النسيج العظمي

د. عبد الحافظ طبش

29\10\2018

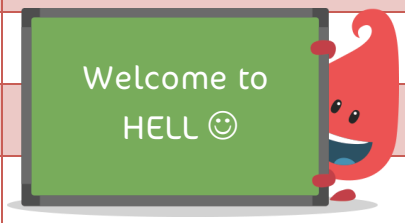
RBC Medicine

علم الأنسجة ا | Histology 1

السلام عليكم أصدقائي الأعزاء

نكمل معكم بالمحاضرة السابعة في علم النسج والتي تتمحور حول النسيج العظمي وخصائصه

الفقرة	الصفحة
النسيج العظمي	2
أنواع العظام	4
التركيب الكيميائي للنسيج العظمي	5
مكونات النسيج العظمي	5
سمحاق النسيج العظمي	11
تصنيف العظام	12
البنية النسيجية للعظم الكثيف	14
البنية النسيجية للعظم الاسفنجي	16
تكون العظم	16
الصفيحة المشاشية وآلية النمو الطولي للعظم	21
النمو العرضي للعظم	23
إعادة بناء العظم	24
تجديد وترميم العظم المكسور	26
الفرق بين العظم والغضروف	28



النسيج العظمي Bone tissue

تعريفه: هو نسيج ضام متخصص وهو أحد الأنسجة الضامة التي تقدم الدعم للجسم، وهو أقسى نسيج ضام موجود في الجسم.

مكوناته: يتألف من مكونين أساسين **خلايا** و **مطرق خارج خلوي**:

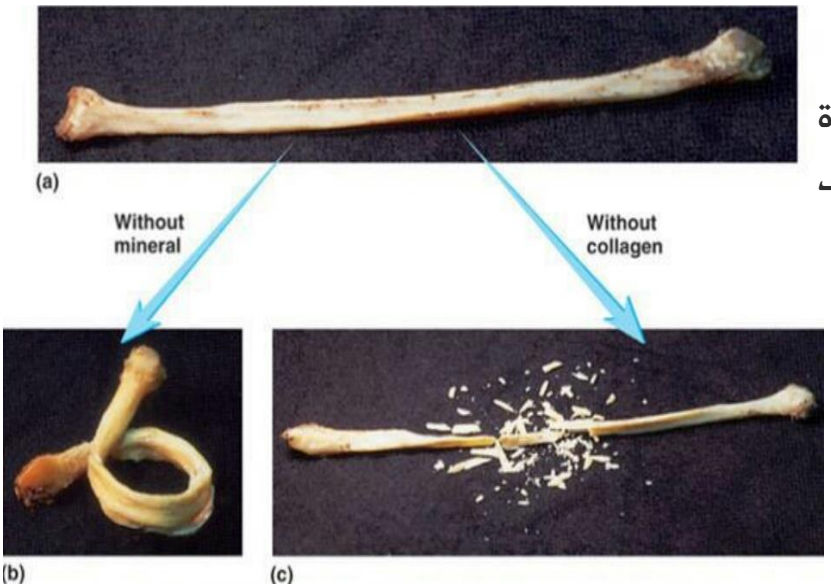
- ✓ الخلايا: مكون من ٤ أنواع من الخلايا.
- ✓ المطرق خارج الخلوي:
  - مادة أساسية غنية بالأملاح المعدنية.
  - ألياف غرائية، وخاصةً الكولاجين (١).

ملاحظة

الخلايا العظمية موجودة ضمن أعشاش، هذه الأعشاش موجودة ضمن مادة أساسية متكلسة.

سمات النسيج العظمي

- **العظام ليست عارية:** حيث تغطى سطوح العظام الداخلية والخارجية بطبقات من نسيج ضام يحتوي على خلايا مولدة عظمية، فالطبقات التي تغطي السطح الداخلي تدعى **سمحاق العظم الداخلي Endosteum** والتي تغطي السطح الخارجي تدعى **سمحاق العظم الخارجي Periosteum**.
- **تحتاج دراسة العظم نسيجياً لتحضير خاص:** يصعب تقطيع شرائح العظم النسيجية باستخدام المكرتوم (المشراح) نظراً لقساوة العظم.
- **تعتبر العظام نسيجاً قاسياً:** تعزى قساوة ومقاومة النسيج العظمي إلى ارتباط ألياف الكولاجين بالمعادن.
- **أثر مكونات العظام على خواصه:** يحافظ العظم على شكله بعد نزع الكلس منه ويصبح مرناً كالوتر كونه يحتوي على كمية كبيرة من الكولاجين، أما عند نزع الجزء العضوي من المطرق خاصة الكولاجين يحافظ العظم على



(a)عظم طبيعي (b)عظم منزوع الكلس يشبه الوتر
(c)عظم منزوع الكولاجين يتفتت بسهولة وينكسر

شكله الأصلي إلا أنه يصبح عرضه للكسر ويتفتت بسهولة عند الإمساك به.

- **قوة العظم:** قوة الشد والضغط في العظم أكبر أو تساوي الفولاذ لذلك يستطيع الانسان أن يتحمل وزناً فوق وزنه.
- **نمط تلون مطرق العظم:** المطرق قاعدي التلون بوجود الكلس حيث لا نرى ألياف الكولاجين بشكل واضح (رغم أنها من النمط الأول) بسبب الكلس. أما عند زوال الكلس يصبح المطرق حمضي التلون (تتلون ألياف الكولاجين عند إزالة الكلس).

ملاحظات يجب معرفتها عن كالسيوم الجسم:

٩٩٪من كالسيوم الجسم موجود في العظام، يحوي العظم أيضاً على فوسفور ومغنزيوم.

يحوي جسم البالغين على (١ _ ١.٥) kg كالسيوم.

اضافة الى أن الكالسيوم يمنح العظام الصلابة ويعطيها الخواص البنيوية فهو ضروري أيضا للتقلص العضلي ويشترك في الكثير من عمليات الجسم.

ملاحظة

يشرف على استتباب نسبة الكالسيوم في الجسم:

١ - هرمون الباراثورمون المفرز من جارات الدرق.

٢ - هرمون الكالسيتونين المفرز من الغدة الدرقية.

٣ - فيتامين د.

وظائف العظم

١- حماية الأعضاء الحيوية الهامة في الجسم، فمثلاً:

-الجمجمة التي تحمي الدماغ.

-القفص الصدري والأضلاع تحمي الرئتين والقلب.

-الحوض يحمي المثانة والرحم.

-حجاج العين يحمي كرة العين.

- القناة الفقرية تحمي النخاع الشوكي.

-نقي العظام يكون محمياً داخل العظام.

٢- لها دور في حركة الجسم:

وذلك بالتعاون مع الأوتار والمفاصل والعضلات، حيث يوجد في نهاية كل عظم غضاريف مفصلية مرتبطة مع بعضها البعض عن طريق المفاصل، كما أن العضلات تقوم بتحريك العظام (أي أن العظم يشكل مرتكزاً للعضلات).

٣-مضاعفة قوة العضلات لتحقيق الحركة:

تشكل العظام مجموعة من الروافع التي تضاعف القوة المتولدة أثناء التقلص العضلي.

٤- مخزن للأملاح المعدنية (خاصةً الكالسيوم والفوسفات والمغنزيوم):

لأن الأملاح المعدنية الموجودة ضمن النسيج العظمي تدخل ضمن الاستقلاب العام، فعند حدوث نقص في إفراز هرمون الكالسيتونين من الخلايا المجاورة لجريبات الغدة الدرقية أو زيادة في هرمون الباراثورمون الذي يُفرَز من الخلايا جارات الدرق تتحرض الخلايا الكاسرة للعظم على النشاط فتزيل الكالسيوم من العظم.

٥- يعتبر النسيج العظمي مولداً لخلايا الدم الحمر والبيض من نقي العظم الذي يحتويه.

أنواع العظام

العظام غير المنتظمة
- عظام الفقرات، عظم العجز، العظم العصعصي، العظم اللامي.

العظام القصيرة
- مثال: عظم الرسغ في اليد والقدم.

العظام المسطحة
- مثال: عظم الكتف، عظم القص، الأضلاع، الرضفة.

العظام الطويلة
- مثال: عظم الترقوة، عظم الشظية، السلاميات، الفخذ، الزند، الكعبرة، العظم السنعي.

التركيب الكيميائي للنسيج العظمي

-تشكل **المادة العضوية ٣٥٪** من بنية النسيج العظمي ومنها الكولاجين والبروتينات السكرية متعددة الالتصاقات وغليكوز أمينوغليكانات وبروتيوغليكانات.

-بينما تشكل **المادة اللاعضوية (الأملاح المعدنية) ٦٥٪** منه وتشمل:

- ✓ فوسفات الكالسيوم(المعروف باسم هيدروكسي أباتيت) [Ca10(PO4)6 (OH)2] نسبته ٨٥٪.
- ✓ كربونات الكالسيوم ١٠٪.
- ✓ فلوريد الكالسيوم + مغنزيوم ٥٪.

مكونات النسيج العظمي

يتألف بشكل رئيسي من خلايا ومطرق خارج خلوي (ألياف ومادة أساسية):

❖ المطرق خارج الخلوي:

أ- المادة الأساسية، وتتميز ب:

- ✓ غناها بالغليكوز أمينوغليكانات (كبريتات كوندورتين وكبريتات الكيراتان) والبروتوغليكانات.
- ✓ احتوائها على بروتينات سكرية متعددة الالتصاقات مثل:

- أوستيونكيتن **osteonectin**: الذي يشبه الصمغ ويعمل على ربط خلايا العظم والكولاجين بالمادة الأساسية المتمعدنة.
- أوستيوبوينتين **osteopontin**: الذي يعمل على ربط الخلايا بالمطرق ويساهم في تشكل فوسفات الكالسيوم.
- بودوبلانين **Podoplanin**: يفرز من الخلايا العظمية استجابة للإجهادات الميكانيكية. والذي له دور في ترسيب المعادن على العظم ويحفز على زيادة إفراز الكولاجين.

ب- الألياف:

يشكل الكولاجين حوالي ٩٠٪ من الوزن الكلي لبروتينات مطرق العظم ويعد الكولاجين نمط (I) أكثرها تواجداً إضافة لتواجد كمية قليلة من نمط V و III و XI.

❖ خلايا النسيج العظمي:

١- الخلايا المُولدة العظمية Osteoprogenitor:

- **منشؤها:** تنشأ من الخلايا المتوسطية الجذعية (الميزانشيمية) والتي تعطي العديد من الخلايا (أورمات ليفية وغضروفية، خلايا شحمية وخلايا مولدة للعظم).
- **أماكن تواجدها:** توجد في الطبقة الداخلية للسمحاق الخارجي وفي السمحاق الداخلي وحول الشعيرات والوريدات المغذية للنسيج العظمي.
- **مجاوراتها:** ليست على تماس مع النسيج العظمي (يفصل بينهما الخلية المصورة للعظم).
- **شكلها:** تبدو الخلايا مسطحة الشكل بنوى بيضاوية أو متطاولة قليلة التلون.
- **قدرتها على الانقسام:** لها القدرة على الانقسام الفتيلي وتتمايز إلى بانيات العظم.

ملاحظة

وجد العلماء حديثاً أن التعرض للحقول المغناطيسية الكهربائية يساهم في ترميم الكسور وتأثيرها يعود الى زيادة تحفيز الخلايا المولدة للعظم على التمايز الى بانيات العظم، وبالتالي تلعب الخلايا المولدة العظم دوراً مهماً في نمو وترميم العظم.

