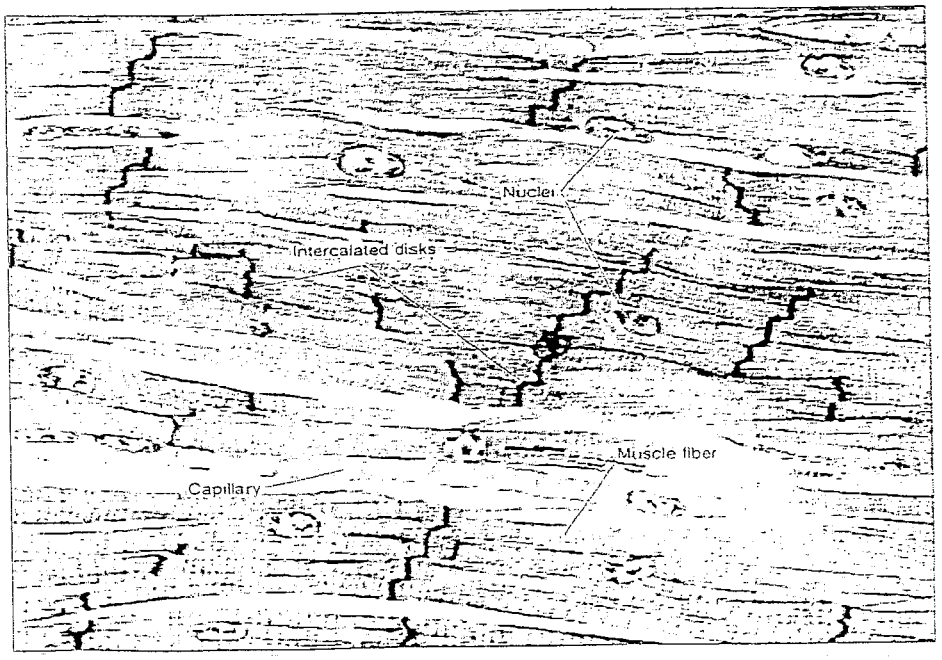
ب-خلايا بوركج : يتم فيها نقل التنبيه بسرعة 2-3 م / ثا بينما يتم في الخلايا العضلية القلبية العادية بسرعة 0.6 م/ ثا .

3- خلايا عضلية صمية Myoendocrine Cells : فقيرة بالليفات وتحتوي على العديد من الحويصلات الافرازية الكثيفة الكترونياً .

الخلايا العضلية القلبية Cardiac Muscle Cells (Cardyomyocytes) :

يبدأ القلب عمله في بداية الأسبوع الرابع من التطور الجنيني وبعدها بعدة أيام يبدأ الدم بالتجول في أوعية الجنين في الفترة التي لا يوجد فيها تعصيب للقلب .

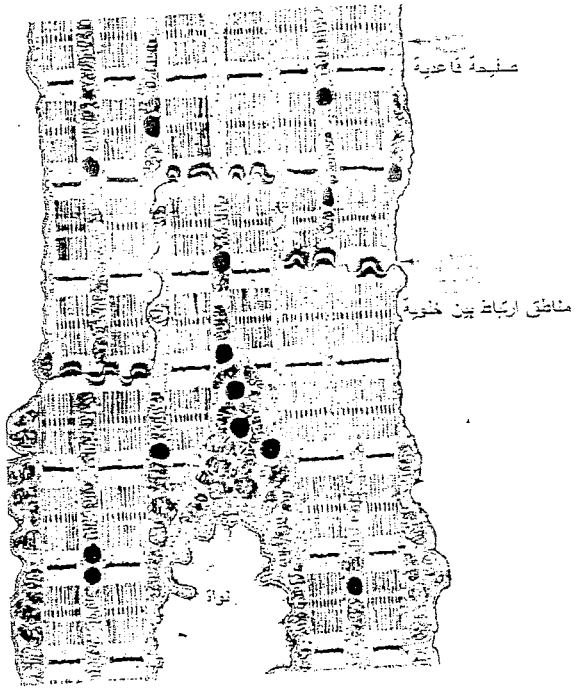
تظهر الخلايا تخطيطات عرضية مماثلة لما هي عليه في العضلات الهيكلية و لكن بعكس الألياف الهيكلية متعددة النوى فإن كل خلية قلبية تحتوي على نواة واحدة أو نواتين . النواة مركزية التوضع وهي بيضوية. الغلاف العضلي مماثل لما هو عليه في العضلات الهيكلية ويبدي انخماصات عرضية هي أنابيب T .



شكل ترسيمي لمقطع طولي في عضلة قلبية

يميزالخلايا العضلية القلبية وجود خط قاتم عرضي يعرف بالأقراص السلمية Intercalated Disks . يمثل هذا الخط معقدات تماسكية بين الخلايا العضلية .

وتحتوي الهيولى على العضيات الهيولية و المكتنفات .أما الليفات العضلية فتحتل أغلب أرجاء الخلية و تتكون من خيوط الأكتين و الميوزين التي تنتظم في وحدات عضلية مماثلة لما هي عليه في العضلات المخططة الهيكلية إلا أنها أقل انتظاماً في سيرها وغالباً ما تتفرع .



شكل ترسيمي يوضح البنية الالكترونية للخلية العضلية القلبية

تسير الليفات في المقاطع الطولية حول النواة , تحتوي الهيولى على العضيات الخلوية بالاضافة إلى بعض الحزم من الخيوط العضلية . تمتلك الخلايا العضلية أعداداً من المصورات الحيوية العضلية Sarcosomes تشكل أكثر من40% من حجم الخلية بينما لا تتجاوز 2% من حجمها في الألياف الهيكلية .

أما الثلاثيات Triads فليست شائعة في الخلايا العضلية القلبية لذا فإن من مميزات خلايا العضلة القلبية امتلاكها لما يسمى بالثنائيات Diads التي تتضمن أنبوب T وحوض من الشبكة الهيولية العضلية .

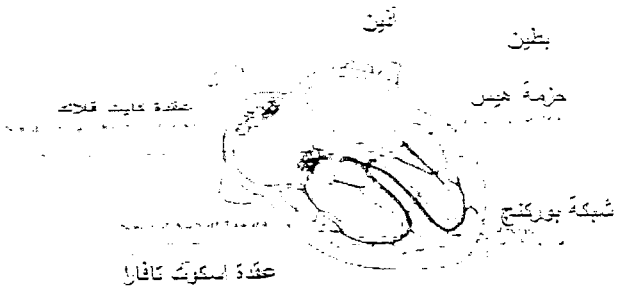
تحتوي الخلايا العضلية القلبية على الخضاب العضلي الذي يعطي اللون الأحمر المميز للعضلة القلبية بالاضافة إلى غزارة الدم الجار ضمن القلب . كما تحتوي الخلايا على الحموض الدسمة التي تدخل إليها بشكل بروتينات دسمة وتخزن بشكل غليسيريدات ثلاثية ضمن القطرات الدسمة وتعتبر عنصر الطاقة للقلب .

أما حبيبات الليبوفوشسين Lipofuscin تشاهد في الخلايا الكهلة (صبغة الكهول).

الخلايا العضلية التخصصية :

تتخصص في بدء التنشيط ونقله وهو مورثي Myogenic وتتضمن نموذجين هما :

- **خلايا عقدية Nodal Cells** : توجد في العقد الحبيبية الأذنية Sinoatrial Node أوعقدة كايث فلاك Keith and Flack التي تتوضع في مدخل الوريد الأجوف العلوي إلى الأذينة اليمنى وهي عقدة هلالية صغيرة 2× 6 ملم . كما توجد الخلايا العقدية أيضاً في العقد الأذينية البطينية Atrio Ventricule Node أو عقدة اسكوف تافارا Aschoff Tawara
- **خلايا بوركنج Purkinje . Cells** : توجد في فروع حزمة هيسHis ضمن الحزمة الأذينية البطينية Atrioventricule Bundle .



توعية وأعصاب العضلة القلبية :

تدخل فروع الشرايين الاكليلية ضمن العضلة القلبية وتسير بين الحزم العضلية وتنتهي بضفيرات واسعة من الشعريات الدموية التي تحيط بكل ليف عضلي ومن المعلوم أن التغذية الدموية أغزر من العضلات المخططة كما أن هناك شعريات لمفية حول الألياف العضلية .

يدخل العضلة القلبية فروع من الجهاز الودي (نورابينفرين) التي تؤدي إلى تسريع تواتر تقلص القلب ونظير الودي (استيل كولين) التي تبطئ ضربات القلب .

لايوجد في العضلة القلبية لوحات محركة كما يبدو أن تعصيب الألياف العضلية القلبية العادية غالباً هو ودي .

تجدد النسيج العضلي Regeneration of Muscle Tissue :

تظهر النماذج العضلية امكانات مختلفة لتجددها بعد تأذيها .

فالنسيج العضلي القلبي لا يملك امكان تشكيل خلايا عضلية قلبية بعد مرحلة الطفولة المبكرة وإن عطب أو تأذي العضلة القلبية يؤدي إلى استبدال الألياف العضلية بالنسيج الضام مؤدياً لتشكل ندبة ضامة Myocardial Scars .

ومن المعلوم أن حجم العضلة القلبية عند البالغين هو ضعف حجمها عند الأطفال ويتم نمو العضلة بازدياد حجم الألياف وزيادة كمية النسيج الضام بشكل كبير . كما أن تضخم القلب بشروط معينة لتأمين عمل إضافي يتأمن بزيادة حجم الألياف Hypertrophy وليس بزيادة عددها Hyperplasia .

أما في النسيج العضلي الهيكلي فإن الألياف لا تنقسم ولكن يحصل التجدد عن طريق الخلايا التابعة Satellite Cells . تتوضع الخلايا التابعة المتباعدة تحت الصفيحة القاعدية المحيطة بالألياف العضلية ونظراً لتوضعها فإن التعرف عليها يتم من خلال المجهر الالكتروني .

الخلايا التابعة مغزلية وحيدة النواة تعد كخلايا مصورة عضلية Myoblasts خامدة تبقى بعد تمايز الألياف وإن تنشيطها يؤدي إلى انقسامها والتحامها لتشكيل ليف عضلي هيكلي جديد .

أما النسيج العضلي الأملس فأليافه تملك امكانات الانقسام والنمو لاستبدال الألياف المتخربة كما في بعض الاعضاء كالرحم أثناء الحمل .

