الفصل الخامس

أنسجة الجسم

Tissues of the Body

الفصـــل الخامـــس
أنســـجة الجســـــم
Tissues of the Body

يتكون جسم أى حيوان فقارى من أربعة أنسجة أساسية هى :

١ ـ الأنسـجة الطلائيـة	Epithelial tissues
٢ ـ الأنسـجة الضـامـة	Connective tissues
٣ ـ الأنسـجة العضليـة	Muscular tissues
٤ ـ الأنسـجة العصبيـة	Nervous tissues

وأثناء نمو الجنين تتكون الجاستريولا Gastrula من ثلاث طبقات جرثومية Germ layers هى الأدمة الخارجية Ectoderm والأدمة المتوسطة Mesoderm والأدمة الداخلية Endoderm ومن هذه الطبقات الثلاث تنشأ الأنسجة الأربعة المختلفة عن طريق عملية التميّز الخلوى Cell differentiation .

والنسيج هو مجموعة من الخلايا المتشابهة (أو غير المتشابهة) ومايتخللها من مادة خلالية تقوم بأداء وظيفة أو عدة وظائف .

الأنسجة الطلائية

تتصف الأنسجة الطلائية فى مجملها بعدد من الصفات هى :

١ ـ تتراص خلاياها وتتلاصق ولهذا تكون المواد الخلالية قليلة جدا.

٢ ـ ترتكز خلاياها على طبقة ليفية رقيقة تسمى الغشاء القاعدى Basement membrane تفصل بينها وبين مايليها من أنسجة أخرى.

٣ ـ تنشأ من أى من الطبقات الجرثومية الثلاث فقد تكون اكتودرمية أو ميزودرمية أو أندودرمية المنشأ.

٤ ـ لايتخلل خلاياها أوعية دموية، وتأتيها متطلباتها بالانتشار من الأوعية الدموية الموجودة تحت الغشاء القاعدى.

٥ ـ يتخللها العديد من النهايات العصبية وخاصة النهايات الحسية Sensory والمفرزة Secretory .

٦ ـ تتماسك خلاياها بشدة عن طريق روابط بين خلوية Intercellular junctions .

٧ ـ تكوّن مسطحات تغطى أسطحا وتبطن تجاويفا أو تكون مجموعات خلوية ذات أشكال مختلفة كما هو الحال فى الغدد.

٨ ـ تكون المسطحات الطلائية إما مصففة أو بسيطة وتتميز الخلايا المكونة للأنسجة البسيطة بما يلى :

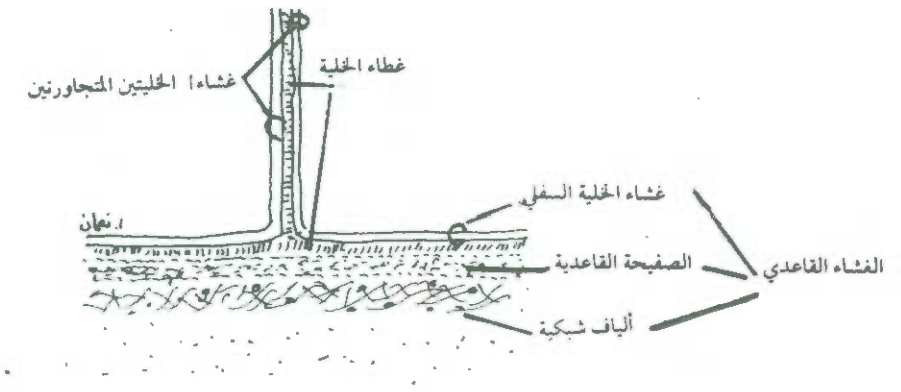
أ ـ يختلف الجزء السطحى لها عن الجزء القاعدى. وتسمى هذه بالظاهرة القطبية Polarity .

ب ـ توجد أجسام جولجى والجسم المركزى أعلى النواة جهة السطح.

جـ ـ يتحور الغشاء السطحى للخلايا ليلائم الوظائف التى تؤديها هذه الخلايا فيكون مهدّبا أو فرشاتيا أو مغطى بطبقة من الجليّد أو تكون به كهيفات. . . الخ.

