الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

السنة الأولى

النسج والتشريح

د.غيثاء منصور

م7+8

500

المحاضرة السادسة لمقرر النسج والتشريح

لطلاب الصيدلة سنه أولى في الجامعة السورية الخاصة

الفصل الثاني

للعام الدراسي 2016 – 2017

د. غيثاء منصور

النسيج العضلي

Muscular Tissue

يعد النسيج العضلي مسؤولاً عن أغلب حركات الجسم . وأغلب الخلايا العضلية من أصل متوسطي Mesenchymal Origin من الخلايا المتوسطية. تتمايز هذه الخلايا بتطاولها التدريجي وتركيب البروتينات التقلصية إلى خلايا عضلية .

تتضمن الأنسجة العضلية خلايا عضلية ونسيجاً ضاماً يتضمن أوعية دموية وبلغميه وألياقاً عصبية وهناك ثلاثة نماذج من الأنسجة العضلية يمكن تمييزها عند الرئيسات بالاستناد إلى الناحية الشكلية والوظيفية للخلايا العضلية وهي :

- **العضلي الأملس Smooth Muscle** : يتضمن خلايا عضلية مغزلية. تقلصه بطيء و ضعيف وغير خاضع للإرادة .
- **العضلي الهيكلي Skeletal Muscle** : يتكون من خلايا اسطوانية طويلة للغاية متعددة النوى . تقلصها سريع وقوي ومتقطع وعادةً خاضع للإرادة .
- **العضلي القلبي Cardiac Muscle** : يتركب من خلايا متفرعة يتصل بعضها مع بعض في نهاياتها بالأقراص السليمة Intercalated Discs . تقلصها لإرادي وقوي وسريع ومستمر ..

النسيج العضلي الأملس

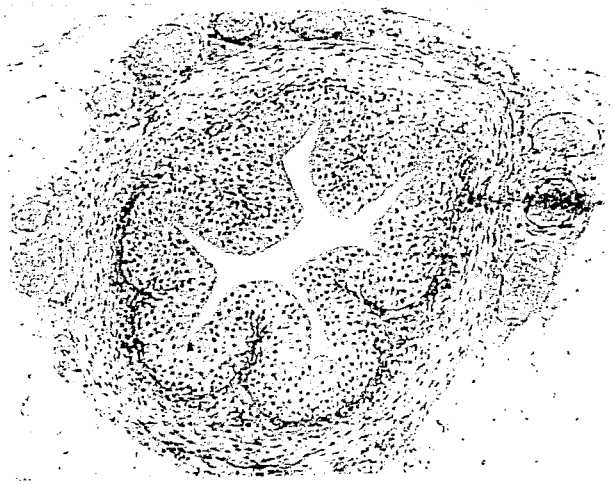
Smooth Muscular Tissue

غير خاضع للإرادة ويوجد في جدر العديد من الأعضاء ومحافظ بعضها , يوجد في :

- الجهاز الهضمي : من منتصف المري حتى نهاية المستقيم .

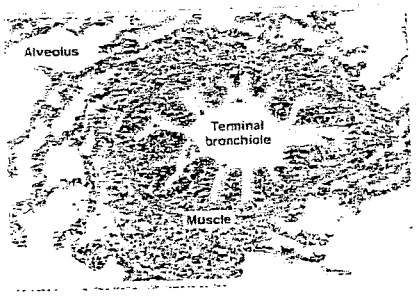
- الجهاز التناسلي الذكري والأنثوي : في الطرق الناقلة للنطاف والبيوض.

- الجهاز البولي : في الطرق البولية .



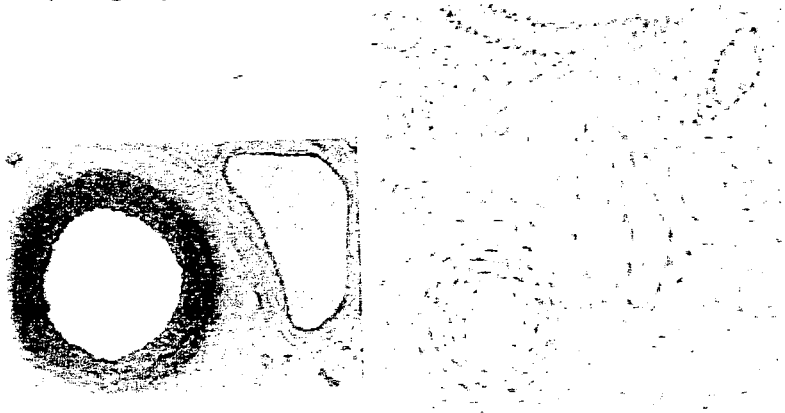
-

- الجهاز التنفسي : في الرغامى والطرق الرئوية الهوائية .



-

- جهاز الدوران والجهاز البلغمي : في مختلف الأوعية الدموية والبلغمية .



-

- الجلد والعين والغدد خارجية الإفراز وأعضاء مختلفة أخرى .

تشتق أغلب الخلايا العضلية (Myocytes) في هذا النسيج من الوريقة المتوسطة . يتطاول بعض الخلايا المتوسطية وتصبح ذات شكل مغزلي بنوى متطاولة تعرف بالخلايا المصورة العضلية Myoblasts . يستمر هذا التحول خلال المراحل المبكرة للتطور تأخذ بعدها الخلايا المصورة العضلية بالانقسام مكان الخلايا المتوسطية لتشكيل خلايا عضلية جديدة . تتمايز الخلايا المصورة العضلية بتركيب بنى وبروتينات خيطية تقلصيه إلى خلايا عضلية Myocytes.

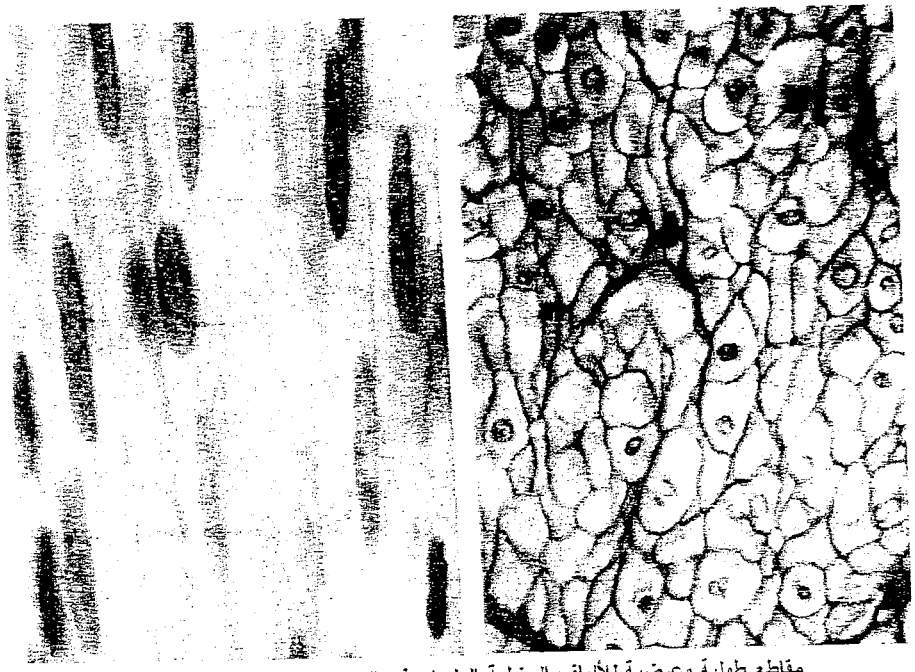
تصنف الخلايا العضلية الملساء إلى أربع مجموعات من الخلايا التقلصية :

- خلايا عضلية ملساء Smooth Muscle Cells
- خلايا عضلية ظهارية Myoepithelial Cells
- خلايا عضلية ليفية Myofibroblasts
- خلايا هامشية Pericytes

الخلايا العضلية الملساء Smooth Muscle Cells :

للخلايا شكل مغزلي متطاول لذلك تدعى بالألياف العضلية Muscle Fibers. يختلف شكلها فهي طويلة ورفيعة في الأمعاء قصيرة وسميكة في الشرايين الصغيرة .

الألياف العضلية الملساء



مقاطع طولية وعرضية للألياف العضلية الملساء في المجهر الضوئي

تأخذ الهيولى العضلية Sarcoplasm باستخدام الهيماتوكسيلين ايوزين اللون الايوزيني الواضح Eosinophil وهذا مايميزها في المحضرات النسيجية عن الألياف المولدة للغراء Collagen Fibers التي تتلون باللون الأحمر الفاتح . وباستخدام طريقة ماسون Masson`s Trichrom تظهر الألياف العضلية حمراء اللون والألياف المولدة للغراء زرقاء أو خضراء .

تحاط الخلية العضلية أو الليف العضلي بغشاء خلوي عضلي Sarcoplasma Membrane مدعوم بصفيحة قاعدية Basal Lamina يشكلها مجموعها الغلاف العضلي Sarcolemma .

يحوي الليف العضلي نواة بيضوية متوضعة في مركز الشكل المغزلي ومسايرة بمحورها المحور الطولي لليف وتحوي نوية أو اثنتين .

تحتوي الهيولى العضلية Sarcoplasm على عضيات خلوية مختلفة كما تحتوي على مكتنفات مختلفة منها الغليكوجين والصباغ العضلي Myoglobin الذي يعطي اللون الأحمر الخاص بالألياف العضلية .

تتميز الهيولى باحتوائها على خيوط عضلية Myofilaments لا ترى بالمقاطع الاعتيادية ولكن يمكن الكشف عنها بشكل ليفاتMyofibrils في المحضرات الطازجة بعد نقعها في الحمض الآزوتي أو ثلاثي حمض الخل .

يمكن للألياف العضلية الملساء أن توجد :

- **منعزلة ضمن** النسيج الضام كما في الزغابات المعوية Intestinal Villi **وفي بعض** الأعضاء الممتلئة (البروستات والأجسام الكهفية) وضمن النسيج الضام تحت الجلدي .
- **بشكل حزم وتشكل** عضلات مستقلة كما في :

1- عضلات قزحية العين Iris لتنظيم قطر حدقة العين بحسب الإضاءة .

2- العضلات الناصبة للأشعار Arrector Pili Muscles : تتقلص هذه العضلات بتأثير البرودة أو الخوف وتؤدي الى تجعد الجلد وانكماشه أو غربلة الجلد وانتصاب الأشعار .

- **بشكل طبقات بحيث** يكون اتجاه الألياف في طبقة يختلف عن الطبقة المجاورة ومثال ذلك انبوب الهضم Alimentary Canal حيث يحوي طبقتين عضليتين داخلية أليافها دائرية التوضع وخارجية أليافها طولية التوضع ما عدا المعدة Estomac التي يحتوي قميصها العضلي ثلاث طبقات الداخلية منها أليافها منحرفة الاتجاه .
- **بشكل طبقات غيرمحددة Plexiform** تتجه فيها الألياف في كل حزمة باتجاه معين كما في جدار المثانة .

وعند وجود الألياف بشكل حزم أو طبقات فإن تجمع الألياف العضلية يتم بحيث إن القسم المركزي من الليف العضلي أي القسم المتوسط البطني يكون بمحاذاة القسم الطرفي الدقيق من الألياف المجاورة لذا فإن مشاهدة النواة أو عدم مشاهدتها يعود إلى سوية القطع في المقاطع العرضية النسيجية .

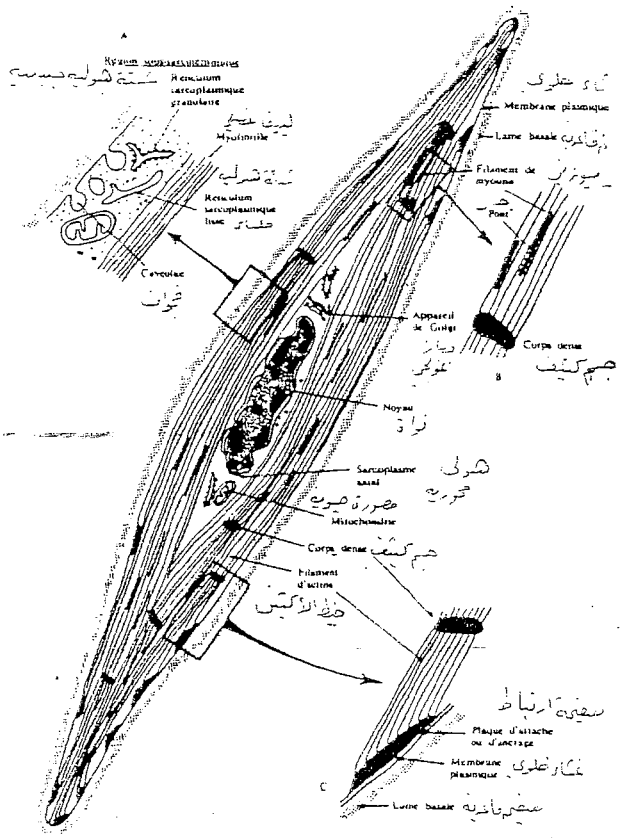
تقوم الألياف العضلية بالإضافة إلى وظيفتها التقلصية بتركيب الكولاجين والبروتيوغليكان (بروتينات مخاطية) وهي مواد خارج خلوية .

يمكن التمييز في المجهر الالكتروني مابين الهيولى المحورية والمحيطية . فيشاهد في الهيولى المحورية الفقيرة بالليفات تواجد العضيات الخلوية من شبكة هيولية حبيبية وجسيمات ريبية ومصورات حيوية وجهاز غولجي القليل التطور .

أما الهيولى المحيطية فتتميز بوجود الشبكة الهيولية الملساء والمصورات الحيوية ووجود خييطات بعضها رفيع هي خيوط الأكتين والآخر سميك هي خيوط الميوزين ، يشكل تجمعها في المجهرالضوئي ما يسمى بالليفات العضلية Myofibrils . يقابل كل خيط من الميوزين 15 خيطاً من الأكتين .

يحتوي الليف العضلي بالإضافة الى الخيوط العضلية على خيوط وسيطة Intermediate Filaments بقطر متوسط بين خيوط الأكتين و الميوزين وهي بمثابة خيوط هيكلية .

تبدي النواة في حالة التقلص العضلي انخماصات داخلية لذا يبدو سطحها مجعداً .



