النسيج الضام المتخصص

ويشمل : الهيكلي (الغضروف الزجاجي والمطاط والليفي ، العظم المكتنز والاسفنجي)

سُمي هذا النسيج بالنسيج الضام الهيكلي لأنه يدخل في تركيب هيكل الجسم ، ويتكون مثل النسج الضامة من خلايا وألياف ومادة أساس ، وتكوّن الألياف والمادة الأساس المادة ما بين الخلايا أو القالب matrix. يتميز النسيج الضام الهيكلي بالانقسام السريع عن غيره من الأنسجة الضامة ، وهو يمنح الدعم والحماية لأعضاء الجسم ، ويمكن تقسيمه نسبة إلى طبيعة المادة ما بين الخلايا إلى الغضروف cartilageوالعظم bone إذ تكون هذه المادة صلبة ، ففي الغضروف يُعزى ذلك إلى وجود مادة مخاطية غضروفية هي أو chondromucin chondromucoid الغنية بكبريتات الكوندروئيتين chondroitin sulfates ، أما في العظم فيرجع ذلك إلى تشبع مادته الأساس بالأملاح اللاعضوية لاسيما فوسفات الكالسيوم.

1- الغضروف Cartilage

هو نسيج متخصص من النسج الضامة يتركب من خلايا تدعى بالخلايا الغضروفية chondrocytes أو cartilage cells ومن قالب خارج خلوي عالي التخصص ، والغضروف نسيج غير وعائي أي أنه لا يحوي أوعية دموية ولا لمفاوية كما أنه لا يحوي أعصاب ، وبسبب عدم وجود شبكة وعائية ضمن الغضروف فإن تركيب القالب يكون مسؤولاً عن بقاء واستمرارية الخلايا الغضروفية المسؤولة أصلاً عن تكوينه إذ يكوّن القالب خارج خلوي أكثر من 95 % من تركيب الغضروف ، والنسبة العالية لل Glycosaminoglycan (GAGs)إلى أليلف البيض او الكولاجينية نوع II تسمح بانتشار المواد بين الأوعية الدموية في النسيج الضام المحيط والخلايا الغضروفية المتناثرة المنتشرة ضمن القالب.

معظم هيكل الجسم في الحياة الجنينية للفرد يكونه الغضروف ، ثم يحل محل معظمه عظم في البالغ إلا أنه يبقى بشكل غضروف فوق سطوح مفاصل العظام وبشكل هيكل ساند للممرات التنفسية وجزءاً من الأذن ويحاط أغلب أنواع الغضاريف بغلاف ليفي يدعى السمحاق الغضروفي perichondrium .

*تركيب الغضروف

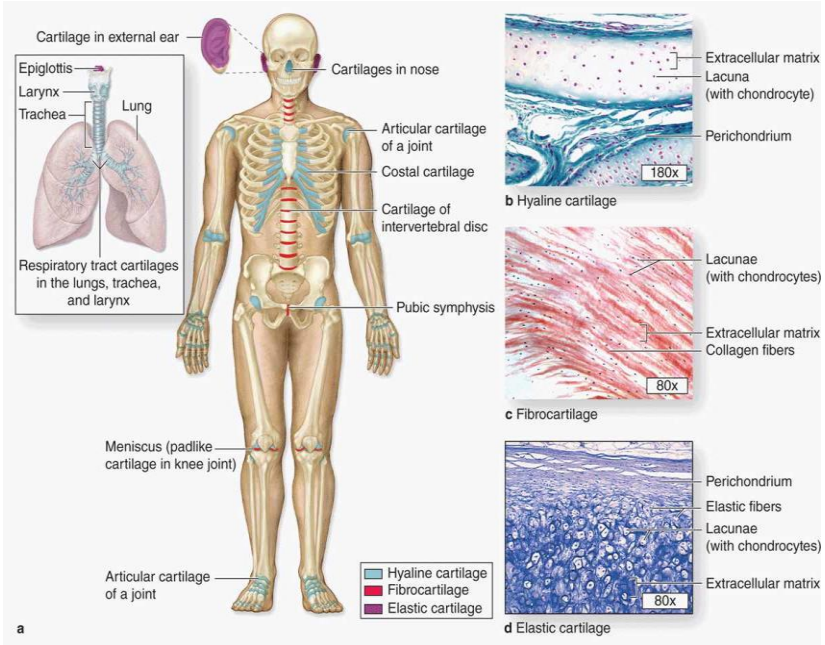
يتركب الغضروف من ثلاثة عناصر أساسية هي:

A -الخلايا الغضروفية chondrocytes :بيضوية أو كروية الشكل ، نواتها كبيرة كروية مركزية ذات نوية أو أكثر ، سطح الخلية غير منتظم ذي بروزات قصيرة تمتد في انخفاضات ضمن القالب. وهذا المظهر التركيبي يزيد المساحة السطحية للخلية ويساعد في تسهيل عملية الأيض الحيوي بين الخلايا والقالب ، يكون السايتوبلازم حبيبي دقيق ويحوي مايتوكوندريا كبيرة وفجوات وقطيرات دهنية وبعض النشأ الحيواني. تشغل الخلايا الغضروفية تجاويف صغيرة هي الجوبات lacunae ضمن القالب ، وهي تملأ الجوبات تماماً في الغضروف الحي وبسبب المحاليل المستعملة في التحضيرات المجهرية تنكمش الخلايا ويتغير شكلها الكروي فتظهر الجوبات بشكل

واضح. يظهر قسم من الخلايا بشكل مجاميع ضمن جوبة واحدة ثم تنقسم الجوبة فيما بعد بحواجز من القالب لتفصل الخلايا بعضها عن بعض ، فتدعى مثل هذه المجاميع بالعش الخلوي cell nest وهي حاصلة من انقسام الخلية الغضروفية الأصلية. وهذه المجاميع تحتل وسط غضروف الحيوان البالغ ، وتكون الخلايا الغضروفية القريبة من محيط الكتلة الغضروفية بيضوية إلى مغزلية مسطحة وبوضع موازٍ لسطح الغضروف.