الغشـــاء القـاعـدى :

هو طبقـة رقيقـة تظهـر بالمجهر الضوئى تحت الأنسجة الطلائية وحول الكتل الخلوية الطلائية الفارزة ويفصلهـا عن الأنسجة الأخرى التى تليها. ويصطبغ الغشاء القاعدى بأملاح الفضة حيث يترسب عليه معدن الفضة الأسود، كما يصطبغ باللون الأحمر عند استعمال صبغة PAS (Periodic Acid Schiff) .



شكل (٣٠) الغشاء القاعدي بالتفصيل

ويظهر الغشاء القاعدى بالمجهر الالكترونى مكونا من ثلاث طبقات هى :

١ ـ منطقة باهتة تلامس غشاء الخلايا الطلائية، وهى عبارة عن غطاء هذه الخلايا.

٢ ـ الغشاء القاعدى الأصيل، ويتكون من طبقة غير متشكلة تحتوى على مادتى الجلايكوبروتين والكولاجين. وتصطبغ هذه الطبقة بـ PAS وذلك لوجود المواد الكربوهيدراتية بها. وتقوم خلايا النسيج الطلائى بتصنيع مكونات هذه الطبقة.

٣ ـ طبقة من الألياف الشبكية، وهى فى الواقع جزء من النسيج الضام. وتختلف فى سمكها من مكان الى آخر وهى التى ترسب معدن الفضة من أملاحه (شكل ٣٠).

وللغشاء القاعدى وظيفتان أساسيتان هما :

أ ـ منع مرور الجزيئات الكبيرة من السطح الى الداخل.

ب ـ تزويد النسيج الطلائى بطبقة مرنة لكى لايتمزق بسبب الاحتكاك الخارجى.

تقسيم الأنسجة الطلائية

تنقسم الأنسجة الطلائية الى أربعة أنواع حسب الوظيفة الرئيسية التى تؤديها كمايلى :

١ ـ أنسجة طلائية غطائية	Covering epithelial tissues .
٢ ـ أنسجة طلائية غدية	Glandular epithelial tissues
٣ ـ أنسجة طلائية حساسة	Sensory epithelial tissues
٤ ـ أنسجة طلائية منبتة	Germinal epithelial tissues

أولا : الأنسجة الطلائية الغطائية Covering Ep.

يتكون هذا النوع من مسطحات خلوية تغطى الأسطح وتبطن التجاويف والفراغات الموجودة فى الجسم. وفيما عدا بشرة الجلد التى تكون عادة جافة فى الحيوانات البرية فان الأنسجة الغطائية تكون رطبة دائما.

وينقسم هذا النوع حسب عدد طبقات الخلايا المكونة له الى نوعين :

أ ـ أنسجة طلائية بسيطة Simple وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا ترتكز جميعها على الغشاء القاعدى.

ب ـ أنسجة طلائية مصففة Stratified وتتكون من عدد من الطبقات ترتكز الطبقة السفلى منها فقط على الغشاء القاعدى.

أ ـ الأنسجة الطلائية البسيطة Simple Ep.

وتصنف حسب شكل خلاياها الى :

١ ـ حرشفية Squamous وخلاياها مسطحة تشبه البلاطات ولذلك تسمى فى بعض الأحيان البلاطية

Bavement وتوجد فى بطانة الأوعية الدموية ومحفظة بومان الكلوية.

٢ ـ مكعبية Cuboidal وتظهر خلاياها فى المقطع على شكل مربعات بها أنوية مستديرة وتوجد فى بطانة القنوات الكلوية وحويصلات الغدة الدرقية.

٣ ـ عمودية Columnar وخلاياها طويلة ومتعامدة على الغشاء القاعدى وأنويتها بيضاوية الشكل وتقع أقرب الى الغشاء القاعدى ـ وتبطن المعدة والأمعاء فى الحيوانات الثديية وقد تكون هذه الخلايا مهدبةكما فى بطانة المرىء والمعدة فى الضفدعة والرحم والقناة الرحمية فى الثدييات.

٤ ـ مصففة عمودية كاذبة Pseudostratified : وهى خلايا طويلة يصل بعضها الى سطح النسيج بينما لايصل الى ذلك البعض الآخر ولكن كل خلاياها ترتكز على الغشاء القاعدى، ولذلك فانها تظهر وكأنها مصففة لان انوية خلاياها تقع فى مستويات مختلفة وقد يكون هذا النوع مهدّبا كما فى بطانة الجهاز التنفسى، أو غير مهدب كما فى بطانة الوعاء الناقل للمنى وبعض القنوات التناسلية الأخرى فى الانسان (شكل ٣١).

