

Knochen, Muskeln, Nerven und Arterien einer oberen Extremität mit kongenitaler humero - radio - ulnarer Synostose.

Von

Dr. Gustav Michelsson.

Mit 8 Textabbildungen.

(Eingegangen am 21. Juli 1921).

Die rechte obere Extremität, deren anatomische Verhältnisse im folgenden beschrieben werden sollen, ist schon einmal am Lebenden durch Palpation und röntgenologisch von Kiwull untersucht worden. Zur Zeit der Untersuchung war der Träger dieser angeborenen Mißbildung 37 Jahre alt, seines Berufes nach Schreiber, wobei er gut mit der mißbildeten Hand schreiben konnte. Der linke Arm war vollständig normal. Familiäres Auftreten oder Vererbung der Mißbildung konnte nicht festgestellt werden. Später hatte Kiwull die Möglichkeit, die Leiche zu sezieren. Den im Schultergelenk exartikulierten Arm sandte er an Prof. Adolphi zur genaueren Untersuchung. Die Kriegsverhältnisse, die mehrfache Ausweisung Adolphis aus Dorpat und schließlich die Evakuierung der Universität, machten eine sofortige Untersuchung unmöglich. Als 1918 Adolphi wieder auf seinen Posten als Direktor des Anatomischen Instituts zurückkehrte, fand sich der Arm zusammen mit einigen anderen Präparaten vollständig eingetrocknet und hart auf einem Fensterbrett.

Die Untersuchung des Präparats überließ Adolphi mir. Durch Einlegen des, leider schon von vornherein in einer starken Formollösung gehärteten, Armes in Wasser gelang es, ihn so weit aufzuweichen, daß bei der Präparation die wesentlichen Punkte festgestellt werden konnten. Beim Mazerieren ereilte den Arm ein neues Mißgeschick: während der Maximalistenherrschaft wechselte wieder das ganze Personal des anatomischen Instituts, einschließlich der Dienerschaft, in dieser Zeit gingen einige Töpfchen mit dem Multangulum minus, Metacarpale IV und den meisten Phalangenknochen spurlos verloren. Dieser Verlust ist aber insofern nicht sehr groß, als ich vor der Mazeration die Knochen skizziert und mir eingehende Notizen gemacht hatte, übrigens waren gerade diese Knochen vollständig normal. Da der Erhaltungszustand des Armes eine Beschreibung der äußeren Formen nicht gut zuläßt, so verweise ich in dieser Hinsicht auf die Arbeit von Kiwull, wo sich auch

eine Abbildung findet, leider fehlt ein Röntgenogramm. Aus dieser Beschreibung können wir entnehmen, daß die rechte obere Extremität im Vergleich zur normalen linken eine auffallende Verkürzung aufwies, ganz besonders verkürzt war der Vorderarm. Die Hand war vollständig normal gebaut, aber in allen ihren Teilen kleiner und zierlicher als die linke.

Wir wenden uns nun der Beschreibung der Knochen zu. Abb. 1 u. 2.

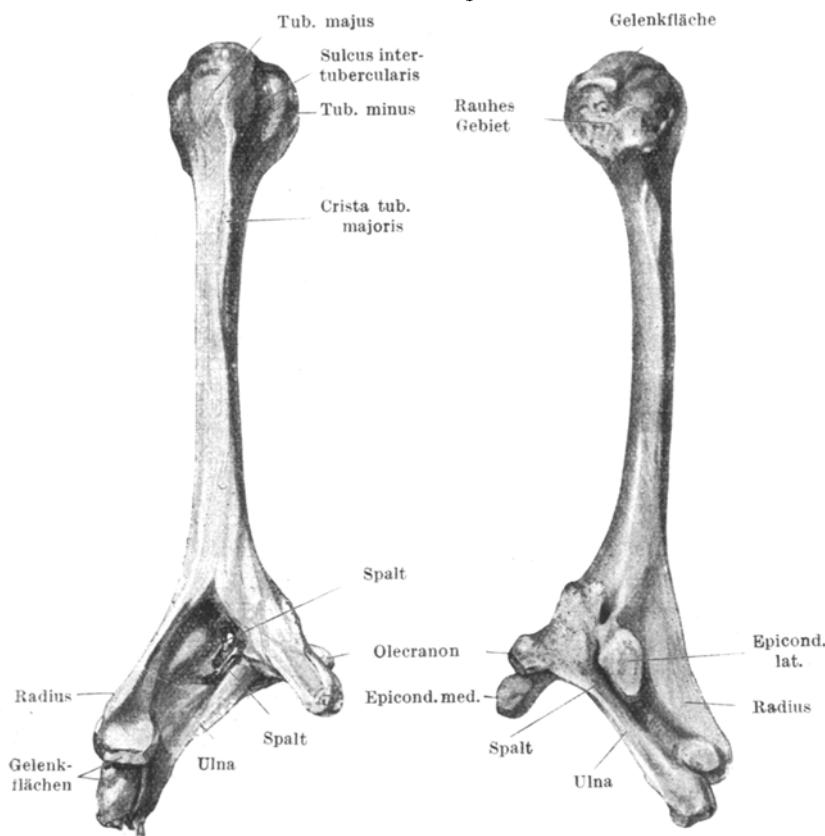


Abb. 1. Von vorn.

Skelett des Ober- und Unterarms von vorn und hinten.

Abb. 2. Von hinten.

Am mazerierten Arm können wir 2 Teile unterscheiden, das beinahe normale Handskelett und den proximal von ihm gelegenen durch Synostose von Humerus, Radius und Ulna entstandenen einheitlichen Knochen. Der Kürze halber bezeichnen wir im folgenden diesen Knochen einfach als „Armknochen“. Die proximalen drei Viertel desselben lassen leicht einen Humerusschaft und Kopf erkennen. An das distale Ende des Schaftes setzt sich eine schaufelförmige, auf der Ventralfläche muldenförmig vertiefte Knochenplatte an, und zwar nicht in der Richtung der Längssachse des Humerus, sondern unter einem lateralwärts offenen, stumpfen Winkel von annähernd 135°. Diese Platte ist durch Synostose von Radius und

Ulna hervorgegangen. An der Stelle, an welche sie sich an den Humerusschaft ansetzt, finden wir an der medialen Seite 2 zapfenförmige Fortsätze, zu denen auf der Hinterfläche noch ein 3. hinzukommt. In diesen Fortsätzen erkennen wir die beiden stark modifizierten Epicondylen und das Olecranon.

Das Caput humeri unterscheidet sich vom normalen dadurch, daß seine mediale und in gleicher Weise auch seine hintere Fläche nicht halbkugelförmig gewölbt sind, sondern im Gegenteil wie abgehackt und etwas ausgehöhlt erscheinen. Dieses rauhe Gebiet ist nicht überknorpelt, sondern dient derben Bindegewebsmassen zum Ansatz. Die Synovialbekleidung erstreckt sich nur auf die obere, schwach und unregelmäßig gewölbte Fläche des Caput und noch etwas auf das Tuberculum maius. Dementsprechend ist auch die Gelenkfläche des Caput humeri mehr als um die Hälfte kleiner als am normalen Knochen.

Das Tuberculum minus, das wir auf der nach vorn gerichteten Fläche finden, ist verhältnismäßig groß und breit, medial geht es ohne scharfe Grenze in das mediale rauhe Gebiet des Caput über, lateral wird es durch den flachen, aber breiten Sulcus intertubercularis vom bedeutend kleineren Tuberculum maius, welches keinerlei Facetten erkennen läßt, getrennt. Das Tuberculum maius geht ohne scharfe Grenze in die stark vorspringende 4 cm lange Crista tuberculi majoris über, es bildet eigentlich nur eine proximale Verdickung dieser Leiste. Von der Ausbildung eines Collum anatomicum kann eigentlich keine Rede sein, auch das Collum chirurgicum ist nur schwach ausgebildet. Tuberrositas deltoidea und Sulcus nervi radialis lassen sich nicht feststellen.

Der Schaft ist ziemlich stark medial - lateral zusammengedrückt (11 mm zu 15 mm). Die Abplattung tritt dadurch noch stärker hervor, daß eine flache Leiste als Fortsetzung der Crista tuberculi majoris zum Epicondylus medialis und eine zweite von dem rauhen Gebiete des Caput humeri in die Richtung des Epicondylus lateralis zieht. Der ganze Schaft ist medial-rückwärts stärker gekrümmt. Ungefähr in der Mitte des Schafthes, nahe an der medialen Kante, befindet sich ein Foramen nutritium.

Von den oben erwähnten 3 zapfenförmigen Fortsätzen zeigt der mittlere eine gewisse Selbständigkeit dadurch, daß er vom lateralen Fortsatz durch einen in der Mitte überbrückten Spalt getrennt ist. Dieser Fortsatz entspricht dem Olecranon. Die beiden anderen Fortsätze sind die Epicondylen des Humerus, und zwar ist der nach hinten und lateral gerichtete der Epicondylus lateralis und der medial und etwas nach vorn gerichtete der Epicondylus medialis. Der Epicondylus lateralis hat die Form eines von hinten nach vorn abgeplatteten Zapfens mit einer Vertiefung an der hinteren Fläche. Der Epicondylus medialis ist ein abgerundeter, etwas hakenförmiger, dem Processus coracoideus nicht unähnlicher Fortsatz. Das Olecranon ist, wie schon gesagt, vom Epicondylus lateralis durch eine C-förmige Spalte, welche durch eine dünne, schmale Knochenlamelle überbrückt ist, getrennt. Zum Epicondylus medialis hin geht das Olecranon homokontinuierlich in den Humerus über.

An das distale Ende des Schafthes, und zwar an seiner vorderen Fläche, setzt sich, in der oben angegebenen Weise, die schaufelförmige Platte an, welche durch Synostose von Radius und Ulna entstanden ist. Auf der vorderen Fläche, ungefähr in ihrer Mitte, hat die Platte eine tiefe, runde Grube; am medialen Rande derselben liegt die oben schon beschriebene Spalte. Diese auf der Ventralfäche 13 mm lange Spalte setzt sich distalwärts in eine kaum wahrnehmbare Furche fort, die parallel dem medialen Rande der Vorderarmplatte verläuft. Durch Spalte und Furche, durch letztere allerdings nur sehr undeutlich, wird eine im proximalen Teile prismatische, im distalen platté Randpartie abgetrennt.

Am distalen Ende ist diese Partie, die dem Körper der Ulna entspricht, knopfförmig verdickt. Die laterale Ecke dieser Verdickung ist abgeschrägt und trägt

eine kleine nach vorn und lateral gerichtete überknorpelte Gelenkfläche. Die Ulna ist also auf der ventralen Fläche, wenn auch nicht schafft, so doch immerhin genügend deutlich abgegrenzt. Die laterale Partie, die dem Radius entspricht, läßt diesen Knochen nicht so deutlich hervortreten. Proximal geht diese Partie vollständig kontinuierlich in den Humerusschaft über, von der tiefen mittleren Mulde ist sie durch einen kaum wahrnehmbaren Kamm abgesondert. Am distalen Ende befindet sich ebenfalls eine Verdickung, welche kammartig volarwärts vorspringt. Ihre mediale Ecke ist abgeschrägt und trägt eine kleine überknorpelte Gelenkfläche, welche derjenigen an der Ulna zugekehrt ist. Beide Gelenkflächen sind voneinander durch eine tiefe Spalte getrennt.

Von der Dorsalseite betrachtet tritt wieder die Ulna deutlich hervor: Der Spalt zwischen beiden distalen Gelenkflächen geht auf der Dorsalseite in eine dem Rande des Knochens parallel verlaufende Rinne über, die proximalwärts allmählich verstreicht und durch einen Wulst fortgesetzt wird, der zur unteren Ecke des Epicondylus lateralis zieht. Neben diesem Wulst befindet sich eine Furche, die proximal in den C-förmigen Spalt mündet, so daß das Olecranon deutlich von Humerus und Radius abgesondert ist. Die mittlere und mediale Partie der Platte bildet auf der Rückseite ein zusammenhängendes, flaches Knorpelstück, das ohne Grenzen in den Humerusschaft übergeht. Am distalen Ende ist dieser Teil ebenso wie die Ulna etwas vorgewölbt und rauh.

Wie man sieht, kann die Ulna recht deutlich abgegrenzt werden, der Radius dagegen ist vollständig in die Vorderarmplatte eingeschmolzen. Allerdings sind beide Knochen so stark verändert, daß sie auch nicht im entferntesten an die normalen erinnern. Die mittlere muldenförmige Partie, die sehr dünn ist, so daß sie gegen das Licht gehalten durchscheint, entspricht offenbar der Membrana interossea.

Betrachten wir den Armknochen von der medialen Seite, so fällt auf, daß die beiden Epicondylen und die Mitte des Tuberculum maius in einer Ebene liegen, es hat also im Vergleiche zum normalen Humerus eine Torsion um 90° um die Längsachse stattgefunden, oder richtiger, der Humerus hat die normale Torsion nur teilweise gemacht. So erklärt sich auch die eigenartige Stellung des Olecranon, es befindet sich etwa dort, wo beim normalen Arme der Epicondylus medialis zu suchen wäre.

