

العظم

- يشكل النسيج العظمي المكون الرئيسي لهيكل البالغ ويقوم بدعم الجسم، وحماية الأعضاء الحيوية كالتي توجد في أجواف القحف والصدر .

- يحتوي العظم على أجواف داخلية (لبية) تضم نقي العظم، حيث يتم تصنيع الخلايا الدموية .

- تقوم النسيج العظمية بدور مخازن للكالسيوم، الفوسفات وغيرها من الشوارد.

- تشكل العظام روافع تقوم بمضاعفة القوى المتولدة أثناء التقلصات العضلية وتحويلها إلى حركات.

- تعتبر العظام أنسجة ضامة متخصصة، وتتألف من مادة خارج خلوية متكلسة " المطرق العظمي " و ثلاثة أنماط من الخلايا:

1- الخلايا العظمية : **Osteocytes** والتي تتواجد ضمن فجوات بين طبقات (صفائح) المطرق العظمي، ولها استطالات سيتوبلاسمية تمتد في قنيات تمتد داخل المطرق.

2- الخلايا المولدة للعظم : **Osteoblasts** هي الخلايا المتكاثرة التي تصنع وتفرز المركبات العضوية داخل المطرق.

3- الخلايا الكاسرة للعظم : **Osteoclasts** وهي خلايا عديدة نوى عملاقة تقوم بإزالة مادة العظم المتكلسة وإعادة تنظيم remodeling النسيج العظمي.

- إن المواد الاستقلابية غير قادرة على الانتشار في المطرق العظمي المتكلس، لذلك فإن التبادل ما بين الخلايا العظمية والشعيرات الدموية يعتمد على القنيات.

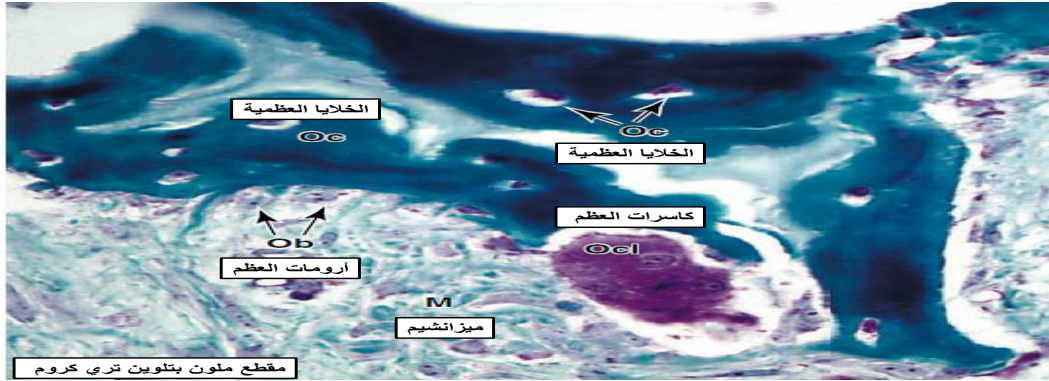
- تغطي السطوح الداخلية والخارجية لكل العظام بطبقات من الأنسجة الضامة الحاوية على خلايا مولدة للعظم تسمى بالسمحاق، ويوجد نوعان من السمحاق:

1- السمحاق الداخلي **endosteum** : يبطن السطح الداخلي، محيطاً بتجويف النقي

2- السمحاق الخارجي **periosteum** : يحيط بالسطح الخارجي للنسيج العظمي

- العظم قاسي ولا يمكن قطعه بشكل روتيني، لذلك يتم عادة تطرية المطرق العظمي بعد التثبيت بتغطيسه في

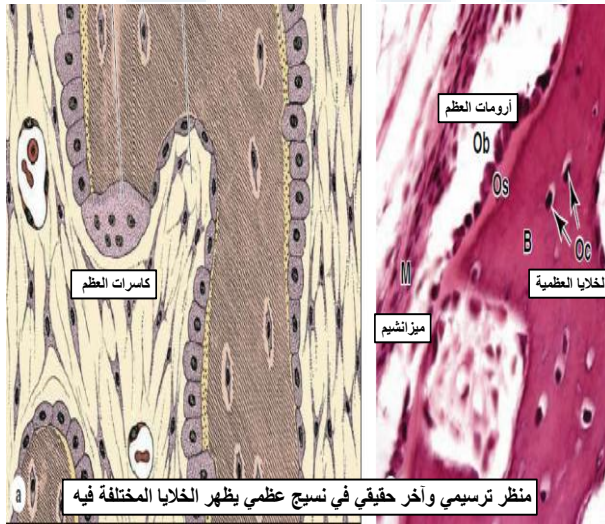
محاليل حمضية مزيلة للتكلس قبل إدماجه بالشمع أو إدماجه بالبلاستيك، ثم نقوم بإجراء مقاطع بميكروتوم خاص.