٢- الخلايا المصورة للعظم (بانيات العظم – أورمات عظمية) Osteoblasts:

هي خلايا تنشأ من تمايز الخلايا المولدة للعظم، تتواجد على تماس مع النسيج العظمي، تكون مسؤولة عن تكوين جميع مكونات القالب العضوي في العظم. يوجد نوعين منها (نشيطة وخاملة):

الخلايا النشيطة:

سماتها: مكعبة الشكل، نواتها مركزية، هيولاها غنية بالعناصر الخلوية (جهاز غولجي/ شبكة هيولية داخلية خشنة/ جسيمات كوندرية / ريباسات/حويصلات متعددة).

مجاوراتها: تكون على تماس مع المادة العظمية ولكنها مفصولة عنها بواسطة المركبات العضوية للنسيج العظمي التي تفرزها الخلايا التي تدعى (طليعة العظم)، تتوضع في أماكن محيطية، وتقوم بإفراز المركبات العضوية في مطرق العظم قبل أن تتكلس.

تمايزها: بعد أن تنتهي من تصنيع المطرق يتمايز بعضها (١٠ – ٢٠٪) لخلايا عظمية عندما تنحصر في جوبات وحولها مطرق متكلس.

((إذاً بعد أن تتكلس الخلايا البانية النشيطة في المادة المتكلسة تُسمَّى بالخلايا العظمية)).

الخلايا الخاملة:

شكلها: عبارة عن خلايا مسطحة قليلة الارتفاع، ملتصقة بالنسيج العظمي (غير مفصولة عنه) تدعى **بالخلية المبطنة للنسيج العظمي.**

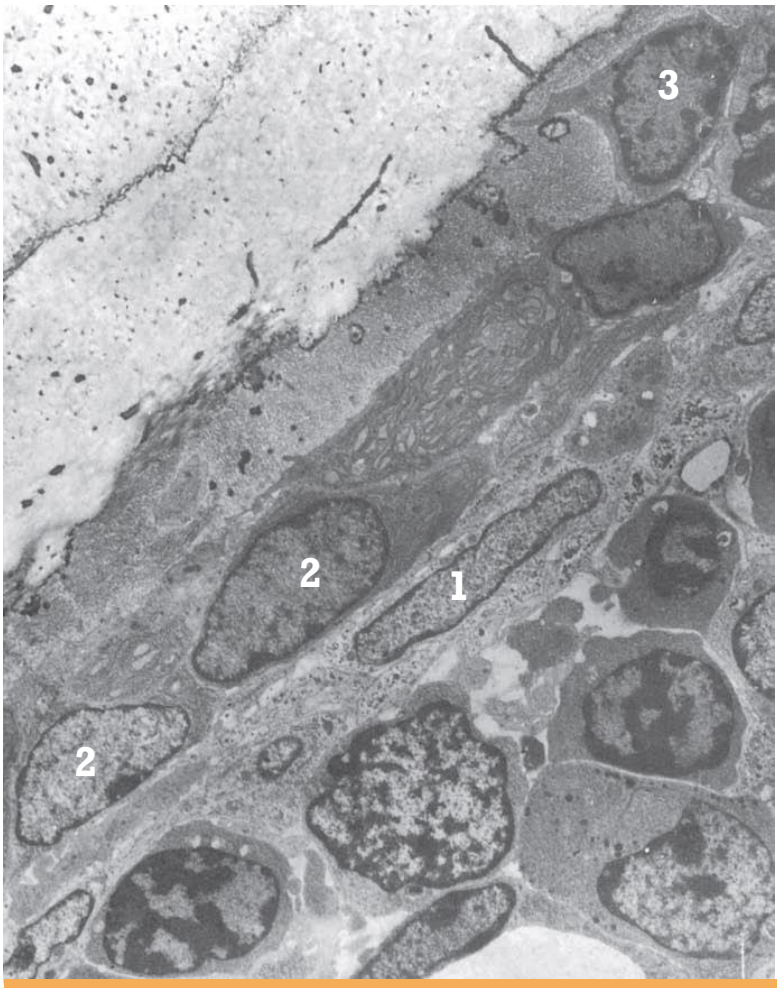
ميزتها: حين الحاجة، تستعيد نشاطها ويزداد حجمها وعددها وتنتج المادة العضوية للنسيج العظمي وتعود لخلية مصورة للعظم نشيطة.

٣- الخلايا العظمية Osteocytes:

أصلها: هي بانيات عظم ولكن محصورة في مطرق متكلس، إذ تحاط بانيات العظم بشكل تدريجي بمفرزاتها وتصبح خلايا عظمية تتوضع ضمن حفيرات تدعى **جوبات.**

مراحل تشكلها: أثناء تحول بانيات العظم الى خلايا عظمية تمتد منها استطالات هيولية طويلة تطوق بمطرق متكلس. تشغل الخلايا العظمية واستطالاتها جوبات متكلسة، تتصل الاستطالات الهيولية للخلايا العظمية المتجاورة بارتباطات فضوية تنتقل من خلالها الجزيئات من خلية إلى أخرى. يؤمن تبادل الجزيئات من خلال الارتباطات الفضوية مدد غذائي لسلسلة مكونة من حوالي ١٥ خلية.

فرقها عن الخلايا البانية: بالمقارنة مع بانيات العظم تبدو الخلايا العظمية مسطحة ولها شكل لوزي فيها القليل من الشبكة الهيولية الخشنة وجهاز غولجي.



صورة بالمجهر الالكتروني: ١- الخلايا المولدة العظمية، ٢- بانيات العظم، ٣- الخلايا العظمية.

تحافظ الخلايا العظمية على المطرق العظمي ويؤدي موتها إلى ارتشافه.

وظائفها: إضافة إلى الوظيفة الاستقلابية والمحافظة على استتباب الكالسيوم. تعمل الخلايا العظمية كحساس ميكانيكي إذ تستجيب للإجهادات الميكانيكية وتحفز على تشكل العظم وهذا يظهر واضحاً عند المقارنة مع الأشخاص طريحي الفراش ورواد الفضاء الذين يعانون من نقص في تشكل العظم نظراً لغياب الإجهادات الميكانيكية (الرياضة).

عمرها: يقدر عمر الخلايا العظمية (١٠ - ٢٠) سنة، ويزداد عددها من 1٪ عند الولادة الى ٧٥٪ في عقد الثمانينات.

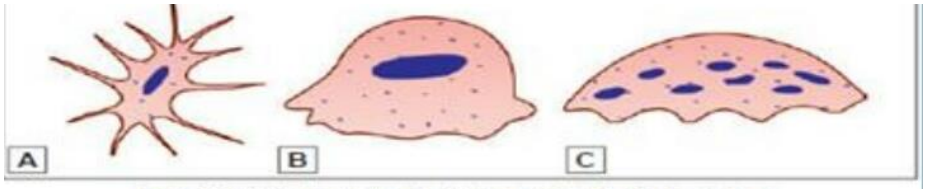
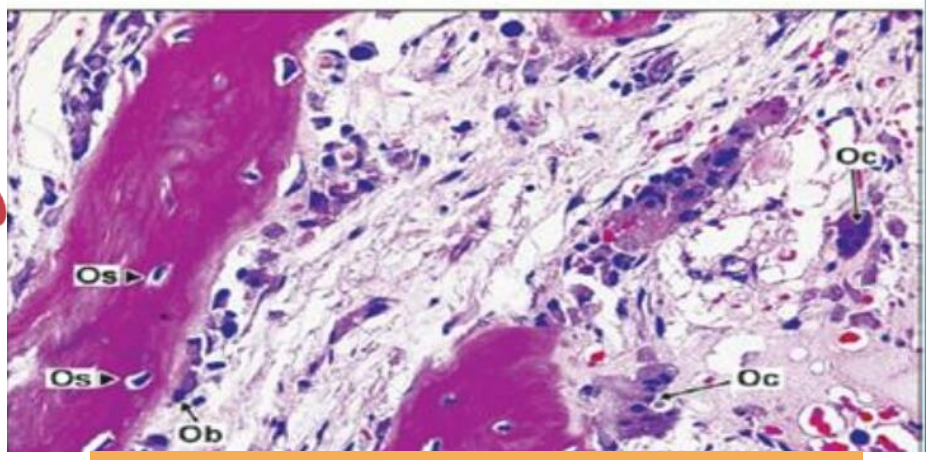


Fig. 7.3: Bone cells. A. Osteocyte; B. Osteoblast; C. Osteoclast (Schematic representation)



شكل يوضح أشكال الخلايا العظمية

٤- الخلايا الكاسرة للعظم Osteoclasts:

شكلها: خلايا كبيرة متعددة النوى تعد من الخلايا البالعة.

منشؤها: هي خلايا ذات منشأ دموي حيث تنشأ من البالعات الكبيرة (الوحيدات) وتقوم بخسف الأملاح المعدنية وتحطيم القالب العضوي العظمي.

تهيؤها للعمل: لا تستطيع البالعات الكبيرة امتصاص النسيج العظمي لوحدها فتجتمع عدة خلايا بالعة مع بعضها وتتحد لتشكل خلية كبيرة.

أماكن توضعها: تتوضع كاسرات العظم في المناطق التي يحصل فيها ارتشاف عظمي في انخفاضات أو خبايا محفورة أنزيمياً تدعى **أخلجة ارتشافيه Resorption bays** (عرفت سابقاً جوبات هاوشيب **Lacunae Howship**).

سماتها الشكلية: يبلغ قطر الخلية الكاسرة ١٥٠ ميكرون، ويتراوح عدد أنوية هذه الخلايا بين (٢٠-٥٠) نواة.

آلية عمل الخلايا الكاسرة:

- تتحرض الخلايا الكاسرة للعظم في الالتهابات من قبل **العامل المحرض للخلايا الكاسرة للعظم**.
- سطح الخلية الكاسرة الذي يكون على تماس مع العظم القابل للامتصاص يكون مجعداً ويدعى (الحافة المجعدة) وذلك من أجل:

١. زيادة سطح التماس مع العظم.

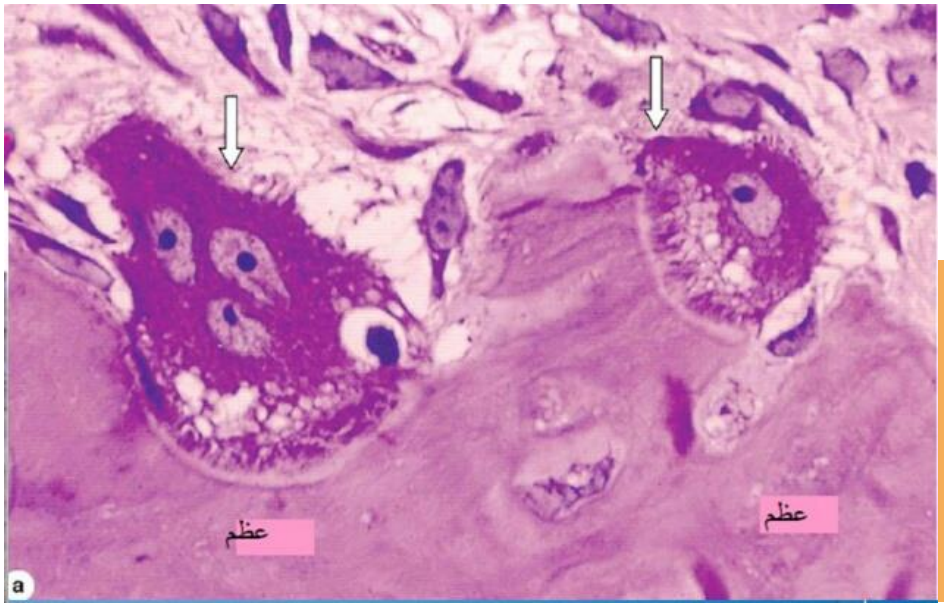
٢. إفراز كميات من الفوسفات الحامضية وشوارد الهدروجين لخسف الأملاح المعدنية وتفرز **الكولاجيناز** الذي يقوم بتخريب المادة العضوية للنسيج العظمي.

