

Wie schon früher bei der Entwicklung der Extremitätenknochen beschrieben wurde, erhält sich ein außerordentlich geringer Rest der Knorpelanlage auch nach Abschluß des Verknöcherungsprozesses und bildet einen nur wenige Millimeter dicken Knorpelüberzug an den Gelenkflächen. Einen solchen besitzen die Gelenkflächen aller Knochen, welche sich aus einer knorpeligen Anlage entwickeln.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn Knochen, die im Bindegewebe direkt entstanden sind, wie die Belegknochen, in eine wirkliche Gelenkverbindung miteinander treten. Einen derartigen Fall bietet uns bei den Säugetieren das Kiefergelenk dar. An ihm wird der Gelenkfortsatz des Unterkiefers sowie die Gelenkgrube an der Schuppe des Schläfenbeins von einer dünnen, nicht verknöcherten Gewebsschicht überzogen. Sie sieht bei flüchtigem Anblick wie Knorpel aus und wird auch gewöhnlich als solcher beschrieben. Bei mikroskopischer Untersuchung aber zeigt sich, daß sie sich nur aus Lagen von Bindegewebsfasern zusammensetzt. Wie es knorpelig und bindegewebig präformierte Knochen gibt, so hat man auch zu unterscheiden zwischen Gelenken mit einem Überzug von hyalinem Knorpel und Gelenken mit einem Überzug von faseriger Binde substanz.

knorpelig!

Repetitorium zu Kapitel XII.

I. Entwicklung des Herzens. 1. In der ersten Anlage des Herzens sind zwei verschiedene Typen bei den Wirbeltieren zu unterscheiden: a) Bei Cyclostomen, Selachiern, Ganoiden, Amphibien entwickelt sich das Herz als ein unpaares Säckchen an der unteren Fläche der Kopfdarmhöhle im ventralen Darmgekröse, welches dadurch in ein Mesocardium anterius und posterius zerlegt wird. b) Bei Reptilien, Vögeln und Säugetieren entwickelt sich das Herz aus zwei getrennten Hälften, welche nachträglich untereinander zu einem einfachen und dann wie beim ersten Typus gelagerten Schlauch verschmelzen.

2. Der zweite Typus ist von dem ersten abzuleiten und aus Anpassung an den Dottergehalt des Eies zu erklären, indem sich das Herz zu einer Zeit anlegt, wo die Darmplatte noch auf dem Dotter ausgebreitet und noch nicht zur Kopfdarmhöhle zusammengefaltet ist.

3. Das Herz legt sich bei allen Wirbeltieren zuerst in der Kopfhalsgegend hinter dem letzten Schlundbogen an.

4. Das hintere, venöse Ende des Herzschlauchs nimmt das Blut aus dem Körper durch die Venae omphalo-mesentericae auf, das vordere, arterielle Ende gibt es durch den Truncus arteriosus an den Körper ab.

5. Der einfache Herzschlauch geht bei den Amnioten: a) durch Krümmungen, Einschnürungen und Lageveränderungen und b) durch Bildung von Scheidewänden im Innern in das aus zwei Kammern und zwei Vorhöfen zusammengesetzte Herz über.

6. Der gerade Schlauch nimmt die Form eines S an.

7. Der venöse Abschnitt des S kommt mehr dorsal, der arterielle mehr ventral zu liegen; beide setzen sich durch eine enge Stelle, den Ohrkanal, als Vorhof und Kammer gegeneinander ab.

8. Der Vorhof treibt seitliche Ausstülpungen, die Herzhöhlen, welche sich von hinten um den Truncus arteriosus herumlegen.

9. Die Scheidewandbildung, durch welche Vorhof, Kammer und Truncus arteriosus in eine linke und in eine rechte Hälfte abgeteilt werden, beginnt von drei verschiedenen Stellen aus.

a) Zuerst zerfällt der Vorhof durch die Vorhofsscheidewand in eine linke und eine rechte Hälfte; die Trennung wird aber wieder eine unvollständige dadurch, daß in der Scheidewand eine Durchbrechung entsteht, das Foramen ovale, das bis zur Geburt offen bleibt.

b) Indem die Vorhofsscheidewand nach abwärts wächst (Septum intermedium, His), trifft sie den Ohrkanal und zerlegt ihn in das linke und das rechte Ostium atrioventriculare.

c) Die Kammer zerfällt durch das von der Herzspitze aus entstehende Septum ventriculi in ihre durch den Sulcus interventricularis auch äußerlich gesonderten Hälften.

d) Der Truncus arteriosus teilt sich in Pulmonalarterie und Aorta durch Entwicklung einer besonderen Scheidewand, welche zuerst oben beginnt, nach abwärts wächst und sich mit der Kammercheidewand vereinigt.

e) Die vollständige Trennung im Vorhof erfolgt erst nach der Geburt durch dauernden Verschluß des Foramen ovale.