أولاً - مكونات العظم Components of bone

1- خلايا النسيج العظمي Bone Cells :

1- الخلية المولدة للعظم أو أرومة العظم Osteoblasts

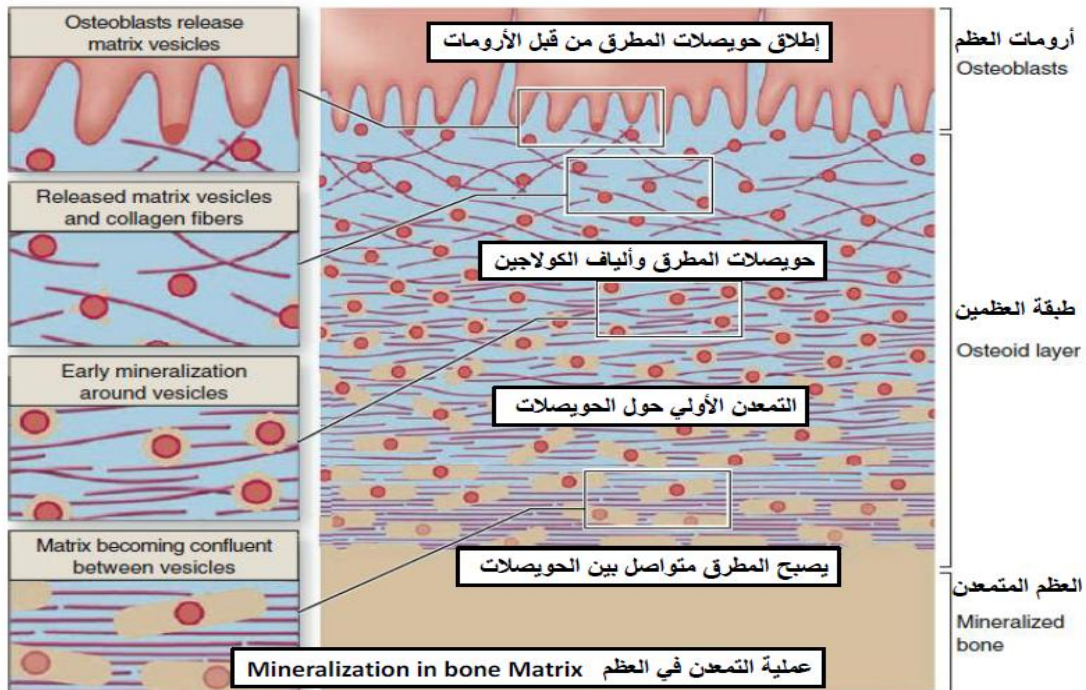


- تنشأ من خلايا جذعية ميزانشيمية.
- تنتج مواد المطرق العظمي العضوية ، بما فيها الكولاجين نمط I type والبروتيوغليكان وبروتينات رابطة كالأستيونكتين.

- يعتمد ترسب المركبات غير العضوية الموجودة في العظم على فعالية هذه الخلايا
- تشاهد الخلايا الأرومية العظمية على سطوح المطرق العظمي حصرياً ، وتشكل طبقة وحيدة من الخلايا المكعبة.

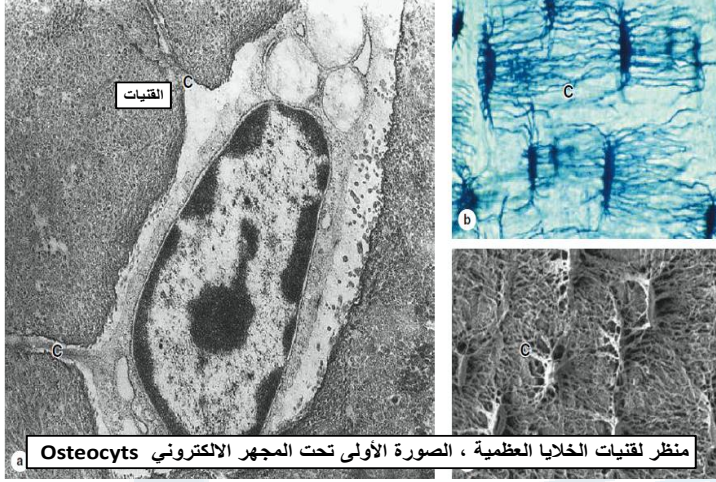
- يتميز بعض هذه الخلايا بعد انتهاء فعاليتها البانية إلى خلايا عظمية ، لتبدو محصورة ضمن فجوات من المادة العظمية
- يتم إفراز مركبات المطرق على سطح الخلية وعلى تماس مع مطرق العظم الموجود سابقاً ، مشكلة طبقة مميزة من مادة غنية بالكولاجين تدعى بالعظمين osteoid ، هذه العملية من التعظم الإضافي تنتهي بترسب أملاح الكلس.
- لم يتم حتى الآن فهم عملية تمعدن المطرق بشكل كامل.
- من البروتينات المهمة والغير كولاجينية والمفرزة من قبل الأرومات العظمية الأوستيوكالسين المعتمد على فيتامين K ، والذي يقوم مع العديد من الغليكوبروتينات بربط شوارد الكالسيوم وزيادة تركيزها موضعياً.