- بعد أن تنتهي الخلايا الكاسرة للعظم من عملها تخضع **للموت الخلوي المبرمج**.

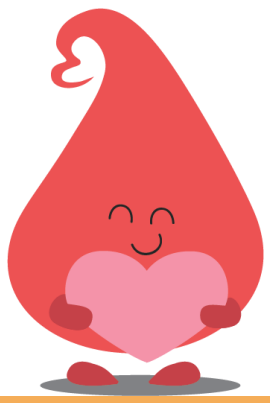
ملاحظة هامة

قد تكون الخلايا الكاسرة وظيفة أو غير وظيفية ونستطيع التمييز بينهما من خلال ما يأتي:

- الالتصاق بالعظم (إذا كانت ملتصقة بالعظم تكون وظيفية).
- إذا كانت النوى بعيدة عن جهة أو مكان العظم (أي تأخذ الوضعية القتالية) فتكون فعالة (وظيفية)، في حين إذا كانت النوى مبعثرة والخلية بعيدة قليلاً عن النسيج العظمي تكون غير فعالة(غير وظيفية).



مقطع مجهري لخليتين كاسرة للعظم(عند الأسهم) تقوم بهضم أو ارتشاف مطرق العظم في أخلجة ارتشافية في سطح المطرق.



صورة بالمجهر الالكتروني الماسح تبين خلية كاسرة للعظم

التطبيق الطبي:

تصخر العظم أو ما يسمى بالعظام المرمرية: مرض وراثي، سببه غياب الحواف المسننة (الحافة المجعدة) لكاسرات العظم وخلل في ارتشاف العظم.

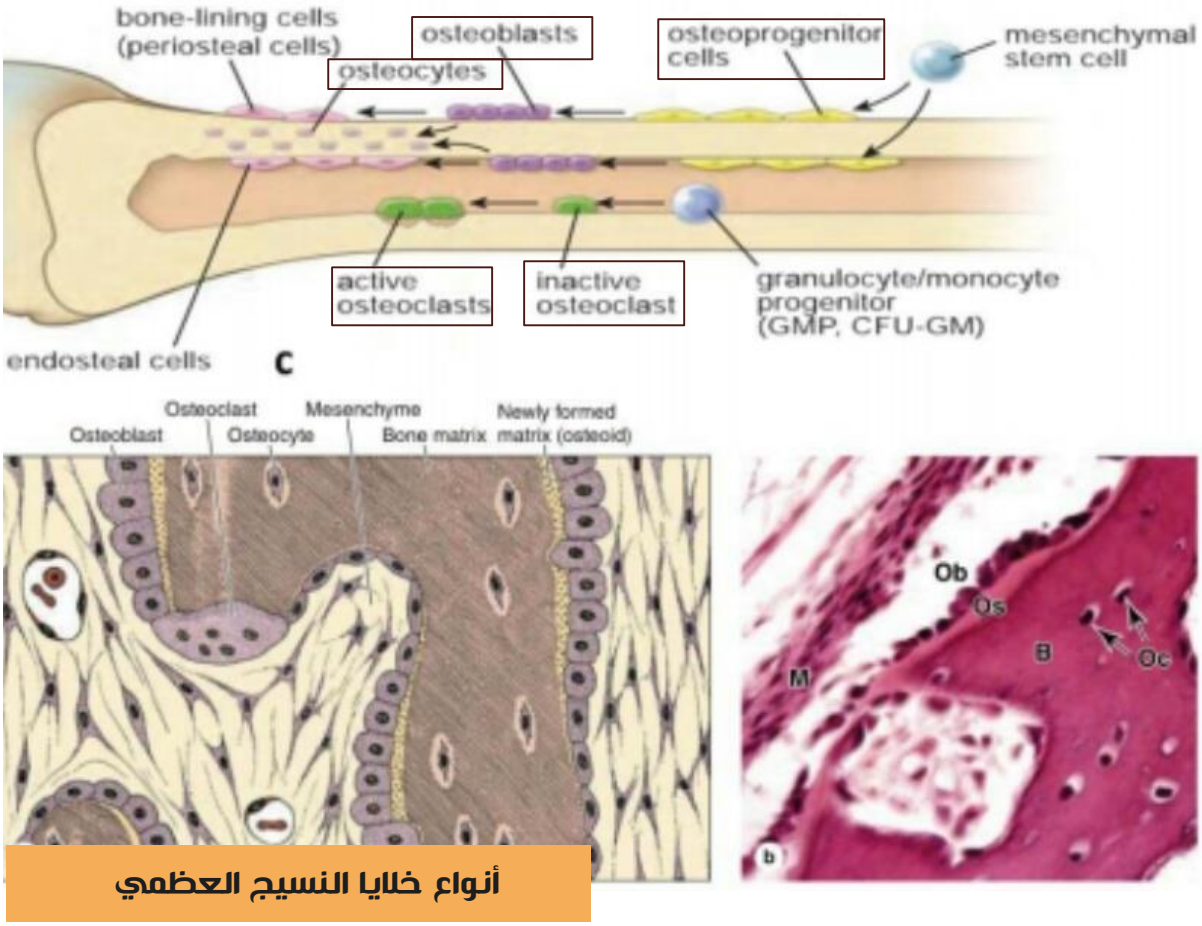
ملاحظات عامة:

- يمكن التمييز بين الخلايا (المولدة والمصورة البانية والعظمية) من خلال شكلها وموقعها بالنسبة للنسيج العظمي ومن خلال ملونات خاصة.
- بالنسبة لعظم الأسنان، المينا لا يوجد فيه كولاجين أما العاج فيحوي كولاجين.
- الكالسيتونين (المفرز من الغدة الدرقية) يثبط عمل كاسرات العظم.
- سنويا يتبدل من (٥-١٠٪) من العظام عند البالغين (عدد العظام عند الإنسان ٢٠٦ تقريبا).

((جدول يوضح أنواع الخلايا العظمية والفروق فيما بينها))

(من حيث)	بانيات العظم	الخلايا العظمية	كاسرات العظم
التواجد	السطح العظمي.	جوبات وقنيات المطرق العظمي.	السطح العظمي في جوبات هاوشيب.
النسبة من إجمالي خلايا العظم	اقل من ٥٪	٩٥ ٪	أقل من ١٪
فترة حياتها	أسابيع (١٢ يوم وسطياً).	سنوات (من ١٠ - ٢٠ سنة وسطياً).	أيام (٣ أيام وسطياً).
الوظيفة	إنتاج مطرق العظم وتمعدن المطرق.	كحساس ميكانيكي للإجهادات والمحافظة على المطرق العظمي وتنظيم استتباب الفوسفور والكلس.	ارتشاف العظم بالأنزيمات، وحلمهة مطرق العظم.
الصفات الشكلية	مكعبة أو مسطحة، تحتوي نواة واحدة،	صغيرة بيضاوية الشكل، نواة واحدة، هيولى شاحبة، واستطالات طويلة.	كبيرة الحجم متعددة النوى، هيولى محبة للحمض (أيوزينية)، ذات حافة مجعدة.

	وهيولى محبة للأساس.		
الخلايا السليفة	خلايا مولدة العظم	بانيات العظم	الوحيدات



أنواع خلايا النسيج العظمي

السمحاق

تعريفه: السمحاق هو النسيج الذي يغطي العظام أو يقوم بتبطينها، يوجد نمطان من السمحاق هما السمحاق الظاهر والسمحاق الباطن.

١- السمحاق الظاهر، يتألف من طبقتين:

طبقة خارجية: عبارة عن نسيج ضام ليفي غني بالألياف الغرائية والخلايا المصورة لليف. تخترق حزم كولاجينية مطرق العظم وتدعى (ألياف شاربي) لتقوم بربط سمحاق العظم بالعظم.

طبقة داخلية: غنية بالأوعية الدموية تكون أقل كثافة، تحتوي نوعين من الخلايا (ميزانشيمية والخلايا المولدة العظمية) لها القدرة على الانقسام والتمايز إلى بانيات العظم.

٢- السمحاق الباطن: يشبه الظاهر بالطبقة الداخلية منه فقط (يبطن التجاويف الكبيرة الداخلية للعظم و يتكون من طبقة واحدة رقيقة جداً من نسيج ضام يحتوي على خلايا مولدة للعظم وبانيات العظم).

((السمحاق الداخلي أرق بكثير من السمحاق الخارجي، وتتجلى **الوظائف** الرئيسية لكليهما بتغذية النسيج العظمي وتزويد العظم ببانيات العظم بشكل مستمر من أجل ترميم أو نمو العظم)).

تصنيف العظم

١ -عظم أولي: محبوك (غير ناضج).

٢ -عظم ثانوي: صفائحي (ناضج)، وله نوعان إسفنجي وكثيف.

العظم الأولي:

سماته:

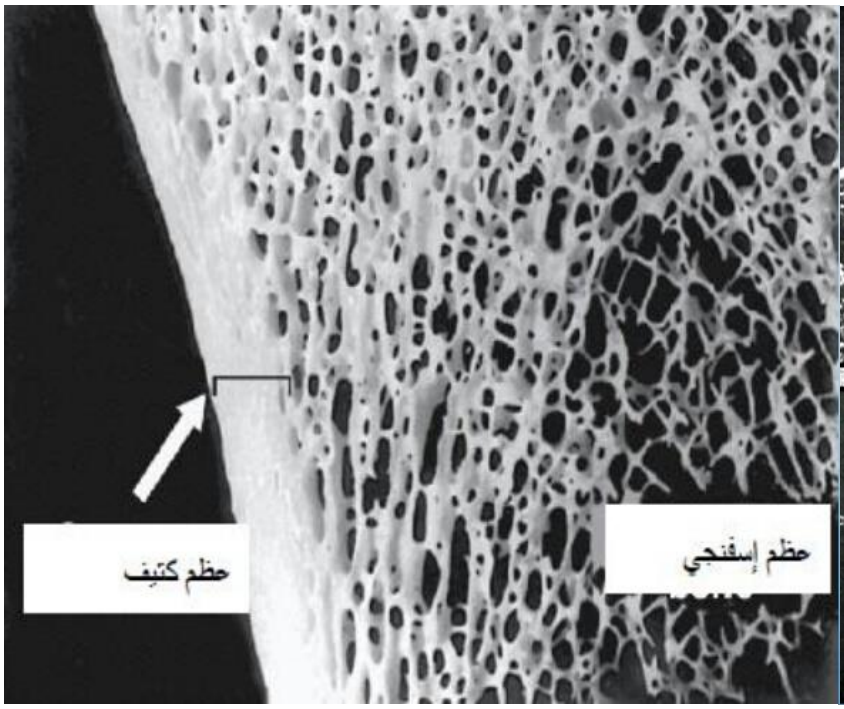
- الكولاجين المتواجد في المطرق قليل وغير منتظم.
- يحوي نسبة عالية من الخلايا العظمية وبانيات العظم أكثر من الثانوي.
- ترسب المعادن فيه قليل.
- يتواجد في عظام الجنين النامية وأثناء ترميم الكسور (الدشبذ القاسي).