شكل تَرسيمي لليف العضلي الأملس في المجهر الالكتروني

لقد أظهر المجهر الالكتروني في الألياف المتجاورة وجود مناطق يلتحم فيها الغشاءان الخلويان وتزول الصفيحة القاعدية . تشكل هذه المناطق ما يعرف بالضفيرات Nexuses أو الاتصالات الرخوة Gap junctions التي يتم عن طريقها نقل التنبيه من ليف لآخر مجاور .

تعصيب النسيج العضلي الأملس :

يحدث التقلص العضلي نتيجة :

- تأثير ميكانيكي : حالة امتلاء المثانة بالبول .
- تأثير هرموني : حالة الرحم قبل المخاض .
- تأثير عصبي .

الخلايا العضلية الظهارية Myoepithlial Cells

تتوضع في محيط العنبات الغدية بين الغشاء القاعدي للخلايا الغدية والصفيحة القاعدية لبعض الغدد الخارجية الافراز كالغدد اللعابية Salivary والثديية Mammary والعرقية Sweat والدمعية Lacrymal والقصبية Bronchial . لها شكل نجمي تحوي هيولاها على حزم من الخيوط العضلية ويؤدي تقلصها إلى طرح المفرزات الغدية من اللمعة باتجاه الأقنية الافراغية .

الخلايا العضلية الليفية Myofibroblasts

لها مظهر وسط بين الخلايا المصورة لليف والخلايا العضلية وتبدو كخلايا مسطحة قصيرة. تشاهد في العديد من الأعضاء مثل الخصية حول الأنابيب المنوية كما تشاهد بين الصفائح المرنة للشرايين الكبيرة كالأبهر والشرايين الرئوية . يشبه مظهر الخلية اليافعة مظهر الخلية المصورة لليف. تؤدي الخلايا العضلية الليفية دوراً إفرازياً وتقلصياً .

الخلايا الهامشية Pericytes :

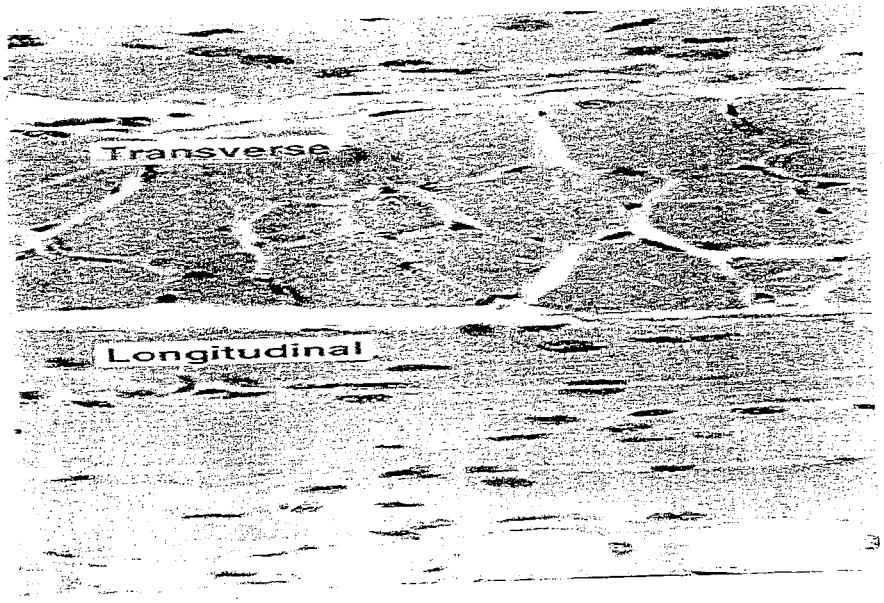
تحيط بالخلايا البطانية للأوعية الشعرية وتتوضع ضمن غشاء قاعدي مضاعف . لها صفات تقربها كثيراً من الخلايا العضلية الملساء وعند تأذي النسيج فبإمكانها الانقسام والقيام بدور خلية متوسطية بدائية تستطيع التمايز إلى خلية عضلية ليفية أو لتشكيل نسيج متوسطي يتطور بعدها لتشكيل النسيج الضام والأوعية الدموية الجديدة .

النسيج العضلي الهيكلي
Skeletal Muscle Tissue

يستر الجسم و يشاهد أيضاً في العين و الأذن و تجويف الفم و اللسان والقسم العلوي من المري بالاضافة الى الطرق التنفسية العلوية . وهو إرادي و مخطط و يتكون من خلايا عضلية Myocytes أو ألياف عضلية Myofibers توجد ضمن نسيج ضام .
يتعلق قطر الليف العضلي بعوامل مختلفة مثل نموذج العضلة والعمر والجنس والحالة الغذائية والتدريب الرياضي فالرياضة تخفف تخزين الشحوم وتزيد نموالعضلات.

الألياف العضلية المخططة Striated Muscle Fibers:

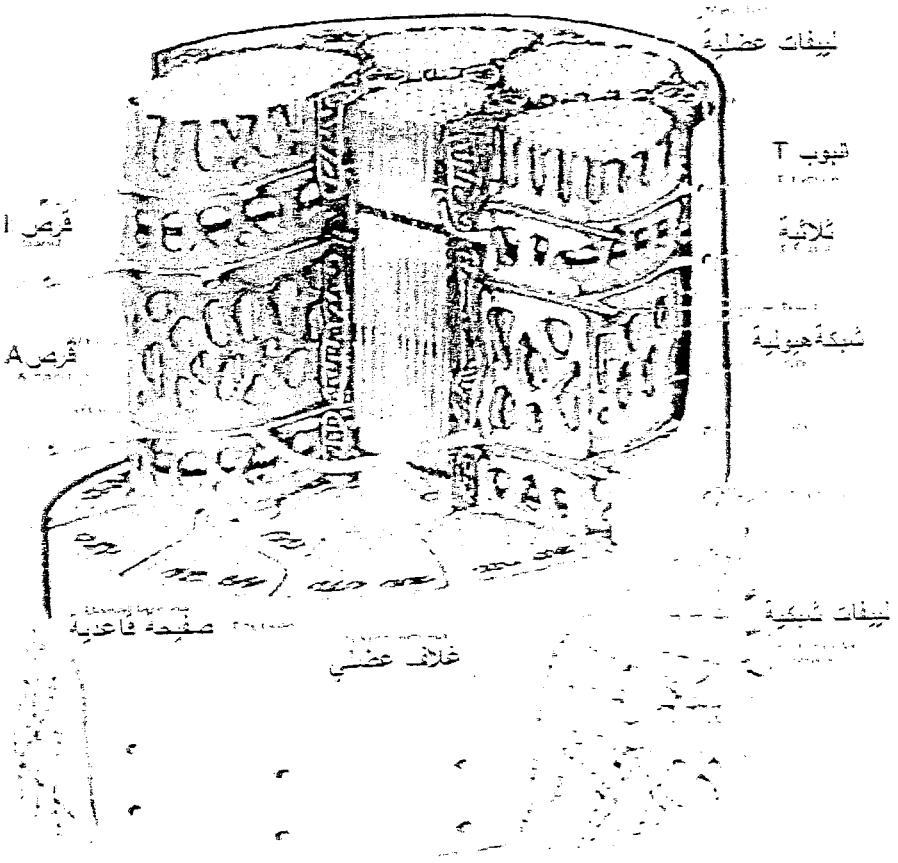
تنتج الألياف من اجتماع عدة مئات من الخلايا المصورة العضلية Myoblasts . يمثل الليف العضلي خلية عضلية ذات شكل اسطواني بنهايتين مؤنفتين (مخروطيتين) . يتراوح طول الليف ما بين 100 ميكرون أو عدة ميليمترات أو حتى عدة سنتيمترات (30 سم) .



مقاطع مجهرية طولية وعرضية بتكبير قوي لألياف عضلية هيكلية

النوى متعددة متوضعة في محيط الليف تحت الغشاء الخلوي و هي بيضوية متطاولة. يتوضع بالقرب من النوى العضلية العضيات الخلوية كالشبكة الهيولية الحبيبية و الجسيمات الريبية و المصورات الحيوية وجهاز غولجي القليل التطور .

يحد الليف غشاء خلوي يستمر خارجيا بصفيحة قاعدية يشكل مجموعها الغلاف العضلي Sarcolemma . يبدي الليف في المجهر الضوئي ضمن الهيولى العضلية Sarcoplasm وجود خيوط طولية قاتمة تستمر على كامل طول الليف تعرف بالليفات العضلية Myofibrils .



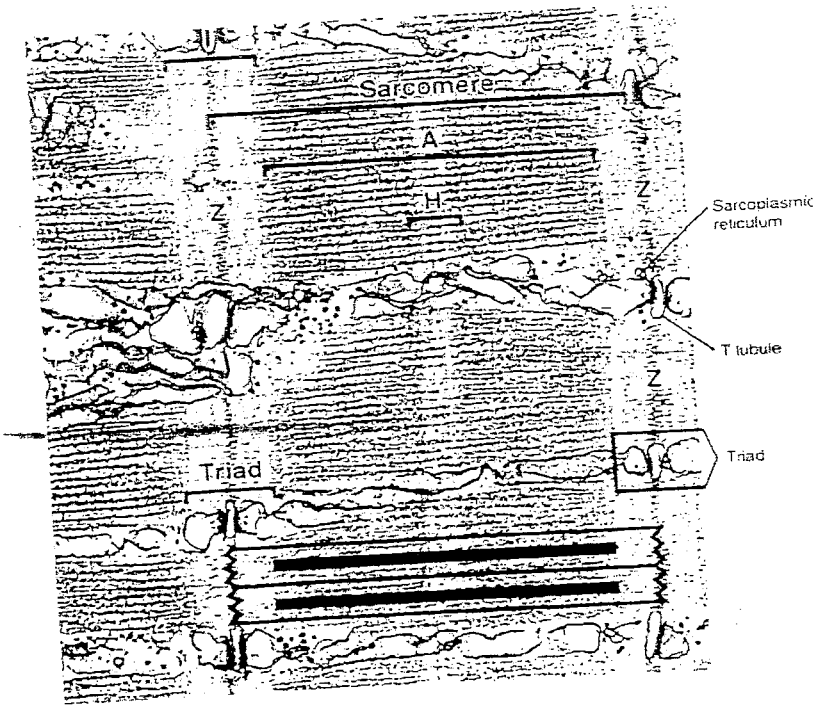
رسم توضيحي فراغي لجزء من ليف عضلي هيكلي

تظهر هذه الليفات الطولية في المقاطع العرضية بشكل تكثفات نقطية قاتمة قد تتجمع أحياناً بشكل مجموعات ضمن الهيولى الباهتة نسبيا يطلق على هذا المنظر ساحة كوهنهايم Cohnheim . تحوي المناطق الباهتة من الهيولى الخلوية على مصورات حيوية عضلية Sarcosomes وشبكة هيولية عضلية Sarcoplasmic Reticulum ومدخرات مختلفة . تظهر الليفات العضلية في المجهر الضوئي لمقاطع طولية وبالتكبير القوي وجود تخطيطات عرضية تظهر على كامل طول الليف تعود إلى عدم تجانس تركيبها . فيظهر لدينا تتالي أقراص قاتمة Dark bands وأقراص نيرة Light Bands ، يطلق على الأقراص القاتمة أقراص A (Anisotrope) وهي غير كاسرة للضوء Dark Bands. وهي ثابتة الطول لا يتغير طولها في حالة التقلص أو التمدد .

أما الأقراص النيرة فتعرف بأقراص I. وينصف أقراص I خيط قاتم يعرف بقرص أوخيط Z . كما ينصف القرص القاتم منطقة باهتة تعرف بقرص H يلاحظ في منتصفها خيط قاتم يعرف بخيط M. تعرف المسافة الممتدة بين قرصي Z بالوحدة العضلية أو الساركومير Sarcomere . تتالى الوحدات العضلية على كامل طول الليف العضلي لسائر الليفات. تتوضع الأقراص القاتمة والنيرة لسائر الليفات في مستوٍ واحد ضمن الليف العضلي في المجهر الضوئي مما يظهر بالاضافة للتخطيطات الطولية لليفات العضلية تخطيطات عرضية .

مكونات الهيولى العضلية :

تتوزع الهيولى في سائر أرجاء الليف العضلي. المصورات الحيوية متطورة وتتجمع بشكل مجموعات موازية للمحور الطولي لليف بين الليفات العضلية Myofibrils.



صورة الكترونية لوحدات عضلية وثلاثيات أنبوبية

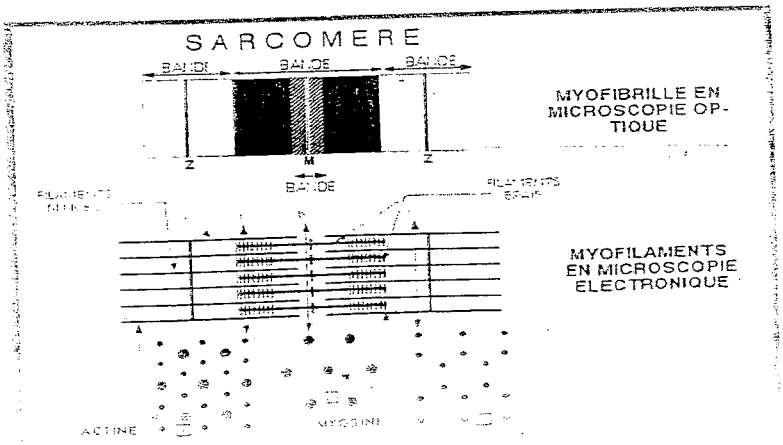
تبدو الشبكة الهيولية الملساء (Smooth Endoplasmic Reticulum) بشكل شبكة قنيوية تتوزع بين الليفات .

