المحاضرة رقم (04): النسيج الضام
(Le tissu conjonctif)

مقدمة :

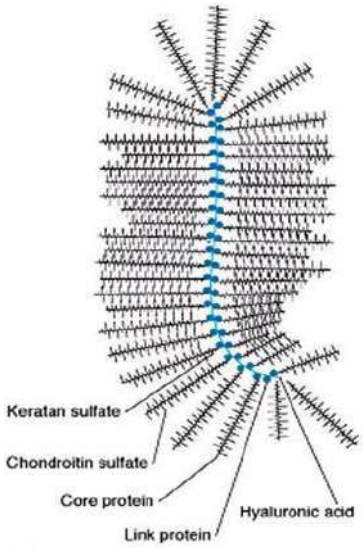
يوجد النسيج الضام في كافة أنحاء الجسم، و هو يشكل حوالي 15% من الكتلة. كما يعتبر من الأنسجة الأولى من حيث التواجد و الانتشار، تحتوي الأعضاء على كميات مختلفة من هذا النسيج. على سبيل المثال، الجلد يتكون رئيسيا من نسيج ضام بينما الدماغ يحتوي على كميات قليلة. بغض النضر على أن النسيج الضام يقوم بالربط فإنه يأخذ عدة أشكال و يضمن وظائف متعددة منها: التثبيت و تدعيم تراكيب الجسم المختلفة، الحماية ، العزل و نقل المواد مثل ما هو عليه الحال في الدم. على سبيل المثال النسيج العظمي و الغضروف يدعمان و يحميان الأعضاء من خلال توفير الهيكل أو البنية الصلبة، الهيكل العظمي و وسائد النسيج الذهني يعزلان و يحميان الأعضاء ومن جهة أخرى يشكلان مخزونات طاقوية.

ومن بين خصائصه أنه أصلي ينشأ من الطبقة المتوسطة الجنينية (mésenchyme) التي تكون النسيج الضام لدى البالغين إضافة إلى، العظام، و العضلات. جميع الأنسجة الضامة لديها روابط عائلية. كما أن النسيج الضام غني بالأوعية الدموية عدا النسيج الغضروفي الذي يفتقر إليها، و النسيج الضام الليفي (الكثيف) الذي يحتوي على القليل من هذه الأوعية. خلايا النسيج الضام تكون قليلة ومتباعدة، يحتوي على المادة البين خلوية التي تنزلق بين الخلايا الحية للنسيج و احيانا تفصلهم عن بعضهم البعض. بفضل المادة البين خلوية النسيج الضام له القدرة على دعم الوزن و مقاومة التوترات المعتبرة، و تحمل الهجومات مثل الصدمات، و الاحتكاكات، حيث لا يوجد نسيج آخر يمكنه أن يتحمل ذلك. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 143).

ومن بين المكونات الرئيسية للنسيج الضام نجد المادة بين الخلوية، الألياف و الخلايا. المادة الأساسية و الألياف يشكلان المادة خارج الخلية أي ما يسمى بالمادة البين خلوية (la matrice extracellulaire). كما يجب أن نشير إلى أن خصائص الخلايا، و مكونات المادة الأساسية و تنظيم الألياف يختلف اختلافا كبيرا، حيث توجد تنوعات مذهلة في النسيج الضام. حيث يتكيف كل نوع من النسيج الضام مع وظيفته الخاصة على سبيل المثال: يمكن أن تشكل المادة تبطين أو تغليف ناعم و حساس حول العضو أو على العكس مجموعة حبال (الأحزمة و الأوتار) لديها مقاومة لا تصدق(Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 143).

تتكون المادة البين خلوية في بعض أنواع النسيج الضام من مادة لزجة متجانسة موجودة بين خلايا النسيج الضام التي تحتوي على بروتينات إلتصاق الخلية (protéine d'adhérence) وهي من عائلة البروتينات المناعية و بروتيوجليكان (protéoglycane) و هي جزيئات تتواجد خارج الغشاء الخلوي أو في الغشاء و داخل الغشاء الخلوي. بروتينات الإلتصاق (الفيبرونكتين (fibronectine) المتواجد خارج الخلية، اللامين (lamine) وهو بروتين ليفي يشكل الصفيحة النووية، و أخرى) يلعبان دورا في الصمغ الذي يسمح لخلايا النسيج الضام بالتثبيت على عناصر المادة البين خلوية. البروتيوجليكان (protéoglycane) تتكون من بروتين مركزي الذي يغذي الجليكوسمينوجليكان (glycosaminoglycanes, GAG) وهي عبارة عن جزيئات كبيرة من الكربوهيدرات تشكل مكونات مهمة من المادة البين خلوية للنسيج الضام. حيث تتمثل الجليكوسمينوجليكان خاصة في كبريتات كوندرويتين (chondroïtine sulfate) و كبريتات الكيراتان (Kératane sulfate)، وحمض الهيالورونيك (acide hyaluronique)، وهي سلاسل طويلة متتالية من السكريات تتكون من تكرار وحدات السكريات الثنائية. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 144).

تميل البروتيوجليكان إلى التكتل من أجل تكوين مركب ضخم (في الكثير من الأحيان حول جزيئة حمض الهيالورونيك، الذي لديه القدرة على تطعيم بعض من جزيئات البروتيوجليكان. تحتفظ المادة الأساسية على كميات كبيرة من السائل وتتصرف مثل المنخل الجزيئي الذي عن طريقه الأغذية و المواد المذابة تنتشر من الشعيرات إلى الخلايا و العكس صحيح. الألياف المدفونة في المادة الأساسية تخفض من مرونة و تضايق نوعا ما عملية الانتشار. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 145).



صورة رقم (01): مخطط توضيحي لمركب البروتيوجليكان (protéoglycane) حيث أن كل من الكيراتين سولفاكت و الكوندرويتين سولفاكت (kératane sulfacte et chondroitine sulfacte) مرتبطان بمحور البروتين، مشكلان عدة تفرعات التي يتم تطعيمها بواسطة بروتين ارتباط (protéine de liaison)، على طول جزيئة حمض الهيالورونيك (acide hyaluronique). موقع (polysac3db.cermav.cnrs.fr).

1- أنواع الألياف المتواجدة في النسيج الضام:

ألياف النسيج الضام تستخدم للدعم حيث نجد ثلاثة أنواع في المادة البين خلوية للنسيج الضام وهي: ألياف الكولاجين، الألياف المرنة، و الألياف الشبكية. حيث أن ألياف الكولاجين هي الأكثر وفرة.

1-1 ألياف الكولاجين: تتكون رئيسيا من مادة الكولاجين و هو بروتين ليفي، يتواجد مختلفا في حوالي 20 نوعا التي تشكل خيوط أو شبكات. جزيئات الكولاجين من النوع I (النوع الأكثر انتشارا) يتم تصنيعها أولا في الخلية على شكل جزيئة بسيطة (بروكولاجين،procollagéne) يتكون من ثلاث سلاسل متعددة الببتيد ملتفة حلزونيا. بمجرد ما إن يتم إفرازه في السائل البين خلوي، البروكولاجين يتبلمر تلقائيا عن طريق تكوين روابط تساهمية متقاطعة بين الجزيئات البسيطة. وهكذا تتشكل الألياف أيضا لتنضم بدورها في حزم من الألياف . هذه الأخيرة تشكل ألياف الكولاجين المرئية تحت المجهر الضوئي. تواجد الروابط المتقاطعة بين الألياف يجعل ألياف الكولاجين قوية و يعطي للمادة مقاومة كبيرة للشد . تجارب تم إنجازها كشفت أن ألياف الكولاجين لديها مقاومة أعلى مقارنة مع الألياف الفولاذية من نفس المعيار أو القطر في الحالة الجديدة . ألياف الكولاجين تكون بيضاء و لامعة لهذا يطلق عليها ألياف الكولاجين البيضاء. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 145).

2-1 الألياف المرنة: وهي ألياف طويلة رفيعة تشكل شبكة متفرعة في المادة البين خلوية. حيث تتكون من بروتين قابل للمد، الإيلاستين (élastine) (مرتبط مع جزيئات صغيرة تسمى الفبريلين fibrilline) التي تعتبر المكون الرئيسي للألياف المرنة و هي بروتينات سكرية، تسمح بالتمدد إلى نقطة أين يتم مضاعفة طولها و ترجع إلى أصلها على شكل الشريط المطاطي. عند وصول النسيج الضام إلى درجة من التمدد ، تصبح ألياف الكولاجين السميكة و المصاحبة دائما للألياف المرنة صلبة. وعند انتهاء عملية الشد (راحة) ترجع الألياف المرنة إلى حالتها الطبيعية و تعطي للنسيج الضام طوله و شكله العادي . كما نجد الألياف المرنة في المناطق أين تكون المرونة رئيسية و مهمة خاصة في الجلد، الرئتين، و جدران الأوعية الدموية. عندما تكون الألياف المرنة مصفرة، نطلق عليها في بعض الحالات الألياف الصفراء. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 146)

3-1 الألياف الشبكية: وهي ألياف كولاجين رفيعة مرتبطة مع ألياف الكولاجين المناسبة، ولكن في الشكل و الخصائص الكيميائية تختلف قليلا عن هذه الأخيرة. تحتوي على العديد من التفرعات المتكونة من شبكة رفيعة (شبكة صغيرة) التي تحيط بالأوعية الدموية الصغيرة و تدعم الأنسجة الرخوة للأعضاء. الألياف الشبكية تكون متوفرة خاصة في المناطق التي يكون فيها النسيج الضام موحد مع نوع آخر من الأنسجة، خاصة في الغشاء القاعدي للأنسجة الطلائية و حول الشعيرات الدموية، أو تشكل شبكة رفيعة و حساسة أكثر مرونة بقليل مقارنة مع الألياف كولاجين الضخمة . (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 146)

جدول رقم (01): أنواع الألياف المتواجدة في الأنسجة الضامة.

أنواع الألياف	خصائصها	تكتسب	توجد في
الألياف البيضاء الكولاجينية	**ألياف قوية تنظم في حزم كبيرة وقابلة للانثناء(الأكثر انتشارا)**	**قوتها من وجود الكولاجين**	**الأوتار والأربطة**
الألياف الصفراء المرنة	**ألياف رقيقة مرنة قابلة للشد في صورة منفردة صفراء اللون**	**مرونتها من وجود مادة الإيلاستين (بروتين)**	**أماكن تحتاج مرونة كبيرة مثل الرئتين والشرايين والجلد**
الألياف الشبكية	**ألياف رفيعة وناعمة سمكها بين البيضاء والصفراء وغير مرنه و متفرعة و متشابكة**		**الكبد والطحال ونخاع العظام .**

2- أنواع الخلايا في النسيج الضام:

كل طبقة كبيرة من النسيج الضام تحتوي على نوع رئيسي من الخلايا موجودة في شكل غير ناضج و شكل بالغ. الخلايا الجذعية الغير متمايزة تحدد عن طريق خلية لاحقة لم تصل إلى النضج (blaste) و هو ما يعني حرفيا الشكل الأولي الذي تتطور منه الكائنات الحية (germe)، تخضع الخلايا الغير متمايزة إلى مجموعة من الانقسامات المتساوية و تفرز المادة البين خلوية الأساسية كذلك البروتينات الليفية التي تشكل الألياف الخاصة بالنسيج. الخلايا الانفجارية و هي الخلايا السليفة (cellules blastiques) التي لها القدرة على الحفاظ على نفسها عن طريق الانقسام ، تتواجد بطريقة مختلفة في النسيج الضام منها : (1) الفيبروبلاست (fibroblastes) في النسيج الضام المتخصص أو الأصلية (proprement dit)، (2) الكندروبلاست (chondroblaste) في النسيج الغضروفي، (3) الاستيوبلاست (ostéoblastes) في النسيج العظمي. الخلايا الجذعية المكونة للدم (hématopoïétiques) وهي خلايا سليفة غير متمايزة تنتج خلايا الدم، و لكنها لا تتواجد في الدم و لا تصنع المادة السائلة (البلازما) (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 146).

