كلية العلوم

القسم : علم الحياة

السنة : الرابعة

المادة : علم التشريح المقارن

المحاضرة : ٦+٧/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

2024 2025

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

١٣

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الجهاز الهيكلي
The Skeletal System

1- أقسام الجهاز الهيكلي :

تقسم العناصر الهيكلية عند الفقاريات تشريحيا حسب مكان وجودها ووظيفتها إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

❖ **هيكل القحف أو هيكل الرأس :**

يقسم بصورة عامة إلى قحف عصبي Neurocranium، يحيط بالجملة العصبية المركزية (الدماغ) وبعض الأعضاء الحسية الزوجية، وقحف حشوي Splanchnocranium يحيط ويدعم تجويف الفم والبلعوم.

❖ **الهيكل المحوري Axial skeleton أو العمود الفقري vertebral column:**

وهو الهيكل الذي يحمل الأجزاء الرخوة من الجذع ويتشكل حول الحبل الشوكي Spinal Cord والحبل الظهري الذي يختفي عند غالبية الفقاريات.

❖ **هيكل الأطراف Appendicular skeleton:**

ويشمل هيكل الأطراف الزوجية وهيكل الزنارين(الكتفي والحوضي).

2- البنية النسيجية للجهاز الهيكلي :

يتكون الجهاز الهيكلي نسيجيا من ثلاثة نماذج من النسج الهيكلية وهي :

أ- **النسيج الضام Connective tissue:**

يتكون هذا النسيج من ثلاثة مكونات رئيسية: **مادة أساسية (بين خلوية)** لينة غنية بالحمض الهيالوروني Hyaluronic Acid ، و**عناصر ضامة** كولاجينية ومرنة على شكل ألياف حزمية أو مبعثرة، **وخلايا ضامة** ذات أشكال مختلفة. يوجد انسجة اخرى متحورة من النسيج الضام الأصيل كالنسيج العظمي والنسيج الغضروفي والنسيج الدموي والتي تدعى النسج الضامة المتحورة.

ب- النسيج العظمي Bony tissue:

وهو من أكثر النسج الهيكلية الداخلية قساوة ومقاومة إثر تمعدن مادته الأساسية بعد تشربها بالأملاح. ومن أهم العناصر المعدنية التي تدخل في بنية العظم والتي تشكل حوالي 65% من وزنه الجاف ثلاثي فوسفات الكالسيوم وأملاح الكالسيوم . يخترق هذا النسيج مجموعة أوعية دموية، تمر عبر مجموعة قنوات طولية وعرضية، لتغذية الخلايا العظمية المحصورة ضمن محافظ عظمية ذات قنيات، تتغلغل فيها الاستطالات السيتوبلازمية لهذه الخلايا، لتصبح قريبة من الأوعية الدموية. ينشأ النسيج العظمي دائماً من تحول النسج الضامة، ويتحقق ذلك بشكلين مختلفين :

❖ **التعظم الثانوي:**

هو أن يسبق تشكل القطعة العظمية وجود قالب غضروفي يهدم بواسطة نسيج ضام يدعى النسيج الاجتياحي الذي يتعظم بدوره لاحقا. وتدعى آلية تشكل العظام بهذه الطريقة باسم التعظم الثانوي، أو التعظم في الغضروف Endochondral ossification. وتتشكل بهذه الطريقة أغلب العظام العميقة التي تشكل ما يسمى بالهيكل الداخلي Endoskeleton.

❖ **التعظم الأدمي:**

ويتشكل العظم من النسيج الضام مباشرة دون وجود غضروف، وتدعى آلية تشكل العظام بهذه الطريقة باسم التعظم الغشائي أو التعظم الأدمي Dermal ossification والتي تعطي العظام السطحية.

ج- النسيج الغضروفي Cartilage tissue

وهو من النسج الهيكلية الهامة عند بعض الفقاريات، وخاصة عند الأسماك الغضروفية، حيث يتألف من خلايا غضروفية Chondrocytes محبوسة في محافظ غضروفية Lacunae محفورة في مادة أساسية، تفرزها الخلايا الغضروفية ذاتها؛ تدعى الغضروتين.

3-الدراسة المقارنة للجهاز الهيكلي

أولاً: هيكل القحف The skull

يتألف قحف الفقاريات من قسمين أساسيين هما : القحف العصبي Neurocranium الذي ينتظم حول الدماغ والأعضاء الحسية الزوجية (الشمية والبصرية والتوازنية السمعية)، والقحف الحشوي Splanchnocranium الذي يحيط بالقسم الأمامي من أنبوب الهضم (الفم والبلعوم).

وينم تشكل هذين القسمين وفق مرحلتين نسيجيتين تطوريتين من الميزانشيم الهيكلي الجنيني، قد يمر بهما، أو بإحداهما قحف الفقاريات هما:

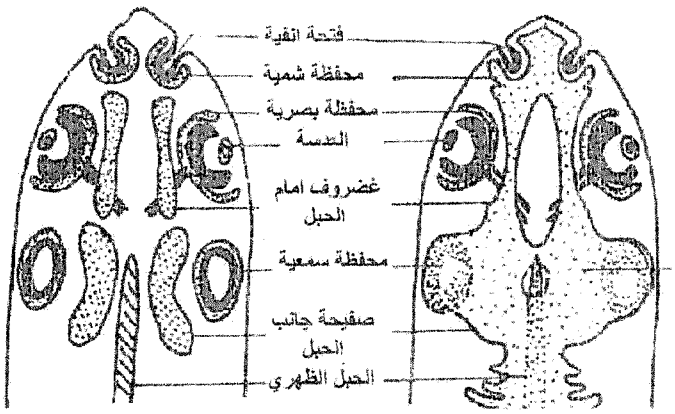
المرحلة الغضروفية، حيث يؤدي تغضرف الميزانشيم الهيكلي إلى تشكل القحف الغضروفي Chondrocranium الذي يلاحظ وجوده عند أجنة كافة الفقاريات وعند مستديرات الفم والأسماك الغضروفية الحالية.

المرحلة العظمية عند بقية الفقاريات، حيث يتبع القحف الغضروفي بقحف عظمي Osteocrainium وفق نموذجي التعظم سابقي الذكر (التعظم الأدمي والتعظم الثانوي).

تشكل القحف

يتشكل القحف العصبي عند أجنة الفقاريات كافة من شفع من القطع الغضروفية الأمامية تدعى الغضاريف أمام الحبلية Prechordal cartilages أو الدعائم، وشفع من الغضاريف قرب الحبلية Parachordal cartilages . تلتحم هذه الغضاريف مع بعضها، لتشكل صفيحة قاعدية، تلتحم في الأمام بالمحافظ الحسية مكونة المنطقة الأنفية، والمنطقة الحجاجية والمنطقة السمعية والمنطقة القفوية.

أما **القحف الحشوي** فيتشكل من التحول الغضروفي للمناطق الميزنشيمية المحيطة بالبلعوم لتشكيل الأقواس الحشوية السبعة؛ وهي القوس الفكية والقوس الحشوية الثانية، وتدعى القوس اللامية وخمسة أقواس حشوية أخرى.