المحاضرة الثامنه لمقرر النسج والتشريح

لطلاب الصيدلة سنه أولى في الجامعة السورية الخاصة

الفصل الأول

للعام الدراسي 2016 – 2017

د. غيثاء منصور

النسيج العظمي

Bone Tissue

يؤمن النسيج العظمي القيام بوظائف متعددة ومهمة في الجسم أهمها حمل وحركة الجسم لوجود المفاصل و ارتكاز العضلات بأوتارها عليه كما يحمي الدماغ ضمن تجويف الجمجمة والرئتين والقلب ضمن التجويف الصدري والرحم والمثانة وجزءا" من الأمعاء ضمن التجويف الحوضي ، وهو يحتوي على النسيج المولد للدم (نقي العظم Bone Marrow). كما يشكل النسيج العظمي مخزناً لأملاح الكالسيوم والفوسفور والشوارد الأخرى التي تحرر أو تخزن للمحافظة على التركيز الثابت لها في الجسم .

يتميز النسيج العظمي بتحمله للشد والضغط قبل أن ينكسرلذا فهو نسيج مقاوم ومرن ، وهو شكل خاص من أشكال النسيج الضام ويبنى من ثلاثة عناصر هي الخلايا والألياف والمادة الأساسية المرتشحة بأملاح الكالسيوم التي تؤدي لقساوته وتأهيله للقيام بالوظائف المختلفة .

تعاني بعض الأنسجة تكلساً فيزيولوجياً مع تقدم العمر والشيخوخة كما في الضفيرات المشيمية و البطينات الدماغية والغدة الصنوبريه. كما يمكن أن تتكلس بعض الأنسجة مرضيا"كما في جدرالأوعية الدمويه .

يوجد نموذجان من النسيج العظمي :

1- غير ناضج Immature أو أولي Primary

2- ناضج Mature أو ثانوي Secondary أو صفيحي Lamellar

يحوي هذان النموذجان العناصر البنيوية نفسها إلا حزم الألياف تتوضع عشوائيا" في العظم غير الناضج و ضمن صفائح في العظم الناضج .

كما يصنف تشريحيا" إلى :

1- نسيج عظمي كثيف Compact Bone Tissue مكون من نسيج عظمي هافرسي Haversian Bone Tissue وسمحاقي Periosteal .

2- نسيج عظمي اسفنجي Spongy Bone Tissue أو نسيج عظمي فجوي Cancellous .

تبنى العظام نسيجيا" من ثلاثة عناصر هي المادة الأساسية والألياف التي يتم جمعها أحيانا" بما يسمى لحمة العظم Bone Matrix بالإضافة إلى الخلايا .

المادة الأساسية Ground Substance :

تحتوي المادة الأساسية للنسيج العظمي المحبة للحمض على مركبات معدنية بنسبة 70% من الوزن الجاف للحمة العظم ومركبات عضوية بنسبة 30% .

يتركب القسم المعدني من فوسفات الكالسيوم بنسبة 85% وكربونات الكالسيوم 10% وفلور الكالسيوم والمغنزيوم والصوديوم والبوتاسيوم بنسبة 5% .

من الجدير ذكره أن 90% من الفوسفور موجود في العظام . تحتوي المادة الأساسية بالإضافة لما ذكرعلى الماء الذي يرتبط جزء منه بأملاح الكلس ويبقى الجزء الآخر حرا" يساعد على التبادل بين كلس الدم وكلس العظم .

توجد المادة الاساسية بين الألياف المولدة للغراء وتزداد في النسيج العظمي الفتي .

الألياف Fibers :

هي مولدة للغراء. لا تشاهد الألياف العظمية عادة بالمقاطع النسيجية لتقارب قرينة انكسارها مع قرينة انكسار المادة الأساسية إلا أنه يمكن إظهارها باستخدام المجهر المستقطب أو الملونات الخاصة بالألياف المولدة للغراء بطريقة ماسون Masson أو بالمجهر الالكتروني .

الخلايا العظمية :

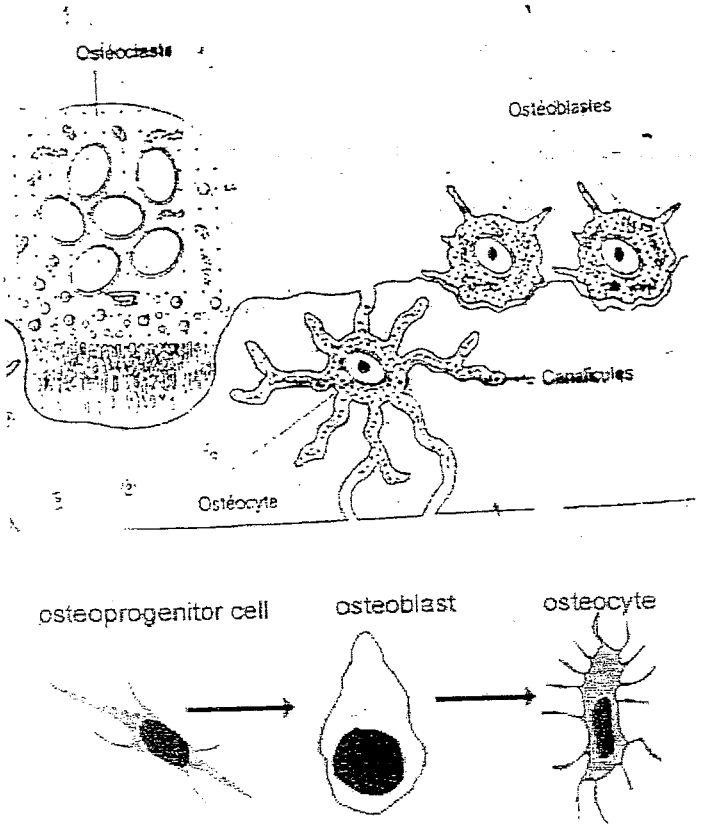
يشاهد في العظم الفتي النماذج الخلوية التالية :

1- أرومة الخلايا العظمية Osteoprogenitor Cells

2- الخلايا المصورة للعظم Osteoblasts

3- الخلايا العظمية Osteocytes

4- الخلايا الكاسرة للعظم Osteoclasts



النماذج الخلوية العظمية في النسيج العظمي

تتوضع بعض النماذج الخلوية على سطوح النسيج العظمي وهي الخلايا المصورة للعظم والخلايا الكاسرة للعظم والخلايا المحدة للعظم بينما تتوضع أرومة الخلايا العظميه في محيط المسافات الفاصلة (غير العظميه) أو محيط العظم وتتوضع الخلايا العظميه بالذات ضمن النسيج العظمي أي ضمن العظم .

1-أرومة الخلايا العظمية Osteoprogenitor Cells :

خلايا مشتقة من الوريقة المتوسطة الجنينية أي خلايا متوسطية لها القدرة على التمايز باتجاه الخلايا المصورة للعظم .

تشاهد أرومة الخلايا العظمية بالقرب من السطوح الحرة للنسيج الآخذ بالتعظم وفي السمحاق الظاهر والباطن وهي مغزلية الشكل قليلة الأخذ للألوان بنواة بيضوية .

تبدو هذه الخلايا نشيطة بانقسامها خلال فترة التشكل العظمي والنمو الطبيعي للعظم وكذلك عند الإنسان المكتمل خلال اعادة التنظيم الداخلي Internal Reorganization للعظم وإثر الكسور وتخرب العظام وتتحول إلى الخلايا المصورة للعظم .

2-الخلايا المصورة للعظم Osteoblasts :

مسؤولة عن تركيب لحمة العظم (الألياف والمادة الأساسية العضوية) . تشاهد على سطوح العظام الآخذة بالتشكل وتتوضع بشكل ظهاري . تأخذ شكلا"مسطحا" عندما يضعف نشاطها وشكلاً مكعباً أو أسطوانياً عند زيادة نشاطها .

تقوم الخلايا المصورة للعظم بإفراز المواد العضوية الداخلة في تركيب الألياف المولدة للغراء والمادة الأساسية وتدعى المواد العضوية المركبة غير المتكلسة Osteoid .

3-الخلايا العظمية Osteocytes :

هي خلايا مصورة للعظم احتبست ضمن المادة العظمية التي صنعتها بنفسها وهي مغزلية الشكل ذات استطالات هيولية .

تتوضع أجسام الخلايا العظمية ضمن تجويف عدسي يحده مادة عضوية غيرمتكلسة يفصلها عن المادة العظمية المتكلسة كما يصدر عن التجويف البيضوي قنيات تتفاغر مع قنيات التجاويف المجاورة .

يحتل القنيات الاستطالات الهيولية الصادرة عن الخلايا العظمية حيث تتلامس مع استطالات الخلايا المجاورة مما يشكل شبكة متصلة تنفع في ربط الخلايا العظمية بعضها مع بعض . تبقى القنيات مفتوحة لتأمين المبادلات الغذائية بين الدم الجاري في الأقنية العظمية(قنوات هافرس وفولكمان) وقناة النقي المركزية مع الخلايا العظمية ضمن المناطق العظمية المتكلسة. تنقبض الخلايا العظمية في المحضرات النسيجية فلا تعود مالئة لكامل التجويف الذي تقطنه .

4- الخلية الكاسرة للعظم Osteoclast :

تتوضع على السطوح العظميه المراد ائتكالها ضمن حفيرات صغيرة تسمى أفضية هاوشيب Howship's Lacunae وهي خلية عرطلة متعددة النوى (5- 50 نواة أو أكثر) . هيولاها محبة عادة للحمض وتحتوي على العديد من الحويصلات البلعمية والجسيمات الحالة التي تتضمن الفوسفاتاز الحامضية .

الخلايا الكاسرة للعظم مسؤولة عن إزالة الفضلات المتشكلة أثناء امتصاص العظم و تفرز الكولاجيناز والفوسفاتاز الحامضيه وانزيمات أخرى محلة للبروتينات .

أظهر المجهر الالكتروني على سطح الخليه النشيطة في منطقة تماسها بلحمة العظم انثناءات تشكل حافة فرشاة Ruffled Border ، الخلايا الكاسرة للعظم مسؤولة عن إزالة الفضلات المتشكلة أثناء امتصاص العظم . تنشأ الخلايا الكاسرة للعظم من التحام خلايا ناتجة من النقي العظميBone Marrow

النسيج العظمي الاولي Primary أو غير الناضج Immature :

يتكون من حجب عظمية بثخانة متنوعة تتفاغر وتسير في جميع الاتجاهات . تحتوي الحجب على مادة أساسية والياف مولدة للغراء تتجه باتجاهات مختلفة وخلايا عظمية تتوضع بدون انتظام . يوجد بين الحجب العظمية فضوات واسعة تحتوي على اوعية دموية . وتحتوي في محيطها على الخلايا المصورة للعظم. يتشكل النسيج العظمي الأولي في المضغة والجنين من الغضروف أوالنسيج الضام وتشكله مؤقت اذ يعاني تغيرات نتيجة التعظم ويتحول الى نسيج عظمي صفيحي . ولا يبقى في الشروط الطبيعية في عمر 14-16 سنة أي عظم أولي الا انه يلاحظ اثناء اندمال الكسورالعظمية والتعظم الخارجي والاورام العظمية Osteosarcoma.