B -القالب matrix : يتكون من المادة الأساس والألياف ، وتتلون بالملونات القاعدية بسبب احتوائها على مادة مخاطية غضروفية حامضية لا تنتشر بصورة متجانسة ضمن القالب في الغضروف الكامل النضج إذ تكون مركزة حول الخلايا الغضروفية مكونة المحفظة capsuleالتي هي آخر ما تفرزه الخلايا الغضروفية من القالب وتكون خالية من الألياف. أما الألياف فتختلف نوعيتها وكثافتها بالنسبة إلى نوع الغضروف الذي توجد فيه.

C - سمحاق الغضروف perichondrium :عبارة عن طبقة من نسيج ضام كثيف غير منتظم يتكون من ألياف بيض وصفر تتخللها الأروماتات الليفية ، ويتكون من جزئين: السمحاق الداخلي المسمى بالطبقة المكونة للغضروف chondrogenic layer وهو الجزء القريب من الغضروف والذي يندمج تدريجياً بنسيج الغضروف ويحوي خلايا أكثر مما هو عليه في السمحاق الخارجي المسمى بالطبقة الليفية fibrous layer يحوي سمحاق الغضروف على أوعية دموية تتنافذ منها المواد الغذائية والأوكسجين إلى الخلايا الغضروفية عبر القالب.



***تكوين الغضروف**

يتكون من النسيج المتوسط mesenchyme حيث تتخذ خلاياه شكلاً كروياً متراصاً بعد سحب بروزاتها وتكبر بالحجم فيسمى النسيج ما قبل الغضروف precartilage وتسمى خلاياه بالأروماتات الغضروفية chondroblasts ، تفرز هذه الخلايا حول نفسها القالب وتطمر معالم الليفات البيض بينها وبازدياد إفراز القالب تبتعد الخلايا عن بعضها وتصبح ضمن جوبات وتسمى في هذه الحالة بالخلايا الغضروفية. ثم ينضغط النسيج المتوسط المحيط بالكتلة النامية للغضروف مكوناً غلافاً ليفياً هو سمحاق الغضروف في حالة الغضروف الزجاجي والمطاط .

***نمو الغضروف**

يستمر نمو الغضروف بالطريقتين في أدناه:

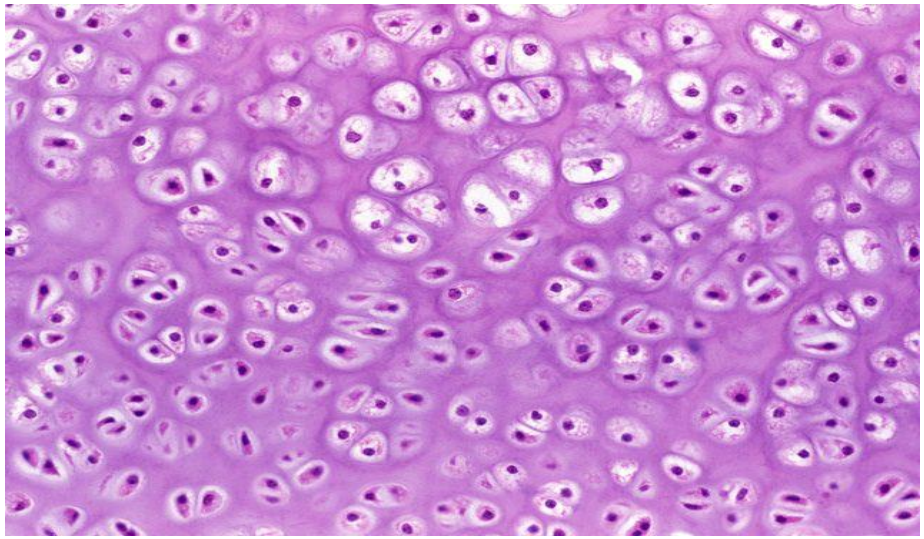
1-النمو الخلالي interstitial growth - يحدث في نسيج الغضروف الفتي عادة إذ تنقسم الخلايا الغضروفية الفتية التي تقع في الداخل ويتكون حاجز من القالب يفصل الخليتين الجديدتين عن بعضهما ، ويمكن أن تنقسم هاتان الخليتان مرة أُخرى لتكوين أربع خلايا تفرز كل منها قالب حول نفسها ، وبازدياد إفراز القالب تنفصل الخلايا الجديدة عن بعضها فيتوسع الغضروف النامي، ويدل وجود الأعشاش الخلوية في الغضروف البالغ على أن النمو الخلالي قد توقف بسبب عدم قدرة الخلايا على إفراز القالب .

2- النمو التراكمي appositional growth يحدث بسبب فاعلية سمحاق الغضروف، حيث تنقسم الأروماتات الليفية في الطبقة المكونة للغضروف الواقعة ضمن سمحاق الغضروف ويتحول بعضها بعد الانقسام إلى أروماتات غضروفية تفرز حول نفسها القالب وتصبح ضمن جوبة فتدعى حينئذٍ بالخلايا الغضروفية ، وبذلك تضاف خلايا ومادة بينية جديدة من السطح الخارجي المحيطي للغضروف النامي.

