الفصل الرابع Chapter IV

النسيج الضام الهيكلي
Skeletal Connective Tissues

سُمي هذا النسيج بالنسيج الضام الهيكلي لانه يدخل في تركيب هيكل الجسم ويتكون مثل النُسج الضامة من خلايا والياف ومادة اساس. وتكوّن الالياف والمادة الاساس مادة مابين الخلايا او القالب matrix. ويشمل النسيج الضام الهيكلي، الغضروف cartilage والعظم bone اذ تكون المادة بين الخلايا فيهما صلبة، ففي الغضروف يرجع ذلك الى وجود مادة مخاطية غضروفية chondromucoid او chondromucin الغنية بكبريتات الكوندروئيتين chondroitin sulfates. اما بالنسبة للعظم فيرجع ذلك الى تشبع مادته الاساسية بالاملاح اللاعضوية ولاسيما فوسفات الكالسيوم.

أ - الغضروف Cartilage :

يُكوّن الغضروف معظم هيكل الجسم في الحياة الجنينية للفرد ويحل محل معظمه عظم في البالغ ولكنه يبقى بشكل غضروف فوق سطوح مفاصل العظام وبشكل هيكل ساند للممرات التنفسية وجزءا من الاذن. ويحاط أغلب انواع الغضاريف بغلاف ليفي يدعى السمحاق الغضروفي perichondrium. والغضروف نسيج قوي يتكون من خلايا تدعى بالخلايا الغضروفية chondrocytes او cartilage cells ومن مادة اساس تحتوي على الياف وسنتناول كلا من هذه العناصر بالتفصيل.

الخلايا الغضروفية Chondrocytes :

تَشغل الخلايا الغضروفية تجاويف صغيرة هي الجوبات lacunae ضمن القالب matrix. وللخلية الغضروفية شكل بيضوي او كروي وتحتوي على نواة كبيرة كروية مركزية الموقع ذات نوية واحدة او اكثر. يكون سطح الخلية الغضروفية غير منتظم ذا بروزات قصيرة تمتد في انخفاضات ضمن المادة مابين الخلايا للمحفظة. ويزيد هذا المظهر التركيبي المساحة السطحية للخلية ويعتقد ان ذلك يساعد في تسهيل عملية الايض الحيوي بين الخلايا والمادة مابين الخلايا. وسايتوبلازم الخلية الغضروفية حبيبي دقيق، وقابلياته للتلوّن بالملونات القاعدية متوسطة ويحتوي على مايتوكوندريا كبيرة وعلى فجوات وقطيرات دهنية وعلى بعض النشأ الحيواني. وتملأ الخلايا الغضروفية جوباتها تماما في الغضروف الحي وبسبب المحاليل المستعملة في تحضير الشرائح المجهرية لهذا النوع من النسيج تنكمش الخلايا ويتغير شكلها الكروي وبذلك تظهر الجوبات التي تحتلها الخلايا بصورة واضحة. تظهر قسم من الخلايا بشكل مجاميع ضمن جوبة واحدة، وتنقسم الجوبة فيما بعد بحواجز من المادة مابين الخلايا لتفصل الخلايا بعضها عن بعض، وتدعى مثل هذه المجاميع بالعُش الخُلوي cell nest وهي حاصلة من انقسام الخلية الغضروفية الاصلية. وتحتل هذه المجاميع وسط غضروف الحيوان البالغ. وتكون الخلايا الغضروفية القريبة من محيط الكتلة الغضروفية بيضوية الى مغزلية مسطحة وبوضع موازٍ لسطح الغضروف.

المادة مابين الخلايا او القالب Intercellular substance or matrix :

تتضمن المادة مابين الخلايا المادة الاساس ground substance والالياف fibers. وتتقبل المادة الاساس الملونات القاعدية بسبب احتوائها على مادة مخاطية غضروفية حامضية لاتنتشر بصورة متجانسة ضمن المادة مابين الخلايا في الغضروف الكامل النضج اذ تكون مركزة حول الخلايا الغضروفية مكونة المحفظة capsule التي هي اخر ماتفرزه الخلايا الغضروفية من مادة مابين

الخلايا وتكون خالية من الالياف.

اما الالياف فتختلف نوعيتها وكثافتها بالنسبة الى نوع الغضروف الذي توجد فيه وسيأتي ذكرها فيما بعد.

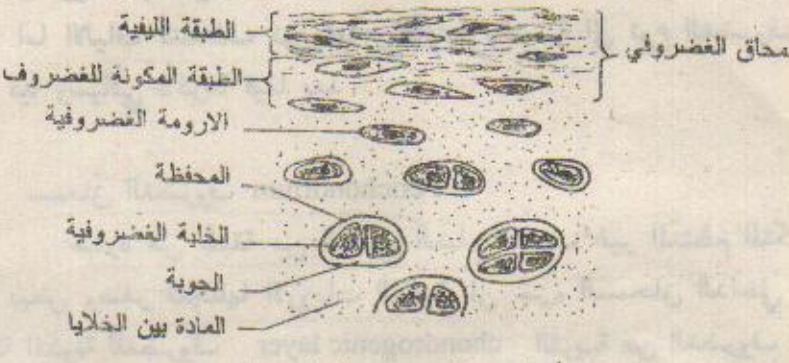
سمحاق الغضروف Perichondrium :

عبارة عن طبقة من النسيج الضام الكثيف غير المنتظم المتكون من الياف بيض وصفر تتخللها الاروماث الليفية. ان جزء السمحاق الداخلي المسمى بالطبقة المكونة للغضروف chondrogenic layer القريبة من الغضروف يحتوي على خلايا اكثر مما هو عليه في جزء السمحاق الخارجي المسمى بالطبقة الليفية fibrous layer. وتندمج الطبقة المكونة للغضروف تدريجيا بالنسيج الغضروفي. ويحتوي سمحاق الغضروف على اوعية دموية تتنافذ منها المواد الغذائية والاوكسجين الى الخلايا الغضروفية عبر المادة مابين الخلايا اذ ان النسيج الغضروفي نفسه لا يحتوي على اوعية دموية ولا اوعية لمفية ولا اعصاب.

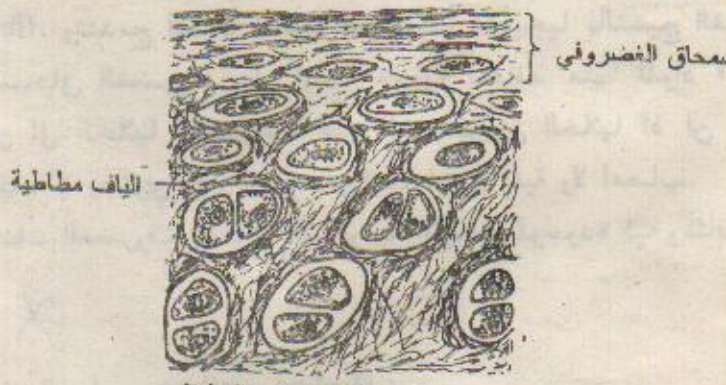
يُصنف الغضروف بالنسبة الى نوعية الالياف الموجودة فيه وكثافتها على مايأتي :

١- الغضروف الزجاجي Hyaline cartilage :

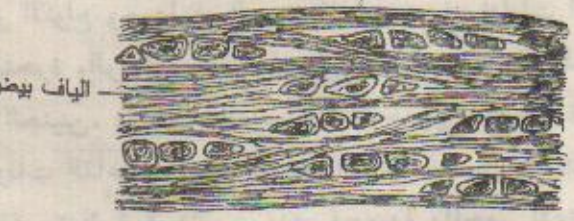
اكثر الانواع وجودا في الجسم اذ يوجد في نهايات الاضلاع وفي غضاريف الانف والحنجرة والرغامى والقصبات وفي نهايات مفاصل العظام الطويلة وكذلك في هيكل الجنين. ويتكون الغضروف الزجاجي من مادة بين الخلايا شفافة تتقبل الملونات القاعدية وتقع ضمنها الخلايا الغضروفية chondrocytes والياف بيض دقيقة متناثرة لا تتميز عند فحصها بالمجهر الاعتيادي ولكنها تتميز باستعمال طرائق خاصة في التحضير او بوساطة المجهر الالكتروني. ويحاط هذا الغضروف بسمحاق الغضروف perichondrium (شكل ٤-١ أ).



