immer weiter nach radial und anastomosiert ziemlich oberflächlich mit dem radialen Ast, der schon vorher einen Periostzweig abgegeben hat. Von der Anastomose zweigt sich nach ulnar ein relativ starker Ast ab, der mit einem kleinen Gefäß proximal vom Olecranon in die Kapsel eintritt. Außerdem geht noch ein feiner Faden zur proximalen ulnaren Kapsel ab.

Der mediale Muskelast kann kurz nach Eintritt in den Muskel einen längeren Zweig abgeben, der dann medial von dem ulnaren Kapselfaden der Anastomose als Gelenkast endet (Abb. 9). Die Abbildung zeigt außerdem ein verhältnismäßig weit distal vom radialen Nervenstamm nach ulnar abgehendes Ästchen, das sich vor Erreichen der Kapselgrenze wieder mit dem Ursprungsstamm verbindet. Vorher zweigt sich ein feiner, in Richtung auf das Gelenk ziehender Faden ab, dessen Beitrag jedoch nicht sicher entschieden werden konnte.

Nach FROHSE und FRÄNKEL entwickelt sich der den M. anconaeus innervierende Nerv im wesentlichen aus einer Anastomose zwischen den beiden langen Stämmen der Pars lateralis des Caput mediale. Dieses Verhalten wurde praktisch in allen Fällen gefunden. Der Ramus anconaeus kann vom distalen Rand des Caput ulnare ab direkt auf der Gelenkkapsel verlaufen (Abb. 10), mit der er dann bindegewebig verlötet ist. Auf dieser Verlaufsstrecke gibt er seine zahlreichen Gelenkäste ab. Besonders reichlich ist die Kapselversorgung am radialen Rand des Olecranon und über dem angrenzenden Gelenkspalt. Kurz vor Erreichen des humero-radialen Gelenkspaltes tritt der Hauptstamm des Ramus anconaeus von

unten her in den Muskel ein und entsendet von hier aus je einen Gelenkfaden zu den Capitula humeri et radii.

Bei dem Erwachsenenpräparat (Abb. 9) verläuft der R. anconaeus zunächst im Muskel und erst über dem Capitulum radii an der Unterseite desselben. Auch hier fällt wieder die bevorzugte Innervation der olecranonnahen Kapselgebiete

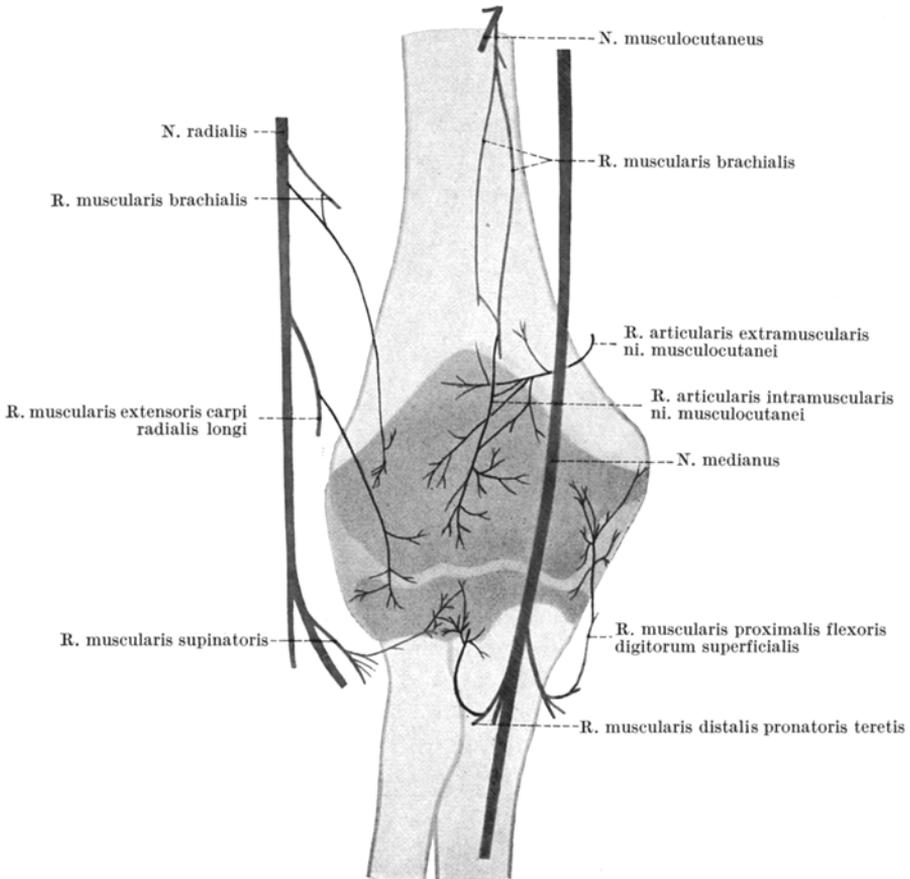


Abb. 6. Innervation des rechten Ellenbogengelenkes von ventral. N. radialis radialwärts abgezogen

auf. Außerdem endet in diesem Präparat ein relativ starker Ast im distalen Kapselbereich über dem Radio-Ulnargelenk.

Der proximale, zur Beugeseite des Gelenkes ziehende Gelenkast entspringt aus dem Hauptstamm kurz nach Abgabe von Ästen an die laterale Seite des M. brachialis (Abb. 6, 8) und kann von einem dieser Muskeläste noch einen feinen Faden in sich aufnehmen (Abb. 6). Dann zieht er in der Tiefe zwischen den radialen Extensoren und dem M. brachialis in Richtung zur Gelenkkapsel. Sobald er diese erreicht, tritt er etwas unter den lateralen Rand des M. brachialis und verzweigt sich in der Kapsel proximal vom Capitulum humeri und gelegentlich auch über demselben (Abb. 8).

In das eben erwähnte Kapselgebiet können aber auch auf anderem Wege Nervenfaser einstrahlen, wie dies die Abb. 7 und 8 zeigen. Es handelt sich

hierbei um Äste des R. muscularis für den M. extensor carpi radialis longus. So geht von dem am weitesten proximal in den Muskel einstrahlenden Nervenzweig ein rückläufiges Ästchen ab, das bis zum Ursprungsgebiet des Muskels zieht. Hier versorgt es das Periost und kann in distal-medialer Richtung einen feinen Faden zur humeralen Kapselgrenze abgeben (Abb. 7). Ein Ast, der in insgesamt 3 Fällen dargestellt werden konnte, geht weiter distal direkt vom Hauptstamm

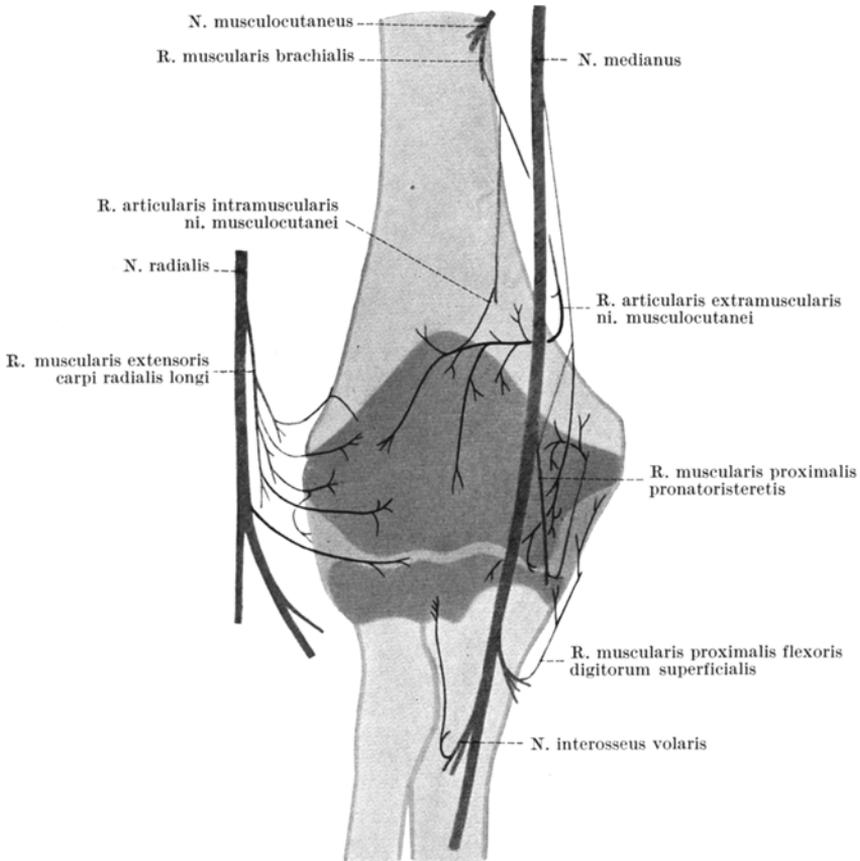


Abb. 7. Innervation des rechten Ellenbogengelenkes von ventral. N. radialis radialwärts abgezogen

ab. Er ist ebenfalls rückläufig und zieht entweder auf der Innenseite des Muskels oder zwischen den oberflächlichen Muskelbündeln zur Kapsel, in der er sich proximal vom Oberarmköpfchen verzweigt.

An einem Neugeborenenpräparat (Abb. 7) endete einer der feineren Muskelzweige am lateralen Rand des Capitulum humeri und auf dem radialen Kollateralband. Dieser Zweig verläuft, wie die Kontrolluntersuchung an einem Erwachsenenengelenk ergab, zunächst in der oberflächlichen Muskelschicht nach distal. Nach Verbindung mit einem anderen Muskelästchen wendet sich dann der gemeinsame Stamm nach dorsal und etwas proximal, um sich schließlich vor Erreichen der Ursprungssehne des M. extensor carpi radialis brevis in 2 Endäste zu teilen. Hiervon zieht der eine am Innenrand der Sehne in die Tiefe, wo er

sich am lateralen Rand des Oberarmköpfchens verteilt; der andere verläuft etwas nach lateral und tritt dann in die Sehne ein, in der er sich reichlich verzweigt. Hierbei fällt auf, daß die Fasern nicht nur zum Epicondylus radialis, sondern vor allem auch nach medial, also gegen das Lig. collaterale radiale ziehen, und zwar bis herab in Höhe des Gelenkspaltes. Wenn der Großteil dieser Fasern auch nicht sicher bis zu diesem Band verfolgt werden konnte, so darf

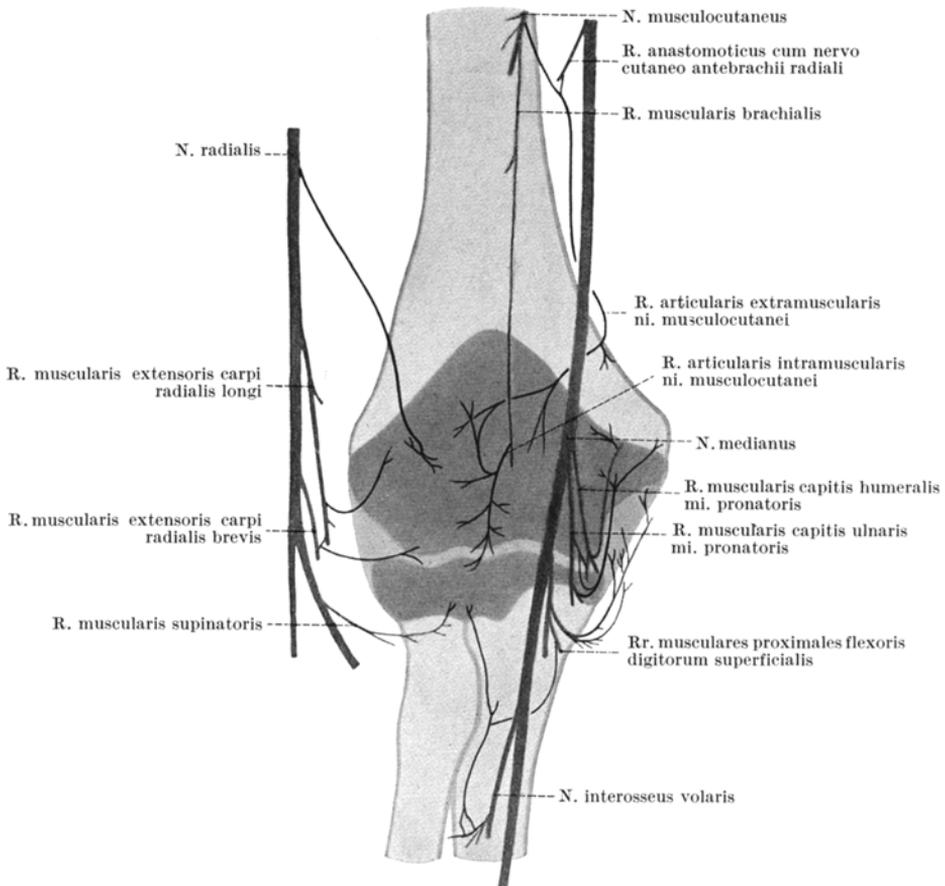


Abb. 8. Innervation des rechten Ellenbogengelenkes von ventral. N. radialis radialwärts abgezogen

man wohl auf Grund der engen Beziehungen, die zwischen den vom lateralen Oberarmknorren entspringenden Sehnen einerseits und zwischen dem epikondylären Teil des M. supinator und dem Lig. collaterale radiale andererseits bestehen, annehmen, daß in dieses bzw. in die laterale humerale Kapsel weit mehr Fasern einstrahlen, als dies makroskopisch feststellbar war.

Der den M. extensor carpi radialis longus innervierende Ast gibt vor Eintritt in den Muskel schließlich noch einen weiteren Gelenkast ab (Abb. 6, 7). Der verhältnismäßig starke Ast, der auch einmal aus einer extramuskulär gelegenen Anastomose zwischen den Rr. musculares für die Mm. extensores carpi radiales longus et brevis entspringen kann (Abb. 8), zieht an der Unterseite des Muskels zur Kapsel. Seine Verlaufsrichtung ist vorwiegend distal, je nachdem in welcher

Höhe er den Muskelast verläßt. Sein Hauptverbreitungsgebiet ist die Kapsel über dem Capitulum humeri und dem angrenzenden Gelenkspalt. Es kann sich aber auch bis zur Höhe des Capitulum radii erstrecken (Abb. 6). Dieses letztere Gebiet kann auch allein von einem Gelenkfaden versorgt werden, der aus dem R. profundus ni. radialis stammt (Abb. 7).