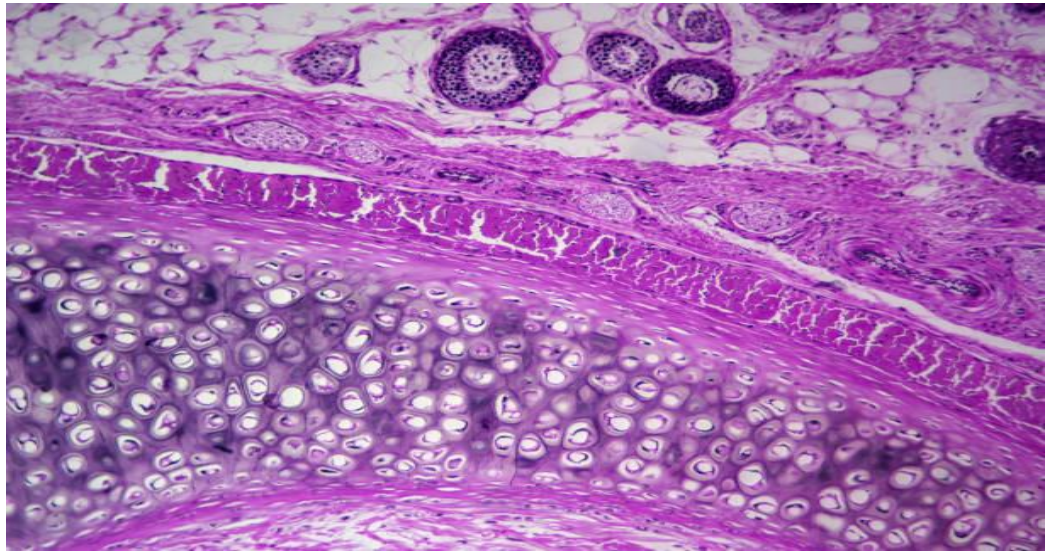
***أنواع الغضروف**

يصنف الغضروف نسبة إلى نوعية الألياف الموجودة فيه وكثافتها إلى:

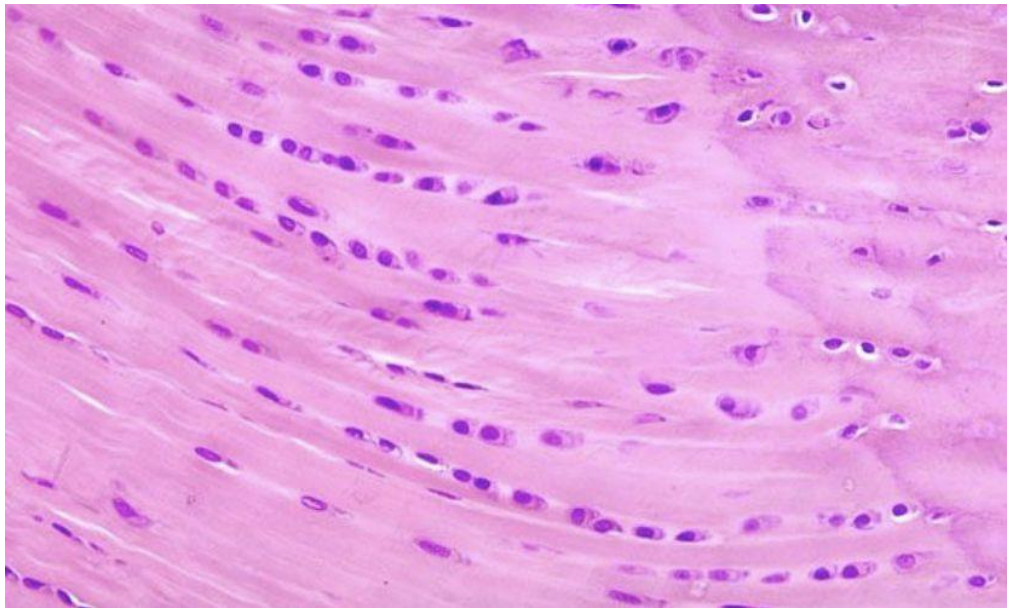
الغضروف الزجاجي Hyalin cartilage الأكثر تواجداً في الجسم نهايات الأضلاع ، ونهايات مفاصل العظام - الطويلة ، غضاريف الأنف والحنجرة والرغامى والقصبات ، وفي هيكل الجنين يتميز هذا الغضروف بقالب شفاف يتقبل الملونات القاعدية ، فضلاً عن الخلايا الغضروفية والألياف البيض الدقيقة المتناثرة يمكن تمييزها باتباع طرائق خاصة في التحضير ويحاط بسمحاق الغضروف.



الغضـروف المطـاط Elastic cartilage يوجـد فـي المنـاطق التـي تحتـاج الإسـناد والمرونـة صـيوان الأُذن الخارجيـة external ear، لسان المزمار epiglottis ، وبعض غضاريف الحنجرة ، وانبوب اوستاكي Eustachian tube يتميـز بـوفرة الأليـاف الصـفر فيكـون مرنـاً أكثـر مـن الزجـاجي ، ويحـاط بسـمحاق الغضـروف ، ويشـابه فـي تركيبـه الأسـاس الغضـروف الزجـاجي إلا أن مادتـه الأسـاس تحـوي شـبكة مـن أليـاف صـفر متفرعـة فضـلاً عـن الأليـاف البـيض ، وتكثـر الأليـاف الصفر حول الخلايا الغضروفية الوسطية أكثر مما هي عليه في المناطق الأُخرى من الغضروف.