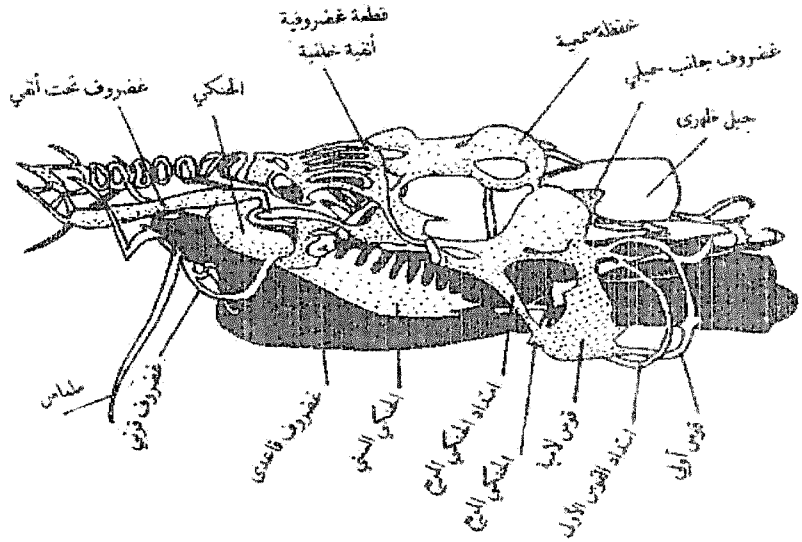


I- القحف الغضروفي Chondrocranium

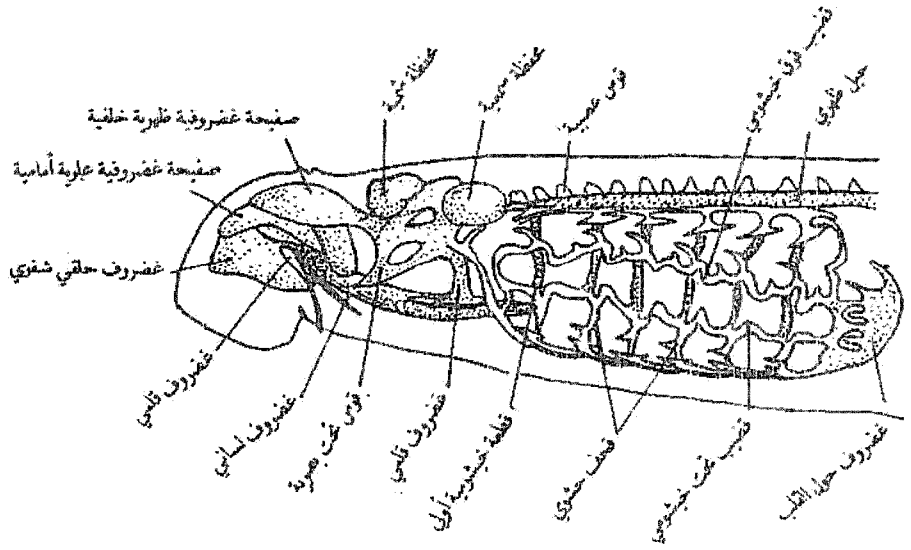
قحف الأسماك مستديرات الفم (عديمات الفك):

يتألف القحف الغضروفي **عند المخاطيات** من صفيحة غضروفية يستقر فوقها الدماغ، وتحيط به جدران جانبية

القحف الحشوي ضامر ويتألف من قوس لامية وشفعين من الأقواس الحشوية (الثالث والرابع). أما القوس الفكية فقد التحمت مع القحف.



يكون القحف الغضروفي **عند الجلكيات** أكثر تطوراً و يتألف من امتدادات جانبية ظهرية من الغضاريف أمام الحبل تشكل جدرانا جانبية وسقفاً قحفياً، وتغطى بقية أجزاء القحف بغشاء ضام. باخذ القحف الحشوي الذي يدعم المنطقة الخيشومية شكل سلة خيشومية ذات فجوات جانبية وظهرية.



❖ **قحف الأسماك الغضروفية صفيحيات الخياشيم Elasmobranchii**

القحف العصبي : يشكل القحف العصبي صندوقاً، يحيط بالدماغ والمحافظ الحسية، ويتألف بصورة كاملة من قطعة غضروفية واحدة، تنشأ من الميزانشيم الهيكلي المشتق من القطع الهيكلية. يتميز هذا القحف بتمفصله مع العمود الفقري تمفصلاً غير متحرك بواسطة شفع من اللقم القفوية Occipital condyles، ووجود حيزوم Rostum طويل يفرض وجود التجويف الفموي في الناحية البطنية الأمامية من الجسم. وبصورة عامة يمكن تمييز أربع مناطق في القحف العصبي؛ وهي من الأمام إلى الخلف :

المنطقة الغربالية Ethmoid region ، والمنطقة الحجاجية Orbital، والمنطقة السمعية Otic، والمنطقة القفوية Occipital .

القحف الحشوي: ينشأ القحف الحشوي جنينياً من الميزانشيم التابع للقطع الهيكلية، ومن الميزانشيم الخارجي المتشكل من الأعراف العصبية، حيث تنمو الأقواس الفكية واللامية وبقية الأقواس الحشوية الخيشومية من المنطقة الأمامية باتجاه المنطقة الخلفية. يتألف القحف الحشوي عند الأسماك الغضروفية من سبعة أشفاع من الأقواس الحشوية Visceral arches التي تحيط بالتجويف الفموي والبلعومي. وهذه الأقواس هي :

1. القوس الحشوية الأولى أو القوس الفكية Mandibular arch :

تساهم هذه القوس في تشكيل هيكل الفم، وتتألف من شفعين من العناصر المتفصلة والمتمايزة إلى فكين يحملان الأسنان، وهي المربع الجناحي الحنكي Platopterygoquadrate أو الفك العلوي، وغضروف ميكل Meckels cartilage أو الفك السفلي. ويرتبط كل نصف فك سفلي مع نظيره بارتفاق فكي سفلي، يرتبط الفك العلوي مع القحف مباشرة بواسطة نتوء حجاجي أمامي ونتوء مربع .

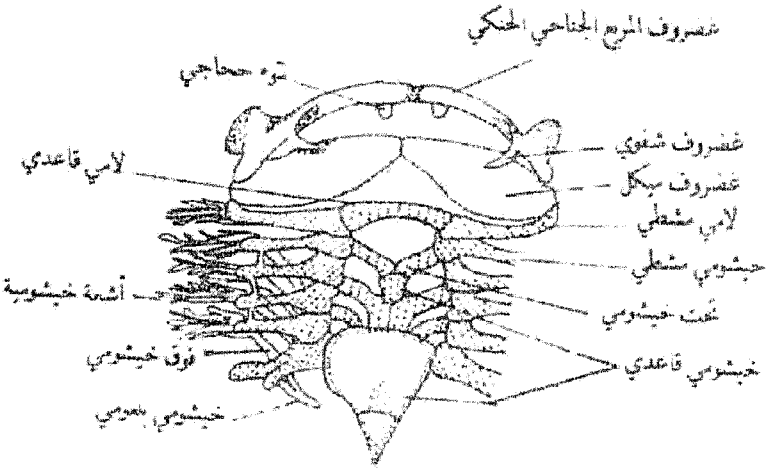
2. القوس الحشوية الثانية أو القوس اللامية Hyoid arch:

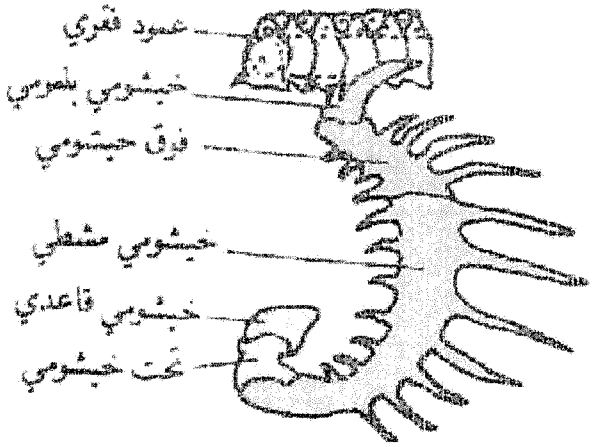
تنفصل القوس اللامية عن القوس الفكية بالشق الحشوي الأول الضامر (المتنفس Spiracle). وتتكون هذه القوس من جزء ظهري (لامي فكي Hyomandibular) يؤمن ارتباط الفك العلوي مع المنطقة السمعية من القحف العصبي، وجزء بطني (اللامي المشطي Ceratohyal) يرتبط مع نظيره، على الخط المتوسط البطني من خلال الجزء المفرد، الذي يدعى اللامي القاعدي Basihyal. ويحمل الجزءان اللامي الفكي واللامي المشطي على سطوحهما الخارجية مجموعة من الأشعة اللامية، أو الأشعة الخيشومية Gill- rays.

