



DIE ENTWICKLUNG
DER
EXTREMITÄTEN
DER SÄUGETHIERE.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

UNTER ZUSTIMMUNG DER HOCHLÖBL. MEDICINISCHEN
FACULTÄT ZU MARBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHÜLFE

EINREICHT UND

AM 16. MAERZ 1878

ÖFFENTLICH VERTHEIDIGEN WIRD

WILHELM NAGEL

aus Hojer.



MARBURG.

UNIVERSITÄTS-BUCHDRUCKEREI (R. FRIEDRICH).

1878.

Meinem hochverehrten Lehrer

Herrn Professor Dr. Lieberkühn

spreche ich meinen innigsten Dank aus für sein freundliches Entgegenkommen sowie für die werthvollen Rathschläge, die er mir während dieser Arbeit hat zu Theil werden lassen.

Wilhelm Nagel.

Literatur.

Ueber die Entwicklung der Extremitäten ist Folgendes bekannt: Ernst v. Baer (Ueber die Entwicklungsgeschichte der Thiere. Königsberg 1828) hat bei Hühnerembryonen beobachtet, wie die Extremitäten auf jeder Seite zuerst als »eine lange Leiste auf den Bauchplatten auftreten, (bei Hühnchen am 3. Tage), die vorn und hinten in einen höheren Wulst sich erhebt.« Die Leisten gehen in Blätter über, »welche hinten breiter und zugerundet sind. Diese nehmen die Form eines rundlichen Stieles an, der in ein zungenförmiges Blatt ausläuft.«

In der Mitte des Stieles bildet sich sowohl an der vorderen wie hinteren Extremität ein Winkel als Anlage für das Ellenbogen- und Kniegelenk.

Im Oberarm und Oberschenkel ist ein dunkles Fleckchen zu sehen, im Unterarm und Unterschenkel zwei.

Im zungenförmigen Ende bildet sich ein dunkler innerer Lappen, die Form des gesammten Lappens nachahmend. Oberarm und Oberschenkel bleiben relativ kurz, Ellenbogen und Kniegelenk richten sich erst beide nach aussen, dann das erstere nach hinten, das letztere nach vorn.

Die Endglieder werden breiter und sehen aus wie Kreis-ausschnitte. Der dunkle Inhalt sondert sich in einzelnen Strahlen als Anlage für die Finger resp. die Zehen.

Für die Finger sind beim Huhn zuerst nur 3 Strahlen angelegt, für die Zehen von vorn herein so viele, wie das Huhn nachher Zehen hat. Alle Glieder jedes Fingers und jeder Zehe entwickeln sich innerhalb der Hautlappen und erst dann wachsen sie über die Hautlappen heraus. Nägel fehlen noch.

Erdl (Die Entwicklung des Menschen und des Hühnchens im Ei. Leipzig 1845) beschäftigt sich, was die Extremitäten betrifft, hauptsächlich mit der Entwicklung der äusseren Formen derselben.

Remak (Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbelthiere. Berlin 1851) beschreibt die Extremitäten der Hühnerembryonen als cylinderische seitliche Auswüchse der Bauchwand, an deren Spitze das Hornblatt auffallend verdickt ist.

In die Extremitätenstummel gehen 4 Nervenstämme hinein, die ohne sich zu verschmälern und ohne Ausläufer in den Axentheile sich verlieren. Er unterscheidet einen centralen durchscheinenden Axentheile und eine undurchsichtige Rindenschicht. Die oben erwähnte Verdickung des Hornblattes sieht Remak als erste Anlage für die Nägel an.

Die Verdickung gleicht sich nachher aus, so dass das Hornblatt von beinahe gleicher Dicke an allen Oberflächen des Fusses ist.

Zwischen 10 und 11 Tagen verdickt sich das Hornblatt an der Rücken- und Sohlenfläche des Nagelgliedes. Am 12. Tage bildet sich eine Hautfalte an der Grenze des letzten und vorletzten Gliedes, die das Nagelglied scheidenartig umfasst.

Henke und Reyher (Studien über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen besonders der Gelenke 1874) beschäftigen sich mit Embryonen in späteren Stadien.

Die jüngsten Embryonen des Menschen sind 18—20 Mm. lang und hier sind schon alle Sceletttheile angelegt mit Ausnahme der Endphalangen.

Die einzelnen Phalangen werden von einander getrennt durch Scheiben, die sich mit Picrocarmin behandelt am deutlichsten markiren und über die Circumferenz der Phalangen herausragen.

An den höher oben gelegenen Verbindungen der Sceletttheile fehlen diese Scheiben. Die einzelnen Gliederabschnitte sind hier durch dünne Streifen dichtgedrängter Zellen kleinster Bildung von einander getrennt. Diese Streifen setzen sich continuirlich in dem Ueberzuge des Knorpels fort.

Die Zwischenzonen sind die Anlagen für das Synovialgewebe. Indem dieses vom Centrum nach der Peripherie hin zurückweicht, ragt es schliesslich als Synovialfalte in's Gelenk hinein.

Wie die Gelenken den sich von der ursprünglich unregelmässigen Gestaltung zu den definitiven Formen entwickeln, haben die beiden Verfasser auf mechanischem Wege erklärt.

Schenk beschreibt in seinem Lehrbuch (Wien 1874) eine Extremität von einem menschlichen Embryo von der 7. Woche, wo muthmasslich 9 Phalangen angelegt sind. Ebendasselbst erwähnt er auch, dass die Entwicklung der Extremitäten von der Peripherie nach dem Centrum hin vorwärts schreite.

Köl liker erwähnt in seinem Lehrbuch (Leipzig 1862) eine ältere Annahme, der zufolge die Vorderarmknochen ursprünglich eine Knorpelmasse bilden, die nachträglich in zwei sich sondern.

Köl liker bezweifelt die Richtigkeit dieser Annahme.

Im Uebrigen beschäftigt Verfasser sich in dieser Auflage des Lehrbuches mit der Entwicklung der Extremitäten zur Zeit der Verknöcherung.

Im Jahresberichte über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie (Hoffmann und Schwalbe) Band IV (Literatur

1875) referirt Retzius in Stockholm über eine Arbeit von Bentzen, wonach die Zwischenzonen embryonaler Zellen zwischen den verschiedenen Scelettknorpeln sich in Schichten von Endothelzellen umbilden, welche dann zwischen den Knorpelflächen liegen.

»Zwischen den Zellenschichten treten allmählig kleine Spalträume auf, in welchen sich Serum ansammelt. Die kleinen Spalträume confluiren dann zu einer grossen Cavität, indem die Scheidewände, die aus endothelähnlichen Zellen bestehen, nach und nach schwinden. Als Begrenzung der Gelenkhöhle giebt es dann anfangs überall eine zusammenhängende Schicht von Endothelzellen, die Gelenkflächen sind für eine Zeit mit Endothelzellen bekleidet. Wenn aber die Gelenkhöhle ihre für jedes Glied bestimmte Weite erhalten hat, oder sogar früher, so ist diese Endothelbekleidung der Gelenkflächen verschwunden«.

Vorliegende Arbeit wurde im anatomischen Institut zu Marburg während der Osterferien 1877 angefangen, und mit Ausgang der Herbstferien beendet.

Meine Untersuchungen betrafen hauptsächlich Embryonen von *Talpa europaea*.

Mit liebenswürdiger Bereitwilligkeit stellte mir Herr Professor Dr. Lieberkühn sein reichhaltiges Material zur Verfügung, so dass ich im Stande war, zahlreiche Embryonen zu untersuchen, und zwar so, dass jeder folgende nur um 1 Mm. grösser war als der vorhergehende.

Die in Müller'scher Flüssigkeit gehärteten Embryonen erwiesen sich als die für meine Untersuchungen am meisten zweckmässig. Durch die Extremitäten der Embryonen jeder Stufe wurden Schnitte in verschiedener Richtung angefertigt, wie Flächenschnitte (Radio-ulnar), Sagitalschnitte (dorso-volar), Querschnitte und in Serien geordnet. Die Schnitte wurden sowohl untingirt, in Glycerin eingeschlossen, untersucht, wie auch tingirt in Canadabalsam eingebettet.

Als tingirende Flüssigkeit wurde theils die gebräuchliche Lösung von carmisnaurem Amonium theils Picrocarmin angewendet. Bei der Behandlung mit Eosin traten die Gefässe besonders deutlich hervor.

Ich will mir erlauben eine kurze Beschreibung von den Extremitäten des Maulwurfs mit Hinweis auf den Atlas von R. Wagner zu geben.

Die Vorderextremitäten bestehen aus kurzen zum Theil platten Knochen mit zahlreichen Vorsprüngen die als Muskelansätze dienen.

Der fast horizontal stehende Humerus ist mittelst eines Kugelgelenkes mit der langen dünnen Scapula verbunden, zwischen diesen beiden Knochen und dem Prosternum liegt die kurze dicke Clavicula. Ulna und Radius bilden beinahe einen rechten Winkel mit dem Humerus. Ulna steht nach aussen.

Von den Carpalknochen sind sieben vorhanden, in der obersten Reihe 4, in der untersten 3.