أ- النسيج الغضروفي الزجاجي



ب - النسيج الغضروفي المطاط



ج- النسيج الغضروفي الليفي الابيض

شكل ٤-١ النسيج الغضروفي

٢- الغضروف المطاط Elastic cartilage :

يوجد هذا النسيج في المناطق التي تحتاج الى اسناد ومرونة كصيوان الاذن الخارجية external ear ولسان المزمار epiglottis وبعض غضاريف الحنجرة وفي انبوب اوستاكي Eustachian tube. ويكون الغضروف المطاط ذا لون اصفر لاحتوائه على كثير من الالياف الصفر ويكون اكثر عُتمةً من الغضروف الزجاجي ولكنه اكثر مُرونة. ويحاط هذا النوع من الغضروف بسمحاق الغضروف. ويشبه الغضروف المطاط الغضروف الزجاجي من حيث التركيب الاساس ولكن مادته الاساس تحتوي على شبكة من الالياف الصفر المتفرعة، فضلا عن وجود بعض الالياف البيض، وتكون الالياف الصفر حول الخلايا الغضروفية الوسطية اكثر كثافة مما هي عليه في المناطق الاخرى من الغضروف (شكل ٤-١ ب).

٣- الغضروف الليفي الابيض White fibro-cartilage :

يتكون هذا النوع من الغضروف من نسيج ضام ليفي كثيف تتمايز الارومات الليفية فيه فتتحول الى خلايا غضروفية. ويحتوي الغضروف الليفي الابيض على حزم من الالياف البيض التي تترتب اما بشكل متواز او بصورة غير منتظمة وتوجد بين حزم اليافه مناطق صغيرة من المادة مابين الخلايا تشابه تلك التي للغضروف الزجاجي. وتحتوي المادة مابين الخلايا على جوبات lacunae تقع ضمنها الخلايا الغضروفية التي تكون اما مفردة او بشكل مجاميع ولكنها توجد عادة بشكل صفوف قصيرة (شكل ٤-١ جا. وينعدم وجود سمحاق الغضروف في هذا النوع من الغضروف. لايوجد الغضروف الليفي الابيض وحده ابدا ولكنه يندمج تدريجيا بالغضروف الزجاجي الذي يجاوره او بالنسيج الليفي الكثيف القريب منه. ولهذا يُعد هذا النوع من الغضاريف منطقة انتقال بين الغضروف الزجاجي والنسيج الضام الليفي الكثيف. ويوجد هذا النسيج في المناطق التي تحتاج الى اسناد وشد قوي كالاقراص بين الفقرية

٢- الغضروف المطاط Elastic cartilage :

يوجد هذا النسيج في المناطق التي تحتاج الى اسناد ومرونة كصيوان الاذن الخارجية external ear ولسان المزمار epiglottis وبعض غضاريف الحنجرة وفي انبوب اوستاكي Eustachian tube. ويكون الغضروف المطاط ذا لون اصفر لاحتوائه على كثير من الالياف الصفر ويكون اكثر عُتمةً من الغضروف الزجاجي ولكنه اكثر مُرونة. ويحاط هذا النوع من الغضروف بسمحاق الغضروف. ويشبه الغضروف المطاط الغضروف الزجاجي من حيث التركيب الاساس ولكن مادته الاساس تحتوي على شبكة من الالياف الصفر المتفرعة، فضلا عن وجود بعض الالياف البيض، وتكون الالياف الصفر حول الخلايا الغضروفية الوسطية اكثر كثافة مما هي عليه في المناطق الاخرى من الغضروف (شكل ٤-١ ب).

٣- الغضروف الليفي الابيض White fibro-cartilage :

يتكون هذا النوع من الغضروف من نسيج ضام ليفي كثيف تتمايز الارومات الليفية فيه فتتحول الى خلايا غضروفية. ويحتوي الغضروف الليفي الابيض على حزم من الالياف البيض التي تترتب اما بشكل متواز او بصورة غير منتظمة وتوجد بين حزم اليافه مناطق صغيرة من المادة مابين الخلايا تشابه تلك التي للغضروف الزجاجي. وتحتوي المادة مابين الخلايا على جوبات lacunae تقع ضمنها الخلايا الغضروفية التي تكون اما مفردة او بشكل مجاميع ولكنها توجد عادة بشكل صفوف قصيرة (شكل ٤-١ جا. وينعدم وجود سمحاق الغضروف في هذا النوع من الغضروف. لايوجد الغضروف الليفي الابيض وحده ابدا ولكنه يندمج تدريجيا بالغضروف الزجاجي الذي يجاوره او بالنسيج الليفي الكثيف القريب منه. ولهذا يُعد هذا النوع من الغضاريف منطقة انتقال بين الغضروف الزجاجي والنسيج الضام الليفي الكثيف. ويوجد هذا النسيج في المناطق التي تحتاج الى اسناد وشد قوي كالاقراص بين الفقرية

intervertebral discs ومنطقة الارتفاق العاني pubic symphysis وفي مناطق اتصال الرُبط والاوتار مع العظم.

تكوين ونمو الغضروف Development and growth of cartilage

تكوين الغضروف :

يتكون الغضروف من النسيج المتوسط mesenchyme، اذ تتخذ خلاياه شكلا كرويا بعد سحب بروزاتها وتصبح متراصة اكثر من ذي قبل، ثم تكبر هذه الخلايا وعند ذاك يسمى النسيج ماقبل الغضروف precartilage وتدعى خلاياه بأسم الارومات الغضروفية chondroblasts وتفرز هذه الخلايا حول نفسها مادة مابين الخلايا وتَطمُر بذلك معالم الليفات البيض بينها وبازدياد افراز هذه المادة تبتعد الخلايا بعضها عن بعض وتصبح ضمن جوبات lacunae. يمكن تسمية الخلايا الان بالخلايا الغضروفية chonrocytes. وينضغط النسيج المتوسط المحيط بالكتلة النامية للغضروف مكوناً غلافاً ليفياً هو سمحاق الغضروف في حالة الغضروف الزجاجي والمطاط.

نمو الغضروف :

يستمر الغضروف في نموه بالطريقتين الآتيتين :

١- النمو الخلالي Interstitial growth

يحدث هذا النوع من النمو في النسيج الغضروفي الفتي عادةً اذ تنقسم الخلايا الغضروفية الفتية التي في الداخل ويتكون حاجز من المادة مابين الخلايا يفصل الخليتين الجديدتين بعضهما عن بعض. وبامكان الخليتين الجديدتين ان تنقسما مرة اخرى لتكوين اربع خلايا اذ تفرز كل منها مادة مابين الخلايا حول نفسها وبازدياد افراز هذه المادة تنفصل الخلايا الجديدة بعضها عن

بعض مما يؤدي الى توسع الغضروف النامي. ان وجود الاعشاش الخلوية cell nests في الغضروف البالغ يدل على ان النمو الخلالي قد توقف بسبب عدم قدرة الخلايا على افراز المادة مابين الخلايا.