3. بقية الأقواس الحشوية:

عددها خمسة ترقم من III إلى VII، تتوضع إلى الخلف من الشقوق الحشوية الموافقة، تتوضع القوس الأولى تحت المنطقة القفوية من القحف العصبي، في حين تتوضع القوس الأخيرة (السابعة) في مستوى الفقرة الرقبية الأولى. تتألف كل قوس حشوية من أربعة أجزاء؛ هي من الأعلى إلى الأسفل:

جزء بلعومي خيشومي(غلصمي)، وجزء فوق خيشومي ، وجزء مشطي خيشومي، وجزء تحت خيشومي . تجتمع الأجزاء الخيشومية اليمنى مع اليسرى بواسطة غضروف قاعدي مفرد. ويحمل الجزء فوق الخيشومي للأقواس الخيشومية الأربعة الأولى على وجهها الخارجي أشعة خيشومية تحمل الصفائح الخيشومية للشفع الثاني والثالث والرابع والخامس من الخياشيم .





تطور القحف الغضروفي:

بينت الدراسة التطورية للقحف الغضروفي، أن القحف العصبي عند الفقاريات يتألف من أربع مناطق وهي: المنطقة الغربالية، والمنطقة الحجاجية، والمنطقة السمعية، والمنطقة القفوية. ويستثنى من ذلك مستديرات الفم الحالية ذات القحف العصبي الضامر، حيث لا يلاحظ وجود منطقة قفوية.

أما فيما يتعلق بالقحف الحشوي، فأن أهم ما يميز تطوره، تحول الأقواس الحشوية الأمامية، وتراجع بقية الأقواس.

عند الفقاريات الفكية (ذوات الفك) فتتمايز القوس الفكية إلى فكوك متمفصلة مع القحف أو ملتحمة معه، في حين تبقى الأقواس اللامية على وضعها. ويختلف دور القوس اللامية في تمفصل القوس الفكية مع القحف في صفوف الفقاريات الفكية بحيث يمكن تمييز الحالات التالية:

1. أن ينمفصل المربع الحنكي من القوس الفكية، أو أن يلتحم مع القحف العصبي دون أن يكون للقوس اللامية أي دور في ذلك. ويدعى ارتباط الفك مع القحف في هذه الحالة باسم **الارتباط الذاتي Autostylic** ويلاحظ عند كاملات الرأس وذوات التنفسين ورباعيات الأرجل.
2. أن يساهم اللامي الفكي (من القوس اللامية) بارتباط المربع الحنكي مع القحف العصبي ويدعى **الارتباط المضاعف Amphistylic** يلاحظ عند الأسماك الغضروفية البدائية.
3. أن يختفي المربع الحنكي، ويصبح اللامي الفكي هو العنصر الأساسي في ارتباط الفك مع القحف، ويدعى هذا الارتباط **بالارتباط اللامي Hyostylic**. ويلاحظ هذا الارتباط عند الأسماك مكتملة العظام والأسماك الغضروفية الحالية .

فيما يتعلق ببقية الأقواس الحشوية، فيتناقص عددها بشكل كبير عند الانتقال من الأسماك إلى بقية صفوف الفقاريات. فعند مستديرات الفم (الجلكيات) يوجد 7 أشفاع و 6 عند بعض الأسماك الغضروفية، و 5 أشفاع عند الأسماك العظمية. يتراجع هذا العدد

إلى 4 أشفاع عند الضفادع عديمة الذنب و3 أشفاع عند الضفادع المذنبة وشفعين عند الزواحف والثدييات وشفع واحد عند الطيور.

بالإضافة إلى ذلك تساهم بعض أجزاء الأقواس الحشوية في تشكيل عظيمات السمع. فالمربع من الفك العلوي يعطي السندان، ويعطي المفصلي من الفك السفلي عظيمة المطرقة، بينما يعطي اللامي الفكي المشتق من القوس اللامية العظم الطبلي عند الفقاريات رباعيات الأرجل غير الثديية، والركابي عند الثدييات. أما بقية الأقواس فتساهم في تشكيل ما يسمى بالجهاز اللامي، الذي يدعم اللسان وغضاريف الحنجرة.

ارتباط الفك السفلي مع القحف: يكون التمفصل عند الفكيات بين القسم الخلفي المتعظم من غضروف ميكل (المفصلي) والقسم الخلفي المتعظم من الغضروف المربع الجناحي أو المربع .

أما عند الثدييات؛ فيتحقق هذا التمفصل ما بين العظم السني الذي يشكل الفك السفلي والعظم الصدفي .

II – القحف العظمي Osteocranium

يؤدي تعظم القحف الغضروفي الجنيني عند الأسماك العظمية، والبرمائيات، والزواحف والطيور، والثدييات إلى تشكل القحف العظمي وفق نموذجي التعظم (الثانوي أو الأدمي)، وإلى إمكانية تمييز أربعة مناطق رئيسية فيه :

1 –القحف العصبي Neurocranium :

ينشأ من تعظم الجدران البطنية والجانبية للقحف الغضروفي الجنيني، ويتألف هذا القحف من أربع مناطق وهي : المنطقة الغربالية Ethmoid region، والمنطقة الحجاجية Orbital region والمنطقة السمعية Otic region والمنطقة القفوية .

2– السقف الأدمي Dermatocranium:

يغطي القحف العصبي ظهرياً وجانبياً على شكل حلقة عظمية. كما أنه يغطي الفك العلوي البدائي جانبياً، ثم يتحول إلى فك علوي ثانوي بعد أن ينضم إليه الفكي

الأمامي Premaxillary والفكي وهي من عظام السقف. ويفصل بين القحف العصبي والسقف الأدمي مجموعة حفر صدغية تدعى الحفر تحت الصدغية Infratemporal cavities التي تشغل بالعضلات الصدغية التي تمتد ما بين القحف العصبي والفك السفلي وتؤمن بتقلصها إغلاق الفم (الإطباق).

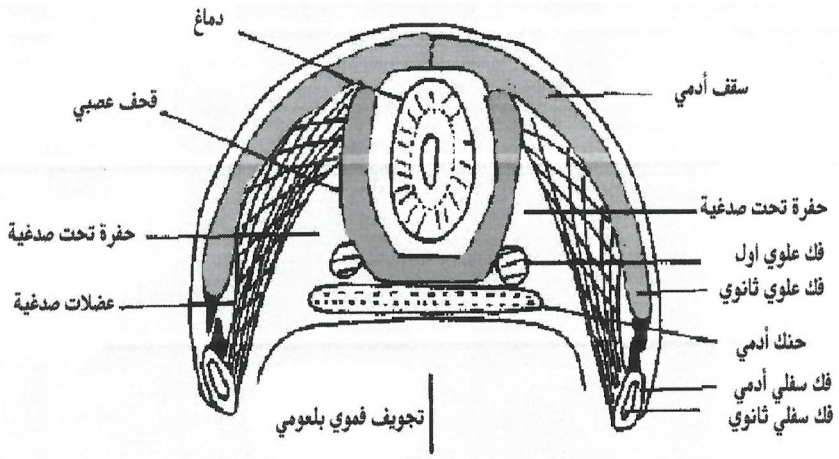
من أهم العظام التي تشكل هذا السقف نذكر: الفكي الأمامي Premaxillary، والأنفي Nasal، والفكي العلوي maxillary، والدمعي Lacrimal، والجبهي Frontal، والوجني Jugal، والجداري Parietal، والمربع الوجني Quadratojugal، والصدفي Squamosal وهي عظام زوجية .