Fünf Metacarpalknochen mit derselben Anzahl Phalangen.

An der Daumenseite findet sich mit dem Radius articulirend ein sichelförmiger Knochen (accessorischer Carpalknochen nach Gegenbauer).

Das Becken ist dem der Vögel ähnlich. Die hinteren Extremitäten sind viel zarter als die vorderen.

Femur lang, Fibula ist an der unteren Hälfte mit Tibia verwachsen. Patella ist vorhanden.

Von den Tarsalknochen zeigt sich Calcaneus stärker entwickelt.

Im Uebrigen bieten Tarsus, Metatarsus und Phalangen dieselben Verhältnisse wie an der Hand.

Die jüngsten Embryonen waren von $4\frac{1}{2}$ bis 5 Mm. Länge. Bei diesen ragten die Vorder-Extremitäten als milimeterlange Auswüchse am Rumpfe hervor. Bei den grössten war die Andeutung der Schaufeln an der Spitze der Extremität sichtbar. Die hinteren Extremitäten waren kürzer und zarter, auch bleiben dieselben den Vorderextremitäten gegenüber in der Grösse immer zurück, was ja mit dem Befunde bei ausgewachsenen Thieren vollständig übereinstimmend ist.

Die Extremitäten bestehen zu dieser Zeit aus:

1. aus einer inneren gleichförmigen Zellenmasse, die in continuirlichem Zusammenhange mit den Bauchplatten steht.

Ich vermochte nicht, bei oben erwähnter Behandlung einen helleren Axentheil zu unterscheiden, überhaupt einen Unterschied zu finden zwischen den central gelegenen Theilen und den peripheren.

An den Extremitäten von Hühnernembryonen von 3—4 Tagen die mit Ueberosmiumsäure behandelt waren, konnte ich ebenfalls nicht einen helleren Axentheil unterscheiden.

2. Einem Ueberzug vom Hornblatte welches zu dieser Zeit aus zwei Schichten besteht: eine tiefere von einer Reihe dichtgedrängter runder Zellen gebildet und einer oberflächlichen weniger entwickelten aus platten Zellen bestehend. Die tiefere Schicht ist die Anlage für das Rete Malpighii, die oberflächliche für die Epidermis.

An der Spitze jeder Extremität trägt das Hornblatt eine Verdickung, die einen länglichen Wulst mit ihrer grössten Ausdehnung in der Richtung von der Ulna nach Radialseite bildet und nur aus einer Anhäufung von platten epidermoidalen Zellen besteht ohne Betheiligung der tieferen Schicht.

Zahlreiche Gefässe verbreiten sich im inneren Theil scheinbar ohne bestimmte Anordnung.

Es macht den Eindruck als bilden sie in der Spitze einen Bogen in der Richtung von vorn nach hinten, die Abrundung der Extremitätenenden nachahmend.

An der Uebergangsstelle zwischen Extremität und Rumpf liegen 4 bandförmige Nervenstämme, welche beinahe die ganze Breite dieses Extremitätentheils einnehmen. Diese stehen theils mit dem Rückenmark theils mit den Intervertebralganglien in Verbindung.

Hier und da sieht man einzelne Verzweigungen im inneren Theil der Extremitäten, welche jedoch nie das Hornblatt erreichen.

Ein bestimmtes histiologisches Bild gewähren die Nerven nicht. Die Kerne sind auseinander gewichen und haben einem auf Frontalschnitten ziemlich parallelfaserigen

Gewebe Platz gemacht. Hier und da sieht man einzelne biscuitförmige Kerne welche auf Theilung hindeuten.

An Embryonen von 6—7 Mm. Länge haben die Extremitätenstummel die Form eines rundlichen Stieles mit rundem platten Ende angenommen. An den vordern Extremitäten macht sich eine Pronationsbewegung geltend, die bei Thieren von 8—9 Mm. Länge sich vollzogen hat, so dass die Ulnaseite nach aussen steht. Von einem Winkel als Andeutung für das Ellenbogen- oder Kniegelenk ist aussen wenigstens nichts sichtbar. Am freien Rande der Schaufel sieht man 4 seichte Einkerbungen.

Im Axentheile der vorderen Extremitätenstummel stehen die Zellen dichter und bilden, wie die spätere Entwicklung zeigt, die erste Anlage für das Knochengestüst nebst Periost und Elementen der Muskeln und Sehnen, insoweit sie innerhalb des Periosts verlaufen, für die Gelenkbänder und Zwischenknorpelscheiben; man bemerkt schon die Anlagen für das Schulterblatt, Humerus, Radius und Ulna. An den Stellen wo später die Knochen durch Gelenke miteinander verbunden sind, ist nirgends eine Trennung wahrzunehmen, wohl aber kann man z. B. Ulna von Radius an dem späteren Dyaphysentheile von einander trennen; in dem primitiven Spatium interosum liegen noch Bildungszellen.

Im schaufelförmigen Extremitätenende sieht man fünf Strahlen, die als Anlagen für die fünf Metacarpalknochen (hier ebenfalls nebst Periost-Elementen) und zugleich als Bildungsmaterial für die Finger (Knochen sowohl wie Weichtheile) gelten.



Im Bereich der späteren Handwurzel liegt eine breite Anhäufung von Bildungszellen, in welche sowohl der untere Theil der Anlagen für Ulna-Radius, wie die 5 Strahlen continuirlich übergehen.

Ganz ähnlich ist der Befund an den hintern Extremitäten, dem Bau dieser abgepasst.

Fig. 1. zeigt diese Verhältnisse. Die vordern Extremitäten von 8—9 Mm. langen Embryonen haben eine Länge von $2\frac{1}{2}$ —3 Mm.

Die Ulnaseite ist nach aussen gekehrt, die Einkerbungen an dem blattförmigen Extremitätsende sind deutlicher geworden, so dass man jetzt die Form der Hand erkennen kann. Das Ellenbogengelenk ist aussen nicht sichtbar und wird es später auch nicht, weil die Haut des Rumpfes den Oberarm und später den grössten Theil vom Unterarm umschliesst.

Die 5 Strahlen der Hand bestehen noch aus dichtgedrängten Zellen und ragen über die Peripherie der Hand hervor, indem sie ein stärkeres Wachsthum erfahren, als die dazwischen liegende Parthien.

An den späteren Diaphysenstellen von Humerus, Radius, Ulna und dem centralen Theil der Scapula haben die centralen Zellenanhäufungen sich aufgeheilt. Der Rand der Anlagen ist dunkel geblieben und bedeutet das zukünftige Periost bzw. Perichondrium nebst Muskelansätzen. Die helle Masse im Innern gewährt das Bild weit von einander liegender Zellen, mit reichlicher Zwischensubstanz, ohne jedoch die Eigenschaften des hyalinen Knorpels erkennen zu lassen.

Der dunkle Saum (auf Carmin sich stark roth färbend) besteht aus dicht gedrängten Zellen mit spärlichem Protoplasma und runden Kerne. Indem diese Aufhellung eingetreten ist, markiren sich die Zwischenzonen deutlicher, das heisst, an den späteren Gelenkstellen liegen noch embryonale Zellen, in welche die Aufhellung ohne bestimmte Grenzen übergeht. An den mehr central gelegenen Theilen (Schulterblatt, Hüftbein, Humerus und Femur) erstreckt sich die Aufhellung weiter in die Zwischenzonen hinein, und zwar so, dass man am Schulterblatt und Hüftbein eine Gelenkpfanne erkennen kann, mit entsprechendem Gelenkhopf am Humerus und Femur.

An dem späteren Ellenbogen- und Kniegelenk, wie an den noch weiter peripher gelegenen Theilen ist der Aufhellungsprocess noch nicht so weit vorgeschritten. Hieraus darf man wohl auch den Schluss ziehen, dass das Wachthum vom Centrum nach der Peripherie vorwärts schreitet.

Die Muskeln und Sehnen sind in ihren ersten Anlagen sichtbar. Es geht aus den Präparaten deutlich hervor, dass es nicht eine allgemeine Muskelmasse ist, die sich nachher in die einzelnen Muskelbäuche theilt, sondern, dass jeder Muskel mit jeder Sehne für sich angelegt und gebildet wird. Die Muskelanlagen sind von einander getrennt durch beträchtliche Zwischenräume, die von den ursprünglichen Bildungszellen ausgefüllt werden. Indem die Muskeln weiter wachsen, werden diese Zwischenräume kleiner und umhüllen die einzelnen Muskeln schliesslich als Fascia profunda.

Die Anlage der Muskeln bietet dasselbe Bild, wie in den Muskelplatten am Rücken.

Die Sehnenanlagen des Unterarmes und der Hand bilden dunkle dicht aneinander gedrängte Zellen, erst später bei (Embryonen von 11 Mm. Länge) ordnen sich die Zellen der Länge nach so, dass die Stränge ein längsstreifiges Aussehen bekommen.

Die Gefäße fangen an sich nach den anderen in Bildung begriffenen Theilen zu richten und mehr regelmässige Verzweigungen zu erhalten. Im Bereiche des späteren Spatium interosseum sieht man einen Zweig zwischen Radius und Ulnar, ebenso zwischen den einzelnen Strahlen der Hand.