Die Vorderarmplatte steht mit ihrer Kante senkrecht zur Ebene der beiden Epicondylen, die Ulna liegt hinten und die radiale Partie vor ihr. Die beiden Knochen sind also in der Stellung mit dem Daumen nach oben verwachsen. Ferner ist die ganze Platte unter einem Winkel von ca. 135° angesetzt, was einer leichten Flexionsstellung entspricht.

Ich gebe hier einige Maße des Armknochens:

Vom Caput humeri zur distalen Spitze der Ulna	228 mm
Vom Caput humeri zur Spitze des Epicondylus medialis	198 „
Breite des Caput humeri in der Ebene der beiden Epicondylen	36 „
Breite desselben senkrecht zur vorigen	40 „
Größter Abstand der Epicondylen	54 „
Ulna vom Olecranon zum vorspringendsten distalen Punkte	76 „
Dicke der Vorderarmplatte in der Vertiefung	1,5 „
sonst	3—5 „

Die proximale Fläche der ersten Karpalreihe hat, wie ja bei der vollständigen Modifikation der distalen Gelenkflächen des Armknochens zu erwarten war, eine recht starke Änderung erfahren. Das Naviculare ist auf seiner proximalen Fläche nicht mit Knorpel bedeckt. Zwischen ihm und dem gegenüberliegenden Teile des Armknochens, also dort, wo normalerweise das Radiokarpalgelenk sich be-

findet, liegt eine runde verschiebbliche, aus fibrösem Bindegewebe bestehende Platte, die einem Discus articularis ähnlich ist, jedoch finden sich zwischen diesem fibrösen Körper und den entsprechenden Knochenflächen keine Gelenkspalten. Die Fläche, die an dem normalen Naviculare die Facies articularis radialis trägt, ist rauh. Das Tuberculum ossis navicularis ist kaum ausgebildet.

Am Radiokarpalgelenk beteiligt sich hauptsächlich das Lunatum und nur ein kleiner radialer Teil des Triquetrum. Die Gelenkfläche des Lunatum ist durch eine dorsal-volar verlaufende Leiste in 2 Facetten geteilt, welche nach beiden Seiten schräg abfallen. Ulnarwärts schließt sich das Triquetrum mit seiner kleinen Gelenkfläche an. Die ganze karpale Gelenkfläche paßt genau in die distale Gelenkfläche des Armknochens hinein. Das Lunatum liegt also zwischen Radius und Ulna und hat für beide Knochen annähernd gleich große Gelenkfacetten.

Bei Radiusdefekt kommt eine ähnliche Bildung und Stellung der Gelenkflächen beinahe immer vor. Kümmel sagt hierüber: „Der Proc. styloideus pflegt zu fehlen, und statt des normalen Gelenkendes bildet meist eine abgeflachte Rundung das freie Ende des Knochens (der Ulna). An diesem ist in einigen Fällen eine meist schlecht entwickelte Cartilago triquetra angeheftet, die aber nicht im Handgelenke eingeschaltet zu sein pflegt. Die Karpalknochen artikulieren auch nicht am freien Ulnaende, sondern an einer ovalen oder rundlichen, glatten, zuweilen auch überknorpelten Fläche, die sich etwas oberhalb des freien Endes auf der vorderen und meist medialen Seite der Ulna findet. Am Handgelenk beteiligen sich ferner meist nur das Lunatum oder Triquetrum oder beide zusammen, die sich auf die geschilderte Gelenkfläche eingeschliffen haben.“

Leider konnten am stark eingetrockneten und gehärteten Präparate keine Bewegungen mehr ausgeführt werden, auch eine Präparation der Bänder war nicht möglich. Nach den anatomischen Befunden zu urteilen müssen die Bewegungen im Radiokarpalgelenk stark beschränkt gewesen sein. Namentlich die Dorsal-, aber auch die Volarflexion müssen, nach der Gelenkform zu urteilen, beschränkt gewesen sein. Dagegen sind offenbar Abduktion und Adduktion ganz unbehindert gewesen. Schließlich ist wahrscheinlich auch eine Rotationsbewegung möglich gewesen, welche einen sehr bescheidenen Ersatz der unmöglichen Supinations- und Pronationsbewegung abgegeben haben mag. Von den Bewegungen des Handgelenks am Lebenden sagt Kiwull kurz: „Was das Handgelenk rechts angeht, so sind Beugung, Streckung, Adduktion und Abduktion in normalen Grenzen möglich.“

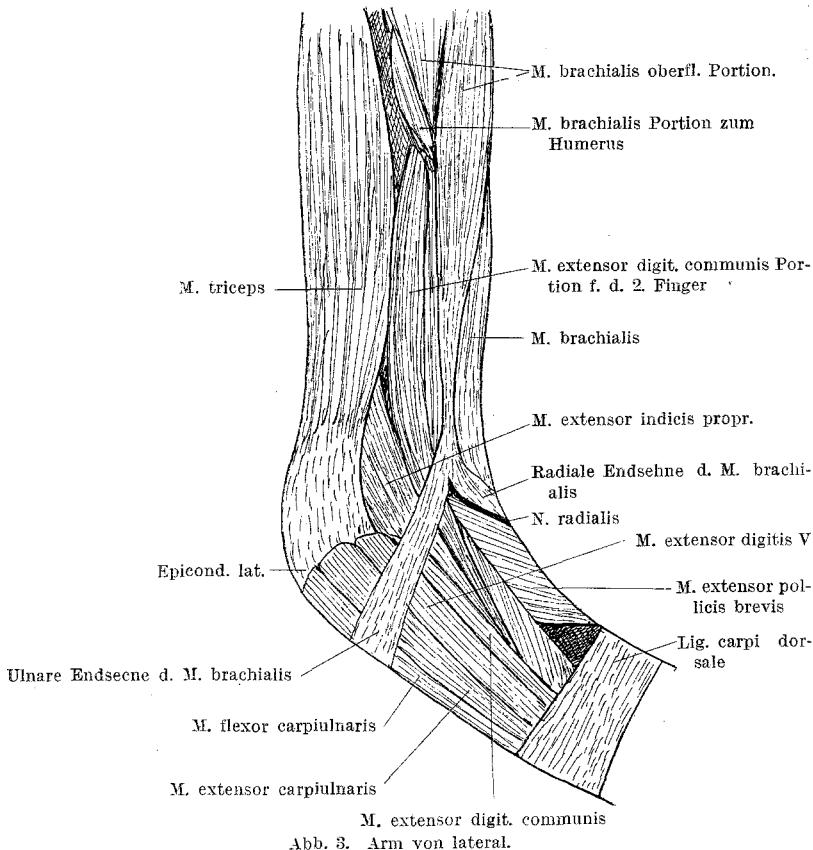
Von einer Beschreibung der übrigen Karpalknochen können wir absehen, da sie nur unwesentliche Abweichungen von der Norm aufweisen. Sie sind im allgemeinen kleiner und haben kleinere und vielfach unregelmäßige Gelenkflächen. Besonders erwähnt muß nur ein kleiner, überzähliger Knochen werden. Der nur 5 mm breite und 6 mm lange Knochen liegt auf der volaren Fläche des Carpus an der Stelle, wo Metakarpale II, III und Capitatum zusammenstoßen. Wahrscheinlich handelt es sich um die abgesprengte distale radiale Ecke des Capitatum (ein radiales Prokephaloid). Die gegenüberliegende proximale radiale Ecke des Metakarpale III ist etwas abgeschrägt. Der Knochen hat 3 kleine Gelenkflächen für die genannten Metacarpalen und für das Capitatum. Man wird diesen überzähligen Knochen nicht als pathologische Erscheinung beurteilen können, da überzählige Knochen und abgesprengte Teile der Karpalelemente auch an normalen Händen häufig vorkommen. Soweit ich feststellen kann, ist allerdings ein entsprechender überzähliger Knochen noch nicht beschrieben worden.

Bei Radiusdefekt ist, im Gegensatze zu unserem Fall, der Carpus immer stark defekt. Es fehlen meist Naviculare und Multangulum maius, zuweilen auch das Multangulum minus. Ferner finden sich fast immer Defekte oder Verlust der

Metacarpalia und Phalangen, die in unserem Falle vorhanden und vollständig normal waren.

Wir wenden uns jetzt der Beschreibung der Muskulatur zu. Der Arm ist durch einen etwas schräg geführten Schnitt aus dem Schultergelenk exartikuliert, so daß die Schultermuskeln und die Gefäße und Nerven in der Achselhöhle durchschnitten sind. Vom Pectoralis maior und Latissimus dorsi sind nur die Ansatzsehnen vorhanden.

Auf Grund des kurzen Stückes, das vom M. deltoideus (Abb. 2, 3) erhalten ist, läßt sich feststellen, daß der Muskel schwach entwickelt war, was auch Kiwüll



am Lebenden festgestellt hat. Die Fiederung des Muskels ist deutlich ausgeprägt. Die Vena cephalica verläuft durch den Muskel hindurch.

Der M. triceps (Abb. 3) bildet eine gut entwickelte Muskelmasse. Wir können 2 Hauptportionen unterscheiden: eine oberflächliche und mehr mediale, und eine tiefe, mehr laterale. Beide Schichten entspringen nicht vom Humerus, sondern weiter proximal, sind daher abgeschnitten. Die durchgeschnittene Ursprungssehne der tiefen Schicht ist dick und fast drehrund. Von dieser Sehne gehen unterhalb des Collum humeri fiederförmig Muskelfasern ab, die sich am Humerus ansetzen, wo sie eine ganz schmale Ansatzlinie bilden, die nach unten hin breiter

wird und kurz vor dem Epicondylus medialis und dem Olecranon an einem quer verlaufenden Knochenkamme endet. Die nach hinten gerichtete Fläche des Muskels ist bindegewebig an der nach vorn gewandten, dagegen ist das Muskelfleisch kräftig entwickelt.

Dieser tiefe Teil wird beinahe vollständig von dem oberflächlichen bedeckt. Bei der Exartikulation ist derselbe ebenfalls von seinem Ansatz abgeschnitten. Das erhaltene Stück beginnt fleischig und zieht als ziemlich dicker Muskel zum distalen Ende des Humerus, hier setzt er sich mit starken Sehnen an die beiden Epicondylen und das Olecranon und einen starken Sehnenbogen, der zwischen Olecranon und Epicondylus medialis ausgespannt ist, an. Die Endsehne beginnt schon etwa in der Mitte des Oberarms, jedoch nur auf der Oberfläche des Muskels, die Unterseite bleibt bis zum Ansatz an die genannten Orte fleischig. Die eben beschriebene Schicht setzt sich also am Schaft des Humerus nicht an. Sie erhält einen allerdings schwachen akzessorischen Kopf in der distalen Hälfte des Humerus; die Fasern entspringen von derselben Ursprungsstelle wie die tiefe Schicht und schließen sich der oberflächlichen an.

Der 3. Kopf des Triceps ist vollständig vom oberflächlichen bedeckt. Er beginnt sehnig von der Hinterfläche des Humerus unterhalb des Collum, wird aber bald fleischig, der Ursprung reicht ungefähr bis zur Mitte des Knochens, distal setzt er sich fleischig an das Olecranon und den Epicondylus lateralis an.

Der den Muskel innervierende Radialisast ist ebenfalls in der Achselhöhle durchgeschnitten unterhalb seines Abgangs vom Hauptstamme. In den meisten Lehrbüchern der Anatomie findet man die Angabe, daß der Tricepsast kurz vor dem Eintritt in den Canalis radialis abgegeben wird. Nach eigenen Untersuchungen kann ich die Angabe von Frohse und Fränkel, daß der Ast für den Triceps unterhalb der Achselhöhle abgegeben wird, vollständig bestätigen. An 8 Leichen fand ich den Ursprung des Astes für das Caput longum in der Nähe des unteren Randes des M. subscapularis, die Äste für die beiden anderen Köpfe gingen etwas weiter distal ab. In unserem Falle ist also der hohe Abgang nichts Außergewöhnliches, sondern entspricht vollständig der Norm. Zur Innervation des Triceps in unserem Fall wäre noch zu bemerken, daß die Nerven von der Oberfläche her in den Muskel eindringen.

Die Homologisierung der 3 recht stark modifizierten Köpfe ist nicht schwer. Die tiefe mehr mediale Schicht, die mit kräftiger, runder Sehne vom Schultergürtel entspringt, ist das Caput longum. Die oberflächliche und etwas mehr lateral und nach hinten gelegene Schicht ist das Caput laterale. Schließlich die ganz vom Humerus entspringende 3. Schicht ist das Caput mediale.

Interessant ist es, daß das Caput laterale mit seinem Ursprung nicht auf den Humerus beschränkt ist.