- تقوم أرومات العظم بإفراز حويصلات من المطرق محاطة بغشاء و غنية بالفوسفاتاز القلوية وغيرها من الأنزيمات التي ترفع فعاليتها من تركيزشوارد الفوسفات PO_4 .
- تقوم هذه الحويصلات المطرقية في هذا الوسط المجهرى الغني بالشوارد السابقة بدور النواة لتشكيل بلورات الهيدروكسي أباتيت وهي الخطوة الأولى في عملية التكلس.
- تنمو هذه البلورات بسرعة نتيجة توضع المزيد من المعادن لتشكل في النهاية كتلة مستمرة من المادة المتكلسة تتوضع ضمنها ألياف الكولاجين والبروتيوغليكان.



2- الخلايا العظمية Osteocytes

- تصبح بعض الخلايا المولدة للعظم بعد إفرازها للمطرق العظمي محاطة به بشكل كامل، فتتمايز إلى خلايا عظمية، وتتوضع بشكل مفرد داخل فجوات ضمن المطرق.
- تبدي هذه الخلايا العديد من الاستطالات التغصنية، تمتد بشكل أشعة من جسم الخلية ضمن قنيات اسطوانية عظمية بقطر 250-300 nm.

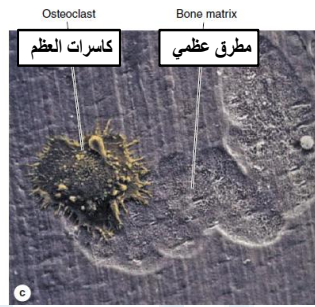
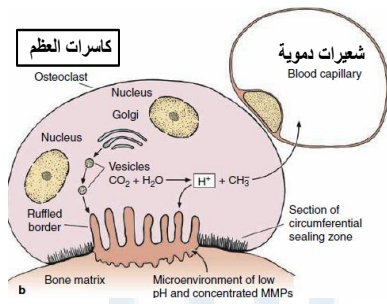
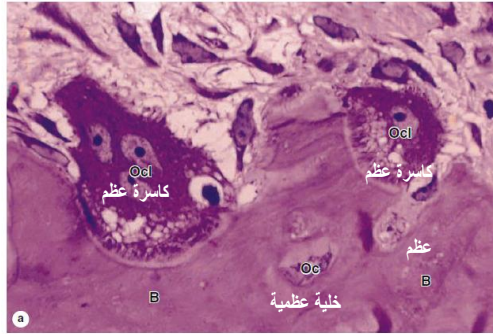


- يحدث انتشار المواد الاستقلابية ما بين الخلايا العظمية والأوعية الدموية عبر سائل خلالي يملأ الأفنية ما بين المطرق والخلايا العظمية واستطالاتها.
- الخلايا العظمية هي الخلايا الأكثر غزارة في النسيج العظم وذات مظهر يشبه اللوزة shaped almond

- تقوم هذه الخلايا بصيانة المطرق المتكلس، ويتلو موتها ارتشاف سريع للمطرق

3- الخلايا الكاسرة للعظم Osteoclasts

- خلايا كبيرة جداً مع نوى عديدة أساسية لارتشاف المطرق العظمي خلال عمليات النمو وإعادة التشكل العظمي
- تنشأ من اتحاد العديد من خلايا وحيدات النوى في نقي العظم . العظمي



- يتطلب تطور هذه الخلايا نوعين من عديدات الببتيد المنتجة من قبل الخلايا الأرومية العظمية وهي العامل المحفز والعامل المفضل لمستقبل (M-CSF) مستعمرات البالعات و الرابط للعامل النووي nuclear factor-B ligand (RANKLB)

- في حالة الفعالية تتوضع الخلايا الكاسرة للعظم على السطح العظمي ضمن أجواف في المطرق تسمى بفجوات الارتشاف أو فجوات هاوشيب Howship lacunae .