Die Nerven werden jetzt neben den Gefäßen angetroffen, haben also ihren endgültigen Platz eingenommen.

Die Verdickung des Hornblatts ist jetzt verschwunden, hat sich nach Remak wieder ausgeglichen. Dagegen zeigt sich eine neue Verdickung am Ende jedes hervorstwachsenden Fingers, an welcher beide Schichten des Hornblattes theilhaft sind, vorwiegend jedoch die tiefer liegende, was sich dadurch kund gibt, dass die Zellen der letztgenannten Schicht sich vermehrt haben und mehrere Reihen bilden. Im übrigen Theile der Extremität bilden sie nur eine Reihe.

Die Entwicklung der hinteren Extremitäten schreiten in ähnlicher Weise vor.

An den Extremitäten bei Embryonen von 10 bis 11 Mm. Länge sind sowohl Finger, wie Zehen deut-

lich zu erkennen. Die Vorderextremitäten liegen dem Rumpf dicht angeschlossen, die Hinterextremitäten ragen frei hervor.

In der Mitte des Humerus, Femur, Ulna, Radius, Tibia sind die Zellen deutlicher abzugrenzen von der Grundsubstanz und liegen vielfach zu mehreren in einer Höhle, nach den Gelenkenden hin ist noch keine Veränderung eingetreten; es deutet diese Erscheinung an, dass diese Parthien jünger sind und dass das Zellenmaterial in der Zwischenzone zum Aufbau des Knorpels Verwendung findet. Die Schicht dichter Zellen die als Anlage des Perichondrium anzusehen war, hat jetzt an den obenerwähnten Knochenanlagen eine scharfe Abgrenzung sowohl nach innen wie nach aussen bekommen. Die Zellen derselben sind länglich und haben sich der Länge nach geordnet, so dass diese Schicht längsstreifig erscheint.

An der Stelle der späteren Gelenke hört die Streifung des Perichondrium auf, so dass die immer schmäler werdende Zwischenzone hier dasselbe histiologische Bild ergibt, wie im vorigen Stadium: dichtgedrängte Zellen mit spärlichem Protoplasma.

Die Streifung von einem Skelettheil zum anderen ist unterbrochen.

Die Muskeln haben an Ausdehnung zugenommen, die Primitivbündel sind zahlreicher und stärker geworden. Zwischen den Primitivbündeln liegen beträchtliche Mengen embryonaler Bildungszellen.

Die Primitivbündel reichen bis an das Perichondrium. Ein erheblicher Unterschied tritt jetzt insofern auf, dass

die Muskelanlagen sich mit dem Perichondrium in Zusammenhang setzen, ihre Primitivbündel verlieren sich in demselben.

In den Anlagen für die Sehnen stehen die Zellen sehr dicht aneinander und sind der Länge nach geordnet. Die Kerne sind bald rundlich, bald oval. Die Eigenschaften der ausgewachsenen Sehnen kann man nicht erkennen. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Muskeln und Sehnen sind bei der Vergrößerung dieser Organe schmaler geworden.

Hier wie zwischen Hornblatt und Muskeln (Anlage für Cutis und die Fascien) sind die Zellen spindelförmig.

Die Verdickung des Hornblatts ist am auffallendsten an der Dorsal- und Volar-Seite der Finger und tritt an der Spitze mehr zurück. Am übrigen Theil der Extremität besteht die tiefer liegende Schicht des Hornblattes noch aus einer Reihe von dichtgedrängten runden Zellen.

Im Bereich der Verdickung bildet die tiefere Schicht eine grosse Anhäufung von Zellen mit rundlichen Kernen.

Die epidermoidale Schicht ist an denselben Stellen wie die tiefer liegende verdickt. Der Uebergang der Verdickung in das übrige Hornblatt ist ein allmäliger.

In den Zellenanhäufungen im Bereich der späteren Handwurzel treten verschiedene Aufhellungen als Anlagen für die einzelnen Knochen auf. (Fig. 2)

An jeder der fünf Stahlen der Hand zeigt sich eine Aufhellung; es werden dadurch die Anlagen für Metacarpus und 1. Phalanx differenzirt. (Fig. 2 und 3.)

Die Aufhellung, welche die Anlage für die erste Phalanx bezeichnet, verliert sich allmähig in den peripheren Theilen von jedem Strahl, welcher noch aus dichtgedrängten Zellen besteht und die übrige Parthie von den hervorwachsenden Fingern einnimmt. An den Strahlen in der Hand ist in der Peripherie der Gelenke die Anlage dicker als im übrigen Theil des künftigen Knochens. (Fig. 3).

An den Finger resp. Zehenspitzen wiederholen sich die ursprünglichen Vorgänge der gesamten Extremitätenanlage. Der Inhalt der Finger resp. Zehenspitzen, besteht aus embryonaler Bildungszellen, die sich nur insofern von denjenigen, welche den inneren Theil des ursprünglichen Extremitätenstummels bilden, verschieden verhalten, als sie dichtgedrängter sind.

Es sind deshalb die 5 Strahlen in der Hand nicht allein als Anlage für das Knochengerüst mit Periost und Gelenken anzusehen, sondern auch als Bildungsstätte für die Weichtheile der Finger resp. Zehen, wie aus dem Folgenden hervorgeht.

Embryonen von 12--13 Mm. Länge mit 4--5 Mm. langen Extremitäten. Die Grundphalanx ist jetzt deutlicher abgegrenzt, indem eine mehr peripher liegende Aufhellung für die Mittel-Phalanx aufgetreten ist, die sich allmähig in den Bildungszellen der Fingerspitzen verliert.

Zwischen Grund- und Mittel-Phalanx liegt, wie an allen anderen bereits angelegten Gelenkstellen eine Zwischenzone von dichtgedrängten embryonalen Bildungszellen.

Die Handwurzelknochen sind in der Anzahl angelegt, die sie beim ausgewachsenen Individuum behalten und sind sowohl gegeneinander, wie gegen die Metacarpen und Ulna und Radius durch eine Zwischenzone von Bildungszellen abgegrenzt. Die Entwicklung der Beuge- und Strecksehnen an den Fingern geht mit der übrigen Entwicklung an diesen Theilen Hand in Hand, sobald ein Phalanx angelegt ist, folgt das Auftreten der Sehnen in der schon oben beschriebenen Weise.

Da wo die Sehnen angelegt sind, liegen zwischen diesen und der Scelettanlagen, sowie zwischen Sehnen und Haut, Bildungszellen mit reichlichem Protoplasma. Die Sehnenanlagen verlieren sich in der Anhäufung von embryonaler Bildungszellen der Fingerspitzen. (Fig. 4.)

Das Hornblatt verdickt sich immer mehr. An den übrigen mehr centralen Theilen der Extremitäten entwickeln sich die Organe in der Weise weiter, so wie es im vorigen Stadium angedeutet war.

Da es überall hin derselbe Vorgang ist, welcher sich in den herauswachsenden Fingern abspielt, nur zu verschiedener Zeit, will ich um Wiederholungen zu vermeiden von jetzt an nur die Entwicklung der Hand genauer verfolgen.

Embryonen von 14—15 Mm. Länge. Die Länge der Vorderextremitäten beträgt 5 Mm.

2, 3. und 4. Finger sind von gleicher Länge und messen 1 Mm. 1. und 5. Finger sind etwas kürzer.

Die Endphalanx ist angelegt und characterisirt sich durch ihre dreieckige Form, ist mit ihrer Basis nach der

Mittelphalanx gekehrt und von dieser durch eine Zwischenzone embryonaler Zellen getrennt, grade so wie an allen anderen Gelenkstellen. In der Mitte des breiten Theiles des Endphalanx sind die Zellen durch abgelagerte Zwischen-substanz gegeneinander abgegrenzt, im übrigen Theil stehen sie noch sehr dicht aneinander. Der Raum zwischen Endphalanx und Hornblatt wird von embryonalen Bildungszellen gebildet, hier und da sieht man ein Gefäss verlaufen, die Sehnenanlage ist hier noch nicht zu erkennen. (Fig. 4.)

In den *Spatia interossea* zwischen den Metacarpen sind die Bildungszellen unverändert geblieben, sowie auch in den Fingern kein anderes Gewebe differenzirt ist, als die oben erwähnte Scelet- und Sehnenanlage, nebst Nerven und Gefässen.

Im Bereich der Verdickung des Hornblattes an der Volar- und Dorsalseite jedes Endgliedes haben die Zellen der tieferen Schicht sich cylindrisch geordnet und bestehen aus mehreren Reihen; oben an der Spitze sind die Zellen cubisch und stehen nur in einer Reihe. Die epidermoidale Lage ist vorwiegend an der Volarseite verdickt und besteht aus polyedrischen Zellen, von denen die äussersten abgeplattet sind.