Damit ist die Versorgung der ventralen Kapsel von seiten des N. radialis aber noch keineswegs erschöpft. Der R. profundus ni. radialis entläßt bereits

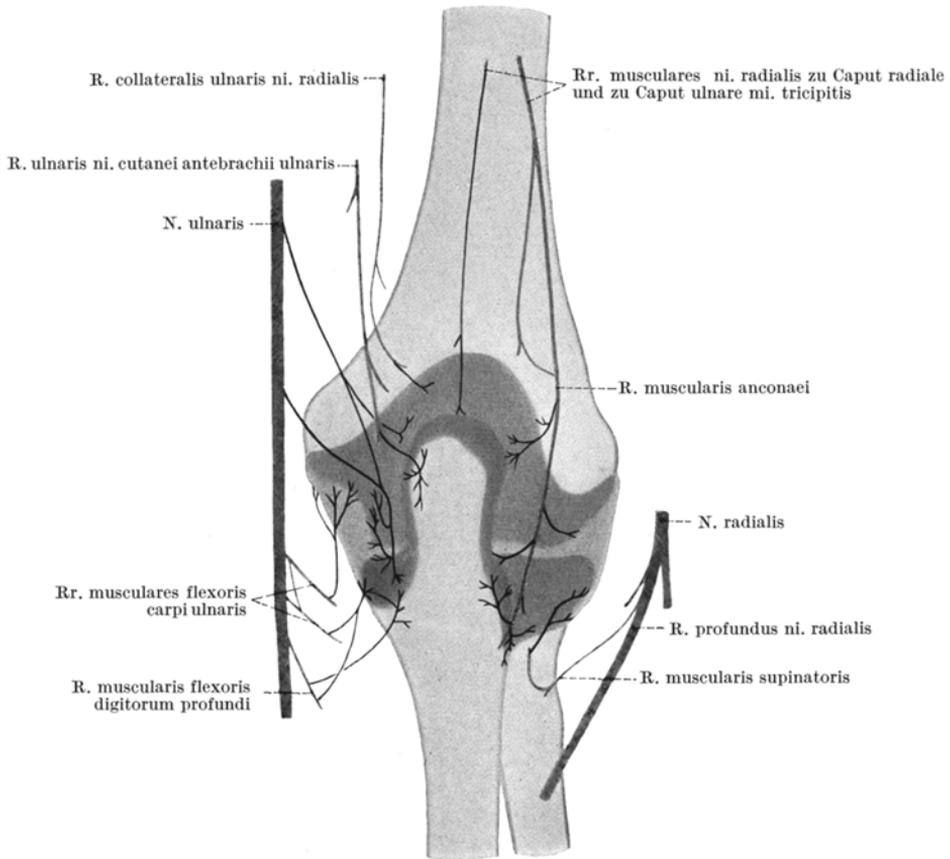


Abb. 9. Innervation des rechten Ellenbogengelenkes von dorsal. N. ulnaris ulnarwärts, N. radialis radialwärts abgezogen

vor Eintritt in den M. supinator an diesen seine Muskeläste. Der am weitesten proximal gelegene Ast zieht mit den oberhalb der Tuberositas radii ansetzenden Muskelbündeln nach medial. Nach Abgabe mehrerer Äste löst sich schließlich in kranio-ulnarer Richtung ein feiner Zweig, der sich im Bereich des Recessus anularis und auf dem Lig. anulare radii verteilt (Abb. 6, 8). In einem Fall anastomosierte er mit Gelenkfäden des unteren Pronatorastes (Abb. 6).

Entsprechende Verhältnisse finden sich auf der Streckseite (Abb. 9, 10). Der sich nach dorsal um den Radius herumschlingende proximale Ast versorgt im wesentlichen die tiefe Schicht des M. supinator. Nach Abgabe mehrerer Zweige

verläuft mindestens ein Endästchen in einem Bogen nach proximal, um nach Versorgung der kranialen Muskelfasern dorsal im Bereich des Collum radii in die Kapsel einzutreten.

Nach Austritt aus dem Canalis supinatorius gibt der N. radialis Äste an den M. extensor carpi ulnaris ab. Von dem am weitesten proximal in den Muskel eintretenden Ast zweigte sich in einem Präparat (Abb. 10) ein schwächeres, rückläufiges Stämmchen ab, das an der Unterseite des Muskels verlief und an

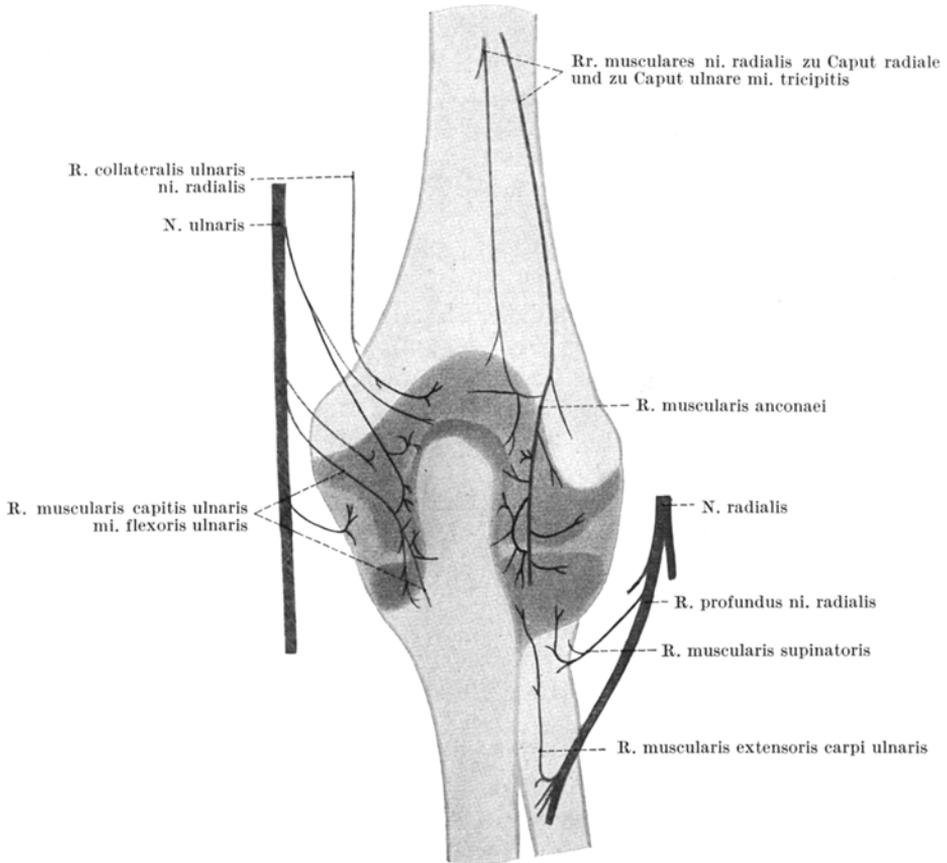


Abb. 10. Innervation des rechten Ellenbogengelenkes von dorsal. N. ulnaris ulnarwärts, N. radialis radialwärts abgezogen. R. collateralis ulnaris ni. radialis nach einem Ergänzungspräparat gezeichnet

diesen mehrere Fädchen verlor. Schließlich zog es mit Ursprungsfasern der oberflächlichen Schicht des M. supinator unter den M. anconaeus und endete in Begleitung eines Astes der A. recurrens interossea dorsalis distal von den Gelenkfäden des R. anconaeus in der Kapsel.

*Die Gelenkäste des N. musculocutaneus.* Die beiden Gelenkäste des N. musculocutaneus entspringen aus dem Muskelast für den M. brachialis, und zwar aus dem am weitesten ulnar in den Muskel sich einsenkenden Zweig. Während der eine Gelenkast bereits hoch oben entspringt und vorwiegend extramuskulär zur Kapsel zieht, löst sich der andere erst weiter distal von einem der langen

Muskelästchen des genannten Zweiges und anastomosiert im Kapselbereich mit dem ersten Ast. Dieses Verhalten habe ich an insgesamt 3 Präparaten feststellen können.

Bevor der ulnare Zweig in den *M. brachialis* eintritt, gibt er ein ansehnliches Nervenstämmchen ab, das zunächst auf der Vorderfläche des Muskels und dann an seiner Innenseite nach distal und dorsal zieht. Auf dieser Strecke gibt das Stämmchen mehrere Muskeläste ab und kann auch für ein kurzes Stück oberflächlich im Muskel selbst verlaufen. Der Endast erreicht dann in der Tiefe den Unterrand der vom Septum intermusculare ulnare entspringenden Fasern des *M. brachialis* und unterläuft den Muskel in Begleitung eines Astes der *A. collateralis ulnaris distalis*. Hierbei gibt er Fädchen an das Periost des Humerus ab und erreicht, nach lateral sich wendend, die Kapsel über der *Fossa coronoidea* (Abb. 6—8). In diesem Bereich teilt er sich in zahlreiche Fäden, die meist im Stratum fibrosum enden, sich aber auch z. T. mit dem intramuskulär verlaufenden Gelenkast verbinden können.

Bei dem eben beschriebenen Gelenkast handelt es sich aber bestimmt nicht in jedem Fall um den Endast eines oberflächlich verlaufenden Muskelzweiges. Wie aus Abb. 8 hervorgeht, kann dieser *R. articularis* auch hoch oben zusammen mit den ulnaren Muskelzweigen entspringen und noch einen Zuschuß von einem *R. anastomoticus* zwischen den *Nn. medianus et cutaneus antebrachii radialis* erhalten. Der Ast begleitet dann die *A. brachialis* ein kurzes Stück, löst sich von ihrer Unterseite ab, um schließlich ebenfalls den *M. brachialis* zu unterlaufen.

Nach Eintritt in den *M. brachialis* zerfällt der bereits erwähnte ulnare Muskelzweig in einige Endäste, die in distaler Richtung im Muskel allmählich tiefer ziehen. Einer von ihnen gibt etwa in Höhe der Epikondylen einen stärkeren Faden ab, der kurz darauf an der Dorsalseite des Muskels austritt, um gleichfalls im Bereich der *Fossa coronoidea* in die Kapsel einzutreten und die erwähnten Verbindungen mit dem oben beschriebenen Gelenkast einzugehen (Abb. 6, 7, 8).

Die Gelenkäste des *N. musculocutaneus* versorgen somit etwa das mediane Drittel der humeralen Kapsel. Der intramuskuläre Ast kann darüber hinaus auch noch das proximale Radio-Ulnargelenk erreichen (Abb. 8).

*Die Gelenkäste des N. medianus.* Kurz vor Beginn des distalen Drittels des Oberarmes löst sich vom Stamm des *N. medianus* ein feiner Ast (Abb. 7). Nachdem er die gemeinsame Scheide verlassen hat, entfernt er sich allmählich nach medial und gelangt, auf dem *M. brachialis* verlaufend, in den Spalt zwischen diesem und dem *M. pronator teres*. Nach Abgabe eines dünnen Verbindungsfadens zum proximalen Ast für den letztgenannten Muskel verteilt er sich am Innenrand des *M. brachialis* mit mehreren Fäden in der humeralen Kapsel. Ein stärkerer Faden unterläuft den Muskel und versorgt das ulnare Kapselgebiet.

Die Darstellung dieses Gelenkastes ist mir lediglich an einem einzigen Neugeborenenpräparat gelungen. An dem nur teilweise untersuchten Erwachsenenarm entsprang aus einem *R. anastomoticus* zwischen den *Nn. musculocutaneus et medianus* ein auffallend starker Ast, der mit den *Vasa brachialia* in die *Fossa cubiti* lief. Hier gelangte er auf die Vorderseite des *M. brachialis* und, diesen von lateral her unterlaufend, zur Kapsel im Bereich des proximalen Radio-Ulnargelenkes; ein Gelenkast vom distalen Zweig für den *M. pronator teres* war

hier nicht zu finden. An den übrigen Präparaten habe ich lediglich Medianusäste beobachten können, die oftmals mit einem „Gefäßästchen“ aus dem *N. musculocutaneus* anastomosierten und entlang der *A. brachialis* in die Ellenbeuge zogen. Hier endeten die Endfasern zum Teil an den Gefäßen, die anderen scheinbar im benachbarten Füllgewebe.

Der proximal in den *M. pronator teres* eintretende Ast, der im wesentlichen das *Caput humerale* versorgt, gibt unter anderem einen dünneren Muskelzweig ab, der nahe an der Innenseite des Muskels nach proximal zieht. Auf diese Weise gelangt er etwa in Höhe des *Epicondylus medialis* in unmittelbare Nähe des Periostes. An dieser Stelle geht ein feines Ästchen in einem scharfen Bogen nach lateral ab, das sich mit einigen Fäden in der Kapsel am kranio-medialen Rand der Oberarmrolle verzweigt. Außerdem gibt es noch einige Fasern an das angrenzende Periost ab (Abb. 7, 8).

Diesen Gelenkast habe ich in insgesamt 5 Fällen gesehen. An einem Präparat (Abb. 8) zweigte sich außerdem noch ein weiterer Gelenkast von einem zum *Caput ulnare* ziehenden Muskelast ab. Nach Aufnahme eines Zuschusses aus einem Verbindungsweig der beiden genannten Muskeläste wandte er sich zwischen den beiden Köpfen des Muskels ebenfalls nach proximal, um unterhalb des ersten Gelenkastes in der Kapsel zu enden. Ein feiner Faden konnte außerdem bis zum *Epicondylus medialis* verfolgt werden.

Weiter distal zweigt sich etwa in Höhe des Kronenfortsatzes ein starker Stamm vom *N. medianus* ab, dessen Äste im wesentlichen den *M. flexor carpi radialis* und den proximalen Teil des *M. flexor digitorum superficialis* versorgen. In dem letztgenannten Muskel finden sich nun mehrere rückläufige Äste, die z. T. untereinander anastomosieren, von denen regelmäßig 1—2 Äste im Bereich des *Lig. collaterale mediale* enden (Abb. 6—8). Die Endzweige treten von medial und ventral in das Band ein und verbreiten sich hier in Richtung zur Gelenkhöhle sowie zum *Epicondylus medialis*. Wie die Untersuchung an den Erwachsenengelenken ergab, verläuft ein Teil der Fasern weiter nach proximal, um sich am medialen Rand der *Trochlea humeri* zu verzweigen. Dieses Verbreitungsgebiet grenzt somit unmittelbar an das der oben beschriebenen *Pronatoräste*.

Der in das distale Drittel des *M. pronator teres* eintretende Medianusast gibt kurz zuvor einen ansehnlichen Gelenkfaden ab (Abb. 6). Dieser wendet sich in einem scharfen Bogen nach proximal, zieht unter der Teilungsstelle der *A. brachialis* hindurch, umläuft den *M. brachialis* kurz vor seiner Insertion von radial her und verzweigt sich dann in dem medianen, radio-ulnaren Kapselbezirk. Einige stärkere Fasern treten hierbei in das *Lig. anulare radii* ein, 2 schwächere anastomosieren, wie bereits erwähnt, mit dem ventralen Gelenkast eines *R. muscularis supinatoris* (Abb. 6).

Dieser Gelenkast ließ sich nur einmal am Erwachsenen darstellen. An dem anderen Präparat war er offenbar durch einen hoch oben vom *Medianus* abgehenden Ast vertreten (s. oben). Bei den Neugeborenen verlor sich der äußerst feine Faden meist im Bereich der Teilungsstelle der *A. brachialis*.

Gerade umgekehrt liegen die Präparationsergebnisse bei dem Gelenkast aus dem *N. interosseus volaris*. Während sich dieser an den beiden Erwachsenenpräparaten höchstens bis zur *Chorda obliqua* und dem angrenzenden Periost

der Ulna verfolgen ließ, endete er bei allen Neugeborenenengelenken sicher als Kapselast. Schuld an diesem unterschiedlichen Ergebnis ist sicherlich nicht zuletzt die präparatorisch ungünstige Lage des in der Tiefe verlaufenden Gelenkastes, und das vor allem am Erwachsenen.