3- المعقد الحنكي Complex Palatine:

ويتألف من قسمين: **القسم الاول** الفك العلوي الأولي ، والذي يستعاض عنه وظيفياً بالفك الثانوي الأدمي (العظم الفكي الأمامي والعظم الفكي)، ويتألف من شفع من العظام هما الجناحي العلوي Epipterygoid في الأمام والمربع Quadrate في الخلف ، **والقسم الثاني** هو الحنك Palate، الذي يلاحظ وجوده عند بعض الزواحف وعند الثدييات كافة، حيث تلتحم العظام ما قبل الفكية والفكية مع العظام الحنكية، لتشكيل حنك ثانوي متعظم يضاعف الحنك الأولي، الذي يتراجع ويقتصر على العظم الميكعي. تتراجع الفتحات الأنفية الثانوية إلى الخلف مما يسمح بحدوث التنفس والمضغ في نفس الوقت. ويزداد تراجع هذه الفتحات نحو الخلف عند التماسيح إثر التحاق عظمين جناحيين Pterygoids بالحنك الثانوي المرتبطين أصلاً مع الحنك الأولي .

4- الفك السفلي Mandible :

يتألف من العظم المفصلي Articular الذي ينشأ من القسم الخلفي من غضروف ميكل ومن السني Dentary والطحاليان Splenials والزاوي Angular وفوق الزاوي Suprangular والتاجيان Coronoids .



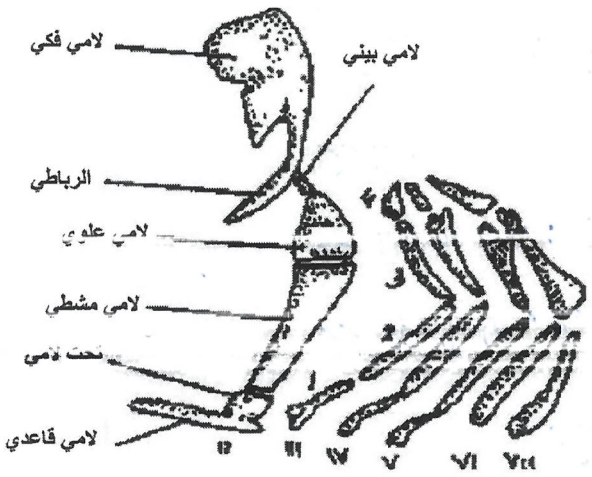
القحف الحشوي عند الأسماك العظمية:

يتألف هذا القحف من خمسة أشفاع من الأقواس الحشوية بالإضافة إلى القوس اللامية والقوس الفكية. وتتألف القوس الفكية في المرحلة الجنينية من نفس الأجزاء الموجودة عند الأسماك الغضروفية، والتي تتعظم، وتعطي عدداً من العظام التي تلحق بالقحف. حيث تساهم منطقة المربع من العظم المربع الجناحي الحنكي في تشكيل الفك العلوي بينما ترتبط بقية المناطق مع القحف وتساهم في تشكيل مجموعة عظام قحفية كالجناحي الأعلى والجناحي الخلفي

أما غضروف ميكل فيعطي العظم المفصلي Articular، في حين تشكل بقية أقسامه بعد تعظمها معظم الفك السفلي وعظيمات الذقن

وتعطي القوس اللامية عدداً من العظام كاللامي الفكي والرباطي واللامي البيني وفوق اللامي وتحت اللامي واللامي المشطي واللامي القاعدي واللامي ألذيلي المفرد .

أما بقية الأقواس الحشوية (III إلى VII)، فتبقى مشابهة للأقواس الحشوية عند الأسماك الغضروفية رغم تعظمها، ويحمل العظم الأخير أسناناً بلعوميةً .

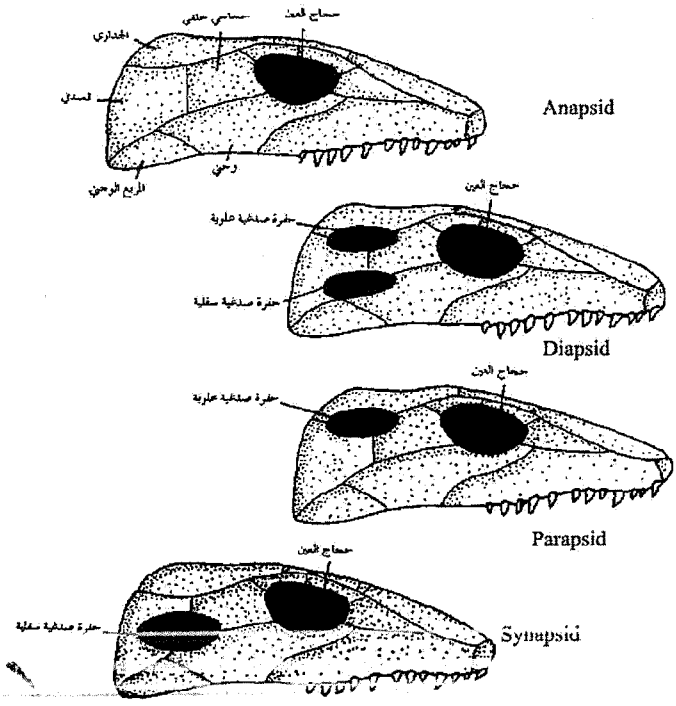


انماط قحف الزواحف:

يتميز قحف الزواحف بوجود **الحفر الصدغية**، وتطور **المجرى الأنفي**، وتشكل **الحنك الثانوي**، وانتقال الفتحات الأنفية الداخلية إلى الخلف مقارنة بالبرمائيات.

الحفر الصدغية: يتميز قحف الزواحف بوجود فتحتان جانبيتان في السقف الأدمي ، تحد كل منهما قوس صدغية عظمية تملأها العضلات الماضغة. **يمكن التمييز بين ثلاثة أنماط للحفر الصدغية :**

1. **الزواحف عديمات الحفر الصدغية :** وتتمثل هذه المجموعة بالسلاحف حيث يبقى السقف الأدمي كاملاً، ولا وجود للحفر والأقواس المحيطة بها ولذلك ندعوها بعديمات الحفر الصدغية (عديمة القوس) Anapsid.
2. **الزواحف أحادية الحفرة الصدغية:** تدعى بالزواحف ملتحمة القوس ، وهذا ما يلاحظ عند الزواحف الثديية Therapsid ، حيث تتوضع الحفر الصدغية بين العظم الصدفي والعظم الحجاجي والعظم الوجني. وهنا نميز بين **الزواحف ذوات الحفرة الصدغية العلوية** Parapsid كما هو الحال عند الزواحف المستحاثة ، **والزواحف ذوات الحفرة الصدغية السفلية** Synapsid عند الزواحف الثديية المستحاثة التي تعطي الثدييات لاحقاً والتي تتميز أيضاً بوجود حفرة صدغية وحيدة.



3. **الزواحف ثنائية الحفر الصدغية Diapsid :** تتميز بوجود حفرة صدغية علوية بين العظم الجداري والعظم الصدفي والعظم الحجاجي الخلفي، وحفرة صدغية سفلية تقع بين أربعة عظام هي العظم الصدفي والعظم الحجاجي الخلفي والعظم الوجني والمربع الوجني. وهنا نلاحظ وجود قوس علوية بين الحفرتين وقوس سفلية تحد الحفرة السفلية من الناحية الجانبية السفلية وتمثل هذه الزواحف بالتماسيح.