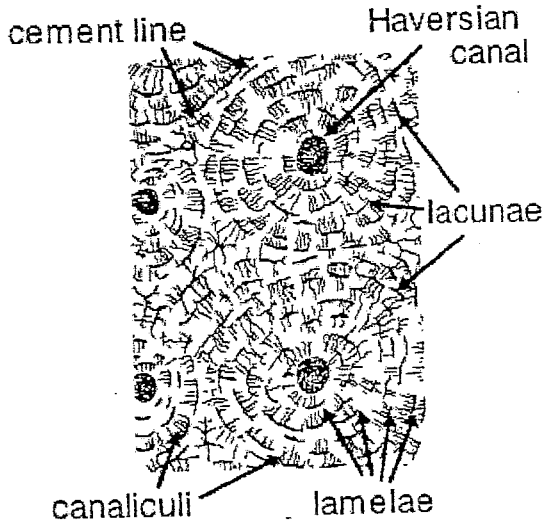
نسيج عظمي غير ناضج

B – النسيج العظمي الأولي M – قضوة وعائية

النسيج العظمي الصفيحي Lamellar Bone Tissue أو الناضج Mature أو الثانوي Secondary :

ينتج النسيج العظمي الصفيحي عن التعظم لنسيج عظمي أولي ويتميز بوجود صفائح عظمية تمثل طبقات متميزة غير منحلة تحتوي على الياف مولدة للغراء دقيقة متوازية ومادة اساسية متكلسة بالاضافة الى الخلايا العظمية . تتوضع الصفائح :

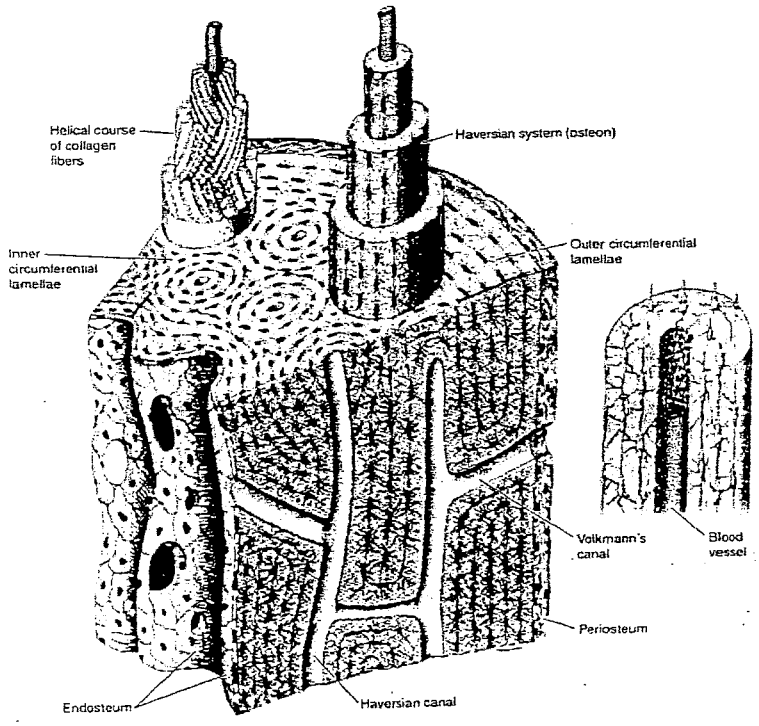
- بصورة متوازية في النسيج العظمي السمحاقيPeriosteal Bone (صفائح محيطيه)
- دائريا حول قناة وعائية هافرسية مركزية تشكل جمل هافرس Haversian System أو ما تسمى بالوحدات العظمية Osteon .
- في زوايا المناطق التي تفصل بين الجمل الهافرسية الأسطوانية وتشكل الصفائح الخلالية Interstitial Lamellae .



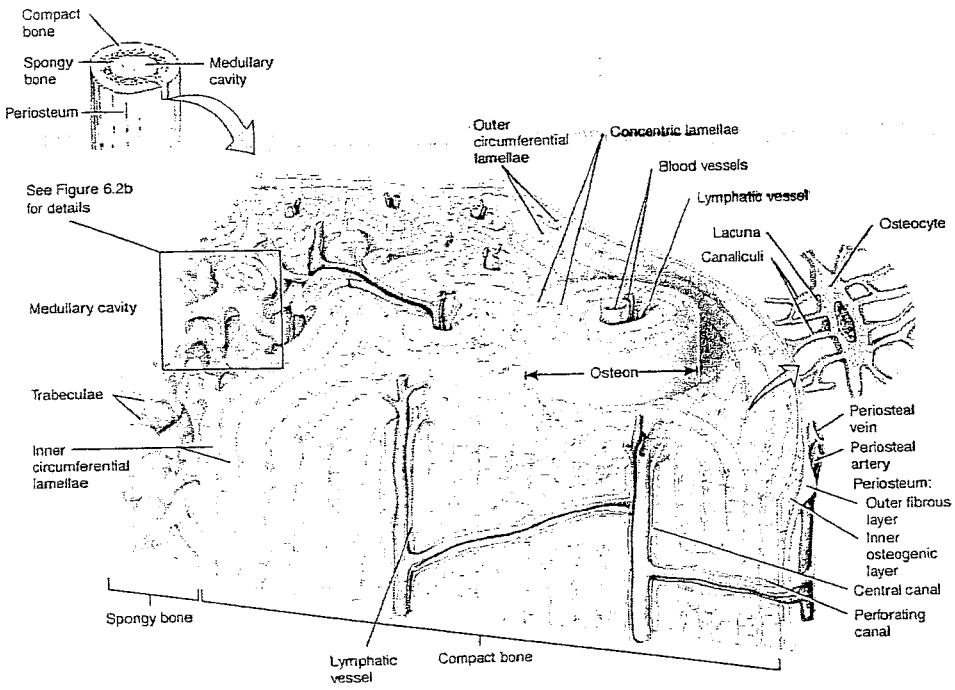
بنية العظام النسيجية
Histological Structure of Bones

تحتوي العظام على النموذجين من الأنسجة العظمية : العظم الكثيف والعظم الاسفنجي.
يبنى العظم الإسفنجي عيانيا" من حجب عظمية متشابكة تحصرضمن فضواتها نقي العظم أما العظم الكثيف فيبدو كأنه قطعة واحدة متمادية دون فضوات.

يختلف شكل العظام من طويلة وقصيرة ومسطحة . تحوي المسطحة التي تشكل القحف على طبقتين من العظم الكثيف تدعى الصفائح Plates المنفصلة بطبقة من عظم إسفنجي يعرف بـ Diploe . أما القصيرة فتحتوي عموما" على محور من عظم إسفنجي محاط كليا" بعظم كثيف .



رسم توضيحي لجدار جسم عظم طويل



تبنى العظام الطويلة من جسم العظم الطويل Diaphysis ومن مشاشتين Epiphysis منتفختين في نهايتي الجسم .

يتركب الجسم أي الجزء الأسطواني من عظم كثيف مع وجود جزء ضئيل من العظم الإسفنجي في سطحه الداخلي أما مركز الأسطوانة فيمثل تجويف القناة المركزية المتضمنة نسيجاً ضاماً رخواً غنياً بالأوعية الدموية (النقي) . تتصل الأفضية بين الحجب العظمية في العظم الإسفنجي المشاشي مع قناة النقي المركزية في جسم العظم وتغطي السطوح المفصلية للمشاشات طبقة من الغضروف المفصلي .

يشاهد بين المشاشتين وجسم العظم دون سن الـ 18 من العمر أي منطقة الوصل Metaphysis صفيحة غضروفية تدعى غضروف الاتصال.

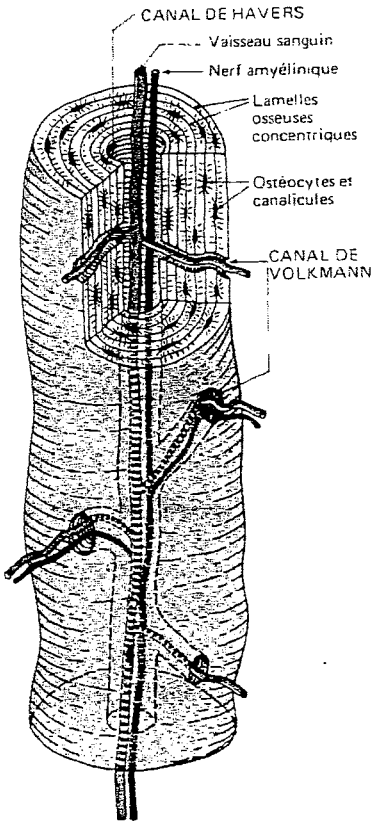
يحد العظام عدا السطوح المفصلية طبقة من النسيج الضام تدعى السمحاق الظاهر Periosteum كما تبطن الأفضية النقية والقناة المركزية بطبقة مماثلة ولكنها أقل كثافة تسمى السمحاق الباطن Endosteum .

العظم الكثيف Compact Bone أوالعظم الهافرسي Haversian Bone :

يشاهد في أجسام العظام الطويلة والسائرة لمشاشاتها وسطوح العظام القصيرة والمسطحة ويحوي ثلاثة نماذج من العظم الصفيحي في أجسام العظام الطويلة .

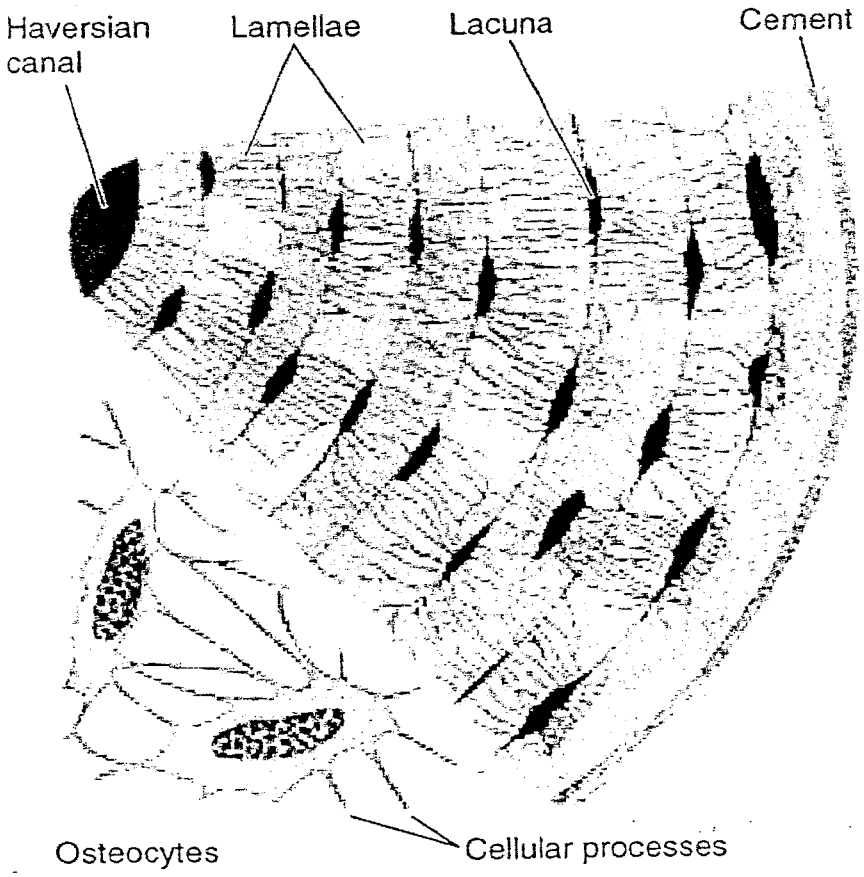
1- جمل هافرس Haversian System :

تحتوي المادة العظمية في الصفائح المحيطة بقناة هافرس على تجاويف عدسية الشكل تقطنها الخلايا العظمية تتفاغر التجاويف مع بعضها بقنيات تسكنها استطالات الخلايا العظمية .