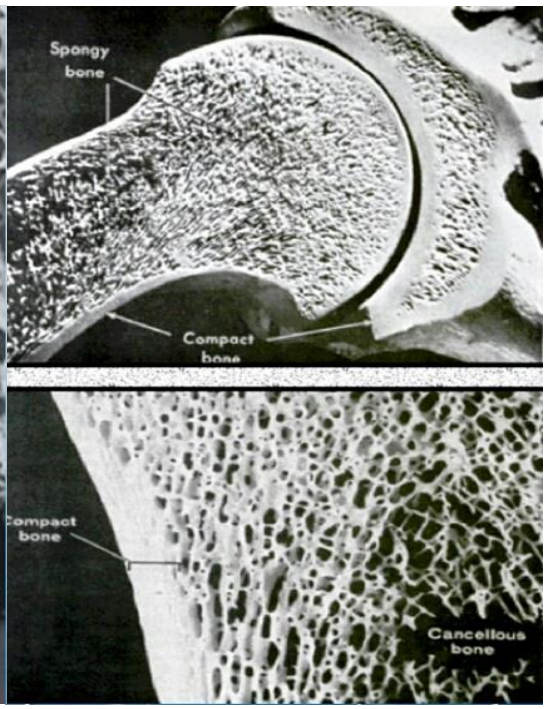
العظم الثانوي:

سماته:

- يتواجد عادة في البالغين ويتميز بوجود طبقات متعددة من مطرق متكلس، سماكة كل طبقة منها ٣ – ٧ ميكرون، غالباً ما يطلق عليه العظم الصفائحي.
- توجد صفائح متحدة المركز ضمن النسيج العظمي الثانوي، هذه الصفائح مكونة من كولاجين وخلايا عظمية توجد ضمن حفر المطرق المتكلس.
- **يكون العظم الثانوي منتظم أو غير منتظم:**

- **<u>الغير منتظم هو العظم الإسفنجي (الترابيقي):</u>** لا يوجد فيه قناة في الوسط مثل قناة العظمون تغيب فيه الصفائح متحدة المركز أو جملة هافرس .
- **<u>العظم الصفائحي المنتظم (الكثيف - القشري):</u>** يتكون من عظمونات نلاحظ وجود ثقوب بداخلها تمثل قنوات العظمونات.



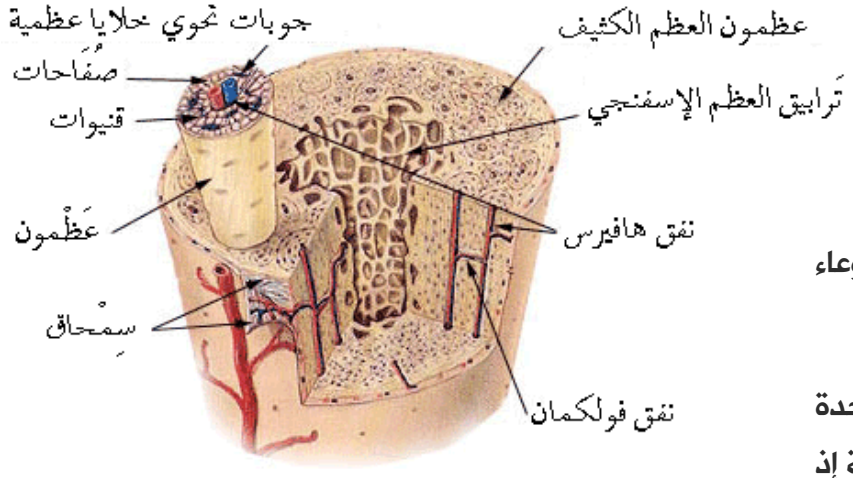


ما هو العظمون ؟؟

إن الوحدة الأساسية في العظم الكثيف هي الاستيون **Osteon** (العظمون) كان يطلق عليها سابقاً **<u>جملة هافرس</u>**، يتكون من قناة مركزية و(٤ - ١٠) صفائح متحدة المركز منتظمة، وبشكل تفصيلي:

- ✓ يتكون من قناة تحوي على وريد وشريان وعصب ووعاء لمفاوي.
- ✓ تبطن القناة بسمحاق داخلي، وتحاط بصفائح متحدة المركز من الكولاجين تنغرس فيه الخلايا العظمية إذ تتوضع بين الصفائح ضمن المطرق المتكلس.

العظم المكتنز والإسفنجي



✓ تصطف في كل صفيحة عظمية الألياف الكولاجينة من نمط (I) بشكل موازي وتسلك مسار حلزوني. ميل الحلزون مختلف في الصفائح العظمية المختلفة، لذا الألياف الكولاجينية في أي صفيحة عظمية متقاطعة مع الصفائح المجاورة بزوايا قائمة تقريباً في أي نقطة من النقاط.

✓ إن الانتظام الخاص للألياف الكولاجينة في الصفائح العظمية المتتالية في كل عظمون مهم للغاية لمنح العظم الثانوي قوة كبيرة، ولهذا يستطيع الفيل تحمل وزنه.

البنية النسيجية للعظم الكثيف

نلاحظ ضمنه وجود ثلاثة أنواع من الصفائح العظمية:

- **صفائح محيطية خارجية:** تتوضع أسفل الطبقة المولدة (الداخلية) للسمحاق الخارجي.
- **صفائح محيطية داخلية:** تتوضع الصفائح المحيطية الداخلية حول تجويف نقي العظم.

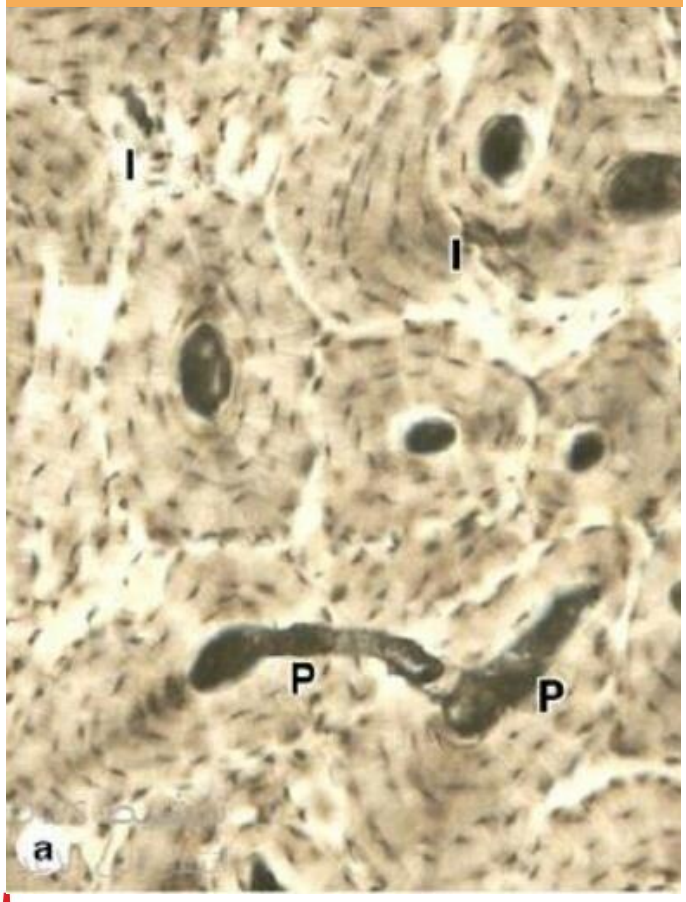
لكن هذه الصفائح غير موجودة في الإنسان بينما موجودة في الكائنات الحية الأخرى.

- **صفائح مركزية التوضع أي العظمونات osteons (جمل/منظومات هافرس):** تشبه اسطوانات طويلة موازية للمحور الطولي لجسم العظم، والعظمون يحوي قناة صغيرة حولها دوائر متحدة المركز، كل دائرة تحتوي على طبقة من الالياف الكولاجينية، يترسب الكالسيوم بين وحول الليفات وفي الفراغات.

تتوضع مكوناته وتتواصل مع بعضها بالشكل التالي:

- توجد قناة مركزية تُبطن بسمحاق داخلي وتحتوي على وريد وشريان وعصب ووعاء لمفاوي.
- تتواصل الأقنية المركزية مع تجويف نقي العظم والسمحاق الخارجي بأقنية مستعرضة أو مائلة تدعى الأقنية الثاقبة (سابقاً كانت تدعى أقنية فولكمان Volkman canals).
- تكون الأقنية الثاقبة غير محاطة بصفائح عظمية متمركزة حولها ولكن تخترق الصفائح.
- تنشأ الأقنية العظمية والثاقبة نتيجة لتشكل مطرق حول الأوعية الدموية المتواجدة مسبقاً في النسيج.
- حول القناة نجد صفائح عظمية عددها ٤- ١٠ قناة مركزية التوضع.

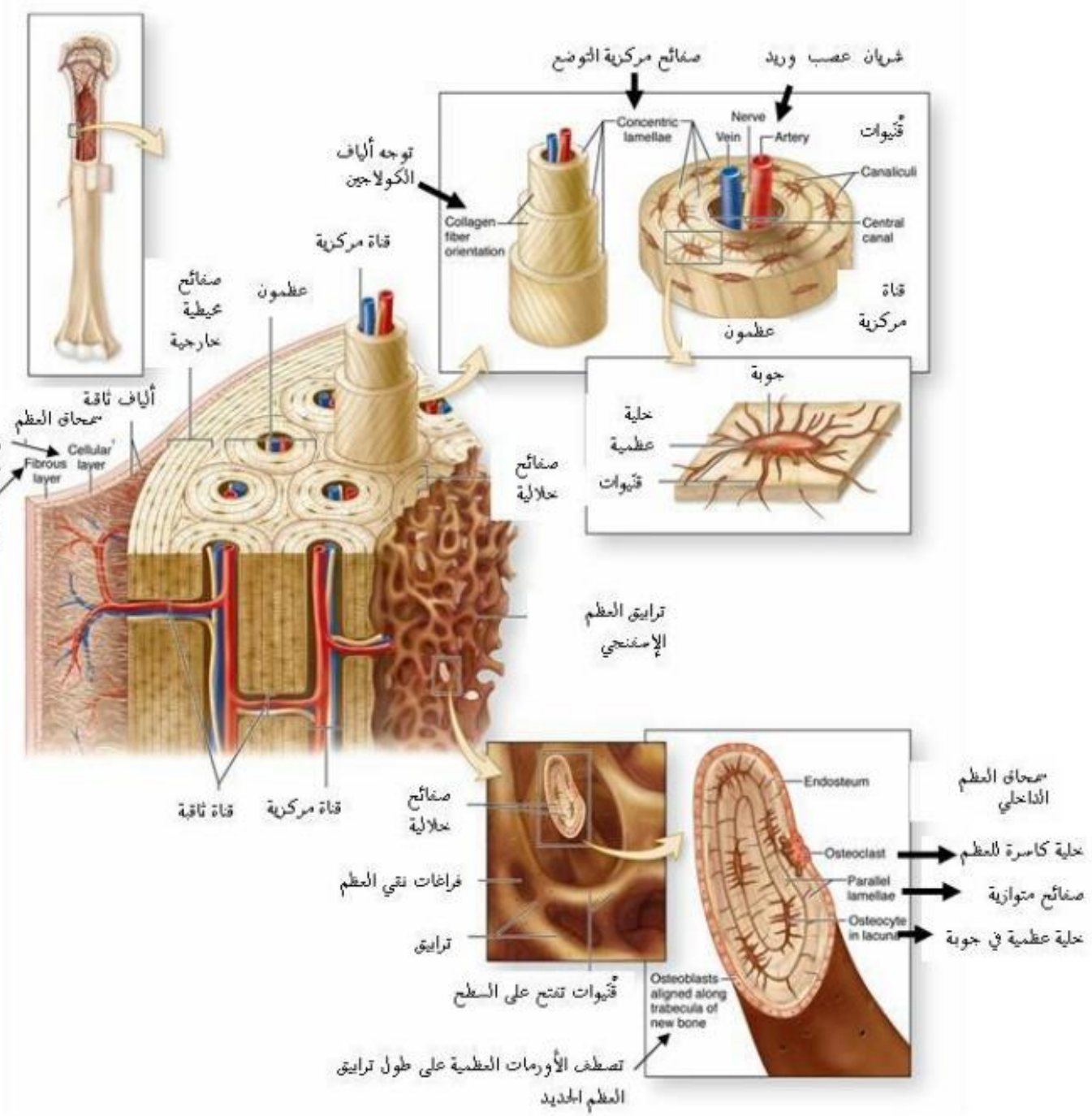
البنية النسيجية للعظم الكثيف



- تتصل الخلايا العظمية مع بعضها بواسطة قُنيات تسمح للخلايا بأن تكون على تماس مع مصدر المواد الغذائية والأوكسجين في القناة العظمية.