An der Grenze des Endgliedes und Mittelgliedes, noch im Bereich der Verdickung, sieht man an der Volarseite jedes Fingers einen Wulst, der dadurch zu Stande kommt, dass die Bildungszellen des *Stratum intermedium* stärker wuchern und das verdickte Hornblatt vor sich her treiben. Es ist dies der Nagelfalz, wie schon Remak es beim Huhn beobachtet hat.

Embryonen von 16 — 17 Mm Länge. Länge der Vorderextremitäten 5 Mm. Die Anlagen für die Bänder zwischen den einzelnen Metacarpen zeigen sich als eine auf einige Stellen auftretende Anhäufung von Bildungszellen in den Spatia interossea.

Die Zellen haben sich so geordnet, dass das Ganze ein längsstreifiges Aussehen bekommt, in der Richtung von einem Metacarpus nach dem andern. Im Uebrigen hat sich keine Differenzirung zum Bindegewebe gezeigt, ebensowenig wie an den anderen Theilen der Finger; die spindelförmigen Zellen kann man nicht bis in die Finger verfolgen.

Um die am Unterarm und Handwurzel liegenden Sehnenanlagen herum liegt eine Anhäufung von Zellen, die so geordnet sind, dass ihre Richtung senkrecht zu der der Sehnen steht; es ist dies die Sehnnenscheide.

In der Mitte der Anlagen für die Carpalknochen, wie für die Metacarpen und Phalangen lagert sich mehr Grundsubstanz ab, an den Rändern ist dies weniger ausgesprochen, Periost und Zwischenzonen sind unverändert geblieben. Die Zellen der tieferen Schicht des Hornblattes sind überall sowohl im Bereich der Verdickung wie an den übrigen Stellen der Extremität cylinderisch; die epidermoidale Schicht hat ihr Aussehen beibehalten.

Embryonen von 18 — 20 Mm. Länge zeichnen sich dadurch von allen den vorigen aus, dass der Kopf in die Höhe gerichtet ist und so steht, wie beim ausgewachsenen Thiere. Der Unterarm ist von der gemein-

samen Haut des Rumpfes umschlossen, so dass nur die 4 Mm. lange und 4 Mm. breite Hand hervorragt.

Von den viel zarteren Hinterextremitäten ragt der ganze Unterschenkel und der grösste Theil vom Oberschenkel hervor. An allen Fingern und Zehen sieht man die sich ausbildende Kralle mit dem Krallenfalz.

In den Fingern hat sich noch kein Bindegewebe differenziert, nur stehen die Zellen nach dem Hornblatt hin dichter. Im Bereich des Endgliedes sind die Sehnenanlagen in Bildung begriffen, mit der Endphalanx stehen sie nicht in Verbindung. An den mehr central liegenden Theilen der Sehnenanlagen ist eine Lösung zwischen Sehnen Scheide und Sehne zu Stande gekommen; die Zellen haben nämlich an denjenigen Stellen, wo die Lösung auftritt, keine Grundsubstanz.

An den mehr peripher liegenden Theilen der Sehnen ist von Sehnen Scheidenanlagen noch nichts zu sehen.

Wie an den mehr central gelegenen Theilen in demselben Entwicklungsstadium, schreitet die Aufhellung in den Scelettanlagen auf Kosten der Zwischenzonen und der Ränder der Strahlen vorwärts. Und zwar geht diese Aufhellung (Ablagerung von Grundsubstanz) vorwiegend da vor sich, wo später der Gelenkkopf, Gelenkpfannenränder und sonstige Knochenvorsprünge liegen; mehr zurück tritt sie an der Stelle der späteren Gelenkpfanne. Durch diese ungleichmässige Ablagerung von Grundsubstanz kommt schliesslich die Congruenz der Gelenkenden zu Stande.

Die Anlage für den Nagelfalz geht jetzt um das ganze Endglied herum und hat sich mehr nach vorn gebogen.

An der Dorsalseite im Bereiche der Verdickung des Hornblattes, verhornen die äussersten platten Zellen der epidermoidalen Schicht. Die Anlagen für das Rete-Malpighii hat ihr Aussehen nicht wesentlich geändert.

Embryonen von 24 Mm. Länge Länge der Hand 5 Mm. Breite 5 Mm. Die Kalkablagerung ist im vollen Gange.

An dem grossen Röhrenknochen wird von Periost Knochensubstanz abgelagert und die Gefässe wachsen hinein.

An den knorpelichen Anlagen für die Karpalknochen, Metacarpen sowie für die Phalangen ist noch keine Verkalkung aufgetreten, ausser an der Endphalanx.

Die Zwischenzone ist an dem mehr central gelegenen Theile z. B. am Gelenk zwischen Ulna-Radius und Handwurzel soweit in Knorpel umgewandelt, dass man jetzt die definitive Form der Gelenkenden erkennen kann und durch leisen Druck dieselben von einander zu lösen vermag.

Die aus Bildungszellen bestehende Zwischensubstanz hat sich jetzt vollständig einen Theils in Knorpel umgewandelt, andern Theils in Synovialfalten. Es handelt sich also hier um die Einleitung eines Spaltungsvorganges.

Die Sehnen inseriren sich jetzt auch an der Endphalanx, indem ihre Elemente sich in dem Perichondrium verlieren.

Die Sehnenscheide ist an den peripheren Theilen schon angelegt. Auch im Endgliede sind die Gewebe

differenzirt; die Zellen der Cutis stehen hier dichter als in den übrigen Theilen der Extremität.

Der hervorwachsende Krallenfalz hat sich nach vorn gebogen; so dass sie jetzt die Kralle an ihrer Wurzel scheidenartig umfasst.

Die cylindrischen Zellen an dem Theil der Wulst, welcher der Kralle zugekehrt ist, haben sich umgelegt, so dass sie senkrecht zu den anderen cylindrischen Zellen des Rete-Malpighii stehen.

Die grössten der untersuchten Embryonen von *Talpa* hatten eine Länge von 31 Mm.

Die Hand war 6 Mm. lang und 6 Mm. breit.

Alle Sceletttheile, in welchen noch keine Verkalkung aufgetreten ist, bestehen aus fertigem hyalinen Knorpel.

An den Karpalknochen sowie an den Metacarpen, der Grundphalanx und Mittelphalanx ist die Verkalkung noch nicht zu Stande gekommen.

Nachdem die Lösung sich in oben geschilderter Weise vollzogen hat, liegen die Gelenkenden überall aneinander an mit ihren glatten Knorpelflächen, in denen die äussersten Zellen abgeplattet sind. Der Theil der Zwischenzone, welcher nicht in Knorpel umgewandelt ist, liegt als Synovialfalte zwischen den peripheren Theilen der Gelenkenden und besteht aus jungen Bindegewebe. Diese Synovialfalte hat sich in ähnlicher Weise von den Gelenkenden gelöst, wie diese von einander.

Das Perichondrium besteht aus mehreren Schichten langer platter Zellen.

Die Muskeln sind quergestreift Die Faserbündel haben überhand genommen, die Zellen treten zurück.

Die Sehnen haben überall eine getrennte Scheide.

Beide Gebilde sind noch zellenreicher, als später.

Zwischen Cutis und Rete-Malpighii wird die Begrenzungslinie wellenförmig.

An dem untersten Theil des Krallenfalz verhornen die polyedrischen Zellen; desshalb kann man keine Grenze zwischen Krallenfalz und Kralle unterscheiden. Dieser Theil giebt also jetzt eine Bildungsquelle für das Horn der Kralle ab, ebenso wie der eigentlichen Matrix.

Aus der Sammlung des geburtshülflich-gynaekologischen Instituts überliess Herr Professor Dohrn mir freundlichst eine Anzahl von menschlichen Embryonen, durch deren Extremitäten ich Schnitte in verschiedener Richtung gelegt habe.

Die Präparate wurden entweder mit Carmin oder Picrocarmin tingirt und in Canadabalsam eingeschlossen. Sämmtliche Embryonen waren in Müllerscher Flüssigkeit gehärtet. Der kleinste von diesen war 15 Mm. lang, die Vorderextremitäten 3 Mm., an denselben sind Einkerbungen als Andeutung für die Finger kaum wahrnehmbar.

In den Anlagen für Humerus, Ulna, Radius, Handwurzelknochen, Metacarpen sowie für Grundphalanx und zum Theil 2. Phalanx lagert sich die Grundsubstanz des hyalinen Knorpels ab.

Die Knorpelanlagen sind, an den Stellen der späteren Gelenke, durch Zwischenzonen von dichtgedrängten Bildungszellen mit einander verbunden, welche sich durch Behandlung mit Picrocarmin gelb färben; bieten aber überall dasselbe histiologische Bild und entsprechen dem Besunde bei *Talpa* in denselben Stadien der Entwicklung.

Die Gelbfärbung beschränkt sich aber nicht allein auf die Zwischenzonen sondern noch auf andere Gewebe.

Die Handwurzelknochen sowie die Phalangen sind in der Anzahl (8) angelegt, wie sie auch beim ausgewachsenen Individuum angetroffen werden. Die Muskeln kann man auf Querschnitten von einander unterscheiden.