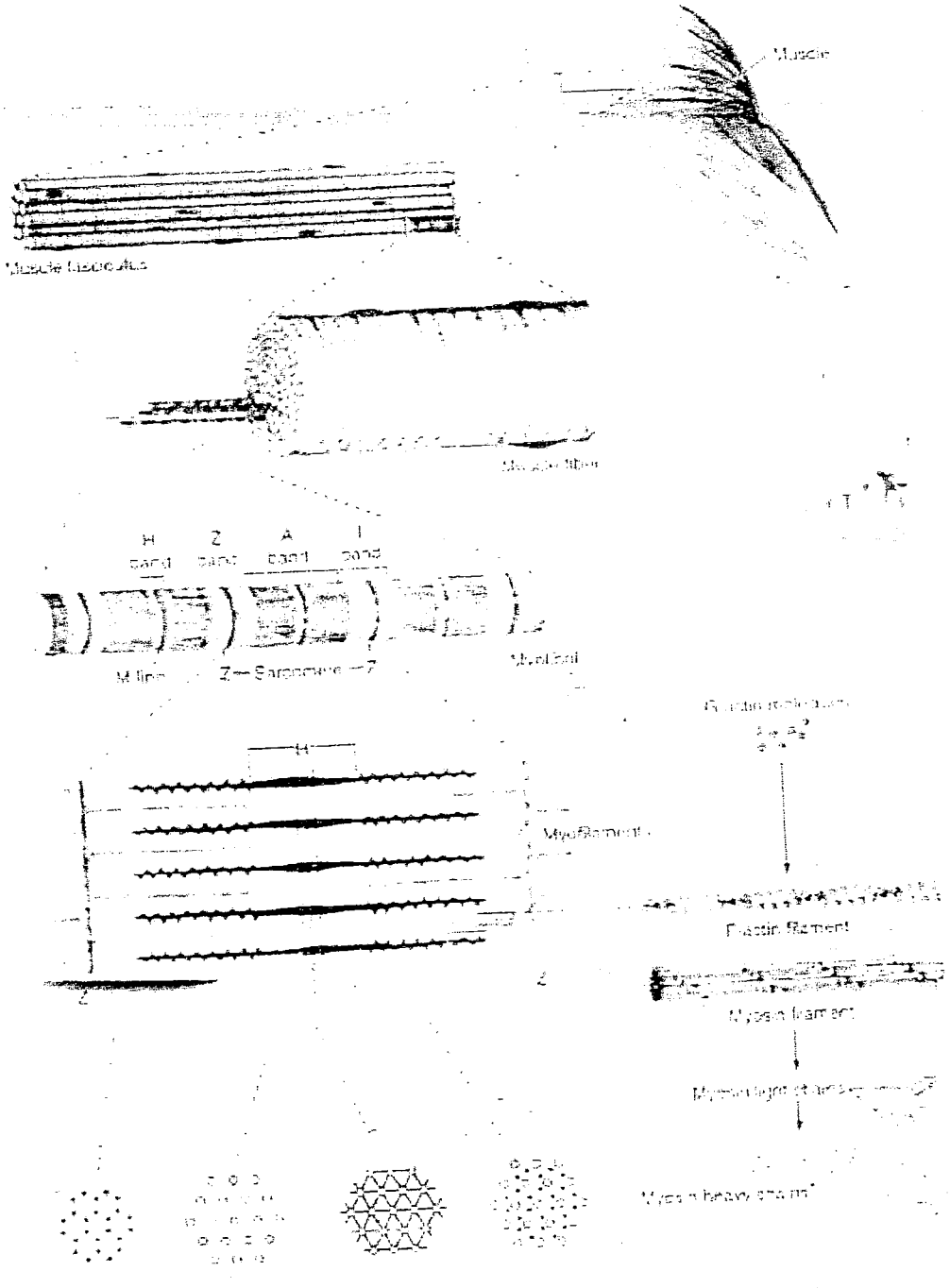
تتقابل الأحواض الانتهائية تاركة مسافة يشغلها أنبوب ذو قطر صغير هو الأنبوب المستعرض Transverse Tubules أو أنبوب T وذلك في مستوى الحد الفاصل بين قرصي A و I يطلق على هذه التجمعات الأنبوبية الثلاثة ما يعرف بالثلاثيات Triads .
ينتج أنبوب T عن انخماص الغلاف العضلي ويتصل مباشرة مع الوسط خارج الخلوي .
يشاهد بين أنبوب T والأحواض الانتهائية تكثفات تذكر بالاتصالات الفضوية بين الخلايا الظهارية .

تحتوي الهيولى العضلية على مواد شاردية ومواد عضوية . كما تحوي الهيولى على الصباغ العضلي كصبغة تنفسية وكذلك ATP والفوسفاجين بالاضافة إلى الغليكوجين .

البنية الالكترونية لليفات العضلية Myofibrils :

تتألف الليفات العضلية من خيوط الميوزين Myosin Filaments وخيوط الأكتين Actin Filaments . تتوضع خيوط الميوزين ضمن قرص A القاتم . أما خيوط الأكتين فتبني وحدها الأقراص النيرة وتمتد إلى داخل القرص القاتم حتى القرص H. يقابل كل خيط من الميوزين ستة خيوط من الأكتين وتحتل في المقطع العرضي لليف العضلي في قرص A رؤوس مسدس مركزه خيط الميوزين .
يبنى القرص H من خيوط الميوزين أماالخيط M القاتم فيبنى بالاضافة لخيوط الميوزين من خيوط طولية من Myomesine و Mproteine موازية لخيوط الميوزين وأطلق عليها خيوط M وهي تتصل مع خيوط الميوزين بجسور عرضية هي جسور M .



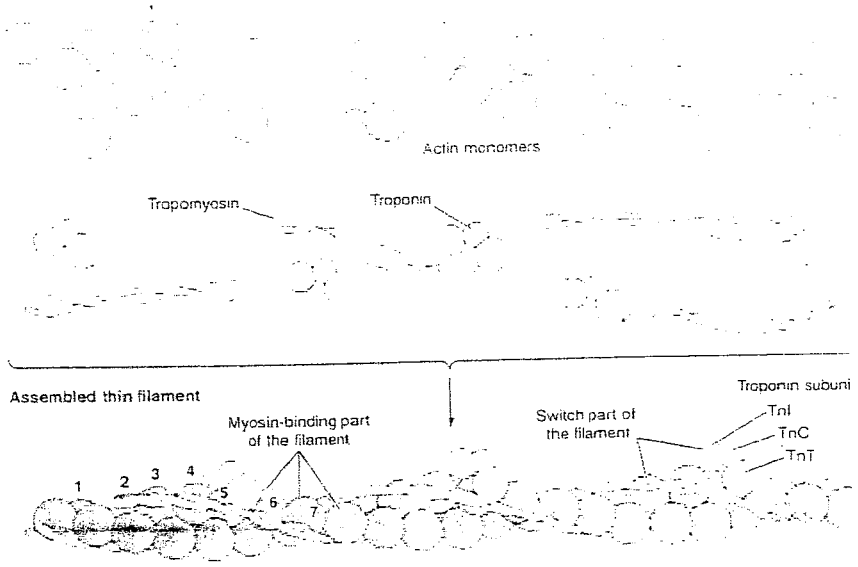


بنية العضلة وتوضع الخيوط السميكة والرفيعة

تركيب خيوط الأكتين Actin Filaments :

تتغطى كل نهاية حرة لخيط الأكتين بجزئية Tropomoduline وهي تؤدي دوراً في المحافظة وثبات الطول النهائي للخيوط الرفيعة بعد تجمعها أثناء تمايزالخلية العضلية . يبني خيط الأكتين من ثلاثة بروتينات هي الأكتين و التروبونين و التروبوميوزين .

- **بروتين الأكتين Actin** : يبنى من نحو200 جزيئة كروية من بروتين الأكتين الكروي Globular Actin .



رسم توضيحي للخيوط الرفيعة يظهر التوضع الفراغي للمكونات البروتينية الثلاث

ويوجد في كل بروتين كروي مكان لارتباط مع الميوزين . تشكل الأكتينات الكروية باجتماعها على هيئة سلسلتين ملتفتين على بعضهما بشكل حلزوني الأكتين الليفي Fibrous Actin.

- **بروتين التروبوميوزين Tropomyosin** : هو بروتين ليفي Fibrous Protein يحتوي على سلسلتين ببتيديتين ملتفتين على بعضهما بشكل حلزوني . يتوضع التروبوميوزين الليفي في الميزابة المتشكلة بين سلسلتي ولكل منها الأكتين ويحتل

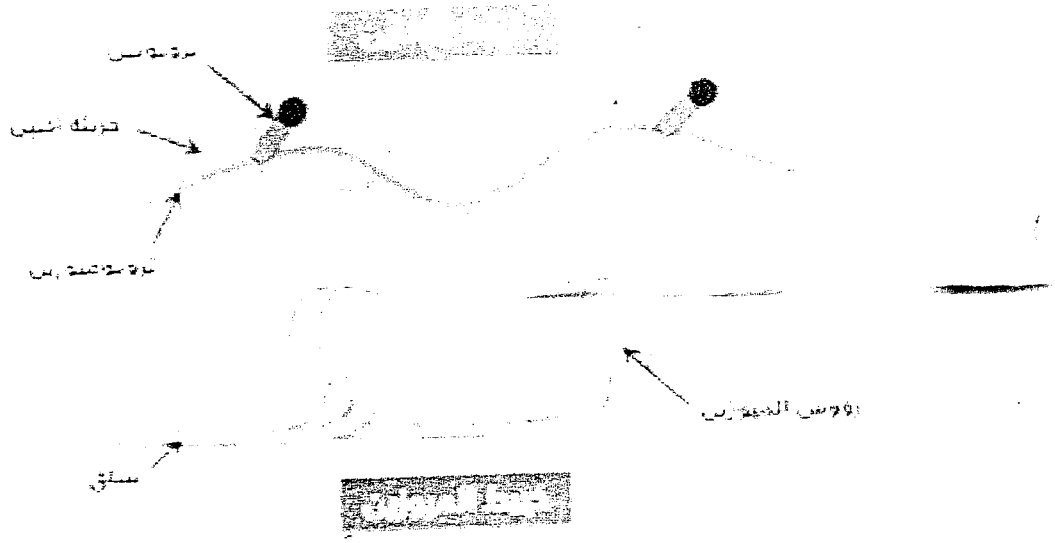
مكان سبعة جزيئات من الأكتين الكروي كما يقدر أن هناك نحو 40 – 60 جزيئة من التروبوميوزين تتوضع رأساً بذيل في خيط الأكتين .

- **بروتين التروبونين Troponin** : هو بروتين كروي محب للكالسيوم يتركب من ثلاث وحدات :

– وحدة تتصل مع التروبوميوزين ويرمز لها TnT .

– وحدة ترتبط بشوارد الكالسيوم ويرمز لها TnC وعند الارتباط يتم انفصال الارتباط بين وحدة I من التروبونين والأكتين الكروي .

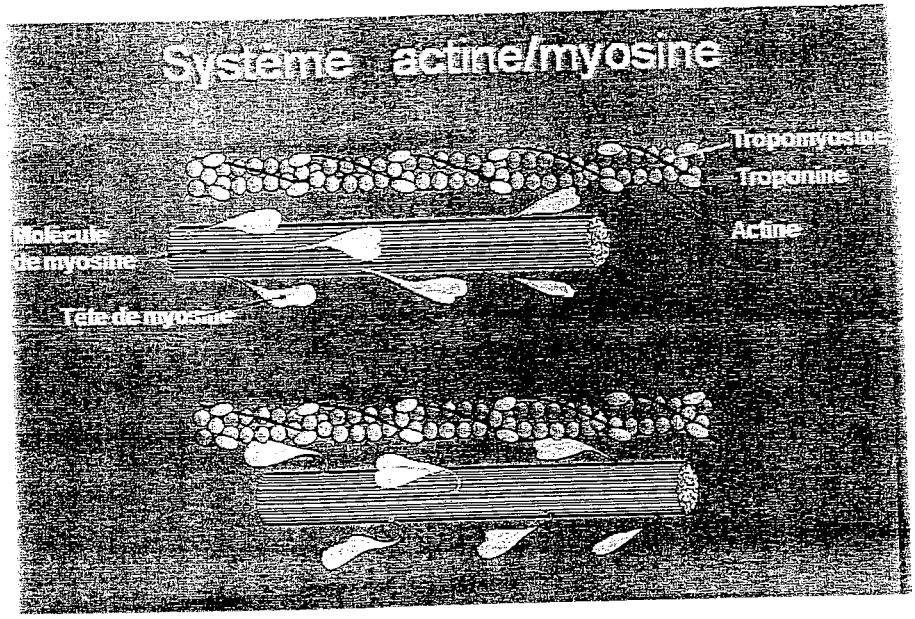
– وحدة تثبيط الفعل المتبادل بين الأكتين والميوزين ويرمز لها TnI. يرتبط التروبونين على احدى نهايتي جزيئة التروبوميوزين .



- تركيب خيوط الميوزين :

تتركب من بروتين الميوزين Myosin ويمكن تقسيمه إلى سلسلتين ثقيلتين وزوجين من السلاسل الخفيفة. تأخذ سلاسل الميوزين الثقيلة الرفيعة الشكل العصوي .

يتكون من التفاف السلاسل الثقيلة في طرفها امتداد كروي برأس مزدوج يشكل الرأس الذي يملك مكان ارتباط الـ ATP أي أن له نشاط (AT Pase) كما أن له امكانات الارتباط بالأكتين .



إن اخضاع بروتين الميوزين إلى انحلال بروتيني بالتربسين يؤدي إلى انشطاره إلى قطعتين الميروميوزين الخفيف Light Meromyosin (LMM) (السلسلتين المبتديتين الخفيفتين) والميروميوزين الثقيل Heavy Meromyosin (HMM) .