الغضروف الليفي الأبيض White fibrocartilage يتكون من نسيج ضام ليفي كثيف تتمايز الأرومات الليفية فيه فتتحول إلى خلايا غضروفية ، ويتميز بوجود حزم من الألياف البيض التي تكون متوازية أو غير منتظمة ، وضمن المناطق الصغيرة بين الحزم يوجد القالب المشابه في تركيبه لقالب الغضروف الزجاجي ، كما تنتشر الجوبات الحاوية على خلايا غضروفية مفردة أو بشكل مجاميع ضمن القالب ، وينعدم وجود سمحاق الغضروف ، ولا يتواجد الغضروف الليفي وحده أبداً لكنه يندمج تدريجياً بالغضروف الزجاجي الذي يجاوره أو بالنسيج الليفي الكثيف القريب منه لذا يعد منطقة انتقال بينهما وهو يوجد في المناطق التي تحتاج إلى إسناد وشد قوي الأقراص بين الفقرات intervertebral discs ، منطقة الارتفاق العاني pubic symphysis مفصل غضروفي وسطي ، ومناطق اتصال الرُبط والأوتار مع العظم.



2- العظم Bone

نسيج هيكلي يمثل أعلى درجات التخصص بين النسج الضامة ، وهو نسيج صلب يكوّن معظم هيكل أجسام الفقريات العليا. يتكون من خلايا وألياف ومادة أساس ، إلا أن ما يميز هذا النسيج هو وجود الأملاح اللاعضوية في مادته الأساس التي إليها تُعزى صلابته (من أهم الأملاح اللاعضوية الموجودة فيه فوسفات الكالسيوم 85 % وكربونات الكالسيوم 10 % وأملاح أخرى بنسب قليلة مثل فلوريد الكالسيوم وفلوريد المغنيسيوم) فضلاً عن وجود المادة العضوية. عند تحضير مقطع نسجي للعظم يتم وضعه في محلول حامضي مخفف فتذوب جميع الأملاح الكلسية ويبقى العظم محتفظاً بشكله وتركيبه لكنه يكون سهل القطع أو الانحناء وتسمى هذه الخطوة زوال الكلس decalcification وفي هذه الحالة يتكون العظم كلياً من ألياف بيض مكونة من collagenالتي تكوّن عند غليها مادة جيلاتينية هي مصدر الجيلاتين التجاري.

***التركيب العياني للعظم**

يظهر العظم (عند الحياة) بلون وردي مزرق مغطى بغلاف ليفي يسمى سمحاق العظم periosteum، أما تجاويف العظم في الداخل فتكون مملوءة بالنسيج النقي marrow tissue أو ما يسمى بالنسيج النخاعاني myeloid tissue . هناك نوعين من العظام نسبة إلى درجة الصلابة يمكن تمييزهما بالعين المجردة: العظم المكتنز أو الكثيف compact or dense bone وهو خارجي الموقع ، والعظم الاسفنجي spongy or cancellous bone ويكون داخلي الموقع. فإذا أخذنا مقطع طولي للعظم الطويل نلاحظ أن رأس العظم أو ما يسمى مشاشته head or epiphysis ذو مظهر اسفنجي مكون من حويجزات trabeculae غير منتظمة الشكل مكونة شبكة تحوي تجاويفها على نقي العظم الأحمر red bone marrow وهذا يمثل العظم الاسفنجي الذي يحاط بطبقة رقيقة من نسيج العظم المكتنز. أما جدل (عمود) العظم diaphysis or shaft الواقع بين مشاشتي العظم الطويل فيمثل عظم مكتنز سميك يحيط بتجويف كبير يحتل المركز ويكون مملوء بنقي العظم الأصفر yellow bone marrow ويسمى التجويف اللبيmedullary cavity أو تجويف نقي العظم.

تجاويف العظم الاسفنجي في مشاشتي العظم تتصل مع التجويف اللبي المركزي لجدل العظم في البالغ ، أما في وقت النمو فإن مشاشة العظم تنفصل عن الجدل بصفيحة غضروفية تدعى الصفيحة المشاشية epiphyseal plate تتحد مع جدل العظم بوساطة أعمدة من العظم الاسفنجي تدعى الكردوس metaphysis فتكوّن الصفيحة المشاشية مع العظم الاسفنجي للكردوس جهاز النمو الطولي للعظم الطويل.

أما في العظام المسطحة كالجمجمة فإن مادة العظم الاسفنجي تكون بشكل طبقة تختلف في السمك من عظم إلى آخر وتدعى خلال اللوحتين diploe وتكون محصورة بين طبقتين من العظم المكتنز في حين أن العظام القصيرة وغير المنتظمة تتكون من كتلة من العظم الاسفنجي مغطاة بطبقة من العظم المكتنز. وفضلاً عن سمحاق العظم الخارجي يوجد غلاف للعظم من الداخل يسمى سمحاق العظم

الداخلي endosteum وهو يحيط بالحويجزات الشبكية في العظم الاسفنجي وفي الوقت ذاته يبطن تجاويفه التي يستقر فيها نقي العظم الأحمر ويستمر مبطنا للتجويف المركزي لجدل العظم الطويل ، ولهذين الغلافين سمحاق العظم الخارجي والداخلي دور كبير في تغذية العظم ونموه واصلاحه.

كيف تميز بين نقي العظم الأحمر ونقي العظم الأصفر (الأبيض)؟

- تكثر الاوعية الدموية داخل نقي العظم الأحمر وتقل داخل نقي العظم الأصفر.
- يتواجد نقي العظم الأحمر داخل فراغات العظم الاسفنجي بينما يتواجد نقي العظم الأصفر داخل نقي العظم الأصفر.
- يكون نقي العظم الأحمر مسؤول عن تكوين كريات الدم بينما لا يشترك نقي العظم الأبيض في تكوين كريات الدم.
- يوجد نقي العظم الأحمر في عظام القص والاضلاع والفقرات ونهايات العظام الطويلة بينما نقي العظم الأصفر يوجد في بقية العظام.