صورة مجسمة لجملة هافرس

تتضمن المادة العظمية في جمل هافرس قنوات ضيقة وطويلة تسير غالبا"موازية لمحور العظم الطولي تسمى قنوات هافرس . تتفاغر هذه القنوات مع بعضها بشكل مائل كما تحتفر المادة العظمية أيضا" بأقنية معترضة آتية من السمحاق الظاهر أو الباطن تدعى أقنية فولكمان Volkmanns Canals تتفاغر هذه الأقنية مع أقنية هافرس بشكل متعامد .
يملأ قنوات هافرس وفولكمان نسيج ضام خاص يدعى النقي يشغل القسم الأكبر منها بينما يشغل الباقي أليافاً عصبية وأوعية دموية شعرية .



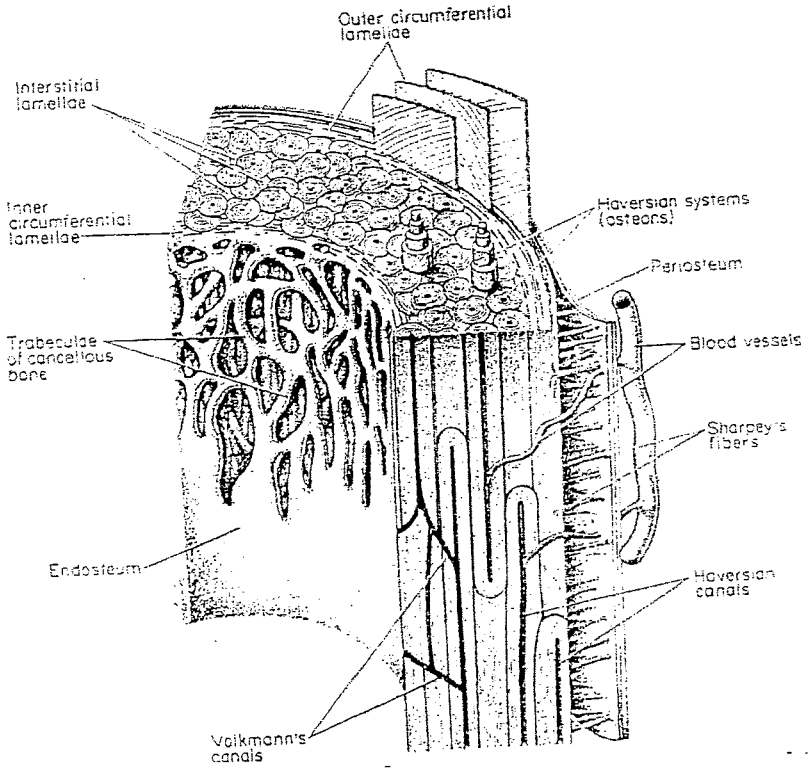
رسم توضيحي لجزء من جملة هافرسية وخليتين عظميتين

إذا فحص مقطع عرضي لجسم عظم طويل تحت المجهر لوحظ قلة الخلايا العظمية نسبة للمادة العظمية وتبدو أقنية هافرس على شكل ثقوب دائرية صغيرة تحيط بها صفيحات

عظمية ذات توضع دائري متحدة المركز . يختلف عدد الصفيحات من 5–20 صفيحة. يطلق على قناة هافرس مع الصفيحات المتحدة المركز المحيطة بها اسم جملة هافرس أو Osteon . يحوي الملليمترالمربع الواحد وسطيا"على5–6 جمل هافرسية.

2– **صفائح محيطية Circumferentiel Lamellae :**

لايحتوي سطح العظم الكثيف وباطنه على جمل هافرس وإنما صفائح عظمية محيطية سطحية باطنة تحد بالسمحاق الباطن .



شكل ترسيمي مجسم لجزء من عظم طويل

تتكون الصفائح المحيطية على حساب السمحاق الظاهر والباطن وتبدو بشكل صفيحات عظمية متطابقة موازية لسطح العظم الخارجي والداخلي . تحتوي الصفيحات العظمية على المادة الأساسية والخلايا العظمية و الألياف المولدة للغراء .

يدخل من السمحاق الظاهر إلى الصفيحات العظمية المحيطية ألياف مولدة للغراء تدعى بألياف شاربي Sharbey's Fibers ، تساعد على تمتين ارتباط السمحاق الظاهر بالعظم وهي تغزر في مكان ارتباط الأربطة والأوتار العضلية . كما يدخل من السمحاق الظاهر الأوعية الدموية والألياف العصبية ضمن ممرات تدعى بالقنوات المغذية Nutriant Canals التي تتصل بقنوات هافرس الطولية المستمرة بأقنية فولكمان المعترضة لتصل الى قنوات هافرسية مجاورة وهكذا حتى تصل إلى التجويف المركزي لجسم العظم .

3- الصفائح الخلالية Interstitial Lamellae :

تتوضع بين الجمل الهافرسية الأسطوانية المسايرة بمحورها الطولي لجسم العظم زوايا من مادة عظمية بشكل أجزاء صفيحية تمثل أجزاء من جمل هافرسية قديمة تم استبدالها بجمل هافرسية حديثة .

العظم الإسفنجي Spongy Bone :

يشاهد هذا النوع من العظام في اجسام العظام القصيرة والمسطحة ومشاشات العظام الطويلة وهو عظم هش سريع التفتت قليل المقاومة يتركب من حجب رقيقة متشابكة تاركة بينها أفضية أو فجوات وعائية ضخمة غير منتظمة تحتوي على أوعية دموية وعلى نقي مولد للدم . يشبه تجمع الحجب العظمية مع بعضها شكل الإسفنج . تتركب الحجب من صفائح عظمية منضدة بعضها فوق بعض. تتضمن الصفائح خلايا عظمية ومادة أساسية والياف مولدة للغراء لها الاتجاه نفسه تقريبا" في الصفيحة الواحدة .

يستر العظم الإسفنجي في المحيط قشرة رقيقة من عظم كثيف صفيحي . يستر الوجه المفصلي لمشاشات العظام الطويلة وللعظام القصيرة والمسطحة الغضروف المفصلي أما باقي أقسامها فيستر بالسمحاق الظاهر Periosteum .

الحجب العظمية الاسفنجية : يتوضع بينها نقي الدم الأحمر
بداية تشكل العظم الهافرسي (في أعلى الشكل)

السمحاق الظاهر Periosteum والباطن Endosteum

تستر العظام على اختلاف أشكالها عدا سطوحها المفصلية بنسيج ضام ليفي خاص يدعى الخارجي منها بالسمحاق الظاهر والداخلي بالسمحاق الباطن .

يقوم السمحاق إضافة لتنمية العظم عرضا" بتغذية الخلايا العظمية بوساطة أوعيته الدموية الكثيرة التي تدخل العظم ضمن أقنية فولكمان ومنها تتوزع على أقنية هافرس ، يحتوي السمحاق إضافة لذلك على بعض الألياف العصبية الحسية .

يتم خلال العمليات الجراحية العظمية أخذ الاحتياطات اللازمة للحفاظ على السمحاق الظاهر والباطن أثناء الجراحة .

السمحاق الباطن Endosteum :

أرق من السمحاق الظاهر ويحوي أرومة الخلايا العظمية Osteoprogenitor Cells وخلايا مولدة للدم وكمية ضئيلة من النسيج الضام .

نقي العظام Bone Marrow

نسيج ضام رخو وعائي يشغل القناة المركزية للعظام الطويلة والأقرغة بين الحجب العظمية في العظام الإسفنجية . يشكل النقي حذاء السمحاق الباطن العناصر المولدة للعظم بينما تشكل بقية أجزائه العناصر المولدة للدم .

يقسم النقي حسب فعاليته ولونه إلى ثلاثة أقسام :

النقي الأحمر Red Bone Marrow .

النقي الأصفر Yellow Bone Marrow .

النقي الستجابي .

أولاً – النقي الأحمر : يظهر النقي الأحمر في العضوية بدءا" من الأسبوع الثالث للحمل وهو يمر بثلاث مراحل :

1– **مرحلة النقي المتوسطي Mesoblastic Stage** : حيث يظهر النقي في لنسيج المتوسطي

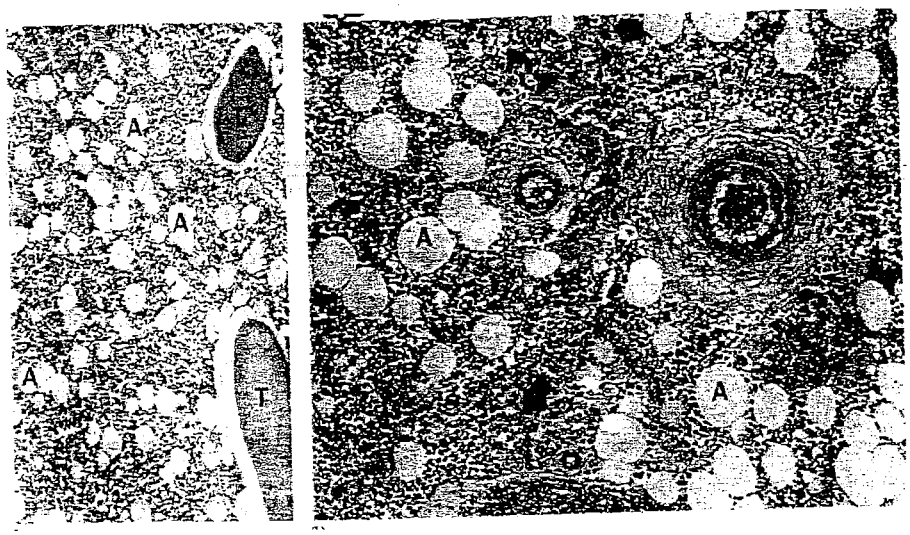
2– مرحلة النقي الكبدي

يأخذ الكبد والطحال في هذه المرحلة مكان النقي المتوسطي في توليد العناصر الدموية .