10. Am Ostium atrioventriculare und am Ostium arteriosum bilden sich die ersten Anlagen der Klappen als nach innen vorspringende Verdickungen des Endokards (Endothelkissen).

II. Entwicklung der großen Arterien des Menschen. 1. Aus dem Truncus arteriosus entspringen sechs Paar Schlundbogengefäße (Aortenbogen), welche an den Schlundbogen verlaufen, die Kopfdarmhöhle umfassen und sich dorsal zu den beiden primitiven Aorten vereinigen.

2. Die beiden primitiven Aorten verschmelzen frühzeitig zu der unpaaren, unter der Wirbelsäule gelegenen Aorta.

3. Von den sechs Paar Schlundbogengefäßen bildet sich das erste, zweite und fünfte Paar zurück; das dritte liefert das Anfangsstück der Carotis interna; der vierte Bogen wird auf der linken Seite zum Aortenbogen, auf der rechten Seite zur Arteria anonyma brachiocephalica und zum Anfangsstück der Subclavia; der letzte Bogen gibt Äste zur Lunge ab und wird zur Pulmonalarterie, bleibt aber linkerseits bis zur Geburt durch den Ductus Botalli mit dem Aortenbogen in offener Verbindung, während er auf der rechten Seite verkümmert.

4. Nach der Geburt schließt sich der Ductus Botalli und liefert das gleichnamige Band.

5. Von der Aorta gehen zwei Paar Arterienstämme zu den embryonalen Anhangsorganen, die Arteriae omphalo-mesentericae zu dem Dottersack, die Nabelarterien zum Harnsack und zum Mutterkuchen.

6. Die Arteriae omphalo-mesentericae dienen dem Dotterkreislauf und verkümmern später mit der Rückbildung des Nabelbläschens.

7. Die Nabelarterien, welche mit der Entwicklung des Mutterkuchens ansehnlicher werden, entspringen vom Lendentheil der Aorta, ziehen in der seitlichen Beckenwand nach vorn, dann zur Seite der Blase an der Innenfläche des Bauches zum Nabel und Nabelstrang.

8. Die Nabelarterien geben die A. iliaca interna zur Beckenhöhle, die A. iliaca externa zur unteren Extremität ab.

9. Nach der Geburt verkümmern die Nabelarterien zum seitlichen Blasennabelband (Ligamentum vesico-umbilicale laterale), bis auf ihr Anfangsstück, das als A. iliaca communis bestehen bleibt.

III. Entwicklung der großen Venen. 1. Mit Ausnahme der unteren Hohlvene werden alle Venenstämme paarig angelegt.

2. Die beiden Venae jugulares sammeln das Blut vom Kopf, die beiden Kardinalvenen vom Rumpf, besonders aber von den Urnieren.

3. Jugular- und Kardinalvenen verbinden sich jederseits zu den CUVIERSchen Gängen, die in querer Richtung von der seitlichen Rumpfwand zum hinteren Ende des Herzens ziehen, in eine Querfalte der vorderen Rumpfwand, das Septum transversum, eingebettet.

4. Die beiden Dottervenen sammeln das Blut aus dem Dottersack und verlaufen vom Nabel an in dem ventralen Darmgekröse gleichfalls zum Septum transversum.

5. Die beiden Nabelvenen sammeln das Blut aus dem Mutterkuchen und verlaufen von der Insertion der Nabelschnur anfangs in der Bauchwand zum Septum transversum.

6. Im Septum transversum vereinigen sich CUVIERSche Gänge, Dotter- und Nabelvenen zum Sinus reuniens, welcher später als selbstständiges Gebilde schwindet und in den Herzvorhof eingezogen wird.

7. Die Kardinalvenen verlieren an Bedeutung a) infolge der Rückbildung der Urniere und b) dadurch, daß die untere Hohlvene das Blut aus der unteren Körperhälfte zum Herzen zurückleitet.

8. Die untere Hohlvene entsteht mit ihrem oberen Teil als ein unpaares Gefäß zwischen beiden Kardinalvenen und verbindet sich darauf an der Einmündungsstelle der Nierenvene mit der rechten Kardinalvene, die sich so zum unteren Abschnitt der unteren Hohlvene umbildet.