ويمكن تقسيم الأنسجة الطلائية البسيطة حسب الوظائف التى تؤديها الى الأنواع الآتية :

١ ـ أنسجة طلائية وقائية Protective Ep.

وتوجد على الأسطح التى تتعرض الى الاحتكاك أو الى مواد ضارة، وتترسب على سطح الخلايا مواد وقائية، وتكون هذه المواد بروتينية كما هو الحال فى الجليّد Cuticle الذى يغطى خلايا عدسة العين، بينما تكون من عديدات التسكر المخاطية Mucopolysaccharides التى تغطى خلايا بشرة الجلد فى الحشرات والقشريات وتسمى بالكايتين.

٢ ـ أنسجة طلائية فارزة Secretory Ep.

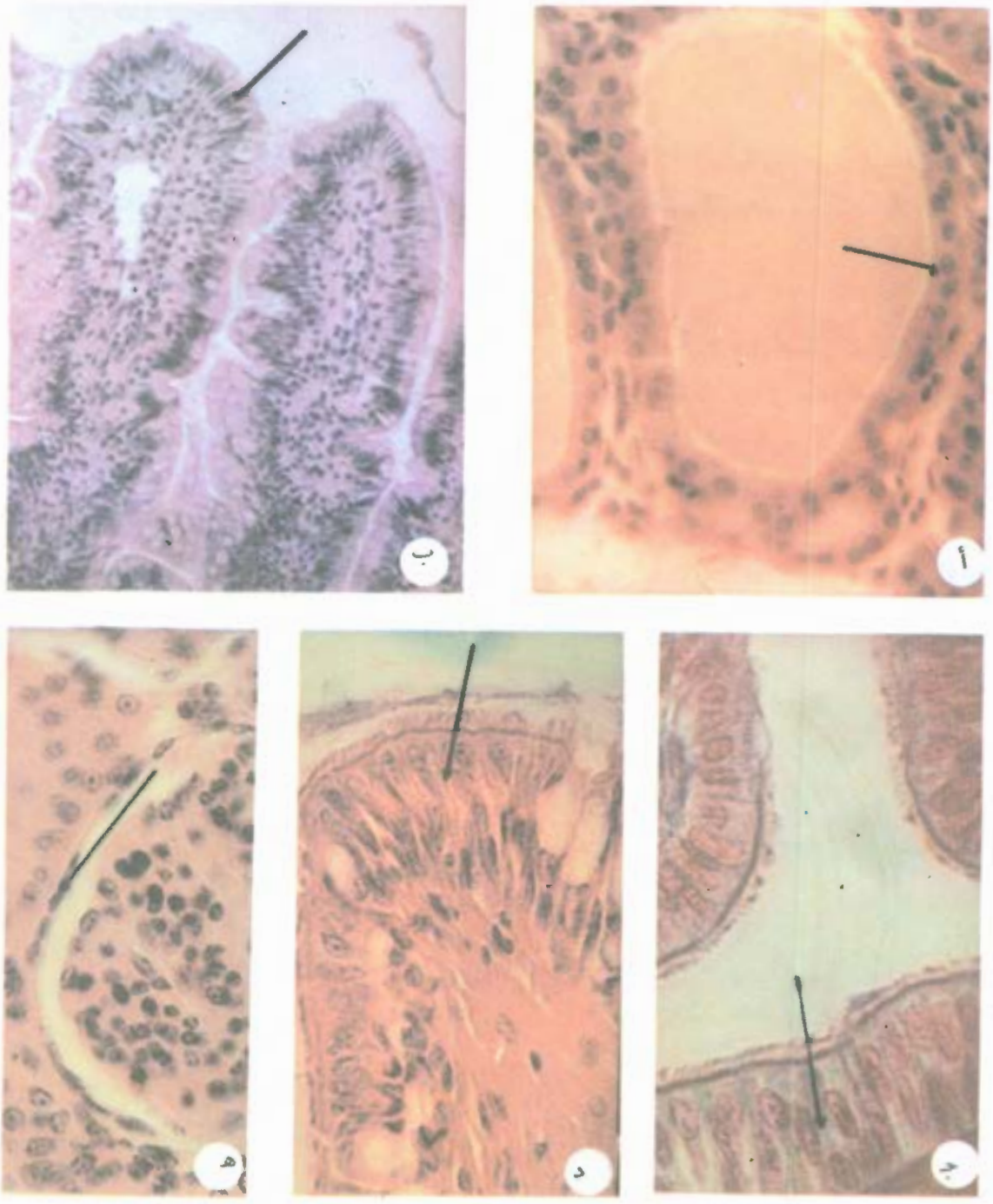
ويتميز السطح الخارجى لهذا النوع بوجود كهيّفات Caveoles ناتجة عن عملية الافراز. وتوجد هذه الكهوف الصغيرة ايضا على أسطح الخلايا التى تقوم بعمليات الادخال الخلوى Endocytosis ومن أمثلة ذلك الخلايا المبطنة للمعدة والخلايا المبطنة للأوعية الدموية.