*التركيب المجهري للعظم المكتنز Compact bone

يظهر القالب بشكل صفائح عظمية bone lamellae مرتبة بنظام خاص ، وتكون هذه الصفائح مسطحة او مقوسة متحدة المركز موازيو لبعضها البعض ، وتكون الألياف البيض الدقيقة ضمن الصفحة الواحدة موازية لبعضها تقريباً ومخالفة لاتجاه ألياف الصفائح المجاورة مما يعطي العظم قوة اكثر كما يمكن تمييز الصفائح بعضها عن البعض الاخر. تقع الخلايا العظمية بشكل صفوف ضمن الصفائح العظمية او بينها ، وتكون ضمن جوبات lacunae محاطة بمحافظ capsules (كما في الخلايا الغضروفية) واهذه الخلايا العظمية بروزات سايتوبلازمية دقيقة تمر في قُنيات canaliculi ممتدة من الجوبات ضمن القالب مخترقة الصفائح العظمية ، وترتبط قنية الجوبة الواحدة بقنيات الجوبات المجاورة لها ، ومن خلال هذه الشبكة من القنيات يسهل انتقال المواد الغذائية والاوكسجين والفضلات من الدم الة الخلايا وبالعكس .

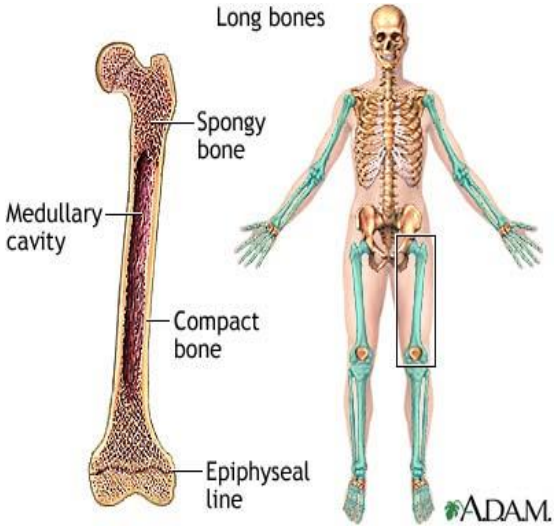
عند فحص المقطع المستعرض أو الطولي للعظم المكتنز تحت المجهر الضوئي يظهر:

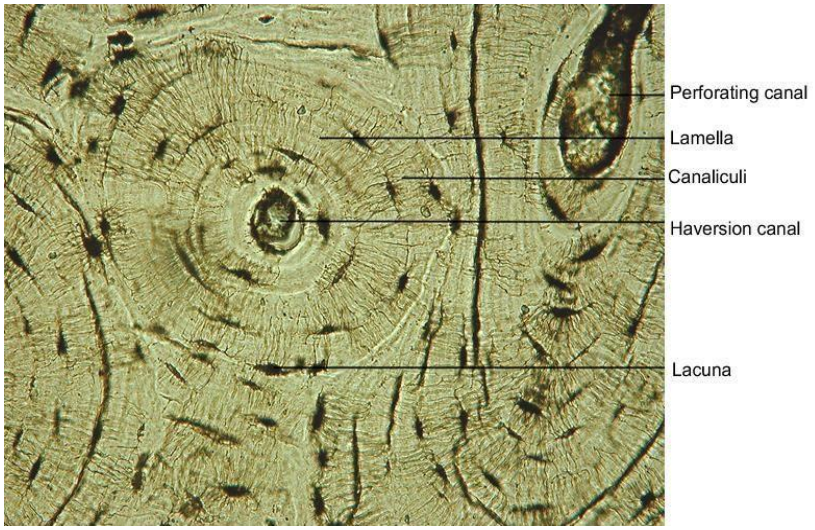
1-قنوات هافرس / Haversian canals تحوي في داخلها على مقاطع للأوعية الدموية واللمفية والأعصاب التي تخترقها ، وتظهر هذه القنوات في المقطع المستعرض بوضوح وتكون محاطة بصفائح عظمية بشكل اسطوانات متحدة المحور مختلفة الأقطار مكونة أجهزة هافرس. أما في المقطع الطولي فتظهر القنوات موازية للمحور الطولي للعظم.

2-قنوات فولكمان / Volkmann's canals عبارة عن قنوات مستعرضة لا تحيطها الصفائح العظمية الاسطوانية الموجودة في أجهزة هافرس لكنها تخترق الصفائح العظمية في طريقها وهي تعمل على ربط قنوات هافرس ببعضها وبسمحاق العظم الداخلي والخارجي ، وقد تتفرع قنوات هافرس أيضاً وتكون هذه التفرعات محاطة بصفائح اسطوانية.

3- الصفائح الخلالية / interstitial lamellae هي صفائح عظمية توجد في الفسح بين أجهزة هافرس.

4-الصفائح المحيطية الخارجية / outer circumferential lamellae هي صفائح عظمية موازية لسمحاق العظم الخرجي.
5-الصفائح المحيطية الداخلية / inner circumferential lamellae هي صفائح عظمية موازية لسمحاق العظم الداخلي.
6- الخط أو الغشاء الملاطي / cement line or membrane هي مادة ما بين الخلايا المتحورة العاكسة للضوء تفصل كل جهاز صفائحي عن الأجهزة الصفائحية المجاورة الأُخرى.