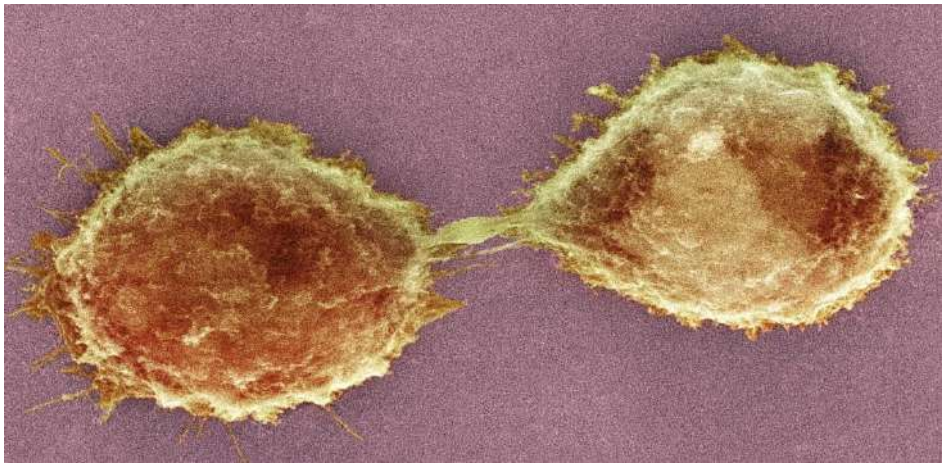
بعد تركيب النسيج تكتسب الخلايا المتفجرة (السليفة) الشكل البالغ ، أقل نشاطا تحدد عن طريق الربط بالجذور لإعطاء معنى الخلية (cyte). تحافظ الخلايا البالغة على سلامة النسيج. في حالة تعرض النسيج إلى تمزقات، الخلايا البالغة تعود بسهولة إلى حالة أكثر نشاطا من أجل إصلاح و تجديد النسيج. (الخلايا الجذعية المكونة للدم في نخاع العظم الأحمر تخضع باستمرار إلى الانقسام من أجل تعويض خلايا الدم الميتة) (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 146).

كما يحتوي النسيج الضام على أنواع أخرى من الخلايا منها الخلايا الذهنية التي تخزن العناصر الغذائية في شكل ثلاثي الغليسريد و خلايا متحركة التي تهاجر من الدورة الدموية وصولا إلى النسيج. آخر هذه الخلايا هي الكريات البيضاء التي تتدخل في استجابة النسيج للعدوان . بعض أنوع الكريات البيضاء تخضع إلى تحولات في النسيج الضام وتصبح خلايا الماستوسيت (mastocytes)، خلايا بلعمية (macrophagocytes) و خلايا البلاسموسيت (plasmocytes) تنتج الأجسام المضادة. التنوع الكبير للخلايا الموجودة في النسيج الضام يظهر في النسيج الضام الفجوي أو الخلالي (aréolaire). (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 146).

جدول رقم (02):أنواع الخلايا في النسيج الضام.

نوع الخلايا	خلاياها	وظيفتها
الخلايا الأكولة Macrophagocyte	**كبيرة الحجم متحركة ذات أنويه لها أقدام كاذبة بيضاوية**	**تقوم بالتهام الأجسام الغريبة التي تدخل النسيج الضام**
(Fibrocyte)الخلايا الليفية	**كبيرة الحجم مغزلية أو متفرعة أنويتها كبيرة**	**تقوم بإفراز الألياف التي تعمل على إكساب النسيج المرونة والقوة**
خلايا حاملة (Melanocyte)الألوان	**خلاياها نجميه الشكل**	**تكثر في أدمة الجلد وقزحية العين و تقوم بإنتاج الأصباغ مثل صبغة الميلانين**
الخلايا البلازمية Plasmocyte	**صغيرة الحجم كروية**	**تقوم بإنتاج الأجسام المضادة**
أو البدينة الخلايا الصارية (Mastocyte)	**كبيرة الحجم غير منتظمة ذات أنويه صغيرة (توجد حول الأوعية الدموية) .**	**تفرز مادة الهيبارين التي تمنع تخثر الدم . و تفرز مادة الهستامين التي تسبب توسيع الأوعية الدموية .**
خلايا غير مميزة (U M C)	**توجد في الجنين وفي نخاع العظم،متشعبة ولها نواة بيضاوية كبيرة**	**تعطي الدم وتتجمع على طول الأوعية الدموية**

الخلايا المصورة لليف أو الأرومة الليفية (Fibroblaste)	**تنشأ من الخلايا الغير مميزة**	**تكون الخلايا الليفية والغراء وتفرز المادة المرنة وتساهم في تكوين الألياف المرنة**
كرات الدم البيضاء(Leucocyte)	**من أنواعها الخلايا الحامضية والقاعدية اللمفاوية**	**دفاعية**
خلايا دهنية(Adipeuse)	**كبيرة الحجم بها فجوة كبيرة و الأنوية طرفيه**	**وحول الكليتين وهي تقوم بحشو توجد تحت الجلد وتخزين الدهون حول الأعضاء واختزان الفراغات الطاقة وتنظيم الحرارة**



صورة رقم (02): كيفية الترابط اللاحق بين الخلايا عن طريق الجذور لإعطاء معنى أو لتبلغ الخلية (le suffix cyte). (Reece, Jane B. et Neil A, 2011).

3-أنواع النسيج الضام :

مثل ما تم الإشارة إليه سابقا أن جميع الأنسجة تنشأ من النسيج الجنيني المشترك (الطبقة المتوسطة من البويضة المخصبة) (mésenchyme)، الذي يتكون من مادة أساسية سائلة تحتوي على ألياف رفيعة متناثرة و خلايا نجمية، الخلايا الجنينية. يظهر خلال الأسابيع الأولى من تطور الجنين بعد ذلك يتم التمايز (التخصص) من اجل تشكيل جميع أنواع النسيج الضام. بعض الخلايا الجنينية للطبقة المتوسطة تبقى لتشكل منبع أو مصدر لخلايا جديدة في النسيج الضام البالغ. كما يمكن أن نصنف النسيج الضام إلى الأنواع التالية:

- الأنسجة الضامة الأصلية.
- الأنسجة الضامة الهيكلية .
- الأنسجة الضامة الوعائية .

1-3 الأنسجة الضامة الأصلية:

و التي يمكن أن نقسمها إلى النسيج الضام الرخو (lâche) الذي يحتوي على (النسيج الفجوي، الذهني و الشبكي)، و كذلك النسيج الضام الكثيف (dense) الذي يحتوي على (النسيج الكثيف المنتظم، و الغير منتظم، و المرن). باستثناء النسيج العظمي، و الغضروف و الدم جميع الأنسجة الضامة البالغة تنتمي إلى هذا النوع.

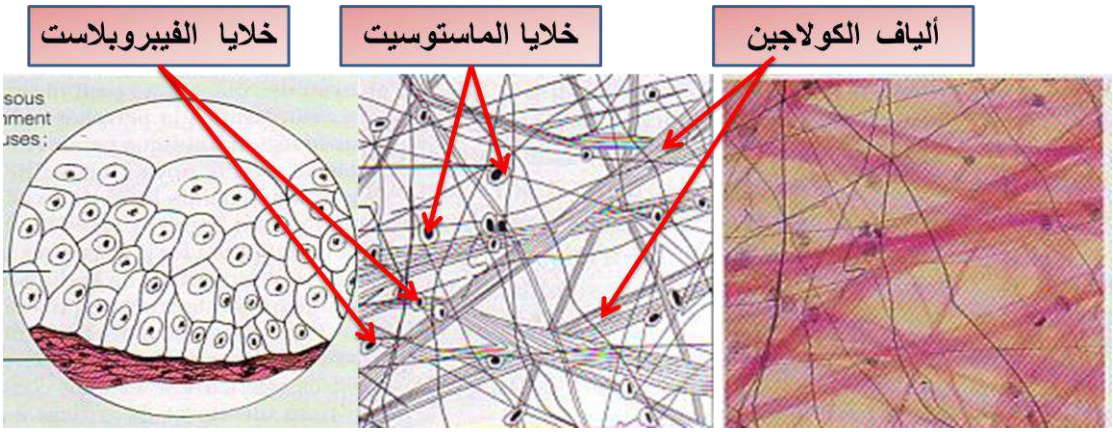
1-1-3 النسيج الضام الفجوي أو الخلالي (Le tissu conjonctif aréolaire) : وظائف هذا النسيج مشتركة مع أنسجة ضامة أخرى و لكن ليس لجميعها حيث تظهر هذه الوظائف في (1) دعم و ربط الأنسجة الأخرى (المهمة المنجزة من طرف الألياف)، (2) حجز و حفظ سوائل الجسم (دور المادة الاساسية)، (3) مكافحة العدوى أو التسممات بفضل نشاط جميع الكريات البيضاء (خاصة الخلايا البلعمية)، (4) تخزين العناصر الغذائية على شكا دهون(في الخلايا الذهنية) .

الخلايا الأكثر توفرا في هذا النسيج هي خلايا الفيبروبلاست، وهي خلايا مقاومة جدا، مسطحة و متفرعة على شكل مغزلي أين يكون السيتوبلازم محشو بالشبكة الأندوبلازمية المحببة، و هذا يعكس نشاطها المهم في تصنيع بروتينات النسيج. و عندما تصبح غير نشطة تسمى خلايا الفيبروبلاست بخلايا الفيبروسيت. يحتوي النسيج الضام الفجوي على العديد من الخلايا البلعمية التي تشكل حاجزا قويا ضد الكائنات الحية الدقيقة. كما يحتوي أيضا هذا النسيج على خلايا ذهنية معزولة أو على شكل عناقيد، كذلك نادرا على خلايا الماستوسيت التي يمكن التعرف عليها بسهولة من خلال حبيباتها السيتوبلازمية الكبيرة، قابلة للتلوين و الإخفاء. و أنواع أخرى من الخلايا مبعثرة في هذا النسيج.

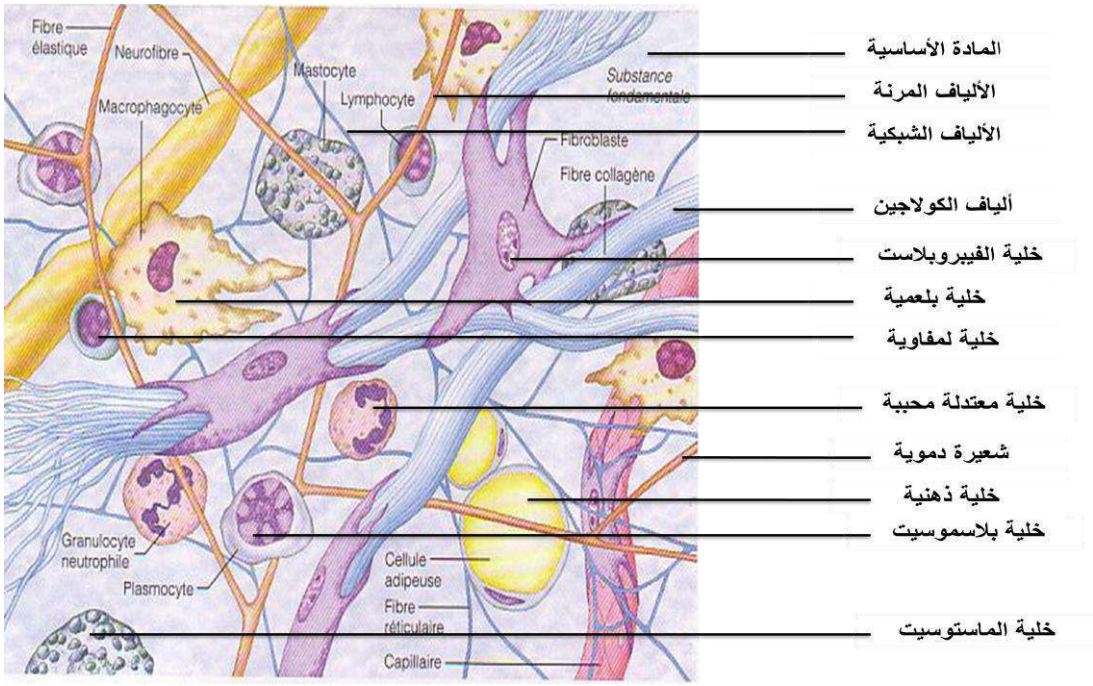
المادة الأساسية للنسيج الضام الفجوي تعتبر سائلة لذلك فهي تشكل خزان ماء و أملاح من أجل الأنسجة المحيطية حيث توجد كمية كبيرة من السائل تقريبا مثل المتواجدة في الدورة الدموية . تقريبا جميع خلايا الجسم تستخرج عناصرها الغذائية من هذا السائل، الذي يشكل السائل الخلالي . و فيه يتم طرح فضلاتها . ومع ذلك المحتوى الكبير لحمض الهيالورونيك يعطي المادة الأساسية لزوجة تشبه بقايا السائل المبلور من السكر (mélasse)، وهذا يضايق حركة الخلايا. لذلك نجد بعض الكريات البيضاء مسؤولة عن حماية الجسم ضد الكائنات

الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 147). حيث تفرز أنزيم يسمى هيالورونيداز (hyaluronidase) وهو عبارة عن أنزيم مائي يكسر أحماض الهيالورونيك (hyaluronique) من خلال تحفيز التحلل المائي، تعمل هذه الأنزيمات على تقليل اللزوجة من أجل زيادة نفاذية و سيولة المادة الأساسية (Rigden D. J et Jedrzejas M. J.,2003). يسهل أنزيم هيالورونيداز مرور الكريات البيضاء في النسيج الضام. (لسوء الحظ بعض البكتيريا يحتمل أن تكون ضارة لديها نفس الخاصية و تستخدم لغزو الأنسجة). في حالة الإلتهاب النسيج الضام الفجوي المتضرر يتصرف كإسفنجه حيث يمتص السائل الزائد القادم من الشعيرات الدموية و يبدأ في الإنتفاخ. مما يحدث وذمة (œdème).