Der Gelenkast des *N. interosseus volaris* geht gewöhnlich von einem dünnen Muskelzweig ab, wendet sich sogleich nach proximal und bildet oftmals ein kleines Geflecht im Bereich der Aufteilungsstelle der *A. ulnaris* (Abb. 7, 8). Der feine Faden zieht dann zwischen der Sehne des *M. biceps* und dem *M. brachialis* in die Tiefe, um schließlich in der Kapsel des *Recessus sacciformis* zu enden. In einem Fall (Abb. 8) anastomosierte dieser Gelenkast vor dem *M. brachialis* mit einem stärkeren Zweig für den *M. flexor digitorum superficialis*.

*Der Gelenkast des N. cutaneus antebrachii ulnaris.* Vom *R. ulnaris* des *N. cutaneus antebrachii ulnaris* zweigt sich kurz nach seinem Austritt aus dem *Hiatus basilicus* gewöhnlich ein stärkerer Hautast ab, der in der *Subcutis* zunächst fast den gleichen Verlauf nimmt wie der *N. ulnaris*. Während der Hauptteil dieses Astes vor Erreichen der Höhe des *Olecranon*s dann nach lateral abbiegt, wird die ursprüngliche Verlaufsrichtung von einem etwas dünneren Zweig beibehalten. Dieser gibt in Höhe des *Epicondylus medialis* an die dorso-mediale Seite des *Olecranon*s stets ein stärkeres *Periost*ästchen ab, von dem sich zumindest beim Erwachsenen einige Fäden mit Sicherheit bis in die ulnare Kapsel verfolgen lassen (Abb. 9).

*Die Gelenkäste des N. ulnaris.* Der proximale Gelenkast ist bereits mehrere Zentimeter oberhalb vom *Epicondylus medialis* in der Scheide des *N. ulnaris* erkennbar und besitzt eine von Fall zu Fall etwas verschiedene Stärke (Abb. 9, 10). Er verläßt allmählich den Hauptstamm und gelangt auf die ventro-mediale Fläche des *Caput ulnare m. tricipitis*. Hier kann er bereits einen feinen Faden abgeben (Abb. 10), der sich in einem leichten Bogen nach lateral wendet, um proximal vom *Olecranon* in der Kapsel zu verschwinden. Der Gelenkast kommt in seinem weiteren Verlauf etwas vor die Sehne des *M. tricipitis* zu liegen und verzweigt sich dann in dem proximalen Kapselabschnitt, medial vom *Olecranon*. Ein feiner Faden läuft auf der Kapsel in Begleitung der *A. collateralis ulnaris proximalis* nach distal und anastomosiert mit dem folgenden Gelenkast.

Dieser verläßt den *N. ulnaris* etwa in der Höhe, wo er den hinteren Umfang des *Epicondylus ulnaris* erreicht (Abb. 9). Der Gelenkast ist meist etwas stärker als der vorige und verzweigt sich nach kürzerem Verlauf in der Kapsel, und zwar anschließend an den proximalen Ast. Die Endfasern lassen sich über den Gelenkspalt hinweg bis in das distale ulnare Kapselgebiet verfolgen. An 2 Präparaten (Abb. 10) leitete sich der dem 2. *R. articularis* entsprechende Beitrag von einem in gleicher Höhe entspringenden Ästchen ab, welches in das *Caput ulnare m. flexoris carpi ulnaris* eintrat und hier mit dem ersten stärkeren Muskelast anastomosierte.

In 2 Fällen entsprang zwischen dem 1. und 2. Gelenkast des *N. ulnaris* ein sehr feiner Faden, der sich auf der Dorsalseite des *Epicondylus medialis* in der Kapsel verlor (Abb. 10).

Der 3. Gelenkast entspringt entweder aus dem proximalen Muskelast für den *M. flexor carpi ulnaris* oder kurz vor diesem aus dem *N. ulnaris* selbst. Er ist

mehr oder minder rückläufig und erreicht neben dem Caput humerale des Muskels das Lig. collaterale ulnare, wo er sich verzweigt (Abb. 9, 10).

Von einem zum *M. flexor carpi ulnaris* ziehenden Ästchen konnte ein weiterer Gelenkast in 3 Fällen dargestellt werden. Der relativ kurze, rückläufige Ast endete im Bereich der dorso-medialen Fläche des *Processus coronoideus ulnae*. An einem der Präparate erhielt er einen Zuschuß von einem zum *M. flexor digitorum profundus* ziehenden Ästchen des *N. ulnaris*, welches seinerseits ebenfalls einen rückläufigen Gelenkfaden abgab. Dieser erreichte am Innenrand des *Caput ulnare m. flexoris carpi ulnaris* nach Abgabe von Periostfädchen schließlich die distale Kapselgrenze. Hier anastomosierte er mit dem anderen Gelenk-ästchen (Abb. 9).

### B. Übersicht über die Nerven des Ellenbogengelenkes

1. *N. radialis*. a) Der *N. collateralis ulnaris ni. radialis* entsendet ein Endästchen zur humeralen Kapsel im Bereich der *Fossa olecrani* (RAUBER-KOPSCH, TOLDT-HOCHSTETTER; Abb. 9, 10).

b) Nach RÜDINGER verbreitet sich ein bereits von CRUVEILHIER erwähnter Faden von einem der Muskeläste, der das *Caput proximale m. tricipitis* versorgt, vor dem *Olecranon* (ein entsprechendes Ästchen zeigt Abb. 10).

c) Einen entsprechenden, wenn auch nicht regelmäßig vorkommenden Faden, der sich von einem *R. muscularis capitis distalis* ableitet, sah RÜDINGER proximal und radial vom *Olecranon* enden (Abb. 9, 10). Inwieweit es sich hierbei um den Gelenkbeitrag des *R. anconaeus* (FICK) handelt, geht aus der Rüdingerschen Beschreibung leider nicht hervor.

Nach eigenen Untersuchungen versorgt der *R. anconaeus* mit zahlreichen Ästen fast den gesamten dorso-radialen Kapselabschnitt bis herab zur *Articulatio radio-ulnaris proximalis* (Abb. 9, 10; 3×).

d) Auf der Ventralseite entspringt der erste Gelenkast entweder direkt aus dem *N. radialis* (Abb. 8; 1×), wobei er einen Teil seiner Fasern auch aus einem *R. muscularis brachialis* beziehen kann (Abb. 6; 1×), oder aber aus einem Muskelast für den „*M. supinator longus*“ (RÜDINGER); er verzweigt sich proximal vom *Capitulum humeri* bzw. über diesem (RÜDINGER, GARDNER, eigener Befund).

Dieser Gelenkast kann nach eigenen Befunden durch einen rückläufigen Gelenkast eines *R. muscularis extensoris carpi radialis longi* vertreten sein (Abb. 7; 2×).

e) In das erwähnte Innervationsgebiet strahlt außerdem noch ein weiter distal abgehender, ebenfalls rückläufiger Gelenkast ein (eigener Befund; Abb. 6, 8; 3×).

f) Von einem im *M. extensor carpi radialis longus* verlaufenden Muskelästchen löst sich ein weiterer Gelenkast, der sich radial vom *Capitulum humeri* sowie im *Lig. collaterale radiale* verzweigt (eigener Befund; Abb. 7; 2×).

g) Der zweite von RÜDINGER beschriebene Gelenkast verzweigt sich im lateralen und ventralen Kapselbereich über den *Capitulum radii*. Nach eigenen Befunden kann das Ausbreitungsgebiet vom Oberarm- bis zum *Radiusköpfchen* reichen und ausnahmsweise auch von 2 Gelenkästen versorgt werden, die aus einem *R. muscularis extensoris carpi radialis longi* und aus dem *R. profundus* entspringen (Abb. 6 bzw. 7; 3×).

Ein kleiner Zweig dieses Astes anastomosiert mit Gelenkfasern des *N. musculocutaneus* (histologischer Befund von GARDNER); diese Anastomose konnte ich nicht darstellen.

h) Auf der Ventralseite verzweigt sich schließlich noch ein Gelenkast eines *R. muscularis supinatoris* im Bereich des *Recessus anularis* und auf dem *Lig. anulare radii* (eigener Befund; Abb. 6, 8; 2×). Dieser kann mit Gelenkfäden des unteren *Pronatorastes* anastomosieren (Abb. 6; 1×).

i) Auf der Dorsalseite verzweigt sich ein weiterer Gelenkast eines *R. muscularis supinatoris* im Bereich des *Collum radii* (eigener Befund; Abb. 9, 10; 3×).

k) Schließlich kann auch der *R. muscularis extensoris carpi ulnaris* einen Ast abgeben, der sich dorsal über der *Articulatio radio-ulnaris proximalis* verzweigt (eigener Befund; Abb. 10; 1×).

2. *N. musculocutaneus*. a) CRUVEILHIER erwähnt einen Gelenkast, der den *M. biceps* durchsetzen soll. Eine Bestätigung dieses Befundes ist bisher noch von keiner Seite erfolgt.

b) Der von RÜDINGER beschriebene, vorwiegend extramuskulär verlaufende Gelenkast entspringt entweder aus dem Hauptstamm oder aber aus einem *R. muscularis brachialis* und verteilt sich etwa im medianen humeralen Kapselbereich (Abb. 6—8). Fasern dieses Astes anastomosieren mit je einem Gelenkast des *N. radialis* und des *N. medianus* (GARDNER). Diese Anastomosen konnte ich nicht nachweisen.

c) Ein weiterer Gelenkast zweigt sich von dem ulnaren *R. muscularis brachialis* etwa in Höhe der Epikondylen ab (*R. art. intramuscularis*), anastomosiert im Kapselbereich mit dem *R. art. extramuscularis* und kann sich bis zum proximalen Radio-Ulnargelenk erstrecken (eigener Befund; Abb. 6—8; 3×).

3. *N. medianus*. a) Bereits hoch oben trennt sich von *N. medianus* ein Gelenknerv, der sich in 2 Äste teilt und den ventro-medialen Bereich der humeralen Kapsel versorgt (RÜDINGER). Einen entsprechenden Ast zeigt Abb. 8; sein Innervationsgebiet erstreckt sich bis zur ulnaren Kapsel (1×).

b) Der *N. medianus* gibt kurz vor seinem Durchtritt zwischen den beiden Köpfen des *M. pronator teres* einen kleinen, etwas rückläufigen Ast zur Kapsel im Bereich des *Epicondylus medialis* ab (GARDNER).

Nach eigenen Befunden löst sich ein entsprechendes Ästchen von einem rückläufigen Zweig des *R. muscularis capitis humeralis mi. pronatoris teretis* und verzweigt sich am kranio-medialen Rand der Oberarmrolle (Abb. 7, 8; 5×). Etwas unterhalb hiervon endet ein Kapselästchen, das im wesentlichen dem *R. muscularis capitis ulnaris mi. pronatoris teretis* entstammt (Abb. 8; 1×).

c) Von den rückläufigen *Rr. musculares proximales flexoris digitorum superficialis* enden ein oder auch 2 Äste als Gelenknerven. Sie verzweigen sich am medialen Rand der Trochlea und dringen von ventral und lateral in das *Lig. collaterale ulnare* ein (eigener Befund; Abb. 6—8; 4×); 2 Äste wurden 2mal beobachtet.

d) Der *R. muscularis distalis mi. pronatoris teretis* gibt einen Gelenkast ab, der sich im medianen, radio-ulnaren Kapselbezirk verzweigt (RÜDINGER). Nach eigenen Befunden anastomosiert er mit dem ventralen Gelenkast des *R. muscularis supinatoris* (Abb. 6; 1×).

Dieser Gelenkast kann durch ein Faserbündel ersetzt sein, welches proximal vom Ellenbogengelenk aus einem *R. anastomoticus* zwischen den *Nn. musculocutaneus et medianus* entspringt (eigener Befund; 1×). Ein offenbar entsprechender Einzelbefund ist bereits von GARDNER mitgeteilt worden; der Ast anastomosierte mit Fasern des *R. art. ni. musculocutanei*.

e) Ein rückläufiges Fädchen des *N. interosseus volaris* verbreitet sich im Bandapparat des *Capitulum radii* (RÜDINGER). Nach GARDNER endet das Fädchen an der unteren Anhaftungsstelle des dorsalen Kapselbereiches, nach eigenen Befunden am *Recessus sacciformis* (Abb. 7, 8; 4×).

4. *N. cutaneus antebrachii ulnaris*. CRUVEILHIER beschreibt einen Gelenkast des *N. cutaneus antebrachii ulnaris*. Nach eigenen Befunden gibt der Nerv in Höhe des *Epicondylus medialis* ein stärkeres Ästchen zur dorso-medialen Fläche des *Olecranon* ab, von dem einige Fäden die ulnare Kapsel erreichen (Abb. 9; 2×).

5. *N. ulnaris*. a) Bereits mehrere Zentimeter oberhalb des Gelenkes trennt sich vom *N. ulnaris* der erste Gelenkast, der den kranio-medialen Teil der humeralen Kapsel versorgt (RÜDINGER).

b) Der zweite, etwas stärkere Gelenkast entspringt in Höhe des *Condylus medialis* und verzweigt sich distal vom ersten Ast, medial vom *Olecranon* (RÜDINGER).

Das gesamte Innervationsgebiet der beiden ersten Gelenkäste wird nach eigenen Befunden von einem einzigen, relativ starken Gelenkast versorgt. Dieser anastomosiert regelmäßig mit dem weiter distal sich verzweigenden Gelenkast, der etwa dem 3. Ast RÜDINGERS entspricht (Abb. 9, 10; 4×).

c) Der dritte von RÜDINGER beschriebene Gelenkast entspringt in der Nähe des Gelenkes und gibt in der Rinne zwischen *Epicondylus medialis* und *Olecranon*, nach abwärts verlaufend, ein Fädchen nach dem anderen ab.

Die Endfasern dieses Astes lassen sich nach eigenen Befunden bis zur distalen, ulnaren Kapsel verfolgen (Abb. 9, 10; 4×). Anstatt eines isoliert entspringenden *R. art. ni. ulnaris*

können sich auch mehrere kurze Fädchen finden, die aus einem Zweig zum Caput ulnare mi. flexoris carpi ulnaris entspringen (Abb. 10; 2×).

d) Vor dem letztgenannten Ast entläßt der N. ulnaris einen feinen Gelenkfaden, der auf der Dorsalseite des Epicondylus medialis endet (eigener Befund; Abb. 10; 2×).

e) GARDNER sowie FLOGAMO und ROBECCI erwähnen Ästchen, die das Lig. collaterale ulnare versorgen und offenbar vorläufigen Gelenknerven entstammen.

Nach eigenen Befunden verzweigt sich ein rückläufiger Ast am Kollateralband; er entspringt aus dem R. muscularis proximalis flexoris carpi ulnaris oder kurz vor diesem aus dem N. ulnaris (Abb. 9, 10; 2×).

f) Die Kapsel im dorso-medialen Bereich des Proc. coronoideus ulnae wird von einem rückläufigen Ast versorgt, der sich von einem zum M. flexor carpi ulnaris ziehenden Nervestämmchen abzweigt (eigener Befund; Abb. 9; 3×). In einem Fall anastomosierte dieser Kapselast mit einem zweiten rückläufigen Gelenkfaden (Abb. 9).