ملاحظة: الصفيحة العظمية مكونة من طبقات من حزم الكولاجين نمط (I) تتوضع بينها الخلايا العظمية في جوبات (حفيرات).

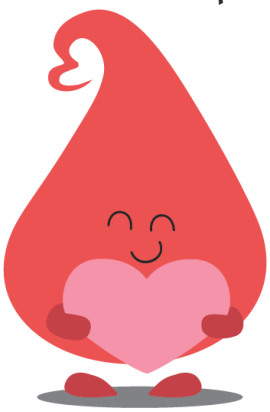
ملاحظة



البنية النسيجية للعظم الإسفنجي

- مكون من ترابيق عظمية (حجب عظمية) تتشعب وتتفاغر مع بعضها تحيط بفراغات غير منتظمة من نقي العظم.
- تظهر الترابيق مكونة من صفائح متوازية من مطرق عظمي وخلايا عظمية موجودة في جوبات بين هذه الصفائح.
- تغطى هذه الترابيق او الحجب العظمية من الخارج بسمحاق داخلي وعائي يحتوي على خلايا مولدة وبانيات عظم وكاسرات عظم.

مقطع في عظم اسفنجي



تكون العظم Osteogenesis

- يتشكل العظم بإحدى الطريقتين الآتيتين:
  - تعظم داخل غشائي.
  - تعظم داخل غضروفي.
- يبدو النسيج العظمي في كلا الآليتين في البداية كنسيج عظمي أولي أو محبوك وسرعان ما يُستبدل النسيج المؤقت بنسيج عظمي صفائحي ثانوي، حيث تظهر مناطق من نسيج عظمي أولي ومناطق من نسيج عظمي مُرتشف ومناطق من نسيج عظمي ثانوي جنباً إلى جنباً.

التعظم داخل الغشائي Intra-membranous ossification

يحدث نتيجة تمايز بانيات العظم من النسيج الضام المتوسطي بشكل مباشر والبدء بإفراز نسيج عظماني.

- **سبب التسمية:** يعزى تسميته بهذا الاسم كونه يحدث ضمن تكثفات في النسيج المتوسطي الجنيني.

- **العظام التي تتشكل بهذه الطريقة:** تتشكل **معظم العظام المسطحة** عن طريق التعظم الغشائي كالعظم الجبهي والجداري وأجزاء من العظم القذالي والصدغي والفك السفلي والعلوي.

مراحل التعظم داخل الغشائي:

١) تبدأ عملية التعظم داخل الغشائي عندما تتكثف الخلايا المتوسطية في النسيج المتوسطي وتتمايز مجموعات من الخلايا المتوسطية إلى بانيات العظم تنتج نسيج عظماني.

٢) تشكل جزر من النسيج العظماني يعد نقاط بداية للتعظم داخل الغشائي وتدعى هذه الجزر **بمراكز التعظم** Ossification centre.

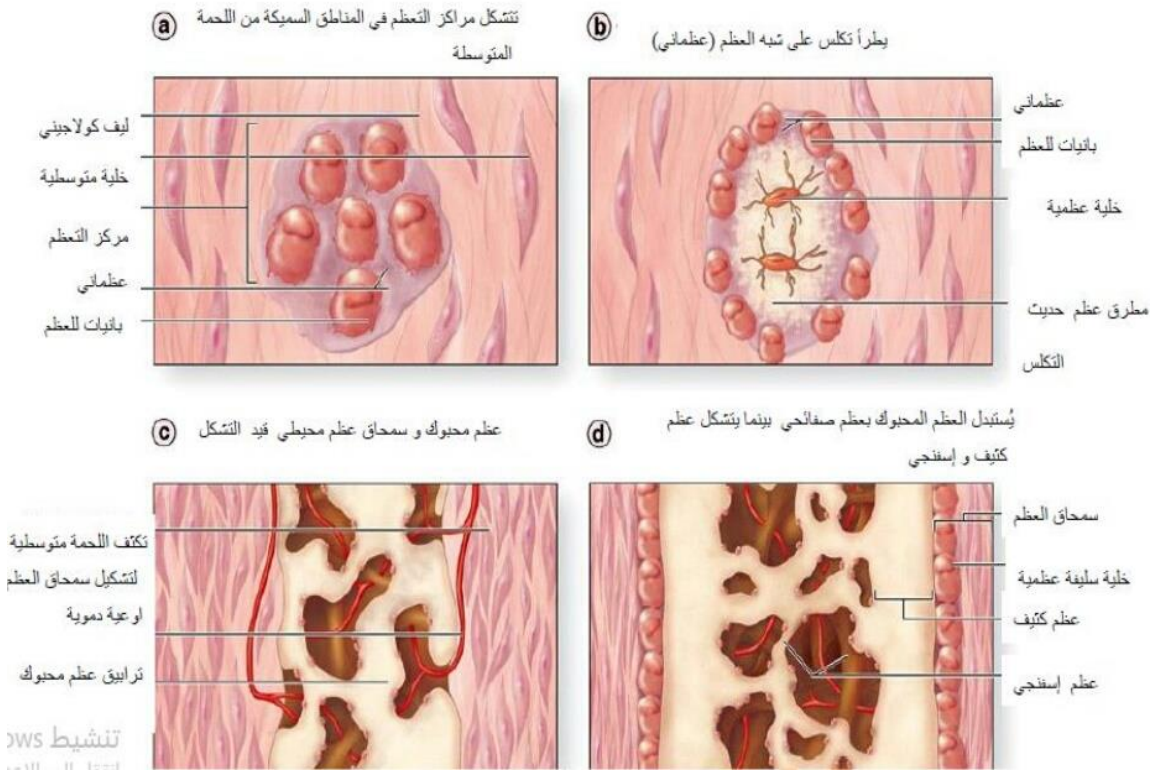
٣) فيما بعد يتكلس النسيج العظماني مؤدياً إلى تشكل محافظ حول بعض بانيات العظم وعندئذ تتحول هذه الخلايا إلى خلايا عظمية.

٤) تتشكل ضمن الجزر تجاويف تنشأ بشكل تلقائي في مراكز التعظم ويؤدي التحام جدرانها مع بعضها البعض إلى إعطاء بنية إسفنجية للعظم. تحتوي هذه التجاويف على شعيرات دموية وخلايا نقي عظم وخلايا غير متمايزة.

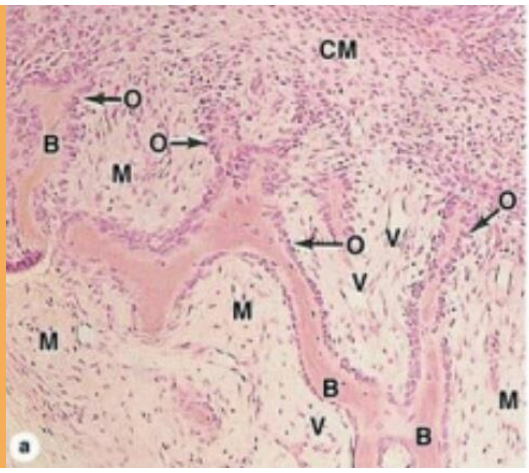
٥) تخترق النسيج الضام المتبقي بين جدران العظم الإسفنجي أوعية دموية نامية وخلايا متوسطية غير متمايزة لتعطي خلايا نقي العظم.

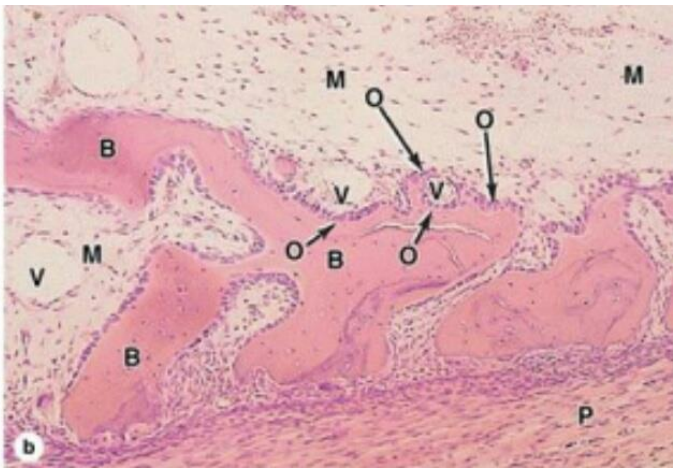
٦) تنمو مراكز التعظم داخل الغشائي بشكل شعاعي وفي النهاية تلتحم مع بعضها وتستبدل النسيج الضام الأصلي.

ملاحظة: عند حديثي الولادة، تبقى بعض المناطق في النسيج الضام غير متكلسة كعظم اليافوخ أو "البقع الرخوة".



التعظم داخل الغشائي

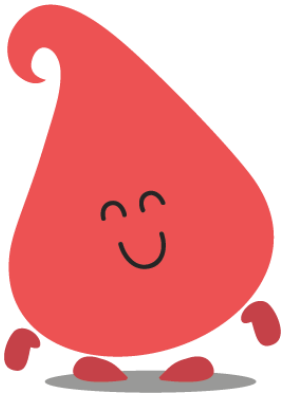




مقطع في عظم الفك لجنين في مرحلة تعظم داخل غشائي

فيديو يوضح التعظم داخل الغشائي

شوفوه بيساعدكن كتير



التعظم داخل الغضروفي Endochondral ossification

يحدث نتيجة تآكل مطرق الغضروف المتواجد مسبقاً واستبداله ببانيات العظم التي تنتج نسيج عظماني.

- **العظام المتشكلة بهذه الطريقة:** هذا النوع من التعظم يعد مسؤولاً بشكل أساسي عن تشكل العظام الطويلة والقصيرة.
- **سبب التسمية:** تعزى تسميته بهذه التسمية لكونه يحدث ضمن قطعة في الغضروف الزجاجي.

مراحل التعظم داخل الغضروفي:

١- يظهر في البداية، نسيج عظمي أولي على شكل طوق يحيط بنموذج الغضروف يدعى **طوق عظمي** Bone collar نتيجة نشاط بانيات العظم المتوضعة في سمحاق الغضروف.

٢- يعرقل طوق العظم بعد تشكله انتشار الأوكسجين والمواد الغذائية الى الغضروف التحتي مما يؤدي الى ظهور تغيرات تنكسية في الغضروف.