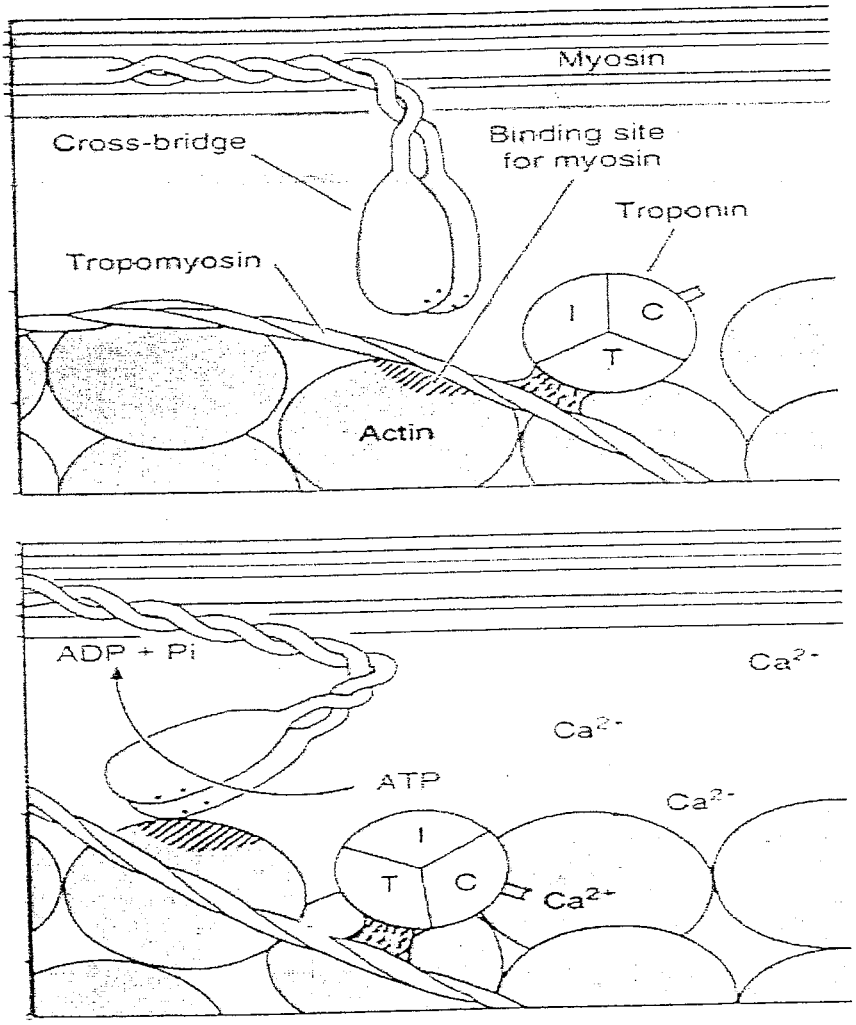
يمثل الميروميوزين الخفيف الجزء الأكبر من الجزء العصوي و في قاعدة الرأس ضمن منطقة انتقالية تؤمن القساوة أما الميروميوزين الثقيل فيتضمن الرأس الكروي البارز مع جزء صغير عصوي أي ما يعرف بالجسور العرضية الممتدة من خيوط الميوزين التي تصل لخيوط الأكتين أثناء التقلص العضلي .

الآلية الأساسية للتقلص :

يؤدي تقلص الألياف العضلية إلى قصر أطوال الوحدات العضلية أي نقص المسافة بين خيوط Z المتتالية وبالتالي نقص أطوال الليفات العضلية لأنها تتثبت على النهاية الطرفية لليف العضلي .

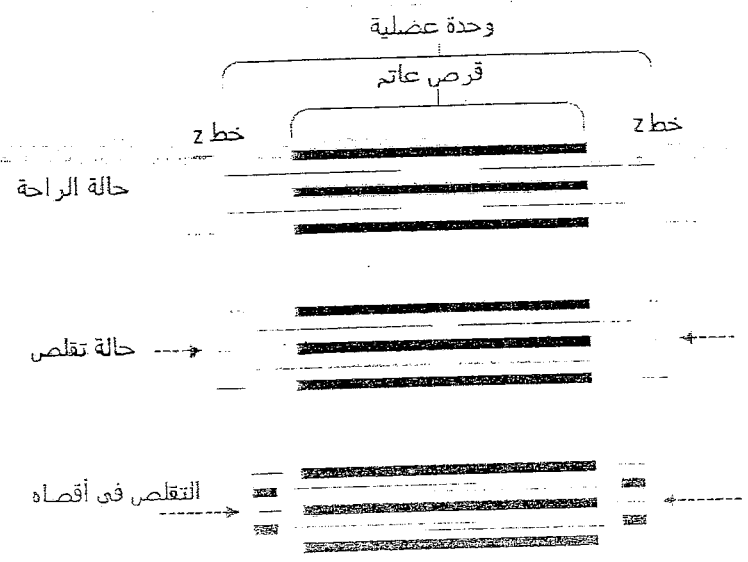
يصل طول الوحدة العضلية في حالة التقلص إلى 1,5 ميكرون بينما يصل طولها في حالة الإسترخاء إلى 2- 3 ميكرونات . وفي مستوى الأقراص فإن أطوال I و H ينقص في حالة التقلص حتى يمكن أن تنمحي كلياً في حالة التقلص الأعظمي . أما في حالة التمدد فإن أطوالها تزداد وفي سائر الحالات فإن قرص A يبقى ثابتاً وأثناء التقلص أو الاسترخاء لايتغير أطوال خيوط الأكتين والميوزين وهذا أدى إلى تركيب نظرية الانزلاق Slide لخيوط الأكتين بين خيوط الميوزين .

يتم الانزلاق بفضل اتصال وانقطاع مستمر لجسورالاتصال العرضية Cross-bridges العائدة لخيوط الميوزين مع خيوط الأكتين علماً أن هذه الجسورمتناظرة بالنسبة لخيط M.



آلية التقلص العضلي على المستوى الجزيئي

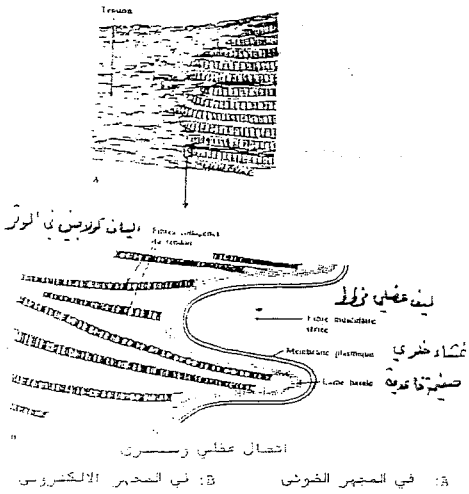
لقد وضح Huxley ذلك مستنداً إلى خاصية تثني القطعة S2 للميروميوزين الثقيل ولأن جسور الاتصال تتكون من S1 و S2 للميروميوزين الثقيل لذا فإنه يتم في المرحلة الأولى اندفاع S2 باتجاه خيط الأكتين يتلوها في المرحلة الثانية انحناء القطعة S1 مؤدية إلى تحريك خيط الأكتين بمقدار 50 A باتجاه خط M أما في المرحلة الثالثة فتعود S1 و S2 إلى أوضاعها الأصلية لتنفيذ اتصال جديد مع موضع آخر للأكتين أي جزيئة مجاورة للأولى وهكذا بالتدريج تنزلق خيوط الأكتين بين خيوط الميوزين .



- أثناء التقلص :
- قصر طول الأقراص النيرة
- تناقص طول الشريط H إلى غاية اختفائه تقريبا.
- بقاء الاقراص العاتمة بدون أي تغير في طولها.
- **في حالة الراحة:**
- يزداد طول نصفي القرصين النيرين و تتسع مناطق الـ H دون تغير في طول القرص العاتم.

الاتصال العضلي الوتري Muscle Tendon Junction :

يتم في منطقة الاتصال ارتكاز الحزم الليفية المولدة للغراء العائدة للأوتار في أطراف الليف العضلي ضمن انخماصات عميقة أو قليلة العمق للغلاف العضلي تزيد سطح هذه المنطقة بمقدار 10 – 50 مرة .



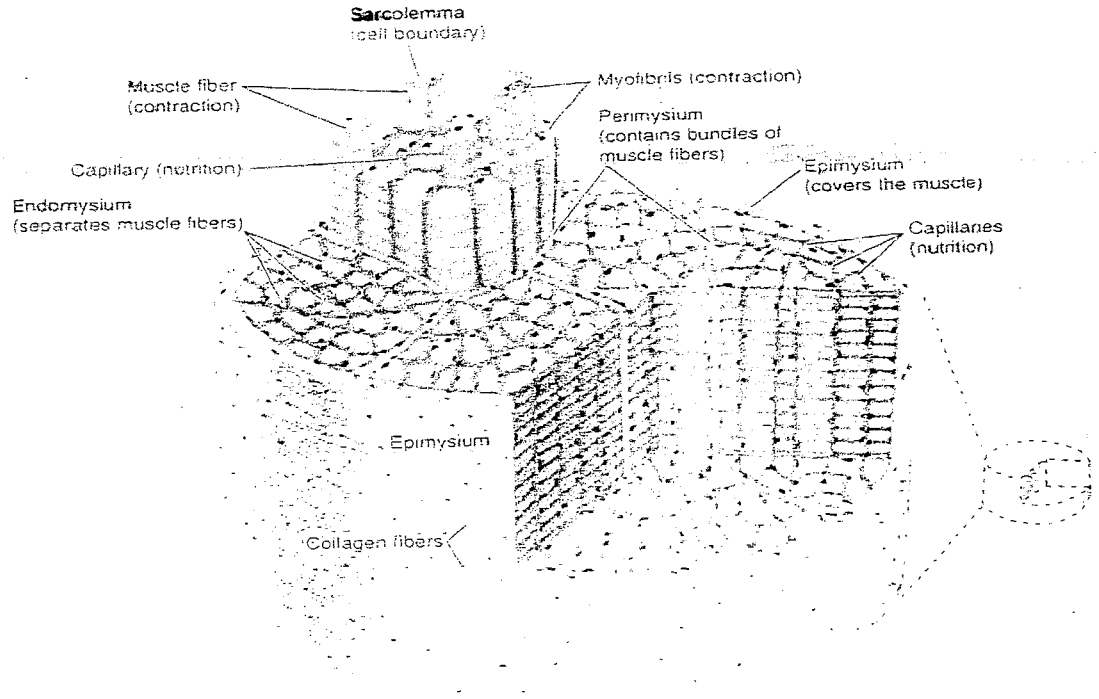
التوعية Vascularization :

تدخل الأوعية الدموية في الحجب الضامة بين حزم الألياف بشكل شرينات تتفرع وتشكل أوعية شعرية تسير موازية للألياف وتتفاغر أثناء سيرها أما الوريدات الصادرة عنها فتملك دسامات وتسلك طريق الشرينات نفسه .

لا تشاهد الأوعية الشعرية البلغمية Lymphatic Capillaries بين الألياف العضلية وينحصر وجودها في غمد الحزم والنسيج الضام وعلى طول الأوعية الدموية .

تنظيم العضلات الهيكلية Organization of Skeletal Muscle :

لايتم تجمع الألياف العضلية التي تشكل العضلات بمختلف نماذجها بشكل عشوائي وإنما بشكل حزم منتظمة فتحاط العضلات بغمد خارجي من نسيج ضام كثيف يعرف غمد العضلة أوصفاق العضلة Epimysium ويمتد من غمد العضلة حجب ضامة تحيط بحزم الألياف ويعرف النسيج الضام حول الحزم بغمد الحزمة Perimysium .

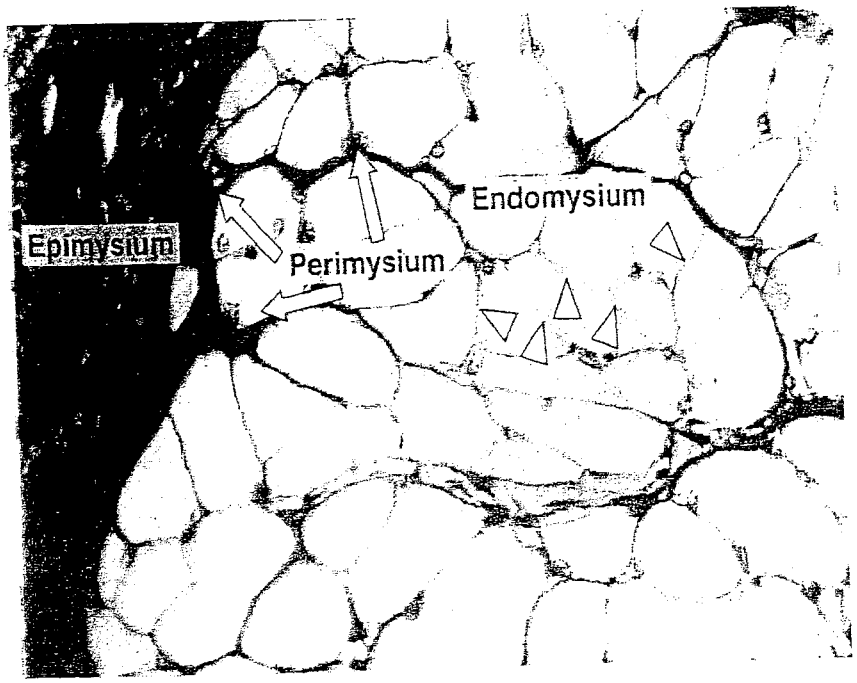


بنية العضلة الهيكلية

أما الألياف العضلية فيحدها بالاضافة إلى الصفيحة القاعدية غمد رقيق غير منتظم من ليفات شباكية بالاضافة إلى مادة أساسية يشكل غمد الليف Endomysium .

تعد الأغماد الضامة المحيطة بالحزم والعضلة بنى ضامة حقيقية تحوي على الألياف المولدة للغراء والألياف المرنة والخلايا المصورة لليف والأوعية الدموية .

لايؤمن النسيج الضام ربط الألياف العضلية فقط وإنما يعطي نوعاً من حرية الحركة فيما بينها كما أنه يستمر ببنى ضامة في الأعضاء التي يرتبط بها ويؤثر فيها حين تقلصه ومنها الأوتار ، العظام ، أدمة الجلد ، والأعصاب وغيرها .