## Nerven der Handwurzel-, Mittelhand- und Fingergelenke

### A. Eigene Befunde

Die bisher in der Literatur bekannten Befunde konnten ausnahmslos bestätigt werden. Darüber hinaus lieferte die makroskopische Untersuchung eine Reihe neuer Ergebnisse, wie z. B. reichliche Anastomosenbildung unter den Gelenknerven im Bereich des Carpus und die rückläufige Nervenversorgung der Fingergelenke.

**1. Die Innervation der Handwurzel- und Mittelhandgelenke.** *Die Gelenkäste des N. ulnaris.* Etwa über dem distalen Ende der Ulna zweigt sich vom N. ulnaris ein sehr feiner Faden ab, der an die Innenseite des Os pisiforme gelangt, wo er in mehrere Fädchen zerfällt (Abb. 11); die proximalen ziehen hinab zur Articulatio ossis pisiformis, die distalen verlieren sich an der Innenseite des Erbsenbeines. Hiervon verschwand eines der Endfäden mit einer kleinen Arterie von radial her im Lig. pisohamatum.

Der in die Mm. abductor et flexor brevis digiti V eintretende Ast gibt vor seiner Aufteilung einen feinen, etwas rückläufigen Ast zur distalen Fläche des Os pisiforme und zur ulnaren Seite des Lig. pisohamatum ab. Kurz nach seiner Aufteilung entspringt von einem seiner Muskelästchen ein feiner Faden, der in fast dorsaler Richtung verläuft und im Lig. pisometacarpicum endet (Abb. 11).

Mit dem eben genannten Hauptmuskelzweig des R. profundus ni. ulnaris trat an einem Präparat (Abb. 11) außerdem ein sehr feiner Faden weg, der im lockeren Füllgewebe an der ulnaren Seite des Lig. pisohamatum in die Tiefe zog, wo er zwischen diesem und dem Lig. pisometacarpicum verschwand.

In einem Fall ließ sich von dem zum M. opponens digiti V ziehenden Zweig ein feiner Faden darstellen, der in der Tiefe neben dem Hamulus ossis hamati auf dem Lig. hamatometacarpicum endete.

In der Tiefe der Hohlhand entspringen nun teils von den Ästen, welche die Mm. interossei versorgen, teils von denen, die zu den Mm. lumbricales ziehen, oder auch direkt aus dem R. profundus jene Rr. articulares, die auf den Mm. interossei verlaufen und von proximal die Fingergrundgelenke II—V versorgen. Von diesen Gelenkstäben soll weiter unten noch die Rede sein.

Auch zum I. Grundgelenk gibt der R. profundus ni. ulnaris ein analoges Gelenkästchen ab. Nachdem die Endäste des R. profundus unter das Caput obliquum mi. adductor pollicis getreten sind, zweigt sich von dem Muskelästchen zum

Caput profundum *mi. flexoris pollicis brevis*, vor Eintritt in den Muskel, ein feines Zweigchen ab, das an der ulnaren Seite um den Bauch des Muskels herum nach volar läuft und dem Muskel auf dieser Seite einige Fädchen erteilt. Das Endzweigchen tritt dann zwischen dem Caput profundum des kurzen Beugers und der Sehne des langen Beugers in die Tiefe, verbindet sich hier mit einem Ästchen aus dem *N. digitalis volaris proprius radialis I* und erreicht schließlich zwischen den beiden Köpfen des kurzen Beugers die Kapsel am *Capitulum ossis metacarpalis I*.

Von den Zweigen, die zu den *Mm. interossei* gehen, entspringen außerdem stärkere Ästchen, die sich in einem Bogen nach proximal und allmählich nach dorsal wenden. Je eines von ihnen tritt in Gemeinschaft mit den *Rr. perforantes* des tiefen Hohlhandbogens kurz vor den *Articulationes intermetacarpicae* durch die Zwischenknochenmuskeln nach dorsal. Auf diesem Weg geben sie mehrere kurze Fasern an die benachbarte Kapsel ab. Während für die Zwischenknochenräume II—IV nur je ein perforierendes Nervenästchen vorhanden ist, findet sich im ersten Zwischenknochenraum des abgebildeten Präparates außerdem noch ein 2. Ästchen, das etwas weiter distal den ulnaren Kopf des *M. interosseus dorsalis I* durchbricht. Das proximale Ästchen schlingt sich nach Abgabe eines Periost- sowie eines stärkeren Kapselfadens um die Basis des *Os metacarpale II* herum und anastomosiert, wie das distale Ästchen, mit den Gelenknerven im Bereich des Handrückens (Abb. 11, 12). Auch die 3 übrigen *Rr. perforantes* anastomosieren im Bereich des *Dorsum manus* mit Gelenknerven, und zwar mit den Endverzweigungen des *N. interosseus dorsalis*. Ihr weiterer Verlauf wird weiter unten beschrieben.

Schließlich zweigen sich vom *R. profundus ni. ulnaris* feinere *Rr. articulares* ab, die entweder in dem lockeren Füllgewebe über den Gefäßen oder zwischen den letzteren bogenförmig nach proximal verlaufen, um in dem Bandapparat über den Basen der Mittelhandknochen zu verschwinden. Ein zum *Hamulus ossis hamati* aufsteigendes Fädchen ging rückläufig eine Anastomose mit dem perforierenden Ästchen des IV. Zwischenknochenraumes ein.

*Die Gelenkhäute des N. interosseus volaris.* Präpariert man die Innervationsverhältnisse des *M. pronator quadratus* systematisch durch, dann lassen sich von den vorläufigen Ästen stets ein, unter Umständen aber auch zwei stärkere Stämmchen verfolgen, die am distalen Muskelrand austreten. Die beiden in Abb. 11 dargestellten Stämmchen verschwinden kurz darauf in dem Bindegewebe, welches der volaren Fläche des Radius aufliegt.

Das mehr ulnar gelegene Stämmchen gibt zunächst einen ansehnlichen Faden zur volaren Fläche des distalen Radio-Ulnargelenkes ab, der nach RÜDINGER konstant sein soll. Hierauf verbinden sich die beiden Stämmchen durch einen feineren Faden und verlaufen unter Abgabe von kurzen Ästchen zum Radiokarpalgelenk in Richtung auf das *Os naviculare*. Über diesem kommt es durch Aufnahme eines Gelenkzweiges des *N. cutaneus antebrachii radialis* (s. unten) zu einer O-förmigen Bildung. Hier von gelangen kürzere und längere Fasern, in verschiedenen Richtungen ausstrahlend, zu den volaren Bändern des Carpus, in denen sie als feine Fasern verschwinden. Besonders beachtenswert ist hierbei eine weitere O-förmige Bildung im Bereich des *Os lunatum* sowie ein stärkerer Ast, der schräg nach distal über das *Os capitatum* hinweg verläuft. Mit seinen

Endfasern reicht er fast bis zum distalen Rand des Hamulus ossis hamati und grenzt somit unmittelbar an das Ausbreitungsgebiet der Rr. art. ni. ulnaris. Auf diese Weise wird praktisch der ganze Boden des Canalis carpeus nervös versorgt.

In dem 2. Präparat lagen die Verhältnisse ähnlich. So fand sich unter anderem ebenfalls ein Ast für das distale Radio-Ulnargelenk sowie die eben beschriebenen Verbindungen mit einem Gelenkast des N. cutaneus antebrachii radialis.

*Die Gelenkäste des N. medianus.* Im Bereich des distalen Radiusabschnittes kann der R. palmaris ni. mediani mehrfache Anastomosen mit den Endverzweigungen des N. cutaneus antebrachii radialis eingehen (Abb. 11) und schließlich auch einen R. articularis abgeben. Er verläuft in Richtung auf das Tuberculum ossis navicularis. Indem er allmählich tiefer tritt, erreicht er in Höhe des Tuberculum die Sehnenführung des M. flexor carpi radialis, wo er in 3 Äste zerfällt. Der ansehnlichste unter ihnen zieht mit einem Ästchen des R. superficialis aae. radialis in der erwähnten Sehnenführung zum Boden des Canalis carpeus, wo er sich mit mehreren feinen Fäden im radialen Bereich des Lig. carpi radiatum verteilt. Die Endfasern lassen sich bis in unmittelbare Nähe derjenigen des N. interosseus volaris verfolgen. Anastomosen konnten hier nicht dargestellt werden. Der dünnste Zweig läuft unter dem R. superficialis aae. radialis hinweg zum Tuberculum ossis multanguli maioris, verteilt sich in diesem Bereich und schickt seine Endäste bis zum proximalen Abschnitt des Daumensattelgelenkes. Der dritte, wieder etwas stärkere Ast verläuft nach proximal, gibt an der radialen Seite der Sehnenführung einige Fädchen zur Kapsel zwischen Os naviculare und Os multangulum maius ab und anastomosiert schließlich entlang des R. superficialis aae. radialis mit den Gelenkstäbchen des N. cutaneus antebrachii radialis.

An dem zweiten Präparat fand sich kein Gelenkbetrag von seiten des R. palmaris ni. mediani, wohl aber Äste des N. cutaneus antebrachii radialis, die praktisch die eben beschriebenen 3 Äste vollkommen ersetzen. Da in dem ersten Präparat mehrfach Verbindungen zwischen N. cutaneus antebrachii radialis und R. palmaris ni. mediani vorhanden waren, könnte es sich bei dem Gelenknerven des letzteren um eine Variation gehandelt haben.

Von den Medianusästen, die den M. opponens und das Caput superficiale mi. flexoris brevis versorgen, zweigen sich 2 Rr. articulares ab, welche die Articulatio carpometacarpea pollicis an ihrer volaren Seite versorgen (Abb. 11). Der erste, bereits von RÜDINGER beschriebene Ast wendet sich etwas nach proximal und verteilt sich in dem proximalen Kapselbereich; der zweite, wesentlich dünnere Ast löst sich von einem fast parallel mit den Fasern des M. opponens verlaufenden Muskelast und endet im Bereich der distalen Kapselgrenze, in unmittelbarer Nähe des Ansatzes des M. abductor pollicis longus.

In dem zweiten Präparat anastomosierte der von RÜDINGER beschriebene Ast kurz vor seiner Aufteilung über dem Os multangulum maius mit einem ebenfalls zum Daumensattelgelenk ziehenden Ast des N. digitalis dorsalis radialis I. Der Verbindungsast lag fast in radio-ulnarer Richtung in Höhe des Gelenkspaltes und lief über die Sehnen Scheide des M. abductor pollicis longus hinweg, an die er mehrere feine Fädchen verlor.

Ansonsten versorgt der N. medianus neben den Nn. ulnaris et radialis noch mehrere Fingergelenke. Die Innervation dieser Gelenke wird unten in einem eigenen Abschnitt besprochen.

*Die Gelenkäste des N. cutaneus antebrachii radialis.* Von diesem Nerven wird in der älteren Literatur ein Ast für das Radiokarpalgelenk erwähnt. In meinen beiden Präparaten fanden sich mindestens 2 Hauptgelenkäste, ein wesentlich

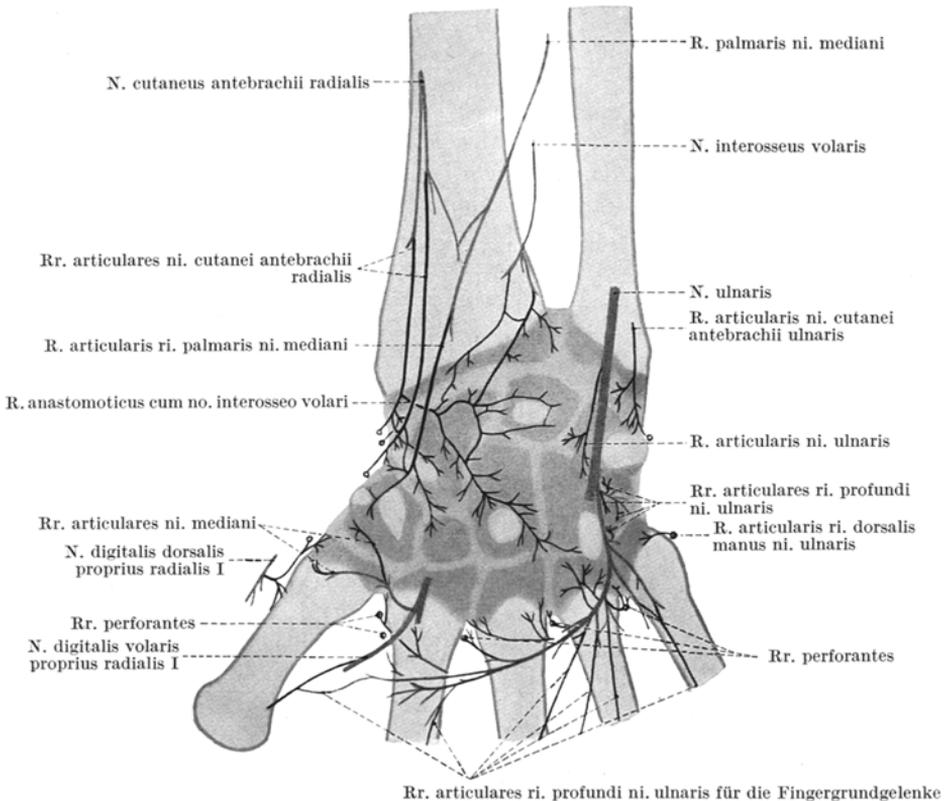


Abb. 11. Innervation der Handwurzel- und Mittelhandgelenke von volar. N. digitalis dorsalis proprius radialis I radialwärts abgezogen

größeres Verbreitungsgebiet und reichliche Anastomosenbildungen mit benachbarten Gelenknerven.

Der Hauptstamm des N. cutaneus antebrachii radialis teilt sich knapp handbreit über dem Radiokarpalgelenk in mehrere Äste. Während die ulnar verlaufenden Äste zum Teil mit dem R. palmaris ni. mediani anastomosieren, lassen sich in der Verlaufsrichtung der A. radialis 2 ansehnliche Äste verfolgen, die sich kurz vor Erreichen des Gelenkspaltes nach Durchsetzen der oberflächlichen Fascie der A. radialis beigesellen. Dabei kommt der eine Ast mehr auf die Ulnarseite, der andere mehr auf die Radialseite der Arterie zu liegen. Im Bereich der Abgangsstelle des R. superficialis aae. radialis kommt es durch Querverbindungen zur Ausbildung eines richtigen Geflechtes. Von dem radialen Ast geht zunächst ein relativ starker Zweig nach ulnar ab. Er unterläuft die A. radialis

und verbindet sich unter der Sehne des *M. flexor carpi radialis*, wie bereits erwähnt, mit den Ästen des *N. interosseus volaris*. Der mehr ulnar verlaufende Ast entsendet in distaler Richtung einen stärkeren Zweig, der mit dem *R. superficialis aae. radialis* verläuft und sich schließlich mit dem Gelenkast des *R. palmaris ni. mediani* vereinigt. Vorher gibt er noch einen ansehnlichen Gelenkfaden ab, der vor dem *Tuberculum ossis navicularis* nach ulnar zieht.