9. Die CUVIERSchen Gänge mit dem Anfang der Jugularvenen werden als obere Hohlvenen bezeichnet.

10. Eine Asymmetrie der paarig angelegten Venenstämme wird dadurch hervorgerufen, daß sich die beiden oberen Hohlvenen und die beiden Kardinalvenen in ihrer Mitte durch Querstämme verbinden.

11. Da durch die Queranastomosen das Blut aus den Stämmen der linken Körperhälfte in diejenigen der rechten Hälfte mehr und mehr übergeleitet wird, bildet sich das Endstück der oberen linken Hohlvene zurück bis auf einen kleinen, in der Kranzfurche des Herzens gelegenen Teil, der die Herzvenen aufnimmt und zum Sinus coronarius cordis wird. Ebenso schwindet das Herzende der linken Kardinalvene.

12. Aus paarigen Anlagen gehen so die unpaare obere Hohlvene, der Sinus coronarius cordis, die V. azygos und hemiazygos hervor.

13. Die Dottervenen, die später unpaar werden, dienen, wenn sich die Leber entwickelt, dem Pfortaderkreislauf (V. hepaticae advehentes und revehentes).

14. Die Nabelvenen, von denen die rechte früh verkümmert, gehen ursprünglich in der Bauchwand über der Leber zum Sinus reuniens, dann bildet die linke eine Anstomose mit der Dottervene unter der Leber, wodurch ihr Blutstrom sich am Pfortaderkreislauf beteiligt.

15. Aus einer Anastomose zwischen der Nabelvene und dem Herzende der unteren Hohlvene entsteht an der unteren Fläche der Leber der Ductus venosus Arantii, was eine Teilung des Nabelvenenblutes in zwei Strombahnen zur Folge hat.

16. Nach der Geburt verkümmert die Nabelvene zum Ligamentum teres hepatis, der Ductus venosus Arantii obliteriert; die Venae hepaticae advehentes erhalten ihr Blut nur noch vom Endstück der Dottervene, der späteren Pfortader, welche das Blut vom Darmkanal sammelt.

17. Das Septum transversum, in welchem die zum Herzen tretenden Venenstämme verlaufen, bildet den Ausgang für die Entwicklung des Zwerchfells und des Herzbeutels und stellt zuerst eine unvollständige

Scheidewand zwischen Bauchhöhle und Herzbeutelbrusthöhle dar, welche jederseits von der Wirbelsäule noch untereinander zusammenhängen.

18. Zuerst sondert sich der Herzbeutel von der Brusthöhle a) dadurch, daß die CUVIERSchen Gänge (die oberen Hohlvenen), anstatt quer, immer mehr schräg von oben nach unten verlaufen, sich vom Septum transversum loslösen und das Brustfell zu der von oben nach unten verlaufenden, nach innen vorspringenden Herzbeutelfalte erheben, b) dadurch, daß die Herzbeutelfalte mit dem Mediastinum posterius verschmilzt, in welchem Speiseröhre und Aorta eingeschlossen sind, wobei die oberen Hohlvenen in das Mediastinum mitüberwandern.

19. Die Brusthöhlen stellen eine Zeitlang, dorsal vom Herzbeutel links und rechts von der Wirbelsäule gelegene, röhrenförmige Hohlräume dar, welche die sich entwickelnden Lungen aufnehmen und kaudalwärts noch mit der Bauchhöhle zusammenhängen.

20. Die beiden Brusthöhlen trennen sich von der Bauchhöhle, indem der dorsale Rand des Septum transversum mit Bauchfellfalten der hinteren Rumpfwand (den Pfeilern Uskows) verschmilzt.

21. Das Zwerchfell setzt sich aus einem ventralen Teil, dem Septum transversum, und einem dorsalen Teil, den Pfeilern, zusammen.

22. In das Septum transversum sowie in das mit ihm zusammenhängende Mesogastrium anterius wächst die Leber bei ihrer ersten Anlage hinein, löst sich aber später von ihm ab und bleibt nur noch durch ihren Bauchfellüberzug, durch das Kranzband und einen Teil des Ligamentum suspensorium, mit dem Zwerchfell verbunden.

Entwicklung des Skeletts.

A. Die Wirbelsäule. 1. Man unterscheidet drei verschiedene Entwicklungsstufen: a) die häutige Wirbelsäule mit Chorda dorsalis (Rückenseite); b) die knorpelige und c) die knöcherne Wirbelsäule.