مقطع مجهري عرضي لجزء من عضلة هيكلية

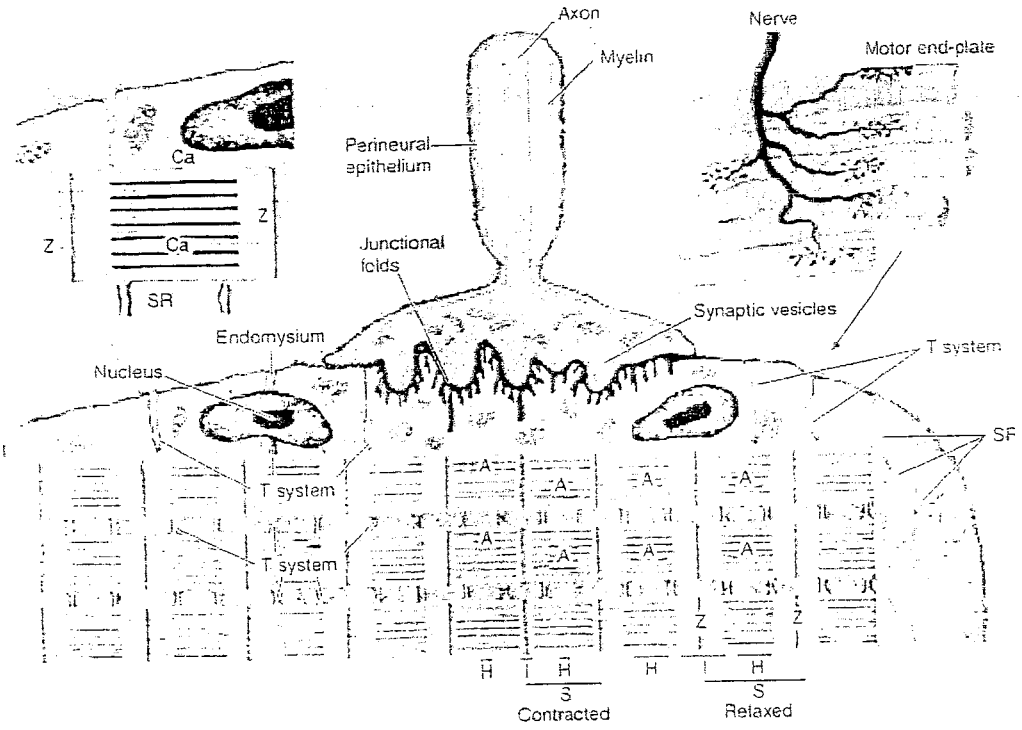
تعصيب العضلات الهيكلية Innervation of Skeletal Muscles أو الاتصال العضلي العصبي Myoneural Junction :

تستلم العضلة المخططة الهيكلية عصباً أو عدة أعصاب مخية شوكية تتفرع لفروع تستدق تدريجياً وتنتهي :

- في الألياف العضلية خارج المغزلية وهي محركة .
- في الألياف العضلية داخل المغزلية وهي محركة وحسية .

- التعصيب الحركي Motor Innervation :

تعصب الخلية العصبية المحركة العائدة للقرن الأمامي من النخاع الشوكي عدداً من الخلايا العضلية يختلف بين 10 إلى عدة مئات . يشكل هذا التعصيب العضلي ما يسمى الوحدة المحركة Motor unit ويمكن للألياف العضلية في الوحدة المحركة أن تكون متباعدة ومختلطة مع وحدات محركة أخرى .



البنية فوق المجهرية للوحة المحركة

لا يصل إلى أكثر الخلايا العضلية سوى ليف عصبي نهائي واحد في مستوى اللوحة المحركة Motor end Plate وكقاعدة عامة توجد لوحة محركة وحيدة لكل ليف عضلي يكشف عنها بالمجهر الضوئي بالتشريب بالذهب أو الفضة .

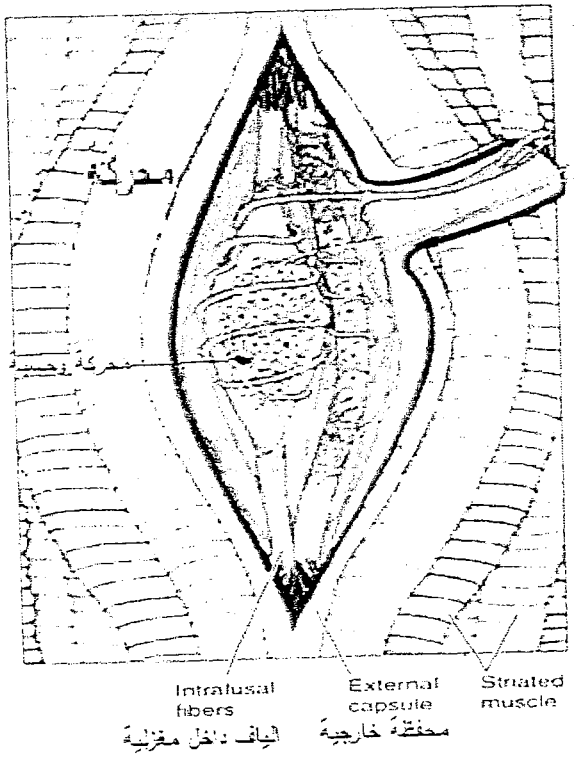
التعصيب الحسي Sensitive Innervation : يتضمن التعصبي الحسي تشكلات تتوضع ضمن العضلات أو الأوتار وهي المغازل العضلية العصبية والأعضاء العضلية الوترية لغولجي .

المغزل العضلي العصبي Neuromuscular Spindle :

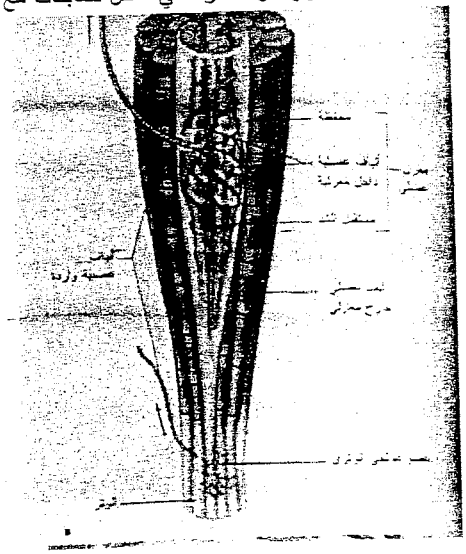
هي مستقبلات محركة حسية تتوضع ضمن العضلات في الأماكن ذات العلاقة بوضعية الجسم Maintain Posture وذات الحركة الخفيفة كعضلات اليد والعين .

يصل طول المغزل إلى 2-5 ملم ويتركب من خلايا عضلية خاصة هي الألياف داخل المغزلية Intrafusal Fibers لتمييزها عن الألياف العضلية خارج المغزلية Extrafusal

Fibers ومن ألياف عصبية محركة Motor Nerve Fibers وحسية Sensory Nerve Fibers وأوعية دموية . يوجد المجموع ضمن محفظة Capsule ضامة .



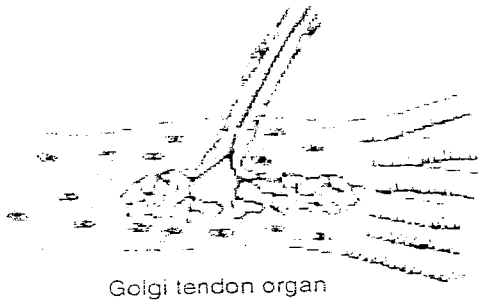
المغزل العضلي يظهر الألياف العصبية الواردة والصادرة التي تشكل تشابكات مع الألياف داخل المغزلية



تتوضع الألياف داخل المغزل بشكل موازٍ للألياف العضلية خارج المغزل ويتراوح عددها بين 3-12 ليفاً عضلياً . يحتوي المغزل على نهايات عصبية حسية ومحركة .

الأعضاء الوترية لغولجي Golgi Tendon Organs :

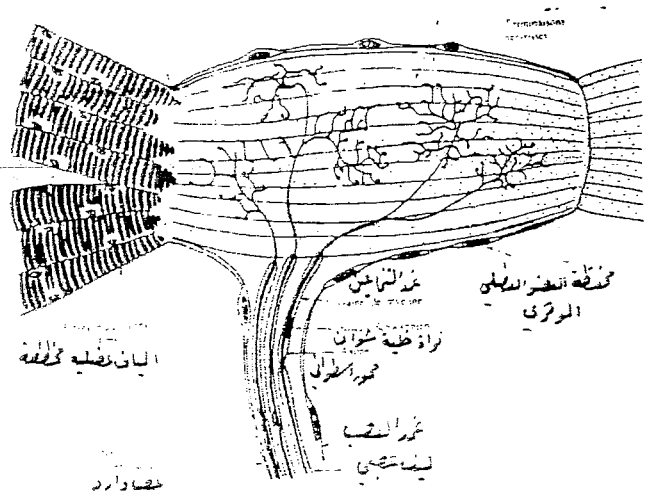
أعضاء مغمدة حسية تتوضع في الأوتار ، بالقرب من اتصالها مع العضلات أحياناً وتقوم بتنظيم التقلصات العضلية كما أنها مسؤولة عن الأفعال الانعكاسية للأوتار .



Golgi tendon organ

لها شكل مغزلي أو اسطواني متطاول بطول 1-3 ملم تتكون من نسيج دعامي مغمد تحتوي الأعضاء الوترية لغولجي على ليف أو عدة ألياف عصبية لانخاعينية تعود أحياناً إلى الألياف العصبية للعضلات نفسها .

يؤثر التقلص العضلي في الأوتار مؤدياً إلى الضغط على النهايات العصبية من قبل الألياف المولدة للغراء وتنبيهها . ينتقل هذا التنبيه إلى النخاع الشوكي بحيث يتم تثبيط العصبونات المحركة وتقليل التقلص العضلي .



شكل ترسيمي للعضو العضلي الوتري لغولجي

النسيج العضلي القلبي
Cardiac Muscle Tissue

يحتل النسيج العضلي القلبي الطبقة المتوسطة السميكة من جدار القلب أي القميص العضلي Myocardium وهو لا إرادي يتقلص بشكل منتظم وتلقائي منذ تشكل القلب في الجنين وإلى نهاية الحياة كما أنه يبدي التخطيطات العرضية .

تتكون العضلة القلبية من حزم عضلية تتجه باتجاهات مختلفة بينها نسيج ضام غني بالأوعية الدموية لذا يبدي مقطع العضلة القلبية النسيجي مقاطع طولية ومائلة وعرضية بسبب اختلاف توجه الحزم العضلية .

يضم النسيج العضلي القلبي ثلاثة نماذج للخلايا العضلية القلبية :

1- خلايا عضلية قلبية تقلصية ذات شكل اسطواني غالباً ثنائية التشعب في أطرافها . تتصل الخلايا بهذه الأطراف مع خلية مجاورة أو أكثر لتشكل أليافاً عضلية متفرعة بطول 5 – 15 ملم .

2- خلايا عضلية متخصصة Cardionectrice تشكل الجهاز الناقل – Impuls Conducting system ومنها :

أ- الخلايا العقدية .

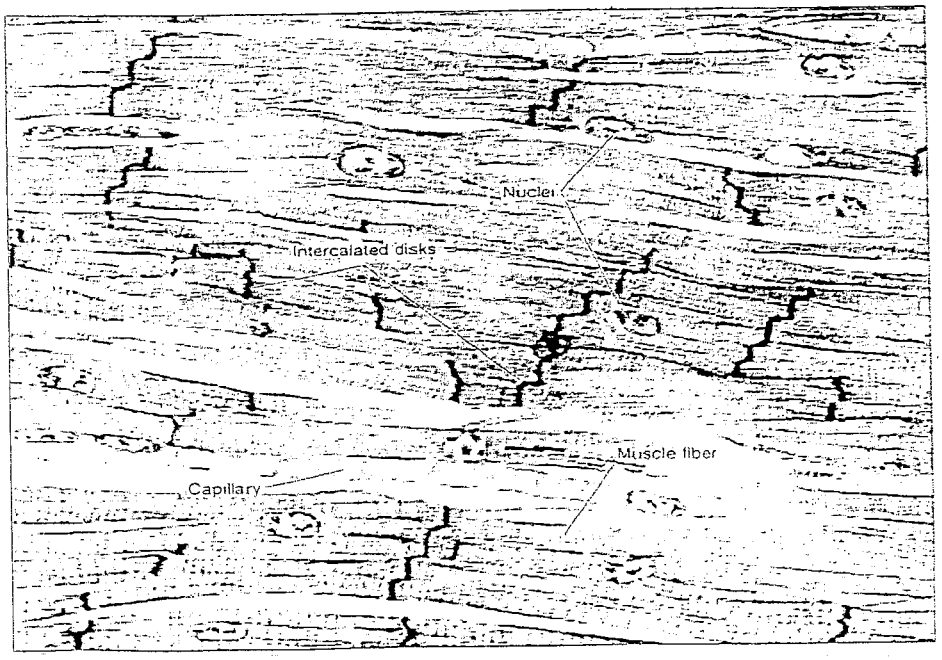
ب-خلايا بوركج : يتم فيها نقل التنبيه بسرعة 2-3 م / ثا بينما يتم في الخلايا العضلية القلبية العادية بسرعة 0.6 م/ ثا .

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 .

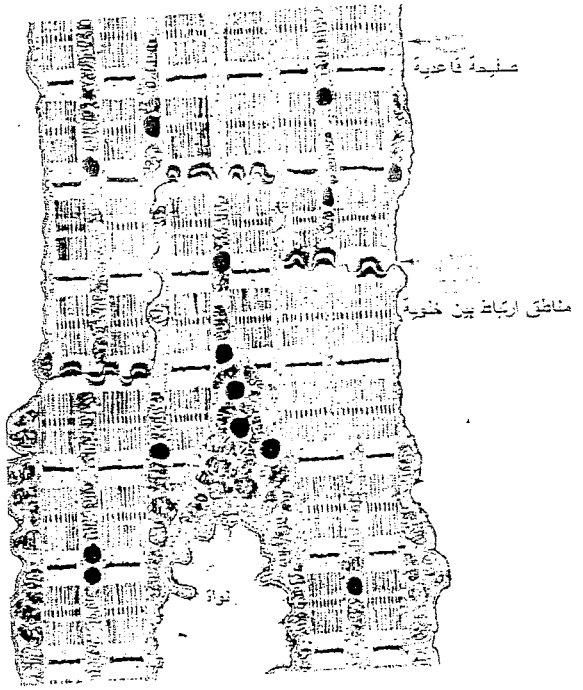
تظهر الخلايا تخطيطات عرضية مماثلة لما هي عليه في العضلات الهيكلية و لكن بعكس الألياف الهيكلية متعددة النوى فإن كل خلية قلبية تحتوي على نواة واحدة أو نواتين . النواة مركزية التوضع وهي بيضوية. الغلاف العضلي مماثل لما هو عليه في العضلات الهيكلية ويبدي انخماصات عرضية هي أنابيب T .



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 .