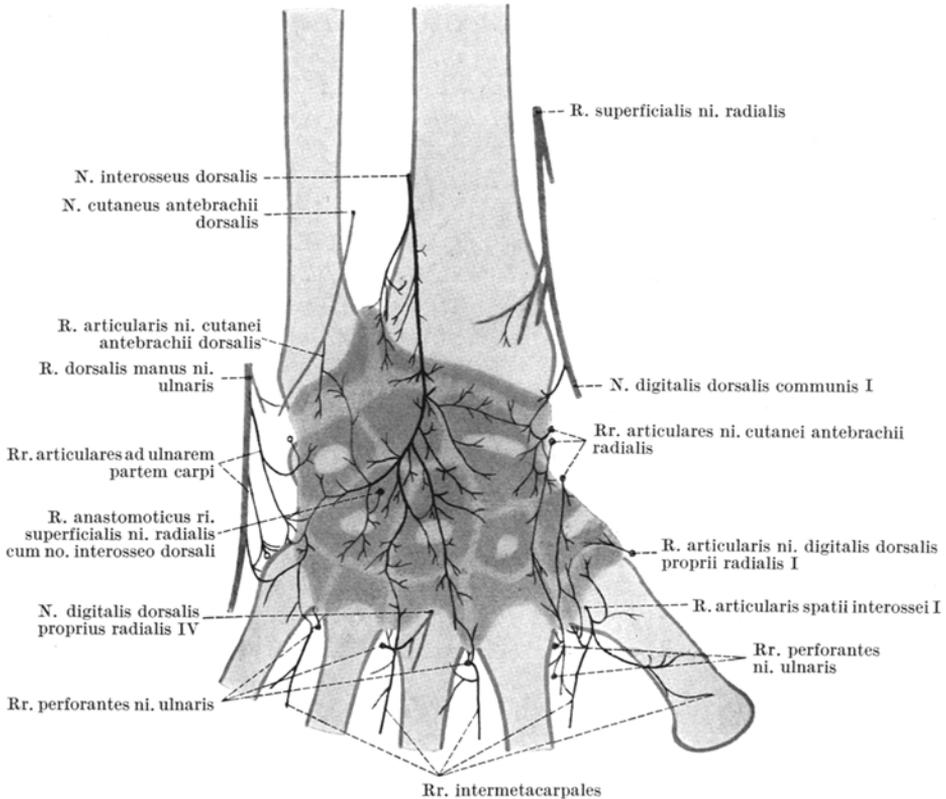


Abb. 12. Innervation der Handwurzel- und Mittelhandgelenke von dorsal. *R. dorsalis manus ni. ulnaris* ulnarwärts abgezogen

Von dem Geflecht gehen außerdem mehrere kurze Ästchen zum Radiokarpalgelenk ab (Abb. 11).

Die beiden Hauptäste ziehen nun mit der *A. radialis* in der bereits beschriebenen Anordnung in die Tabatière, verbinden sich hier wie auch im weiteren Verlauf entlang der Arterie untereinander und geben kurze Gelenkästchen an die radiale Seite der Handwurzel bis zu den Carpometakarpalgelenken des I. und II. Strahles ab. Die Endäste verbinden sich dann zu beiden Seiten der *A. radialis*, in Höhe der Basen des I. und II. Mittelhandknochens, mit Ästen des *N. art. spatii interossei I* sowie der *Rr. perforantes ni. ulnaris* (Abb. 12).

Besondere Beachtung verdient noch eine Anastomosenbildung des radialen Hauptastes. Dieser gibt da, wo er mit der *A. radialis* unter die Sehne des *M. abductor pollicis longus* tritt, einen ziemlich starken Ast ab. Dieser schlingt sich

um das Lig. collaterale carpi radiale herum und verbindet sich in der Fovea radialis mit einem Periost-Gelenk-Ast des R. superficialis ni. radialis. Von hier aus läuft in Höhe des Gelenkspaltes nach ulnar ein feiner Faden, der eine eben makroskopisch darstellbare Verbindung mit einem Gelenkstäbchen des N. interosseus dorsalis eingeht (Abb. 12).

An Stelle der beiden beschriebenen Äste des N. cutaneus antebrachii radialis gesellte sich an dem anderen Präparat etwa 3 Querfinger oberhalb des Radiokarpalgelenkes ein sehr starker Ast des Hauptnerven der A. radialis bei, der von hier ab nach distal das Gefäß und dessen Äste ebenfalls mit einem sehr starken Geflecht umgab. In diesem Fall ließen sich 3 Verbindungen mit dem N. interosseus volaris, eine mit dem N. art. spatii interossei I und eine weitere mit dem Periost-Gelenk-Ast des R. superficialis ni. radialis darstellen. Nicht gesehen habe ich hierbei jedoch eine Verbindung mit dem N. interosseus dorsalis. Außerdem entsandte der R. art. ni. cutanei antebrachii radialis einen besonders starken Ast entlang dem R. superficialis aae. radialis. An der radialen Seite des Gefäßes verlaufend, erreichte er das Tuberculum ossis navicularis, unterließ hier das Gefäß und verband sich nach Abgabe mehrerer Gelenkstäbchen auf der ulnaren Seite des Gefäßes mit einem scheinbar vom N. digitalis dorsalis radialis I kommenden Gelenkast. Bei der Auffaserung des letzteren erwies sich dieser als Ast des N. cutaneus antebrachii radialis. Der mit dem R. superficialis aae. radialis verlaufende Ast gab kurz vor der eben erwähnten Anastomose außerdem noch ein feines rückläufiges Ästchen zur Ulnarseite des Gefäßes ab, welches sich etwa bis zum Radiokarpalgelenk verfolgen ließ. Aus der Anastomose entwickelte sich schließlich ein Nervenstämmchen, welches in der Sehnenführung des M. flexor carpi radialis zur Tiefe des Canalis carpeus verlief und sich hierbei praktisch genauso wie eines der vom R. palmaris ni. mediani kommenden Gelenkzweigchen verhielt (vgl. Abb. 11).

*Die Gelenkäste des R. superficialis ni. radialis.* Neben Fasern zu den Fingergrundgelenken, die weiter unten im Zusammenhang besprochen werden, gibt der R. superficialis ni. radialis auch Äste an bestimmte Handwurzelgelenke ab.

Vom N. digitalis dorsalis communis I zweigt sich ein etwa 2 cm langes Ästchen ab, welches sich zwischen dem ersten und zweiten Sehnenfach auf dem Lig. carpi dorsale verteilt. Neben Periostfasern und solchen, die die beiden Sehnenfächer innervieren, löst sich von ihm ein etwas längerer Faden, der auf dem Proc. styloideus radii herabläuft, um sich auf dem Lig. collaterale carpi radiale mit einem Gelenkstäbchen des N. cutaneus antebrachii radialis, wie bereits berichtet, zu verbinden. Diese Verhältnisse konnten an 2 Präparaten dargestellt werden (Abb. 12).

Vom N. digitalis dorsalis radialis I geht in beiden Präparaten ein stärkeres Ästchen etwa in Höhe der Basis des Os metacarpale I ab, welches nach kurzem Verlauf zwischen dem Ansatz des M. abductor pollicis longus und der Sehne des M. extensor pollicis brevis das Os metacarpale I erreicht. Hier gibt es mehrere Periostfäden ab und verläuft zwischen den beiden Sehnen nach proximal, um unter und zwischen denselben mit mehreren Ästen das Daumensattelgelenk zu versorgen (Abb. 11 bzw. 12). Einmal wurde außerdem eine Verbindung mit dem für den proximalen Kapselteil bestimmten Gelenkast des N. medianus gesehen.

Ein weiterer Gelenkast entspringt aus dem N. digitalis dorsalis communis I etwa in Höhe der Sehne des M. extensor pollicis longus oder kurz nach Überquerung derselben. Dieser Gelenknerv wurde im letzten Jahrhundert als I. Intermetakarpalnerv genau beschrieben (RAUBER). Auch RÜDINGER erwähnt ihn in dem 1870 erschienenen Werk „Die Anatomie der menschlichen Rückenmarksnerven“. In neuerer Zeit befaßte sich WINCKLER erneut mit diesem Nerven, den er als R. art. dorsalis des I. Spatium interosseum bezeichnete. Dieser Gelenknerv kann entweder, wie in dem abgebildeten Präparat, aus dem N. digitalis dorsalis proprius ulnaris I oder aber im Teilungswinkel des N. digitalis dorsalis communis I selbst entspringen. Im letzteren Fall kann er außerdem während des Durchtritts durch die Fascia dorsalis manus noch einen Zuschuß vom N. digitalis dorsalis proprius radialis II erhalten. Bei höherem Ursprung verläuft der Gelenknerv zunächst in unmittelbarer Nachbarschaft der V. metacarpea dorsalis I oder mit einem stärkeren Ast derselben nach distal und durchsetzt gemeinsam mit dem perforierenden Venenast, dem er ulnar anliegt, die Fascia dorsalis über dem proximalen Ende des ersten Intermetakarpalraumes. Subfascial trifft der Gelenknerv auf die A. radialis. Im Bereich dieser, ihrer Äste und Begleitvenen zerfällt er in mehrere Ästchen und bildet ein Geflechtwerk, ähnlich den Gelenkästen des N. cutaneus antibrachii radialis. Von diesem Geflecht zweigen sich in proximaler Richtung neben kurzen Fädchen zum I. Intermetakarpalgelenk zwei stärkere Fädchen ab, die radial von der A. radialis verlaufen und das Sattelgelenk des Daumens sowie das anschließende Periost versorgen. Der unmittelbar am radialen Rand der Arterie verlaufende Faden kann mit einem R. art. ni. cutanei antibrachii radialis anastomosieren (Abb. 12). Auch am ulnaren Rand der Arterie kann ein direkter Ast des ersten Intermetakarpalnerven nach proximal bis zum zweiten Carpometakarpalgelenk verlaufen und durch einen Seitenzweig, der sich über den Ansatz des M. extensor carpi radialis longus hinweg begibt, bis zu den Bändern reichen, welche die Basen des II. und III. Os metacarpale verbinden, und außerdem noch über dem Os multangulum minus mit einem Endast des N. cutaneus antibrachii radialis anastomosieren. In dem abgebildeten Präparat (Abb. 12) findet sich anstatt dessen auf der ulnaren Seite der A. radialis ein über den radialen Basisteil des Os metacarpale II hinwegziehender Faden des N. cutaneus antibrachii radialis, der sich mit den beim Abschnitt „N. ulnaris“ beschriebenen Rr. perforantes des I. Zwischenknochenraumes verbindet. Von hier aus wird das erste Intermetakarpalgelenk sowie das basisnahe Periost an der Innenseite des Os metacarpale II versorgt. Der in distaler Richtung weiterlaufende Faden verbindet sich mit einem stärkeren Ästchen des R. art. spatii interossei I. Der vereinigte Stamm läuft dann auf dem M. interosseus zum Grundgelenk des Zeigefingers, das er mit mehreren Ästchen versorgt. Ebenfalls in distaler Richtung verläuft in Übereinstimmung mit RÜDINGER ein aus dem R. art. des I. Zwischenknochenraumes entspringender Nerv zum Metacarpophalangealgelenk des Daumens (Abb. 12). In typischer Weise war er nur einmal vorhanden. Er verläuft zunächst über dem radialen Kopf des M. interosseus dorsalis I, dessen Muskelfasern seine Verlaufsrichtung senkrecht schneidet, fast bis zum distalen Ursprungsrand des Muskelkopfes; dann unterläuft er einige randständige Muskelfasern und gelangt an die Ulnarseite des Os metacarpale I. Hier verzweigt er sich als Periostnerv, seine Endfasern gelangen bis zum

proximalen Gelenkabschnitt. In einem anderen Fall hatte sich dieser Nerv offenbar in den *N. digitalis dorsalis ulnaris I* verirrt. Letzterer gab neben den üblichen Gelenkäten etwa auf halber Höhe des *Os metacarpale* einen sehr starken Ast ab, der zum Teil unter der Streckersehne als Periostast und zum anderen mit mehreren Fasern an der Innenseite des Daumengrundgelenkes und an dem unmittelbar angrenzenden dorsalen und volaren proximalen Kapselabschnitt endete. Schließlich gibt der *R. art. des I. Zwischenknochenraumes* noch ein Ästchen ab, das nahe an der Basis des *I. Strahles* in die Tiefe verläuft und das *I. Intermetakarpalgelenk* von volar mit einigen Fädchen versorgt (Abb. 12).

*Die Gelenkäte des N. interosseus dorsalis.* Nachdem der *N. interosseus dorsalis* die *Membrana interossea* verlassen hat, zweigen sich von ihm während des Verlaufes auf der Dorsalfläche des *Radius* außer kürzeren Periostfäden bereits die ersten Gelenkäte ab. Sie versorgen im wesentlichen das distale Radio-Ulnargelenk nebst *Recessus*. Auf dem Boden des *IV. Sehnenfaches* verlaufend, erreicht er schließlich den radiokarpalen Gelenkspalt. Hier gibt er neben kurzen Ästen, die sofort in die Tiefe ziehen, sowohl nach ulnar wie auch nach radial einen stärkeren Ast ab. Der letztere kann, wie berichtet, eine sehr feine Anastomose mit einem von radial kommenden Gelenknerven (s. Abschnitt „*N. cut. antebrachii rad.*“) eingehen (Abb. 12).

Der Hauptstamm beschreibt über dem *Os lunatum* einen leichten radial-konvexen Bogen in Richtung auf das *Os hamatum*. Hierbei teilt er sich zweigförmig in kürzere und längere Äste auf, die den dorsalen Bandapparat innervieren und auf diesem in Richtung auf die Basen der Mittelhandknochen verlaufen. Von den längeren Ästen lassen sich meist drei ohne Schwierigkeit bis zu den *Carpometakarpalgelenken* verfolgen. Ihre feineren Endfasern erteilen nun den *Ligg. basium dorsalia* feinste Fäserchen und verbinden sich hier mit rückläufigen Zweigen der *Rr. perforantes ni. ulnaris des II.—IV. Spatium interosseum*. Die *Rr. perforantes* selbst verlaufen in Begleitung der *Aa. metacarpeae dorsales* als *Rr. intermetacarpales* nach distal (Abb. 12). Sie können nun im proximalen oder distalen Bereich des Zwischenknochenraumes einen Verbindungszweig von einem der Hautäste erhalten und geben ihrerseits ebenfalls in wechselnder Höhe an die den Intermetakarpalraum begrenzenden Ränder der Mittelhandknochen feine Fäden ab. Schließlich teilen sich die *Rr. intermetacarpales* in wechselnder Höhe in je 2 Zweige, welche die einander zugekehrten Seiten zweier benachbarter Fingergrundgelenke versorgen. Die einzelnen Zweige treten dabei unter das Sehnenhäubchen und versorgen mit mehreren Fäden den dorsalen und dorsolateralen Teil der proximalen Kapsel (Abb. 14). Das Verhalten der den *Rr. intermetacarpales* entsprechenden volaren Gelenkäte weicht hiervon ab; sie versorgen nämlich nur je ein Fingergrundgelenk.