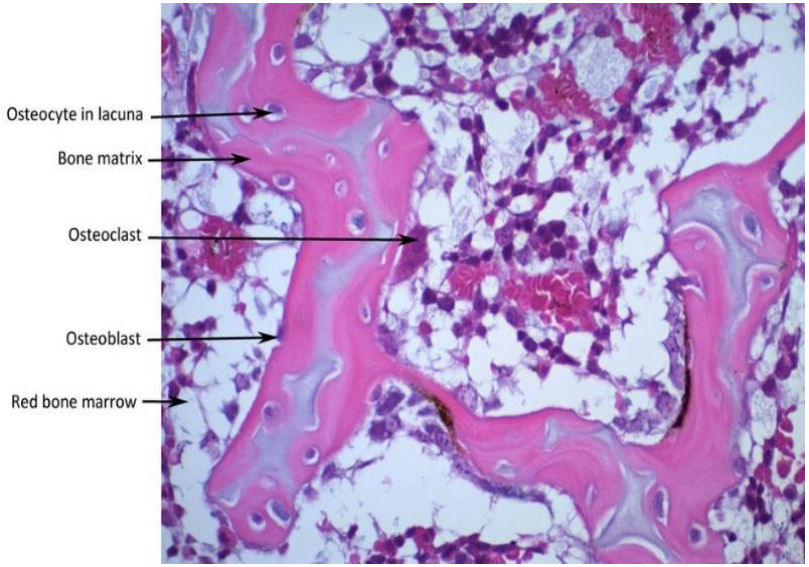


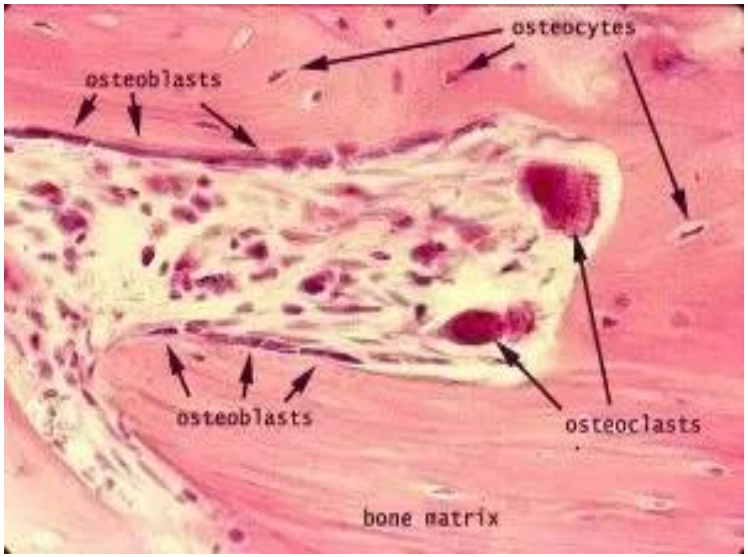


***التركيب المجهري للعظم الاسفنجي Spongy bone**

يكون القالب بشكل حويجزات غير منتظمة تتفرع وتلتقي ببعضها مكونة شبكة تشبه الاسفنج في مظهرها.. وتحصر هذه الحويجزات بين تفرعاتها تجاويف تحوي نقي العظم الأحمر، تتكون هذه الحويجزات من صفائح عظمية ليس لها نظام أو ترتيب صفائح العظم المكتنز ، لذا لا تظهر الصفائح العظمية لأجهزة هافرس وغيرها في مقاطع هذا النوع من العظم. يحاط معظم سطح حويجزات العظم الاسفنجي الفتي وتفرعاته بصف من خلايا مكعبة أو عمودية قصيرة أو هرمية الشكل تسمى الخلايا البانية للعظم osteoblasts ، وتوجد الخلايا العظمية في جوبات ضمن القالب تمتد منها قنيات دقيقة ، وبين الخلايا البانية للعظم توجد خلايا عملاقة كثيرة النوى تدعى الخلايا الناقضة للعظم osteoclasts تقع على سطح العظم في حفر تدعى جوبات هاوشب Howship's lacunae في مناطق امتصاص

العظم.. وتنشأ هذه الخلايا من اتحاد مجموعة من الخلايا إما أن تكون بانية للعظم غير فاعلة inactive أو من خلايا النسيج المتوسط mesenchymeal cells ضمن نقي العظم الابتدائيprimary bone marrow .





***تكوّن العظم ونموه**

يتكوّن العظم بطريقتين:

- التكوّن الداخل غشائي / intramembranous development - يتكون العظم ضمن غشاء من نسيج ضام هو النسيج المتوسط الذي يتميز بخلايا ذات بروزات متصلة ببعضها ومن مادة أساس نصف سائلة حاوية على ألياف بيض دقيقة وبذلك تكوّن صفحة خلوية بشكل غشاء فتسمى العظام المتكونة بهذه الطريقة بالعظام الغشائية membrane bones مثل عظام الجمجمة ، ويمكن ايجاز العملية بما يأتي:

1- تصبح صفحة النسيج المتوسط وعائية vascular وتكبر خلاياها متخذة شكلاً مضلعاً فتسمى الخلايا البانية للعظم osteoblast .

2-تكوّن الخلايا البانية للعظم القالب بشكل حويجزات تخفي معالم الألياف الموجودة في المادة الأساس للصفحة الغشائية.
3-تزداد هذه الحويجزات المتكونة بالحجم وتحيط بالخلايا البانية العظمية.
4-يبدأ القالب بالتكلس إذ تترسب أملاح الكالسيوم فيه ، وبازدياد ترسب هذه المواد حول الخلايا البانية للعظم تتكون الجوبات والقنيات التي تصبح متصلة بمثيلاتها من جوبات الخلايا الأُخرى ، وعندئذ تسمى الخلايا البانية للعظم بالخلايا العظمية.
5-تبقى طبقة من الخلايا البانية للعظم على سطح العظم المتكون الجديد حيث يزداد سمكه بفاعلية هذه الخلايا نتيجة انقسامها وإضافة قالب يحيط بالخلايا الجديدة المتكونة لتصبح خلايا عظمية جديدة وهكذا.

6- يتكون العظم بهذه الطريقة في مراكز متعددة من صفحة النسيج المتوسط ولهذا يكون بشكل حويجزات غير منتظمة إذ يتكون العظم الاسفنجي أولاً ثم تصبح الفسح بين الصفائح العظمية المسماة بتجاويف النقي الابتدائية مملوءة بنسيج ضام مزود بأوعية دموية كثيرة يتحول فيما بعد إلى نسيج نخاعاني.