2. Die Chorda entwickelt sich aus einem unterhalb des Nervenrohrs gelegenen Zellenstreifen des inneren Keimblattes (Chordaentoderm, Chordaanlage) und trennt sich von ihm durch Abschnürung (Chordafalten).

3. Die Chorda bildet einen aus blasigen Zellen zusammengesetzten, von einer festen Scheide abgegrenzten Stab, der unterhalb des Mittelhirnbläschens (in der Gegend des späteren Türkensattels der Schädelbasis) beginnt und bis ins Schwanzende reicht.

4. Als bleibende Skelettanlage findet sich die Chorda nur bei Amphioxus und den Cyclostomen.

5. Eine knorpelige Wirbelsäule bleibt nur bei Selachiern und einigen Ganoiden bestehen, bei den übrigen Wirbeltieren spielt sie nur als Vorläufer der knöchernen Wirbelsäule eine Rolle.

6. Die knorpelige Wirbelsäule entwickelt sich durch histologische Metamorphose aus embryonalem Bindegewebe, das a) als skeletogene Chordascheide die Chorda einschließt, b) um das Nervenrohr eine Hülle (häutige Wirbelbogen) herstellt, c) zwischen die Myomeren die Ligamenta intermuscularia entsendet.

7. Der Verknorpelungsprozeß beginnt zu beiden Seiten der Chorda und bildet um sie einen Knorpelring, den Wirbelkörper, von welchem der Verknorpelungsprozeß sich in der häutigen Hülle des Nervenrohrs ausbreitet, die Wirbelbogen liefert und mit der Entsendung des Wirbeldorns seinen Abschluß findet.

8. Erst durch Verknorpelung der skelettbildenden Chordascheide erfährt das Achsenskelett eine Gliederung in einzelne Wirbelabschnitte dadurch, daß Reste des Muttergewebes nicht verknorpeln und zwischen den Wirbelkörpern zu den Zwischenwirbelscheiben, zwischen den Bogen zu den Ligamenta intercruralia usw. werden.

9. Die Segmentierung der Wirbelsäule ist in Abhängigkeit von der Segmentierung der Muskulatur entstanden in der Weise, daß Skelett- und Muskelsegmente miteinander alternieren, und daß die neben dem Achsenskelett gelegenen Längsmuskelfasern sich mit ihren Enden an zwei Wirbel ansetzen und sie gegeneinander zu bewegen imstande sind.

10. Die von den knorpeligen Wirbelkörpern eingeschlossene Chorda wird in ihrem Wachstum gehemmt und bei den einzelnen Klassen der Wirbeltiere in verschiedener Weise rückgebildet: bei den Säugetieren verkümmert ihr Abschnitt im Wirbelkörper vollständig, während sich in der Zwischenwirbelscheibe ein Rest als Gallertkern erhält.

11. Die knorpelige Wirbelsäule wandelt sich bei den meisten Wirbeltierklassen in eine knöcherne um dadurch, daß das Knorpelgewebe zerstört und durch Knochengewebe ersetzt wird.

12. Jede knorpelige Wirbelanlage verknöchert beim Menschen von drei Kernen aus, von einem Kern in dem Körper und von je einem Kern in jeder Bogenhälfte. (Später noch akzessorische Knochenkerne.)

13. Zu jedem Wirbelsegment gesellt sich ein Paar Rippen hinzu, welche durch einen Verknorpelungsprozeß in den Ligamenta intermuscularia ihren Ursprung nehmen.

14. Beim Menschen bilden sich die verschiedenen Abschnitte der Wirbelsäule durch Metamorphose der Wirbel- und Rippenanlagen.

a) An der Brustwirbelsäule gelangen die Rippen zu voller Ausbildung, verbreitern sich zum Teil mit ihren ventralen Enden und vereinigen sich zu den beiden Sternalleisten, aus deren Verschmelzung das unpaare Brustbein hervorgeht (Fissura sterni).

b) An der Hals- und Lendenwirbelsäule bleiben die Rippenanlagen klein und verschmelzen mit Auswüchsen der Wirbel, mit den Querfortsätzen, zu den Seitenfortsätzen. Hierbei erhält sich am Hals zwischen dem Querfortsatz und dem Rippenrudiment das Foramen transversarium für die Vertebralarterie.

c) Atlas und Epistropheus nehmen eine besondere Gestalt dadurch an, daß sich der Körper des Atlas von seiner Bogenanlage getrennt erhält, dagegen sich mit dem Körper des Epistropheus vereinigt und seinen Zahnfortsatz darstellt (Knochenkern im Zahnfortsatz).

d) Das Kreuzbein geht aus der Verschmelzung von fünf Wirbeln und von den zu ihnen gehörigen Sacralrippen hervor, welche durch ihre Verschmelzung die Massae laterales erzeugen.