النسيج الضام الفجوي يعتبر النسيج الأكثر انتشارا في جسم الإنسان و هو بمثابة نوع من الحشو العام بين الأنواع الأخرى من الأنسجة. حيث يربط أجزاء من الجسم بينما يسمح لهم بسهولة الإنزلاق على ضد بعضها البعض، كما يغلف الأوعية الدموية الصغيرة والأعصاب، يغلف أيضا الغدد، و يشكل النسيج تحت الجلد حيث يبطن الجلد و يلصقه بالبنيات التحتية . و أخيرا فإنه كذلك يشكل الصفيحة الخاصة لجميع المخاطيات. (المخاطيات تبطن جميع التجاويف المفتوحة في الوسط الخارجي). (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 147)



صورة رقم (03): النسيج الضام الفجوي حيث تظهر ألياف الكولاجين وكل من خلايا الفيبروبلاست و الماستوسيت.



صورة رقم (04): النسيج الضام الفجوي يدعم النسيج الطلائي و يحيط بالشعيرات مع تسجيل مختلف الخلايا و الثلاث أنواع من الألياف (الكولاجين، الشبكية، المرنة) المتوزعة في المادة الأساسية، موقع (h5p.org).

2-1-3 النسيج الضام الذهني (le tissu conjonctif adipeux):

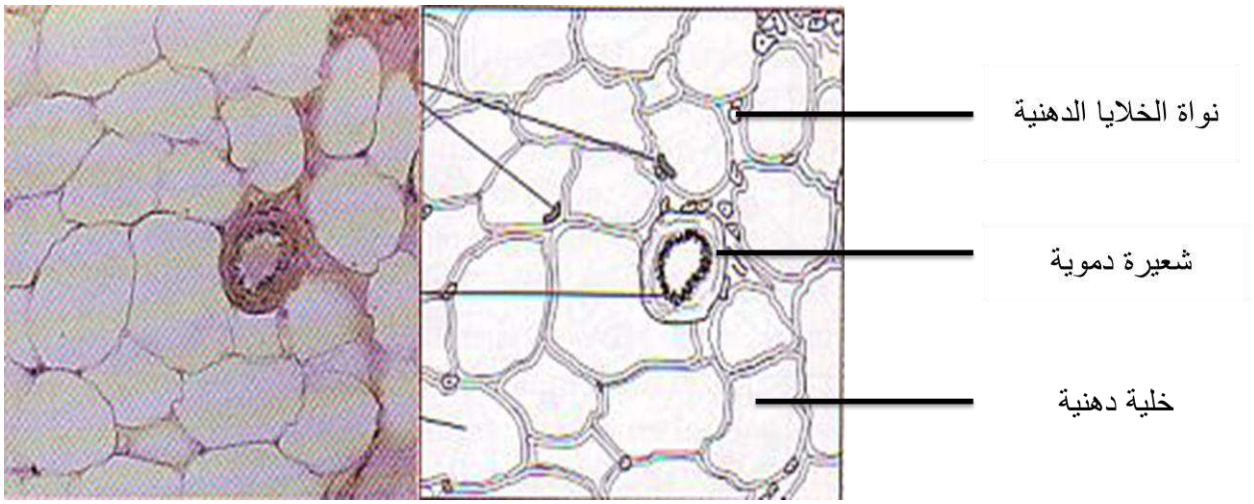
وهو عبارة عن نسيج دهني يشكل الطبقات الذهنية في الجسم الموجودة تحت الجلد و الأوعية الدموية، يشبه النسج الفجوي في البنية و الوظيفة، إلا أن قدرته على تخزين العناصر الغذائية أكبر بكثير، لهذا يطلق على الخلايا الذهنية (adipocytes) عادة الخلايا الشحمية، سائدة و تشكل 90% من الكتلة. المادة البين خلوية قليلة جدا و الخلايا محصورة مع بعضها البعض هذا ما يعطي للنسيج نظرة سياج حظيرة

الدجاج. اغلب أجزاء الخلايا الذهنية تشغلها قطرات ذهنية لامعة (غير محاطة بغشاء و تتكون بالكامل تقريبا من الدهون الثلاثية) مما يدفع النواة نحو الجانب. كذلك يمكن ملاحظة شريط رفيع من السيتوبلازم في محيط الخلية. الخلايا الذهنية البالغة تعتبر من أضخم الخلايا في جسم الإنسان. حيث تنتفخ أو تنكمش (مما يجعلها تأخذ شكل متجعد) لأنها تمتص أو تحرر الدهون.). (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149)

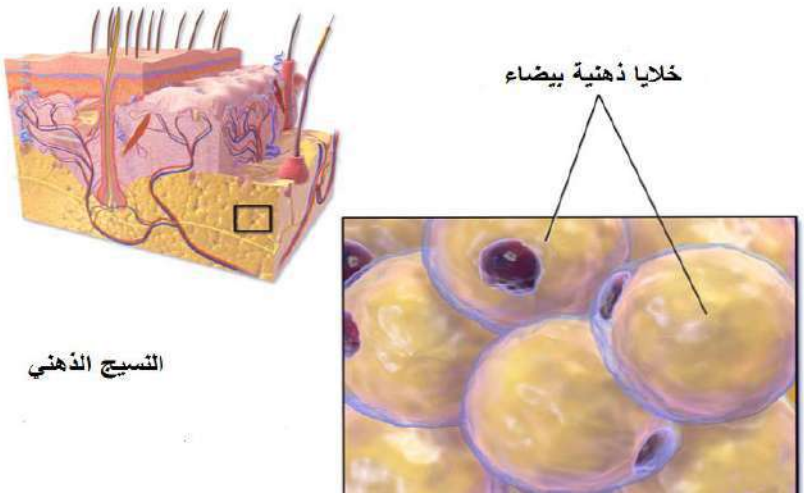
النسيج الذهني غني بالشعيرات الدموية نظرا للنشاط الأيضي الكبير. بدون مخزون الدهون المتراكم في النسيج الذهني، لا نستطيع البقاء على قيد الحياة أكثر من بضعة أيام على معدة فارغة. تفرز الخلايا الذهنية الهرمونات، منها الأديبوكين الذي يتدخل في الأيض. النسيج الذهني وفير في الجسم و يشكل 18% من الكتلة لدى شخص متوسط (15% لدى الذكور و 22% لدى الإناث). نسبة الكتلة التي تمثلها الدهون يمكن أن تصل إلى 50% لدى شخص دون أن يعاني من السمنة المفرطة. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149)

النسيج الذهني يمكن أن يظهر تقريبا في جميع مناطق التي ينتشر فيها النسيج الضام الفجوي. ولكن يتراكم عامة في النسيج تحت الجلد، أين يلعب دور مضاد للصدمات والعزل. لأنه ينقل الحرارة بشكل سيئ، تساهم الدهون في الحماية من فقدان الحرارة الجسمية.كما تتراكم الدهون ايضا في محيط الكلى خلف بصلات العين و كذلك في مناطق محدد وراثيا منها البطن و الحوض. الكمية الكبيرة من النسيج الذهني المتواجدة تحت الجلد تسمح بتلبية الاحتياجات الغذائية للجسم ككل. لكن يتواجد أيضا المزيد من المستودعات الصغيرة من الدهون التي تستجيب إلى الاحتياجات الخاصة لبعض الأعضاء الجد نشطة. حيث نجد هذه المستودعات حول القلب، أين يكون العمل متواصل، حول العقد اللمفاوية (أين تصارع خلايا الجهاز المناعي بقوة ضد التسممات)، في بعض العضلات على شكل خلايا ذهنية معزولة، في نخاع العظم (أين يتم إنتاج خلايا دموية جديدة بوتيرة سريعة). العديد من هذه المستودعات المحلية تحتوي على تراكيز مرتفعة من الدهون الخاصة. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149)

يحتوي الجسم على نوعين من الأنسجة الذهنية منها البيضاء و البنية، أذا تطرقنا إلى النسيج البني نجد أنه يتكون من عدد غزير من الميتوكوندري التي تحتوي على السيتوكروم (cytochromes) وهو عبارة عن كوأنزيم من فئة الناقلات في سلسلة نقل الإلكترون والتي تلعب دورا أثناء التنفس الخلوي، و كذلك على مواد تتدخل في إنتاج الطاقة. كما يتم تخزين الدهون في شكل العديد من القطرات بدلا من القطرة الواحد مثل ما هو عليه الحال في الدهون البيضاء، لهذا يطلق على الدهون البنية أيضا (النسيج الذهني المتعدد الغرف،multilouculaire) على عكس الدهون البيضاء فهي وحيدة الغرفة (uniloculaire). من جهة أخرى الدهون البيضاء تعتبر خزان من المواد الغذائية (خاصة للخلايا الأخرى). تستهلك ميتوكوندري النسيج البني الوقود القادم من الأحماض الذهنية للدهون من أجل إطلاق الحرارة في الدورة الدموية و تسخين الجسم (بالأحرى إنتاج الأدينوزين ثلاثي الفوسفات، ATP). الدهون البنية الكثيرة الأوعية الدمية موجودة بشكل خاص لدى الطفل نظرا لأنه غير قادر على إنتاج الحرارة عن طريق الارتجاف. أغلب مواقع مخزونات النسيج البني تتواجد بين الكتفين (لوح الكتف)، على الجهة الأمامية الجانبية للرقبة، و في جدار البطن الأمامي. كما نجد أيضا الدهون البنية لدى البالغ في مناطق لوح الكتف، و العمود الفقري و هذا ما تم توضيحه مؤخرا. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149)

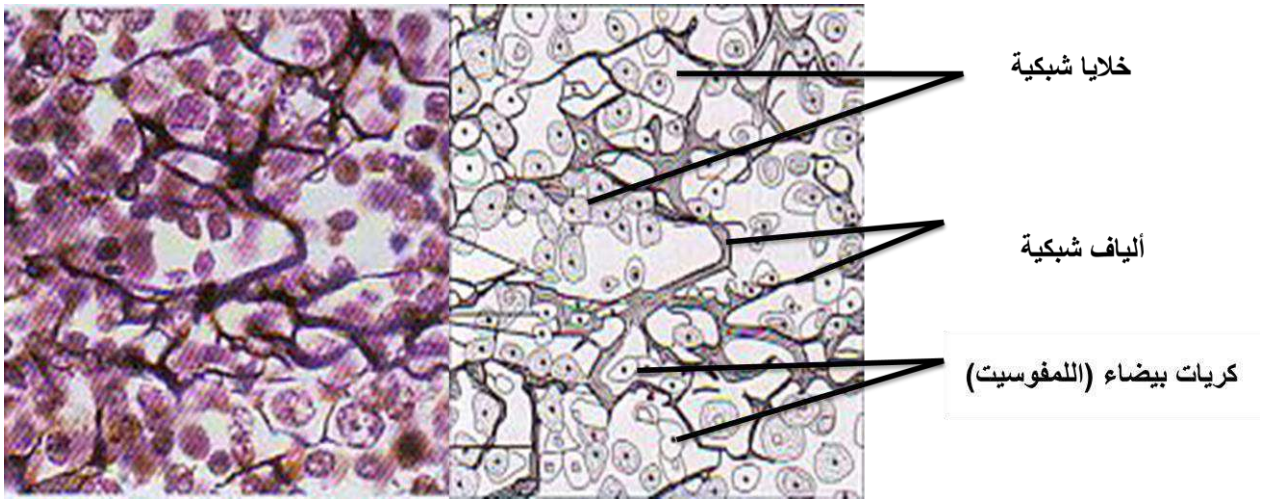


صورة رقم (05): النسج الدهني حيث تظهر الصورة كل من (نواه الخلية الدهنية، شعيرة دموية، خلية دهنية).