An den Hinterextremitäten war äusserlich keine Spur von den Zehen zu sehen. Auf Flächenschnitte durch diese sieht man Femur, Tibia und Fibula knorpelich angelegt ebenso wie die Fusswurzelknochen und Metatarsalknochen; hier aber auch in derselben Anzahl wie man sie beim Erwachsenen findet. Die Zwischenzonen und ein Theil des umliegenden Gewebes färben sich durch Picrocarmin gelb.

Der Befund an 19 Mm. langen Embryonen entsprach hauptsächlich dem von Henke und Reyher bei ähnlichen Embryonen angegebenen. — Der Oberarm ragte kaum hervor, der Unterarm und die Hand hatten eine platte ruderartige Form und eine Länge von 4 Mm.

Alle Sceletttheile sind angelegt mit Ausnahme von Endphalanx. Die Bildungszellen zwischen den Muskeln sind spindelörmig. Die Sehnen sind bis zur Höhe der ersten Phalanx angelegt.

Die grössten von den Embryonen waren 41 Mm. lang, das Stück vom Ellenbogen bis Finger Spitze 10 Mm.

Die einzelnen Finger sind noch nicht von einander getrennt.

Alle Sceletttheile sind angelegt, die Verknöcherung ist im vollen Gange, sowohl an dem grossen Röhrenknochen als an den Endphalangen.

Am Ellenbogengelenk liegen die Gelenkenden mit glatten Knorpelflächen an einander, in denen die äussersten Zellen platt sind.

An den Phalangen ist die Zwischenzone noch nicht völlig in Knorpel umgewandelt. Uebrigens sind die Formen hier so merkwürdig verunstaltet, dass man sie kaum für normal halten

darf, besonders wenn man damit die regelmässigen und, mit dem Befunde am ausgewachsenen Thier übereinstimmenden, Formen der Phalangen bei Talpa zur Zeit der Verknöcherung vergleicht. Die Entwicklung der Muskeln, Sehnen, Fascien steht auf derselben Stufe wie bei Talpa in dieser Periode der beginnenden Verknöcherung.

Die Finger sind nach der Vola manus hin gekrümmt. Ein Nagelfalz fehlt noch in dem Sinne wie er bei Talpa auftritt.

Wie aus den obigen Untersuchungen hervorgeht, entwickeln sich die der Körperaxe näher liegenden Theile früher als die peripher gelegenen.

Dies stimmt nicht mit der Ansicht Schenk's (Lehrbuch 1874) überein, nach welcher die Entwicklung der Extremitäten von der Peripherie nach dem Centrum vorwärts schreitet.

Rathke schildert in seinem, von Kölliker herausgegebenen Lehrbuch die Anlage der Scelettstücke einer Extremität als einen ungetheilten Körper und vergleicht diesen mit einem Baum, dessen Wurzel das, für eine Seitenhälfte des Schultergerüsts oder des Beckens bestimmte, Ende bildet; der mittlere Theil des Körpers bildet den Stamm, das andere, in verschiedenen Strahlen auslaufende Ende, die Zweige.

Die Rathke'sche Auffassung halte ich für zutreffend. Die Anlagen des Knochengerüsts stehen von vorn herein an den Stellen in Verbindung miteinander, wo die späteren Knochen mittelst Gelenken miteinander verbunden sind; so dass man z. B. keine Grenze zwischen Ulna-Radius und Handwurzel ursprünglich unterscheiden kann.

Wenn v. Baer sagt, dass man im Oberarm einen dunkeln Fleck als Anlage für Humerus und im Unterarm 2 Streifen als Anlage für Ulna und Radius beobachtet, hat er insofern Recht, als die Zellen an den späteren Diaphysen dichter stehen als an den anderen Theilen.

Mit Bestimmtheit kann man sagen, dass da wo die späteren Knochen miteinander in Verbindung stehen, die Anlagen ebenfalls nicht von einander zu trennen sind.

So stehen die 5 Strahlen im schaufelförmigen Extremitätenende nur durch die Anlagen der Handwurzelknochen in Verbindung miteinander, in den anderen Theilen sind sie von einander getrennt durch eine Lage von Bildungszellen, in welcher Gefässe sich verzweigen.

Die Anlagen für Ulna und Radius stehen an den späteren Diaphysen ebenfalls nicht in Verbindung miteinander indem schon im Bereich des Spatium interosseum Gefässe verlaufen, und Gefässe werden nie in den Zellenhäufungen angetroffen, die als Anlagen für das Knochengerüst dienen. Sowohl Rathke wie v. Baer betrachten, jedoch ohne näher darauf einzugehen, die Zellenanhäufungen nur als Anlage für den Knorpel bezw. Knochen allein.

Wie aus den späteren Entwicklungszuständen sich ergibt, enthalten die Anlagen auch das Bildungsmaterial für Perichondrium bezw. Periost, für die Elemente der Muskeln und Sehnen, insofern sie innerhalb Perichondrium (Periost) verlaufen, für Zwischenknorpel und Gelenkbänder. Ob die Gelenkkapsel schliesslich aus demselben Material stammen, kann man nicht entscheiden, da ihre Abgrenzungen anfangs weniger scharf sind.

Was die 5 Strahlen im Extremitätenende betrifft, enthalten diese zugleich die Weichtheile für die Finger mit Ausnahme der vom Hornblatt abstammenden. Als bald fängt die Differenzirung der Gewebe an.

An einzelnen Stellen, nämlich im Bereiche der späteren Diaphysen, lagert sich Grundsubstanz des hyalinen Knorpels ab, mit Ausnahme an den Rändern, wo die Zellen noch dicht an einander stehen.

Ein Theil des Randes wandelt sich in dem nächsten Stadium in Knorpel um, ebenso wie ein Theil von den Zwischenzonen (siehe unten).

Der Theil vom Rande, der sich nicht zu Knorpel entwickelt, bildet das Perichondrium und die Elemente der Muskeln und Sehnen innerhalb desselben.

Die Zellen hier werden länglich, bilden mehrere Schichten und lassen sich bestimmt von den umliegenden Geweben abgrenzen.

v. Baer lässt die fünf Strahlen des Extremitätenendes ausschliesslich in Knochen und Periost übergehen. In Wirklichkeit bilden sich aber daraus ausserdem sämtliche Weichtheile der Finger mit Ausnahme der vom Hornblatt abstammenden.

Jeder Strahl besitzt die Form eines Kegels, dessen Basis nach der Peripherie, die Spitze nach den Handwurzeln hin liegt.

In jeder Fingerspitze, also in der Basis des Kegels, wiederholen sich die ursprünglichen Vorgänge des gesammten Extremitätenstummels.

Jeder Fingerstummel besteht aus dichtgedrängten Bildungszellen nebst Nerven und Gefässen, die von dem Hornblatt überzogen sind.

In dem Axentheile und in Linie mit der schon angelegten Grundphalanx und des Metacarpus reihen sich die Zellen noch dichter an einander, bilden in der Mitte dieser centralen Anhäufung Grundsubstanz des hyalinen Knorpels und so entsteht der Reihe nach Mittelfalanx und Endphalanx.

Zwischen allen diesen Knorpelanlagen liegen die noch unverwandten Bildungszellen als Zwischenzonen, die in dem continuirlichen Ueberzug, womit sämtliche Knorpelstücke jedes Kegels versehen sind, direct übergehen.

v. Baer hat bei Hühnerembryonen die Beobachtung gemacht, dass sämtliche Fingerglieder innerhalb der Extremitätenhaut angelegt werden und dann erst heraus wachsen; beim Menschen findet sich ein ähnlicher Zustand, indem die einzelnen Finger selbst in Stadien, wo die dritte Phalanx schon angelegt ist, in einer gemeinschaftlichen Haut umschlossen werden, so dass sie wie durch eine Schwimnhaut verbunden erscheinen.

Erdl bildet einen solchen Zustand ab (Tab. X, Entwicklung des Menschen und Hühnchens im Ei).

Beim Maulwurf ist das Verhalten etwas anders.

Beim ausgewachsenen Thier ragt nur das Endglied ganz und das Mittelglied theilweise hervor.

Dasselbe zeigt sich schon bei der Entstehung der Phalangen; Metacarpen und Grundphalanx werden in demjenigen Stück jedes Kegels angelegt, welches innerhalb der gemeinsamen Haut liegt, Mittelfalanx und Endphalanx in oben beschriebener Weise im hervorstehenden Finger.

Die Entstehung der Phalangen haben Henke und Reyher in ihrer bekannten Arbeit (Studium über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen, 1874) beim menschlichen Embryo beobachtet und beschrieben, fassen aber den Vorgang anders auf, indem sie die Entstehung der Phalangen als ein successives Aufbauen betrachten.

»Wenn ein Glied eine gewisse Länge erreicht hat, wird es durch eine quer darauf gelegte Platte von etwas anders verdichtetem Gewebe abgeschlossen, gleichsam wie von einer Lage Mörtel überzogen, ehe das folgende Stück darauf gelegt wird. Dieses wächst nun sofort im Anschluss an die zwischengelegte Scheibe und ist also von vorn herein in einer Verbindung mit dem vorhergehenden, die man als eine Syndesmose bezeichnen kann, oder mit einer solchen jedenfalls sehr wohl verglichen werden kann.« (pag. 38.)