B. Das Kopfskelett. 1. Der Schädel durchläuft wie die Wirbelsäule drei Formzustände: a) das häutige, b) das knorpelige Primordialcranium, c) die knöcherne Schädelkapsel.

2. Das häutige Primordialcranium besteht: a) aus dem vordersten Ende der Chorda, welche bis zum vorderen Rand des Mittelhirnbläschens reicht, und b) aus einer Bindegewebsschicht, welche als skeletogene Schicht die Chorda umgibt und nach oben eine häutige Umhüllung um die fünf Hirnblasen liefert.

3. Durch gewebliche Metamorphose des häutigen Primordialcranium nimmt das knorpelige seinen Ursprung.

a) Zu beiden Seiten der Chorda legen sich zuerst zwei knorpelige Parachordalia an, welche alsbald von oben nach unten die Chorda umwachsen und sich zu einer Knorpelplatte verbinden.

b) Nach vorn von den Parachordalia treten die RATHKESchen Schädelbalken auf, vereinigen sich bald an ihren hinteren Enden mit den Parachordalknorpeln, verbreitern sich an ihren vorderen Enden und verschmelzen zur Ethmoidalplatte; in ihrer Mitte bleiben sie längere Zeit getrennt und umfassen die Hypophysis (Gegend der Sattelgrube).

c) Von der so entstandenen knorpeligen Schädelbasis aus greift der Verknorpelungsprozeß wie bei der Entwicklung der Wirbelsäule zuerst auf die Seitenwand, zuletzt auf die Decke des häutigen Primordialeranium über und nimmt hierbei zum Teil die höheren Sinnesorgane in sich auf.

4. Bei den Selachiern stellt das knorpelige Primordialeranium eine bleibende Bildung mit dicken Wandungen dar; bei den Säugetieren und beim Menschen dagegen dient es zur Grundlage für die an seine Stelle tretende knöcherne Schädelkapsel; es ist daher auch weniger als bei den Selachiern entwickelt, indem nur Basis und Seitenteile knorpelig sind, während die Decke größere, durch häutige Membranen verschlossene Lücken aufweist.

5. Am knorpeligen Primordialeranium unterscheidet man: a) nach seinem Verhalten zur Chorda einen vertebralen (chordalen) und einen evertrebralen (prächordalen) Abschnitt; b) nach Beziehungen zu den Sinnesorganen eine Ethmoidal-, Orbital-, Labyrinth- und Occipitalregion.

6. Wie sich die Rippen als untere Bogenbildungen zu der Wirbelsäule hinzugesellen, so verbindet sich am Kopf das Viszeralskelett mit dem Primordialeranium.

7. Das Viszeralskelett setzt sich aus gegliederten Knorpelspangen zusammen, die durch Verknorpelungsprozesse in den häutigen Schlundbogen zwischen den Schlund- oder Kiemenspalten entstehen.

8. Die knorpeligen Schlundbogen oder Viszeralbogen sind nur bei niederen Wirbeltieren (dauernd bei den Selachiern) wohl entwickelt und werden nach ihrer Lage und Gestalt als Kieferbogen, Zungenbeinbogen und Kiemenbogen, deren Zahl schwankt, unterschieden.

9. Der Kieferbogen zerfällt in den knorpeligen Oberkiefer (Palatoquadratum) und den knorpeligen Unterkiefer (Mandibulare); der Zungenbeinbogen in das Hyomandibulare, das Hyoid und die unpaare Copula.

10. Bei den Säugetieren und beim Menschen wird ein knorpeliges Viszeralskelett nur sehr verkümmert angelegt und wandelt sich in die Gehörknöchelchen und das Zungenbein um.

11. Im häutigen Kieferbogen entsteht: a) der Amboß, welcher dem Palatoquadratum niederer Wirbeltiere entspricht; b) der Hammer, der Repräsentant des Gelenkteils des knorpeligen Mandibulare; c) der MECKELsche Knorpel, der dem übrigen Abschnitt des Mandibulare entspricht, sich aber später vollständig zurückbildet.