II- المطرق العظمي Bone Matrix

- تشكل المواد غير العضوية inorganic حوالي 50% من وزن المطرق العظمي الجاف ، أغزرها هيدروكسي أباتيت الكالسيوم Calcium hydroxyapatite ، وشوارد السترات، المغنيزيوم، البيكربونات، البوتاسيوم والصوديوم.

- تتألف المادة العضوية المدمجة مع المطرق المتكلس من الكولاجين من النمط الأول، الذي يشكل 90% منها ، مع القليل من البروتيوجليكان والبروتينات السكرية اللاصقة مثل الأستيونكتين.

III- السمحاق الداخلي والخارجي Periosteum & Endosteum

- يتألف السمحاق العظمي الخارجي من:

- 1_ طبقة خارجية من أنسجة ضامة كثيفة تحتوي خاصة على الكولاجين نمط I ، خلايا مولدة للليف، أوعية دموية وأعصاب.
- 2- طبقة داخلية ذات خلوية أعلى وتتضمن خلايا مولدة للعظم، وخلايا ميزانشيمية جذعية تدعى الخلايا بسليفة العظم osteoprogenitor cells

- السمحاق الداخلي endosteum : رقيق ويغطي السطح الداخلي للعظم ذي يبرز ضمن تجويف النقي.

ثانياً: - أنواع العظم Types of bone

الفحص العياني لمقاطع العظم المعترضة يظهر وجود:

- العظم القشري المتراص bone compact (cortical) : بشكل طبقة كثيفة قرب السطح ، ويشكل 80% من كتلة العظم الكلية.

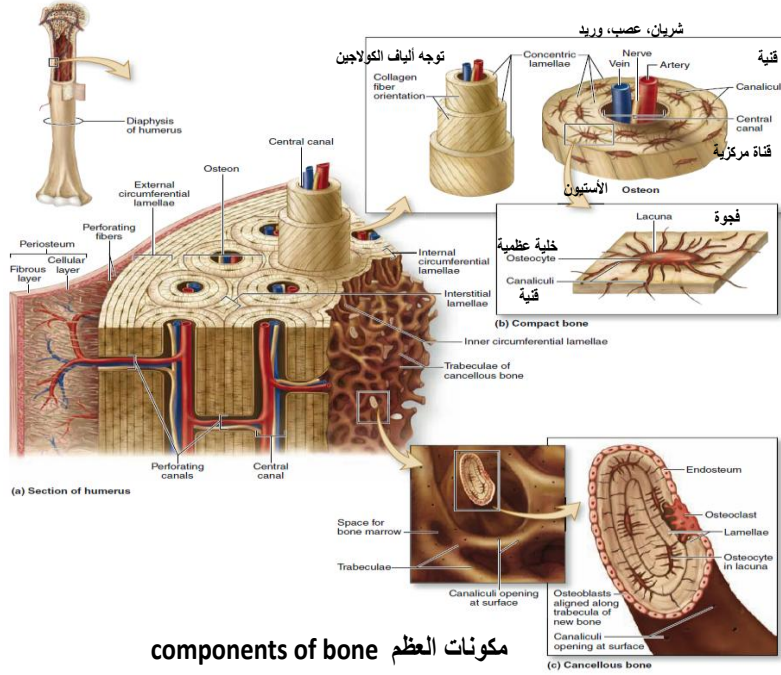
- العظم الترابيقي أو المسامي الاسفنجي cancellous (trabecular) bone : يشكل المناطق الداخلية وبشكل أجواف هائلة العدد متصلة داخلياً مع بعضها ، ويشكل 20% من كتلة العظم الكلية.

على المستوى المجهرى يبدى كلاً من النسيج العظمي المتراص والاسفنجي نمطين من التنظيم:

1- العظم الصفيفي الناضج Lamellar Bone:

- يتألف معظم النسيج العظمي في الإنسان البالغ (النسيج العظمي القشري والإسفنجي) من وحدات بنائية تسمى بالأستيونات Osteon مؤلفة من صفائح من المطرق المتكلس كل منها بسماكة 3-7 μm المتوضعة بشكل متوازي أو بشكل متمركز حول قناة مركزية.

- الأوستيون أو نظام هافرس (Osteon or Haversian system) : يتألف من 5-20 من الصفائح المتراكمة ، قطرها 100-250 μm ، تحيط بقناة مركزية تحتوي على أوعية دموية وأعصاب وسمحاق داخلي.



مكونات العظم components of bone

- تتوضع الخلايا العظمية في الصفائح المتتالية ضمن فجوات.

- يكون الأوستيون اسطوانياً طويلاً ، وعموماً موازاً للمحور الطويل لجسم العظم.