٣ ـ أنسجة طلائية امتصاصية Absorptive Ep.

يتميز السطح الخارجى لخلايا هذا النوع بوجود نتوءات اسطوانية هيفاء تتراص بكثافة شديدة مثل شعر الفرشاة تماما، ولذلك يسمى سطح هذه الخلايا بالسطح الفرشاتى Brush surface وتعرف هذه النتوءات بالخميلات Microvilli أو الخملات الدقيقة. ويبلغ طول الواحدة منها حوالى ٦ر٠ من الميكرون وقطرها حوالى ١ر٠ من الميكرون ويمكن أن يوجد على سطح الخلية الواحدة ثلاثة آلاف خميلة. ووظيفة الخميلات هو زيادة أسطح الخلايا الى أضعاف مضاعفة مما يزيد من مقدرتها الامتصاصية. ومن أمثلة هذا النسيج بطانة الأمعاء الدقيقة وبعض الانيبوبات الكلوية.

٤ ـ أنسجة طلائية ناقلة Transporting Ep.

وتتميز خلايا هذا النوع بوجود أهداب على أسطحها. وتضرب الأهداب فى الاتجاه المراد تحريك المواد اليه.



شكل (٣١) الانسجة الطلائية البسيطة

أ ـ مكعبي (خويصلات الغدة الدرقية)

ب ـ عمودي غير مهدب (بطانة الامعاء الدقيقة)

جـ ـ عمودي مهدب (بطانة مريء الضفدع)

د ـ مصفف كاذب مهدب (بطانة القصبة الهوائية)

هـ ـ حرشفي (بطانة محفظة بومان في الكلية)

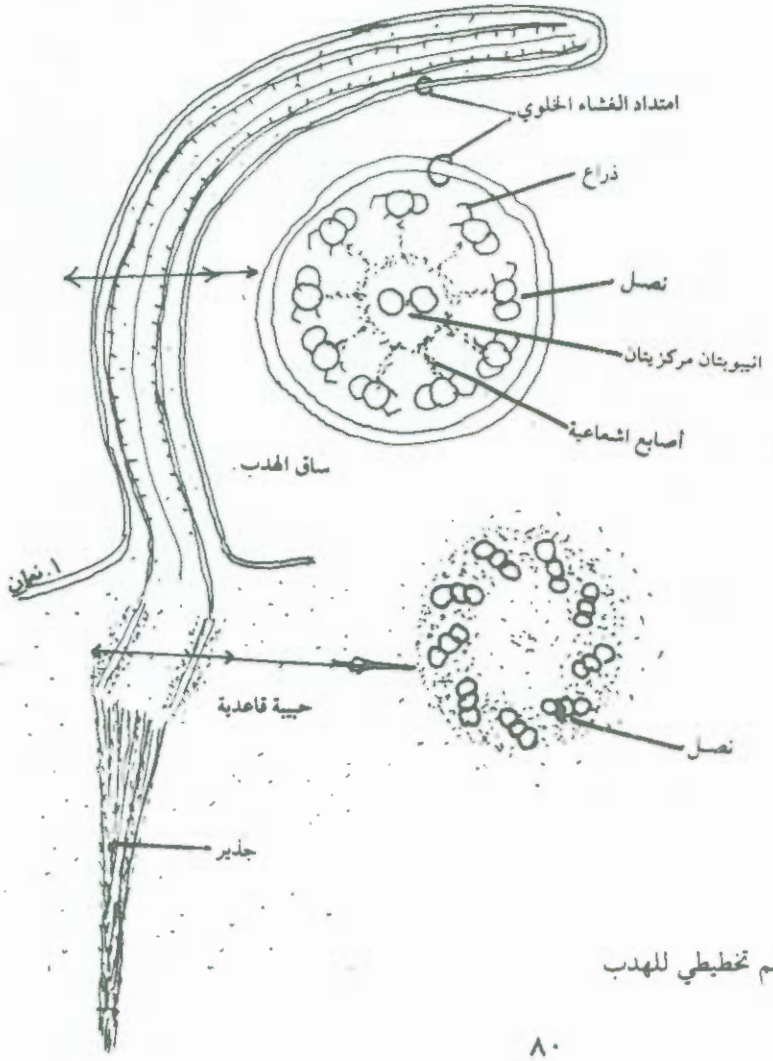
وتقوم خلايا النسيج الناقل بتحريك السوائل أو الحبيبات أو حتى الخلايا كما فى القصبة الهوائية والتجويف الانفى والقناة الرحمية على التوالى.