٢- النمو التراكمي Appositional growth :

يحدث هذا النمو عن طريق فاعلية سمحاق الغضروف اذ تنقسم الارومات الليفية الموجودة في الطبقة المكونة للغضروف chondrogenic layer الموجودة في سمحاق الغضروف ويتحول بعضها بعد الانقسام الى ارومات غضروفية chondroblasts وهذه تفرز حول نفسها مادة مابين الخلايا الجديدة وتصبح ضمن جَوْبة lacuna وبذلك تدعى بالخلايا الغضروفية وبهذه الطريقة تضاف خلايا ومادة بينية جديدة من السطح الخارجي المحيطي للغضروف النامي.

ب - العظم Bone or osseous tissue

يمثل النسيج العظمي اعلى درجات التخصص بين النسج الضامة وهو نسيج صلب يُكوّن معظم هيكل اجسام الفقريات العليا. ويتكون العظم من خلايا والياف ومادة اساس كبقية النسج الضامة التي سبق ذكرها، ولكن الصفة المميزة لهذا النسيج هو وجود الاملاح اللاعضوية في مادته الاساس التي هي سبب صلابته فضلا عن وجود المادة العضوية. ان اهم الاملاح اللاعضوية الموجودة في العظم هي فوسفات الكالسيوم ٨٥٪ وكربونات الكالسيوم ١٠٪ واملاح اخرى بنسبة قليلة مثل فلوريد الكالسيوم وفلوريد المغنيسيوم.

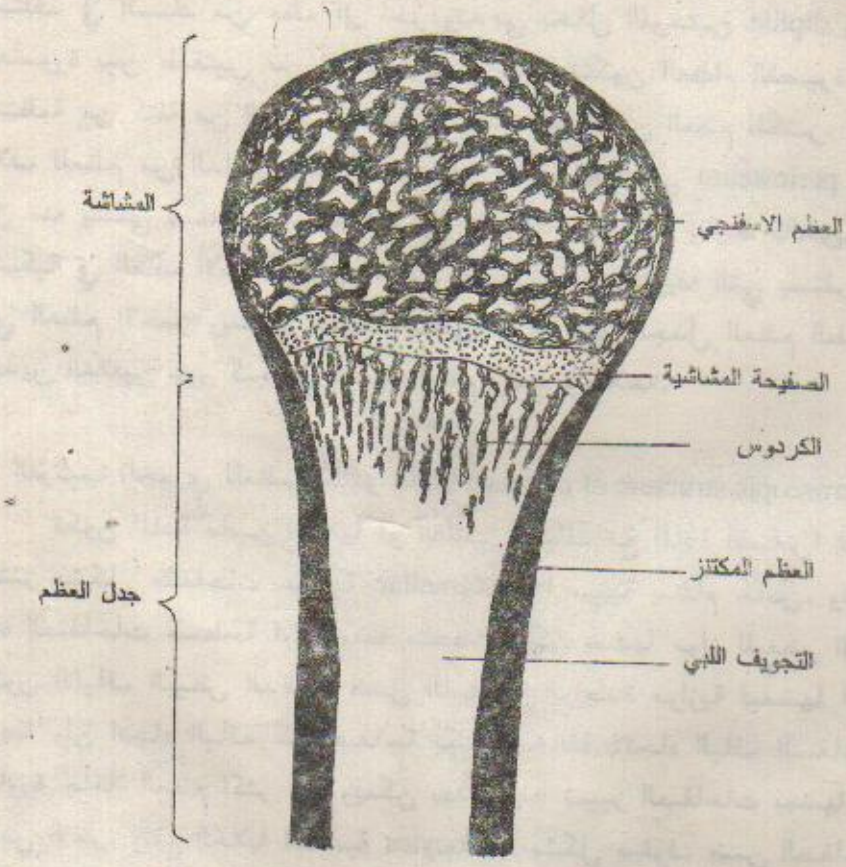
وعند وضع العظم في محلول حامضي مخفف تذوب جميع الاملاح الكلسية ولكن العظم يبقى محتفظا بشكله وتركيبه ويكون سهل القطع او الانحناء، وتدعى هذه العملية بزوال الكلس decalcification التي تعد خطوة اولى في معاملة العظم عند تحضير بعض المقاطع النسيجية له. ويتكون العظم

د من الكلس decalcified bone كليا من اليافٌ بيض مكونة من مادة
collagen التي تدعى احيانا بالعظمين ossein. وتكوّن هذه المادة عند
مادة جيلاتية هي مصدر الجيلاتين التجاري.

التركيب العياني للعظم Gross organization of bone :

يظهر لون العظم عند الحياة ورديا مزرقا مغطى خارجيا بغلاف ليفي
سمحاق العظم الخارجي periosteum وتكون تجاويف العظم في الداخل
ة بالنسيج النقي marrow tissue او النسيج النخاعاني myeloid tissue.

ويتميز العظم بالعين المجردة ويكون على نوعين بالنسبة الى درجة
ية : العظم المُكْتَنِز او الكثيف compact or dense bone ويكون خارجي
ي عادة، والعظم الاسفنجي spongy or cancellous bone ويكون داخلي
. وعند قطع العظم الطويل طوليا (شكل ٤-٢) نشاهد ان لرأس العظم او
شتُه head or epiphysis مظهرا اسفنجيا اذ يتكون من حويجزات (ترابيق)
Trabe غير منتظمة الشكل مكونة شبكة تحتوي تجاويفها على نقي العظم
red bone marrow وهذا هو العظم الاسفنجي الذي يكون محاطا بطبقة
من نسيج العظم المكتنز. اما جَدل العظم diaphysis or shaft الذي يقع
مشاشتي العظم الطويل فيتكون من عظم مكتنز سميك يحيط بتجويف
يحتل المركز ويكون مملوءا بنقي العظم الاصفر yellow bone marrow
ى بالتجويف اللبي medullary cavity او تجويف نقي العظم bone
marrow c. وتتصل تجاويف العظم الاسفنجي في مشاشتي العظم مع
يف اللبي المركزي لجدل العظم في البالغ، اما في وقت نمو الحيوان فان
ـة العظم epiphysis تنفصل عن الجدل بصفيحة غضروفية تدعى
يحة المشاشية epiphyseal plate التي تتحد مع جدل العظم بوساطة
من العظم الاسفنجي تدعى بالكُردوس metaphysis. وتكون الصفيحة
ة مع العظم الاسفنجي للكردوس جهازا للنمو الطولي للعظم الطويل.



شكل ٤-٢ مقطع طولي في عظم يبين تركيبه العياني

وتكون مادة العظم الاسفنجي في العظام المسطحة للجمجمة بشكل طبقة
ختلف في السمك من عظم الى اخر وتدعى بخلال اللوحتين diplöe وتكون
حصورة بين طبقتين من العظم المكتنز بينما تتكون العظام القصيرة وغير
نتظمة من كتلة من العظم الاسفنجي مغطاة بطبقة من العظم المكتنز. وهناك
لاف للعظم من الداخل مماثل لسمحاق العظم الخارجي periosteum ولكنه
ق منه يسمى بسمحاق العظم الداخلي endosteum وهذا يحيط بالحويجزات
شبكية في العظم الاسفنجي وفي الوقت نفسه يبطن تجاويفه التي يستقر فيها
ي العظم الاحمر ويستمر مبطنا التجويف المركزي لجدل العظم الطويل.
هذين الغلافين دور كبير في تغذية العظم ونموه واصلاحه.