- تتصل هذه القنوات المركزية مع بعضها عبر قنوات معترضة ثاقبة أو ما يعرف بقنوات فولكمان transverse perforating canals (or Volkmann canals)

2- العظم المتموج غير الناضج Woven Bone:

- عظم غير صفحي يتصف بتوضع عشوائي لألياف الكولاجين type I ، وهو أول نسيج عظمي يظهر أثناء التطور الجنيني وفي أماكن ترميم الكسور.

- عادة ما يعتبر هذا العظم عند البالغ عظم مؤقت ويستبدل فيما بعد بعظم صفحي، ما عدا في بعض الأماكن في الجسم مثل قرب الدروز الموجودة في الجمجمة وفي أماكن ارتكاز بعض الأوتار العضلية يتصف بأنه ذو محتوى معدني أقل، ويحتوي على نسبة أعلى من الخلايا العظمية من العظم الصفحي الناضج.

بناء العظم- التعظم Osteogenesis

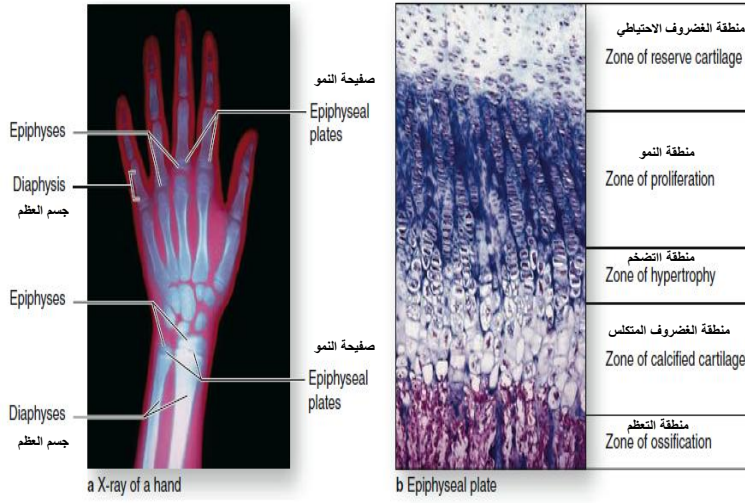
يحدث التطور العظمي أو التعظم بطريقتين:

1- التعظم الغشائي Intramembranous ossification

2- التعظم الغضروفي Endochondral ossification

- صفيحة النمو Growth plate:

هي مفتاح تطاول العظم خلال الطفولة وتنتظم كسلسلة مترابطة من المناطق المتطورة:



صفحة النمو المشاشية Epiphyseal growth plate

- 1- المنطقة الهادئة أو المنطقة الاحتياطية "resting" or reserve zone من الغضروف الهيالي
- 2- منطقة النمو zone of proliferation ، حيث تبدي الخلايا الغضروفية انقسامات.
- 3- منطقة الضخامة zone of hypertrophy : تنضخم الخلايا الغضروفية

- 4- منطقة تعظم الغضروف : تغزو الخلايا الأرومية العظمية و الخلايا العظمية والأوعية الفراغات المتشكلة في المطرق .
- 5- في منطقة التعظم zone of ossification يصنع العظم المتموج من قبل الخلايا الأرومية العظمية .
- النمو الإضافي Appositional bone growth يزيد من محيط وسماكة العظم من خلال فعالية الأرومات العظمية في سمحاق العظم، مترافق بضخامة تجويف نقي العظم.