الهيكل المحوري أو العمود الفقري

تختلف بنية الهيكل المحوري عند الفقاريات الدنيا عن بنيته عند الفقاريات الراقية، لذلك يمكننا الحديث عن هيكل محوري أولي (ابتدائي) وآخر ثانوي.

يتألف **الهيكل المحوري الابتدائي** من الحبل الظهري Notochord ، الذي يأخذ شكل ساق مرنة مكونة من خلايا مجوفة. يتوضع الحبل الظهري ما بين الأنبوب العصبي، وأنبوب الهضم ويحاط بغمدين: غمد حبلي داخلي ثخين ذو بنية ليفية، وغمد حبلي، رقيق ومرن، ترتكز عليه الفواصل العضلية. يوجد هذا الهيكل عند أجنة الفقاريات كافة، وعند عدد من الفقاريات الدنيا البالغة. أما عند بقية الفقاريات فيضمر او يختفي نتيجة لنمو الفقرات.

يتألف الهيكل المحوري الثانوي ويسمى بالعمود الفقري، نلاحظ وجوده عند غالبية الفقاريات، ويتألف من الفقرات المنفصلة التي تتشكل من الميزانشيم التابع للقطع الهيكلية وقد تكون غضروفية أو عظمية.

❖ **بنية الفقرة:** نميز في كل فقرة ثلاثة أجزاء رئيسية:

1. **جسم الفقرة أو مركز الفقرة :**

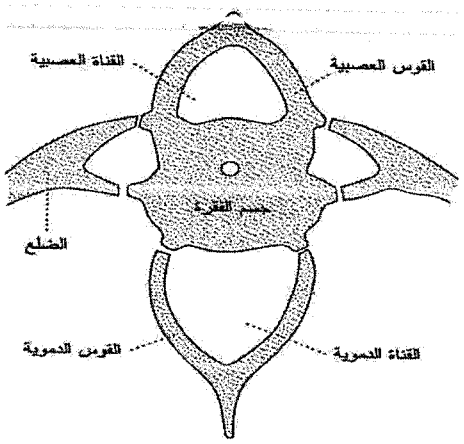
ويتشكل حول الحبل الظهري ثم يضغط عليه وقد يزيله. ولذلك يمكننا التمييز بين **فقرات ذاتية المركز**، وأخرى **عديمة المركز**.

عند مستديرات الفم، وبعض الأسماك الغضروفية العظمية، وذوات التنفسين Dipnoi لا يلاحظ وجود جسم فقري، وتدعى الفقرات باسم الفقرات عديمة المركز Acentrum. أما عند بقية الفقاريات، فتتميز الفقرات بوجود مركز عظمي، أو غضروفي، وتدعى بالفقرات ذاتية المركز. يتباين شكل هذا المركز أو الجسم بين مجموعة وأخرى، فهو اسطواني مقعر الوجهين (**فقرة مضاعفة التجويف** Amphicoelous) عند الأسماك الغضروفية والعظمية وبعض البرمائيات عديمة الذنب والزواحف البدائية، **أو أمامي التجويف** عند البرمائيات المذنبة وبعض الثدييات، **أو خلفي التجويف** عند الأسماك ومتباين الوجهين ويأخذ شكل سرج الحصان كما هو الحال في فقرات الطيور. أخيراً يلاحظ في فقرات بعض الثدييات تسطح وجهي جسم الفقرة وتصبح الفقرة **عديمة التقعر**.

2.القوس العصبية: يتصل مع جسم الفقرة من الناحية الظهرية عند كافة الفقاريات باستثناء المخاطيات قوس عصبية تحيط بالحبل الشوكي وتتطاول ظهرياً مشكلة شوكة عصبية ذات نمو مختلف تتثبت عليها غالبية العضلات المحورية.

3.القوس الدموية: ويقصد بها تلك القوس المتصلة مع جسم الفقرة من الناحية البطنية، ويمر من خلالها الأبهر الظهري. قد تتطاول هذه القوس مشكلة شوكة دموية بطنية ، وقد تختفي هذه الأشواك تماماً عند رباعيات الأرجل.

ينشأ من قوس الفقرة أو مركزها مجموعة بروزات أو استطالات ذات أهمية كبيرة، اذ تلعب دوراً هاماً في متانة العمود الفقري، واتصال الأضلاع وارتكاز العضلات. ومن هذه البروزات **الاستطالات المائلة**، وهي عبارة عن شفع أمامي وآخر خلفي، يتشكلان من قاعدة القوس العصبية، **والاستطالات الجانبية** وهي بروزات مستعرضة شفعية، تتمفصل مع الرأس البطني للأضلاع ثنائية الرأس، **والاستطالات المضاعفة** ، التي تنشأ من القوس الدموية وتتمفصل مع رأس القوس الضلعية من الناحية الظهرية



تشكل الفقرة:

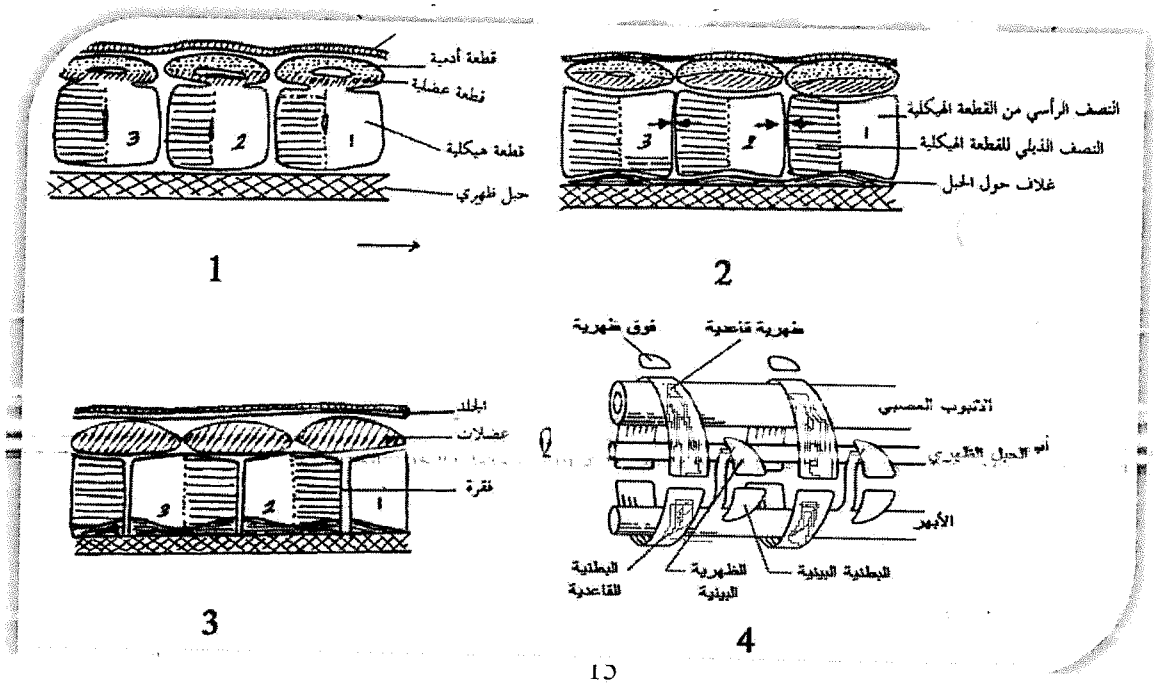
تنشأ الفقرات جنينيا من تطور قسم داخلي من القطع الهيكلية Sclerotomes، وتتألف من خلايا ميزانشيمية هيكلية تحيط بالحبل الظهري على شكل معطف. حيث تنشأ كل فقرة من ميز انشبم تابع لنصفي قطعتين هيكليتين متتاليتين حسب **المراحل التالية :**

1-تنشا الفقرة من القطع الهيكلة العضلية التي تحيط بالحبل الظهري

2-تتحول القطع الهيكلية الى نصفي قطعتين هيكليتين (راسي و ذيلي)

3-تتالف القطعة الهيكلية من قطعة اساسية ظهرية و اخرى بطنية

و قطعة بين ظهرية و اخرى بين بطنية



فالقوس العصبية تنشأ من اتحاد شفع من القطع الفقرية الظهرية وشفع من القطع الظهرية بين الفقرات. أما **القوس الدموية** فتتشكل من اتحاد شفع من القطع الفقرية البطنية وشفع من القطع البطنية بين الفقرات .