An den Triceps schließt sich vorn der M. biceps an (Abb. 4, 5, 6). Im Vergleiche zum normalen Muskel ist er sehr auf die mediale Seite gerückt. Der Muskel ist recht stark modifiziert. Am Schultergelenk sind beide Köpfe abgeschnitten. Das laterale Caput longum ist schwächer entwickelt als der kurze Kopf. Seine Sehne ist platt, 4—5 mm breit und kann nach oben hin bis an die Gelenkkapsel verfolgt werden, an der er anzusetzen scheint. Das Caput breve ist gut entwickelt; soweit es erhalten ist, ist es fleischig, es besteht aus 2 ungleichen Abteilungen, die aber distal miteinander verschmelzen. In der Mitte des Oberarms verschmelzen alle 3 Portionen vollständig miteinander zu einem platten, bandartigen Muskel, welcher recht viel sehniges Bindegewebe aufweist.

Beim Ansatz läßt der Muskel einige Schichten erkennen, die durch den Durchtritt von Nerven und Gefäßen hervorgerufen sind. Die oberflächlichsten Fasern gehen in ein starkes fibröses Band über, welches über den Epicondylus medialis weg-

zieht und sich zum Teil an dessen unterem Rande mit einigen kräftigen Sehnenfasern ansetzt. Die Hauptmasse dieses Bandes geht in die ulnare Partie der Antibrachialfascie und in die straffe Bindegewebsmasse über, welche das Olecranon bedeckt. Dieses einem Lacerus fibrosus vergleichbare derbe Band spaltet an-nähernd 2 cm vor dem Epicondylus medialis ein tiefes Blatt ab, das vom oberflächlichen durch die zwischen ihnen hindurchgehende A. ulnaris getrennt wird. Das tiefe Blatt setzt sich am oberen Rande des Epicondylus medialis an.

Die tiefere Hauptmasse des M. biceps geht in 2 kräftige Sehnen über: eine mediale und eine radiale. Die mediale Sehne zieht gerade distalwärts und setzt

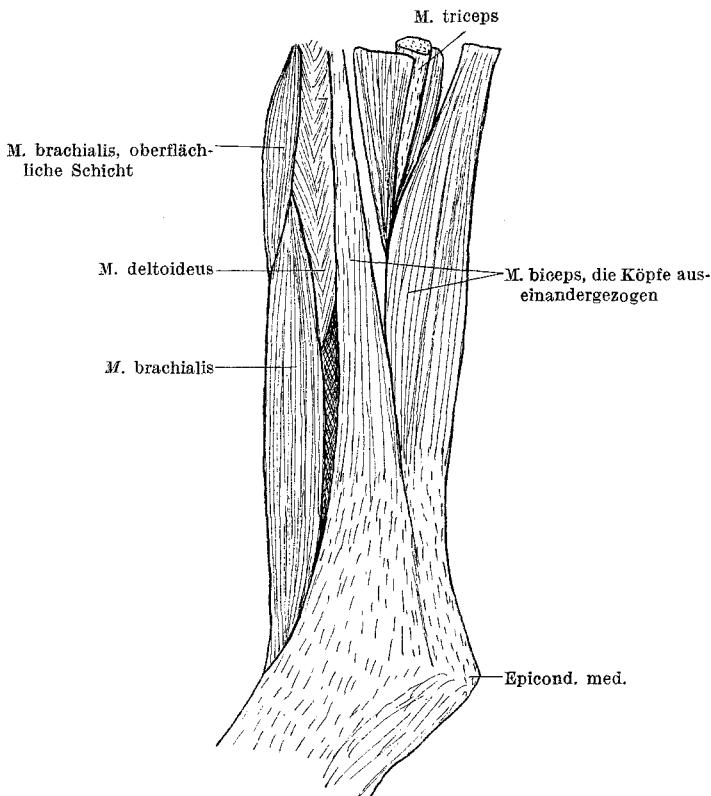


Abb. 4. Arm von medial. Die Bicepshöfen sind auseinandergezogen.

sich in der Mitte des distalen Humerusrandes, d. h. am oberen Rande der muldenförmigen Vertiefung des Vorderarmknochens an. Die radiale Endsehne ist stärker als die mediale, sie zieht am radialen Rande der Unterarmplatte distalwärts und schlingt sich in einer Furche um das distale Ende derselben auf die Rückseite, hier setzt sie sich etwas radial von der Furche, welche die beiden Gelenkfacetten trennt, am Radius an. Die Sehne liegt der Kapsel des Radiokarpalgelenks fest an und ist zum größten Teile mit ihr verwachsen.

Innerviert wird diese Muskelmasse vom N. musculocutaneus.

Einen selbständigen Coracobrachialis finden wir nicht, er ist offenbar im Caput breve enthalten.

Ganz besonders stark modifiziert ist die Muskelmasse, die zwischen Triceps und Biceps, an der lateralen Partie der Vorderfläche des Humerus, liegt (Abb. 4, 5). Vom Biceps ist diese Muskelmasse im proximalen Teile durch den Deltoides und Ansatz des M. pectoralis major getrennt. Man kann an ihr 2 Schichten unterscheiden. *

Der Ursprungsteil der tiefen Schicht ist in der Gelenkhöhle abgeschnitten; das erhaltene Stück beginnt mit einer dicken, runden Sehne, die bald in einen gut entwickelten Muskelbauch übergeht, ein Ursprung von der Humerusfläche findet im oberen Teile nicht statt. Etwa in der Mitte des Oberarms beginnt an

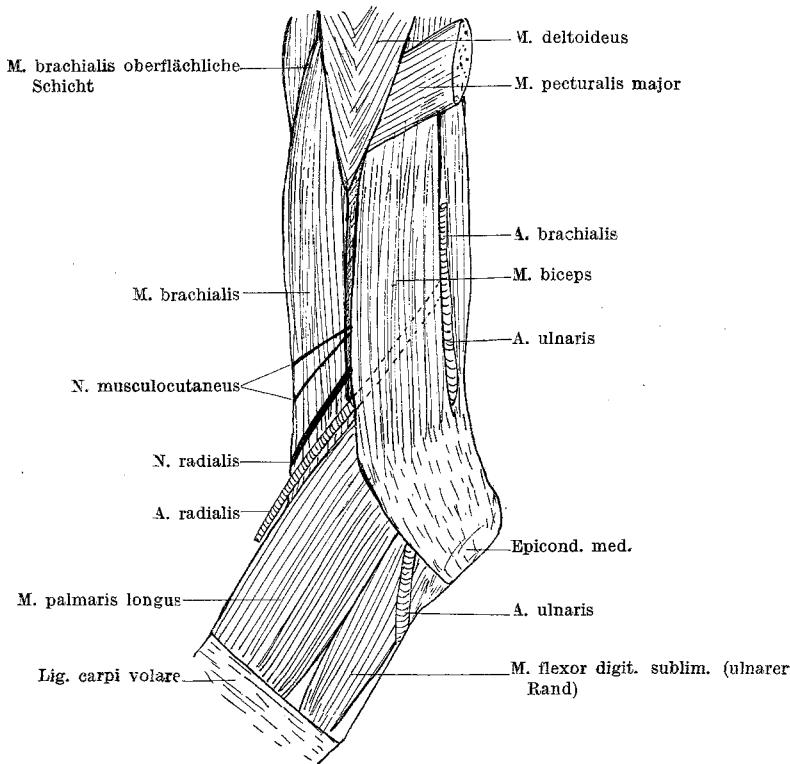


Abb. 5. Arm von medial. Die Fascie vom Unterarm entfernt.

der dem Humerus zugewandten Fläche die Endsehne. Der Muskel ist in diesem Teile gefiedert. Distal liegt die Endsehne der radialen Kante der Unterarmplatte fest an und ist im proximalsten Gebiete fest mit dem Periost derselben verwachsen. Außerdem setzen sich noch Fasern längs dem oberen Rande der muldenförmigen Vertiefung der Unterarmplatte, radial von der medianen Bicepssehne, an.

Im oberen Drittel des Humerus wird diese tiefe Schicht von einem platten Muskel bedeckt, der proximal mit dem tiefen verwachsen ist. Die lateralsten Fasern des Muskels erhalten bald eine gewisse Selbständigkeit und setzen sich als kleiner Muskelbauch fleischig an einem kleinen Felde im oberen Drittel des Humerus, und zwar schon auf dessen hinterer Fläche, an, wo er unmittelbar an den M. triceps grenzt, von dem er durch den hier liegenden N. radialis getrennt ist.

Vom übrigen Teile des oberflächlichen Muskels gehen die mittleren Fasern an die derbe Fascie, welche den ganzen distalen Teil des Oberarms auf der Rückseite bedeckt. Die radialen Fasern gehen annähernd in der Mitte des Oberarms in eine platte Sehne über, die sich weiter distal in 2 ziemlich breite aponeurotische Endsehnen teilt. Die ulnare von ihnen zieht im Bogen über den Ansatz der Extensoren hinweg und verschmilzt mit der derben Fascie, welche proximal vom Ligamentum carpi liegt. Die schmälere, aber dickere radiale Endsehne teilt sich wieder in 2 Sehnen; die eine geht unter rechtem Winkel ab, schlingt sich um den radialen Rand der Unterarmplatte auf die volare Seite, wo sie mit dem Ligamentum carpi volare verschmilzt. Die andere Sehne zieht unter dem Abductor pollicis longus und Extensor pollicis brevis hindurch und setzt sich auf der Dorsalseite an das Ligamentum carpi dorsale an.

Die ganze beschriebene Muskelmasse wird vom N. musculocutaneus innerviert. Ein dicker Ast dieses Nerven gelangt unterhalb der Mitte des Oberarms dem Knochen fest anliegend von unten her in die tiefe Schicht, steigt darauf in derselben nach oben, wobei er Muskeläste abgibt. Ein feines Ästchen gelangt an die Oberfläche der tiefen Schicht und dringt von unten her in die oberflächliche ein. Beide Schichten werden also nicht nur von ein und demselben Nervenast innerviert, sondern derselbe dringt in die oberflächliche ein, nachdem er sich in der tiefen verzweigt hat. Eine Innervation durch den N. radialis, wenn auch nur eines Teils der Muskelmasse, worauf ich besonders geachtet habe, findet nicht statt.

Die eben beschriebene Muskelmasse ist so stark modifiziert, daß eine Homologisierung, namentlich der oberflächlichen Schicht, Schwierigkeiten bereitet. Der teilweise Ansatz der oberflächlichen Portion an dem Humerus und sein Ursprung vom Schultergürtel legt den Gedanken nahe, daß es sich um eine abgesprengte Partie des Deltoideus handelt. Allein dagegen spricht die Innervation. Die ganze Muskelmasse wird vom N. musculocutaneus innerviert, und damit ist ihre Zugehörigkeit zur Gruppe der von diesem Nerven innervierten Muskeln, d. h. Biceps, Coracobrachialis und Brachialis erwiesen. Eine Homologisierung mit dem Coracobrachialis ist der Lage wegen nicht möglich: die oberflächliche Schicht liegt auf der lateralen Fläche des Humerus, wobei der Ansatz auf der hinteren Fläche derselben liegt. Ferner ist die ganze Muskelmasse durch den Deltoideus- und Pectoralisansatz vom Biceps geschieden. Es kommt also nur der M. brachialis in Betracht, und wir werden beide Schichten als stark modifizierte Teile dieses Muskels aufzufassen haben.

Außerordentlich eigenartig ist, wie ja zu erwarten war, die oberflächliche Flexorengruppe des Unterarms gestaltet (Abb. 5, 6); sie ist auf den Oberarm heraufrückt und in enge Beziehung zum M. biceps getreten. Die oberflächlichste Schicht entspringt von beiden Lacertusblättern des Biceps, und zwar von der Unterfläche des oberen und der Oberfläche des unteren. Der Ursprung reicht distal nicht bis zum Epicondylus medialis, proximal reicht er annähernd bis zur Grenze des mittleren und unteren Drittels des Oberarms. Von diesem Ursprunge ziehen die Fasern schräg nach unten und radialwärts und setzen sich am Ligamentum carpi volare an. Innerviert wird der Muskel vom N. medianus.

Unter diesem Muskel liegt ein ebenfalls blattförmiger Muskel; er beginnt vom Epicondylus medialis und von den 3 proximalen Zentimetern eines Sehnenbogens, welcher an der Unterfläche des vorhergehenden Muskels liegt und bogenförmig vom Epicondylus medialis zur Mitte des Ligamentum carpi volare zieht. Von diesem Ursprunge strahlen die Muskelfasern fächerförmig aus. Die obersten ziehen unter dem Lacertus des Biceps, genau dessen Faserrichtung einhaltend, nach oben und setzen sich, proximal vom oberen Rande der ihn bedeckenden oberflächlichen

Schicht der Unterarmmuskulatur, an die Unterfläche des Lacertus fibrosus an. Die nächsten Fasern haben einen queren Verlauf und setzen sich an die mediane tiefe Bicepssehne mit kurzen festen Sehnen an. Zwischen dieser Schicht und dem M. biceps gehen der N. musculocutaneus und die A. radialis hindurch.