التركيب المجهري للعظم المكتنز Microscopic structure of compact bone :

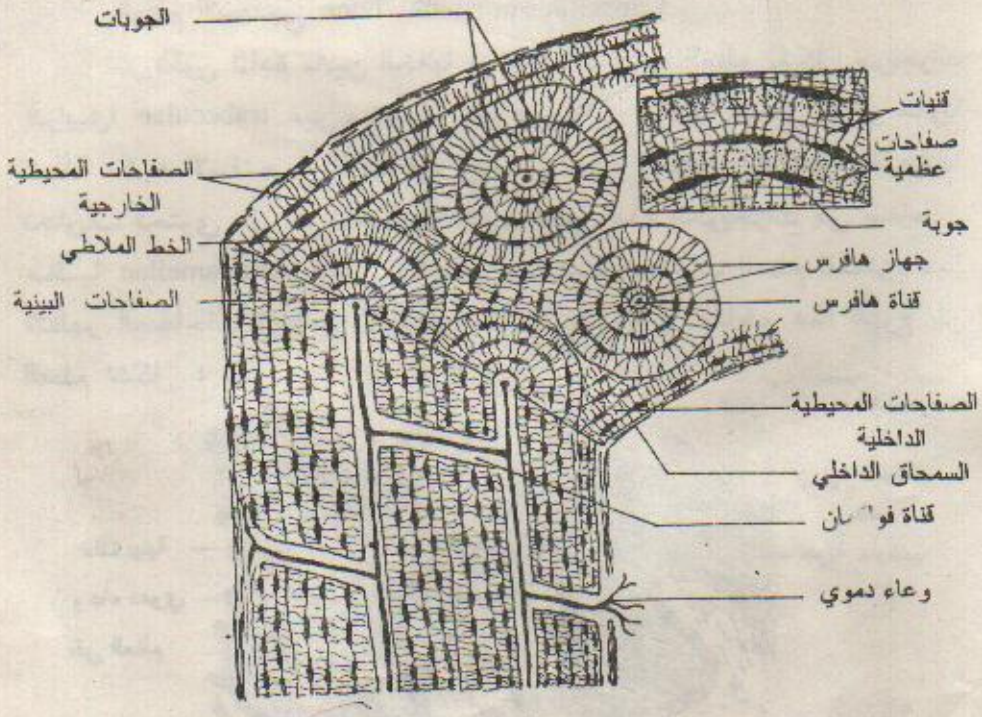
تكون المادة مابين الخلايا او القالب (الالياف مع المادة الاساس) للعظم
كتنز بشكل صُفاحات عظمية bone lamellae مرتبة بنظام خاص. وتكون
ذه الصفاحات مسطحة او مقوسة متحدة المركز بعضها موازٍ للبعض الاخر.
كون الالياف البيض الدقيقة ضمن الصفاحة الواحدة موازية لبعضها الاخر
ريبا وان اتجاه الياف كل صفاحة يكون مخالفا لاتجاه الياف الصفاحات
جاورة جاعلا العظم اكثر قوة ويمكن بهذا ايضا تمييز الصفاحات بعضها عن
ض الاخر. وتقع الخلايا العظمية osteocytes بشكل صفوف ضمن الصفاحات
ظمية او بينها. ولهذه الخلايا قابلية التلون بالملونات القاعدية وتكون ذات
يتوبلام حبيبي وتحتوي على نواة دكناء الصبغة. وتقع الخلايا ضمن جوبات
lacu محاطة بمحافظ capsules كما في حالة الخلايا الغضروفية. وللخلايا
ظمية بروزات سايتوبلازمية دقيقة تمر في قُنَيّات canaliculi ممتدة من
وبات ضمن القالب مخترقة الصفاحات العظمية. وترتبط قنيات الجوبة
حدة بقنيات الجوبات المجاورة لها، وبهذه الشبكة من القنيات يسهل انتقال
الغذائية والاوكسجين والفضلات من الدم الى الخلايا وبالعكس.

وتكون مادة العظم الاسفنجي في العظام المسطحة للجمجمة بشكل طبقة
ختلف في السمك من عظم الى اخر وتدعى بخلال اللوحتين diplöe وتكون
حصورة بين طبقتين من العظم المكتنز بينما تتكون العظام القصيرة وغير
نتظمة من كتلة من العظم الاسفنجي مغطاة بطبقة من العظم المكتنز. وهناك
لاف للعظم من الداخل مماثل لسمحاق العظم الخارجي periosteum ولكنه
ق منه يسمى بسمحاق العظم الداخلي endosteum وهذا يحيط بالحويجزات
شبكية في العظم الاسفنجي وفي الوقت نفسه يبطن تجاويفه التي يستقر فيها
ي العظم الاحمر ويستمر مبطنا التجويف المركزي لجدل العظم الطويل.
هذين الغلافين دور كبير في تغذية العظم ونموه واصلاحه.

التركيب المجهري للعظم المكتنز Microscopic structure of compact bone :

تكون المادة مابين الخلايا او القالب (الالياف مع المادة الاساس) للعظم
كتنز بشكل صُفاحات عظمية bone lamellae مرتبة بنظام خاص. وتكون
ذه الصفاحات مسطحة او مقوسة متحدة المركز بعضها موازٍ للبعض الاخر.
كون الالياف البيض الدقيقة ضمن الصفاحة الواحدة موازية لبعضها الاخر
ريبا وان اتجاه الياف كل صفاحة يكون مخالفا لاتجاه الياف الصفاحات
جاورة جاعلا العظم اكثر قوة ويمكن بهذا ايضا تمييز الصفاحات بعضها عن
ض الاخر. وتقع الخلايا العظمية osteocytes بشكل صفوف ضمن الصفاحات
ظمية او بينها. ولهذه الخلايا قابلية التلون بالملونات القاعدية وتكون ذات
يتوبلام حبيبي وتحتوي على نواة دكناء الصبغة. وتقع الخلايا ضمن جوبات
lacu محاطة بمحافظ capsules كما في حالة الخلايا الغضروفية. وللخلايا
ظمية بروزات سايتوبلازمية دقيقة تمر في قُنَيّات canaliculi ممتدة من
وبات ضمن القالب مخترقة الصفاحات العظمية. وترتبط قنيات الجوبة
حدة بقنيات الجوبات المجاورة لها، وبهذه الشبكة من القنيات يسهل انتقال
الغذائية والاوكسجين والفضلات من الدم الى الخلايا وبالعكس.

وعند فحص القطع المستعرض أو الطولي للعظم المكتنز تحت المجهر الضوئي (شكل ٤-٣) نشاهد مقاطع لقنوات تدعى بقنوات هافرس Haversian canals، يكون في داخلها مقاطع للاوعية الدموية واللمفية والاعصاب التي تخترقها. وتظهر قنوات هافرس في القطع المستعرض بوضوح وتكون محاطة بصفاحات عظمية بشكل اسطوانات متحدة المحور مختلفة الاقطار مكونة اجهزة هافرس Haversian systems، اما في المقطع الطولي فتظهر قنوات هافرس موازية للمحور الطولي للعظم. وتتصل قنوات هافرس بعضها ببعض وبسمحاق العظم الداخلي والخارجي بوساطة قنوات مستعرضة لا تحيطها الصفاحات العظمية الاسطوانية الموجودة في اجهزة هافرس ولكنها تخترق الصفاحات العظمية في طريقها. وتدعى هذه القنوات بقنوات فولكمان Volkmann's canals. وقد تتفرع