يمكن التمييز بين عدة حالات فيما يتعلق ببنية وكيفية تشكل الفقرة، فالفقرة عند الأسماك الغضروفية ذات مركز غضروفي بصورة دائمة، في حين يتعظم هذا المركز عند بقية الفقاريات. عندما يتشكل المركز الفقري من الميزانشيم بعيداً عن غلاف الحبل الظهري فإن الفقرات المتشكلة تدعى **فقرة ذاتية المركز.**

أما إذا تشكل مركز الفقرة من خلايا الحبل الظهري، فتدعى هذه الفقرة باسم **الفقرة حبلية المركز** وفي حال تشكل المركز بدءاً من قواعد الأقواس الدموية أو العصبية فتدعى **فقرة قوسية المركز** .

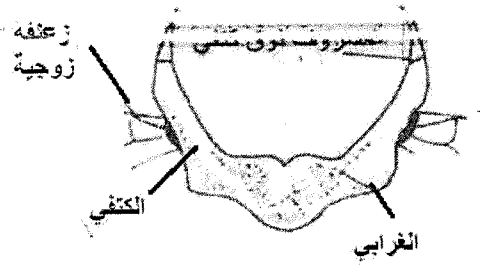
هيكل الزنار الكتفي والزنار الحوضي:

ترتبط الأرجل الزوجية مع الجسم بواسطة مجموعة تشكلات عظمية توجد بين العضلات الجدارية، تدعى الزنانير .

1- الزنار الكتفي (الصدري):

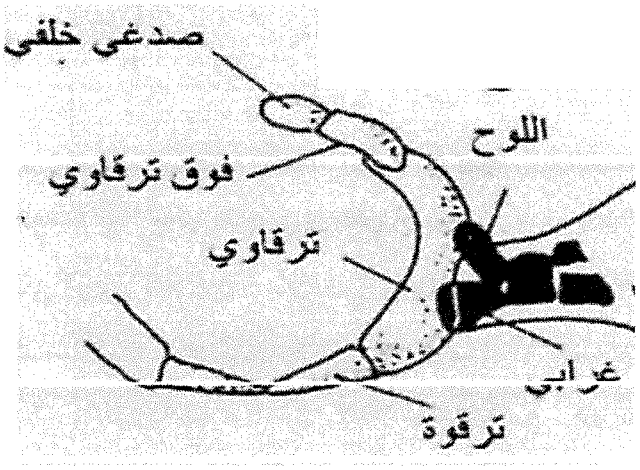
عند الأسماك الغضروفية :

لا يوجد عند هذه الفقاريات سوى الزنار الأولي، الذي يبقى غضروفياً، ويتألف من قطعتين مزدوجتين هما لوح الكتف Scapula ، والغرابي الأولي Procoracoid . ويميز البعض بين عظم اللوح والعظم فوق اللوح في الناحية الظهرية والغرابي في الناحية البطنية.



عند الأسماك العظمية:

يلحق بالزنار الصدري عند الأسماك العظمية البدائية مجموعة عظام غشائية تنشأ من عظم القحف ممثلة بشفع أو أكثر من كل جانب. ومن هذه العظام الترقويان Clavicles اللذان يلتقيان في الخط المتوسط البطني، وعظم الترقاوي إلى الأعلى من عظم اللوح. وقد يضاف إليهما فوق ترقاوي وصدغي خلفي يؤمن اتصالاً مع القحف.



الزنار الحوضي عند الفقاريات

يتشكل من الزنار الاولي فقط ويختفي عند الفقاريات المائية

يتالف عند رباعيات الارجل من (العظم الوركي- العظم العاني –العظم الحرقفي)

عند أسماك القرش يتكون من بنية غضروفية منحنية زوج من القضبان المستعرضة في الجزء البطني من الجسم أمام المقذرة يسمى بالحرقفي الذي يتصل من الخلف مع قطعة قاعدية. تحمل هيكل الزعانف الحوضية.

الى جانب الزعنفة الحوضية عند ذكور القرش توجد الماسكتان (عضو اقتران ذكري).

هيكل الزوائد الطرفية :

A- الزوائد الطرفية عند الفقاريات المائية:

تشكل الزعانف الفردية والزوجية زوائد طرفية عند الفقاريات المائية، وتتألف هذه الزوائد من طية جلدية على شكل مجداف، مدعومة بأشعة هيكلية.

الزعانف الفردية: توجد في المستوى السهمي من الجسم أي في مستوى الجذع والذيل، وترتبط مباشرة مع العمود الفقري، وحسب مكان وجودها نميز بين زعانف ظهرية وذيلية وشرجية.

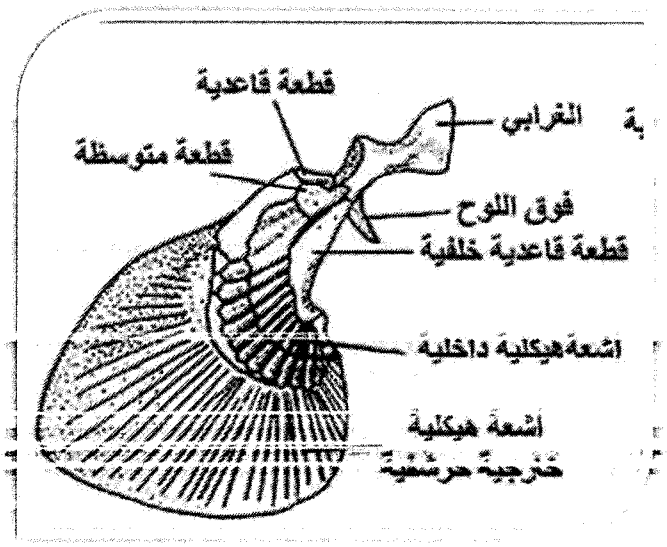
الزعانف الزوجية: توجد في مستوى الجذع على جانبي المستوى الطولي متمفصلة مع عناصر هيكلية عرضية تدعى الزنانير.