3– **مرحلة النقي العظمي Bone Marrow Stage** : تبدأ العناصر المولدة للدم في الظهور في نقي العظام اعتبارا" من الشهر الرابع ولا تظهر فعاليتها في توليد الدم إلا في الشهر السابع حيث تبدأ فعالية الكبد والطحال بتوليد الدم بالتناقص .

البنية النسيجية لنقي الدم الأحمر: إن حجم النقي عند الأطفال كبير ويعمل على توليد الدم حتى السنة الخامسة من العمر حيث يبدأ تحول نقي مشاشات العظام الطويلة ونقي العظام المسطحة إلى نقي أصفر شحمي غير فعال .

تشارك في بناء النقي عناصر كثيرة منها : العظم الإسفنجي ، النسيج الضام ، النسيج الشباكي ، النسيج الشحمي ، الجيوب الدموية وغيرها .



النقي الأحمر المولد للدم في المجهر الضوئي
A – الخلايا الشحمية ، T – النسيج العظمي الاسفنجي

ثانياً – النقي الأصفر : نقي الكهول تتحول فيه الخلايا المولدة للدم وأرومة الخلايا العظمية إلى خلايا شحمية . تقل في هذا النقي مشاهدة الخلايا والألياف الضامة و الجيوب والأوعية الدموية .

إذا اقتضت حاجة الجسم لزيادة فعالية النقي بحدوث نزف أو فقر دم فإن النقي الأصفر الشحمي قادر على العودة إلى نقي أحمر فعال من جديد قادر على توليد الدم .

ثالثا" – النقي السنجابي : هو نقي الشيوخ حيث تنقلب الخلايا الشحمية في النقي الأصفر إلى خلايا ضامة ثابتة. غير قابل للعودة إلى نقي أصفر شحمي أو نقي أحمر مولد للدم .

تشكل العظام Formation of Bones (Osteogenes is) أو التعظمOssification

التعظم تعبيرعام يطلق على مجموعة الأمور المسؤولة عن تشكل قطعة عظمية ونموها وتغيراتها . ويتم تشكل القطعة العظمية إما بالتعظم الغشائي أو التعظم الغضروفي ويسبق

التعظم تشكل أساس بدئي أي قطعة متوسطة هيكلية تحقق تشكيل نموذج ضام (نسيج ضام)أو نموذج غضروفي (نسيج غضروفي) .

يتبع تشكل هذين النموذجين تعظم أولي يليه تعظم ثانوي . يستمرالتعظم ونمو العظم حتى سن 25 عاما يعاني بعدها تغيرات مستمرة تبقى طوال فترة الحياة .

التعظم الاولي

Primary Ossification

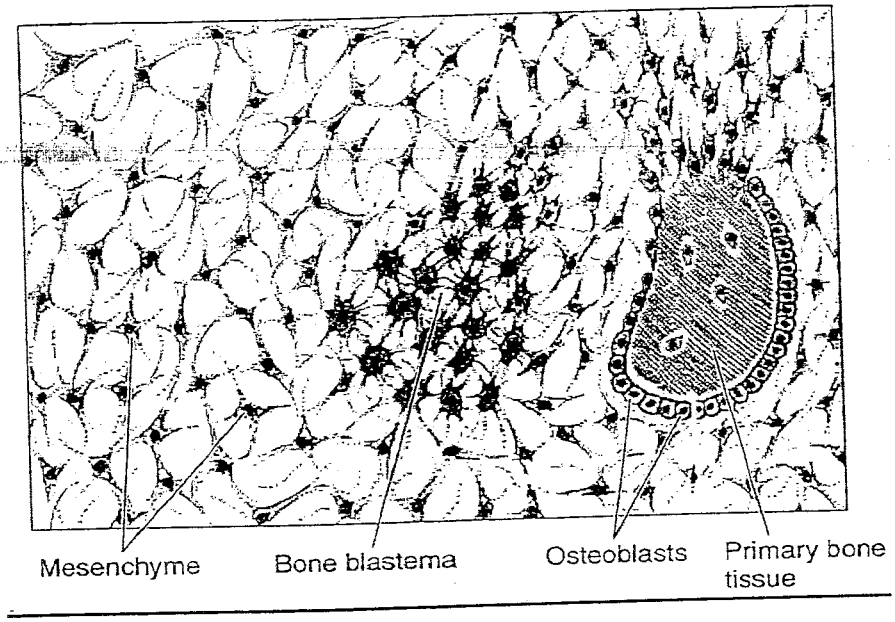
يؤدي الى تشكل نسيج عظمي غير ناضج او ليفي مؤقت ويتم بشكلين :

1- التعظم الغشائي : Intra Membranous Ossification

يتم ابتداء من محور ضام صفيحي تتوضع عليه الخلايا المصورة للعظم . يحتوي المحور الألياف المولدة للغراء والمادة قبل العظمية .

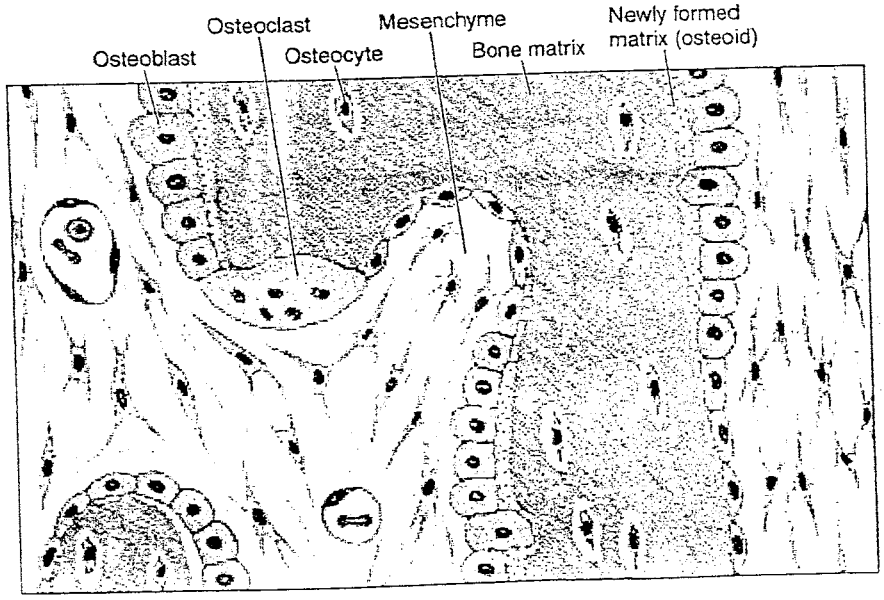
تقوم الخلايا بإفراز المواد الداخلة في تركيب العظم لتصبح بعدها محتجزة وتتحول الى خلايا عظمية تتوضع بعدها خلايا مصورة للعظم على المحور العظمي الذي تشكل بحيث تضاف إلى سابقتها .

يتشكل في النهاية نسيج عظمي ليفي اسفنجي بتفاغر المحاور العظمية . تجتاح الفجوات المتبقية بالأوعية الدموية التي تصاحب بخلايا متوسطية غير متمايزة تشكل أصل الخلايا المصورة للعظم الجديدة والخلايا الأم لنقي العظم المولد للدم .

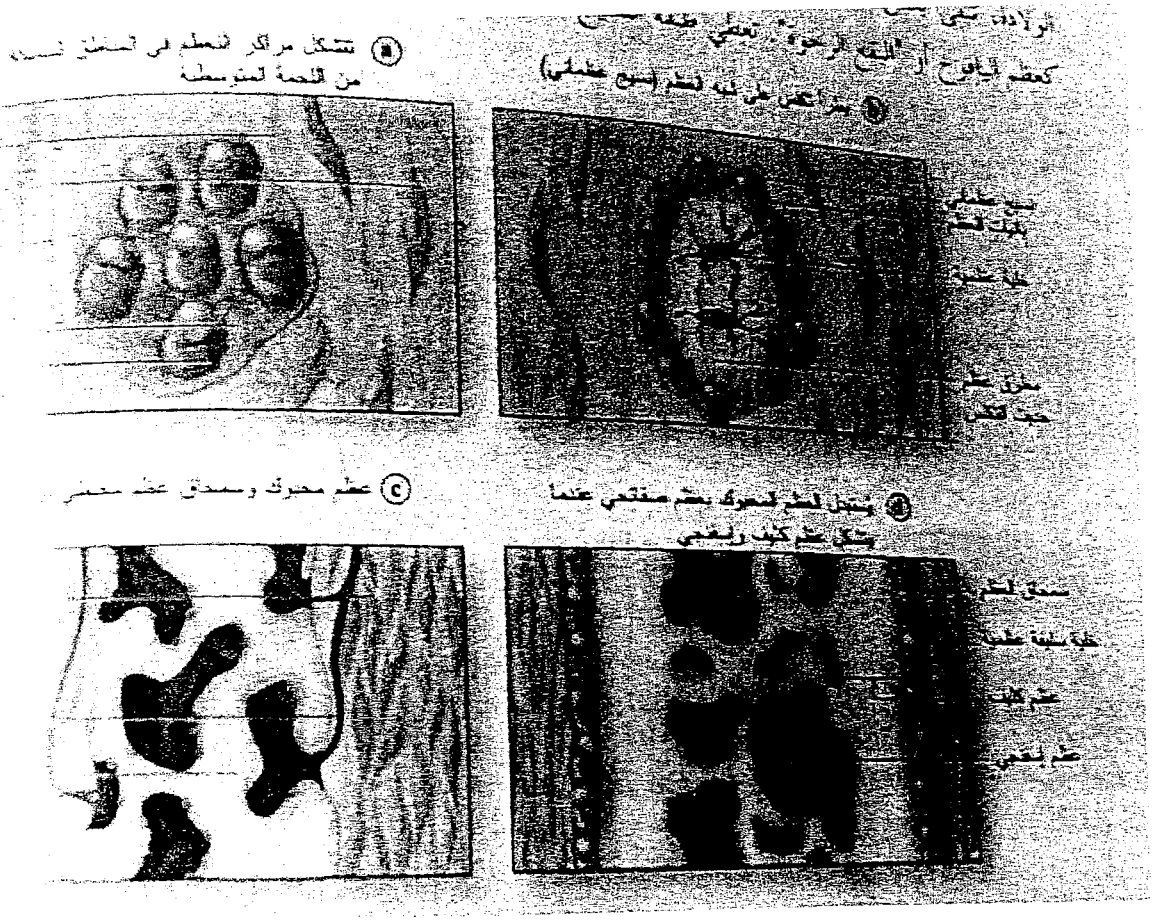


بداية التعظم الغشائي

يشكل التعظم الأولي الغشائي مرحلة أساسية من تعظم عظام القحف كما انه يشترك في نمو العظام القصيرة ونمو العظام الطويلة عرضيا .