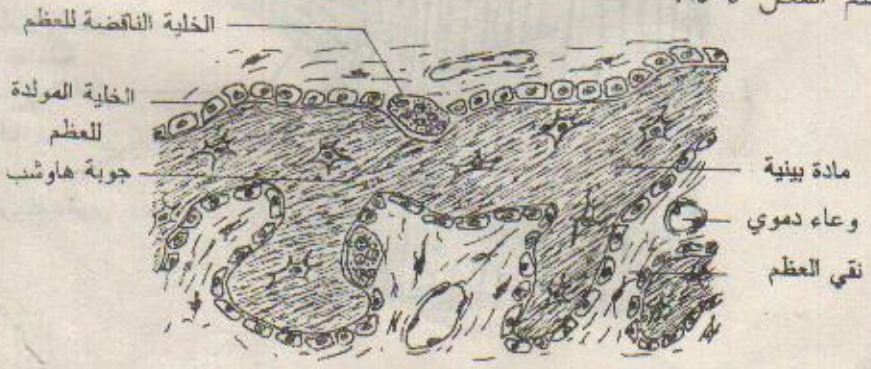


شكل (٤-٢): التركيب المجهري للعظم المكتنز (عن هام بتصرف)

قنوات هافرس ايضا وتكون هذه التفرعات محاطة بصفاحات اسطوانية. وتحوي الفُسح التي بين اجهزة هافرس صُفاحات عظمية تسمى بالصُفاحات الخلالية interstitial lamellae. وتمتد صفاحات عظمية اخرى موازية لسمحاق العظم الخارجي periosteum تدعى بالصُفاحات المحيطية الخارجية outer circumferential lamellae وتمتد صفاحات مماثلة اخرى بصورة موازية لسمحاق العظم الداخلي endosteum، وتدعى بالصفاحات المحيطية الداخلية inner circumferential lamellae. وينفصل كل جهاز صفاحي عن الاجهزة الصفاحية المجاورة الاخرى بوساطة مادة مابين الخلايا المتحورة العاكسة للضوء تدعى بالخط الملاطي cement line او الغشاء الملاطي cement membrane.

العظم الاسفنجي Cancellous or spongy bone

تكون المادة مابين الخلايا في هذا النوع من العظم بشكل حويجزات (ترابيق) trabeculae غير منتظمة، تتفرع ويلتقي بعضها البعض الاخر مكونة شبكة تشبه الاسفنج في مظهرها. وتحصر هذه الحويجزات بين تفرعاتها تجاويف تحتوي على نقي العظم الاحمر. تتكون هذه الحويجزات من صفاحات عظمية bone lamellae ليس لها نظام او ترتيب صفاحات العظم المكتنز، لذا لاتظهر الصفاحات العظمية لاجهزة هافرس وغيرها في مقاطع هذا النوع من العظم (شكل ٤-٤).



شكل ٤-٤ التركيب المجهري للعظم الاسفنجي

خلايا العظم الاسفنجي الفتي :

يحاط معظم سطح حويجزات العظم الاسفنجي الفتي وتفرعاته بصف واحد من خلايا مكعبة او عمودية قصيرة او هرمية الشكل تدعى بالخلايا البانية للعظم osteoblasts. وتوجد ضمن المادة مابين الخلايا للصفاحات العظمية الخلايا العظمية osteocytes التي تقع ضمن جوبات تمتد منها قنيات دقيقة canalicul. وبين الخلايا البانية للعظم osteoblasts توجد خلايا عملاقة كبيرة الحجم كثيرة النوى تدعى بالخلايا الناقضة للعظم osteoclasts. وتقع هذه الخلايا على سطح العظم في حفر تدعى بجوبات هاوشب Howship's lacunae في مناطق امتصاص العظم. ان منشأ هذه الخلايا هو من اتحاد مجموعة من الخلايا التي اما ان تكون خلايا بانية للعظم غير فاعلة inactive osteoblasts او من خلايا النسيج المتوسط mesenchymal cells ضمن نِقي العظم الابتدائي primary bone marrow.

تَكوّن العظم ونموه Development and growth of bone :

يتكون العظم بطريقتين :

١- التَكوّن الداخل غشائي Intramembranous development

حيث يتكون العظم ضمن غشاء من نسيج ضام.

٢- التَكوّن الداخل غضروفي Endochondral or intracartilagenous development

حيث يتكون العظم ضمن الغضروف الشفاف اي يحل العظم محل الغضروف.

التكوّن الداخل غشائي Intramembranous development :

يتكون العظم في هذه الحالة من النسيج المتوسط mesenchyme الذي يتكون من خلايا ذات بروزات متصلة بعضها ببعض ومن مادة اساس نصف سائلة حاوية الياف بيضا دقيقة وبهذا تكوّن صفاحة خلوية بشكل غشاء. وتدعى العظام التي تنشأ بهذه الطريقة بالعظام الغشائية membrane bones كعظام الجمجمة المسطحة. ويمكننا تلخيص هذه العملية بما يأتي:

١- تصبح صُفاحة النسيج المتوسط وعائية vascular ثم تكبر خلاياها متخذة شكلا مضلعا ويصبح سايتوبلازمها اكثر قاعدية، عند ذاك تسمى هذه الخلايا بالخلايا البانية للعظم osteoblasts.

٢- تقوم الخلايا البانية للعظم بتكوين مادة مابين الخلايا الكثيفة بشكل حويجزات trabeculae تُخفي معالم الالياف الموجودة في المادة الاساس للصُفاحة الغشائية.

٣- تزداد هذه الحويجزات المتكونة من المادة مابين الخلايا بالحجم وتحيط بالخلايا البانية العظم osteoblasts.

٤- تبدأ المادة مابين الخلايا بالتكلس اذ تترسب املاح الكالسيوم فيها وبازدياد ترسب هذه المواد حول الخلايا البانية للعظم تتكون الجوبات والقنيات التي تصبح متصلة بمثيلاتها من جوبات الخلايا الاخرى، وعندئذ تدعى الخلايا البانية للعظم بالخلايا العظمية.

٥- تبقى طبقة من الخلايا البانية للعظم على سطح العظم المتكون الجديد حيث يزداد العظم سمكا بفاعلية هذه الخلايا وذلك بانقسامها واضافة مادة مابين الخلايا الجديدة تحيط بالخلايا الجديدة المتكونة لتصبح خلايا عظمية جديدة وهكذا.

٦- يتكون العظم بهذه الطريقة في مراكز متعددة من صفاحة النسيج المتوسط ولهذا يكون بشكل حويجزات trabeculae غير منتظمة حيث يتكون

العظم الاسفنجي اولا. وتصبح الفسح بين الصفاحات العظمية التي تدعى بتجاويف النقي الابتدائية primary marrow cavities مملوءة بنسيج ضام مزود بأوعية دموية كثيرة، يتحول فيما بعد الى نسيج نُخاعاني myeloid tissue.

٧- يتحول النسيج الضام الذي يحيط بالكتلة النامية العظمية الى سمحاق العظم الخارجي.

التكوّن الداخل غضروفي Endochondral development :

تسمى العظام التي تتكون بهذا الطريقة بالعظام الغضروفية cartilage bones كعظام الاطراف، ويكون شكل العظم مادة مطابقا لشكل الغضروف الذي ينشأ منه. ويمكننا تلخيص عملية التكون هذه (شكل ٤-٥ وشكل ٤-٦) بما يأتي :

١- يظهر مبدئيا المركز الابتدائي للتعظم primary center of ossification في الغضروف في المنطقة التي ستصبح جَدل العظم diaphysis. وتنقسم الخلايا الغضروفية وتتخذ شكل صفوف باتجاه المحور الطولي للقطعة الغضروفية ثم تنتفخ وتتضخم الخلايا وتتوسع جوباتها وبذلك تصبح الحواجز بين الجوبات رقيقة جدا نتيجة لذوبان قسم من المادة مابين الخلايا، ثم تتكلس المادة مابين الخلايا الموجودة بين صفوف الجوبات اي تترسب املاح الكالسيوم فيها ولذلك تظهر دكناء اللون عند معاملتها بالملونات القاعدية.