Unter dieser Schicht befindet sich noch eine 3. tiefe. Sie entspringt fleischig, zusammen mit dem M. flexor digitorum sublimis an dessen radialer Seite, von der vorderen Fläche der medianen Bicepssehne. Der nicht sehr breite, aber dicke Muskel bedeckt die aneinanderstoßenden Ränder des tiefen und oberflächlichen Fingerbeugers. In der Mitte seiner vorderen Fläche hat er eine Sehne. Der Muskel

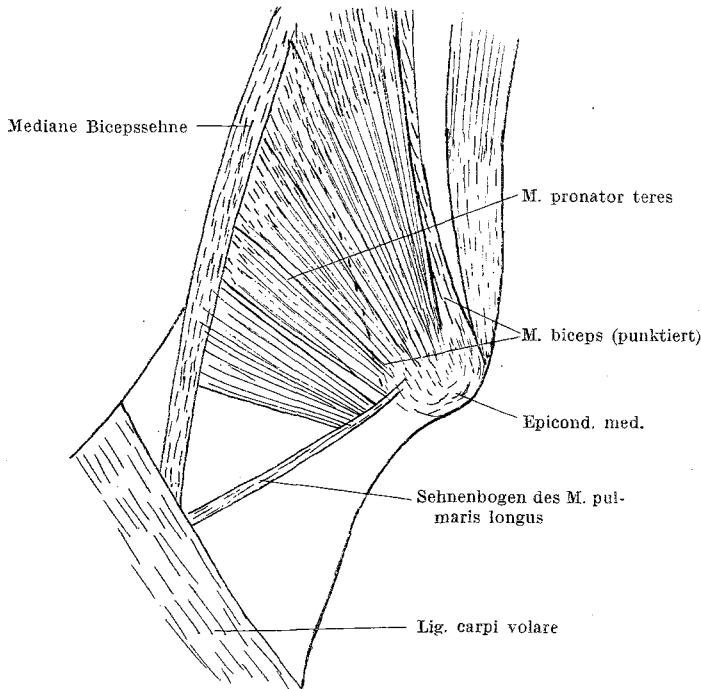


Abb. 6. Unterarmmuskeln volare Fläche. Der M. palmaris longus und der Biceps sind entfernt, die Konturen des Biceps sind durch eine gestrichelte Linie angedeutet.

zieht zum Ligamentum carpi volare, wo er mit der oberflächlichsten Schicht verwächst und zusammen mit ihr am Ligamentum carpi volare ansetzt. Zwischen dieser 3. Schicht und der oberflächlichsten liegt also die 2. transversale, fächerförmige Schicht. Innerviert wird er wie der vorhergehende vom N. medianus.

Für die Homologisierung dieser 3 Schichten kommen nur der M. palmaris longus, M. pronator teres und M. flexor carpi radialis in Betracht, da die anderen Flexoren vorhanden sind. Die oberflächlichste Schicht läßt sich ganz gut mit dem Palmaris longus identifizieren (Abb. 5), wenn er auch sehr stark modifiziert ist. Weit größere Schwierigkeiten bieten die beiden folgenden Schichten. Die mittlere, fächerförmige muß als Pronator teres aufgefaßt werden, der Ursprung am Epicondylus medialis stimmt überein, der Ansatz erfolgt aber nicht am Radius, sondern an der medianen Bicepssehne, welche übrigens in gewissem Sinne dem Radius entspricht, da von ihr auch das Caput radiale des Flexor digitorum sublimis

und, wenn wir die tiefste Schicht als Flexor carpi radialis auffassen, auch dieser entspringt. Ganz abweichend ist die Topographie des M. pronator teres zum N. medianus, da dieser weit tiefer unter der tiefen Schicht liegt. Am schwierigsten ist die tiefste Schicht zu deuten, nur mit großer Unsicherheit können wir in ihr den Flexor carpi radialis vermuten. Sie entspringt nicht wie dieser vom Epicondylus medialis, sondern von der medianen Bicepssehne, die, wie oben angedeutet, in gewissem Sinne den Radius ersetzt. Man könnte also annehmen, daß es sich um einen akzessorischen Ursprung vom Radius handelt, welcher auch sonst beobachtet worden ist. Ganz abweichend und unverständlich ist aber der Ansatz am Ligamentum carpi, da die Hand vollständig normal entwickelt ist und daher auch ein normaler Ansatz am Metakarpale II und III zu erwarten wäre.

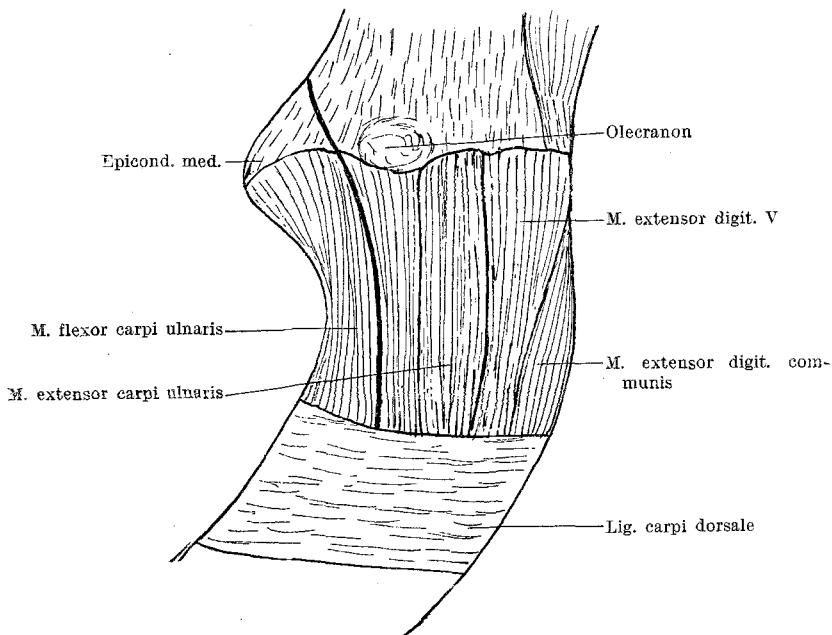


Abb. 7. Unterarmmuskeln, dorsale Fläche.

Der Flexor digitorum sublimis (Abb. 5) hat 2 Köpfe. Der radiale entspringt mit einer kurzen, aber starken Sehne von der medianen Bicepssehne. Der mediale Kopf entspringt vom Epicondylus medialis und proximal von ihm von dem Lacertus des M. biceps, und zwar in derselben Weise wie der Palmaris longus, d. h. von den einander zugekehrten Flächen beider Blätter. Proximal erstreckt sich der Ursprung bis zum Palmaris longus. Der M. flexor digitorum sublimis ist ein breiter, dicker Muskel. Schon proximal vom Ligamentum carpi volare teilt er sich in 2 starke Sehnen, die annähernd den beiden Köpfen entsprechen. Die radiale Sehne geht ausschließlich zum 3. Finger, die ulnare spaltet im Canalis carpi eine dünne Sehne zum 5. Finger ab, die Hauptsehne zieht zum vierten.

Der 2. Finger wird von einem ganz selbständigen Muskel versorgt; er entspringt fleischig vom Epicondylus medialis und liegt unter den beiden anderen Köpfen, vollständig durch den N. und die A. mediana von ihnen getrennt. Noch im Canalis carpi ist er fleischig und geht erst distal von ihm in eine sehr starke Sehne über,

die sich neben die des 3. Fingers legt. Alle 3 Köpfe des Flexor digitorum sublimis bilden einen dicken, beinahe drehrunden Strang, der vom rinnenförmigen Flexor digitorum profundus von 3 Seiten umfaßt wird.

Der Flexor digitorum profundus entspringt von der ganzen muldenförmigen Vertiefung der Vorderarmplatte. Die radiale Portion des Muskels, d. h. derjenige Teil, welcher zum Daumen und Zeigefinger geht, liegt schon radial von der Mulde und frei neben dem Flexor digitorum sublimis. Etwas Ähnliches findet auch an der ulnaren Seite statt, wenn auch hier die Muskelpartie nicht bis zur Oberfläche reicht. Der Flexor digitorum profundus umfaßt daher den sublimis rinnenförmig von 3 Seiten. Von der einheitlichen Muskelmasse gehen Sehnen an alle 5 Finger,

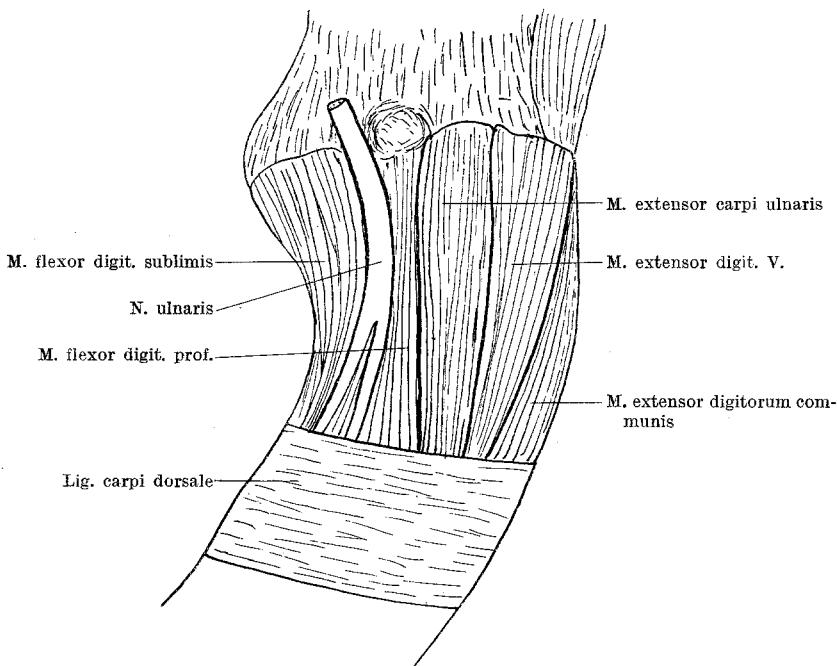


Abb. 8. Unterarmmuskeln, dorsale Fläche. Der M. flexor carpi ulnaris ist entfernt.

es ist also auch der Flexor pollicis longus in die gemeinsame Muskelmasse mit eingeschlossen. Der Ansatz der Sehnen sowohl des tiefen, als auch des oberflächlichen Fingerbeugers entspricht in jeder Hinsicht der Norm.

An den Flexor digitorum sublimis schließt sich der Flexor carpi ulnaris an (Abb. 7). Er hat die charakteristische Lage, wie man sie bei Mißbildungen mit Radiusdefekt findet, d. h. er ist gleichsam auf die Kante gestellt und steht senkrecht zur Volarfläche. Seine ursprüngliche Oberfläche ist zur Seite der Extensoren gewandt, während an die Volarfläche nur seine ursprünglich radiale Kante gerichtet ist. So kommt es, daß er mit seiner Unterfläche die ulnaren Ränder der beiden aufeinanderliegenden Fingerbeugern bedeckt. Zwischen ihm und den beiden Fingerbeugern geht der N. ulnaris hindurch. Der Flexor carpi ulnaris entspringt vom Olecranon, Epicondylus medialis und dem derben Bindegewebe, welches zwischen beiden liegt. Der Ansatz am Pisiforme und vermittels des Ligamentum pisometacarpeum am Metacarpale V ist wie in der Norm.

Der Extensor digitorum communis (Abb. 3) beginnt vom Epicondylus lateralis, einige Fasern entspringen auch noch weiter oben von der Tricepssehne. Der Muskel gibt die Sehnen für den 3.—5. Finger ab. Der 2. Finger erhält einen recht selbständigen Muskel, an dem man 2 Köpfe unterscheiden kann. Der eine liegt unter der gemeinsamen Muskelmasse des Extensor digitorum und entspringt vom Epicondylus lateralis. Der andere entspringt von der hinteren Fläche des Humerus an der unteren Grenze des mittleren Drittels. Dieser Kopf ist sehr schmal und teilt sich bald in 2 Sehnen, die dünneren ulnare verbindet sich mit der gemeinsamen Muskelmasse des Extensor digitorum, an die dickere radiale setzen sich fiederförmig die Fasern des anderen, vom Epicondylus lateralis entspringenden Kopfes an. Der durch Vereinigung beider Köpfe entstandene Muskel wird darauf auf eine kurze Strecke wieder fleischig und geht dann in gewöhnlicher Weise in die Sehne des 2. Fingers über.

Der Extensor digiti V proprius (Abb. 3, 7, 8) ist ein prismatischer Muskel, der mit einer Kante nach innen gerichtet ist; eine Fläche schaut nach oben und bedeckt ein wenig den Rand des M. extensor digitorum communis. Er beginnt vom Epicondylus lateralis und geht in üblicher Weise in seine gut entwickelte Endsehne über.

Der Extensor carpi ulnaris (Abb. 3) entspringt fleischig von einem grubig vertieften Felde etwas unterhalb des Epicondylus lateralis. Etwas proximal vom Ligamentum carpi geht er in seine dünne, aber kräftige Endsehne über und setzt sich wie in der Norm am Metacarpale V an.