صورة رقم (06): تتمثل الوظيفة الرئيسية للأنسجة الدهنية في العمل كطبقة عازلة تساعد على تقليل فقدان الحرارة عبر الجلد. كما يوفر الحماية الميكانيكية للأعضاء الداخلية. الأنسجة الدهنية هي مصدر للطاقة لأنها تخزن الدهون . موقع (sawakinome.com)

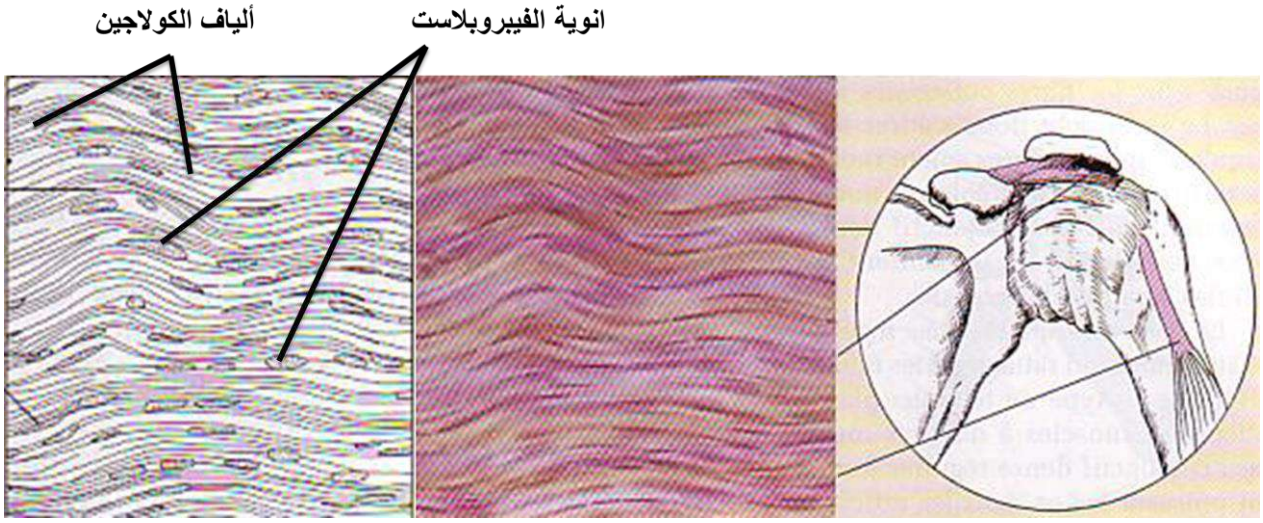
3-1-3 النسيج الضام الشبكي (le tissu conjonctif réticulaire) : يشبه هذا النسيج إلى حد كبير النسيج الضام الفجوي أو الخلالي و لكن الألياف الوحيدة الموجودة في هذا النسيج هي الألياف الشبكية، حيث تشكل شبكة رفيعة تحبس خلايا الفيبروبلاست و هي تسمى الخلايا الشبكية، بالرغم من وجود ألياف شبكية في العديد من مناطق الجسم، النسيج الضام الشبكي، يظهر فقط في بعض الأماكن. حيث يشكل الشبكة الضامة التي تدعم خلية أو نسيج أو عضو، كما يحتوي على العديد من الكريات البيضاء الحرة (رئيسيا خلايا اللمفوسيت) في العقد اللمفاوية، يتواجد في نخاع العظم الأحمر و الطحال. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149).



صورة رقم (07): النسيج الضام الشبكي حيث تظهر كل من الخلايا الشبكية، الألياف الشبكية ، الكريات البيضاء (اللمفوسيت).

4-1-3 النسيج الضام الكثيف المنتظم (le tissu conjonctif régulier): في الثلاث الأنواع المختلفة من النسيج الضام الكثيف نجد أن الألياف أكثر تواجدا. يحتوي النسيج الضام الكثيف المنتظم على حزم مدمجة من ألياف الكولاجين مرتبة بالتوازي في اتجاه السحب. هذه الألياف تشكل بنية بيضاء مرنة و مقاومة جدا للتمدد، حيث يتم تطبيق هذه القوة دائما في نفس الاتجاه. صفوف من خلايا الفيبروبلاست متواجدة بين ألياف الكولاجين تنتج باستمرار الألياف، و القليل من المادة الأساسية. كما نلاحظ أن ألياف الكولاجين متموجة بشكل طفيف. حيث يمكن للنسيج أن يتمدد قليلا، أي بمعنى وصول الألياف إلى شكل مستقيم تحت تأثير السحب. عكس النسيج الضام الفجوي نلاحظ أن النسيج الضام الكثيف المنتظم يحتوي على القليل من الأوعية الدموية و خلايا الفيبروبلاست. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149)

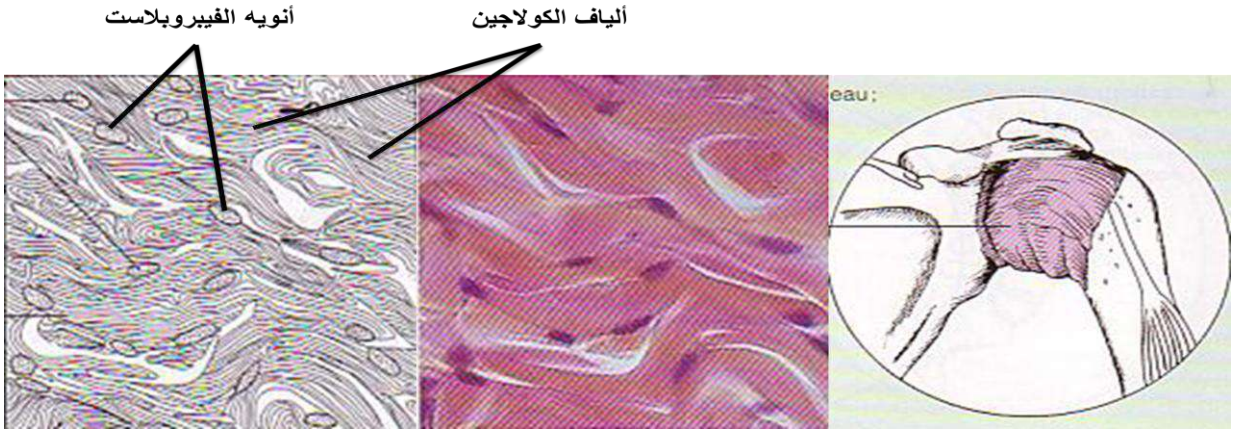
النسيج الضام الكثيف المنتظم يشكل الأوتار، وهي البنيات التي تربط العضلات بالعظام أو الأغشية الليفية (aponévroses)، وهي نوع من الأوتار المسطحة و الغشائية التي تربط العضلات مع عضلات أخرى أو مع العظام. النسيج الضام الكثيف المنتظم يشكل أيضا اللفافة (fascia) وهي غشاء ليفي يغلف العضلات و المجاميع العضلية، الأوعية الدموية، والأعصاب. ربط هذه الهياكل مثل غلاف السيلوفان، كذلك الأوتار التي تربط العظام في المفاصل. تحتوي الأربطة على الألياف المرنة بكميات أكثر من الأوتار و بالتالي فهي قابلة للتمدد بشكل أكبر من قليلا. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149)



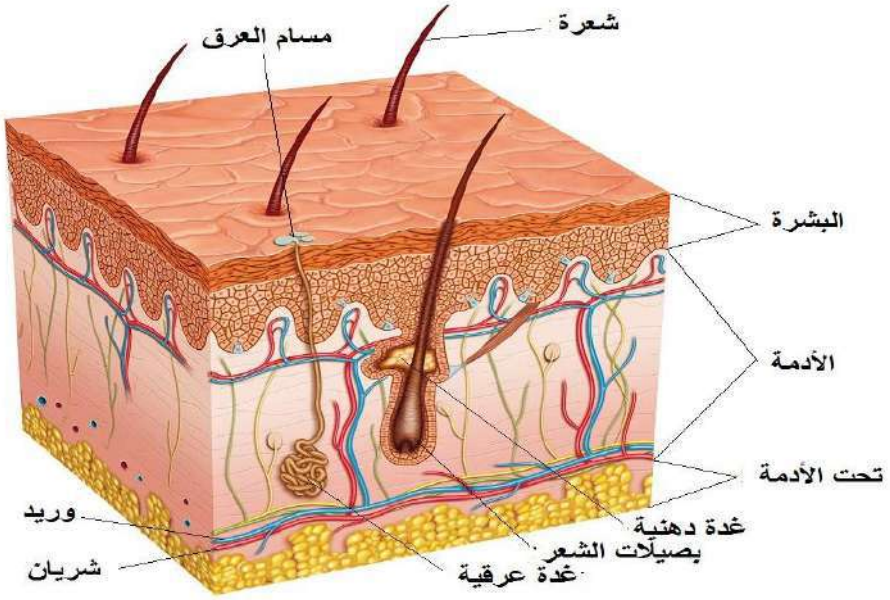
صورة رقم (08): النسيج الضام الكثيف المنتظم، حيث تظهر ألياف الكولاجين، أنوية خلايا الفيبروبلاست.

صورة رقم (09):اللفافة الأخمصية عبارة عن غشاء ليفي سميك للغاية يقع في الجزء الأخمصي من القدم (aponévrose plats)، مثلث الشكل ، يدخل في الجزء الخلفي من القدم على العقب، ويتسع نحو مقدمة القدم وينتهي على رؤوس مشط القدم . موقع (podologue-rouanet)

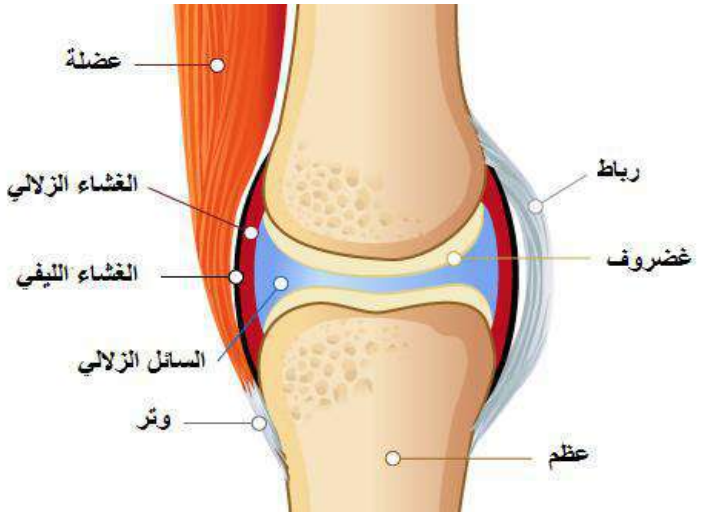
5-1-3 النسيج الضام الكثيف الغير منتظم (le tissu conjonctif dense ,irregular): يتكون النسيج الضام الكثيف الغير منتظم من نفس العناصر البنيوية المتواجدة في النسيج الضام الكثيف المنتظم. حزم ألياف الكولاجين تكون أكثر سمكا، ترتيبها يكون غير غير منتظم، في كل الاتجاهات. هذا النوع من النسيج يشكل صفائح في مناطق الجسم الخاضعة إلى قوى الشد المختلفة الموجهة. يتواجد هذا النسيج في الجلد، أكثر تحديدا في الأدمة (derme)، كما يكون أيضا الغشاء الليفي المحيط بالحفر المفصلية (capsules articulaires) و الغلاف الليفي لبعض الأعضاء (الخصيتين، الكلى، العظام، الغضروف، العضلات، الأعصاب). (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 149)



صورة رقم (10): النسيج الضام الكثيف الغير منتظم، حيث تظهر ألياف الكولاجين، و أنوية الفيبروبلاست .