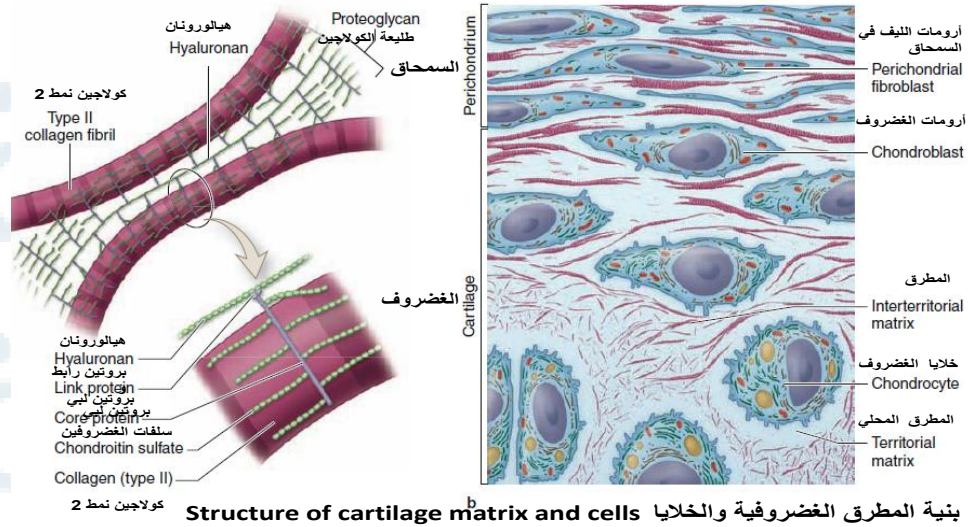


جامعة
المنارة
MANARA UNIVERSITY

Cartilage

الغضروف

- الغضروف هو نسيج ضام داعم متين وقاسي، يتميز بمطرق خارج خلوي غني بالمواد الغلوكوز أمينو غليكان والبروتيوغليكان مع ألياف كولاجينية ومرة.
- يتألف الغضروف من نوع واحد من الخلايا تدعى الخلايا الغضروفية chondrocytes مدمجة في المطرق خارج الخلوي.
- تقوم الخلايا الغضروفية بصنيع وصيانة كل مركبات المطرق خارج الخلوي، وتتوضع ضمن أجواف من المطرق تدعى بالفجوات lacunae.
- يلعب الغضروف دوراً في امتصاص الصدمات نتيجة محتواه العالي من الماء المتحد.
- يفقد النسيج الغضروفي وبكل أنواعه التروية الدموية والتعصيب.
- تحصل الخلايا الغضروفية على المواد المغذية من خلال الشعيرات الدموية الموجودة في السمحاق الغضروفي. وكما هو متوقع فالخلايا الغضروفية ذات فعاليات استقلابية منخفضة.
- السمحاق الغضروفي: عبارة عن صفيحة من الأنسجة الضامة الكثيفة، تحيط بالغضروف في معظم المناطق ، وتفصله عن الأنسجة المحيطة.



بنية المطرق الغضروفية والخلايا Structure of cartilage matrix and cells

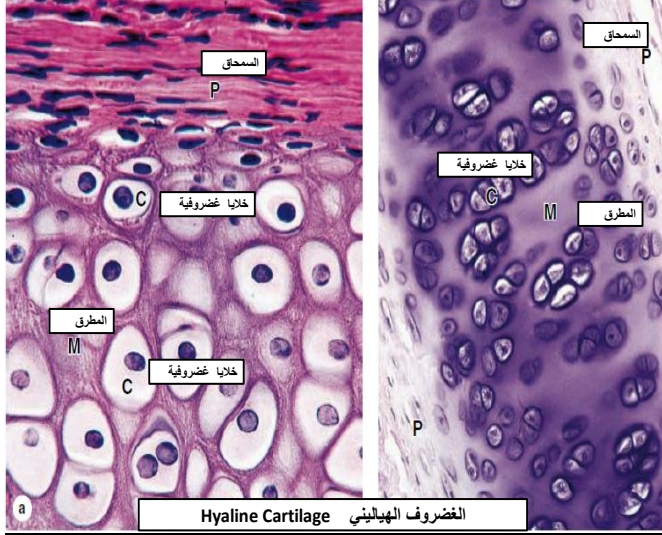
أنواع الغضاريف Types of cartilage

- إن الاختلافات في تركيب المطرق تميز ثلاث أنواع من الغضاريف:

1- الغضروف الهيايني Hyaline cartilage

- أو الغضروف الزجاجي، وهو النمط الأكثر شيوعاً من بين الأنماط الثلاث، متجانس وشاف في الحالة الطازجة.

- يشاهد في البالغين: على الأسطح المفصليّة للمفاصل المتحركة، في جدران الممرات التنفسية، النهايات البطنية للأضلاع، في صفائح النمو للعظام الطويلة، حيث تجعل النمو الطولي للعظم ممكناً.



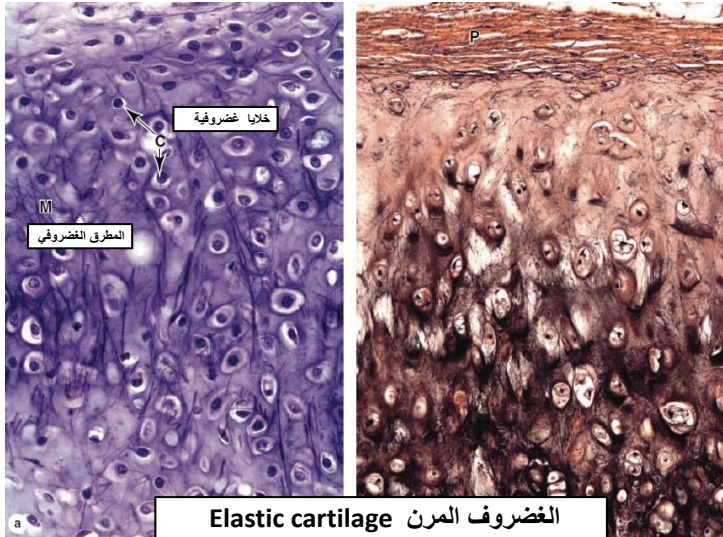
- يشكل الكولاجين حوالي 40% من الوزن الجاف للغضروف والمدمج في جل متماسك رطب من البروتيغليكان والبروتينات السكرية البنيوية.
- معظم الكولاجين في الغضروف هو من النمط II
- تشكل الخلايا جزء قليل من كتلة الغضروف الهyalيني.
- يشاهد في محيط الغضروف الخلايا الغضروفية الفتية أو مولدات الغضروف.