حوادث التعظم الغشائي



2- التعظم الغضروفي : Ossificatio Cartilage)Endo Chondral (Ossification

يستبدل فيها الغضروف الزجاجي بنسيج عظمي ليفي إسفنجي , **ويتضمن تضخم** الخلايا **الغضروفية ثم زوالها** فيما بعد **ويبقى مكانها فجوات تحصر** بينها حجبا من مادة غضروفية متكلسة. يحدث بعد ذلك **دخول الأوعية الدموية** ضمن الفجوات مصاحبة بخلايا تقوم بتفكيك جزئي للحجب **وخلايا متوسطية تتحول إلى خلايا مصورة للعظم** تتوضع على الحجب المتبقية وتقوم ببناء العظم كما هو في التعظم الغشائي . يؤدي التعظم الأولي في البداية إلى تشكل **نسيج عظمي ليفي إسفنجي** يتوضع بعدها حول الحجب العظمية الليفية صفائح عظمية تنتظم لتشكل وحدات عظمية أولية Primary Osteon وبهذا يتم تشكل نسيج عظمي ليفي صفيحي .

يشكل التعظم الغضروفي مرحلة أساسية من تعظم العظام القصيرة والطويلة حيث يشاهد في عظام قاعدة الجمجمة , الفقرات , الأضلاع , الترقوة , الحرقفة , الأطراف كما انه مسؤول عن النمو الطولي للعظام الطويلة .

التعظم الثانوي
Secondary Ossification

يبدأ بهدم النسيج العظمي الأولي يليه مرحلة بناء .

تآكل النسيج العظمي الأولي :

يتم تآكل النسيج العظمي وفقاً لطريقتين :

1- عن طريق الخلايا الكاسرة للعظم :

تقوم الخلايا الكاسرة للعظم بطرح شوارد هيدروجين وأنزيمات وحموض محله ضمن المادة العظمية . تقوم شوارد الهيدروجين بحل وتفكيك الاملاح المعدنية وتقوم الحموض بتفكيك المواد البروتينات السكرية والبروتينات المخاطية أما الأنزيمات فتقوم بتفكيك الألياف المولدة للغراء بعد ذلك تدخل المواد المتبقية ضمن الخلايا لتقوم بهضمها بواسطة الادينيل سيكلاز .

2- عن طريق الخلايا العظمية :

تقوم بعض الخلايا العظمية وبآلية غير معروفة بنزع الاملاح المعدنية وتخريب النسيج العظمي سواء أكان أوليا أم ثانويا وتبدأ هذه الظاهرة باتساع الحجيرة الحاوية على الخلية العظمية . ويؤدي تآكل النسيج العظمي الأولي إلى تشكيل فجوات اسطوانية هي فضوات هاوشيب Howships Lacunae . تتضمن الفضوات نسيجاً ضاماً رخواً يمر فيه أوعية دموية ويحتوي على خلايا كاسرة ومصورة للعظم .

تشكل النسيج العظمي الثانوي :

تشكل الخلايا المصورة للعظم في محيط المحور الضام الدموي في الفجوات (فضوات هاوشيب) طبقات متكررة من المادة قبل العظمية لذا تصغر الفضوات تدريجياً ولا تبقى في النهاية سوى قنوات ضيقة هي أقنية هافرس يتوضع حولها الصفائح العظمية

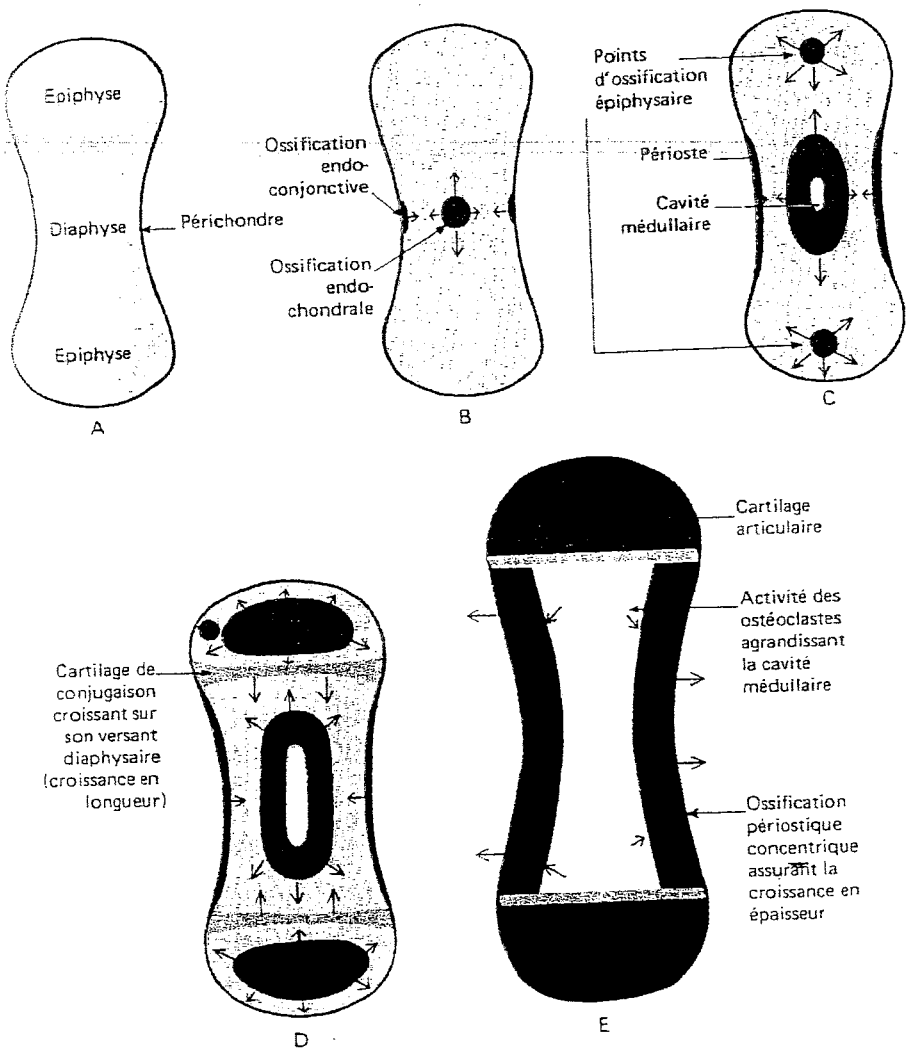
وتتشكل وحدات عظمية هافرسية من الجيل الأول تزول أثناء النمو من قبل الخلايا الكاسرة للعظم ويتشكل بدلاً منها وحدات عظمية هافرسية جديدة وهكذا .

يتشكل نتيجة التعظم الثانوي نسيج عظمي صفيحي هافرسي كثيف أو اسفنجي .

تعظم العظام الطويلة Ossifiation of long bones :

يتم تشكل العظام الطويلة ابتداءً من قطع غضروفية تأخذ شكل قطع عظمية إذ تتضمن قسماً مركزياً اسطوانياً وطرفين منتفخين قليلاً يشكل القسم المركزي فيما بعد جسم العظم أما الأطراف المنتفخة فتشكل المشاشات .

يتم التعظم الأولي ابتداءً من الأسبوع التاسع للحياة الجنينية أما تعظم المشاشات فيختلف باختلاف القطع العظمية .



شكل تخطيطي لمراكز التعظم وتطورها

- **التعظم الأولي**

يتم لجسم العظم أولاً تشكل سوار محيطي عظمي Collar of Bone يتبعه تشكل مركز تعظم أولي مركزي Primary Ossification Center .

يتشكل السوار المحيطي بتحول الخلايا المصورة للغضروف من الغلاف حول الغضروف إلى خلايا مصورة للعظم وبتحول الغلاف إلى سمحاق . يبدأ تشكل السوار في المنطقة المركزية من محيط جسم الغضروف ويمتد تدريجياً باتجاه الجانبين وإلى العمق .

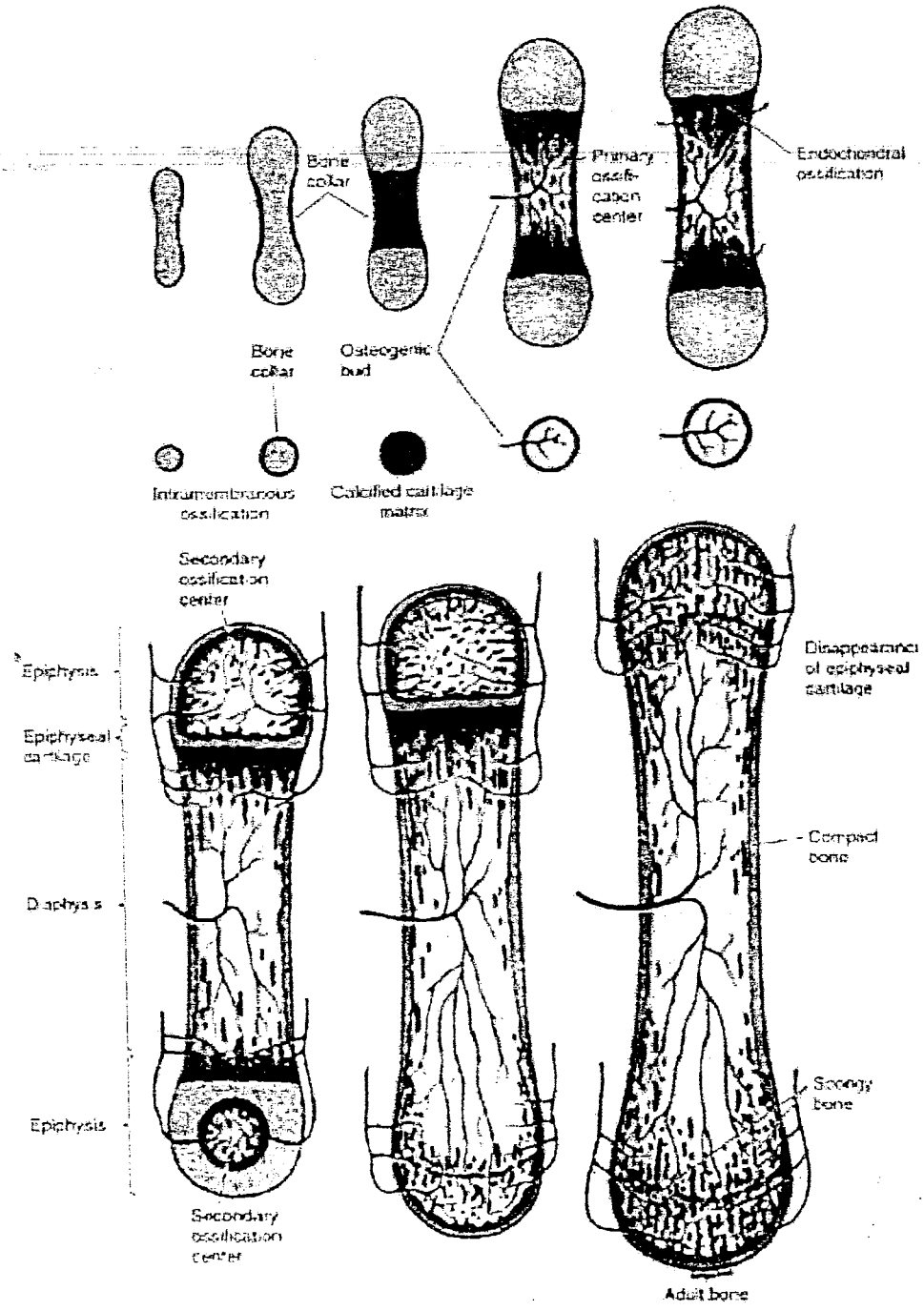
أما في المركز فتتشكل نقطة تعظم مركزية تمتد بشكل شعاعي في كل الاتجاهات .