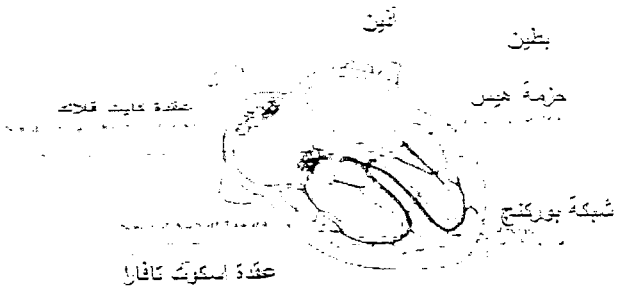
تحتوي الخلايا العضلية القلبية على الخضاب العضلي الذي يعطي اللون الأحمر المميز للعضلة القلبية بالاضافة إلى غزارة الدم الجار ضمن القلب . كما تحتوي الخلايا على الحموض الدسمة التي تدخل إليها بشكل بروتينات دسمة وتخزن بشكل غليسيريدات ثلاثية ضمن القطرات الدسمة وتعتبر عنصر الطاقة للقلب .

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 :

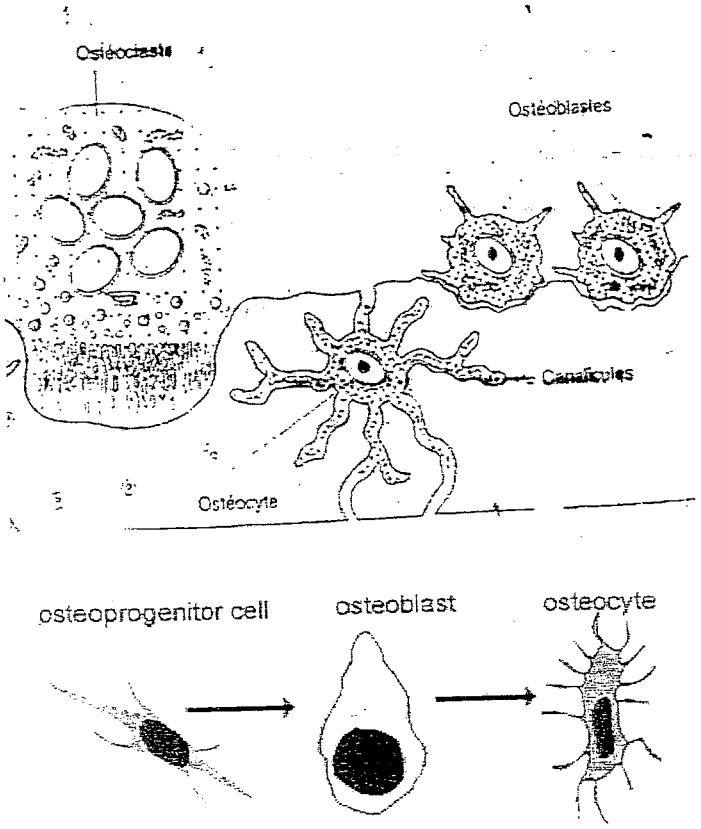
يشاهد في العظم الفتي النماذج الخلوية التالية :

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.

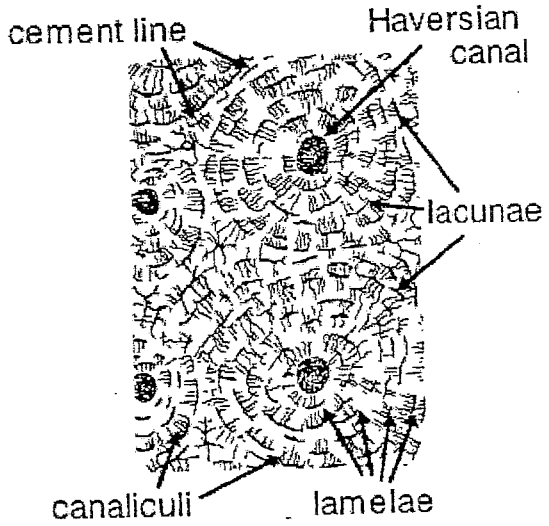
نسيج عظمي غير ناضج

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 :

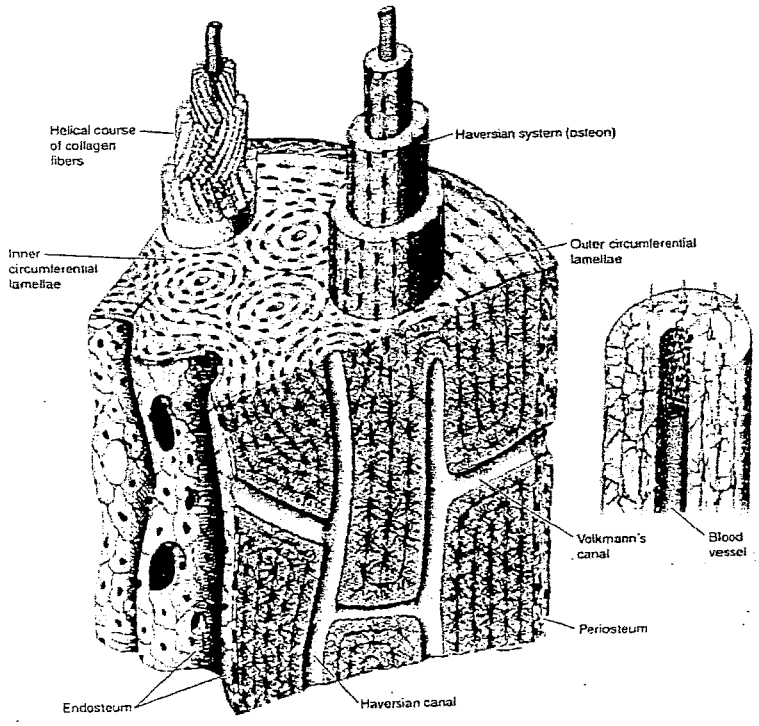
- بصورة متوازية في النسيج العظمي السمحاقيPeriosteal Bone (صفائح محيطيه)
- دائريا حول قناة وعائية هافرسية مركزية تشكل جمل هافرس Haversian System أو ما تسمى بالوحدات العظمية Osteon .
- في زوايا المناطق التي تفصل بين الجمل الهافرسية الأسطوانية وتشكل الصفائح الخلالية Interstitial Lamellae .



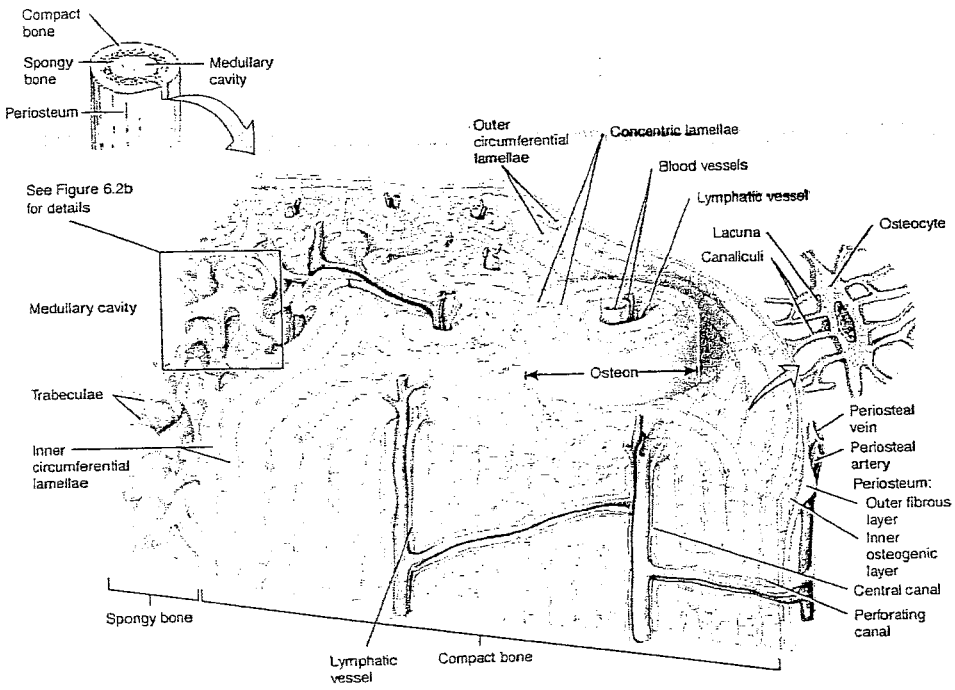
بنية العظام النسيجية
Histological Structure of Bones

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.

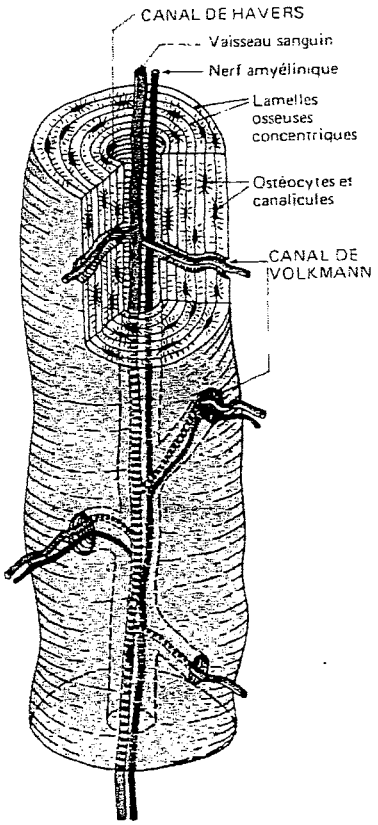
يحد العظام عدا السطوح المفصلية طبقة من النسيج الضام تدعى السمحاق الظاهر Periosteum كما تبطن الأفضية النقية والقناة المركزية بطبقة مماثلة ولكنها أقل كثافة تسمى السمحاق الباطن Endosteum .

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 .

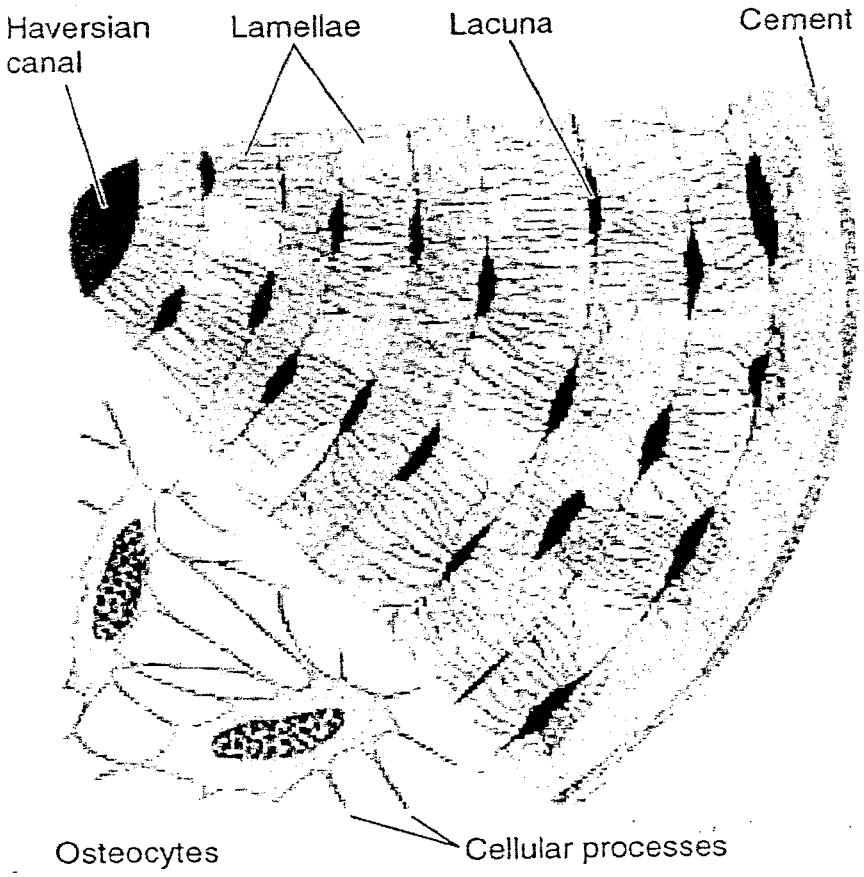
1- جمل هافرس Haversian System :

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 .



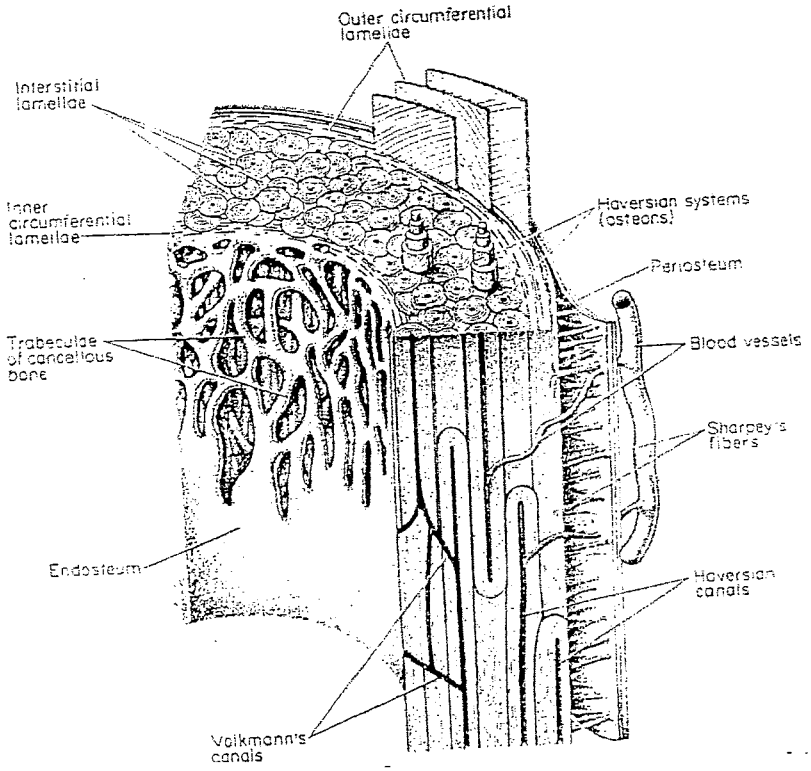
رسم توضيحي لجزء من جملة هافرسية وخليتين عظميتين