Die tiefen Streckmuskeln des Daumens und des Zeigefingers sind dadurch ausgezeichnet, daß sie sehr hoch am Humerus entspringen und fast die ganze Strecke oberflächlich liegen, sie sind nur teilweise von dem Kopfe des Extensor digitorum communis für den 2. Finger bedeckt.

Der Abductor pollicis longus entspringt von der hinteren Fläche des Humerus etwa 3—4 cm oberhalb des Epicondylus lateralis, unterhalb des Ursprungs des Extensor digiti II. Er verwächst vollständig mit dem Extensor pollicis brevis, der von der vorderen Fläche des Epicondylus lateralis entspringt. Beide bilden einen breiten, platten Muskel, erst kurz vor dem Ligamentum carpi transversum entspringen die beiden Sehnen und setzen sich in gewöhnlicher Weise am Daumen an.

Der Extensor indicis proprius entspringt sehnig von dem Wulst auf der Rückenfläche der Vorderarmplatte, zieht zum Handrücken und geht erst in der Mitte des Metacarpale II in seine Endsehne über.

Der Extensor pollicis longus entspringt von demselben Wulst wie der vorhergehende, nur weiter proximal, unterhalb des Epicondylus lateralis; er kreuzt den vorhergehenden, auf dem er aufliegt. Auf dem Carpus geht er in seine Endsehne über.

Die eigentlichen Handmuskeln weisen nur ganz unbedeutende Abweichungen auf, die durchaus ins Gebiet der physiologischen Variationen gehören.

Die Palmaraponeurose und der M. palmaris brevis sind gut entwickelt.

Nachdem wir die Muskeln im einzelnen beschrieben haben, ist es interessant, festzustellen, in welcher Weise das Fehlen des Ellenbogen-gelenkes auf die Muskeln, welche in normalem Zustande die verschiedenen Bewegungen in diesem Gelenk ausführen, gewirkt hat. Es sind folgende Muskeln: die Beuger: Biceps, Brachialis und Brachioradialis; die Strecker Triceps und Anconaeus; die beiden Pronatoren und der Supinator. Von diesen Muskeln gehen Biceps und Triceps über zwei Gelenke, so daß sie

durch das Fehlen des Ellenbogengelenkes noch nicht vollständig außer Funktion gesetzt sind.

Der Biceps bewirkt bekanntlich im Ellenbogengelenk bei Supinationsstellung Beugung des Vorderarmes gegen den Oberarm und bei Pronationsstellung zuerst die Supination und dann im Anschluß an dieselbe die Beugung. In unserem Falle führt der Biceps ausschließlich Beugungen im Schultergelenk aus. Er setzt sich, wie wir gesehen haben, am Epicondylus medialis, am oberen Rand der Vorderarmgrube und auf der Rückseite des distalen Radiusendes an. Der Muskel wird also vor allem eine Beugung des ganzen Knochens im Schultergelenk und eine leichte Rotation nach innen hervorgerufen haben. Der Biceps tritt also durch Erwerbung dieser neuen Funktion mit dem M. deltoideus, pectoralis major und coracobrachialis in Konkurrenz und so erklärt es sich wohl auch, daß diese Muskeln verhältnismäßig schwach entwickelt sind. Für den Deltoides konnten wir das deutlich am Präparat feststellen, für den Pectoralis major sieht man es deutlich an der bei Kiwull gegebenen Photographie.

Auch beim Triceps hat ein Funktionswechsel stattgefunden. Der Muskel setzt sich nicht nur am Olecranon, sondern auch an die beiden Epicondylen an. Der Muskel wird also hauptsächlich den Arm nach hinten bewegt haben, außerdem wird er aber noch eine Adduktion bewirkt haben, da die Ebene der beiden Epicondylen etwas medial gerichtet ist, namentlich bei nach außen gerolltem Arm. Interessant ist, daß auch das Caput laterale einen Ansatz am Schultergürtel hat, wodurch die Wirkung des Muskels ganz erheblich verstärkt wurde.

Natürlich sind die Muskeln, welche nur zu den geschwundenen Gelenken in Beziehung stehen, viel stärker modifiziert: ein Teil von ihnen ist ganz geschwunden, nämlich der Brachioradialis, der Pronator quadratus und der Supinator. Die anderen haben sich nur durch Erwerbung neuer Funktionen erhalten. So der Pronator teres, der bis zur Unkenntlichkeit modifiziert, sich an der Bicepssehne festsetzt und offenbar diese Sehne medianwärts gezogen hat und allenfalls noch als Fascienspanner in Frage kommt. Am interessantesten ist der Brachialis, er hat sich als kräftiger Muskel entwickelt, dadurch, daß er einen starken Ursprung am Schultergürtel gewann. Der Brachialis ist durch seinen Ansatz am nach vorn gerichteten Radius ein beinahe reiner Vorwärtsheber des Armes geworden. Der Ansatz seiner oberflächlichen Partien auf der hinteren Fläche des Humerus im oberen Drittel desselben, muß eine Einwärtsrollung bewirkt haben.

Man könnte annehmen, daß der Brachialis auch noch den Brachioradialis enthält, namentlich die dicke Sehne, welche an das Periost des Radius angewachsen ist und bis zu dessen distalem Ende reicht, legt den Gedanken nahe, daß dieses Ende ein modifizierter Brachioradialis

sein könnte. Diese Auffassung scheint um so wahrscheinlicher, als beide Muskeln vielleicht zusammengehören. Nach Auffassung von Frohse und Fränkel „ist der Muskel (Brachioradialis) eine abgesprengte Portion des M. brachialis, soweit derselbe vom N. radialis versorgt wird, nur daß der Ansatz weit distalwärts hin verlegt ist, fast bis an den Processus styloideus radii hin“ (S. 153). Ob überhaupt ein derartiger Zusammenhang zwischen Brachialis und Brachioradialis besteht, müssen noch künftige Untersuchungen feststellen. In unserem Falle bietet eine Schwierigkeit für diese Erklärungsweise der Umstand, daß keine Innervierung der in Frage kommenden Muskelpartien durch den N. radialis festgestellt werden konnte.

Im allgemeinen sind also die Pronations- und Supinationsmuskeln am allermeisten durch den Schwund der entsprechenden Gelenke betroffen worden. Die Flexoren und Extensoren haben ihre Wirkung auf das Schultergelenk übertragen.

Es kommen aber in unserem Fall auch starke Modifikationen der Armmuskulatur vor, die mit dem Schwund des Ellenbogengelenkes und der beiden radioulnararen Gelenke in gar keiner Beziehung stehen. Hierher gehören das vollständige Fehlen der beiden Extensores carpi radialis und die starke Modifikation des Flexor carpi radialis. Das Fehlen dieser Muskeln ist um so auffälliger, als die Hand vollständig normal entwickelt ist und die Muskeln funktionell nicht durch andere ersetzt sind. Allerdings sind alle drei Muskeln neben ihrer Hauptfunktion auch Supinatoren bzw. Pronatoren. Jedoch dürfte dieser Umstand ihr vollständiges Fehlen nicht ausreichend erklären.

Werfen wir einen Blick auf die Muskulatur bei Radiusdefekt, so sehen wir, daß in unserem Fall die Oberarmmuskulatur offenbar weit stärker modifiziert ist, als es bei diesen Mißbildungen zu sein pflegt. Bei Radiusdefekt sind Brachialis und Biceps verhältnismäßig nur wenig modifiziert. Der lange Bicepskopf inseriert häufig an der Schultergelenkkapsel, was wahrscheinlich auch in unserem Fall ebenso gewesen ist. In einigen Fällen fehlte er auch ganz. Distalwärts inserierte er häufig an der Fascie der Ellenbogengegend, am Radiusrudiment, falls ein solches vorhanden war; die Hauptsehne ging häufig an die Ulna, ein Verhalten, daß auch am nicht mißbildeten Arm als Varietät beobachtet wird.

Im Gegensatz zu unserem Fall ist der Brachialis immer schlecht entwickelt. In vielen Fällen finden sich, entsprechend unserer oberflächlichen Schicht, versprengte Muskelbündel. „Sie entspringen von den Endsehnen des Deltoides, Pectoralis major, von den Bicepsbäuchen oder von den verschiedensten Teilen des Humerus. Sie inserieren gemeinsam mit dem Hauptmuskel oder mit dem Biceps, in anderen Fällen an verschiedenen Teilen der Vorderarmfascie oder Ellenbogengelenkkapsel“ (Kümmel).

Ganz abweichend von unserem Fall, zeigen Coracobrachialis und Triceps bei Radiusdefekt nichts besonderes.

Von den Vorderarmmuskeln fehlen bei Radiusdefekt fast immer der Pronator quadratus und Supinator. Da der Daumen bei dieser Mißbildung häufig fehlt, so weisen auch am häufigsten die Daumenmuskeln Defekte auf. Recht oft fehlt auch der Extensor carpi radialis, seltener der Flexor carpi radialis. Der Extensor digitorum communis und der Extensor carpi ulnaris fehlen fast nie, sind aber gelegentlich schlecht entwickelt.

Wir sehen also, daß die Muskulatur in unserem Fall, trotz einiger unverkennbarer Anklänge an den Radiusdefekt, doch nicht in diese Gruppe gehört, sondern in vielen Beziehungen ganz eigenartige Entwicklungsrichtungen aufweist. Ein genauerer Vergleich ist leider ganz ausgeschlossen, da wir nur sehr wenige genauere Untersuchungen über das Muskelsystem bei Mißbildungen besitzen und diese oft, wie auch Kümmel hervorhebt, so mangelhaft sind, daß sie sich nicht verwerten lassen.

Am geringsten sind die Abweichungen, die die Nerven aufweisen, hiermit wird der in der vergleichenden Anatomie bekannte und so wichtige Satz, daß die Nerven das konservativste Element sind, auch bei Mißbildungen bestätigt. Die Nerven sind verhältnismäßig dick; wie bei einem normalen Arm.

Der N. cutaneus antebrachii medialis bietet keinerlei Besonderheiten.

Der N. medianus ist im oberen Drittel des Oberarms mit dem N. musculocutanus in eine gemeinsame Scheide eingeschlossen, innerhalb derselben verläuft die Anastomose zwischen beiden Nerven. Der N. medianus verläuft am medialen Rande des Biceps, anfangs auf der A. brachialis, dann lateral von ihr; im unteren Drittel wird er von der A. radialis gekreuzt. Darauf liegt er medial von der A. mediana und der medianen Bicepssehne, unmittelbar auf dem Knochen, weiter distal gelangt er zwischen den Kopf für den 2. Finger und die beiden Köpfe für den 3.—5. Finger des Flexor digitorum sublimis, so geht er auch durch den Canalis carpi, erst distal von ihm gelangt er an die Oberfläche und teilt sich hier in 3 Äste, die in üblicher Weise den 1.—3. Finger und die radiale Seite des vierten versorgen.

Der N. musculocutaneus gibt noch innerhalb der Scheide, die ihn und den N. medianus umschließt, den Nerv für den M. biceps ab. Es ist ein recht dicker Ast, der bald nach seinem Abgang eine feine Anastomose distalwärts zum N. medianus gibt. Darauf teilt sich der N. bicipitalis in einen oberen und unteren Ast. Auf dem Oberarm ist der N. musculocutaneus vom Biceps bedeckt. Annähernd in der Mitte des Oberarms teilt er sich in 3 Äste, der oberste dringt, wie schon vorhin beschrieben, auf dem Knochen aufliegend von unten her in den Brachialis, in dem er sich verzweigt. Der nächste nicht sehr starke Ast zieht lateralwärts unter dem Biceps hindurch und versorgt mit 3 Endästen die Haut an der radialen Seite des Vorderarms, die Äste lassen sich bis zum Carpus verfolgen. Der unterste Ast zieht ebenfalls unter dem Biceps hindurch, schlingt sich als dicker Nerv an der Basis des Metacarpale I auf die Dorsalseite, hier teilt er sich in 2 Äste: der eine verläuft längs dem radialen, der andere längs dem ulnaren Rande des Daumens. Gleich nach der Teilung gibt der ulnare Ast eine distalwärts gerichtete Anastomose

zum N. radialis, und nach einer kurzen Strecke eine proximalwärts gerichtete zu demselben Nerven. Beide Anastomosen kreuzen sich.

Der N. ulnaris zieht in üblicher Weise am Oberarm herab, geht zwischen Olecranon und Epicondylus medialis unter dem Tricepsansatz hindurch und gelangt hier zwischen M. flexor carpi ulnaris, der ihn von oben bedeckt, und die beiden Fingerbeuger. Er teilt sich bald in den Ramus volaris und dorsalis. Der Ramus volaris gibt in üblicher Weise einen tiefen und einen oberflächlichen Ast ab, letzterer verzweigt sich in der Haut des 5. und der ulnaren Seite des 4. Fingers. Der Ramus dorsalis versorgt den 3.—5. Finger und gibt einen feinen Verbindungsast zur Anastomose zwischen dem R. dorsalis n. radialis und dem N. cutaneus antebrachii dorsalis.