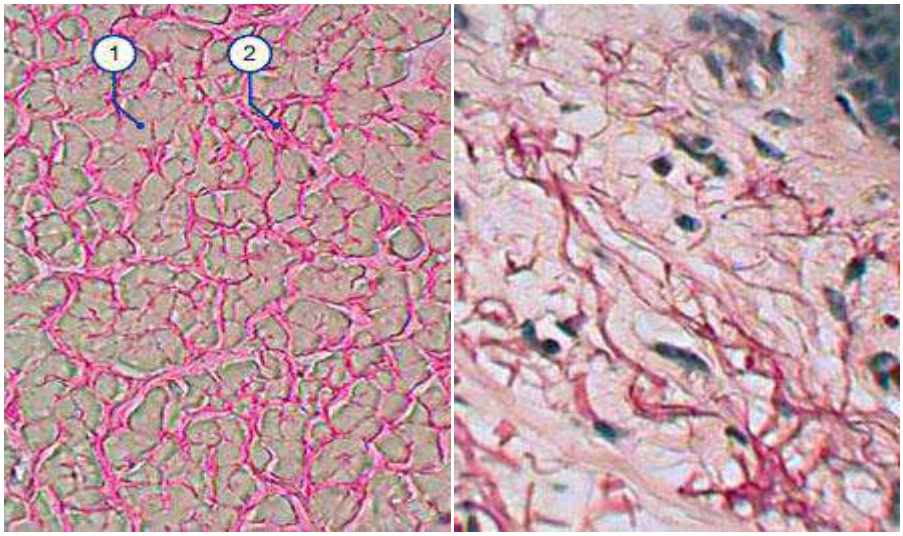


صورة رقم (11): رسم بياني يوضح طبقات الجلد و خصوصياته، نلاحظ تواجد كل من النسيج الطلائي الحرشفي المركب في طبقة البشرة، يلي ذلك النسيج الضام الكثيف الغير منتظم في طبقة الأدمة . موقع (simplyscience.ch)



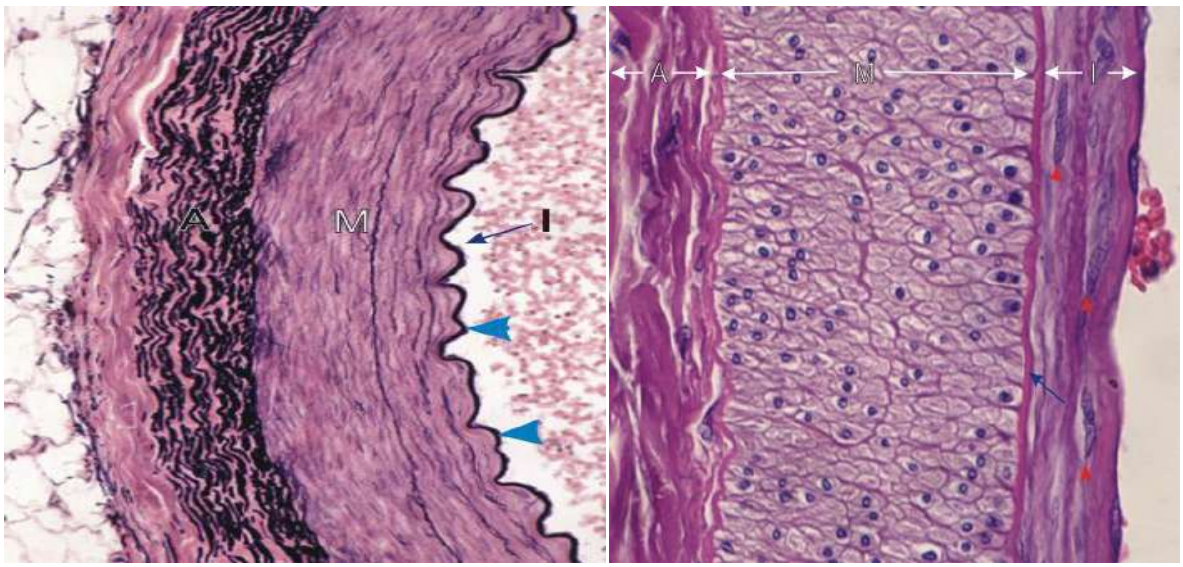
صورة رقم (12): الغشاء الليفي (capsule articulaire) المحيط بالحفر المفصلية المتكون من النسيج الضام الكثيف الغير منتظم (صورة من مفصل الركبة) موقع (public.larhumatologie.fr).

6-1-3 النسيج الضام المرن (le tissu conjonctif élastique): بعض الأربطة، الرباط القفوي (ligament nuchal) و الأربطة الصفراء، التي تربط الفقرات المجاورة المرنة للغاية. يحتوي هذا النسيج على أعداد مرتفعة جدا من الألياف المرنة لدرجة أن النسيج الضام الكثيف المنتظم لهذه الهياكل يسمى النسيج الضام المرن. يتواجد هذا النسيج ايضا في جدران الشرايين الكبيرة، تكوين بعض الأربطة المرتبطة بالعمود الفقري، الرئتين، و جدران الشعب الهوائية (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 151).

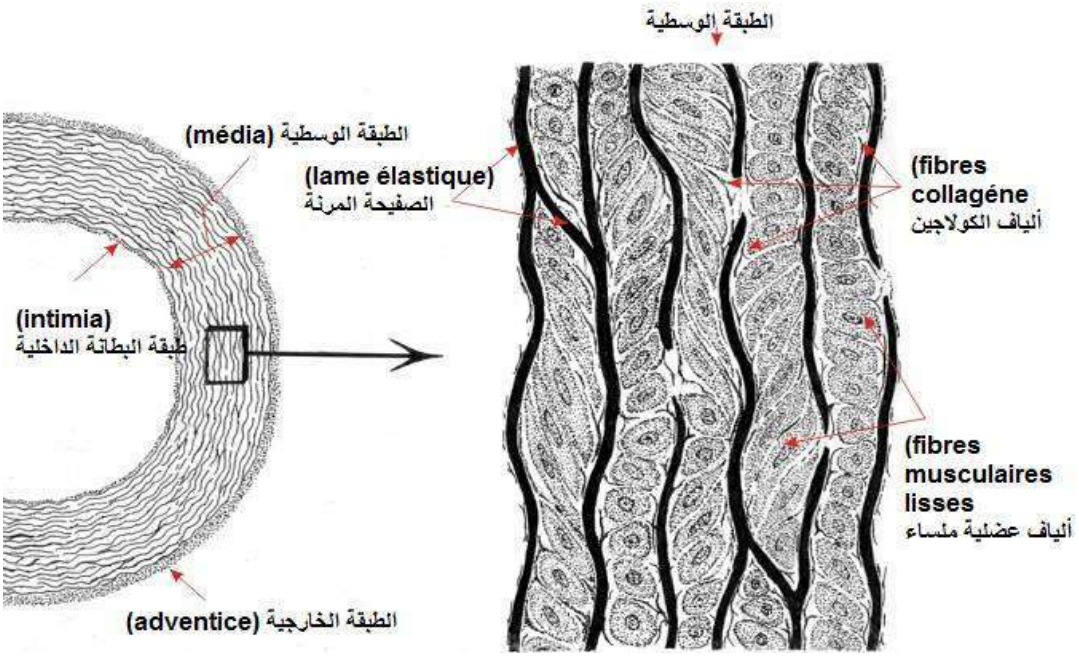


صورة رقم (13): على اليسار الألياف المرنة ملونة بالأحمر القاتم المتواجدة في طبقة الأدمة، على اليمين أربطة الرقبة التي تحتوي على الكثير من الألياف المرنة (الرمادية، 1) مرتبة بطريقة متوازية بجنب ألياف الكولاجين (الحمراء، 2)، تلوين (فان جيسوم) موقع (unifr.ch) . يستخدم ثلاثي الكروم (Van Gieson) للتمييز بين الكولاجين والعضلات الملساء لإظهار زيادة كمية الكولاجين ، حيث يتكون من ثلاثة اصباغ مختلفة هيماتوكسيلين (Weigert) للنواة ، وحمض البيكريك للسيتوبلازم وحمض الفوشين (acide fuschin) للكولاجين موقع (clinisciences.com) .

صورة رقم (14): مقطع عرضي في شريان كلب ملون حسب طريقة كبير ملون بطريقة فيرهوف (verhoeff). هذه الطريقة تلون الإلاستين (ilastine) بالأسود. عند هذا التكبير المنخفض جدا ، يتكون جدار هذا الشريان بالكامل تقريبا من مجموعة من الصفائح الرفيعة المرنة المتوازية. هذه الصفائح بالكاد مرئية (Coloration: Verhoeff) تكبير x 100. (Clermont Y, et al, 2015). موقع (audilab.bmed.mcgill.ca)

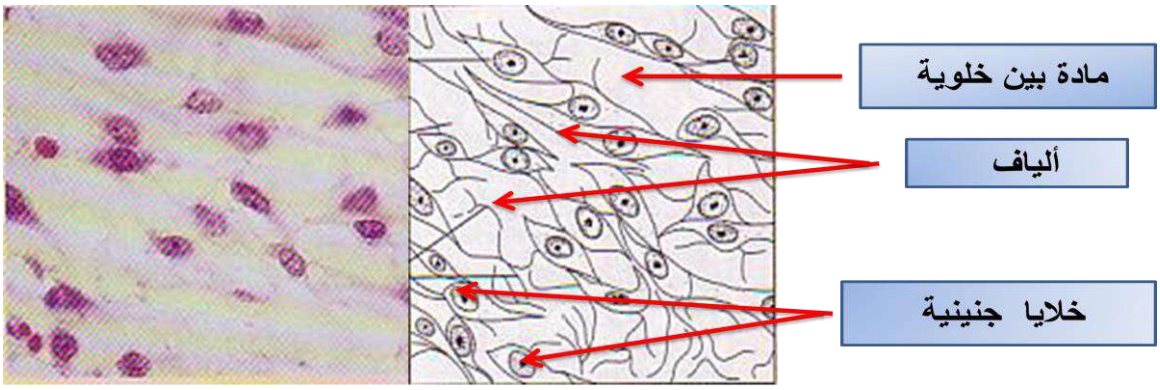


صورة رقم (15): مقطع عرضي لشريان بحجم كبير ملون بطريقة فيرهوف (verhoeff) التي تعتمد على تلوين الألياف المرنة بالهيماتين (hématéine) مع اليود وكلوريد الحديد. حيث توضح الصورة ثلاث طبقات مميزة و هي البطانة (Intima I) التي تتكون من طبقة طلائية مبطنة (غير مرئية جدا في هذا التكبير على اليمين)، تتوضع على الصفيحة الداخلية المرنة (رأس السهم) .الطبقة الوسطية (Média M) التي تتكون من خلايا عضلية ملساء مرتبة بشكل دائري و بعض الألياف المرنة. الطبقة الخارجية (Adventice,A) وهي تختلف عن الطبقة الوسطية، لا تحتوي على خلايا عضلية و لكنها تتكون من ألياف وصفيحة مرنة و ألياف كولاجين حمضية. (Coloration: Verhoeff) تكبير x 250. (Clermont Y, et al, 2015) موقع (audilab.bmed.mcgill.ca) .



صورة رقم (16): يظهر الرسم الموجود على اليسار جدار الشريان الأورطي وهو نموذج لشريان مرن. يتم تكبير المربع في الطبقة الوسطية في الرسم التخطيطي جهة اليمين. يوضح هذا الترتيب خلايا العضلات بين الصفيحة المرنة. الخلايا العضلية قصيرة وطرفاها يشكلان جسر بين أسطح الصفيحتين المرنتين المتجاورتين. تظهر مجموعات الخلايا العضلية اتجاهات مختلفة وتظهر في مقاطع طولية أو مائلة أو عرضية. بغض النظر عن هذه الاتجاهات المختلفة، فإن ألياف العضلات متصلة دائما بسطح صفيحتين مرنتين متجاورتين. وجود العديد من الصفيحات المرنة وترتيب الخلايا العضلية التي ترتبط بها يمنح جدار هذه الشرايين قوة ومرونة كبيرين تحت تأثير النبضات الإيقاعية القوية للقلب. (Clermont Y, et al, , 2015) موقع (audilab.bmed.mcgill.ca).