12. Der häutige Zungenbeinbogen liefert: a) in seinem obersten Teil den Steigbügel, b) den Griffelfortsatz, c) das Ligamentum stylohyoideum, d) das kleine Horn und den Zungenbeinkörper.

13. Der dritte häutige Schlundbogen verknorpelt nur in seinem untersten Abschnitt zum großen Horn des Zungenbeins.

14. Das Primordialeranium zeigt auf keinem Stadium seiner Entwicklung eine Zusammensetzung aus Segmenten wie die Wirbelsäule.

15. Die ursprüngliche Segmentierung des Kopfes spricht sich allein in dem Auftreten mehrerer Kopfsegmente (Muskelabschnitte),

in der Anordnung der Hirnnerven und in der Anlage des Viszeral-skeletts aus.

16. Das Primordialeranium ist also eine unsegmentierte Skelett-anlage in einem anderweitig segmentierten Körperabschnitt.

17. Die Verknöcherung des Kopfskeletts ist ein viel komplizierterer Prozeß als die Verknöcherung der Wirbelsäule.

18. Während sich an der Wirbelsäule nur Knochen einer Art durch Substitution des Knorpelgewebes entwickeln, sind bei der Verknöcherung des Kopfskeletts zwei verschiedene Arten von Knochen, primordiale und Belegknochen, zu unterscheiden.

19. Die primordialen Kopfknochen entstehen aus knorpeliger Grundlage, wie die Knochenkerne in der knorpeligen Wirbelsäule.

20. Die Beleg- oder Deckknochen entstehen außerhalb des primordialen Kopfskeletts aus bindegewebiger Grundlage als Haut- und Schleimhautverknöcherungen und sind bei niederen Wirbeltieren Teile eines über den ganzen Körper verbreiteten Hautskeletts.

21. Die Belegknochen entwickeln sich in einzelnen Fällen, die man als die ursprünglichen auffassen kann, durch Verschmelzung der Basis zahlreicher in der Haut und Schleimhaut entstehender Zähnchen.

22. Beide Arten von Knochen erhalten sich auf späteren Stadien teils getrennt, teils verschmelzen sie untereinander zu Knochenkomplexen, wie das Schläfenbein und das Keilbein.

23. Vom Primordialeranium bleiben nur unbedeutende Reste als knorpelige Nasenscheidewand und als Nasenknorpel erhalten.

C. Das Extremitätenskelett. 1. Das Skelett der Gliedmaßen legt sich mit Ausnahme des Schlüsselbeins, dessen Entwicklung manche Eigentümlichkeiten zeigt, in knorpeligem Zustand an (knorpeliger Schultergürtel, knorpeliger Beckengürtel, Knorpel vom Arm und Bein).

[2. Die Verknöcherung erfolgt in derselben Weise wie an der Wirbelsäule und am Primordialeranium von Knochenkernen aus unter Zerstörung und Ersatz des Knorpelgewebes durch Knorpelgewebe.

3. Die kleinen Knorpel der Fuß- und Handwurzeln verknöchern zum größeren Teil von einem Knochenkern aus, die größeren platten Knorpel des Schulter- und Beckengürtels von mehreren Zentren aus.

4. Die knorpeligen Anlagen der Röhrenknochen verknöchern zuerst in der Diaphyse, während ihre beiden Enden, die Epiphysen, lange Zeit knorpelig bleiben und das Längenwachstum vermitteln.

5. Die knorpeligen Epiphysen beginnen beim Menschen teils im letzten Monat vor der Geburt, teils erst nachher von eigenen Zentren aus (Epiphysenkernen) zu verknöchern.

6. Die Verschmelzung der knöchernen Diaphyse und der knöchernen Epiphysen erfolgt mit Beendigung des Längenwachstums des Skeletts unter Verdrängung des trennenden Knorpelgewebes.

7. Vor beendetem Wachstum lassen sich die Röhrenknochen in ein Mittelstück und zwei knöcherne Epiphysenscheiben zerlegen.

8. Von der Knorpelanlage eines Röhrenknochens erhält sich nur ein geringer Rest als Überzug der Gelenkenden (Gelenkknorpel).

9. Die Markhöhle der Röhrenknochen entwickelt sich durch Resorption der im Knorpel zuerst gebildeten, spongiösen Knochensubstanz.

10. Während die Gelenkenden der knorpelig angelegten Knochen von hyalinem Knorpel überzogen sind, zeigen die Gelenkflächen der Knochen bindegewebigen Ursprungs (Belegknochen) einen Überzug faseriger Binde substanz (Kiefergelenk.)