Der N. radialis tritt zwischen dem Caput longum und laterale des Triceps hindurch, wobei er diesem feine Zweige abgibt. Wie wir oben schon beschrieben haben, gehen die starken Nerven für den Triceps schon proximal vom Schultergelenk ab, und sind in unserem Fall nicht mehr im Zusammenhang mit dem Hauptstamm. Innerhalb des Muskelkanals teilt sich der Radialis in den N. cutaneus antebrachii dorsalis und seine beiden ansehnlichen Endäste, die zusammen mit der A. profunda brachii zwischen Triceps und Brachialis verlaufen.

Der Cutaneus antebrachii dorsalis tritt an der Grenze des oberen und mittleren Drittels des Oberarms zwischen dem M. triceps hervor. Er teilt sich gleich in 3 annähernd gleichstarke Äste. Der ulnare läuft zum Epicondylus lateralis und weiter auf die ulnare Seite des Vorderarms. Der radiale zieht auf der Rückseite des Vorderarms in die Richtung des Spatium metacarpale I. Auf dem Lig. carpi dorsale gibt er einen langen rückläufigen Ast zur radialen Seite des Vorderarms und einen kurzen zur Haut der Carpalgegend. Darauf gabelt er sich in 2 Äste, der dickere von ihnen vereinigt sich mit dem Aste des Ramus dorsalis N. radialis, der zur Ulnarseite des 2. Fingers zieht; er gibt vorher noch einen feinen Zweig zur Haut der Carpalgegend. Der feinere Endast anastomosiert weiter distal mit demselben Aste des N. radialis. Außerdem gibt der Cutaneus antebrachii dorsalis noch eine feine Anastomose zum N. ulnaris, die am distalen Rande des Lig. carpi verläuft. Der 3. Ast des N. cutaneus antebrachii dorsalis versorgt die Haut der Rückfläche des Vorderarms.

Von den beiden Endästen des N. radialis verhält sich der eine wie der Ramus profundus, er innerviert die Extensoren, den Abductor pollicis longus und brevis und den Extensor indicis proprius. Der 2. Endast zieht unter der selbständigen Portion für den 2. Finger des Extensor digitorum communis hindurch, liegt darauf auf dem Abductor pollicis longus und gelangt zur Rückenfläche der Hand. Hier gibt er je einen Ast für die radiale und ulnare Seite des 2. Fingers. Noch im Gebiete des Lig. carpi dorsale erhält er eine kräftige Anastomose vom N. musculocutaneus, etwas weiter erhält der Ast für den ulnaren Rand des Zeigefingers einen Verbindungsast vom N. cutaneus antebrachii dorsalis, noch weiter distal erhält derselbe Nerv ein Ästchen aus der Anastomose zwischen N. ulnaris und N. cutaneus antebrachii dorsalis. Dieser Ramus volaris verläuft also die ganze Zeit auf der Rückseite des Ober- und Unterarms zusammen mit dem Ramus dorsalis zwischen dem Triceps und Brachialis und tritt in keine Beziehung zur A. radialis. Der Handrücken wird also von den Nn. ulnaris, radialis, musculocutaneus und cutaneus antebrachii dorsalis innerviert, welche durch vielfache Anastomosen miteinander verbunden sind. Bekanntlich kommen alle diese Anastomosen auch beim normalen Arme vor, und zwar höchstwahrscheinlich konstant. Das Abweichende besteht darin, daß der Daumen vom Musculocutaneus innerviert wird, allerdings erhält dieser Nerv 2 Anastomosen vom Ramus volaris des N. radialis, so daß wahrscheinlich die Innervation der Haut doch durch Elemente des N. radialis erfolgt.

Kümmel referiert über einige Abweichungen der Nerven bei Mißbildungen, so sollen bei Radiusdefekt der N. radialis in einer größeren Zahl von Fällen bald unter dem Ellbogen geendet haben und sein Hautast zur Hand gefehlt haben. Der Musculocutaneus soll wiederholt aus dem Medianus gekommen sein. Ob es sich nicht in diesen Fällen um mangelhafte Präparation handelt? Namentlich die Angabe über den Musculocutaneus kann leicht dadurch entstanden sein, daß beide Nerven, wie in unserem Fall, in eine gemeinsame derbe Bindegewebshülle eingeschlossen waren. Schließlich fehlte in einem Falle von Ulnadefekt der N. ulnaris vollständig.

Starke Abweichungen von der Norm weisen die Arterien auf.

Die A. brachialis gibt in der Gegend des Collum humeri die sehr starke A. profunda brachii ab, diese gibt einige Äste zum Biceps, vielleicht auch zum Deltoides und einige kleine Ästchen zum Triceps. Der Hauptstamm der A. profunda brachii zieht zusammen mit dem N. cutaneus antebrachii dorsalis zwischen dem M. triceps hindurch, auf die Rückseite des Oberarms. Hier teilt er sich in 2 parallel verlaufende Endäste. Der stärkere, laterale gibt 2 Ästchen zum Brachialis und verzweigt sich in dem Kopfe für den 2. Finger des Extensor communis. Der mediale Ast gibt einige Äste zum Triceps, an dessen Rande er distalwärts zieht, und verzweigt sich in der Gegend des Epicondylus lateralis in den Extensoren.

Die A. brachialis liegt anfänglich unter dem N. medianus, annähernd an der Grenze von mittlerem und unterem Drittel teilt sie sich in 2 ungleiche Äste: der tiefere, schwächere zieht mit dem N. medianus distalwärts, es ist die A. mediana. Der stärkere, oberflächliche Ast wendet sich an die mediale Seite des N. medianus und teilt sich im unteren Drittel des Oberarms in die A. radialis und A. ulnaris. Die A. radialis tritt zwischen dem Lacertus fibrosus und der medianen Bicepssehne hindurch, an die laterale Seite des Muskels; die Arterie liegt hier subfascial. Begleitet von 2 Venen läuft die A. radialis unterhalb des unteren Astes des N. musculocutaneus und längs dem oberen Rande des Palmaris longus zum Handgelenk, wendet sich auf den Handrücken und dringt als dicke Arterie zwischen dem M. interosseus dorsalis I auf die Volarseite. Auf der Volarseite bildet sie mit dem äußerst feinen Ramus profundus n. ulnaris den Arcus volaris profundus. Einen Ramus volaris superficialis gibt die Radialis nicht ab.

Die A. ulnaris behält die ursprüngliche Richtung der A. brachialis am medialen Rande des Biceps bei. Kurz vor dem Epicondylus medialis zieht sie zwischen oberflächlichem und tiefem Blatt des Lacertus fibrosus hindurch und gelangt am lateralen Rande des Ramus volaris n. ulnaris zur Handfläche. Sie liegt in ihrer ganzen Ausdehnung subfascial, nur in der Carpalgegend wird sie vom M. palmaris brevis bedeckt. In der Hand teilt sich die A. ulnaris in 3 Äste: der ulnare und dünnteste geht zum lateralen Rande des 5. Fingers und gibt einen feinen Ast zum Arcus volaris profundus. Die beiden anderen Äste versorgen die radialen Seiten des 5. und 4. und die ulnare des 3. Fingers. Ein Arcus volaris superficialis wird nicht gebildet.

Die A. mediana zieht auf dem Humerus aufliegend längs dem ulnaren Rande des N. medianus, medial von der medianen Bicepssehne, zum Vorderarm. Hier liegt sie zusammen mit dem N. medianus zwischen dem Kopfe des Flexor digitorum sublimis für den 2. Finger und den beiden anderen Köpfen. Distal vom Lig. carpi transversum gelangt sie an die Oberfläche, überkreuzt darauf den N. medianus und teilt sich in 2 Endäste: einen für den Daumen und die radiale Seite des Zeigefingers, und einen für die ulnare Seite des Zeigefingers und die radiale Seite des

3. Fingers. Die volaren Handarterien stammen also nur aus der A. mediana und ulnaris, wobei zwischen beiden keine Anastomosen vorhanden sind, es kommt also auch zu keiner Bildung eines Arcus volaris superficialis. Die A. radialis beteiligt sich gar nicht an den oberflächlichen Hohlhandarterien. Dagegen wird der Arcus volaris profundus beinahe ausschließlich von der A. radialis gebildet, da der Ast von der A. ulnaris außerordentlich schwach ist.

Die Venen bieten kein besonderes Interesse. Die Aa. brachialis, radialis und ulnaris werden von 2 Venen begleitet. Die Vena basilica mündet annähernd in der Mitte des Oberarms in die Vena brachialis. Die Vena cephalica durchbohrt den M. deltoideus.

Soweit ich mich in der Literatur habe orientieren können, ist ein ähnlicher Fall noch nicht beschrieben worden, allerdings war mir ein Teil der in Betracht kommenden Zeitschriften hier nicht zugänglich. Da eine Synostose von Radius und Ulna vorliegt, könnte man ihn in die Gruppe der radio-ulnaren Synostosen einreihen, jedoch unterscheidet er sich in wesentlichen Punkten von dieser oft beschriebenen, charakteristischen Mißbildung. Bei der kongenitalen radio-ulnaren Synostose handelt es sich meistens um eine Verwachsung der proximalen Epiphysen, eine Verwachsung, die manchmal erst nach der Geburt zu ossifizieren beginnt. Im vorliegenden Fall handelt es sich dagegen um eine vollständige Verwachsung von Ulna und Radius, wobei die Ulna gerade im proximalen Teil noch eine gewisse Selbständigkeit aufweist. Ferner fehlt ein Ellenbogengelenk vollständig, da Radius und Ulna vollständig mit dem Humerus verwachsen sind.

Weiter haben Ulna und Radius bei radio-ulnarer Synostose ihre normale Form mehr oder weniger beibehalten, man findet wesentliche Abweichungen nur im Gebiet des Ellenbogengelenkes. Die Verwachsung tritt also verhältnismäßig spät auf und ist nur auf ein kleines Gebiet beschränkt, im übrigen sind die Knochen mehr oder weniger normal entwickelt.

Das wesentliche bei der von uns beschriebenen Mißbildung ist aber, daß die Form der Unterarmknochen gar nicht an die normalen erinnert, sondern durchaus embryonale Formen beibehalten hat. Die betreffenden Knochen haben, nach dem sie ein gewisses embryonales Stadium erreicht hatten, ihre Form nicht mehr verändert, wenn sie auch die Fähigkeit des Wachstums und der Ossifikation beibehalten haben. Es handelt sich also um eine Hemmungsbildung oder um den Verlust der Fähigkeit, die erlangte Form weiter zu entwickeln. Ferner unterscheidet sich unser Fall von der einfachen radio-ulnaren Synostose dadurch, daß beide Unterarmknochen mit dem Humerus verwachsen sind.

Gewisse recht auffällige Parallelen bestehen mit dem Radius- und Ulnadefekt. Jedoch, wie wir schon oben gesehen, läßt sich unsere Mißbildung auch nicht zwanglos in diese Gruppe einreihen. Es ist daher am besten unseren Fall in eine besondere Gruppe auszuscheiden und als humero-radio-ulnare Synostose zu bezeichnen.

Wie wir oben schon gesagt, haben beide Unterarmknochen embryonale Formen bewahrt. Wir müssen jetzt diese Behauptung näher begründen. Leider besitzen wir bis heute für den Menschen keine genaue Beschreibung der Entwicklung der Extremitäten. Einige für uns wichtige Angaben finden wir in einer Arbeit von E. Müller. Vergleichen wir das Skelett unserer Mißbildung mit der knorpeligen Anlage von Ulna und Radius eines menschlichen Embryo von 20,5 mm, von dem E. Müller ein Modell abbildet (Tafel XXVII—XXVIII, Abb. 8), so fällt die große Ähnlichkeit in den Formen des Vorderarmes auf. Beim Embryo ist nur die Flexionsstellung stärker ausgeprägt als in unserem Fall, ein Umstand, dem aber keine große Bedeutung zukommt, da diese Stellung stark variiert. Beim Embryo liegt der Radius ebenfalls vor der Ulna. Der Zwischenraum zwischen beiden Knochen, der beim Embryo natürlich frei von Skelettgewebe ist, ist in unserem pathologischen Fall verknöchert. Die Epicondylen haben sich bei der Mißbildung offenbar sekundär verlängert. Leider ist das proximale Ende des Humerus im Modell nicht dargestellt, so daß wir die Frage der Torsion nicht lösen können.