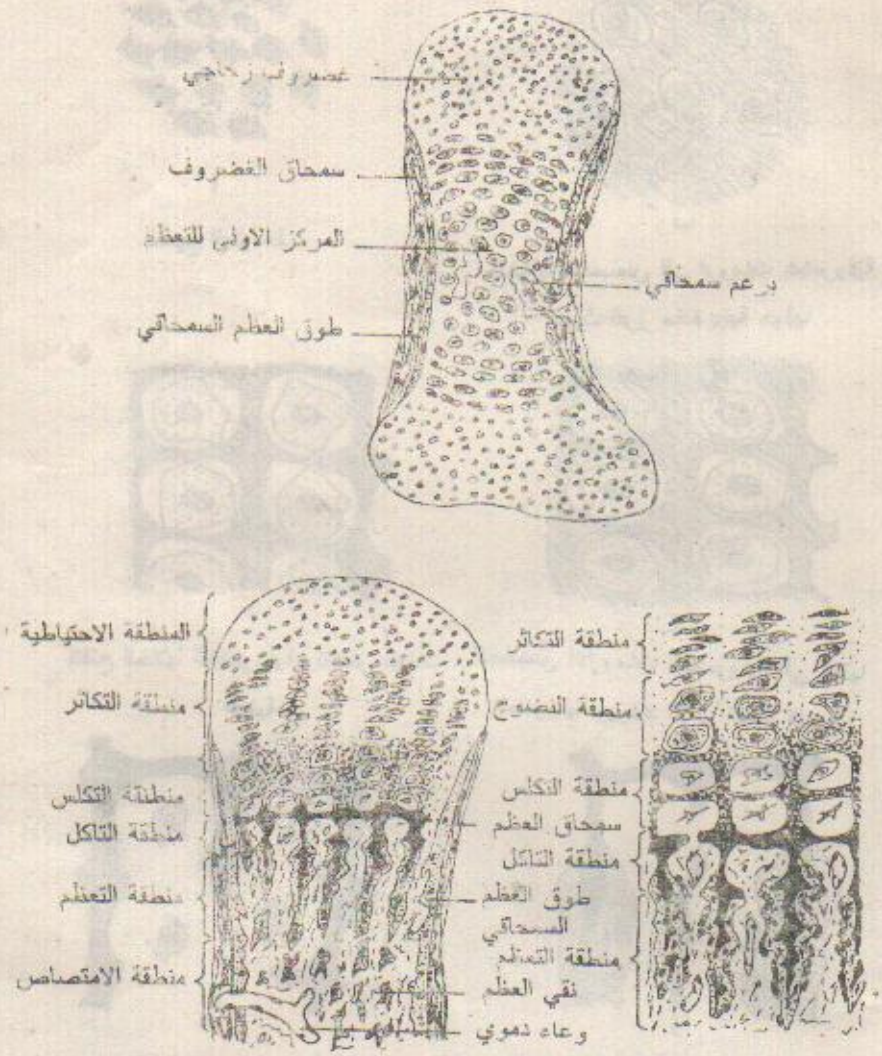
٢- تنكمش الخلايا الغضروفية المتوسعة وتموت وذلك لعدم وصول المواد الغذائية اليها بسبب تكلسُ المادة مابين الخلايا.

٣- في الوقت الذي تحدث فيه التغيرات السابقة تصبح الطبقة الخلوية الداخلية المكونة للغضروف chondrogenic layer ولسمحاق الغضروف في المنطقة المحيطة بالجدل فعالة وتتحول بعض خلاياها الى خلايا بانية للعظم منتجة

طبقة مكونة للعظم osteogenic layer. وتقوم هذه الخلايا بانتاج مادة مابين الخلايا الجديدة مكونة اسطوانة عظمية حول الغضروف (بطريقة التعظم الداخل غشائي) وتدعى هذه الاسطوانة بطوق العظم السمحاقي periosteal bone collar التي تتكون من سمحاق العظم الخارجي. ويقوم هذا الطوق بتقوية الغضروف ويعوضه الاسناد الذي فقده نتيجة تحلله. ويسمى سمحاق الغضروف السابق، في هذه المرحلة، بسمحاق العظم الخارجي.

٤- تندفع النسج الضامة الوعائية من السمحاق الخارجي على شكل براعم سمحاقية periosteal buds من خلال الثقوب الموجودة في الطوق العظمي الى منطقة الغضروف المتحلل اذ تعمل على تكسر الحواجز الرقيقة بين جوبات الخلايا الغضروفية الميتة وتفتحها وبذلك تتكون جوبات كبيرة تدعى بتجاويف النقي الابتدائي primary marrow cavities يحتلها النسيج المندفع الوعائي الذي يدعى الآن بالنقي الابتدائي primary marrow. تتخصص بعض خلايا البراعم السمحاقية وتصبح خلايا بانية العظم وهذه تتجمع على سطوح بقايا المادة مابين الخلايا الغضروفية المتكلسة حيث تستعمل هيكلا تعمل عليه هذه الخلايا وتبدأ فاعليتها في تكوين المادة مابين الخلايا الجديدة فتكون تشرة عظمية حول المادة المتكلسة وبازدياد تكوّن المادة العظمية الجديدة تضمحل المادة المتكلسة تدريجيا وتختفي وبذا تتكون منطقة عظمية اسفنجية تكون فيها الصفاحات العظمية المتكونة غير منتظمة الشكل.

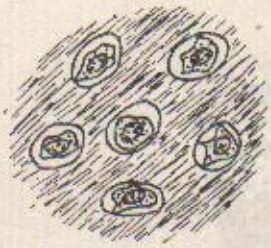
وعند فحصنا لمقطع طولي لعظم طويل يتكون بالطريقة الداخل غضروفية مارا من نهايتي الغضروف نحو مركز التعظم الابتدائي سيمكننا تمييز المناطق الاتية بصورة متسلسلة موضحة عملية التعظم التي سبق شرحها.



شكل ٤-٥ التكوين الداخل غضروفي للعظم (عن ابري بتصرف)

أ

النسيج المتوسط

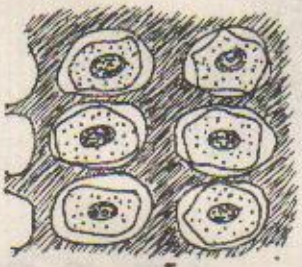


ب

الخلايا تتخصص الى اورمات غضروفية حيث تفرز مادة بينية حولها

د

تنفتح الخلايا الغضروفية وتتكلس المادة البينية



ج

تتخصص الاورمات الغضروفية الى خلايا غضروفية ويزداد افراز المادة البينية

هـ

تموت الخلايا الغضروفية وتبدأ المادة البينية بالتحلل

و

تتكون الخلايا بانية العظم وتكون العظم على بقايا المادة البينية للغضروف

شكل ٤-٦ التكوين الداخل غضروفي للعظم (عن هام بتصرف)

١- المنطقة الاحتياطية او الخاملة Reserve or quiscent zone :

تتكون من نسيج غضروفي فتي شفاف في نهايتي الغضروف المتعظم.

٢- منطقة التكاثر Zone of proliferation :

منطقة فعالة في انقسام خلاياها الغضروفية لتكوين خلايا جديدة تنتظم في صفوف او اعمدة موازية للمحور الطولي للغضروف.

٣- المنطقة النضوجية او منطقة التضخم Maturation zone or

Zone of hypertrophy :

تكون الخلايا الغضروفية متضخمة وتكون جوباتها التي تحويها متوسعة.