بنية الزعانف الزوجية :

تتمفصل الزعانف الزوجية مع العمود الفقري بواسطة قطع قاعدية (أساسية) ذات عدد وتوضع يسمحان بتمييز ثلاثة أشكال من الزعانف الزوجية:

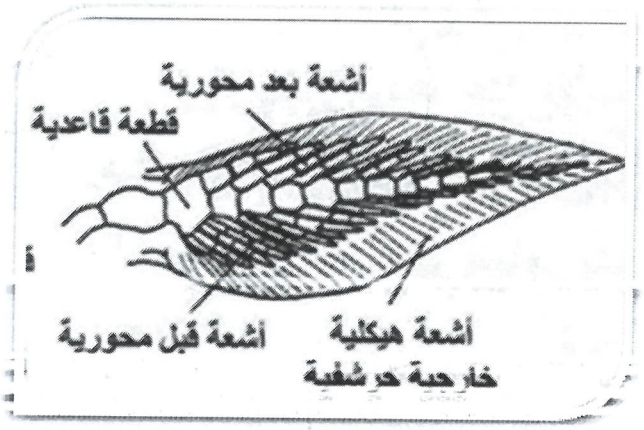
1- الزعانف ثلاثية القطع القاعدية:

تلاحظ هذه الزعانف عند الأسماك الغضروفية الحالية، وهي ذات هيكل داخلي غضروفي تام بشكل جيد، ويتألف من ثلاث قطع قاعدية كبيرة (قاعدية، متوسطة، داخلية) متمفصلة مع الزنار، بالإضافة إلى مجموعة أشعة هيكلية داخلية ، ومجموعة أشعة هيكلية خارجية خيطية الشكل تدعم محيط الزعنفة، وتختلف زعانف الأسماك الغضروفية الشفنينية Rays عن بقية الأسماك الغضروفية حيث تأخذ شكل جناح، يتثبت في الأمام على الرأس وفي المنطقة الخلفية على الجذع.



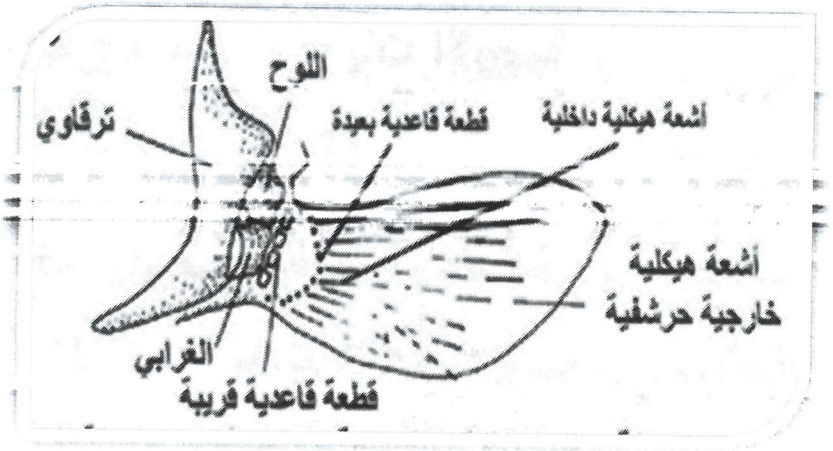
2- الزعانف أحادية القطعة القاعدية:

يلاحظ وجودها عند مجموعة الأسماك لحمية الزعانف Sarcopterygii،حيث تتميز الزعنفة بهيكل داخلي متطور، يؤمن ارتباط فص عضلي خاص محاطاً بالأشعة الهيكلية الخارجية مع الزنانير بواسطة قطعة قاعدية واحدة. تلاحظ هذه الزعانف أيضاً عند الأسماك ذوات التنفسين Dipnoi ، حيث يتألف هيكلها من محور متعدد القطع، تتمفصل مع بعضها وعلى جانبيها مجموعة أشعة أمامية وخلفية، وكذلك الأمر عند الأسماك قوسيات الزعانف المستحاثة، التي تتميز بوجود قطعة قاعدية وحيدة، تتمفصل معها سلسلتان من القطع المحورية، لتصبح ذات تشعب ثنائي يذكر ببنية الأرجل .



3- **الزعانف متعددة القطع القاعدية :**

يلاحظ وجودها عند الأسماك شعاعيات الزعانف Actinopterygii ، الأشعة الهيكلية الخارجية تدعم كامل الزعنفة، أما الهيكل الداخلي يتألف من صفين أحدهما قريب مؤلف من أربع قطع قاعدية صغيرة وآخر بعيد (خارجي) مؤلف من اثنتي عشرة قطعة من العناصر الصغيرة، تتمفصل مع الأشعة الهيكلية الخارجية .



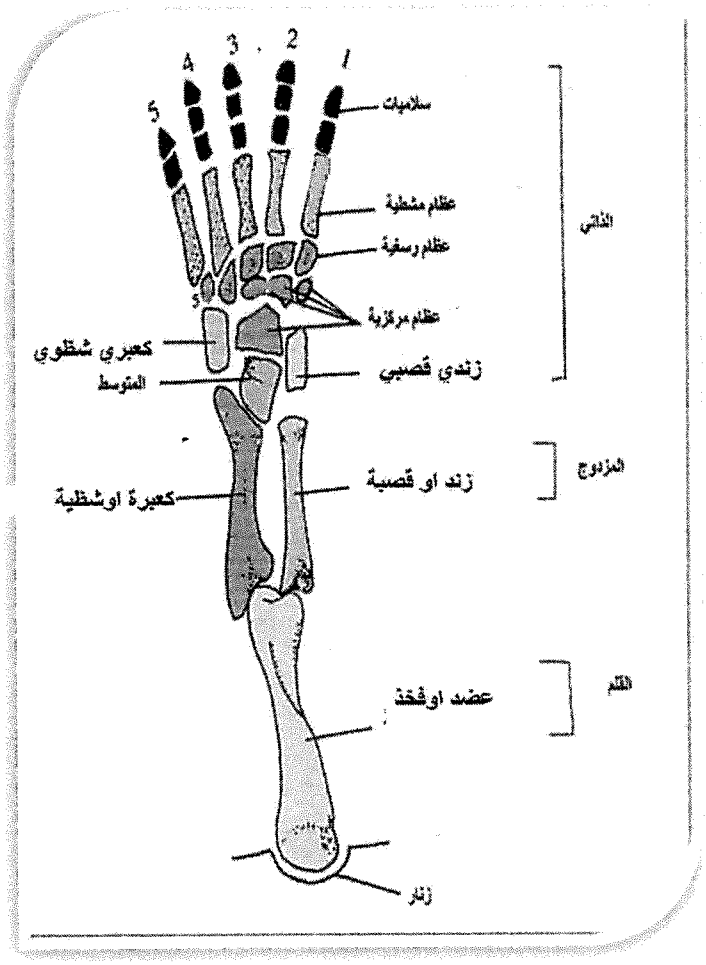
- **بنية الطرف الحركي:**

يتألف هذا الطرف بصورة عامة من ثلاثة أجزاء متمفصلة مع بعضها: قسم قريب أو القلم Stylopod، وهو عظم وحيد، يوافق عظم العضد Humerus في الطرف الأمامي، وعظم الفخذ Femur في الطرف الخلفي، وقسم متوسط أو مزدوج Zeugopod ، يتألف من شفع من العظام هما الزند Ulna، والكعبرة Radius في الطرف الأمامي، والقصبة Tibia والشطية Fibula في الطرف الخلفي. وتقع الكعبرة والشظية في الناحية الوحشية من الجسم في حين يكون الزند والقصبة في الناحية الأنسية منه. أخيراً القسم البعيد أو الذاتي Autopod ، ويتألف من مجموعة عظام اليد أو القدم حيث نميز ثلاثة أقسام وظيفية:

1- القسم القاعدي Basipod ويتألف من العظام الرسغية carpal bones في اليد والعظام الرصغية في القدم Tarsal bones . ويتضمن هذا القسم ما بين 9-13 عظماً صغيراً، تتوضع في ثلاثة صفوف؛ وهي القصبي والزندي أو الكعبري الشظوي والمتوسط، ثم أربعة عظام مركزية تليها خمسة عظام رسغية أو رصغية.

2- القسم الأوسط Metapod ويتألف من خمسة عظام رسغية Meta-carpals في اليد أو خمسة عظام مشطية Meta-tarsals في القدم.

3- القسم النهائي Acropod يتكون من مجموعة السلاميات Phalanges الموجودة في أصابع اليد أو القدم. ويتوضع الإبهام في الناحية الانسية.