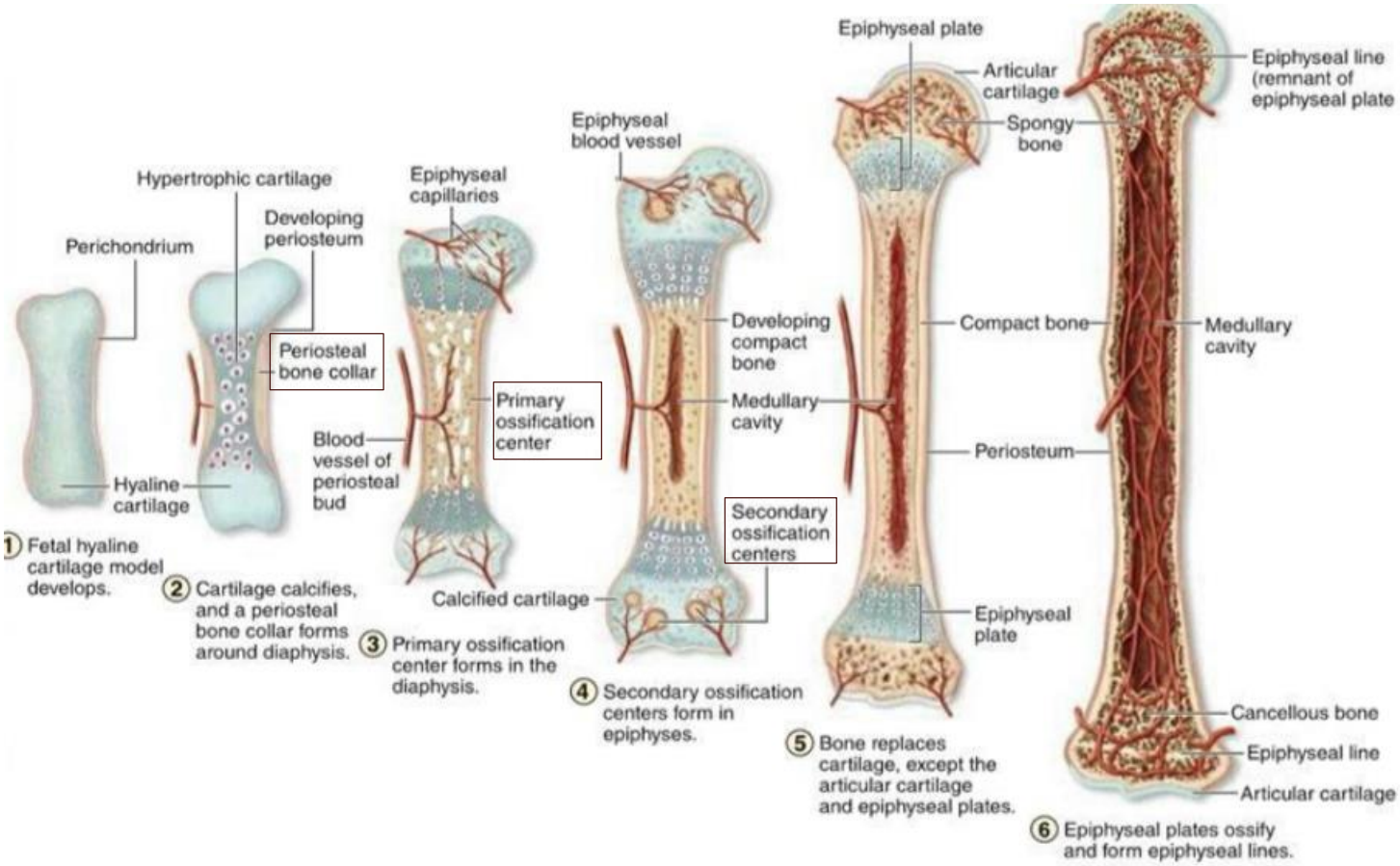
٣- تبدأ الخلايا الغضروفية بعدها بإفراز أنزيم الفوسفاتاز القلوي وتتضخم مما يؤدي الى زيادة حجم جوباتها. تؤدي هذه التغيرات التنكسية في الغضروف إلى انضغاط المطرق على شكل ترابيق تتكلس فيما بعد.

٤- يؤدي موت الخلايا الغضروفية إلى تشكل بنية إسفنجية من بقايا مطرق الغضروف المتكلس.

٥- تخترق الأوعية الدموية الموجودة في سمحاق الغضروف السابق والذي أصبح الآن سمحاق العظم طوق العظم الذي تم تثقيبه مسبقاً بكاسرات العظم، حاملاً معه خلايا مولدة للعظم إلى المنطقة الإسفنجية المركزية.

٦- تلتصق بانيات العظم بعد ذلك بالمطرق الغضروفي المتكلس وتشكل طبقات مستمرة من عظم أولي يحيط ببقايا المطرق الغضروفي. في هذه المرحلة يبدو الغضروف المتكلس **قاعدي التلون** والعظم الأولي **آيوزيني التلون**.

٧- يتشكل في جسم العظم في هذه العملية **مركز تعظم أولي primary ossification center** مكون من عظم أولي يمتد على كامل جسم العظم فقط بدون المشاشات.



▼ Growth and ossification of long bones (humerus, midfrontal section).

فيديو يوضح التعظم داخل الغضروفي

- **يمكننا تتبع مراحل التعظم لدى الإنسان طول فترة الحياة بتقسيمها لفترتين:**

من الأسبوع الثامن الجنيني حتى الولادة:	ما بعد الولادة الى عمر (٨ أشهر ١,٥ سنة):
▪ يبدأ التعظم مبكراً من الأسبوع ٨ (كما في الزند والكعبرة والفخذ والظنبوب) وقد يتأخر الى ماقبل الولادة (كما في عظام العصعص).	▪ تتشكل مراكز تعظم ثانوية في مشاشات العظام القصيرة.
▪ قبل الولادة بأسبوعين تقريباً تبدأ **مراكز تعظم ثانوية secondary ossification center** في النهايات المنتفخة لنموذج الغضروف (المشاشات في المستقبل) وتتطور بنفس طريقة التعظم الأولي.	▪ تعظم مشاشات جميع العظام.
▪ يولد الطفل وجميع أجسام عظامه الكبيرة والصغيرة وفقراته وعظامه المسطحة مكونة من **عظم أولي (لا صفائحي)** خفيف التكلس كثيرة الخلايا وتوزع عشوائي للكولاجين أما المشاشات فتكون مكونة من **نسيج غضروفي** وفي وسطها مراكز تعظم ثانوية في العظام الكبيرة، أما في العظام القصيرة تتشكل مراكز التعظم الثانوية بعد الولادة.	▪ بعد ذلك يبدأ الطفل بالزحف (الحبو **crawling**) ونتيجة لممارسة الإجهادات الميكانيكية أثناء الزحف يتم ارتشاف النسيج العظمي الأولي من العظام ويعاد بناؤها من جديد وتستبدل بعظام صفائحية (عظم اسفنجي وكثيف) وعندها يبدأ الطفل بالمشي.

يكتمل استبدال النسيج العظمي الأولي في الجسم في جميع عظام الجسم بعد ٤- ٥ سنوات من الولادة

ملاحظة

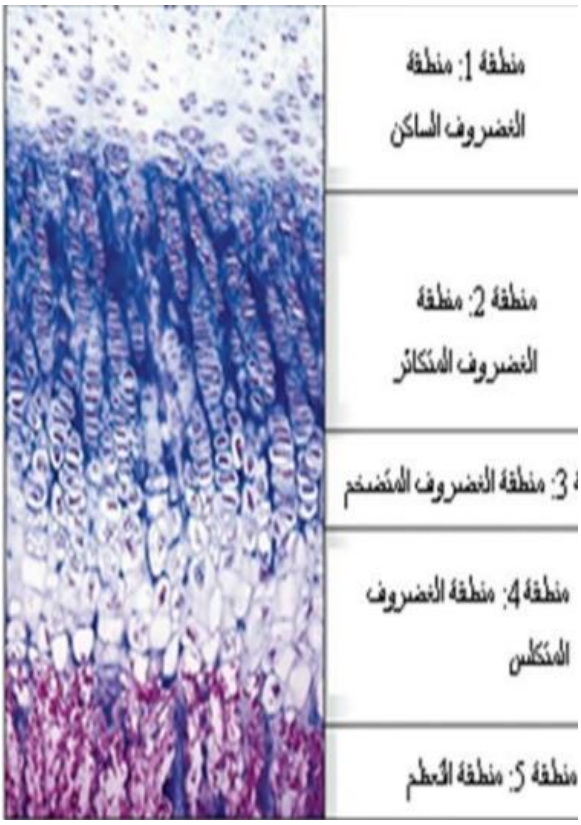
يبقى الغضروف في مراكز التعظم الثانوية في منطقتين:

- الغضروف المفصلي cartilage Articular: يستمر الغضروف طول فترة الحياة عند البالغين ولا يساهم في نمو الطولي للعظم.
- الغضروف المشاشي أو الصفيحة المشاشية أو صفيحة النمو Epiphyseal Cartilage أو Epiphyseal plate.

الصفيحة المشاشية (الغضروف المشاشي أو صفيحة النمو) وآلية النمو الطولي للعظم:

- تربط كل مشاشة بجسم العظم ومسؤولة عن النمو الطولي للعظم، تختفي في البالغين ولهذا يتوقف نمو العظم عندهم.
- تختفي الصفائح المشاشية (إغلاق مشاشي) بفترات زمنية مختلفة في العظام المختلفة ويكتمل في جميع العظام بعمر ٢٠ سنة.
- عند انغلاق المشاشات يستحيل نمو العظم طولياً ولكن قد يحدث نمو عرضي.

تقسم صفيحة الغضروف المشاشي إلى خمسة مناطق تبدأ من الطرف المشاشي:



١- منطقة سكون (راحة) Resting zone:

تتكون من غضروف زجاجي فيه خلايا غضروفية نموذجية.

٢- منطقة تكاثر Proliferative zone:

تبدأ الخلايا الغضروفية بالتكاثر بشكل سريع مشكلة أعمدة (حبال) من خلايا متراصة موازية للمحور الطولي للعظم.

٣- منطقة غضروف متضخم Zone Hypertrophic:

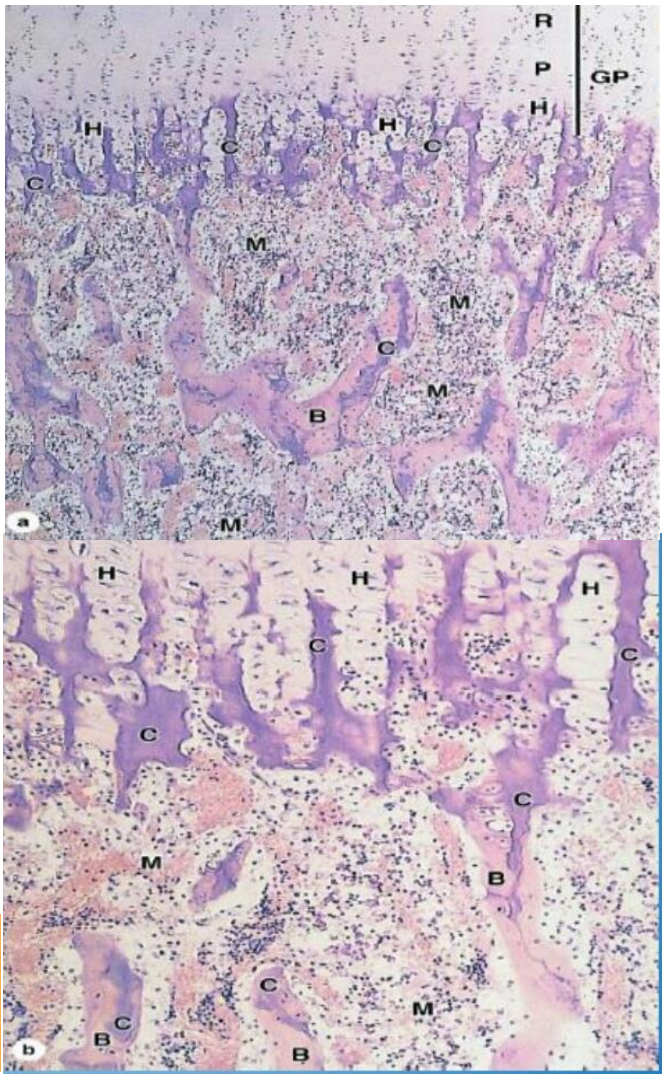
تحتوي هذه المنطقة على خلايا غضروفية كبيرة الحجم تحتوي هيولاها على غليكوجين متراكم، يسبب تضخم الغضروف انضغاط المطرق إلى حواجز ترابيقية رقيقة بين الخلايا الغضروفية.

٤- منطقة غضروف متكلس Calcified cartilage zone :

تتشرب المادة الأساسية للمطرق الغضروفي أملاح الكالسيوم فتتكلس وتموت الخلايا الغضروفية لأنها لم تعد تتلقى الغذاء.