7-1-3 النسيج الضام المخاطي le tissu conjonctif embryonnaire: وهو أول نسيج يتكون أثناء المرحلة الجنينية يحتوي على الخلايا التي تكون مضغة الجنين، ومادة بين خلوية سائلة تحتوي على ألياف رفيعة، يتغير هذا النسيج من حيث الشكل ليكون الأنواع الأخرى من النسيج الضام.



صورة رقم (17): النسيج الضام المخاطي .

2-3 الأنسجة الضامة الهيكلية (Les tissues conjonctifs squelettiques):

هذا النوع من النسيج تكون فيه المادة بين خلوية صلبة مثل العظام أو لينة مثل الغضروف

1-2-3 الغضروف (le cartilage): من بين خصائص الغضروف أنه يسمح بمقاومة التوترات و الضغط، حيث يقع في المنتصف بين النسيج الضام الكثيف و النسيج العظمي. يتميز الغضروف بالمتانة ولكنه مرن، مما يعطي الصلابة والمرونة على الهياكل التي يدعمها. يخلو الغضروف من الأوعية الدموية و يفتقر إلى الألياف العصبية. تأتي المواد الغذائية لهذا النسيج من خلال الانتشار و ذلك عن طريق الأوعية الدموية المتواجدة في صفيحة النسيج الضام (périchondre) التي تغلف الغضروف (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 151). يتواجد الغضروف في مناطق معينة من الجسم، ويكون تراكيب لها أشكال ووظائف مميزة مثل: امتصاص الصدمات أو تحقيق حركة مفاصل الجسم دون احتكاك يتكون من مادة بين خلوية تحتوي على ألياف الكولاجين كذلك يضم ثلاث أنواع من الخلايا هي : خلايا مولدة الغضروف، خلايا الكوندروبلاست خلايا الكوندروسيت.

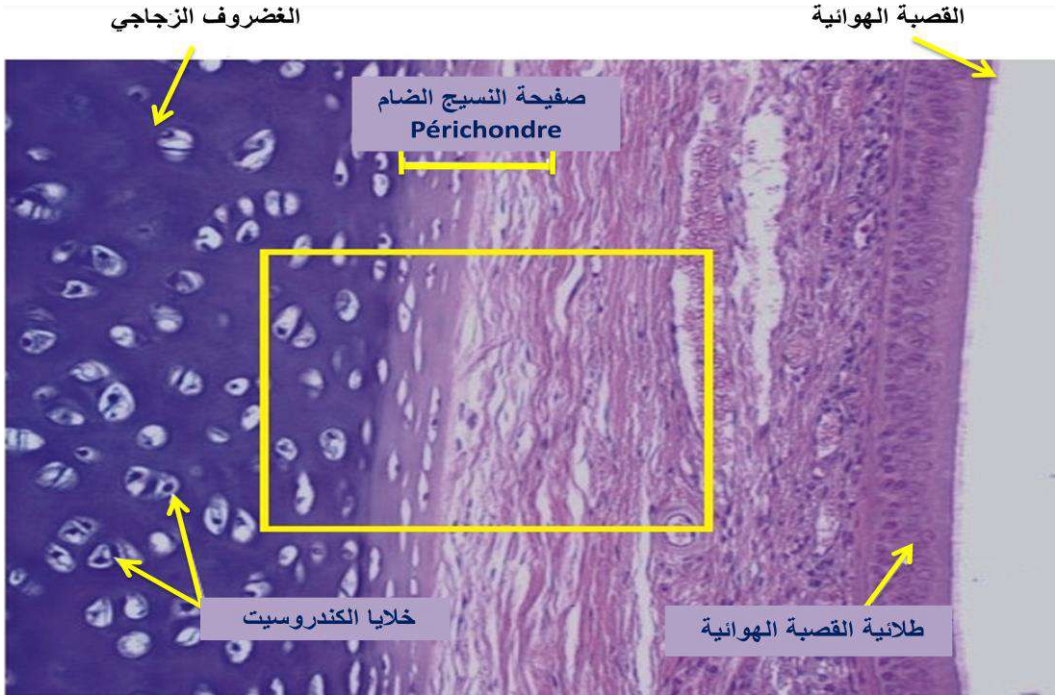
المادة الاساسية للغضروف تحتوي على كميات كبيرة من مادة كبريتات كوندروتن (chondroitine sulfacte) و الكيراتين سولفاكت (kératane sulfacte) وحمض الهيلارونيك (acide hyaluronique). حيث تعتبر كبريتات كوندروتن من عائلة الجليكوزامينوجليكان (glycosaminoglycanes.) توفر هذه المادة الكيميائية البنية والمرونة لمعظم الغضاريف والجلد والأوتار وجدران الشرايين وغيرها. توجد كبريتات كوندروتن بكثرة بشكل خاص في غضروف المفاصل حيث تدخل في تكوين البروتيوغليكان (protéoglycane)، وهي مواد تسمح للغضاريف بامتصاص الصدمات موقع (vidal.fr, 2019).

كما تحتوي المادة الأساسية على الكثير من ألياف الكولاجين مجتمعة في حزم متماسكة و في بعض الحالات ألياف مرنة. يحتوي النسيج الغضرفي أيضا كميات إستثنائية من السائل الخلالي . في الواقع يمكن أن يحتوي على 80% من الماء، حركة السائل الخلالي في النسيج يسمح للغضروف باستعادة شكله بعد ضغط و يساعد على في تغذية خلايا الغضروف. Marieb E N et Hoehn K, 2010, P (151

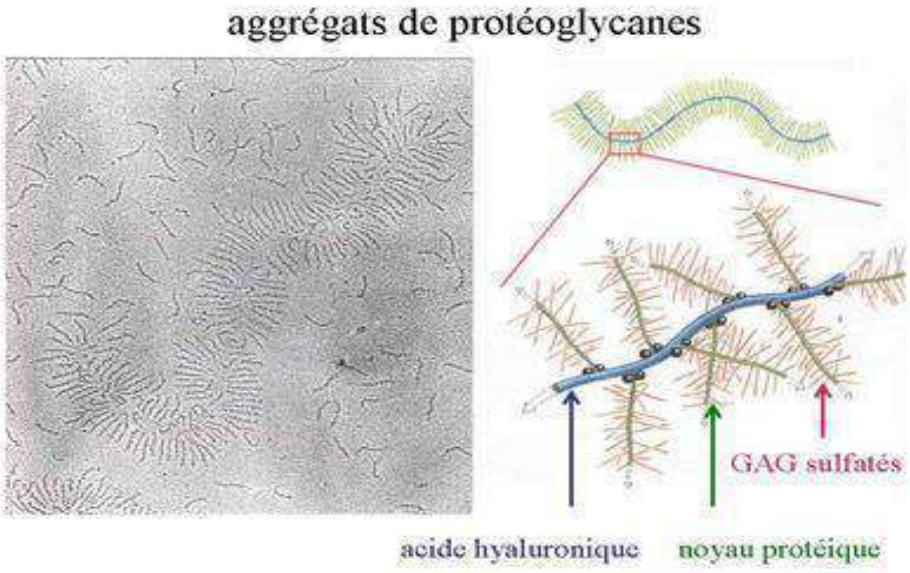
بالإضافة إلى عملية حجز الماء يتمثل دور تجمعات البروتيوجليكان للنسيج الغضروفي السماح بانتشار أو تثبيت عدد من الجزيئات (عوامل النمو، السيتوكينات، المواد الأيضية، العناصر الغذائية، الهرمونات...الخ) اللازمة لوظائف خلايا الكندروسيت. في حالة الغضاريف المفصلية ، يتغذى النسيج الغضروفي عن طريق الجزيئات المنتشرة من السائل الزلالي و الأنسجة العظمية المجاورة (العظم تحت الغضروف). في الأنواع الأخرى من الغضروف الزجاجي مثل غضروف الحنجرة و الشعب، تشتق هذه الجزيئات من نسيج ضام وعائي يحيط بالنسيج الغضروفي (périchondre) (Nataf S, 2009).

خلايا الكندروبلاست (chondroblastes) هي الأكثر تواجدا في الغضروف النامي - حيث تنتج المادة البين خلوية إلى غاية توقف الهيكل عن النمو عند نهاية المراهقة. المادة البين خلوية للغضروف مضغوطة جدا، تمنع الخلايا من التشتت. لذلك فإن خلايا الكوندروسيت وهي الخلايا البالغة للنسيج الغضروفي تجتمع عادة في تجاويف صغيرة تسمى الفجوات (lacunes) التي تحتوي كل منها على خلية واحدة أو بضع خلايا (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 151).

بما أن النسيج الغضروفي لا يحتوي على الأوعية الدموية و خلاياه تفقد عند الشيخوخة قدرتها على الإنقسام، لذلك فإن هذا النسيج يتميز ببطء الشفاء. حيث يمكن للذين يعانون من الإصابات الرياضية للأسف أن يشهدوا على ذلك . في الشيخوخة، يمكن أن يفقد الغضروف جزءا من مادته الأساسية و مائه، و يتعرض للتكلس أو حتى التعظم. بدون محتوى غذائي كاف، ينتهي الأمر بالخلايا الغضروفية (الكندروبلاست) إلى الموت. كما يوجد ثلاثة أنواع من الغضاريف وهي : الغضروف الزجاجي (hyalin)، الغضروف المرن (élastique)، الغضروف الليفي (fibreux) (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 151).



صورة رقم (18): صورة لسطح محيط الغضروف لحلقة من الغضروف الزجاجي المتاخم للقصبة الهوائية لقرد صغير. في هذا المقطع (المادة الأساسية) ، التي تحيط بالكندروسيت، قاعدية جدا وهذا راجع لوجود حمض الجليكوزامينوجليكان (glycosaminoglycanes) (مثل حمض الهيالورونيك). هذه المادة تحتوي أيضا على ألياف الكولاجين (من النوعII) و هي غير مرئية في هذه الصورة . المادة الغضروفية التي تحيط بخلايا الكندروبلاست تكون اقل قاعدية. على اليمين الطلائية التي تبطن القصبة الهوائية تظهر طبقة من النسيج الضام الكثيف الذي يحتوي العديد من الأوعية الدموية الصغيرة. تلوين الهيماتوكسيلين و الأيوزين (l'hématoxyline et à l'éosine). (Clermont Y, Lalli M, Bencsath-Makka Z, 2015). موقع (audilab.bmed.mcgill.ca). تكبير (200x).

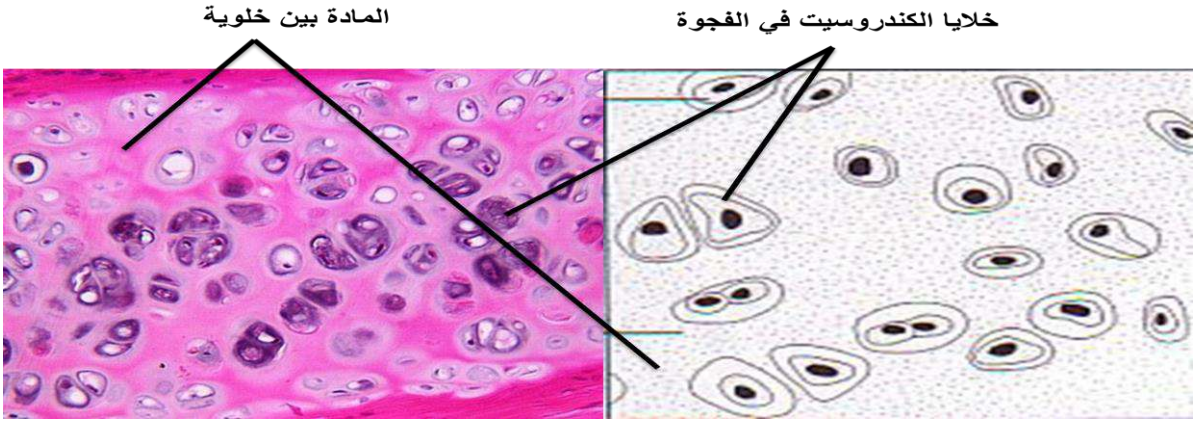


صورة رقم (19): تجمعات البروتيوجليكان (aggrégats de protéoglycanes) الذي يدخل في تركيب المادة الاساسية للغضروف (Nataf S, 2009).