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

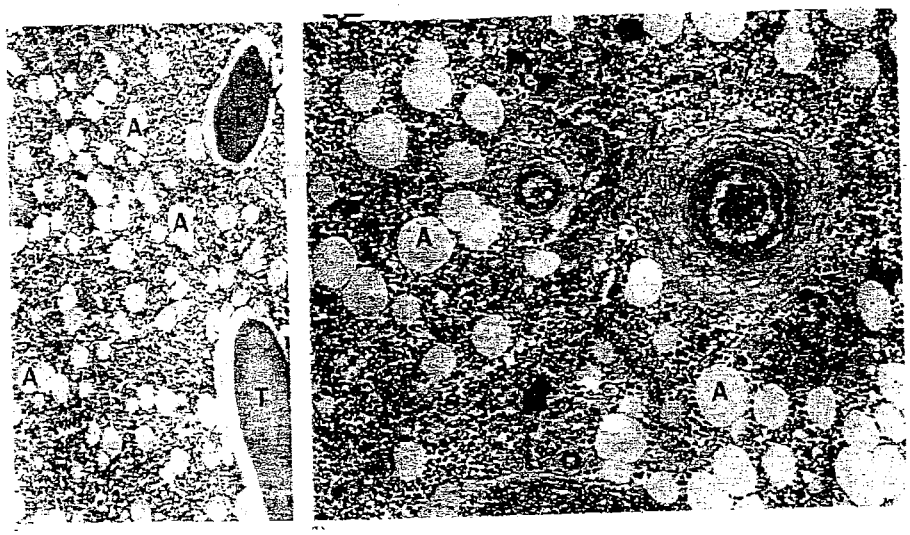
2– مرحلة النقي الكبدي

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

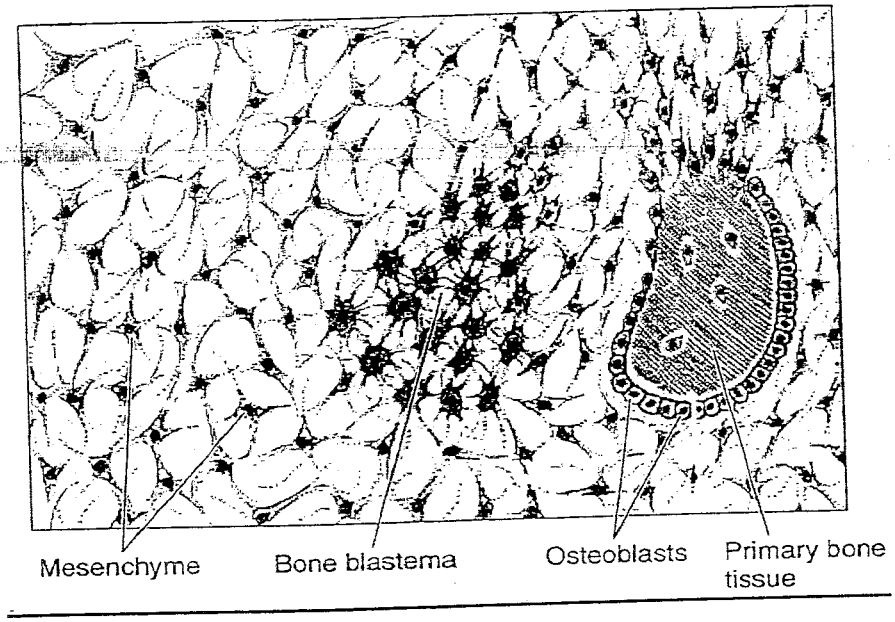
يؤدي الى تشكل نسيج عظمي غير ناضج او ليفي مؤقت ويتم بشكلين :

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 .

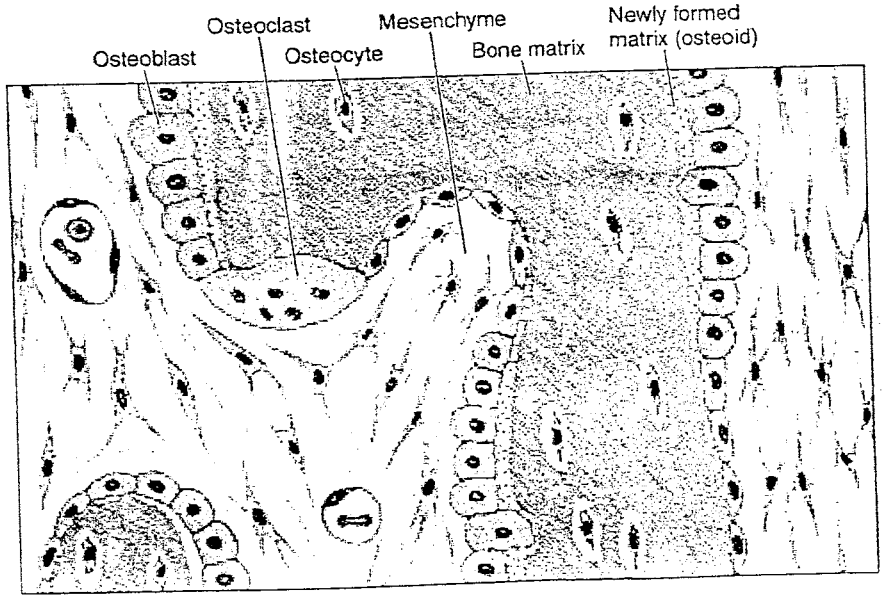
تقوم الخلايا بإفراز المواد الداخلة في تركيب العظم لتصبح بعدها محتجزة وتتحول الى خلايا عظمية تتوضع بعدها خلايا مصورة للعظم على المحور العظمي الذي تشكل بحيث تضاف إلى سابقتها .

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 .

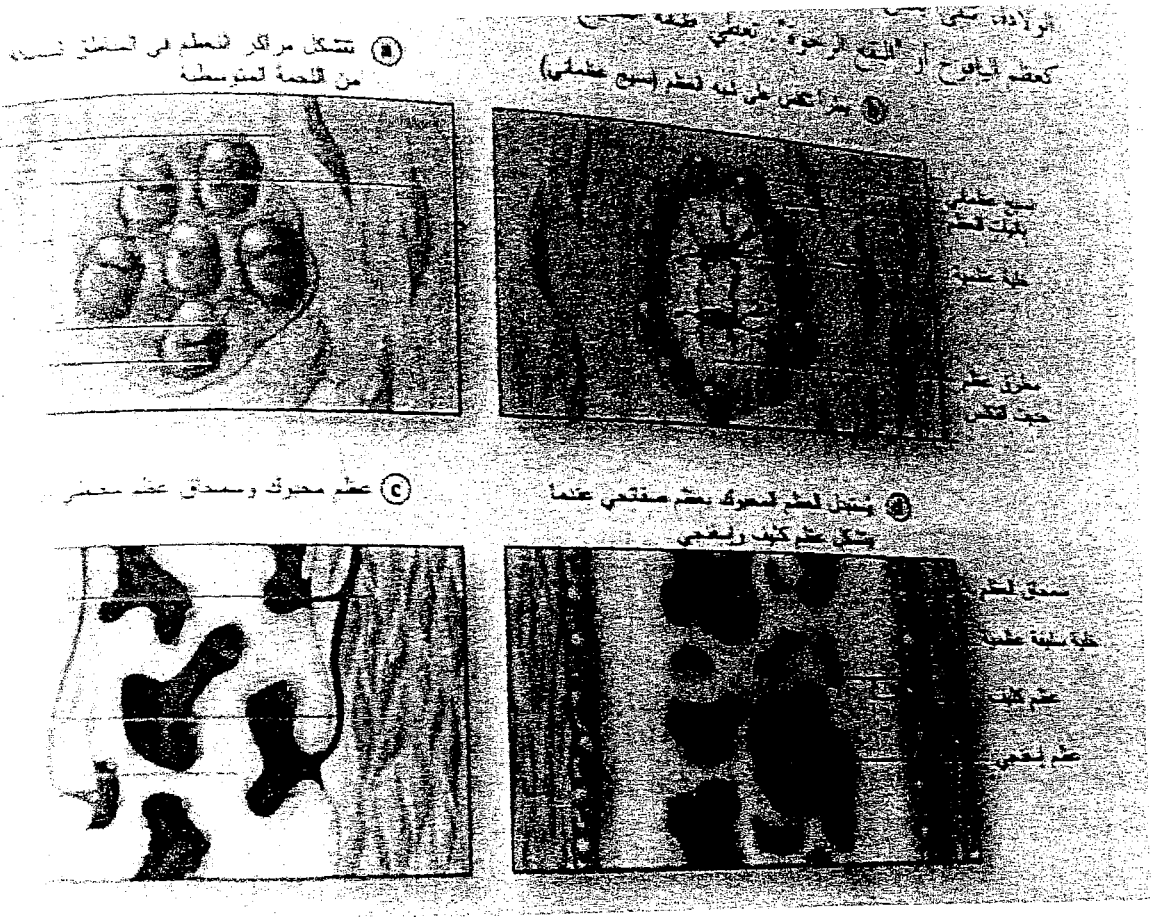


بداية التعظم الغشائي

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

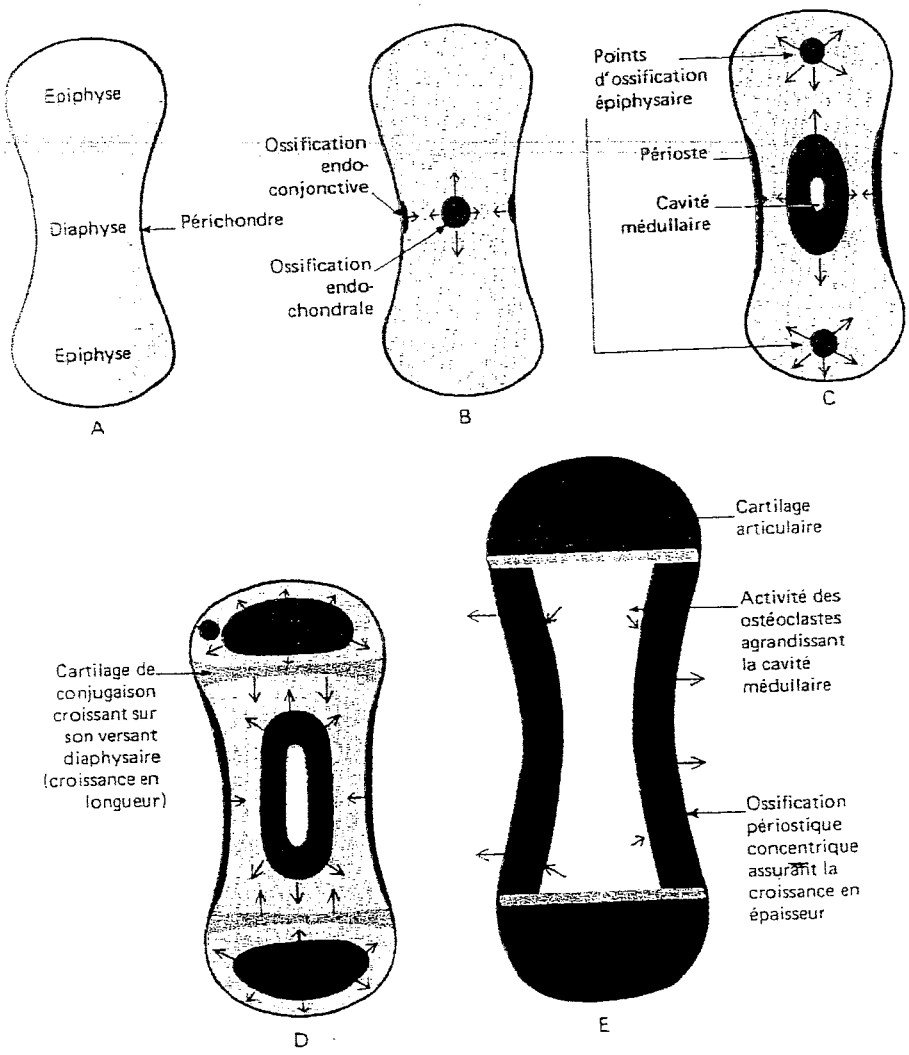
وتتشكل وحدات عظمية هافرسية من الجيل الأول تزول أثناء النمو من قبل الخلايا الكاسرة للعظم ويتشكل بدلاً منها وحدات عظمية هافرسية جديدة وهكذا .

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 .

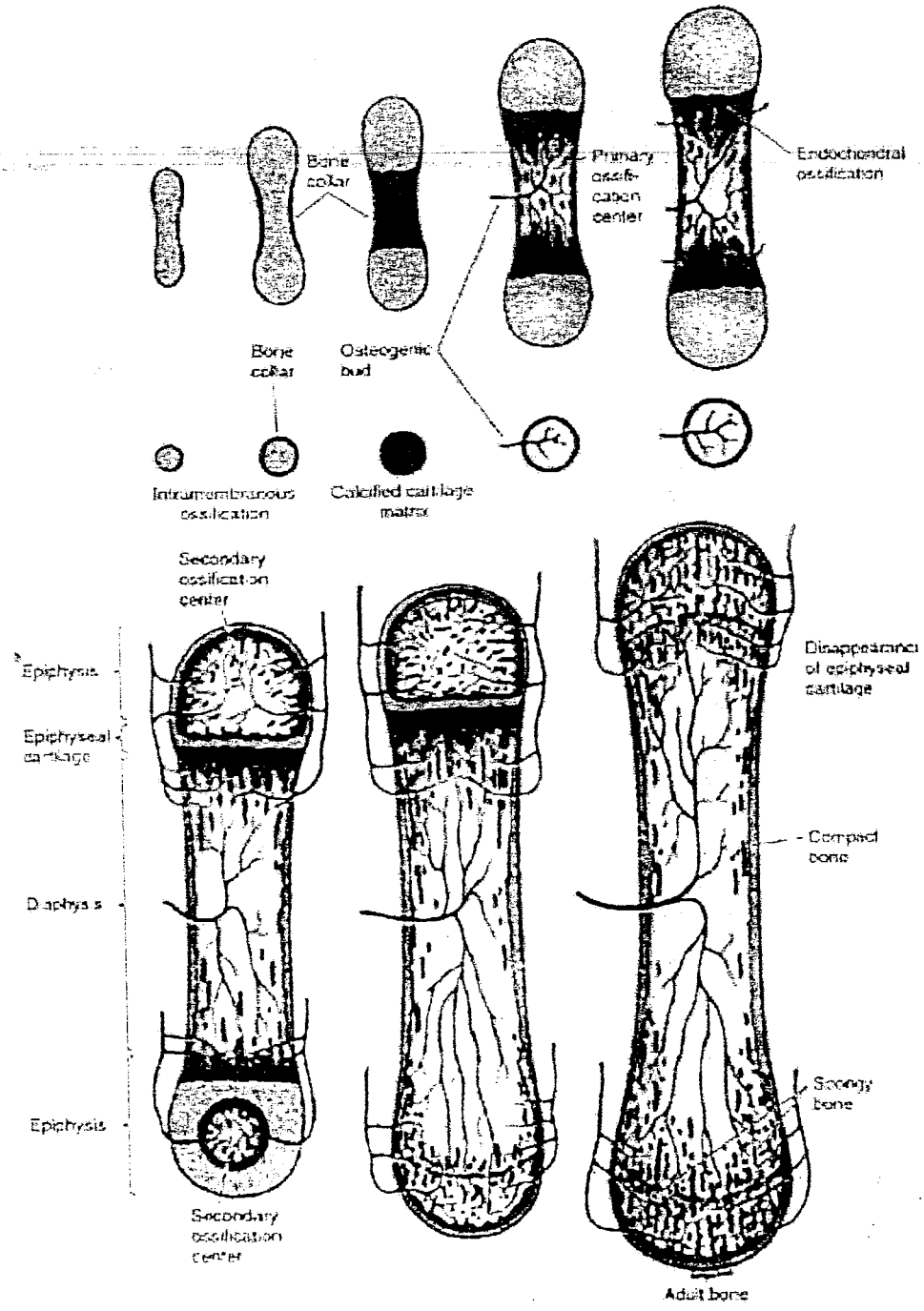
أما في المركز فتتشكل نقطة تعظم مركزية تمتد بشكل شعاعي في كل الاتجاهات .