٤- منطقة التكلس Zone of calcification :

تكون المادة مابين الخلايا قد تكلست ولذلك تظهر دكناء اللون باللون القاعدي.

٥- منطقة التقهقر او التآكل Zone of retrogression or erosion :

تكون الخلايا الغضروفية في هذه المنطقة قد عانت التحلل والموت مع ذوبان واختفاء قسم من المادة مابين الخلايا كما وان قسما من الجوبات قد فتحت مكونة تجاويف كبيرة يكون قد دخلها نسيج البرعم السمحاقي مكونا نسيج النقي الابتدائي. وتبقى الصفاحات الغضروفية المتكلسة التي كانت تفصل صفوف الخلايا.

٦- منطقة التعظم Zone of ossification :

تكون الخلايا البانية للعظم في هذه المنطقة قد تكونت من نسيج النقي الابتدائي واستقرت على الصفاحات الغضروفية المتكلسة حيث بدأت بتكوين المادة

العظمية الجديدة.

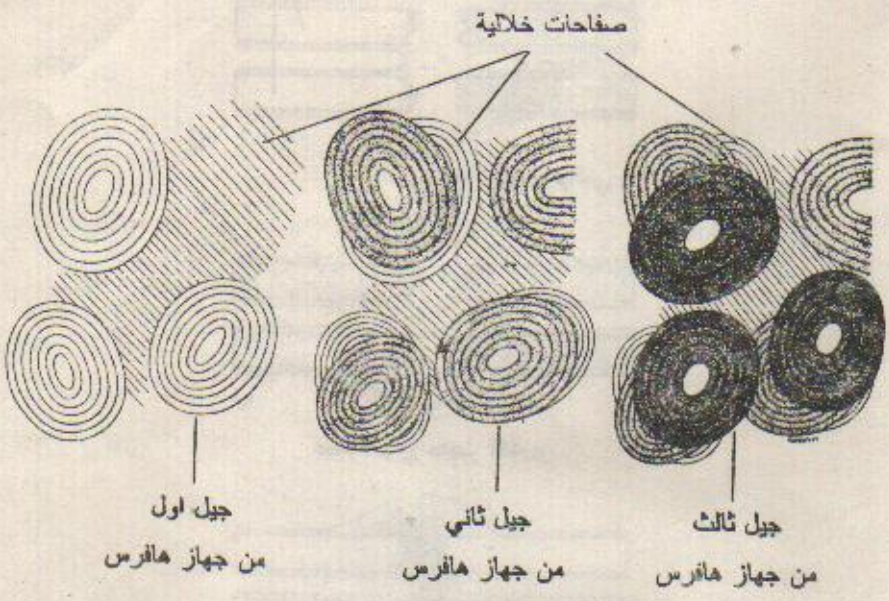
٧- منطقة الامتصاص Zone of resorption :

يتقدم التعظم نحو نهايتي الغضروف يرداد تجويف النقي في الحجم نتيجة لامتصاص العظم في مركز جدل العظم. ويدعى التجويف الجديد المتكون الان بتجويف النقي الثانوي secondary marrow cavity.

اعادة بناء وتركيب العظم Remodeling and reconstruction of bone :

يتحول العظم الاسفنجي المتكون الى عظم مكتنز في مناطق معينة. وتنتج الخلايا البانية للعظم في هذه العملية طبقة وراء طبقة من المادة العظمية الى الجهة الداخلية على سطح تجاويف طولية ضمن العظم الاسفنجي الى ان تصبح التجاويف مختزلة الى قنوات ضيقة تحتوي على اوعية دموية. ان هذا الجهاز المتكون من صفاحات متحدة المركز مع قناته والاوعية الدموية فيها يدعى بجهاز هافرس البدائي primitive Haversian system. تتكون معظم اجهزة هافرس في العظم المكتنز بطريقة اكثر تعقيدا حيث يحدث للمادة العظمية تحلل واذابة osteolysis يحصل منها تكون تجاويف اسطوانية تصبح مبطنة بخلايا بانية للعظم تتكون من خلايا بدائية موجودة ضمن نسيج النقي، ثم تترسب صفاحات عظمية متعاقبة باستمرار نحو الداخل الى ان تختزل التجاويف الى قناة ضيقة حول الاوعية الدموية. ولاتنتهي اعادة تركيب المادة العظمية بان يستبدل بالعظم الابتدائي عظم ثانوي بل يستمر طول الحياة، اذ تظهر التجاويف المتكونة نتيجة امتصاص المادة العظمية باستمرار ويستبدل بها اجهزة هافرس ثالثة ورابعة وهكذا... وفي هذه العملية تسلم من الامتصاص والتحطم قطع من اجهزة هافرس الموجودة سابقا وتصبح صفاحات خلالية interstitial lamellae تملأ المسافات مابين الاجهزة الجديدة المتكونة (شكل ٤-٧). وكلما اقترب النمو من الاكتمال اضاف سمحاق العظم الداخلي وسمحاق

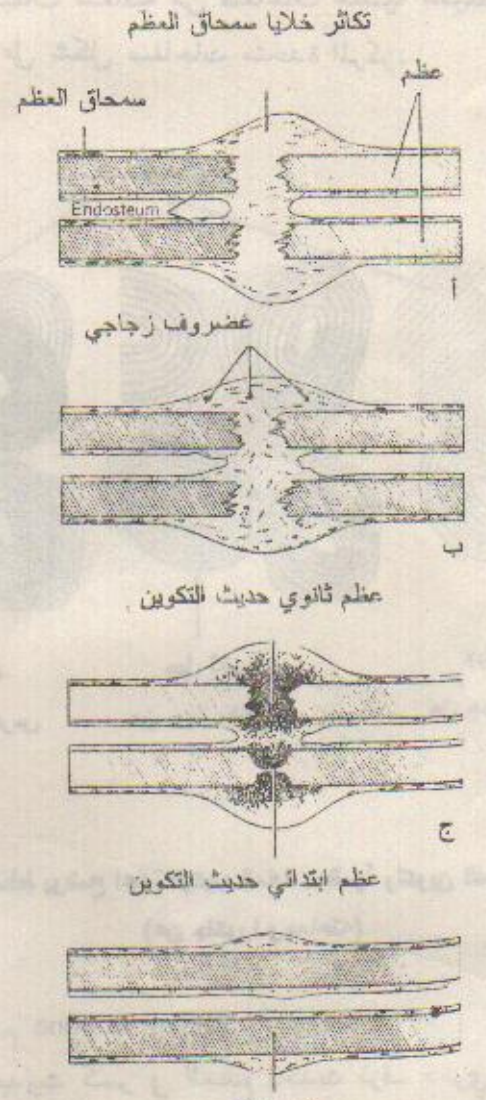
العظم الخارجي طبقات متعاقبة من صفاحات عظمية محيطية circumferential lamellae تستمر على شكل صفاحات متحدة المركز.