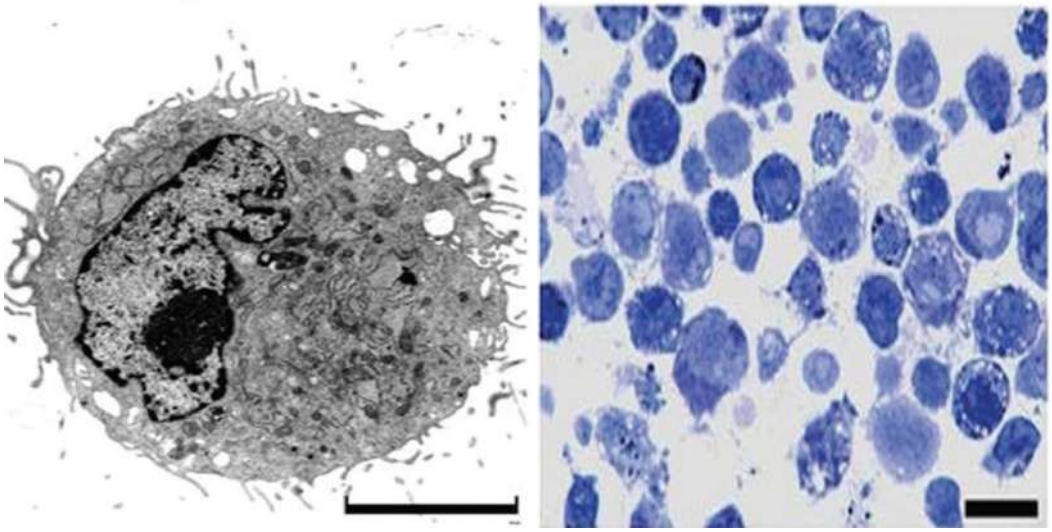
2-2-3 أنواع الغضاريف (les Types de cartilages) :

أ- الغضروف الزجاجي (Cartilage hyalin): و هو أكثر الغضاريف تواجدا في الجسم يحتوي على كمية كبيرة من ألياف الكولاجين ومع ذلك فهي غير مرئية تحت المجهر لذلك يبدو هذا النسيج غير متبلور و له مظهر زجاجي أبيض مزرق، عند ملاحظته بالعين المجردة.كما تشكل خلايا الكندروسيت من 1 إلى 10% فقط من حجم هذا الغضروف.

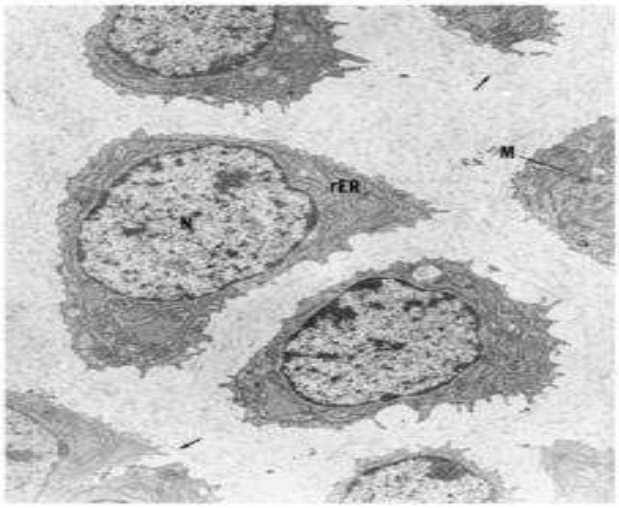
يضمن الغضروف الزجاجي دعما قويا ومرنا. و بالتالي يسمى في هذه الحالة بالغضروف المفصلي لنهايات العظام الطويلة التي يغلفها، يشكل ايضا وسادة مرنة تمتص قوة الضغوط المطبقة على المفاصل. من جهة أخرى الغضروف الزجاجي يحمي طرفي الأنف و أغلب قنوات الجهاز التنفسي، كما أنه يربط الأضلاع بعظم القص. يكون الهيكل المؤقت للجنين ليستبدل فيما بعد بالعظام، كما يشكل عند نهاية العظام الطويلة منطقة نمو نشطة تسمح بالتطور والزيادة في الطول. (Marieb E N et Hoehn K, 2010, P 153).



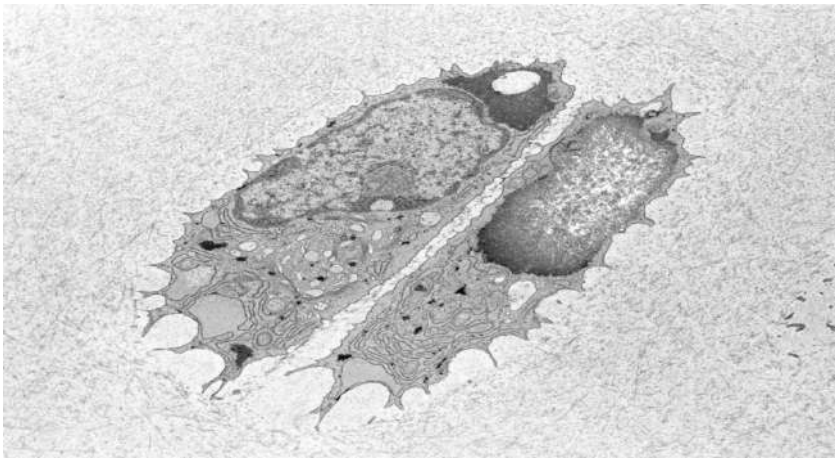
صورة رقم (20) : الغضروف الزجاجي للقصبة الهوائية، نسجل أن ألياف الكولاجين لا تلاحظ في النسيج ، نظرا لأن لديها نفس مؤشر الانكسار مع المادة الأساسية. موقع (pinterest.com)



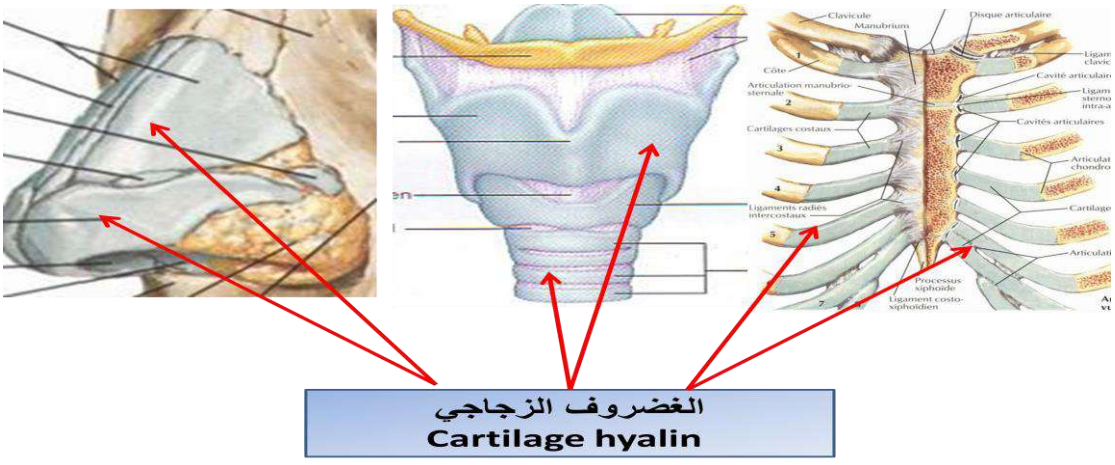
صورة رقم (21): صورة مجهرية بصرية للخلايا الغضروفية في الثقافة ملونة بـ التولويدين الأزرق (على اليسار) وصورة بالمجهر الإلكتروني النافذ للخلية الغضروفية (على اليمين). حجم أشرطة هي 5 ميكرومتر في كلتا الصورتين. أعيد طبعها بإذن من شركة Macmillan Publishers Ltd: (S. Ichinose, T. Muneta, H. Koga, Y. Segawa, M. Tagami, K. Tsuji and I. Sekiya, Lab Invest., 2009, 90, 210-221.) (Espinosa S C et al, 2016).



صورة رقم (22): خلايا الكندروسيت في النسيج الغضرفي .

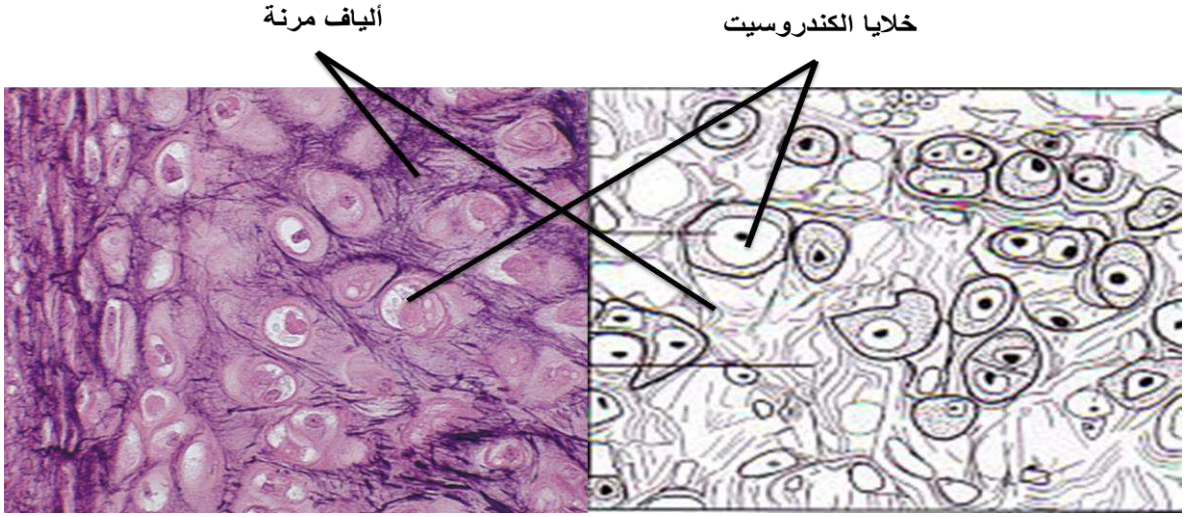


صورة رقم (23): صورة مجهرية إلكترونية لاثنين من الخلايا الغضروفية من المنطقة التكاثرية لصفيحة نمو الغضروف. الصورة بإذن من روجر ميدوز.موقع (mikebriggs1910.wordpress.com).

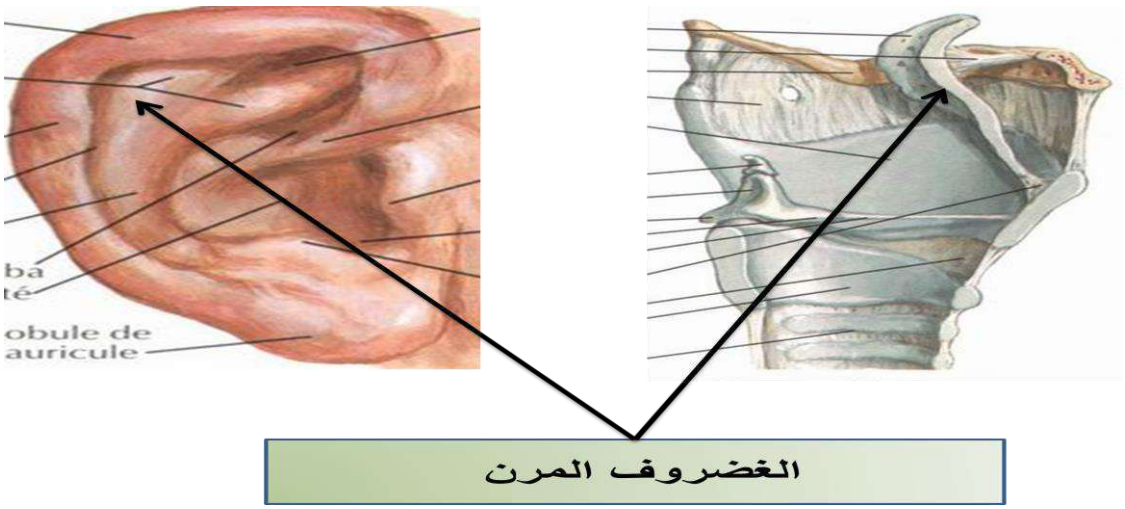


صورة رقم (24): مختلف المناطق التي يتواجد فيها الغضروف الزجاجي (منطقة اتصال الأضلاع بعظم القص، غضروف الأنف، و القصبة الهوائية و الحنجرة).