Der bogenförmige Verlauf des *N. interosseus dorsalis* im Bereich des *Os lunatum* wird fortgesetzt durch einen dünneren Ast, der ungefähr über dem Interkarpalspalt nach ulnar zieht. Hiervon zweigen sich auch nach proximal mehrere Gelenkäte ab. Einer von ihnen läßt sich über das *Os triquetrum* hinweg verfolgen, bis er kurz vor dem *Capitulum ulnae* mit dem Gelenkast des *N. cutaneus antebrachii dorsalis* anastomosiert und in der Tiefe als Kapselast endet (Abb. 12).

An der Ulnarseite des Carpus verbindet sich der vorher erwähnte Ast des N. interosseus dorsalis mehrfach mit Gelenkäten des R. dorsalis manus ni. ulnaris. Hierdurch entsteht ein kleines Geflecht, aus dem sich im Bereich der Basis des Os metacarpale V ein Verbindungsfaden zum R. perforans IV löst (Abb. 12).

Schließlich wäre noch zu erwähnen, daß sich auch der N. interosseus dorsalis im Bereich des Os hamatum durch die oberflächliche Faszie hindurch mit einem Ästchen des R. superficialis ni. radialis verbinden kann. Ob noch weitere derartige Verbindungen bestehen, kann auf Grund dieses Einzelbefundes nicht gesagt werden (Abb. 12).

*Der Gelenkast des N. cutaneus antebrachii dorsalis.* Der zum distalen Ulna-Ende verlaufende Zweig dieses Hautnerven verbindet sich kurz vorher durch eine Queranastomose mit dem äußersten Ast des R. superficialis ni. radialis. Über dem Capitulum ulnae gibt er dann einen etwa 2 cm langen Ast ab, der in das Lig. carpi dorsale eindringt. Dieser teilt sich in 2 Ästchen, die an der radialen Seite der Sehnenführung des M. extensor carpi ulnaris in die Tiefe dringen. Hier verteilen sie sich im Bandapparat bzw. verbinden sich mit einem rückläufigen Gelenkast des N. interosseus dorsalis (Abb. 12).

*Die Gelenkäte des R. dorsalis manus ni. ulnaris und des N. cutaneus antebrachii ulnaris.* Die vom R. dorsalis manus ni. ulnaris abgehenden Rr. articulares versorgen im wesentlichen die ulnare Seite des Carpus. Sie anastomosieren zum Teil untereinander sowie mit Ästen des N. interosseus dorsalis und des N. cutaneus antebrachii ulnaris.

Der erste Gelenkast des R. dorsalis manus ni. ulnaris geht etwa in Höhe des Capitulum ulnae ab, zieht durch das Lig. carpi volare hindurch und verteilt sich mit sehr feinen Fasern über der volaren Kapsel zwischen Os triquetrum und Ulna.

Dieser Gelenkast ist in dem abgebildeten Präparat (Abb. 11) durch einen Ast des N. cutaneus antebrachii ulnaris vertreten. Er verbindet sich mittels eines nach dorso-distal verlaufenden Fadens mit dem nächstfolgenden Gelenkast des R. dorsalis manus ni. ulnaris.

Dieser entspringt etwa in Höhe des Proc. styloideus ulnae und erreicht volar von der Sehne des M. extensor carpi ulnaris den ulnaren Teil des Carpus. Hierbei teilt er sich in 2 Ästchen. Das eine ist etwas rückläufig, verzweigt sich auf der Außenseite des Os triquetrum und geht die oben erwähnte Anastomose ein; das andere verteilt sich etwas seitlich vor der Basis des V. Strahles und anastomosiert unter der erwähnten Muskelsehne mit den Gelenkfäden des N. interosseus dorsalis. Aus dieser Verbindung löst sich dann ein feiner Faden, der auf der Basis des Os metacarpale V herabläuft. Nach Teilung verbindet er sich mit dem R. perforans des anliegenden Spatium interosseum und außerdem mit einem Periostast des R. dorsalis manus ni. ulnaris, knapp distal vom Ansatz des M. extensor carpi ulnaris (Abb. 12).

Am ulnaren Rand dieses Muskelansatzes verteilt sich schließlich ein weiterer im Bereich des Carpus vom R. dorsalis manus ni. ulnaris abgehender Gelenkast. Er besitzt einen kurzen Verbindungszweig zu dem erwähnten Periostast und schickt einen Faden zur Volarseite des Carpometakarpalgelenkes V (Abb. 11).

An einem anderen Präparat fand sich schließlich noch ein zur Ulnarseite des Os pisiforme ziehendes Ästchen, welches auch zur proximalen Fläche einen dünnen Faden abgab.

**2. Die Innervation der Fingergelenke.** *Grundgelenke von volar.* Die aus dem R. profundus ni. ulnaris entspringenden Gelenkäste verlaufen auf der Volarfläche der Mm. interossei nach distal und nehmen kurz vor Erreichen der Kapsel, sich etwas tiefer einsenkend, ihren Verlauf über der Längsachse der Mittelhandknochen. Vor dem Gelenk teilen sie sich büschelförmig auf und innervieren so von proximal her die Kapsel. Dabei lassen sich die mittleren Fasern bis in den Fibrocartilago volaris hinein verfolgen; mitunter können sie auch mit einem rückläufigen Gelenkast des N. digitalis volaris proprius anastomosieren, wie dies Abb. 13 zeigt. Eine Variation dieses Verhaltens fand sich am Mittelfingergrundgelenk. Hier zog ein Ästchen des R. profundus ni. ulnaris über das Lig. capitulorum transversum hinweg und verband sich in Höhe des Gelenkspaltes mit einem rückläufigen Ästchen des N. digitalis volaris proprius, um dann in der Tiefe von seitlich in den Fibrocartilago einzutreten.

Mit den seitlichen Fasern treten die vom R. profundus ni. ulnaris kommenden Gelenkäste auch an die Kollateralbänder heran. Außerdem können sie auch rückläufige Fäden an das Periost sowie an die Mm. interossei abgeben. Am Zeigefinger (Abb. 13) fand sich schließlich ein nach dorsal ziehender Faden, der dort mit dem R. intermetacarpalis anastomosierte.

Die übrigen Nerven auf der Volarseite der Fingergrundgelenke II—V sind ausschließlich rückläufige Äste der Nn. digitales volares proprii. Sie gehen meist von dem relativ starken Zweig ab, der sich im Bereich des Grundgliedes zum Rücken desselben begibt. Nur zweimal habe ich einen Faden direkt aus dem Hauptstamm abgehen sehen. Einen hiervon zeigt Abb. 13; er verbindet sich mit dem vom R. profundus ni. ulnaris stammenden Gelenkast. Durchschnittlich sind zwei rückläufige Äste vorhanden; sie gehen meist isoliert ab, können aber auch in einem gemeinsamen Stämmchen entspringen. An der Ulnarseite des abgebildeten Präparates ließen sich ausnahmsweise vier rückläufige Gelenkäste darstellen.

Die rückläufigen Äste verlassen unter stumpfem Winkel den Hauptstamm in proximaler Richtung, steigen seitlich vom Lig. vaginales herab und treten meist über der Basis des Grundgliedes bzw. in Höhe des Gelenkspaltes von seitlich an den Bandapparat heran. Hier lassen sie sich nach Entfernung der Beugersehne nach innen wie auch nach proximal, letztere bis in Höhe des Capitulum ossis metacarpalis verfolgen. Sie versorgen außerdem, wie auch bei RÜDINGER, das Lig. vaginales; auch lassen sich häufig in die Ligg. capitulorum transversa eintretende Fädchen beobachten.

Das Verhalten der besprochenen Gelenknerven zu den Aa. digitales volares ist verschieden. Häufig liegt das Gefäß außen dem Nerven an; in einigen Fällen kann man aber auch das umgekehrte Verhalten antreffen. Im letzteren Fall umläuft der Nerv von lateral das Gefäß, um dorsal von ihm die Kapsel zu erreichen.

*Mittelgelenke von volar.* Das Mittelgelenk wird vorläufig (von proximal her) meist von einem längeren R. articularis auf jeder Seite versorgt. In 2 Fällen fanden sich zwei getrennt entspringende Ästchen. Der Ursprung liegt in etwas wechselnder Höhe zu Beginn der distalen Hälfte des Grundgliedes. Sie entspringen nur zum Teil direkt aus den Nn. digitales volares. Oft sieht man sie von dem sich zum Fingerrücken begebenden Ast wegtreten. In einigen Fällen entspringen

sie auch gemeinsam mit einem rückläufigen Ast für das Grundgelenk aus dem *N. digitalis volaris proprius*. Vom Ursprungsstamm trennen sich die Gelenknerven spitzwinklig, ziehen an der Seite des *Lig. vaginale* in die Tiefe und perforieren die Sehnenscheide direkt über dem Knochen da, wo sich die *Trochlea* abzuheben beginnt. Mit mehreren kurzen Ästchen versorgen sie von proximal den

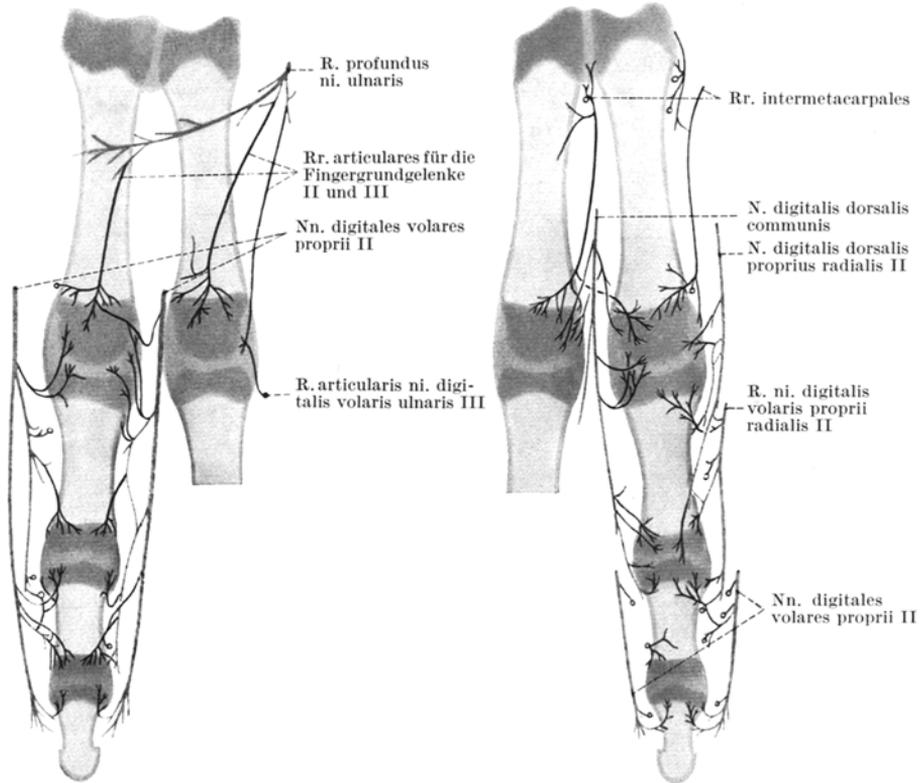


Abb. 13

Abb. 14

Abb. 13. Innervation der Gelenke des rechten Zeigefingers von volar. *Nn. digitales volares proprii II* seitwärts abgezogen

Abb. 14. Innervation der Gelenke des rechten Zeigefingers von dorsal. *Nn. digitales proprii dorsales* et *volares* seitwärts abgezogen. Für die Abbildung sind die an einem zweiten Präparat erhobenen Befunde mit ausgewertet

*Fibrocartilago volaris* und den daran anschließenden seitlichen Teil der Gelenkkapsel.

Analog zu den Verhältnissen am Grundgelenk waren auch für das Mittelgelenk rückläufige Gelenkäste anzunehmen. Ihr Vorhandensein konnte präparatorisch bestätigt werden, wenn auch nicht für jede Seite aller Gelenke. Sie sind wesentlich kürzer und vor allem dünner als die vorläufigen Äste und lassen sich auch viel schwerer darstellen. Ihr Ursprung ist ebenfalls wechselnd. Sie ziehen seitlich vom *Lig. vaginale* herab und enden etwas mehr dorsal als die vorläufigen Äste, kurz vor oder über der Basis der Mittelphalanx. Sie scheinen damit vorwiegend die Kollateralbänder zu innervieren. Am abgebildeten Zeigefinger ließen sich die Fasern bis in Höhe des Gelenkspaltes verfolgen. An der

Radialseite des gleichen Fingers fanden sich außerdem als Einzelfall zwei rückläufige Ästchen, die untereinander und mit dorsalen Gelenkstäben anastomosierten.

*Endgelenke von volar.* Diese werden, wie schon seit RÜDINGER bekannt ist, ebenfalls auf beiden Seiten von vorläufigen Gelenknerven versorgt. Ihr Verhalten ist ähnlich den Ästen des Mittelgelenkes; nur sind sie etwas kürzer, versorgen neben entsprechenden volaren Teilen der Kapsel diese auch von seitlich und scheinen dazu noch mit einigen Fasern auf der Dorsalseite das Gelenk zu erreichen. Entsprechende Fasern ließen sich mit Sicherheit an der Ulnarseite des II. und V. Fingers nachweisen (Abb. 14).

An einem Kleinfinger zweigte sich von dem radialen vorläufigen Ästchen nach Durchsetzen der Sehnenführung ein dünner Faden in proximaler Richtung ab, der auf dem Knochen bis zur distalen Kapsel des Mittelgelenkes verlief. Außerdem ist bemerkenswert, daß vor allem die vorläufigen Äste für das Mittel- und Endgelenk recht häufig Fäden an die Sehnscheide und ihren knöchernen Ansatz abgeben.

Auch die Endgelenke erhalten volar relativ kurze rückläufige Gelenkfäden. Sie zweigen sich von einem der Endäste des N. digitalis volaris proprius ab und suchen, in proximaler Richtung verlaufend, die Kapsel auf; diese wird in Höhe der Basis des Endgliedes, seitlich vom Fibrocartilago volaris erreicht.

Die Innervationsverhältnisse an der Volarseite des Daumens entsprechen in etwa denen der Finger, mit einer Ausnahme. Das Metacarpophalangealgelenk erhält auf beiden Seiten je einen längeren vorläufigen Ast von den Nn. digitales volares. Die Gelenkstäbe treten zu beiden Seiten der langen Beugersehne in die Tiefe, um in der Nähe der Sesambeine die Gelenkkapsel zu erreichen. Davon kann sich der radiale Ast, wie bereits beschrieben wurde, mit dem Endast des R. profundus ni. ulnaris verbinden.

*Grundgelenke von dorsal.* Über die Rr. intermetacarpales ist bereits bei Besprechung der Gelenkstäbe des R. superficialis ni. radialis und des N. interosseus dorsalis das Wichtigste gesagt worden. Ihr Verhalten ist, zumindest im Bereich des II.—IV. Zwischenknochenraumes, recht konstant.

Weitere Äste erhalten die Grundgelenke von den Nn. digitales dorsales. Die vorläufigen Nerven entspringen in den erwähnten Zwischenknochenräumen zum Großteil bereits aus den Nn. digitales dorsales communes. Meist sind es ein oder zwei Äste, die seitlich von der Sehne des M. extensor digitorum über dem Gelenk zur Dorsalaponeurose gehen. Auf dieser verteilen sie sich und schicken einzelne oder auch mehrere Äste in die Tiefe zur Gelenkkapsel. Da die Dorsalaponeurose mit der Kapsel der Fingergelenke fest verwachsen ist, muß man diese Nerven wohl als reine Gelenkstäbe ansehen.