تركيب الأهداب Cilia

الأهداب هى نتوءات سيتوبلازمية اسطوانية تخرج من أسطح الخلايا المهدبة يبلغ طول الواحد منها حوالى ١٠ ميكرونات وقطره ميكرون واحد. ويتركب الهدب من الساق والجسم القاعدى والجُذير.

الساق Shaft

هو الجزء البارز من الهدب خارج الخلية، ويحاط بالغشاء الخلوى، ويحتوى على هيكل الساق Axoneme وهو عبارة عن تسع مجموعات من الانيبوبات الدقيقة المرتبة على مسافات متساوية فى حافة الهدب وتسمى كل مجموعة بالنصل Blade يتكون النصل من أنيبوبتين تمتدان طوليا بطول الهدب تقريبا تخرج من أحدهما أذرع فى اتجاه النصل التالى له. وهذه الأذرع تتكون من مادة تسمى الحركين Dynein وبها انزيم ATPase ووجودها ضرورى لحركة الأهداب. وفى مركز الهدب توجد أنيبوبتان مركزيتان تمتدان الى نهاية الهدب. وترتبط الأنصال الحافية بالمنطقة المركزية للهدب بواسطة أصابع اشعاعية Radial spokes وبذلك تترابط جميع مكونات الهيكل الهدبى.



شكل (٣٢) رسم تخطيطي للهدب

الجسم القاعدى basal body

هو عبارة عن جسيمة مركزية مكونة من تسعة أنصال حافية بكل منها ثلاث أنيبوبات. ولا يوجد بالجسم القاعدى أنيبوبات مركزية. وتتصل أنيبوبات الساق بتلك الموجودة فى الجسم القاعدى وتنمو منها.

الجذير Rootlet

وهو مخروطى الشكل يبدأ من الجسم القاعدى وينتهى فى السيتوبلازم بالقرب من النواة. ويتكون من خيوط دقيقة ويعمل على تثبيت الهدب فى الخلية (شكل ٣٢).

السوط Flagellum

يتكون من نفس مكونات الهدب ويختلف عنه فى أنه أطول بكثير ولا يوجد منه على سطح الخلية سوى واحد أو اثنان وتوجد الأسواط فى الثدييات فى الحيوانات المنوية فقط مكونة أذيالها.

ويتحرك الهدب أو السوط بأن تقصر الأنصال فى جهة وتطول فى الجهة الأخرى فيضرب الهدب فى اتجاه الجهة الأقصر ويحدث التحريك فى نفس هذا الاتجاه ويقوم الحركين الموجود فى أذرع الأنصال بتكسير جزيئات الـ ATP لإمداد الطاقة اللازمة للحركة.

وفى بعض الأشخاص لايتكون الحركين لعدم وجود العامل الوراثى اللازم لتصنيعه ويعاني هؤلاء الاشخاص من العقم (بسبب عدم حركة الحيوانات المنوية) وسرعة الاصابة بأمراض الجهاز التنفسى لعدم قدرة الأهداب على الحركة.

ب ـ الأنسجة الطلائية المصففة Stratified Ep.

يتكون النسيج الطلائى المصفف من عدد من الطبقات الخلوية المصفوفة على الغشاء القاعدى وتكون أول طبقة من جهة الغشاء القاعدى عمودية الخلايا يليها طبقة أو اكثر من الخلايا التى تتخذ أشكالا مختلفة.