7-يتحول النسيج الضام المحيط بالكتلة النامية العظمية إلى سمحاق العظم الخارجي.

- التكوّن الداخل غضروفي endochondral or intracartilagenous development

يتكون العظم ضمن الغضروف الشفاف أي يحل العظم محل الغضروف.. فتسمى العظام المتكونة بهذه الطريقة بالعظام الغضروفية cartilage boneكعظام الأطراف ، ويكون شكل العظم عادة مطابق لشكل الغضروف الذي ينشأ منه ، ويمكن ايجاز العملية بما يأتي:

1-يظهر مبدئياً المركز الابتدائي للعظم primary center of ossification في الغضروف في المنطقة التي ستصبح جدل العظم diaphysisوتنقسم الخلايا الغضروفية وتتخذ شكل صفوف باتجاه المحور الطولي للقطعة الغضروفية ثم تنتفخ وتتضخم الخلايا وتتوسع جوباتها وبذلك تصبح الحواجز بين الجوبات رقيقة جداً نتيجة لذوبان قسم من القالب ، ثم يتكلس القالب الموجود بين صفوف الجوبات أي تترسب أملاح الكالسيوم فيه.
2-نتيجة تكلس القالب فإن المواد الغذائية لا تصل إلى الخلايا الغضروفية المتوسعة فتنكمش وتموت.
3-أثناء هذه التغيرات تصبح الطبقة الخلوية الداخلية المكونة للغضروف chondrogenic layer ولسمحاق الغضروف في المنطقة المحيطة بالجدل فعالة وتتحول بعض خلاياها إلى خلايا بانية للعظم منتجة طبقة مكونة للعظم osteogenic layer وتقوم هذه الخلايا بإنتاج القالب الجديد مكونة اسطوانة عظمية حول الغضروف (بطريقة التعظم الداخل غشائي) وتسمى هذه الاسطوانة بطوق العظم السمحاقي periosteal bone collar التي تتكون من سمحاق العظم الخارجي. فيقوم هذا الطوق بتقوية الغضروف ويعوضه الاسناد الذي فقده نتيجة تحلله ، فيسمى سمحاق الغضروف السابق في هذه المرحلة بسمحاق العظم الخارجي.

4-تندفع النسج الضامة الوعائية من السمحاق الخارجي على شكل براعم سمحاقية periosteal buds من خلال الثقوب الموجودة في الطوق العظمي إلى منطقة الغضروف المتحلل ، إذ تعمل على تكسر الحواجز الرقيقة بين جوبات الخلايا الغضروفية الميتة وتفتحها وبذلك تتكون جوبات كبيرة تدعى بتجاويف النقي الابتدائي primary marrow cavities يحتلها النسيج المندفع الوعائي الذي يسمى هنا بالنقي الابتدائي. تتخصص بعض خلايا البراعم السمحاقية وتصبح خلايا بانية العظم وهذه تتجمع على سطوح بقايا القالب الغضروفي المتكلس حيث تستعمل هيكلاً تعمل عليه هذه الخلايا وتبدأ فاعليتها في تكوين القالب الجديد فتكون قشرة عظمية حول المادة المتكلسة ، وبازدياد تكون المادة العظمية الجديدة تضمحل المادة المتكلسة تدريجياً وتختفي وبذا تتكون منطقة عظمية اسفنجية تكون فيها الصفاحات العظمية المتكونة غير منتظمة الشكل.

عند فحص مقطع طولي لعظم طويل يتكون بالطريقة الداخل غضروفية ماراً من نهايتي الغضروف نحو مركز التعظم الابتدائي سنميّز المناطق الآتية بصورة متسلسلة لتوضيح عملية التعظم في أعلاه:

1-المنطقة الاحتياطية أو الخاملة / reserve or quiescent zone تتكون من نسيج غضروفي فتي شفاف في نهايتي الغضروف المتعظم.

2- منطقة التكاثر / zone of proliferation منطقة فعالة في انقسام خلاياها الغضروفية لتكوين خلايا جديدة تنتظم في صفوف أو أعمدة موازية للمحور الطولي للغضروف.

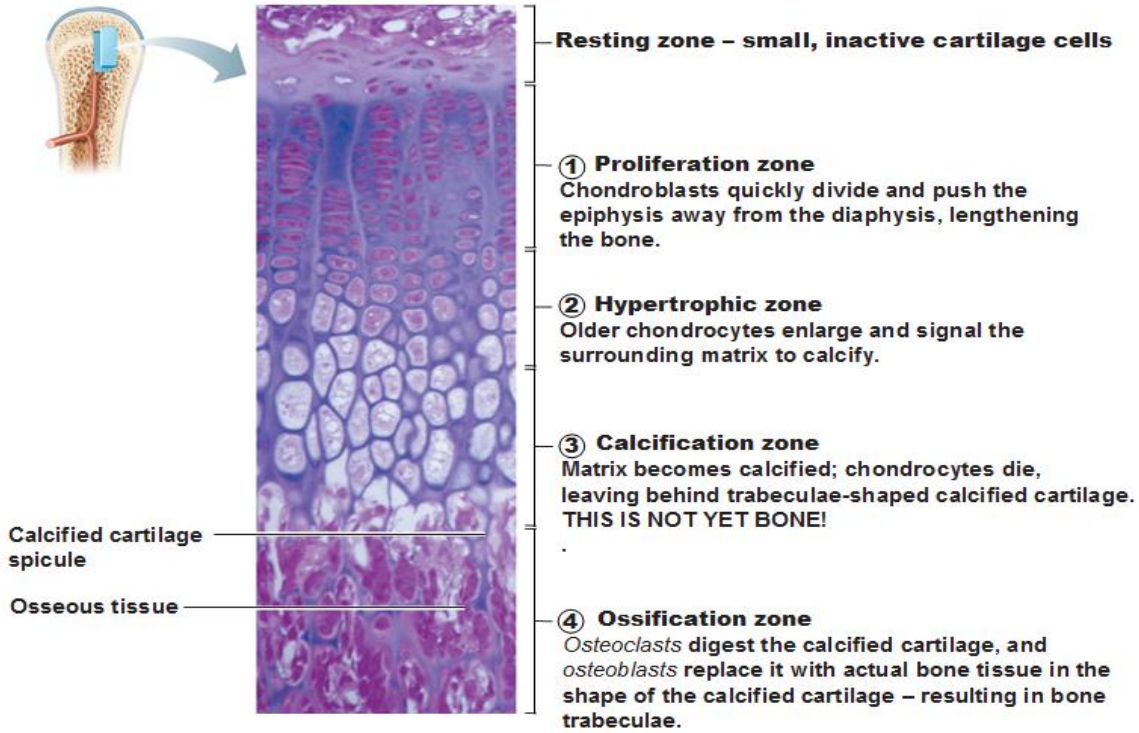
3-المنطقة النضوجية أو منطقة التضخم/ maturation zone or zone of hypertrophy تكون الخلايا الغضروفية متضخمة وتكون جوباتها التي تحويها متوسعة.