يبدأ التعظم لمشاشة العظم عند الولادة حيث يكون تعظم جسم العظم في مرحلة متقدمة . ويظهر مركز تعظم مركزي يدعى نقطة التعظم الثانية بالنسبة لمشاشة الطرف العلوية ونقطة التعظم الثالثة بالنسبة للمشاشة السفلية .

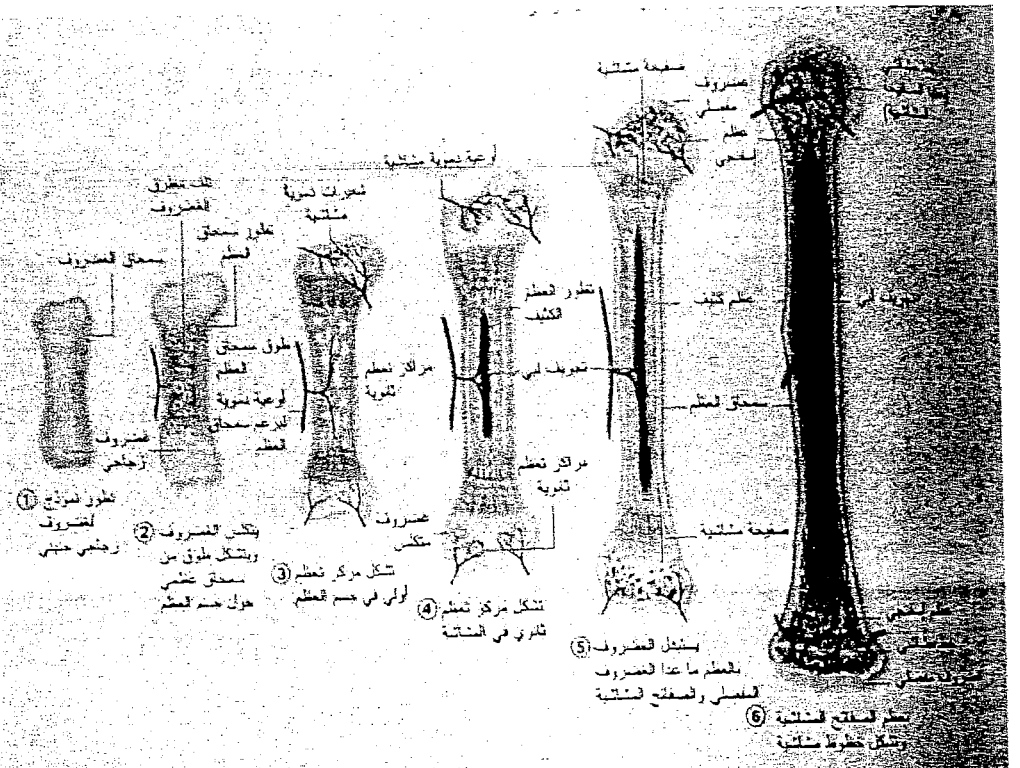
وبنتيجة التعظم الأولي يتشكل :

- غمد عظمي سمحاقي من نسيج عظمي ليفي غير صفيحي كثيف .
- مشاشتان من نسيج عظمي ليفي اسفنجي .
- غضروفي الاتصال بين جسم العظم والمشاشتين .
- تجويف مركزي يحوي نقي العظم .

ويزول النسيج العظمي الليفي بعد الولادة تدريجياً ليتحول جسم العظم بعمر عامين إلى نسيج عظمي صفيحي من أصل سمحاقي .



كيفية تشكل العظم الطويل ابتداء من هيكل غضروفي

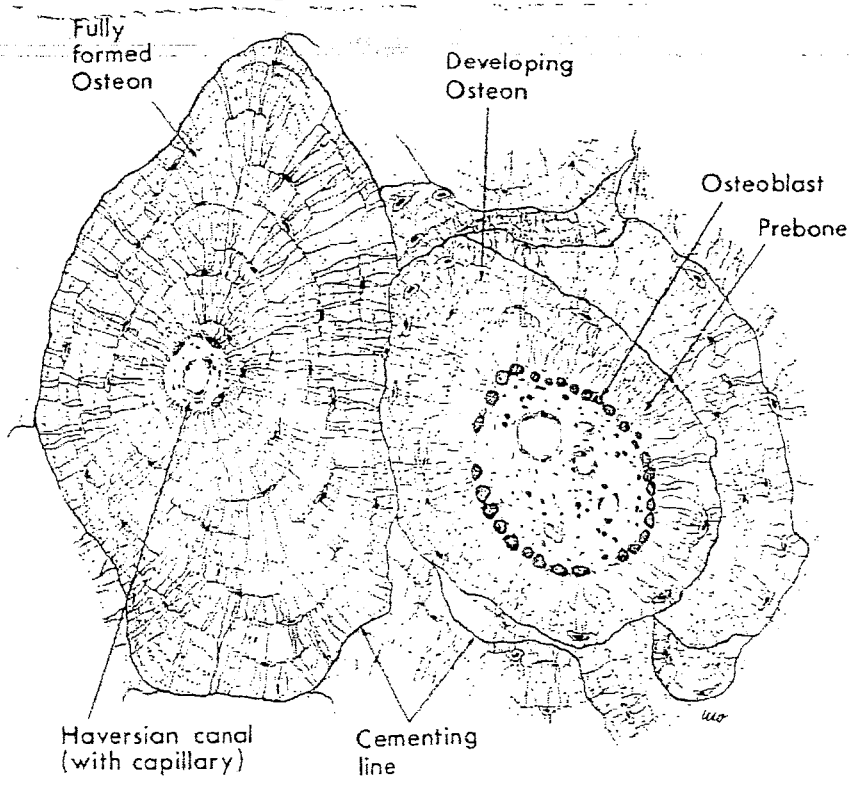


الشكل 4-3 تكوّن العظام الكيفة بالتعظم داخل الغضروفي. (1) يتشكل التعظم داخل الغضروفي مقطم العظام في الهيكل وتحدث في المثين في طرفي الغضروف الرجاجي. (2) تحدث هذه العملية في عدة أسابيع وتتضمن مراحل التطور الأساسية: يتشكل طوق عظمي حول منتصف جزع الغضروف وتتكس الغضروف الحتسي. (3) بعدها ترتشح الخلايا المولدة للعظم والأوعية الدموية من سمحاق الغضروف إلى مركز التعظم. (4) ترى بايات العظم نسيج عظماني غير متكلس فيما بعد يتكلس العظم الأولي وبعاد بناؤه كتعظم كثيف. (5) يتطور في جسم العظم مركز تعظم ثانوي على طول منتصف العظم المتطور. بعدها تتطور مراكز تعظم ثانوية بنفس الآلية في النهايات. تنفصل مراكز التعظم الأولية والثانوية بالصفيحة الشائنة المسؤولة عن استمرارية إطالة العظم. (6) لا تلتحم مراكز التعظم الأولية والثانوية حتى تنتفي الصفيحة الشائنة عند اكتمال نمو العظم.

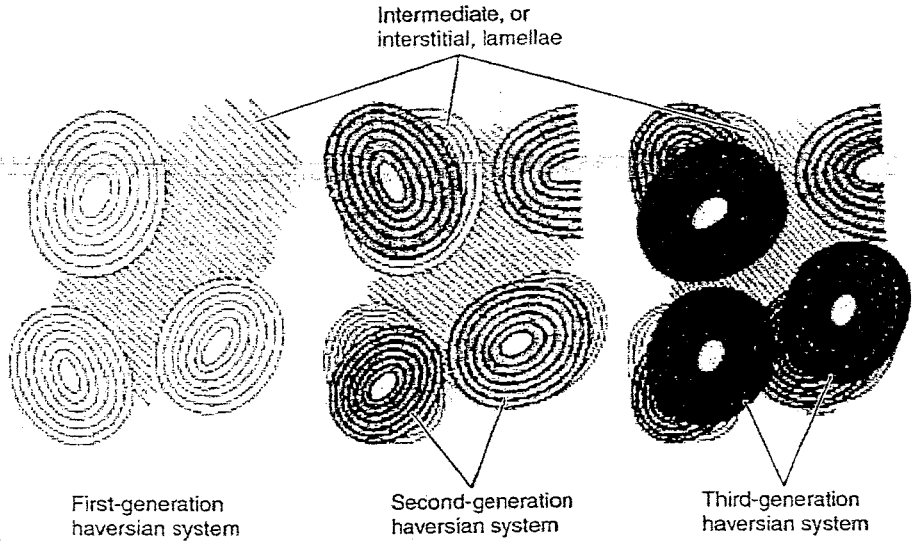
التعظم الثانوي :

يبدأ التعظم الثانوي لجسم العظم بقيام الخلايا الكاسرة للعظم من أصل سمحاقي بنحت ممرات أو أقنية هاوشيب ضمن العظم تمر فيها الأوعية الدموية مع النسيج الضام . يتم أولا نحت الممرات العمودية على السمحاق وبعدها الموازية للسمحاق . تشكل الممرات العمودية أقنية فولكمان أما الممرات الطولية من قضوات هاوشيب فتمتلئ بتوضع صفائح عظمية ويبقى منها قنوات هافرس . ويتم تشكل وحدات عظمية هافرسية بصورة مستمرة على حساب وحدات قديمة تشكلت مسبقاً وهكذا يتم هدم و بناء وبالتالي بقاء مجموعات

صفيحية من وحدات عظمية قديمة تشكل الجمل الخلالية . أما الصفائح العظمية الأكثر سطحية والأكثر عمقاً فتبقى بدون تغيير وتشكل الصفائح المحيطية الخارجية والداخلية .