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 .

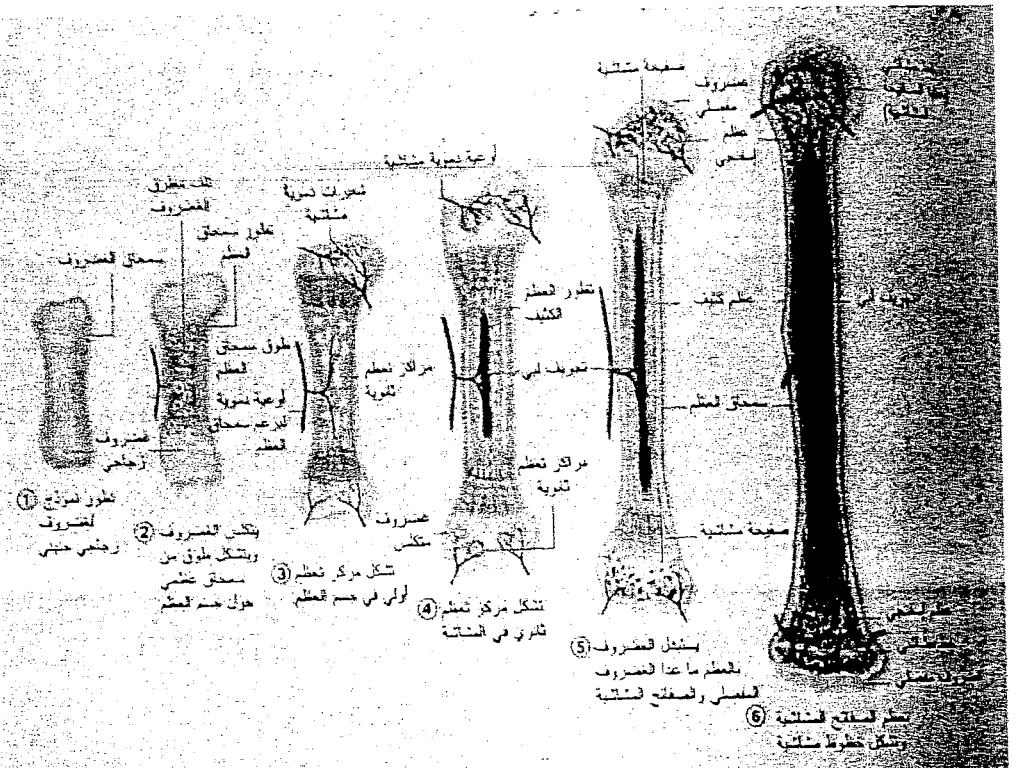
وبنتيجة التعظم الأولي يتشكل :

- 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

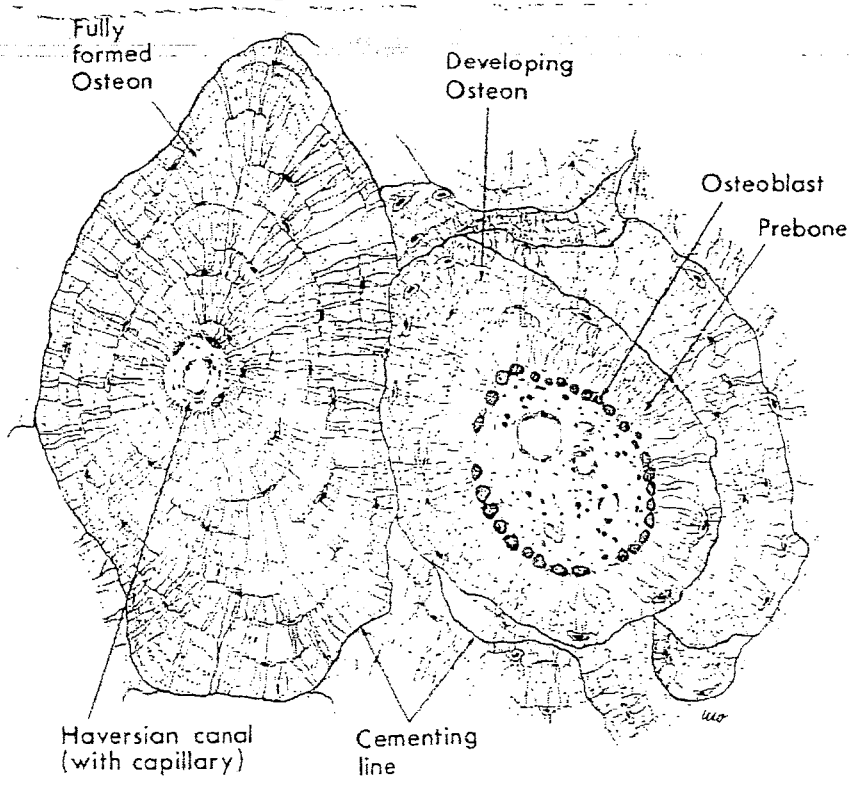


الشكل 4-3 تكوّن العظام الكيفة بالتعظم داخل الغضروفي. (1) يتشكل التعظم داخل الغضروفي مقطم العظام في الهيكل وتحدث في المثين في طرفي الغضروف الرجاجي. (2) تحدث هذه العملية في عدة أسابيع وتتضمن مراحل التطور الأساسية: يتشكل طوق عظمي حول منتصف جزع الغضروف وتتكس الغضروف الحتسي. (3) بعدها ترتشح الخلايا المولدة 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.

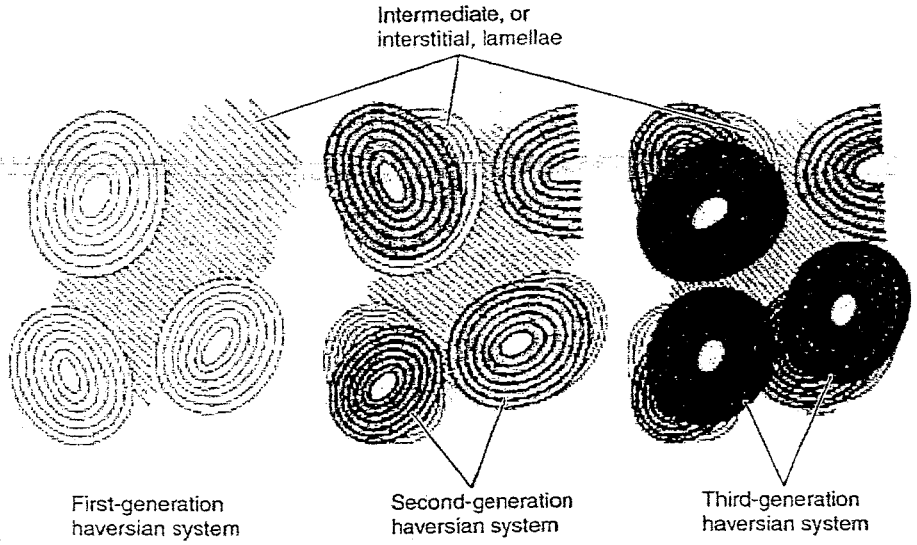
التعظم الثانوي :

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 :**

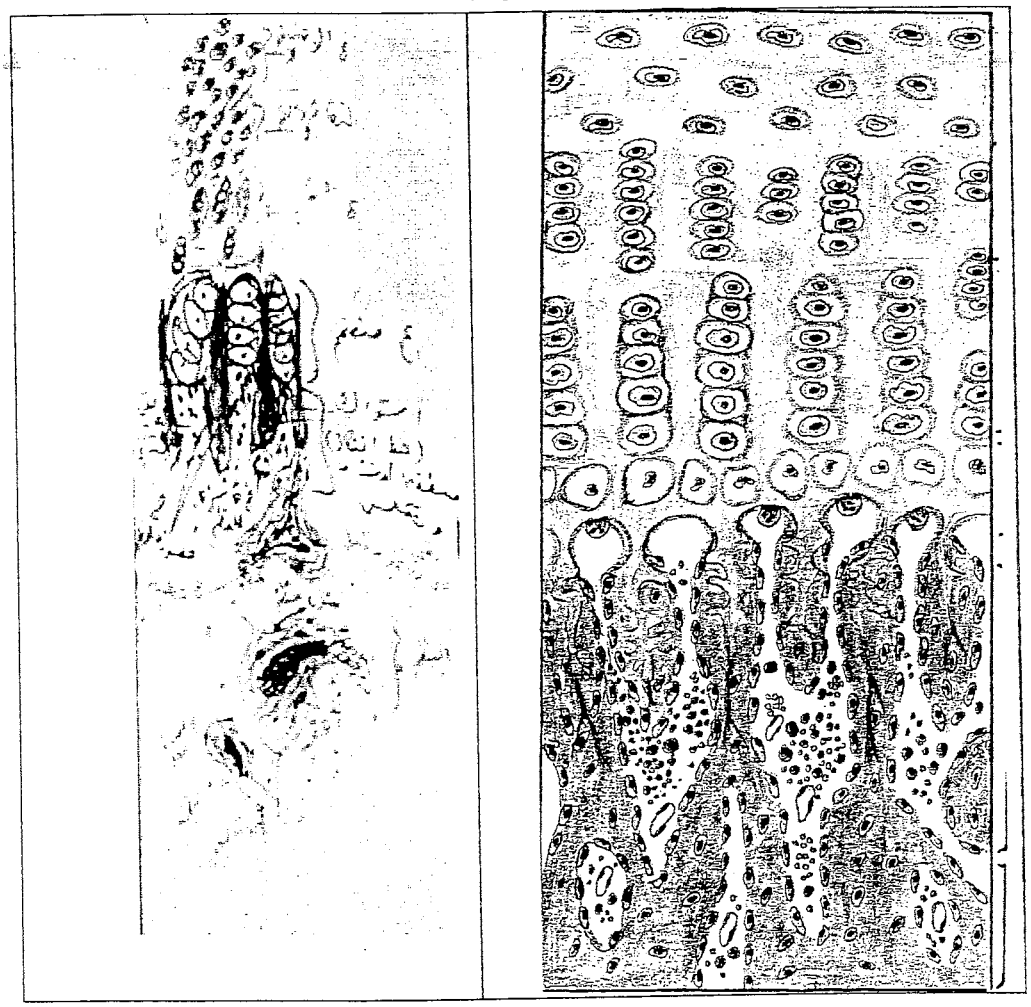
يتعلق النمو الطولي للعظام القصيرة بنمو طرفي القطعة الغضروفية وتشكل نسيج غضروفي يتم استبداله نتيجة التعظم المركزي . أما النمو الطولي للعظام الطويلة فيتعلق بغضروف الاتصال بالنسبة لجسم العظم وبنمو خلالي للغضروف بالنسبة للمشاشة .

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) :

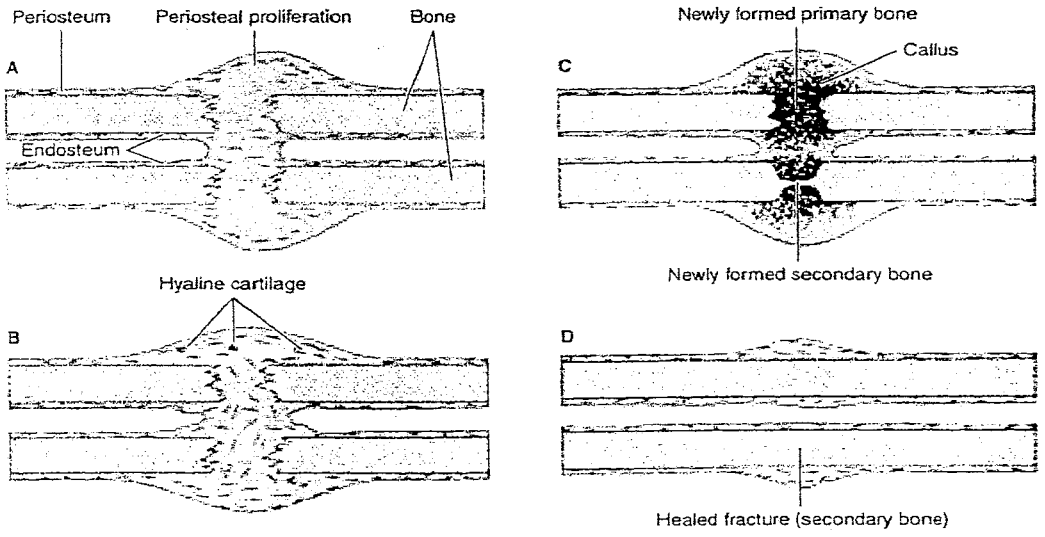
ينظم هرمون النمو تكاثر الخلايا الغضروفية في منطقة غضروف الاتصال المسؤول عن نمو الغضاريف طولا وبالتالي نمو العظم طولا حيث يؤدي قصور الهرمون للقصر والقزامة Dwarfism اما زيادته فيؤدي للعملقة Gigantism

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 .