4-منطقة التكلس / zone of calcification يكون القالب قد تكلس ولذلك يظهر بلون غامق عند استخدام الملون القاعدي.

5- منطقة التقهقر أو التآكل / zone of retrogression or erosion تعاني الخلايا الغضروفية هنا التحلل والموت مع ذوبان واختفاء قسم من القالب ، كما أن قسماً من الجوبات قد فتحت مكونة تجاويف كبيرة يكون قد دخلها نسيج البرعم السمحاقي مكوناً نسيج النقي الابتدائي ، وتبقى الصفاحات الغضروفية المتكلسة التي كانت تفصل صفوف الخلايا.

6- منطقة التعظم / zone of ossification تتكون هنا الخلايا البانية للعظم من نسيج النقي الابتدائي وتستقر على الصفاحات الغضروفية المتكلسة وتبدأ بتكوين المادة العظمية الجديدة.

7-منطقة الامتصاص / zone of resorption بتقدم التعظم نحو نهايتي الغضروف يزداد تجويف النقي في الحجم نتيجة لامتصاص العظم في مركز جدل العظم ، ويسمى التجويف الجديد المتكون بتجويف النقي الثانوي secondary marrow cavity



***إعادة بناء وتركيب العظم**

1-يتحول العظم الاسفنجي المتكون إلى عظم مكتنز في مناطق معينة.

2- تنتج الخلايا البانية للعظم في هذه العملية طبقة وراء طبقة من المادة العظمية إلى الجهة الداخلية على سطح تجاويف طويلة ضمن العظم الاسفنجي إلى أن تصبح التجاويف مختزلة إلى قنوات ضيقة تحتوي على أوعية دموية.

3- الجهاز المتكون هذا من صفاحات متحدة المركز مع قناته والأوعية الدموية فيها يدعى بجهاز هافرس البدائي primitive Haversian system

4-تتكون معظم أجهزة هافرس في العظم المكتنز بطريقة أكثر تعقيداً حيث يحدث للمادة العظمية تحلل وإذابة osteolysis يحصل منها تكون تجاويف اسطوانية تصبح مبطنة بخلايا بانية للعظم تتكون من خلايا بدائية موجودة ضمن نسيج النقي ، ثم تترسب صفاحات عظمية متعاقبة باستمرار نحو الداخل إلى أن تختزل التجاويف إلى قناة ضيقة حول الأوعية الدموية. ولا تنتهي إعادة تركيب المادة العظمية بأن يستبدل بالعظم الابتدائي عظم ثانوي بل يستمر طول الحياة ، إذ تظهر التجاويف المتكونة نتيجة امتصاص المادة العظمية باستمرار ويستبدل بها أجهزة هافرس ثالثة ورابعة وهكذا.

5-أثناء هذه العملية تسلم من الامتصاص والتحطم قطع من أجهزة هافرس الموجودة سابقا وتصبح صفاحات خلالية interstitial lamellae تملأ المسافات ما بين الأجهزة الجديدة المتكونة.

6- كلما اقترب النمو من الاكتمال أضاف سحاق العظم الداخلي والخارجي طبقات متعاقبة من صفاحات عظمية محيطية circumferential lamellaeتستمر على شكل صفاحات متحدة المركز.

***إصلاح العظم**

عند حدوث كسر في العظم يحدث:

1-نزف دموي من الأوعية الدموية الممزقة ثم يتبعه تخثر في الدم.

2- تغزو الأورمات الليفية المتكاثرة الخثرة وتكون نسيجاً حبيبياً granulation tissue يسمى نسيج حشوي رقيق أولي procallus

3-يتحول هذا النسيج الحبيبي إلى نسيج ليفي كثيف والذي بدوره يتحول إلى كتلة من النسيج الغضروفي يدعى نسيج حشوي رقيق مؤقت temporary callusالذي يعمل على ربط قطعتي العظم المكسور.

4-تتكون بعدها خلايا بانية للعظم من سمحاق العظم الخارجي.

5- السمحاق الداخلي يقوم بتكوين عظم اسفنجي يحل محل غضروف النسيج الحشوي الرقيق المؤقت بصورة تدريجية وبطريقة تشبه التعظم الداخل غضروفي فيحصل بذلك التحام عظمي في منطقة الكسر.

6- ويكون النسيج الحشوي الرقيق العظمي اسفنجياً أولاً ثم يتحول إلى عظم مكتنز ويُمتص العظم

الزائد.