Übrigens ist anzunehmen, daß der Stillstand der Entwicklung bzw. die Verwachsung von Ulna und Radius in unserem Fall in einem etwas früheren Stadium stattfand. Ich schließe dies daraus, daß beim Embryo von 22,5 mm die Gelenke schon deutlich ausgebildet sind und zwischen beiden Knochen die A. und der N. interosseus hindurchgedrungen sind. Wäre die Verwachsung in diesem Stadium eingetreten, so müßte man eine Öffnung für diese Gebilde, zum mindestens für den Nerv, erwarten. Auf den früheren Stadien (Abb. 5—7 derselben Tafel) reichen beide, namentlich der Nerv, nicht so weit. Bei einem Embryo aus der sechsten Woche von 11 mm Länge (CIX) fanden Bardeen und Lewis folgende Verhältnisse: „Der Humerus ist ziemlich gut abgegrenzt und hängt mit der Scapula ebenso wie mit der Ulna und dem Radius zusammen. Die Biegung im Ellenbogen ist gut ausgebildet . . . Sie (Ulna und Radius) enden distal in der Karpalplatte. In der Karpalplatte sieht man Andeutungen von der Bildung der Karpalelemente . . . Der Humerus, die Ulna und der Radius haben einen Kern von hyalinem Knorpel.“ Auch auf dem Modell von E. Müller eines Embryos von 14 mm (Abb. 5 auf Tafel XXVII—XXVIII) hängt der Radius mit dem Humerus zusammen, die Ulna scheint ganz selbständig zu sein. Vergleicht man diese Abbildungen mit unserem Fall, so muß man annehmen, daß der in der Mißbildung fixierte Zustand zwischen dem Embryo von 14 und 22,5 mm liegt und vermutlich der siebenten Woche entspricht.

Man kann hier, wie schon oben angedeutet, eigentlich nicht von einer Hemmungsbildung reden, denn die Entwicklung der Knochen ist offenbar nicht gehemmt, sondern hat einfach auf diesem Stadium aufgehört,

wobei die ganze Anlage noch weiter gewachsen ist. E. Müller gibt für das Modell des Embryo von 22,5 mm an, daß die Rekonstruktion bei 100 maliger Vergrößerung hergestellt wurde, die Abbildung ist um zwei Drittel vermindert, also in 66,6facher Vergrößerung. Die Ulna ist auf der Abbildung 53 mm lang, d. h. ca. 0,8 mm. Die Breite in der Mitte gerechnet 21 mm = ca. 0,4. Die entsprechenden Maße an der Mißbildung sind 75 mm und 35 mm. Die ganze Anlage ist also noch 94- resp. 88 mal gewachsen. Die Verhältnisse haben sich aber nicht mehr wesentlich geändert: das Verhältnis der Länge zur Breite beträgt beim Embryo 0,5, bei der Mißbildung 0,46.

Die Muskulatur können wir leider nicht so genau vergleichen, die einzige Arbeit, in welcher die Entwicklung der Muskulatur des Menschen behandelt wird von Bardeen und Lewis, ist recht kurz. Beim Embryo aus der sechsten Woche (CIX.) finden wir auf der Ventralseite eine mächtige Muskelmasse, die Anlage des Pectoralis major und minor, sie reicht von der Höhe der dritten Rippe bis zum Humerus und der Clavula. Sie bedeckt vollständig den Biceps und Coracobrachialis, über die wir leider keine Angaben finden. Vom Brachialis heißt es gelegentlich, daß ein Teil von ihm auf Tafel IV zu sehen ist, d. h. er greift auf die Dorsalseite über. Die Flexoren des Vorderarms sind in zwei Lager getrennt, die aber weit weniger als die Extensoren differenziert sind. Schauen wir uns diese Flexorenmasse auf Tafel V genauer an, so scheint es, daß die oberflächliche und zugleich etwas mehr radial gelegene höher am Oberarm entspringt, als die tiefe. Ferner weist die tiefe Schicht deutliche Beziehungen zu den Fingern auf. Leider finden wir keine Angaben, welche Muskeln sich aus jeder Schicht bilden. Die Anordnung der oberflächlichen ist einigermaßen den modifizierten Palmaris longus, Pronator teres und Flexor carpi radialis in unserem Fall ähnlich. Von den Muskeln der Streckseite sind Deltoides und Triceps am Modell teilweise entfernt. Die Extensoren des Vorderarms sind in drei Gruppen geteilt. Aus der oberflächlichen gehen der Extensor digitorum communis, Extensor carpi ulnaris und Extensor digiti quinti proprius hervor. Zur zweiten Gruppe gehören die tiefen Extensoren des Vorderarms. Aus der dritten Gruppe gehen der Brachioradialis und die beiden Extensores carpi radialis hervor. Die in unserem Fall unterdrückten Muskeln bilden also eine embryonale Gruppe. Vom nächsten Embryo, den die beiden Autoren beschreiben und abbilden, heißt es über die Muskulatur nur: „Alle Muskeln des ausgewachsenen Armes sind vorhanden und annähernd in derselben Lage wie beim ausgewachsenen Menschen.“ Die Unterarmmuskeln haben also bis zu einem gewissen Grade embryonale Formen beibehalten, namentlich die oberflächlichen Flexoren. Die Oberarmmuskulatur dagegen hat sehr interessante Veränderungen erfahren. Die Muskeln haben, um überhaupt funktionieren zu können,

sich neue Ansatzpunkte gesucht. In welcher Weise dies geschehen ist, bleibt vorläufig noch unaufgeklärt, am wahrscheinlichsten scheint es mir, daß es in direktem Zusammenhang mit den Funktionen der Extremität geschehen ist, also z. T. wenigstens erst nach der Geburt.

Über die Entwicklung der Nerven und Arterien sind wir dank der Arbeit von E. Müller wieder genauer unterrichtet. Vergleichen wir wieder die Abb. 8 auf Tafel XXVII—XXVIII, so fällt sofort die völlig gleiche Anordnung der Nerven, wie bei unserem Fall, auf. Namentlich der N. radialis, der in unserem Fall, abweichend von der Norm, ganz auf der dorsalen Seite verläuft, ist auch beim Embryo ebenso gelegen.

Die Arterien weichen allerdings sehr stark von der Norm und den Verhältnissen beim Embryo ab. Dennoch läßt sich auch bei ihnen eine gewisse Gesetzmäßigkeit nachweisen und dadurch gewinnen sie ein morphologisches Interesse. In unserem Fall hat der Vorderarm drei gleich starke Gefäße: Aa. radialis, ulnaris und mediana. Radialis und Ulnaris entspringen mit kurzem, gemeinsamem Stamm an der Grenze des mittleren und unteren Drittels aus der Brachialis. Die Mediana ist eine direkte Fortsetzung der Brachialis. Die Brachialis liegt hinter dem N. medianus, ist also eine normale Brachialis profunda. Eine Interossea fehlt ganz. Die A. radialis liegt in ihrem distalen Teil, wo sie auf die Dorsalseite hinübergeht, direkt unter der Haut; dies erklärt sich einerseits durch das Fehlen des Brachioradialis und der Extensor carpi radialis, andererseits durch die Verlagerung des Abductor pollicis longus und Extensor pollicis brevis, hat also nichts mit einer Arterienanomalie zu tun.

Die Deutung des Arterienverlaufs ist nicht schwer: wir haben eine normale A. brachialis profunda, die sich in eine A. mediana fortsetzt, der gemeinsame Stamm, aus dem die A. radialis und ulnaris hervorgehen, ist eine oberflächliche A. brachialis, die sich in eine normale A. radialis und eine abnorme oberflächliche A. ulnaris, die durch Erweiterung einer normal vorkommenden A. plicae cubiti entstanden ist, fortsetzt. Analoge Fälle sind an sonst normalen Extremitäten in der Literatur, wenn auch als sehr seltene Anomalien, beschrieben worden, z. B. die Nr. 169 (S. 435 und 464) und Nr. 87 (S. 487) in E. Müllers Arbeit, in beiden Fällen setzt sich allerdings die Brachialis profunda nicht in die Mediana, sondern in die Interossea fort. Zu bemerken wäre noch, daß die A. mediana sich nach den Angaben von E. Müller früher anlegt als die A. interossea, obgleich letztere die phylogenetisch ältere ist. Es ist möglich, daß zur Zeit der Anlage der A. interossea die Verwachsung von Radius und Ulna schon stattgefunden hatte und daher ihre weitere Entwicklung unterblieb.

Die Abweichungen der Handarterien, das vollständige Fehlen eines Arcus superficialis gehören allerdings zu den seltenen Varietäten bei

normaler Entwicklung, sind aber dennoch zu den physiologischen Abweichungen zu rechnen. Eine weitere Analyse der Arterien würde uns zu weit führen, wichtig ist, daß auch bei einer so starken Mißbildung, die beobachteten Abweichungen sich durchaus in die Typen der physiologischen Varietäten einreihen lassen. Hierdurch erlangt die Anschauung, daß die Arterienvarietäten keine regellosen Abweichungen sind, sondern nach bestimmten Gesetzen auftreten, eine kräftige Stütze.

Wir müssen jetzt noch nach dem kausalen Moment der beobachteten Abweichungen forschen. Schon Kümmel und Baisch haben ausgeführt, daß in der Literatur sich zwei Erklärungsprinzipien gegenüberstehen. Die einen suchen die Ursache in endogenen, im Embryo selbst gelegenen Momenten, die anderen in exogenen, rein äußereren Bedingungen. Die Mehrzahl der Autoren neigt jedoch zur Erklärung durch exogene Ursachen. Namentlich Kümmel und in neuerer Zeit Baisch vertreten diesen Standpunkt. Kümmel äußert in diesem Anlaß: „Das Kausalitätsbedürfnis veranlaßt wohl jeden zu dem Streben, das Gebiet der endogenen Mißbildungen, deren Entstehung wir ohne das Rechnen mit ganz unbekannten Größen nicht begreifen können, möglichst einzuschränken.“ Es scheint, daß für endogene Ursachen nur die „exquisit vererblichen“ Mißbildungen in Frage kommen könnten. Aber auch die Vererbung wird nicht als absoluter Beweis für endogene Entstehung angenommen. Baisch stellt sich z. B. vor, daß nicht die Mißbildung als solche, sondern daß die äußeren Momente vererbt werden.

Unter den äußeren Ursachen, die im embryonalen Leben einwirken und Mißbildungen hervorrufen, werden hauptsächlich Druck und Zug von seiten der Embryonalhäute und des Uterus angenommen. Kümmel zählt in seiner Arbeit eine ganze Reihe auf und wir finden sie in späteren Arbeiten immer wieder als ätiologische Momente angegeben. Hierher gehören Raumbeschränkung in der sonst normalen Uterushöhle, zu geringe Mengen von Fruchtwasser. Druck von seiten des Chorions und des Amnions. Druck einzelner Organe des Embryos selbst, z. B. der Herzanlage, schließlich Druck von pathologischen Veränderungen der Uteruswand: Myome, Narben usw. oder der Embryonalhüllen, wie amniotische Stränge, kurz, rein mechanisch durch Druck und Zug wirkende Momente.

Mir scheint, daß wir uns zunächst vollständig darüber klar sein müssen, daß bei jeder Entwicklung, sei es eine normale oder pathologische, sog. endogene Faktoren mitspielen müssen. Die ganze Entwicklung vom Ei bis zum reifen Individuum muß von solchen endogenen Faktoren geleitet werden, denn nur so ist es verständlich, daß aus dem Ei einer bestimmten Art immer nur dieselbe Art hervorgeht und nicht eine ganz andere. Der Gang der ganzen Entwicklung, die Gestaltung der einzelnen Stadien während des Embryonallebens sind schon im Ei,

also durch endogene Faktoren, bestimmt und diese sind daher auch bei jeder Entwicklung, ob pathologisch oder normal, die wichtigsten, welche bei jeder Entwicklung unumgänglich notwendig sind.

Die Anschauung von den endogenen Faktoren knüpfen sich am häufigsten an Weissmann's Determinantenlehre. Bekanntlich nahm Weissmann an, daß jeder Zellenkomplex, jedes noch so geringe erbliche Merkmal, wie Muttermale u. dgl., durch Determinanten bestimmt werden, welche im Idioplasma enthalten sind. Die weitere Entwicklung wird dadurch geregelt, daß zu rechter Zeit diese Determinanten, welche Weissmann sich als morphologische Gebilde vorstellte, an den rechten Ort gelangen und so die sich bildenden Zellenkomplexe bestimmen können.

Die Weissmannsche Theorie ist vielfach abgelehnt worden und wird sich wohl heute in dieser Form auch nicht mehr aufrecht erhalten lassen. Die Erblichkeitsforschung macht es wahrscheinlich, daß die Faktoren, welche die eine oder andere Eigenschaft bedingen und welche durch das Idioplasma vererbt werden, nicht morphologische Gebilde, sondern Reaktionsnormen sind, die nicht zu einer bestimmten Eigenschaft führen müssen, sondern je nach den äußeren Bedingungen zu ganz verschiedenen Endformen führen können. Die experimentelle Erblichkeitslehre hat auch viel zur Kenntnis der Faktoren beigetragen, sie sind heute nicht mehr die mystischen, unbekannten Kräfte, die sie noch vor kurzem waren, sondern sind unserem Verständnis bedeutend näher gerückt.

Aus dem Gesagten geht schon hervor, daß bei der Entwicklung auch äußere Momente mitspielen müssen. Sie geben nicht nur den Anstoß zum Ablauf des Entwicklungsprozesses, sondern ohne richtige Ernährung, Temperatur usw. wäre eine Entwicklung gar nicht möglich.