الدراسة المقارنة لأطراف رباعيات الأرجل :

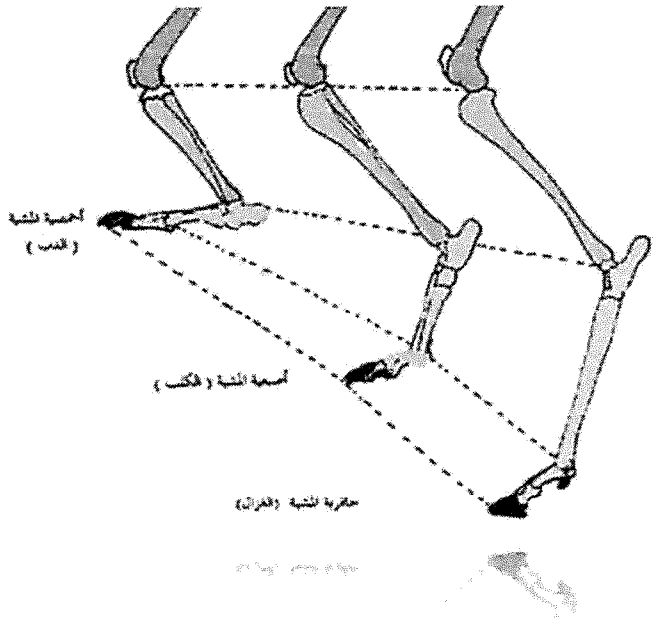
بينت الدراسة المقارنة أن النموذج العام الموصوف سابقاً، يبقى ذاته عند أغلب الفقاريات، وإن كانت هناك تعديلات نسبية في أقسامه المختلفة. وترتبط هذه التعديلات بأنماط الحركة التي تمارسها هذه الكائنات (جري، طيران، سباحة ووثب). كما أن أغلب التعديلات تصيب القسم الذاتي من الطرف، وأقسام الزنانير المختلفة .

ومن أهم التعديلات على الأرجل عند الأنواع العداءة ازدياد في طول الأقسام المختلفة وخاصة زيادة طول الجزء المزدوج أو الجزء المشطي من الطرف. كما نلاحظ ازدياداً

متدرجاً في أهمية الجزء الذاتي، فالأنواع **أخمصية المشية Plantigrads** كالإنسان والدببة التي تمارس المشي، يستقر الجزء الذاتي على سطح الأرض مباشرة بصورة مسطحة، ثم تزداد أهمية الجزء المشطي عند الأنواع **إصبعية المشية Digitigrads** كالكلاب والقطط والقوارض التي تمارس الجري المتقطع وأخيراً ما يلاحظ عند الحافريات التي تمارس **حافرية المشية Unguligrads**، حيث تلامس السلاميات المغلفة بحافر متقرن كالحصان والغزال سطح الأرض، ويلاحظ عندها تراجع في عدد الأصابع هما **مفردات الأصابع، Perisodactyls ومزدوجات الأصابع Artiodactyls.**

فمفردات الأصابع، حافريات تميزت بكون أصابعها ذات عدد مفرد، فهي تمتلك ثلاثة أصابع (الثاني والثالث والرابع)، أو إصبع وحيد (الثالث)، أطراف الخيول أحادية الإصبع التي تكيفت للجري.

أما مزدوجات الأصابع فتتميز بوجود شفع، أو شفعين من الأصابع، وينطبق المحور الوظيفي على المحور النظري الذي يمر بين الأصبع الثالث والأصبع الرابع. وكمثال عن رباعيات الأصابع نذكر فرس النهر Hippopotamus ، وكذلك الأمر عند الخنازير حيث تضمر الأصابع الجانبية بصورة واضحة، أو تصبح أثرية عند الأبقار (في الطرف الأمامي) إلى أن يصبح الطرف ثنائي الإصبع كما في الجمال والزرافات .



وبذلك يتمثل **تكيف تلك الكائنات للجري** بتطاول الطرف الذي يميل لأن يأخذ بنية عظم وحيد طويل يتألف من العضد (أو الفخذ) والزند (أو القصبة) والمشطي الثالث أو المشطي الثالث والرابع الملتحمان في عظم وحيد مزدوجات الأصابع .

أما التعديلات التي تمت على الأرجل **المتكيفة للوثب**، في الأرجل الأمامية لأنها تستخدم في عملية الاستقبال بعد الوثب كما في الضفادع والأرانب. ولذلك تكون هذه الأرجل ضامرة عند بعض ثنائيات الأرجل المتكيفة للوثب كالكنغر. أما فيما يتعلق بالأرجل الخلفية، فتتميز بتطاول محدود لعظم الفخذ، وتطاول عظم القصبة Tibia، وضمور عظم الشظية Fibula إلى أسطوانة رفيعة (الأرانب)، وقد تلتحم مع القصبة (الضفادع). وقد يتطاول الجزء الذاتي الذي يرتكز على الأرض بكامله، وقد يحدث هذا التطاول في مستوى الرسغ (عند الضفادع والليموريات)، أو في مستوى المشط

(عند الأرانب والكنغر) **تكيفت للطيران** عند بعض الثدييات كالخفاش، أو الوثب المظلي كالسنجاب الطائر من خلال وجود طية جلدية ممتدة ما بين الأرجل المتباعدة.

أما تكيف الطيور للطيران فقد تجلى بتغيرات جذرية في شكل أطرافها الأمامية التي تحورت إلى أجنحة تغطيها الرياش، وببنية هيكلها وخاصة في مستوى الأمشاط والسلاميات. فجناح الطيور يتألف من ثلاثة أصابع فقط، أطولها الإصبع الوسطى، وأمشاط ملتحمة مع بعضها البعض، فالمشط الثاني قصير ويحمل سلامية واحدة أو شفع من السلاميات، أما المشطان الثالث والرابع فهما أطول من المشط السابق . ويتألف الإصبع الثالث من شفع من السلاميات أو ثلاث، في حين يتألف الإصبع الرابع من سلامية وحيدة، ولا تنتهي هذه الأصابع بمخالب.

أدى تكيف هذه الكائنات للطيران إلى تعديلات كبيرة في أطرافها الخلفية، وتحولها إلى كائنات ثنائية الأرجل ذات مشية إصبعية، حيث يلتحم عظم الشظية مع عظم القصبة، وتلتحم القصبة جزئياً مع الرسغ مشكلة العظم القصبي الرسغي Tibiotarsus، كما تلتحم العظام الرسغية جزئياً مع المشط مشكلة العظم الرسغي المشطي Tarsometatarsus المتطاول. وتلتحم جميع العظام المشطية الامامية مع بعضها باستثناء المشطي الأول الذي يتجه نحو الخلف .

كما تكيفت بعض الفقاريات **لتسلق الأشجار** من خلال تبدل القسم الذاتي لأطرافها، الذي يأخذ شكل الملقط حيث يتقابل الإصبع الأول والثاني مع الأصابع الباقية كما في أطراف الحرباء .

تتفاوت تبدلات الأطراف عند الفقاريات المائية وفقاً لدرجة الارتباط مع الوسط المائي. فالحيتان والخيلانيات ذات حياة مائية كاملة مما فرض تحور أطرافها الأمامية إلى ما يشبه الزعانف' التي تساهم في توجيه، وتوازن الحيوان أثناء السباحة. يتألف هيكل هذه الأرجل من قطع عظمية صغيرة مسطحة، غير متحركة وسلاميات طويلة جداً في الإصبع الثاني والثالث، وضمور في الإصبع الأول.والرابع والخامس. ترافقت تلك التعديلات بوجود زعنفة ذيلية أفقية، توافق الدفع اللازم أثناء السباحة. أما الأرجل الخلفية فهي ضامرة، أو غير موجودة كلياً.