٥- منطقة تعظم Ossification zone:

- تغزو شعيرات دموية وخلايا مولدة للعظم التي تنشأ من سمحاق العظم الخارجي التجاويف التي خلفتها (تركتها) الخلايا الغضروفية الميتة، تندمج العديد من هذه التجاويف وتشكل تجاويف نقي العظم.
- تتمايز الخلايا المولدة للعظم لخلايا بانية للعظم تتوضع في طبقة فوق الحواجز المتكلسة للمطرق الغضروفي.
- تفرز بانيات العظم نسيج عظماني (نسيج عظمي غير متكلس) فوق المطرق الغضروفي المتكلس مشكلةً عظم محبوك يتحول الى عظم ترابيقي وبدوره يتحول الى عظم كثيف.



صور مجهرية لخلايا ومطرق صفيحة النمو المشاشية

ملاحظة: من خلال الطب الشرعي أو الفحص بالأشعة السينية للهيكل العظمي يمكن تحديد عمر العظم Bone age لشخص فتي بمعرفة أي المشاشات مغلقة وأي منها مفتوحة.

خلاصة النمو الطولي للعظم:

❖ يحدث النمو الطولي في العظام الطويلة نتيجة تكاثر الخلايا الغضروفية في الصفيحة المشاشية المتاخمة لمشاشة العظم كمايلي:

- تتضخم الخلايا الغضروفية في الجانب المشاشي للصفيحة المشاشية.
- يتكلس مطرقها وبالنهاية تموت الخلايا الغضروفية لأنها لم تعد تتلقى الغذاء.
- تشكل بانيات العظم طبقة من عظم أولي في مطرق الغضروف المتكلس.
- **نظراً لتساوي معدل التكاثر والتنكس تقريباً فإن سماكة الصفيحة المشاشية لا تتغير** وبدلاً من ذلك تبتعد الصفيحة المشاشية عن منتصف جسم العظم مما يؤدي إلى نمو جسم العظم.

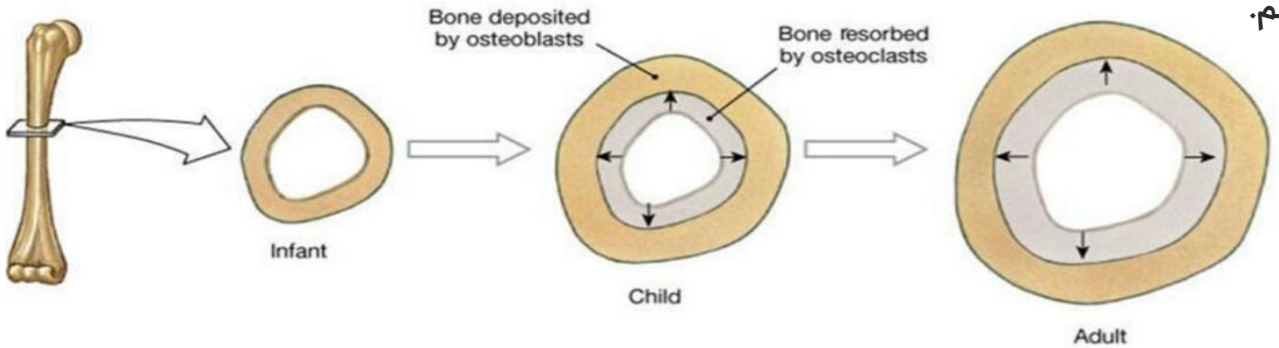
النمو العرضي أو المحيطي للعظم

- السمة المميزة لهذا النمو أنه **دائم:** ينمو العظم عرضياً على مدى الحياة ولا يتوقف بعد البلوغ ويعد النمو المصاقبي أو التراكمي **appositional growth** مسؤولاً عن النمو العرضي.
- مراحل النمو العرضي للعظام:

١- نتيجة الإجهادات الميكانيكية أو تنبيهات هرمونية أو عوامل نمو تتمايز الخلايا المولدة للعظم في سمحاق العظم الخارجي الى بانيات العظم والتي بدورها تساهم في تشكيل صفائح عظمية محيطية تتحول فيما بعد الى عظمونات جديدة مما يؤدي الى زيادة عرض وقطر العظم.

٢- يبدأ النمو العرضي في العظام الطويلة مبكراً في الحياة الجنينية عند تشكيل طوق عظمي أثناء التعظم داخل الغضروفي.

٣- يتزامن مع تشكل نسيج عظمي جديد تحت السمحاق الخارجي ارتشاف للعظم في سطح السمحاق الداخلي مما يؤدي الى زيادة في قطر تجويف نقي العظم نتيجة نشاط الكاسرات في السمحاق الداخلي وبالتالي لا يترافق ذلك مع زيادة في وزن العظم.



(b) Appositional growth and remodeling

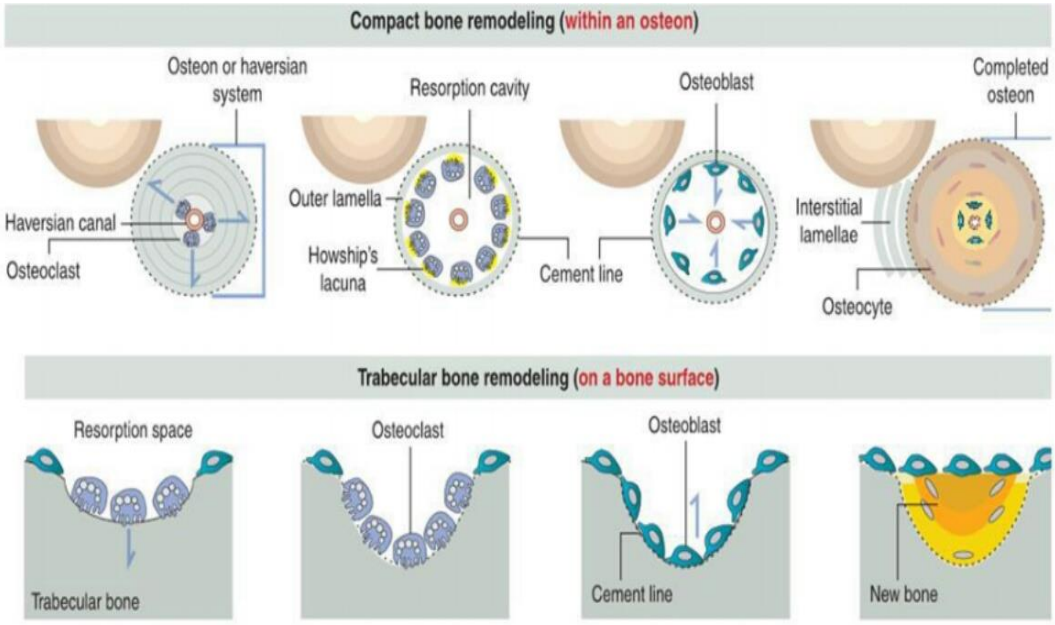
٤- يساهم النمو المصابقي(العرضي) في كل من التعظم الغشائي والداخل الغضروفي وبذلك يساهم في إعطاء العظام شكلها النهائي.

إعادة بناء العظم Bone Remodeling

مفهومه: إن عملية إعادة بناء العظم تستمر طول فترة الحياة، حيث تتضمن إعادة بناء العظم وحدات (ورشات) ارتشاف العظم و وحدات (ورشات) بناء العظم. فأثناء إعادة بناء العظم الكثيف يحصل ارتشاف لأجزاء من العظمونات القديمة أو التي تعاني من رضوض أو تصدعات أو تشققات مجهرية نتيجة الإجهادات الميكانيكية وتستبدل بعظمونات جديدة.

ملاحظات:

- يعاد بناء حوالي ٥-١٠٪ من العظم في كل عام عند البالغين.
- يستبدل العظم الكثيف كل عشر سنوات أما العظم الإسفنجي فيستبدل كل ٥ سنوات.
- إعادة بناء العظم في الأطفال اليافعين نشيطة جداً بمعدل ٢٠٠ مرة أسرع من معدل إعادة بناء العظم في البالغين.



شكل يوضح كيفية إعادة بناء العظم الكثيف والإسفنجي

نمذجة العظم (إعادة شكل العظم) bone modeling/reshaping

مفهومه: عملية يتم من خلالها تغير اجمالي في شكل العظم استجابة لتأثيرات فيزيولوجية أو قوى ميكانيكية مما يؤدي الى تكيف تدريجي للهيكل العظمي مع هذه القوى التي يواجها.

أشكاله وسبب حدوثه: عادة ما تزداد سماكة أو قطر او تغير في محور العظم أو ترسب نسيج عظمي جديد أو ارتشاف جزء من سطح العظم نتيجة نشاط بانيات او كاسرات العظم استجابة لقوى بيوميكانيكية.

التطبيق الطبي:

- يعد تبدل مواضع الأسنان في عظم الفك الناجمة عن الضغوط الجانبية لأجهزة التقويم السنية مثالاً نموذجياً على إعادة بناء وتكيف العظم. حيث يتشكل عظم جديد في الجانب الذي يتعرض للشد بينما يرتشف العظم في الجهة المقابلة التي يمارس عليها الضغط وبهذه الطريقة تتغير أماكن الأسنان ضمن عظم الفك أثناء إعادة بناء العظم.
- تسمح خاصية تكيف العظم استجابة لنمو الدماغ إلى تشكل جمجمة ذات حجم مناسب. إذا لم يتطور الدماغ بشكل كامل فسوف تكون الجمجمة صغيرة الحجم أو قد تكون أكبر من الحجم الطبيعي في الشخص الذي يعاني من موه الرأس (استسقاء الرأس). *

تجدد وترميم العظم المكسور bone renewing and repairing

- **سبب قابلية العظم للتجدد:** يمتلك العظم مقدرة كبيرة على الترميم والتجدد نظراً لاحتوائه على خلايا جذعية مُولدة في سمحاق العظم الداخلي والخارجي وغزارته بالتروية الدموية، إذ أن ترميم الكسور والإصابات العظمية الأخرى يتم بشكل فعال نتيجة نشاط الخلايا وعمليات إعادة بناء العظم.
- **شرط التجدد:** تملأ فراغات أو ثغرات العظم الناجمة عن العمل الجراحي بعظم جديد عند بقاء نسيج السمحاق الخارجي المجاور سليماً.
- **المدة التي يستغرقها:** يعاد بناء العظم بعد ترميم العظم المكسور وقد تستمر إعادة بنائه بشكل كامل من بعض أشهر الى سنوات حتى يعود العظم الى هيئته الأصلية قبل الكسر.

مراحل تجدد العظم:

١. يتكاثر سمحاق العظم الداخلي والخارجي في موضع الكسر بكثافة، ينتج عنه تشكل دُشْبُذ Callus هش يشبه الغضروف الليفي يحيط بالكسر ويغطي نهايتي العظم المكسور.