In Wirklichkeit geht die Entstehung der Phalangen beim Menschen in derselben Weise vor sich wie beim Maulwurf; die Fig. 1—4 stellen die Verhältnisse bei diesem Thier dar.

Henke und Reyher halten die Zwischenzonen zwischen Humerus, Ulna und Radius einerseits, und zwischen den Phalangen andererseits, für etwas ganz Verschiedenes, und zwar deshalb, weil die an letztgenannten Stellen durch Picrocarmin sich gelb färben, an den andern dagegen nicht.

Beim Menschen finde ich gleichfalls diese eigenthümliche Wirkung des Farbstoffes, und zwar werden die Zwischenzonen nicht allein durch Picrocarmin gelb, sondern auch auf Zusatz von dem gebräuchlichen carminsäuren Ammonium; bieten jedoch überall dasselbe histiologische Bild, wie an den Zwischenzonen, die sich nicht gelb gefärbt haben.

Bei Embryonen von noch jüngerem Stadium als wie von Henke und Reyher beschrieben, färben sich nicht allein alle Zwischenzonen auf Picrocarmin gelb, sondern auch mehrere Theile von den sonstigen in Bildung begriffenen Geweben, so dass man hiernach wohl kaum die Gelbfärbung als etwas spezifisches für die Zwischenzonen an den Phalangen ansehen darf. Verhältnisse wie Schenk für Menschen gefunden hat, dass 9 Phalangen angelegt sind, kommen beim Maulwurf nicht vor; ebensowenig vermöchte ich sie bis jetzt beim Menschen zu finden.

Flächenschnitte durch die Vorderextremitäten von menschlichen Embryonen aus derselben Zeit wie die von Schenk beschriebenen, aus der 6. — 7. Woche, zeigen nämlich schon die knorplich angelegten Metacarpen und Grundphalangen, und zwar nur in der Anzahl von 5.

An den weniger entwickelten Hinterextremitäten waren schon ebenfalls 5 Metatarsen knorpelig angelegt, äusserlich war keine Spur von Einkerbung zu sehen.

Unter meinen Präparaten fand sich auch kein solches wie das von Henke und Reyher beschrieben, wonach beim Embryo des Menschen die Handwurzelknochen in grösserer Anzahl angelegt sein sollen, als man sie später beim Erwachsenen trifft.

In Bezug auf die hinteren Extremitäten von *Talpa* muss ich noch bemerken, dass Tibia und Fibula getrennt von einander angelegt sind und auch für sich verknöchern. Nach diesem Vorgang wachsen sie in ihrem untern Theil mit einander zusammen.

Tibia und Fibula zeigen also ein ähnliches Verhältniss wie z. B. Metatarsus bei Rind und Schaaf.

Gelenke.

Zwischen den einzelnen Knorpelanlagen liegt, wie wir gesehen haben, eine Zone von dichtgedrängten Bildungszellen, die überall auf gleiche Weise entstanden ist, sie ist nämlich der Theil von der baumförmigen Anlage des Knochengerüsts, welcher noch keinen hyalinen Knorpel gebildet hat. Die Knorpelanlagen verlieren sich allmählig in diesen Zonen, scharfe Grenzen existiren nirgends, so dass man nicht die spätere Form der Gelenkenden erkennen kann.

Nach den Untersuchungen von Henke und Reyher soll die Zwischenzone allein als Anlage für Synovialfalten dienen.

Diesen Verfassern zufolge verdünnt sie sich und schwindet und zwar geschieht dies in der Mitte früher, als an den peripheren Theilen, so dass hier eine Scheibe (die sich auf Längenschnitte als Dreieck mit der Spitze nach dem Centrum hin zeigt) zurückbleibt und eine Synovialfalte bildet.

Darin stimmen meine Untersuchungen mit denen von Henke und Reyher überein, dass ein Theil von der Zwischenzone zur Synovialfalte wird, aber auch nur ein Theil, nämlich der periphere Rest, welcher nicht in Knorpel, Zwischenknorpelscheiben und Ligamente innerhalb der Gelenkhöhlen umgewandelt wird. Die Lösung der Synovialfalte von den knorpeligen Gelenkenden kommt in ähnlicher Weise zu Stande, wie diese selbst sich von einander lösen. Henke und Reyher vermuthen das Zustandekommen der definitiven Gelenkenden auf mechanischem Wege durch Muskelactionen. Die anatomischen Vorgänge bei der Entwicklung der Gelenkenden sowohl bei Talpa wie beim Menschen bestehen darin, dass allmählig die Zellen der Zwischenzonen die Grundsueinstanz des hyalinen

Knorpels bilden und zwar von den bereits aufgehellten Theilen ausgehend.

Man bemerkt, dass diese Ablagerung von Grundsubstanz durchaus keine gleichmässige ist.

In den centralen Theilen irgend einer Zwischenzone schreitet die Ablagerung von hyaliner Grundsubstanz vorwiegend von der Knorpelanlage des Knochens vorwärts, welcher nachher den Gelenkknopf trägt; in den peripheren Theilen von demjenigen, der nachher die Gelenkpfanne mit ihren Rändern trägt.

In dieser Weise nehmen die Gelenkenden auf Kosten der Zwischenzonen ihre definitiven Formen an.

Die Gelenkenden liegen nach der Lösung dann mit platten Knorpelflächen an einander, in denen die äussersten Zellen platt sind.

Derselbe Vorgang findet an jedem Gelenk statt; natürlich immer nach dem betreffenden Knochen modificirt.

Fig. 6—8 erörtern diese Verhältnisse für das Ellenbogengelenk beim Menschen.

Da, wo die peripheren Theile der Gelenkenden in den Knochen übergehen, sind sie nicht mit einander congruent, so dass hier ein Raum entsteht, der sich auf Längsschnitten als Dreieck präsentiert.

In dem Theil der Zwischenzonen, welcher diesem Raum entspricht, tritt sobald die Gelenkenden hier ihre definitive Form bekommen, oder früher (Fig. 7) ein anderer Vorgang auf; es bildet sich hier Bindegewebe.

Die Lösung dieser Synovialfalte findet in ähnlicher Weise statt, wie die Gelenkenden sich von einander lösen.

Bentzens Angabe, dass die Zwischenzonen sich in Schichten von platten Endothelzellen umwandle und dass zwischen diesen kleine Spalträume entstehen, in welchen sich seröse Flüssigkeit ansammelt, die nachher confluiren, steht mit der vorliegenden Untersuchung nicht im Einklang.

Die Gelenkflächen sollen nach Bentzen mit Endothelzellen bekleidet sein, die nachher schwinden, sobald die Gelenkhöhle ihre entsprechende Grösse erhalten hat. Ein solcher Vorgang findet bei der Entwicklung der Menschen und Maulwurf nicht statt.

Die äussersten Zellen der knorpelichen Gelenkenden sind allerdings platt, aber Bestandtheile des Knorpels.

Muskel und Sehnen.

Jeder Muskel entsteht mit seiner Sehne für sich, so dass man von vorn herein die Muskeln aus ihrer Lage bestimmen kann.

Anfangs liegen sie noch weit von einander, getrennt durch Lagen von Bildungszellen.

Die Muskeln wachsen auf Kosten dieser, bis ihre Primitivbündel das Perichondrium erreicht haben. Ist dieses geschehen, so werden die Bildungszellen zwischen den einzelnen Muskeln alsbald spindelförmig und entwickeln sich zu dem Bindegewebe zwischen den Muskeln.

Zwischen den Primitivbündeln liegen noch zahlreiche Bildungszellen, die dann das weitere Material zum Aufbau der Muskeln abgeben.

Dem Wachsthum der Finger entsprechend, entwickeln sich die Sehnen in ihren peripheren Enden auf Kosten der umliegenden Bildungszellen immer weiter, bis sie ihre Ansatzstellen an den betreffenden Phalangen erreicht haben.

Die Sehnenscheiden werden von den umliegenden spindelförmigen Zellen gebildet. Diese Zellen reihen sich zusammen und liegen in einer zu den Sehnenfasern senkrechten Richtung.

Die Lösung von der Sehne kommt erst später zu Stande, in ähnlicher Weise, wie bei den Gelenken.

In Studien über die Entwicklung der Extremitäten u. s. w. pag. 13. sagen Henke und Reyher, dass die Muskeln an menschlichen Embryonen von 18—20 mm. Länge noch nicht von einander gesondert sind.

Querschnitte von diesem Stadium, sowie von noch früheren, zeigen jedoch, dass die Muskeln von einander gesondert und wohl zu bestimmen sind. Dieser Befund deutet darauf hin, dass sie auch in ihren frühesten Anlagen beim Menschen von einander getrennt sind, grade wie beim Maulwurf.

Nägel.

Remak sieht die Verdickung des Hornblattes an der Spitze der Extremitätenstummel als Anlage für die Nägel an.