Außerdem werden die Grundgelenke auch rückläufig von Nerven versorgt, die im wesentlichen für den distalen Kapselbereich bestimmt sind. Sie gehen entweder von den Nn. digitales dorsales proprii oder von den sich zur Dorsalseite des Fingers wendenden Ästen der Nn. digitales volares proprii ab. Unter stumpfem Abgangswinkel ziehen sie zur Dorsalaponeurose, durchsetzen diese (Abb. 14, Ulnarseite) oder treten seitlich unter sie (Radialseite der Abbildung). Die Fasern verlaufen an der dorsolateralen Seite des Grundgliedes in Richtung zur Basis und verteilen sich im distalen Kapselbezirk bzw. erreichen diesen zumindest makroskopisch. Dabei ist auffallend, daß der an der Radialseite ab-

gebildete und im wesentlichen vom *N. digitalis volaris proprius* abstammende Ast auch Periostfäden abgibt; die zur Kapsel ziehenden Fasern sind äußerst fein.

*Mittelgelenke von dorsal.* Hier finden sich ebenfalls Fasern der *Nn. digitales dorsales*, die als *Rr. articulares* auf dem Sehnenhäubchen enden. Außerdem erreichen vorläufige Gelenkäste, die seitlich unter die Dorsalaponeurose treten, von proximal die Kapsel und Seitenbänder. Ihr Ursprung ist wechselnd; sie können aus dem *N. digitalis dorsalis* wie auch aus dem *N. digitalis volaris* entspringen. Ebenso finden sich rückläufige Äste, die sich wie jene am Grundgelenk verhalten.

*Endgelenke von dorsal.* Für die Dorsalseite dieser Gelenke konnte das Vorhandensein von entsprechenden vorläufigen Ästen nicht bewiesen werden. Vielleicht versorgen aber die volaren Gelenkäste zu einem gewissen Teil auch die Dorsalseite (Abb. 14).

Etwa in halber Höhe der Endphalanx tritt seitlich je ein stärkerer Ast des *N. digitalis volaris* unter das Nagelbett und verzweigt sich hier. Auf beiden Seiten ließ sich je ein feines nach proximal ziehendes Ästchen eindeutig bis zur distalen Kapselgrenze, etwa 2 mm distal vom Gelenkspalt verfolgen. Es besteht somit zumindest makroskopisch die Berechtigung, auch für die Dorsalseite dieser Gelenke rückläufige Nerven anzunehmen.

Das Verhalten der von den *Nn. digitales volares et dorsales* sich ableitenden und etwas dünneren Gelenknerven für die Dorsalseite der Finger ist weniger konstant als das der volaren Gelenkäste. Trotzdem läßt sich aber mit RÜDINGER das Prinzip der Gelenkinnervation, wie es für die Rückenseite des Zeigefingers dargestellt wurde, auch auf die übrigen Finger übertragen. Dies gilt insbesondere auch für die dorsale Innervation der beiden Daumengelenke.

### *B. Übersicht über die Nerven der Handwurzel- und Mittelhandgelenke*

1. *N. ulnaris.* a) Etwa über dem distalen Ende der Ulna entspringt der 1. Gelenkast, der sich an der den *Canalis carpeus* begrenzenden Fläche der *Eminentia ulnaris* verteilt (eigener Befund; Abb. 11; 2×).

b) Der erste von RÜDINGER beschriebene Gelenkast trennt sich vom *R. profundus ni. ulnaris* und versorgt mit einigen Fäden das Kapselband des *Os pisiforme* und häufig auch das *Lig. pisohamatum*.

Entsprechende Fasern können nach eigenen Befunden auch aus dem *R. muscularis* entspringen, der die *Mm. abductor et flexor brevis digiti V* versorgt (Abb. 11; 2×).

c) Der zum *M. opponens digiti V* ziehende Ast kann einen feinen Faden zum *Lig. hamato-metacarpum* abgeben (eigener Befund; Abb. 11; 1×).

d) Die erstmals von RAUBER beschriebenen *Rr. perforantes* geben nach eigenen Befunden kurze Fädchen an die Kapsel der *Articulationes intermetacarpeae* ab (Abb. 11; 2×).

e) Rückläufige Gelenkstäbchen des *R. profundus* versorgen den Bandapparat über den Basen der Mittelhandknochen (RÜDINGER, eigener Befund; Abb. 11; 2×).

f) Weitere Gelenkäste des *R. profundus ni. ulnaris* siehe unter „Übersicht über die Nerven der Fingergelenke“.

2. *N. interosseus volaris.* Ein oder mehrere Nervenzweige versorgen mit zahlreichen Fasern den Boden des *Canalis carpeus* sowie das distale Radio-Ulnargelenk (RÜDINGER).

Nach eigenen Befunden ist das Innervationsgebiet des *N. interosseus volaris* wesentlich größer; es reicht fast bis zum distalen Rand des *Hamulus ossis hamati*. Außerdem verbinden sich Fasern dieses Gelenknerven über dem *Os naviculare* mit einem auffallend starken Gelenkast des *N. cutaneus antebrachii radialis* (Abb. 11; 2×).

3. *N. medianus.* a) Nach eigenen Befunden kann der *R. palmaris ni. mediani* einen Gelenkast abgeben, der sich im Bereich der *Eminentia radialis* verzweigt (Abb. 11; 1×);

einer seiner Äste verläuft in der Sehnenführung des *M. flexor carpi radialis* zum Boden des *Canalis carpeus*, ein zweiter anastomosiert mit einem *R. art. ni. cutanei antebrachii radialis* und ein 3. Ast erreicht den proximalen Abschnitt des Daumensattelgelenkes (Variation?, vgl. 4.).

b) Die Volarfläche des Daumensattelgelenkes wird von einem feinen Faden versorgt, den man durch die Bündel des *M. abductor pollicis brevis* verfolgen kann (RÜDINGER).

Dieser Gelenkast verteilt sich nach eigenen Befunden vorwiegend im proximalen Kapselbereich (Abb. 11; 2×) und kann mit einem rückläufigen, für das gleiche Gelenk bestimmten Ast des *N. digitalis dorsalis radialis I* anastomosieren (1×). Im Bereich der distalen Kapselgrenze endet ein 2. Ästchen, das letztlich mit dem ersteren aus ein und demselben Medianusast stammt (Abb. 11; 1×).

c) Weitere Gelenkäste des *N. medianus* siehe unter „Übersicht über die Nerven der Fingergelenke“.

4. *N. cutaneus antebrachii radialis*. CRUVEILHIER beschreibt einen Gelenkast, der das Radiokarpalgelenk an seiner Vorder- und Rückseite innerviert.

Nach eigenen Befunden gibt der *N. cutaneus antebrachii radialis* 2 Hauptgelenkäste ab. Ihre zahlreichen Endästchen versorgen den radio-volaren Abschnitt des Radiokarpalgelenkes, den radialen und unmittelbar daran anschließenden dorsalen Teil des *Carpus* bis herab zu den *Carpometakarpalgelenken I* und *II*. Sie anastomosieren außerdem mit den *Rr. art. ni. interossei volaris et ri. superficialis ni. radialis* sowie mit dem *R. art. dorsalis spatii interossei I* (Abb. 11 bzw. 12; 2×) und in einem Fall mit einem Gelenkästchen des *N. interosseus dorsalis* (Abb. 12). In einem der beiden Fälle versorgten Zweige der beiden *Rr. art. ni. cutanei antebrachii radialis* das gesamte vom *R. art. ri. palmaris ni. mediani* innervierte Gebiet (vgl. 2a).

5. *R. superficialis ni. radialis*. a) Über dem *Proc. styloideus* entspringt ein Gelenkästchen, welches das Radiokarpalgelenk versorgt (v. LANZ und WACHSMUTH).

Nach eigenen Befunden handelt es sich hierbei um einen Periost-Gelenk-Ast. Die Gelenkfaser verbinden sich außerdem mit einem Ästchen des *R. art. ni. cutanei antebrachii radialis* (Abb. 11; 2×). Ein aus dieser Verbindung entspringendes Fädchen anastomosiert in einem Fall mit einem Gelenkästchen des *N. interosseus dorsalis* (Abb. 11).

b) Ein rückläufiger Gelenkast des *N. digitalis dorsalis radialis I* versorgt mit mehreren Ästchen das Daumensattelgelenk (eigener Befund; Abb. 11; 2×). In einem Fall anastomosierte er mit einem Gelenkast des *N. medianus* (vgl. 3b).

c) Der von WINCKLER als *R. art. dorsalis spatii interossei I* bezeichnete und von RAUBER erstmals beschriebene Intermetakarpalnerv zerfällt konstant in 7 Zweige. „Zwei laufen rückwärts, von denen der eine sich an die Arterie hält, der andere die radiären Bänder der Handwurzel versorgt; der dritte und vierte ziehen quer zu den Bändern der Basen 1 und 2, der fünfte zur Ulnarseite und dem Periost des 1. Mittelhandknochens; der sechste verbindet sich mit dem dorsalen radialen Aste des *II. Fingers* und läuft auf dem *M. interosseus dorsalis I* nach vorn zum 2. Fingerkarpalgelenk; der siebte anastomosiert mit dem *R. profundus ni. ulnaris* und läuft in die Tiefe zum Gelenk“ (RAUBER, zit. nach HENLE). Wie RÜDINGER später ergänzend hinzufügt, gelangt ein Ästchen auch zum Metakarpophalangealgelenk des Daumens. Nach WINCKLER soll einer der rückläufigen Äste das Interkarpalgelenk zwischen *Os naviculare* und den *Ossa multangula maius et minus* versorgen, der zur Palmarseite ziehende Ast die *Carpometakarpalgelenke I* und *II*.

Nach eigenen Befunden distalen anastomosieren ein oder zwei rückläufige Ästchen mit Gelenkfaser des *N. cutaneus antebrachii radialis* (Abb. 12; 2×). Demnach läßt sich das dorsale Ausbreitungsgebiet nach proximal hin nicht eindeutig festlegen; meines Erachtens reicht es nur bis zu den *Carpometakarpalgelenken I* und *II*. Die von RAUBER beschriebene Verbindung mit dem *R. profundus ni. ulnaris* und der von RÜDINGER angegebene Ast für das Metacarpophalangealgelenk des Daumens konnten erstmals wieder bestätigt werden.

6. *N. interosseus dorsalis*. Der *N. interosseus dorsalis* versorgt das distale Radio-Ulnargelenk, das Radiokarpalgelenk und teilt sich über diesem dichotomisch meist in 3—4 längere Fäden, die divergierend gegen die Basen der Mittelhandknochen verlaufen. Hierbei werden der dorsale Bandapparat sowie das Interkarpal- und die *Carpometakarpalgelenke II—V* versorgt (CRUVEILHIER, RÜDINGER). Die bis in den oberen Teil der Intermetakarpalräume *II—V* verfolgbaren Endfäden werden durch einen Zweig des *R. profundus ni. ulnaris*

(Rr. perforantes) verstärkt und innervieren als Rr. intermetacarpales die Fingergrundgelenke II—V (RAUBER).

In Bestätigung dieser Befunde ergaben eigene Untersuchungen Anastomosen mit folgenden Nerven (Abb. 12): R. art. ni. cutanei antebrachii dorsalis (2×), Rr. art. ri. dorsalis manus ni. ulnaris (2×), R. superficialis ni. radialis (Hautast; 1×), Anastomose zwischen Rr. art. ri. superficialis ni. radialis et ni. cutanei antebrachii radialis (vgl. 5a; 1×).

7. *N. cutaneus antebrachii dorsalis*. Der relativ kurze Gelenkast verteilt sich distal vom Capitulum ulnae im Bandapparat und anastomosiert mit einem rückläufigen Gelenkast des N. interosseus dorsalis (eigener Befund; Abb. 12; 2×).

8. *N. cutaneus antebrachii ulnaris*. Dieser Hautnerv kann einen Gelenkast abgeben, der volar die Kapsel zwischen Ulna und Os triquetrum versorgt und mit einem R. art. ri. dorsalis manus ni. ulnaris anastomosiert (eigener Befund; Abb. 11; 1×).

9. *R. dorsalis manus ni. ulnaris*. VALENTIN (zit. nach FILOGAMO und ROBECCI) soll erstmals Gelenkäste dieses Nerven beschrieben haben.

Nach eigenen Befunden (Abb. 12; 2×) versorgen mehrere Äste zweier isoliert entspringenden Rr. articulares den ulnaren Teil des Carpus bis herab zum Carpometakarpalgelenk V; sie anastomosieren außerdem mit Gelenkfäden des N. interosseus dorsalis (2×) und des N. cutaneus antebrachii ulnaris (1×). In einem der beiden Fälle fand sich ein 3. Gelenkast, der anstatt eines R. art. ni. cutanei antebrachii ulnaris die Kapsel zwischen Ulna und Os triquetrum versorgte.

### Übersicht über die Nerven der Fingergelenke

Die Innervation der Fingergelenke ist im Prinzip überall die gleiche (RÜDINGER, eigener Befund; 2×).

1. Die meist von Muskelästen des R. profundus ni. ulnaris entspringenden Gelenkäste für die Grundgelenke I—V, die erstmals von RÜDINGER beschrieben wurden, versorgen nach eigenen Befunden je 1 Gelenk (Abb. 13; 2×). An 2 Grundgelenken wurde eine Anastomose mit rückläufigen Gelenkästen der Nn. digitales volares proprii beobachtet (Abb. 13).

2. RÜDINGER beschreibt auf der Volarseite für die Grund-, Mittel- und Endgelenke des II.—V. Fingers sowie für die beiden Daumengelenke Äste, die von den vorbeiziehenden Nn. digitales volares proprii paarig an den Kapselapparat der einzelnen Gelenke herantreten und sich in ihm verzweigen (Abb. 13).

Bei den für die Grundgelenke II—V bestimmten Gelenknerven handelt es sich ausschließlich um rückläufige Gelenkäste. Im Gegensatz zu RÜDINGER wurden für jede Seite eines Grundgelenkes zwei isoliert entspringende Gelenknerven gefunden, an einer Gelenkseite sogar 4 Äste (eigener Befund; Abb. 13; 2×). Am Daumengrundgelenk wurde in Übereinstimmung mit RÜDINGER je ein längerer vorläufiger Gelenkast gefunden.

Die Mittel- und Endgelenke werden nicht nur von vorläufigen (RÜDINGER), sondern auch von rückläufigen Gelenkästen innerviert; dabei versorgen die ersteren vorzüglich den Kapselapparat im Bereich der Capitula, während die letzteren sich hauptsächlich über den Basen als Gelenknerven verzweigen (eigener Befund; Abb. 13; 2×).

3. Je ein R. intermetacarpalis versorgt die einander zugekehrten dorsalen Seiten zweier benachbarter Grundgelenke von proximal; dies gilt für den II.—V. Finger (RAUBER; Abb. 14). Die Radialseite des Zeigefingergrundgelenkes und die Ulnarseite des entsprechenden Daumengelenkes werden analog von je einem Ast des R. art. dorsalis spatii interossei I versorgt (RAUBER, RÜDINGER).