شكل تخطيطي لجملة هافرسية مكتملة وأخرى في طور التشكل



رسم توضيحي لجزء من تغير الجسم العظمي لثلاثة أجيال من الجمل الهافرسية

يستبدل النسيج العظمي الليفي الاسفنجي في مشاشة العظم بنسيج عظمي صفيحي اسفنجي وعند انتهاء تعظم المشاشات الكلي يبقى بين المشاشة وجسم العظم غضروف الاتصال الذي يكون نشيطاً ويستمر حتى نهاية النمو الطولي للعظم وعلى الرغم من أن تعظم المشاشة العلوية للعظم الطويل يبدأ قبل تعظم المشاشة السفلية إلا أنه يستمر بعد انتهاء التعظم للمشاشة السفلية .

- **نمو العظام الطولي :**

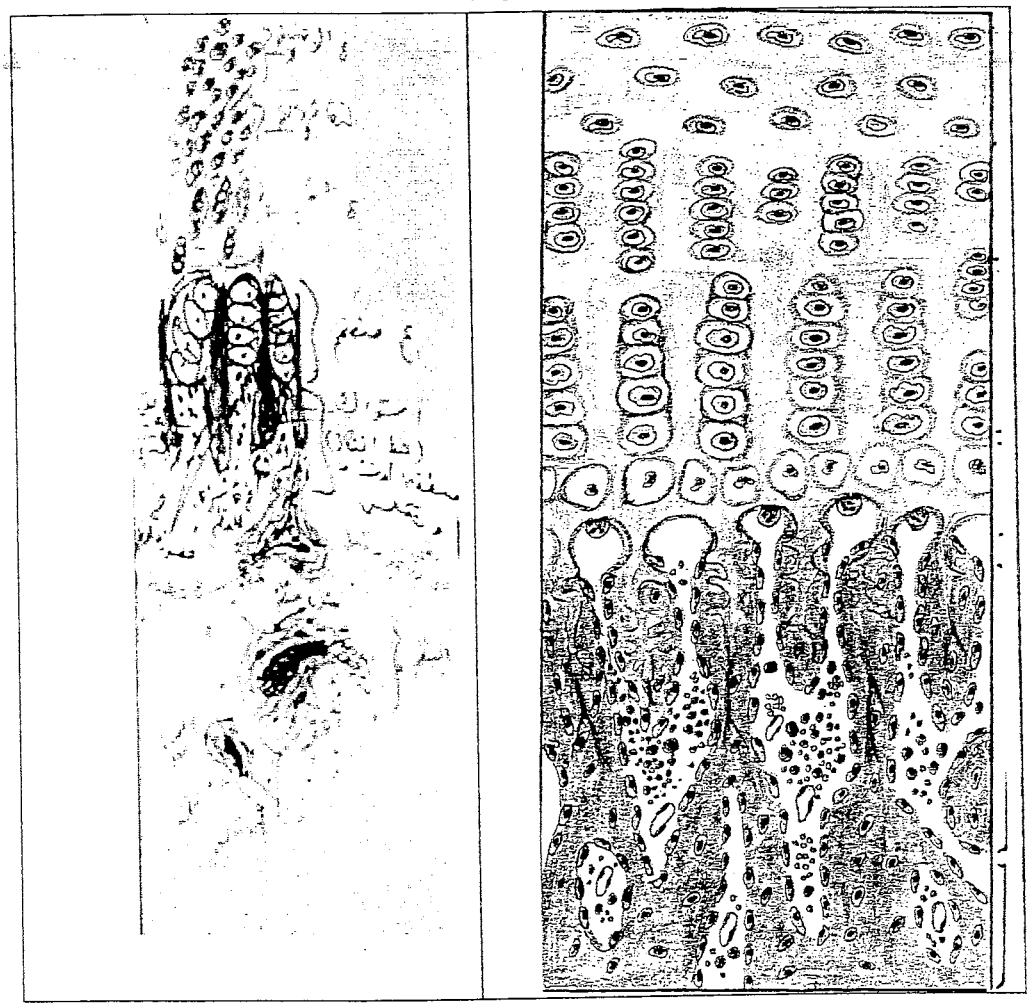
يتعلق النمو الطولي للعظام القصيرة بنمو طرفي القطعة الغضروفية وتشكل نسيج غضروفي يتم استبداله نتيجة التعظم المركزي . أما النمو الطولي للعظام الطويلة فيتعلق بغضروف الاتصال بالنسبة لجسم العظم وبنمو خلالي للغضروف بالنسبة للمشاشة .

يلاحظ في غضروف الاتصال وباتجاه جسم العظم أثناء النمو الطولي المناطق التالية :

- منطقة الغضروف المتسلسل تمثل منطقة الانقسام Proliferative Zone وتترتب الخلايا بصورة متسلسلة بشكل صفوف تحصر بينها مناطق خلالية غضروفية .
- منطقة التضخم والنضج Hypertrophy and Maturation Zone : تبقى الخلايا متوضعة في أعمدة متوازية فيما بينها وتتضمن منطقتين :

أ- منطقة غير متكلسة مجاورة للغضروف المتسلسل . خلاياها متضخمة

ب- منطقة متكلسة Calcification Zone تتراجع الخلايا الغضروفية. يتم تكلس المادة الأساسية بين الغضروفية



شكل تخطيطي لمناطق التعظم الغضروفي

تدخل الخلايا الكاسرة للعظم ضمن التجاويف مع الأوعية الدموية وتقوم بهدم أجزاء من الحجب بين الخلايا الغضروفية وتزداد حجماً . يشكل نتيجة ذلك خط متعرج من المادة المتكلسة بين الأجواف المحدثة يسمى خط الائتكال Erosion Line .

- منطقة التعظم Ossification Zone : تصطف الخلايا المصورة للعظم المصاحبة للأوعية الدموية بشكل طبقة وحيدة الخلايا على الامتدادات المتكلسة ويتم تشكيل الصفائح العظمية .

- المنطقة العظمية Ossiforme أومنطقة الارتشاف العظمي Resorping Zone : يلاحظ وحدات عظمية أولية بعدد محدد من الصفائح .

النمو العرضي للعظم :

يتحقق بواسطة السمحاق الظاهري Periosteum الذي يغطي السطوح العظمية ماعدا مناطق التمفصل والسمحاق الباطني .

العوامل المؤثرة في نمو العظا م :

تخضع العظام أثناء تشكلها ونموها وتغيرها لعوامل مختلفة تتضمن :

1- **العوامل الغذائية** : يؤدي نقص البروتينات المشاهد خلال الحمية الشديدة أو الاسهالات والالتهابات الحادة والمزمنة الى بطء نمو العظام .

2- **الفيتامينات منها :**

أ- فيتامين D :يساعد على امتصاص الكا لسيوم من الاغذية في الامعا ء

ب- فيتامين C يؤدي دورا كبيرا في تركيب المادة الاساسية والالياف المولدة للغراء العظمية ويؤدي نقصه لداء الحفر (البثع) Scurvy .

ج- فيتامين A يؤدي نقصه الى اضطراب في تشكيل العظم الهافرسي الاولي والثانوي وسوء توضع الصفائح العظمية حول اقنية هافرس .

3- **الهرمونات منها :**

أ- هرمون النمو Growth Hormone (Somatotropin) :

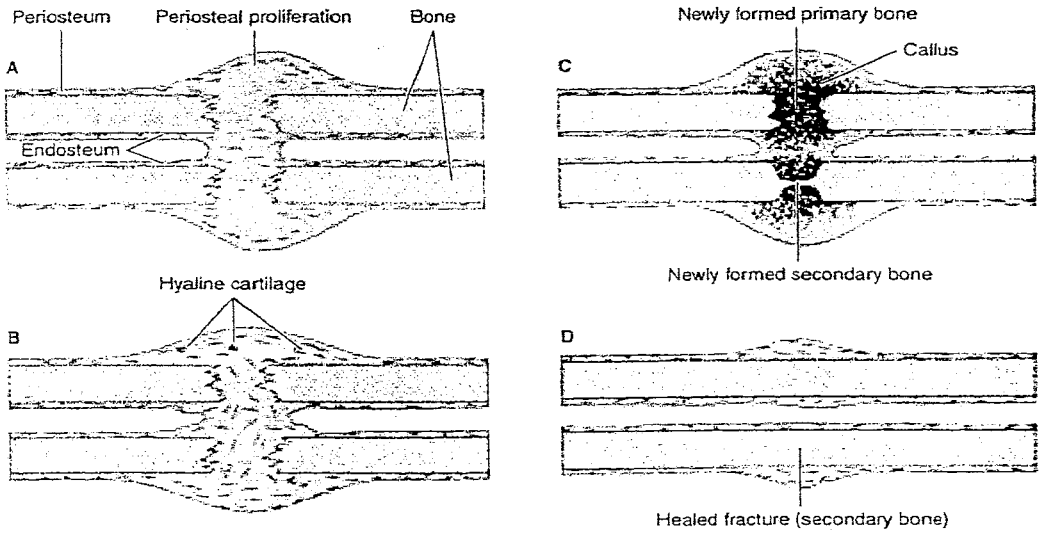
ينظم هرمون النمو تكاثر الخلايا الغضروفية في منطقة غضروف الاتصال المسؤول عن نمو الغضاريف طولا وبالتالي نمو العظم طولا حيث يؤدي قصور الهرمون للقصر والقزامة Dwarfism اما زيادته فيؤدي للعملقة Gigantism

ب_ الهرمون الدرقي :يحرض على النمو فبغيابه عند الاطفال يحصل Critinism المصاحب بالقزامة . كما ان اعطاء كميات كبيرة من الهرمون يؤدي الى زوال غضروف الاتصال بشكل مبكر بتسريع حوادث التعظم .

4-**الكالسيوم** : يؤدي نقص الكالسيوم عند الاطفال الى Rickets (رخد) اما نقصه عند البالغين فيؤدي الى Osteomalcia او تلين العظام .

اندمال العظم :

عند اصابة العظم بكسر ما Fractured تموت الخلايا العظميه ولحمة العظم المجاورة لمنطقة الكسر كما تتقطع الأوعية الدموية الشعريه وتنزف ويتكون اثر ذلك علقة دموية Blood Clot .



مراحل تشكيل النسيج العظمي الحديث بعد الكسر

يتم خلال الترميم Repair العظمي سحب خلايا العلقة الدموية واللحمة العظميه من قبل الخلايا البالعه و يبدأ السمحاق الظاهر والباطن بتشكيل نسيج حبيبي حول وطرفي منطقة الكسر مالئة له لا تلبث أن تزداد فيه الألياف المولدة للغراء وينقلب الى نسيج ليفي كثيف مشكلاً ندبة ليفيه ، يتحول الى نسيج غضروفي وبعدها الى نسيج عظمي اسفنجي أولى يتحول تدريجياً الى نسيج عظمي هافرسي .

بخلاف بقية نماذج النسج الضامة فإن التآم أو اندمال Heals النسيج العظمي يتم دون تشكل ندبة .