Erst nachdem die 5 Finger durch die 4 Einkerbungen, die man am Aussenrande des schaufelförmigen Extremitätenendes beobachtet, angedeutet sind, zeigt das Hornblatt an jeder Fingerspitze eine Verdickung, von welcher aus man mit Bestimmtheit die Bildung der Kralle verfolgen kann; diese Verdickung betrifft beide Schichten des Hornblattes, wogegen die erste Verdickung ausschliesslich nur die oberflächliche Schicht betraf.

Ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Verdickungen ist nicht nachzuweisen. Wie Remak selbst angiebt, gleicht sich die erste Verdickung wieder aus.

Sobald die Entwicklung der Finger soweit vorgeschritten, dass die Endphalanx angelegt ist, werden die ursprünglich runden Zellen der tiefern Schicht des Hornblattes cylinderisch und stehen an der Dorsal- und Volarseite dichter als an der Spitze. Ist der Krallenfalz angelegt, so verhornen die Zellen der oberflächlichen Schicht, die tiefere entwickelt sich zu dem Schleimnetz.

An der Grenze des Endgliedes und Mittellgliedes wuchern die Zellen des Stratum intern. stärker und treiben das ver-

dicke Hornblatt vor sich her. Hierdurch kommt ein Wulst zu Stande, der anfangs nur an der Volarseite sichtbar ist, schliesslich aber um das ganze Glied herumgeht. Der Wulst biegt sich allmählig nach vorne und umfasst schliesslich die Kralle als Krallenfalz.

Auch diejenigen Zellen des Falzes, welche der Kralle anliegen, wandeln sich durch Verhornung in Bestandtheile derselben um.

Kölliker's und Frey's Beobachtungen zufolge wird beim Menschen der Nagelfalz eher angelegt, als der Nagel selbst.

Beschreibung der Figuren.

Fig. 1. Flächenschnitt (parallel der Handfläche durch die vordere Extremität eines $6\frac{1}{2}$ Mm. grossen Embryo von Talpa.

Man sieht die Anlagen für Oberarm, Radius, Ulna, Handwurzel und die 5 Strahlen als Anlagen für die 5 Metacarpalknochen, Phalangen und die Weichtheilen der Finger. Hier und da verbreiten sich Gefässe.

Fig. 2. Flächenschnitt durch die vordere Extremität eines Embryo von $9\frac{1}{2}$ Mm. (Talpa), die Ulna ist knorpelig. Der Radius ist durch die Schnitfführung kaum getroffen, man sieht nur sein Perichondrium.

Die Anlagen für die Handwurzelknochen sind helle aus jungen Knorpeln bestehende Stücke.

In jedem der 5 Strahlen kann man die knorpelige Anlage für den Metacarpalknochen erkennen. Der übrige Theil jedes Strahles besteht noch aus dichtgedrängten Bildungszellen. (Beim Lithografiren ist ein Verbindungsstrang zwischen 2. und 3. Metacarpus dargestellt worden. Derselbe kommt in der That nicht vor.)

Fig. 3. Flächenschnitt durch die Hand eines 11 Mm. grossen Embryo von Talpa.

Anlage der Grundphalanx. Durch die Schnitfführung ist ein Muskel mit getroffen.

Fig. 4. Sagitalschnitt (Dorso-volar) durch den Mittelfinger eines $12\frac{1}{2}$ Mm. grossen Embryo von *Talpa*. Anlage der Endphalanx; Mittelfphalanx ist bereits knorpelig angelegt. An der Fingerspitze zeigt das Hornblatt die Verdickung der beiden Schichten: die Anlage für die Krallen.

Fig. 5. Sagitalschnitt der vordern Extremität eines 6 Mm. grossen Embryo von *Talpa*.

Es verbreiten sich die Nervenverzweigungen in den Extremitätenstummel hinein.

In dem Axentheil sieht man einen Theil von der Anlage des Knochengerüstes, an der Spitze der Extremität der obersten Schicht des Hornblattes die Verdickung.

Innerhalb der Extremitätenspitze liegt der quer getroffene Gefässbogen.

Vergrösserung 20:1.

Fig. 6—8 sind Sagitalschnitte durch den peripheren Theil des Ellenbogens von menschlichen Embryonen.

Vergrösserungen 1:500.

Fig. 6. Embryo von 18 Mm. Zwischen Humerus (a) und Radius (b) ein breite Zone von Bildungszellen, von welcher der Knorpel sich nicht bestimmt abgränzen lässt.

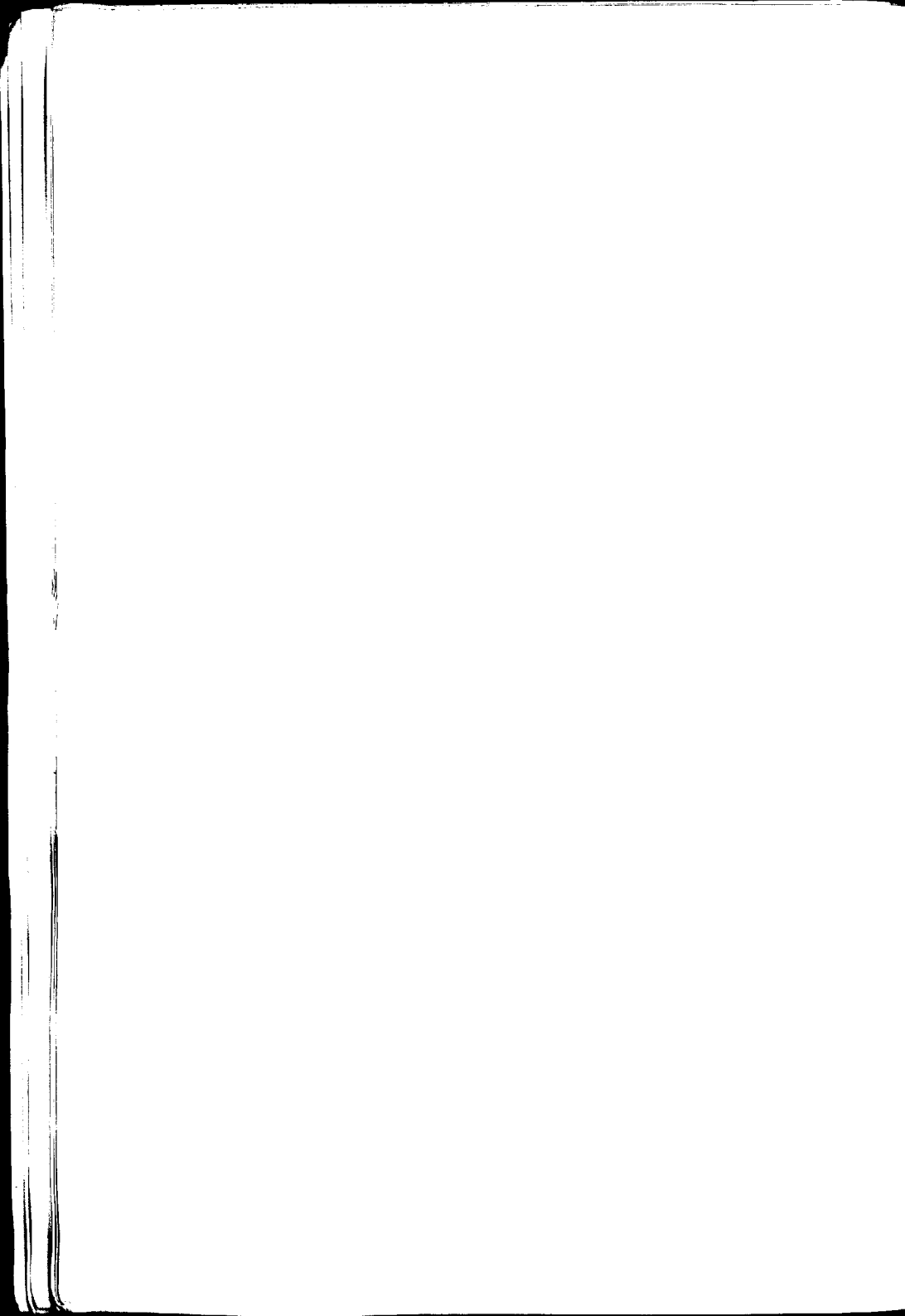
Fig. 7. Embryo von 30 Mm.

Die Zwischenzone ist beinahe vollkommen in Knorpel umgewandelt, in den peripheren Theilen derselben bildet sich Bindegewebe.

Fig. 8. Embryo von 41 Mm.

Die Gelenkenden haben auf Kosten der Zwischenzonen ihre definitiven Formen angenommen und liegen mit glatten Knorpelflächen aneinander.

Der periphere Theil ragt als Synovialfalte in das Gelenk hinein.