- في داخل الغضروف تكون الخلايا مدورة وقد تتوضع ضمن مجموعات حتى 8 خلايا.

- عندما تتفعل الخلايا الغضروفية وتفرز الكولاجين ومواد المطرق الأخرى، تتباعد الخلايا المتجمعة وتسكن ضمن فجوات منفصلة.

- غالباً ما يحاط بسمحاق غضروفي

2- الغضروف المرن Elastic cartilage

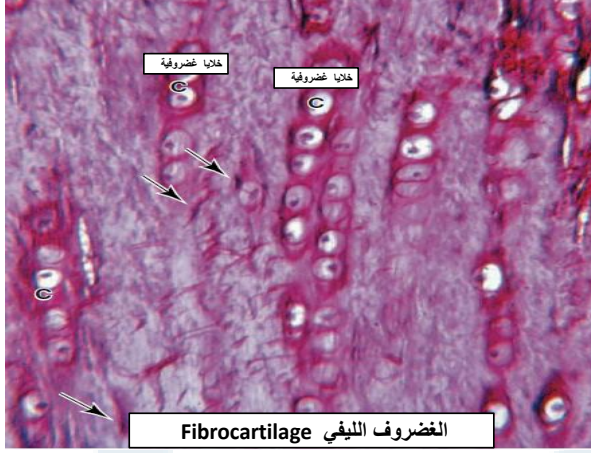


- يشبه الغضروف الزجاجي بشكل عام، لكنه يحتوي على شبكة غزيرة من الألياف المرنة بالإضافة إلى شبكة ألياف الكولاجين نمط II، مما يعطي الغضروف المرن في حالته الطازجة لوناً أصفر.
- يتواجد في صيوان الأذن، في جدران القنوات السمعية الخارجية، انبواب اوستاش،

- لسان المزمار والقناة التنفسية العلوية.

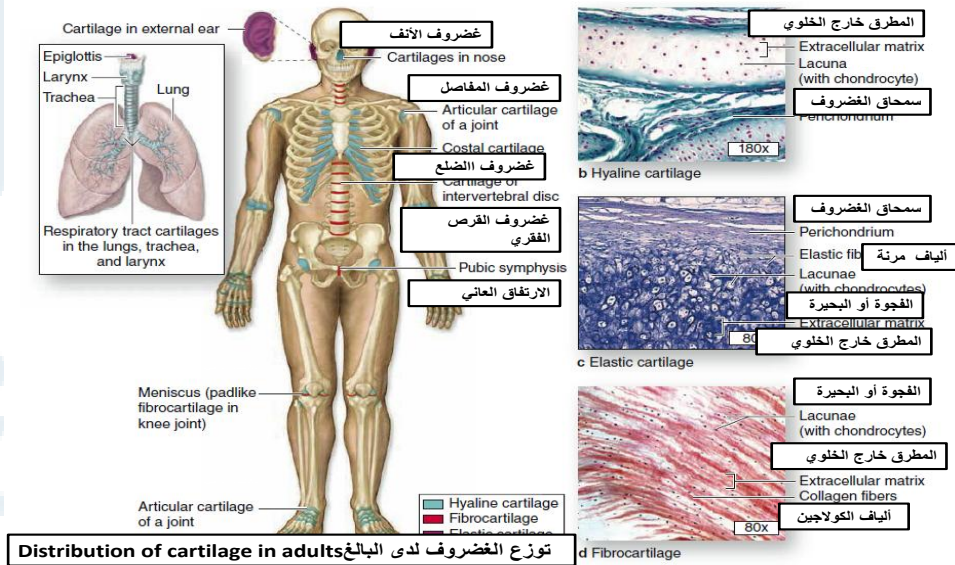
- يمتلك الغضروف المرن سمحاق غضروفي.

- تشبه الخلايا الغضروفية لهذا الغضروف الخلايا الغضروفية في الغضروف الزجاجي وظيفياً وبنوياً.