شكل ٤-٧ مخطط يوضح اعادة تركيب المادة العظمية وتكوين الصفاحات الخلالية (عن جنكورا وجماعته)

اصلاح العظم Repair of bone

بعد حدوث كسر في العظم يحدث نزف دموي من الاوعية الدموية الممزقة ثم يتبعه تخثر في الدم. تغزو الارومات الليفية المتكاثرة والشعيرات الدموية الخُثرة وتكون نسيجا حبيبيا granulation tissue يدعى الدُشبذ الاولي procallus. ويتحول النسيج الحبيبي هذا الى نسيج ليفي كثيف وهذا بدوره يتحول الى كتلة من النسيج الغضروفي يدعى بالدُشبذ المؤقت temporary callus



شكل ٤-٨ مخطط لمراحل اصلاح العظم (عن جنكورا وجماعته)

الذي يعمل على ربط قطعتي العظم المكسور. تتكون بعد ذلك خلايا بانية للعظم من سمحاق العظم الخارجي والسمحاق الداخلي تقوم بتكوين عظم اسفنجي يحل محل غضروف الدُشبذ المؤقت بصورة تدريجية وبطريقة تشبه التعظم الداخل غضروفي فيحصل بذلك التحام عظمي في منطقة الكسر (شكل ٤-٨). ويكون الدُشبذ العظمي اسفنجيا اولا يتبعه اعادة تنظيم فيتحول الى عظم مكتنز وامتصاص للعظم الزائد.

المفاصل The joints :

ترتبط العظام بعضها ببعض لتكوين الهيكل العظمي بوساطة تراكيب من نسيج ضام تدعى المفاصل joints (شكل ٤-٩). ويمكن تصنيف المفاصل على :

١- المفاصل الثابتة Synathroses : تكون فيها الحركة محدودة او معدومة.
٢- المفاصل السلسة Diarthroses : تسمح بحركة العظام بحرية.

تكون المفاصل الثابتة على اربعة انواع :

أ- التحام عظمي Synostosis
ب- التحام غضروفي Synchondrosis
جـ- التحام مرتبط Syndesmosis
د- المرتج Gamphosis

الالتحام العظمي : ترتبط العظام في هذا النوع بنسيج عظمي ولاتحدث اية حركة فيه. يربط هذا النوع من المفاصل عظام الجمجمة في الاشخاص المسنين. اما في الاطفال والفتيان فترتبط الجمجمة بنسيج ضام كثيف.

الالتحام الغضروفي : وهو مفصل ترتبط فيه العظام بغضروف شفاف او غضروف ليفي ابيض. وقد تحدث فيه حركة محدودة. ومن امثلة الاول اتصال الاضلاع بعظم القص، او يكون بغير حركة بوساطة الغضروف الليفي الابيض كما في الارتفاق العاني pubic symphysis.

الالتحام المرتبط : يحدث في هذا النوع من المفاصل حركة محدودة كالحركة التي تكون في الالتحام الغضروفي. وترتبط فيه العظام بنسيج ضام ومن امثلته المفصل السفلي القصبي الشظوي.

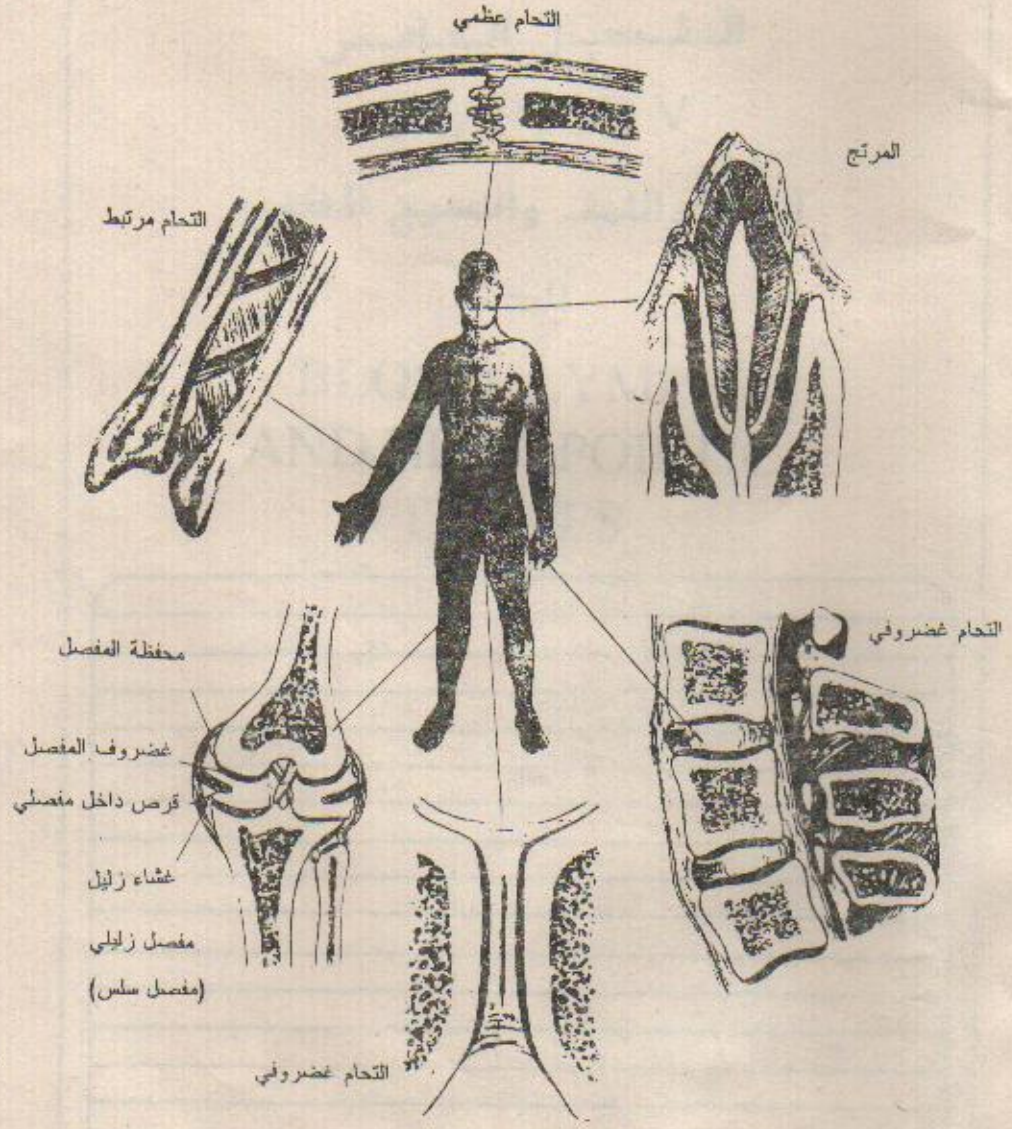
المرتج : مفصل خاص يقتصر على تثبيت السن في عظم الفك الاعلى والفك الاسفل بنسيج ليفي كثيف مكونا الغشاء حول السن.

المفاصل السلسة : Diarthrosis او المفاصل الزليلية Synovial joints :

وهي المفاصل التي تربط العظام الطويلة بصورة عامة ويكون لها قابلية للحركة الكبيرة وترتبط نهايات العظام في منطقة التمفصل بوساطة محفظة capsule تضم في داخلها تجويفا يدعى التجويف التمفصلي articular cavity الذي يحتوي على سائل لزج شفاف عديم اللون غني بالحامض الهايلوروني ويدعى بالسائل الزليلي synovial fluid وتغطى سطوح التمفصل بغضروف شفاف من دون سمحاق غضروفي.

وتتكون المحفظة بصورة عامة من طبقتين، خارجية تدعى بالطبقة الليفية fibrous layer تستمر مع السمحاق العظمي الخارجي وطبقة داخلية تدعى بالطبقة الزليلية synovial layer او الغشاء الزليلي التي تبطن التجويف التمفصلي عدا سطوح غضروف التمفصل وهي تقوم بتكوين السائل الزليلي.

والغشاء الزليلي عبارة عن غشاء من نسيج ضام رقيق يحتوي على شعيرات دموية وخلايا دهنية في الجزء العميق له وهو مبطن بطبقة واحدة الى ثلاث طبقات من خلايا زليلية synovial cells.



شكل ٤-٩ انواع المفاصل (عن ليمن وليمن)