ب- الغضروف المرن Cartilage élastique : من الناحية النسيجية يماثل هذا النسيج الغضروف الزجاجي ، يحتوي هذا النسيج على كمية وفيرة من الألياف المرنة (الإلاستين). ولهذا الغضروف مرونة ولون أصفر بسبب وجود الألياف المرنة. ويتواجد هذا الغضروف في الأماكن التي تتطلب مقاومة وقدرة استثنائية على التمدد. يشكل الغضروف المرن بصورة أساسية في صيوان الأذن الخارجية و في اللهاة (لسان المزمار)، وفي جزء من الحنجرة.

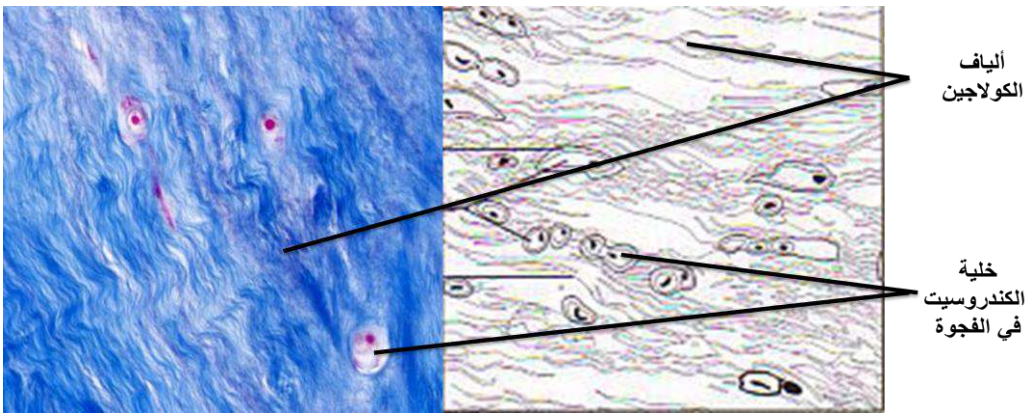


صورة رقم (25): نسيج غضروفي مرن من مقطع لسان المزمار للكلب. في هذا الغضروف الألياف المرنة ملونة بالأسود المزرق، تظهر بغزارة، ليس فقط في المادة المحيطة بخلايا الكندروسيت، بل أيضا في صفيحة النسيج الضام (périchondre)، في هذا النوع من الغضاريف تحتوي المادة البين خلوية على العديد من الألياف المرنة، و ألياف الكولاجين من النوع II و البروتينات السكرية الحمضية. تلوين (Verhoeff). (Clermont Y et al ,2015).موقع (audilab.bmed.mcgill.ca)تكبير(900x).

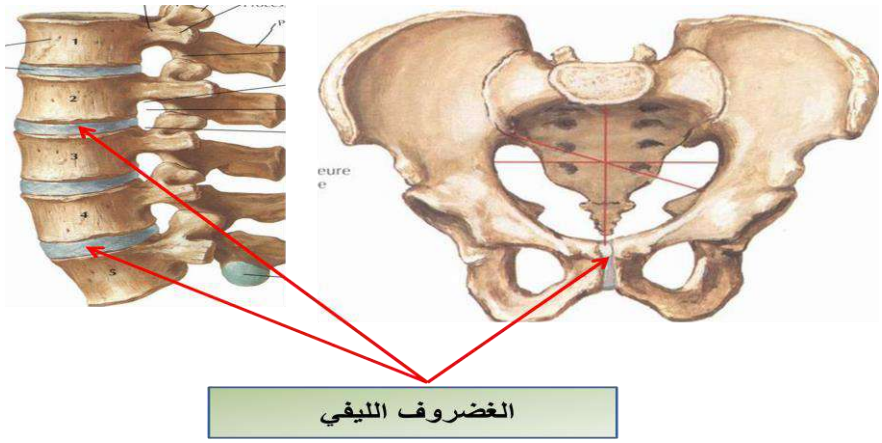


صورة رقم (26): مناطق تواجد الغضروف المرن في الجسم.

ج- الغضروف الليفي (Cartilage fibreux): غالبا مل يتواجد الغضروف الليفي في المناطق التي يجتمع فيها الغضروف الزجاجي مع الأربطة أو الأوتار. من الناحية البنيوية، الغضروف الليفي يتوسط بنيويا بين كل من الغضروف الزجاجي و النسيج الضام الكثيف المنتظم. حيث يتكون من صفوف خلايا الكندروسيت (من خصائص الغضروف) بالتناوب مع صفوف من ألياف الكولاجين السميكة و الوفيرة (من خصائص النسيج الضام المكثف المنتظم). كما أنه قابل للضغط ومقاوم للتوتر بشكل جيد، يتواجد في المناطق التي تحتاج إلى دعم قوي وقادرة على تحمل الضغوط الكبيرة. منها الحلقات المحيطية بالأجسام الفقرية (الوسائد الناعمة نسبيا المتواجدة بين الفقرات) و الوسائد الغضروفية للركبة (ménisques). وفي منطقة المفصل الوركي.



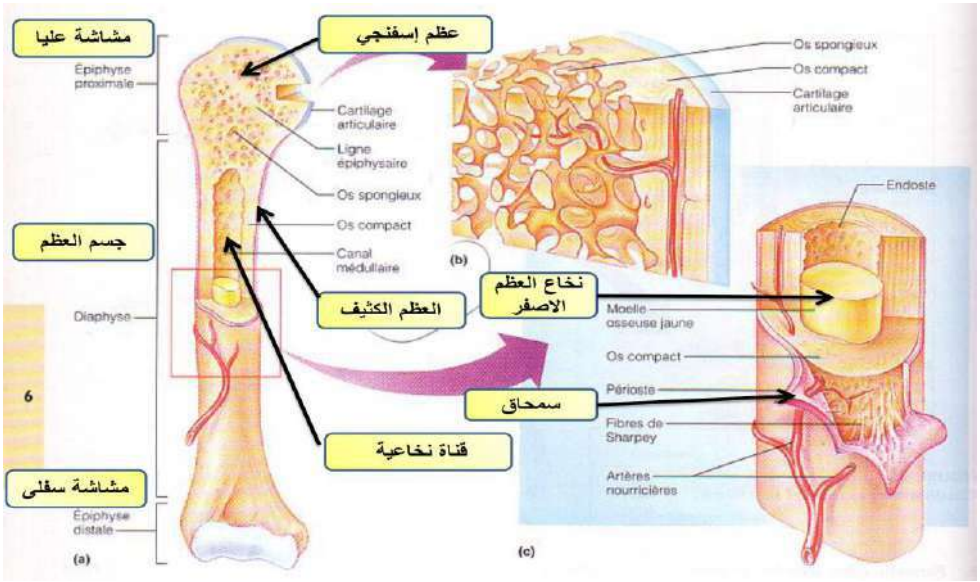
صورة رقم (27): الغضروف الليفي للجسم الفقري باستخدام تقنية خاصة تسمح بالوصول إلى اللون الأزرق للألياف . موقع (kgu.de).



صورة رقم (28): مناطق تواجد الغضروف الليفي في الجسم.

3-2-3 العظام (les os):

نسيج صلب يكون الهيكل العظمي للفقاريات ، ينشأ في الأجنة على شكل غضاريف وتحل محلها العظام، يتكون من 65 %من مواد لا عضوية و هي الأملاح المعدنية (مركب معقد لكربونات و فوسفات الكالسيوم)، و 35% من المادة العضوية و هي مادة بروتينية تسمى كولاجين العظم أو مادة الاوستين. وهو يحتوي على ثلاث أنواع من الخلايا هي الاستيوسيت (الخلايا العظمية) ، الاستيوبلاست (بناء العظم)، الاستيوكلاست (المكسرة للعظم) .



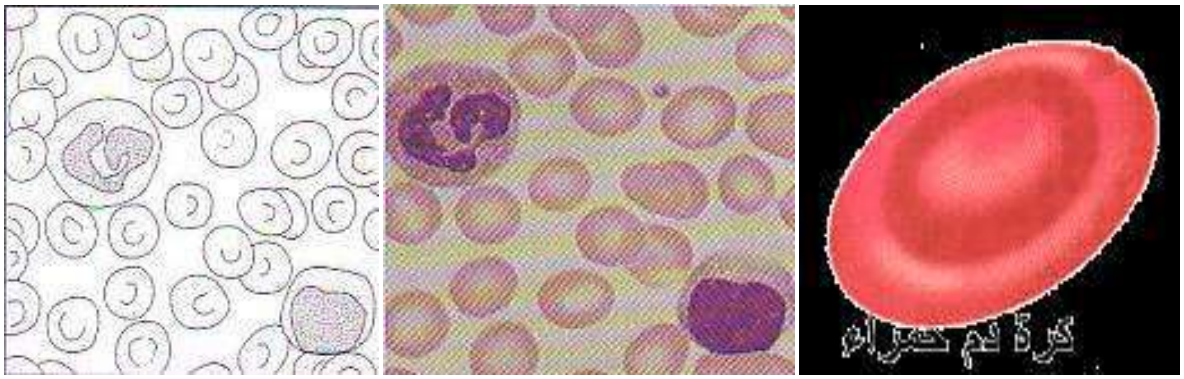
صورة رقم (29): مختلف الطبقات المشكلة للعظم (طبقة السمحاق، العظم الكثيف، العظم الإسفنجي).

3-3 الأنسجة الضامة الوعائية:

تتكون الأنسجة الضامة الوعائية من مادة خلالية سائلة لا تحتوي على ألياف ويتمثل هذا النوع في الدم و اللمف.

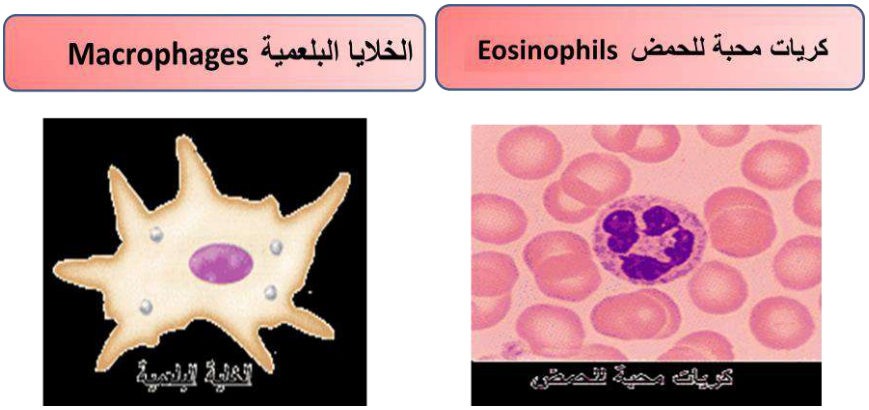
3-3-1 الدم (Le sang): و هو سائل يجري في الأوعية الدموية، يتكون من بلازما تمثل المادة البين خلوية بنسبة 55% من الدم، و هو يحتوي على 90 %من الماء و 10 %مواد أخرى ، إضافة إلى الخلايا الدموية (الكريات الحمراء، الكريات البيضاء) و الصفائح الدموية

أ- كريات الدم الحمراء Les globules rouges : و هي مقعرة ومستديرة – عديمة النواة في معظم الكائنات – تحمل الأكسجين لوجود مادة الهيموجلوبين Hemoglobine المكون الأكبر لها. عددها من 4.5-6 مليون خلية في ملم3، تعيش حوالي 120 يوم.



صورة رقم (): الكريات الدموية الحمراء في بلازما الدم.

ب- كريات الدم البيضاء (Les globules blancs): خلايا غير منتظمة الشكل توجد في بلازما الدم منها أنواع مختلفة يتميز دورها الأساسي في الحماية من الأجسام الغريبة عن الجسم (المناعة) ومن بينها نجد: الخلايا البلعمية Macrophages كريات محبة للحمض Eosinophiles كرات لمفيه Lymphocytes.



صورة رقم (30): الكريات الدموية البيضاء (Eosinophile, Macrophage).

3-3-2 اللمف Lymphe: سائل شفاف لزج – يشبه البلازما في تركيز الأملاح ومواد أخرى – لا توجد به خلايا حمراء – يحتوي على خلايا بيضاء – الخلايا اللمفية أكثر الخلايا البيضاء وجودا في اللمف – يحيط اللمف بخلايا جميع الأنسجة – يتم نقل اللمف بواسطة أوعية ليمفاوية إلى الجهاز الوريدي القريب من القلب – له دور كبير في الوصل بين الأنسجة و الدم والتخلص من معظم الميكروبات.