3- الغضروف الليفي Fibrocartilage

- هو مزيج من الغضروف الهyalيني والنسيج الضام الكثيف.
- يشاهد في الأقراص ما بين الفقرات وفي مكان ارتكاز أربطة معينة وفي الإرتفاق العاني، أي في كل الأماكن التي يمكن أن يقوم فيها بدور نسيج داعم متين ووسادة بالنسبة للعظم.
- تتوضع الخلايا الغضروفية بشكل مفرد وغالباً مرتبة ضمن صفوف.
- لا يوجد سمحاق غضروفي محدد في الغضروف الليفي



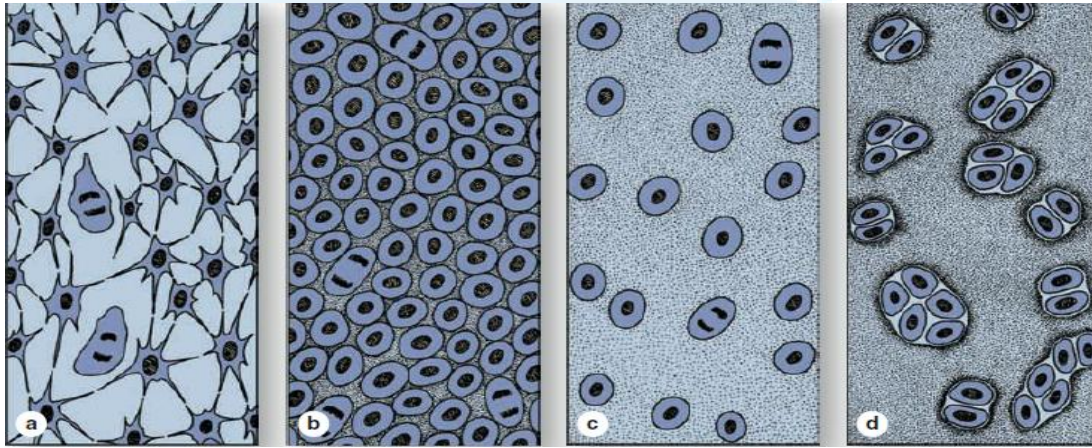
توزيع الغضروف لدى البالغين Distribution of cartilage in adults

- السمحاق الغضروفي Pericardium

- عبارة عن صفيحة من الأنسجة الضامة الكثيفة التي تحيط بالغضروف في معظم المناطق ، مشكلاً حداً فاصلاً ما بين الغضروف وما بين الأنسجة المحيطة التي يدعمها.
- يعتبر السمحاق الغضروفي أساساً في نمو وصيانة الغضروف، حيث تحتوي الطبقة الداخلية المجاورة للمطرق الغضروفي على خلايا ميزانشيمية جذعية ، تزود بمصدر للخلايا المولدة للغضروف الجديدة والتي بدورها تنقسم وتتمايز إلى خلايا غضروفية.
- يحتوي السمحاق على تروية دموية تدعم الغضروف ، كما يحتوي على مركبة عصبية صغيرة.
- في المفاصل المتحركة لا يوجد سمحاق حول الغضروف المفصلي الذي يغطي النهايات العظمية، لذلك فهو يحصل على الأكسجين والمواد المغذية الضرورية من السائل الزليلي الموجود ضمن التجويف المفصلي.

3- تشكل ونمو وإصلاح الغضروف cartilage formation, growth and repair

- تتشكل كل أشكال الغضروف من الميزانشيم الجنيني ضمن حدثية تدعى بالتخلق الغضروفي chondrogenesis.
- تتمايز الخلايا الميزانشيمية وتصبح مدورة، ثم تتضاعف بسرعة وتصبح مترابطة بكثافة على بعضها.
- يبدأ إنتاج المطرق خارج الخلوي وتحبس الخلايا في فجوات، لتتباع هذه الخلايا عن بعضها تدريجياً.
- يحدث التمايز الغضروفي خلال التطور الجنيني في المركز، وبالتالي فإن الخلايا الأكثر مركزية تمتلك خصائص الخلايا الغضروفية chondrocytes ، بينما المحيطية هي خلايا مولدة للغضروف chondroblasts.
- يتطور الميزانشيم السطحي كسمحاق perichondrium ، ليحدث بعدها تضخم للأنسجة الغضروفية بسبب كلا من:
 - النمو الخلالي: الذي يحدث نتيجة انقسام الخلايا الغضروفية الموجودة سابقاً،
 - والنمو الإضافي التراكمي: والذي يشمل تمايز الخلايا السلف في السمحاق إلى خلايا مولدة للغضروف.
- وفي كلتا الحالتين يساهم تصنيع المطرق في نمو الغضروف.
- تعود قدرة الغضروف الضعيفة على الإصلاح والترميم في جزء منها لغياب التوعية وأيضاً لمعدل الاستقلاب المنخفض.



المراحل الأساسية من تشكل الغضروف الجنيني
 The major stages of embryonic cartilage formation