4. Außerdem werden alle Grundgelenke auf der Dorsalseite ebenfalls paarig von Ästen versorgt, die zum Großteil bereits aus den Nn. digitales dorsales communes entspringen. Ebenso werden die Mittelgelenke des II.—V. Fingers und das entsprechende Daumengelenk auf beiden Seiten von je einem Ast der dorsalen Fingernerven innerviert (RÜDINGER). Es handelt sich hierbei um vorläufige Gelenkäste.

Nach eigenen Befunden erhalten die genannten Gelenke aber auch rückläufige Nervenäste für den distalen Kapselbereich. Diese wie auch die vorläufigen Äste für die Mittelgelenke können zum Teil Zweigen der Nn. digitales volares proprii entstammen. Außerdem entspringen in Höhe der Gelenke oft relativ kurze Ästchen, die auf dem Sehnenhäubchen enden und wohl auch als Gelenknerven anzusprechen sind (Abb. 14; 2×).

Für die Endgelenke des II.—V. Fingers sind bisher dorsale Gelenkäfte noch nicht beschrieben worden. Eigene Untersuchungen erbrachten nur für zwei verschiedene Gelenkseiten den Nachweis für vorläufige Ästchen, die von einem entsprechenden Gelenknerven der Volarseite stammten (Abb. 14). Rückläufig werden die Endgelenke mit allergrößter Wahrscheinlichkeit von Fäden der *Nn. digitales volares proprii* versorgt (Abb. 14; 2×).

### Allgemeine Bemerkungen zum Verhalten der Gelenknerven

Die Gelenke der oberen Extremität werden fast ausschließlich von cerebrospinalen Nerven versorgt, in denen auch vegetative Fasern verlaufen. Eine Ausnahme macht lediglich das Schultergelenk, das an seiner Vorderseite sympathische Fasern erhält, die sich direkt vom Grenzstrang ableiten (GARDNER; eigener Befund). Ein derartig isolierter Verlauf von sympathischen Fasern ist bereits von RÜDINGER mitgeteilt worden. Es handelt sich hierbei um jene Faserbündel, die die Gelenkverbindung des Rippenköpfchens an der vorderen Fläche versehen sollen.

Die Gelenknerven entspringen teils von den größeren Nervenstämmen, die an den Gelenken vorbeiziehen, teils zweigen sie sich von jenen Muskelästen ab, welche die in Gelenknähe entspringenden und ansetzenden Muskeln versorgen; schließlich stammt ein Teil der Gelenknerven auch von Hautnerven. Dies gilt vorzüglich für die Nerven der Hand- und Fingergelenke. Weiter proximal entspringt nur einmal ein Gelenkast aus einem Hautnerven, der *R. art. ni. cutanei antebrachii ulnaris*.

Auf Grund der Plexusbildung muß man von vornherein mit gewissen Variationsmöglichkeiten hinsichtlich des Ursprungs der einen bestimmten Kapselbezirk versorgenden Nerven rechnen. Hinzu kommt, daß die dem Plexus brachialis entstammenden Nerven wie auch deren Äste untereinander inkonstant Anastomosen eingehen können, wodurch sich für den Ursprung der Gelenknerven weitere Variationsmöglichkeiten ergeben. In welchem Umfang nun derartige Variationen bestehen, läßt sich auf Grund der zu geringen Anzahl untersuchter Objekte nicht sagen, zudem waren faseranalytische Untersuchungen an meinem Material technisch nicht mehr möglich. Es ist deshalb in den einzelnen Abschnitten nur auf jene Variationen hingewiesen worden, welche augenfällig erschienen.

Das Verhalten der Gelenknerven beim Verlassen des Ursprungsstammes ist sehr verschieden. Ursprungswinkel und Abgangshöhe wechseln stark. RÜDINGER hat bereits darauf hingewiesen, daß der Umfang des Ursprungswinkels von der Größe und Form des Gelenkes und dem Verhalten der vorbeiziehenden Nerven abhängt. Darüber hinaus kann man aber auch eine gewisse Abhängigkeit von der Höhe des Ursprunges insofern feststellen, als die vor Erreichen der Gelenkkapselgrenze abgehenden, vorläufigen Äste größtenteils spitzwinklig abtreten, während die sog. rückläufigen Gelenkäfte naturgemäß einen mehr stumpfen Abgangswinkel aufweisen. Die Abgangshöhe der Gelenknerven hängt offenbar von den topographischen Beziehungen des Ursprungsstammes zum Gelenk und von der Funktion desselben ab. So fällt am Schultergelenk auf, daß mit Ausnahme des *R. intertubercularis ni. axillaris* alle Gelenkäfte von der scapularen Seite an die Gelenkkapsel herantreten und sich somit vorläufig verhalten; der *R. intertubercularis* wäre demnach als rückläufig zu bezeichnen. Erklärbar ist

dieses Verhalten durch den exzentrischen Verlauf der Hauptnervenstämmen in bezug auf die Lage des Gelenkes. Am Ellenbogengelenk hingegen finden wir neben mehreren proximal vom Gelenk und in Höhe desselben entspringenden Nerven auch eine große Anzahl von rückläufigen Gelenknerven; sie entspringen teils in Höhe des Gelenkes, teils distal hiervon. Dabei versorgen die vorläufigen Gelenkäste im wesentlichen den proximalen Kapselbereich, die rückläufigen dagegen mehr die distalen und seitlichen Gelenkregionen. Noch klarer kommen diese Verhältnisse an den Fingergelenken zum Ausdruck. Diese besondere Art der Anordnung von Gelenknerven scheint im Hinblick auf die Bewegungsfunktionen dieser Gelenke von einiger Bedeutung zu sein. Für die Rückläufigkeit einiger Gelenkäste am Ellenbogen muß man aber vor allem auch die Tatsache anführen, daß diese sich zum großen Teil von *Rr. musculares* ableiten, welche die in Gelenknähe entspringenden Vorderarmmuskeln versorgen. Dabei weisen die entsprechenden Muskeläste der *Nn. medianus et radialis* meist schon ein mehr oder minder rückläufiges Verhalten auf.

Die Abgangshöhe der Gelenknerven hängt schließlich und in ganz besonderem Maße davon ab, ob sie extramuskulär entspringen und verlaufen oder aber intramuskulär abtreten. Im ersten Fall zweigen sich die Nerven meist gelenkfern ab und sind somit relativ lang. Die intramuskulär entspringenden Gelenknerven dagegen sind relativ kurz und verlassen den Muskel meist da, wo er der Kapsel unmittelbar anliegt oder mit ihr bindegewebig verbunden ist.

Da die Gelenknerven beim Verlassen des Ursprungsstammes eine eigene Scheide mitnehmen, ist auch hier durch das Epineurium ein Schutz gegen Zugbeanspruchung gegeben. In dieser Hinsicht erscheint auch die rückläufige Innervation der distalen Kapselgrenze von Bedeutung zu sein, da hier eventuell auftretende Zugkräfte bereits weitgehend durch den Ursprungsstamm abgefangen werden können. Bei den vorläufigen, extramuskulär zum Gelenk ziehenden Nerven fällt neben der Elastizität auch noch die relative Länge dieser Nerven ins Gewicht. Eine weitere Sicherung ist durch den intramuskulären Verlauf einiger Gelenknerven gegeben. Diese verlassen den Muskel meist da, wo er mit der Kapsel funktionell eine Einheit bildet. Als weitere Sicherheitsmaßnahme kann man schließlich auch die Tatsache werten, daß einige Gelenknerven, wie z. B. die Endäste der *Nn. interossei volaris et dorsalis*, bereits vor Erreichen der Kapselgrenze, in der äußeren Schicht des Periostes eingemauert, auf dem Knochen verlaufen und so über den Kapselansatz hinweg die oberflächlichen Schichten des Kapsel- bzw. Bandapparates erreichen. Ob und inwieweit darüber hinaus noch mit einer Reservelänge der Gelenknerven zu rechnen ist, kann nicht gesagt werden, da sich bei der Präparation dieser Gebilde eine künstliche Verlängerung kaum vermeiden läßt.

Druckwirkungen auf Gelenknerven sind vor allem da zu erwarten, wo diese auf knöcherner Unterlage unter Muskelsehnen verlaufen, wie im Bereich der Handwurzel und Finger, oder in Bänder einstrahlen, wie z. B. in die Kollateralbänder des Ellenbogengelenkes. An diesen Stellen umgibt Fett und lockeres Bindegewebe die Nervenstämmchen bzw. dringen Nervenzweige in kleine mit etwas lockerem Füllgewebe ausgestattete Stellen ein, die sich zwischen den Faserbündeln der Seitenbänder finden. Hierauf hat bereits RÜDINGER aufmerksam gemacht. Die Einlagerung der Gelenknerven in lockeres Fett- und

Bindegewebe im Bereich der Finger ist übrigens so auffallend, daß es nach Aufklappen der Extensorensehnen ohne weiteres gelingt, die dorsalen, unterhalb der Sehne einstrahlenden Gelenknerven aufzusuchen.

Über den Verlauf der intramuskulär entspringenden *Rr. articulares* ist oben bereits das Wichtigste gesagt worden. Die extramuskulär verlaufenden Gelenkäste ziehen im Füllgewebe allmählich in die Tiefe und erreichen nach kürzerem oder längerem Verlauf, je nach Abgangshöhe vom Ursprungsstamm, das Gelenk. Hierbei lehnen sie sich oft an größere Gefäßstämme an, umgeben diese manchmal geflechtartig und verlieren an sie oft feine Fäden. Der gemeinsame Verlauf mit Gefäßen zeigt sich vor allem in Gelenknähe und wird dann auch bis zum Erreichen der Kapsel beibehalten (RÜDINGER).

Vor Erreichen der Gelenke teilen sich die Nervenstämmchen in etwas unterschiedlicher Entfernung meist dichotomisch auf. Die andere Art, die vor allem im Bereich der Fingergelenke angetroffen wird, besteht in der büschelförmigen Aufteilung der Gelenknerven. Vor oder während dieser Verzweigung sieht man häufig feine Fäden zum gelenknahen Periost, zu benachbarten Fascien, Sehnen-scheiden und Muskelabschnitten sowie zu Schleimbeuteln abtreten. Die für das Gelenk bestimmten Fasern durchsetzen dann das der Gelenkkapsel und den Bändern aufliegende Bindegewebe und erschöpfen sich schließlich unter ständiger Abgabe von Seitenzweigen. Die ein größeres Kapselgebiet versorgenden Nerven bzw. deren Hauptäste lassen sich auf dem Kapselapparat oft auf größere Strecken verfolgen. Die untergeordneten Zweige und Ästchen verzweigen sich schließlich in den fibrösen Kapseln und Bändern.

Die Ausdehnung des von einem bestimmten Nerven versorgten Kapselgebietes läßt sich makroskopisch nur in etwa abschätzen, da man präparatorisch nicht festlegen kann, inwieweit sich die einzelnen Innervationsgebiete überlagern. Die Abgrenzung dieser Gebiete wird namentlich auch dadurch erschwert, daß Gelenknerven verschiedener Herkunft im Kapselbereich Anastomosen bilden können. Derartige Verbindungen sind am Schulter- und Ellenbogengelenk bereits von WRETE bzw. GARDNER und an den Hand- und Fingergelenken von RAUBER und RÜDINGER nachgewiesen worden. Besonders auffallend ist diese Anastomosenbildung unter den Gelenknerven der Handwurzel.

### Zusammenfassung

Die Innervation der Gelenke der oberen Extremität wurde an einem Erwachsenenarm sowie an je 2 Schulter- und Ellenbogengelenken von Neugeborenen unter genauer Berücksichtigung der topographischen Verhältnisse präparatorisch untersucht. Außerdem wurden noch Schulter- und Ellenbogengelenke eines Erwachsenen und zweier Neugeborenen sowie 2 Erwachsenenhände zur Klärung von Einzelfragen teilweise präpariert.

Die Untersuchungsergebnisse sind mit den bisher in der Literatur bekannten Befunden am Ende der Abschnitte Schulter-, Ellenbogen-, Hand- und Fingergelenke zu einer Übersicht zusammengefaßt worden.

### Literatur

ARKHANGELSKY, S. K.: Zit. nach E. GARDNER. — BOCK, A. C.: Zit. nach J. HENLE. — BRAUS, H., u. C. ELZE: *Anatomie des Menschen*, Bd. IV. Berlin: Springer 1940. — CRUVEILHIER, J.: *Traité d'Anatomie Descriptive*, vol. IV. Paris: Labé 1852. — FICK, R.: *Handbuch*

der Anatomie und Mechanik der Gelenke, Teil I. Jena: Gustav Fischer 1904. — FILOGAMO, G., u. M. ROBECCHI: Innervazione delle capsule e dei legamenti delle articolazioni dell'arto superiore. Arch. ital. di Anat. e Embriol. **55**, 334 (1950). — FROHSE, F., u. M. FRÄNKEL: In v. BARDELEBENS Handbuch der Anatomie, Bd. II/2. Jena: Gustav Fischer 1908. — GARDNER, E.: The innervation of the shoulder joint. Anat. Rec. **102**, 1 (1948). — The innervation of the elbow joint. Anat. Rec. **102**, 161 (1948). — HENLE, J.: Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen, Bd. III/2. Braunschweig: F. Vieweg & Sohn 1871. — LANZ, T. v., u. W. WACHSMUTH: Praktische Anatomie, Bd. I, Teil 3. Berlin: Springer 1935. — POIRIER, P., et A. CHARPY: Traité d'Anatomie Humaine, vol. I. Paris: Masson & Cie. — RAUBER, A., u. F. KOPSCH: Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen, Bd. I u. III. Leipzig: Georg Thieme 1939. — ROSSI, F.: Sur l'innervation fine de la capsule articulaire. Acta anat. (Basel) **10**, 161 (1950). — RÜDINGER, N.: Die Gelenknerven des Menschlichen Körpers. Erlangen: Ferdinand Enke 1857. — Die Anatomie der Menschlichen Rückenmarksnerven, 2. Abt., Tafel VII. Stuttgart: J. G. Cotta 1870. — SAPPEY, PH. C.: Traité d'Anatomie Descriptive, vol. III. Paris: Lecrosnier et Babé 1889. — SCHNEIDER, E.: Die Chirurgie der Schultern und der Arme. In M. KIRSCHNER u. O. NORDMANN, Chirurgie, Bd. IV. 1944. — TESTUT, L.: Traité d'Anatomie Humaine, vol. I. Paris: G. Doin 1921. — TOLDT, C., u. F. HOCHSTETTER: Anatomischer Atlas, Bd. III. Wien: Urban & Schwarzenberg 1940. — VALENTIN, G.: Zit. nach G. FILOGAMO u. M. ROBECCHI. — WINCKLER, G.: Le nerf articulaire dorsal du premier espace interosseux de la main. Archives d'Anat. **36**, 61 (1953). — WRETE, M.: The innervation of the shoulder joint in man. Acta anat. (Basel) **7**, 173 (1949).

Dr. ALBRECHT WILHELM, jetzt: Würzburg, Chirurgische Universitäts-Klinik