Jede Entwicklung ist also die Resultante von endogenen und exogenen Faktoren, wobei allerdings die exogenen eine mehr untergeordnete Rolle spielen, denn die Richtung und das Ziel der Entwicklung werden von den endogenen Faktoren bestimmt.

Wenn wir also zwei Bedingungen für die normale Entwicklung haben, so müssen wir auch annehmen, daß eine Modifizierung beider zu Mißbildungen führen kann. Wir hätten dann Mißbildungen, bei welchen die Faktoren oder Reaktionsnormen vollständig normal sind, aber die äußeren Bedingungen so stark verändert, daß es zu keiner normalen Entwicklung kommen kann. Dieses wären also die rein exogenen Mißbildungen. Umgekehrt könnten die äußeren Bedingungen normal sein, aber die Reaktionsnormen wären verändert. Dieses wären endogene Mißbildungen. Schließlich könnten sowohl äußere Bedingungen als auch die Reaktionsnormen modifiziert sein.

Unter den exogenen Mißbildungen könnte man die in der pathologischen Literatur angeführten und oben z. T. aufgeführten Faktoren,

wie Druck und Zug, als rein mechanische in eine besondere Gruppe abscheiden; es handelt sich tatsächlich um Verletzungen, z. T. sogar um Verstümmelungen. Demgegenüber sind aber auch Veränderungen der Umwelt denkbar, die weit weniger brutal in die Entwicklung eingreifen können. Hierher wären Ernährungsstörungen, Intoxikationen usw. zu rechnen, welche die jungen Gewebe unmittelbar treffen, ohne die inneren Faktoren zu schädigen. Die Fälle dieser Gruppe gehen unmerklich in die physiologischen Variationen über, denn diese sind ebenfalls nichts anderes als durch abweichende äußere Bedingungen hervorgerufene Ablenkungen der Reaktionsnorm.

Auch bei den endogenen Mißbildungen lassen sich zwei Gruppen unterscheiden. Die eine, welche streng genommen noch zu den exogenen zu rechnen ist, besteht in einer Schädigung der Faktoren selbst, sei es noch vor der Befruchtung in Samenzelle und Ei (Keimschädigung), oder schon während der Entwicklung. Man wird auch in diesem Fall in erster Linie an Intoxikationen denken müssen. Einen interessanten experimentellen Beitrag zur Kenntnis dieser Gruppe bilden O. Hertwigs Untersuchungen an radiumkranken Geschlechtszellen.

Schließlich sind Mißbildungen denkbar, bei denen die Ei- und Samenzellen durch keinerlei äußere Faktoren beeinflußt sind, bei denen aber das Idioplasma, d. h. die Erbsubstanz selbst eine Veränderung erlitten hat. Um es in der Terminologie der Erblichkeitsforschung auszudrücken, Mißbildungen, die durch eine genotypische Änderung des Idioplastas hervorgerufen sind und daher auch erbliche Mutationen sein müssen. Streng genommen können wir nur diese letzte Gruppe als endogene Mißbildungen bezeichnen. Das Merkmal dieser Gruppe wird eine strenge Erblichkeit, und zwar nach den Mendelschen Regeln sein.

Beim Versuch, unsere Mißbildung in eine der oben angegebenen Kategorien einzureihen, wollen wir zunächst eine rein mechanische Entstehung derselben ins Auge fassen.

Für eine Entstehung der Mißbildung durch Druck oder durch Amnionstränge läßt sich meiner Ansicht nach kein genügender Grund finden. Wir können uns allenfalls vorstellen, daß durch Druck Schwund gewisser Teile hervorgerufen wird, oder durch amniotische Stränge Abschnürungen und Amputationen größerer oder kleinerer Gebiete zu stande kommen. Auch bei Mißbildungen wie Radius- und Ulnadefekt wird man vielleicht die Berechtigung dieses Prinzip anzuwenden nicht ganz von der Hand weisen können, obschon meiner Ansicht nach die Anhänger des mechanischen Prinzips viel zu oft dem Kausalitätsbedürfnis des Lesers allzuviel zumuteten.

In unserem Fall kann der Stillstand der Entwicklung und die Erhaltung embryonaler Formen nicht durch mechanische Momente erklärt

werden, denn ein mechanisches Moment hätte nicht nur die Weiterentwicklung, sondern auch die Ernährung, das Wachstum, die Ossifikation mehr oder weniger hemmen müssen. Eine isolierte Vernichtung ontogenetischer Potenzen des Radius und der Ulna bei Erhaltung der anderen Fähigkeiten ist bei Annahme exogener Faktoren kaum denkbar. Ferner hätte ein mechanisches Moment, welches so eingreifende Veränderungen des Unterarms hervorrief, unmöglich die Hand vollständig unberührt lassen können. Wir müßten auch eine mehr oder weniger starke Mißbildung der Hand erwarten. Oder falls der Druck beim bei-läufig 20 mm langen Embryo wirklich nur die ca. 0,8 mm lange Unterarmlage getroffen haben sollte, so müßte doch wenigstens die Ernährung und Blutzufuhr der Hand so stark gelitten haben, daß eine normale Entwicklung derselben gar nicht denkbar ist. Auch die Unterdrückung der Muskulatur der Brachioradialisgruppe läßt sich nicht durch mechanische Momente erklären, denn, wie wir sahen, handelt es sich um eine besondere embryonale Gruppe und man müßte annehmen, daß das mechanische Moment auf die gemeinsame Muskelmasse dieser Gruppe, also auf wenige Bruchteile eines Millimeters isoliert gewirkt hat.

Ganz dasselbe, was wir gegen mechanische Ursachen anführten, gilt auch in bezug auf die anderen exogenen Momente, wir müßten mehr diffuse auf gewisse Regionen ausgedehnte Mißbildungen erwarten, in keinem Fall aber Abänderung scharf umgrenzter Systeme. Ferner hätte die Hand, die sich gerade in der Ausbildung befand, am meisten betroffen sein müssen. Ich glaube daher, exogene Ursachen ausschließen zu können und die Entstehung der Mißbildung durch Beeinflussung der Faktoren selbst, gleichviel ob wir sie uns als Determinanten, Reaktionsnormen oder sonstwie vorstellen, erklären zu müssen. Auf diese Weise wird nicht nur die isolierte Abänderung einzelner Systeme, wie das Fehlen der Muskeln der Brachioradialisgruppe und die isolierte Mißbildung des Unterarms bei normaler Hand verständlich, sondern auch vor allen Dingen die Erhaltung der embryonalen Form ungezwungen erklärt.

Wie wir oben ausgeführt, können wir zwei Fälle von endogenen Mißbildungen unterscheiden, entweder hat die Veränderung schon im Idioplasma eingesetzt, ganz ohne irgendeinen direkten äußeren Einfluß, dann wäre die Mißbildung erblich. Oder aber die Faktoren sind vor der Befruchtung oder während der embryonalen Entwicklung weitgehend beeinflußt bzw. vernichtet worden. Es hätte also eine Determinantschädigung stattgefunden.

Um zu entscheiden, welche von beiden Möglichkeiten in unserem Fall tatsächlich stattgefunden hat, wäre also die Erblichkeitsfrage klarzustellen. Leider finden wir bei Kiwull nur die Angabe, daß Eltern und

Geschwister normal waren. Bei der Kompliziertheit der Vererbung beim Menschen sind diese Angaben noch nicht gegen eine Vererbung der beschriebenen Mißbildung beweisend. Gerade bei gewissen verwandten Mißbildungen ist eine Erblichkeit wahrscheinlich gemacht worden. Bei Baisch finden wir eine Zusammenstellung von 38 Fällen von kongenitaler radio-ulnarer Synostose, von denen in 6 Fällen dieselbe Mißbildung auch bei anderen Familienmitgliedern vorkam. So fanden sich beim Fall Abbots noch bei 6 Familienmitgliedern ähnliche Deformitäten. Im Fall Blumenthal hatten Schwester, Vater und Vaters Mutter die gleiche Mißbildung. Im Falle Pförringer und Kreglinger hatten Vater und Bruder dieselbe Mißbildung.

Man wird bei Beurteilung dieser und ähnlicher Fälle nur mit größter Vorsicht von einer Erblichkeit sprechen können, denn zur Lösung dieser Frage sind viel größere Beobachtungsreihen nötig. Ganz von der Hand läßt sich aber die Möglichkeit nicht weisen, daß ähnliche Mißbildungen erblich sein können und daher auf einer Modifikation des Keimplasmas selbst beruhen müssen.

Es muß also in unserem Fall unentschieden bleiben, ob eine Mutation vorliegt oder eine Determinantenschädigung im Laufe der Ontogenese stattgefunden hat. Jedenfalls glauben wir, rein exogene Ursachen ausschließen zu können.

In neuerer Zeit ist von Kreglinger ein neues Erklärungsprinzip herangezogen worden, nämlich die vergleichende Anatomie. Kreglinger glaubt, daß die kongenitale radio-ulnare Synostose nur als Atavismus befriedigend verstanden werden kann, denn bei Amphibien „sind Radius und Ulna fest miteinander verwachsen, das Antibrachium besteht eigentlich nur aus einem Knochen“ (S. 38). Dieser Erklärungsversuch dürfte gerade unter den vergleichenden Anatomen am allerwenigsten Anklang finden, denn es handelt sich ja hier gar nicht um Wiederholung eines bei Amphibien normalen Zustandes. Weder die Form der Knochen, noch der Gelenke, weder die Struktur auf dem Querschnitt, noch die Art der Ossifikation, weder Muskeln, Nerven, Gefäße usw. haben auch im entferntesten eine Ähnlichkeit mit einem Amphibienunterarm. Nur das Wort „Verwachsung“ ist in beiden Fällen homolog. Schließlich müßte man doch erwarten, daß dieser Atavismus sich in der Ontogenese von vornherein amphibiaenmäßig entwickelt, das trifft aber bei der radio-ulnaren Synostose gar nicht zu. Radius und Ulna sind ziemlich normale menschliche Knochen, bei denen sich die Synostose erst sekundär ausbildet. Die menschlichen Knochen werden also erst sekundär „amphibiaenähnlich“. Man sollte gerade in unserem Fall, wo tatsächlich eine vollständige Synostose beider Vorderarmknochen stattgefunden hat, diese Amphibiaenähnlichkeit ganz besonders deutlich erwarten, das ist aber auch nicht im entferntesten der Fall. Die

Synostose mit dem Humerus, die sich embryologisch so gut erklären läßt, ist atavistisch ganz unklar.

Es wäre entschieden als ein bedauerlicher Rückschritt aufzufassen, wenn in der pathologischen Anatomie die anderweitig glücklich überwundene Periode des Atavismussuchens beginnen sollte.

Wie es jetzt schon zur genüge bekannt und selbst bis in die populären Bücher durchgedrungen ist, können wir nicht die ausgebildeten, fertigen Formen miteinander vergleichen, um phylogenetische Reihen aufzustellen. Der Mensch hat niemals Formen durchlaufen, die den heutigen Amphibien glichen. Man könnte höchstens die entsprechenden embryonalen Formen miteinander vergleichen. Aber hier sind so viel vollständig unbekannte Größen zu berücksichtigen, daß die Resultate absolut unsicher sind und niemals über die allgemeinsten Begriffe hinauskommen. Mir scheint, daß wir aber bei Erklärung rein morphologischer Gebilde nicht danach streben sollten, zu ganz verschwommenen Vorstellungen zu gelangen, sondern zunächst versuchen müssen, die nächstliegenden Ursachen exakt klarzulegen, denn nur so können wir hoffen, weiter in der Erkenntnis dieser Fragen, die nicht nur für den Pathologen, sondern auch für den Anatomen von Interesse sind, vorzudringen.

Udrich, im Juni 1921.

Literaturverzeichnis.

- Baisch, Die kongenitale radio-ulnare Synostose. Zeitschr. f. orthop. Chir. **31**, 46. 1913. — Bardeen and Lewis, Amer. journ. of anat. **1**. — Dubs, Zur Kenntnis der kongenitalen radio-ulnaren Synostose. Zeitschr. f. orthop. Chir. **38**, 173. 1918. — Frohse und Fränkel, Die Muskeln des menschlichen Armes. Bardelebens Handbuch der Anatomie des Menschen **2**. — Gräfenberg, Die Muskulatur in Extremitätenmißbildungen. Anatom. Hefte **42**, 195. 1911. — Kienböck, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. **15**. — Kiwull, Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. **4**. — Kreglinger, Ein Fall von hereditärer, kongenitaler doppelseitiger Synostose beider Vorderarmknochen an der proximalen Epiphyse. Inaug.-Diss. Bonn 1912. — Kümmel, Die Mißbildungen der Extremitäten durch Defekt, Verwachsung und Überzahl. Bibliotheca medica Abt. E. Chirurgie Heft 3. Kassel 1895. — Mayer, Angeborener Defekt eines Femur, einer Ulna und Oberarmdefekt bei einem 12jährigen Mädchen. Inaug.-Diss. Berlin 1917. — E. Müller, Beiträge zur Morphologie des Gefäßsystems. I. Die Armarterien des Menschen. Anatom. Hefte **70**, 377,
-