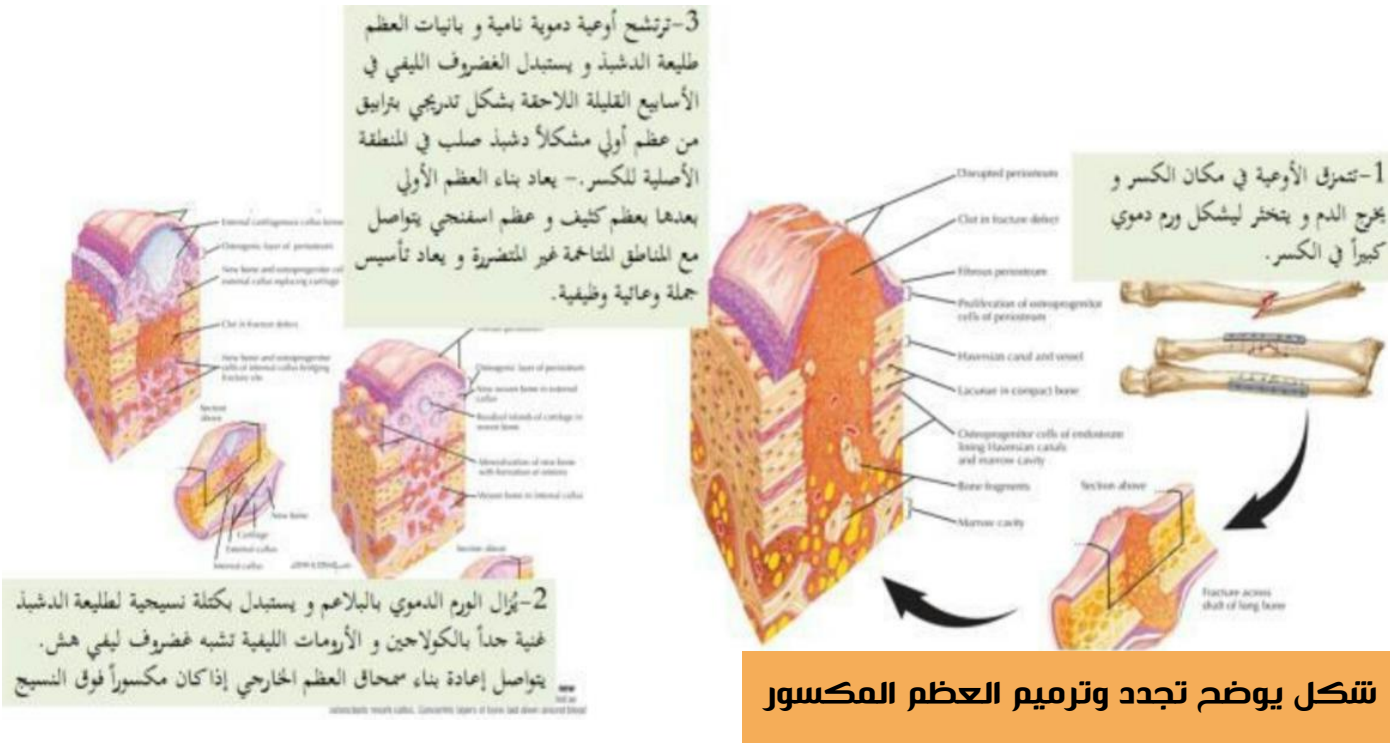
٢. يتشكل بعد ذلك نسيج عظمي أولي عن طريق التعظم داخل الغشائي وداخل الغضروفي.

٣. ينتج عن الترميم تشكل ترابيق غير منتظمة في العظم الأولي تعمل على دمج نهايتي العظم المكسور بشكل مؤقت مشكلة دشبذ عظمي صلب Bone callus.

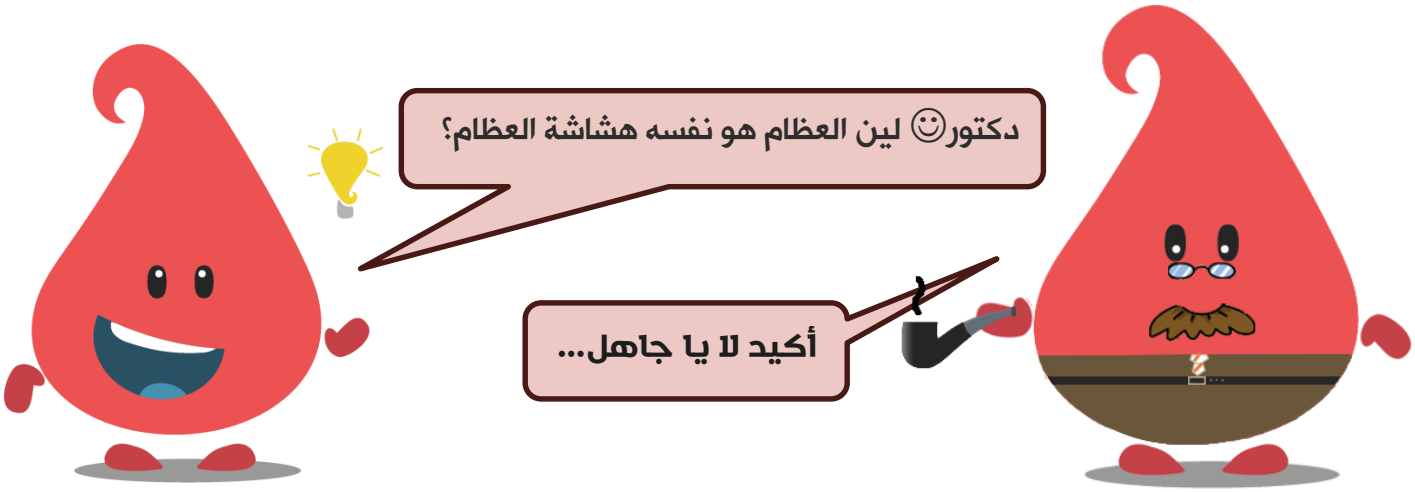
[1] موه الرأس: وهو اضطراب يتميز بتراكم غير طبيعي للسائل الدماغي الشوكي وتوسع بطينات الدماغ.

٤. يرتشف العظم الأولي بعد ذلك تدريجياً ويُستبدل بنسيج عظمي ثانوي.

٥. يعود العظم إلى بنيته الأصلية دون أن يترك ندبة بخلاف الأنسجة الضامة التي تترك ندبة.



شكل يوضح تجدد وترميم العظم المكسور



يجب عدم الخلط بين **لين العظم** و**هشاشة العظم Osteoporosis** فلين العظم يتميز بنقص كمية الكالسيوم في كل وحدة من مطرق العظم، بينما تتميز هشاشة العظم بعدم توازن إعادة بناء الهيكل العظمي.

أسباب هشاشة العظام: تظهر هشاشة العظم في المرضى عديمي الحركة وعند انقطاع الطمث في النساء وانخفاض مستويات الأستروجين حيث يطغى ارتشاف العظم على تشكله. لأن وظيفة الأستروجين تتمثل **بتثبيط** عملية تشكل وتمايز الكاسرات.

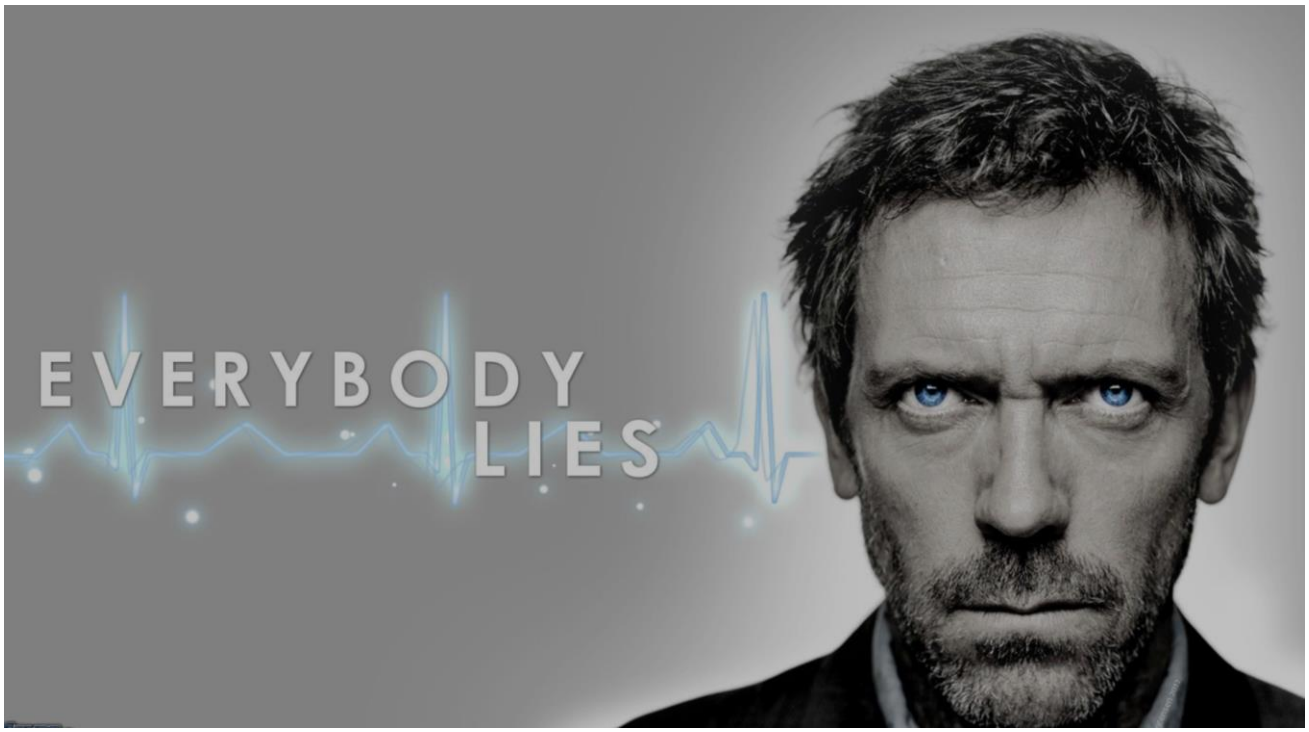
الهرمونان الأساسيان المؤثران في عملية تحرر الكالسيوم من بلورات هيدروكسي أبيتات:

١. **هرمون الباراثورمون:** يعمل هرمون جارات الدرق (الباراث هرمون) على رفع مستوى الكالسيوم المنخفض في الدم ويستهدف بانيات العظم إذ يثبط إفراز النسيج العظماني غير المتكلس ويحفزها على إفراز بروتين نظير صماوي يدعى العامل المنبه لكاسرات العظم الذي يعزز ارتشاف مطرق العظم و تحرير الكالسيوم.

٢. **هرمون الكالسيتونين:** يثبط هرمون الكالسيتونين **Calcitonin** المفرز من الخلايا المجاورة للجريبات في الغدة الدرقية كاسرات العظم مؤدياً إلى بطء ارتشاف المطرق وانخفاض مستويات الكالسيوم في الدم بشكل تدريجي.

ملاحظات عن عمليتي هدم وبناء العظام:

- يحدث في العظم عملية هدم (تنجزها الخلايا الكاسرة) وبناء (تنجزها الخلايا العظمية).
- نسبة البناء أكبر من نسبة الهدم حتى عمر العشرين سنة.
- نسبة البناء تساوي نسبة الهدم بين عمر العشرين والأربعين سنة.
- نسبة البناء أصغر من نسبة الهدم بعد سن الأربعين حيث تكون نسبة الإصابة بمرض هشاشة العظام أكبر.



الفرق بين العظم والغضروف

	العظم	الغضروف
التركيب	المطرق يحتوي على مركبات معدنية مثل فوسفات الكالسيوم بنسبة ٨٥٪ وكربونات الكالسيوم بنسبة ١٠٪ وكمية ٥٪ من المغنزيوم Mg.	المطرق يحتوي على مركبات كبريتية مثل كبريتات الكندروتين وكبريتات الكاراتان.
اتصال الخلايا مع بعضها البعض	تكون على تماس مباشر مع بعضها عبر قنينات دقيقة داخل المطرق.	ليس لها اتصال مع بعضها البعض.
التوعية	غزير بالأوعية الدموية.	لا يحتوي على اوعية دموية.
القدرة على الانقسام	لا تنقسم.	تنقسم.
نمط النمو	النمو العرضي يستمر مدى الحياة، والنمو الطولي يكون عن طريق صفيحة النمو (الغضروف المشاشي) ويتوقف عند البلوغ. *__* : "النمو الخلالي لايحدث في العظام."	النمو الخلالي (انقسام الخلايا) يتوقف عند البلوغ، والنمو العرضي يستمر مدى الحياة.
نوع السمحاق المحيط	يحاط بسمحاق ظاهري وسمحاق باطني.	فقط يحاط بسمحاق خارجي (ظاهري).