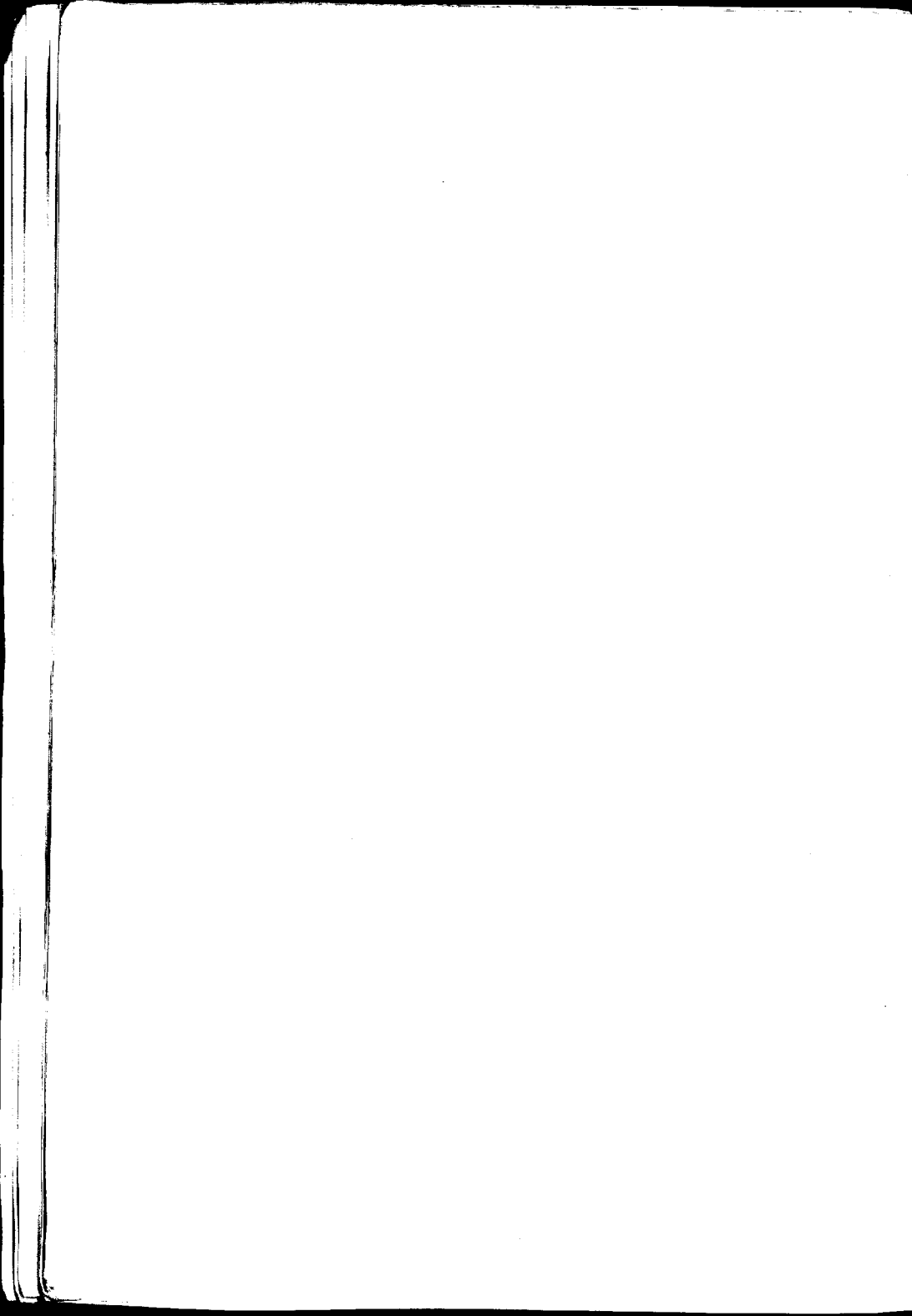


In seinem Lehrbuch der Anatomie des Menschen (Wien 1873) p. 459 Anmerkung sagt Hyrtl:

»Die Retinacula tendinea sind Ueberreste einer in den ersten Entwicklungszeiträumen stattgefundenen Einstülpung der Synovialhaut der Scheide durch die Beuge-sehnen.«

Der anatomische Vorgang bei der Bildung der Retinacula ist folgender:

Gemeinschaftlich mit der Sehnen-scheide werden die Retinacula angelegt, sie sind also von vornherein in Verbindung mit der Sehne. (p. 37.) Der Process, wodurch die Scheide von der Sehne gelöst wird, berührt nicht den Theil, welcher nachher das Retinaculum bildet.



Verfasser, Wilhelm Nagel, geboren am 10. Januar 1856 zu Hójer in Schleswig, besuchte vom Jahr 1865 an Soró Academie (Königreich Dänemark) bzw. deren Gymnasium (*de studerende Klasser*). Nachdem er hier im Juli 1873 das Maturitätsexamen (*Examen artium*) bestanden hatte, fing er seine Studien in Kopenhagen an, und absolvirte im Januar 1874 das für Studirende aller Facultäten in Kopenhagen vorgeschriebene Examen in Philosophie (*den almindelige filosofiske Prøve*). Im Mai desselben Jahres tauschte er diese Universisät mit Marburg um, wo er 7 Semester Medicin studirte und im März 1876 das Tentamen physicum bestand. Letztes Wintersemester hat er in Strassburg zugebracht. Das Examen rigororum legte er am 12. März zu Marburg ab.

Während seiner Studienzeit genoss er den Unterricht der Herren Professoren: Beneke, Carius, Dohrn, Falck, Greeff, Koths, Kussmaul, Külz, Lahs, Lieberkühn, Lücke, Mannkopf, Melde, Nasse, v. Rechlinghausen, Roser, Saxtorph, Schmiedeberg, Schmidt, Schmidt-Rimpler, Wagner, Wiegand; der Herren Doctoren: Ferber, Kuhn, Sonnenburg.

Ihnen allen seinen Dank.

T h e s e n.

I.

Das von Roser zuerst eingeschlagene Verfahren, die Resectio costae, hat sich als Radicaloperation bei Empyem bewährt.

II.

Die Venaesection ist nicht gänzlich zu verwerfen.

III.

Viele pathologisch-anatomische Verhältnisse haben erst durch die Embryologie ihre Erklärung gefunden.



16003

Fig. 7.

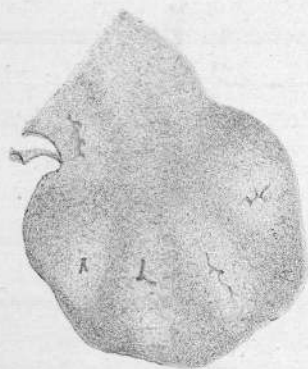


Fig. 3.

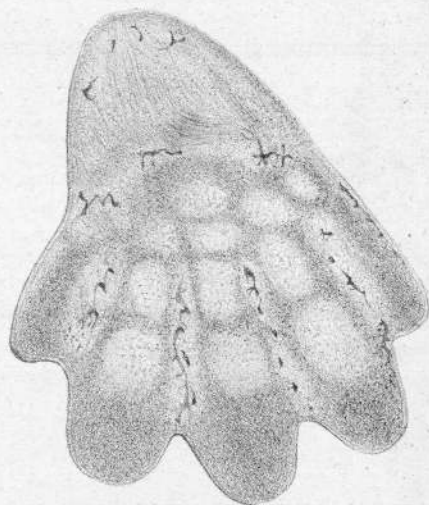


Fig. 6.

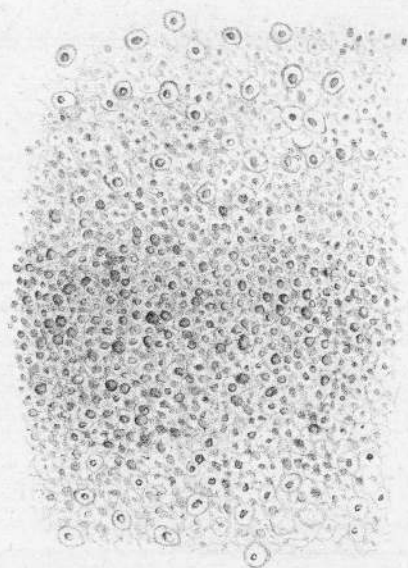


Fig. 4.

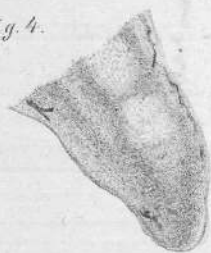


Fig. 5.



Fig. 2.

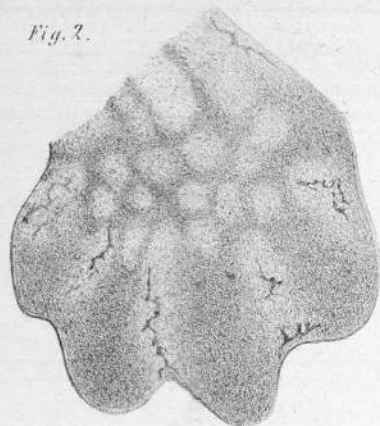


Fig. 7.

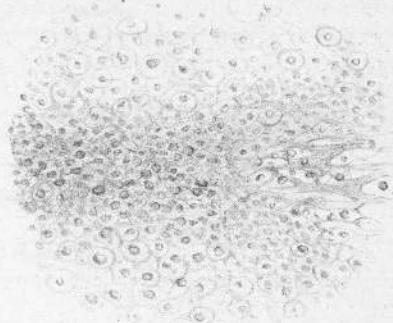


Fig. 8.