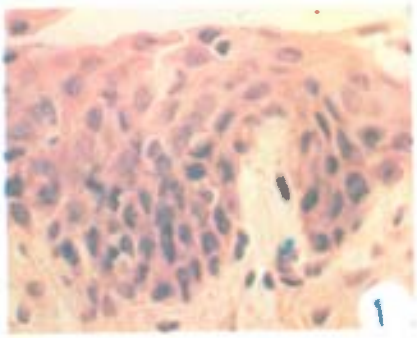
وتقسم الأنسجة الطلائية المصففة حسب شكل الطبقة الخارجية منها الى :

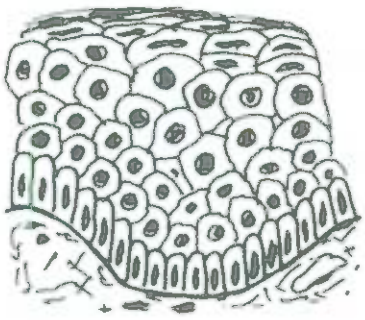
١ ـ مصففة حرشفية St. Squamous وتكون الخلايا الخارجية فيها مسطحة ويتكون هذا النوع عادة من عدد كبير من الصفوف ويوجد على الاسطح التى تتعرض الى الاحتكاك.

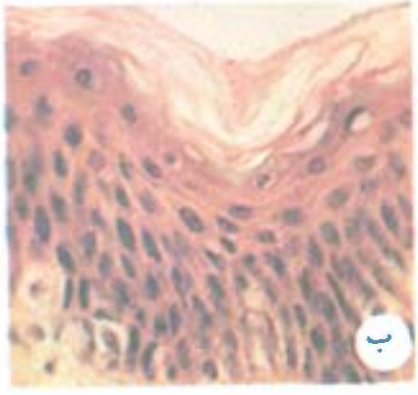
وعندما يكون السطح معرضا ايضا للجفاف (كالجلد) يتراكم على سطح النسيج عدد من الطبقات التى تتكون من الخلايا الميتة بسبب ترسب مادة قرنية فيها. ويسمى هذا النوع بالنسيج المصفف الحرشفى المقرن St. Squamous keratinized ومثاله بشرة الجلد فى الحيوانات البرية.

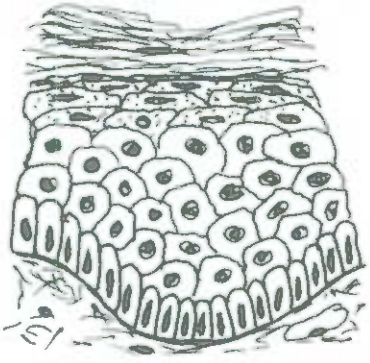
ويكون عدد صفوف الخلايا فى النسيج المصفف الحرشفى ثابتاً تقريباً لأن الخلايا التى تسقط من سطحه تعوّض بنفس العدد من الخلايا بواسطة انقسام الخلايا الموجودة فى الطبقة السفلى والتى قد تسمى لذلك بالطبقة المنبته.

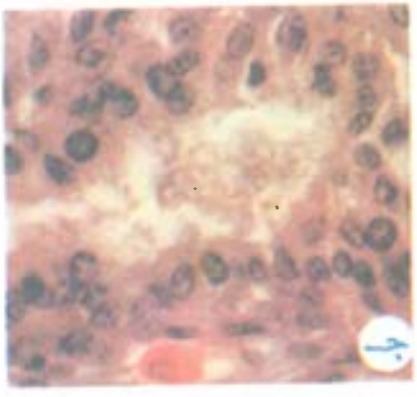
٢ ـ مصفف مكعبى St. Cuboidal ويتكون عادة من طبقتين من الخلايا المكعبة. ويوجد فى بطانة قنوات الغدد العرقية Sweat glands.

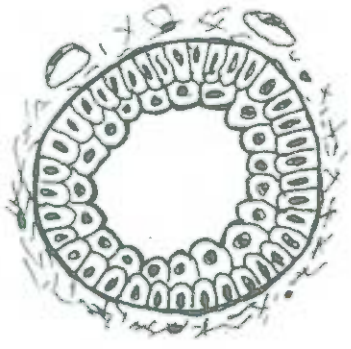


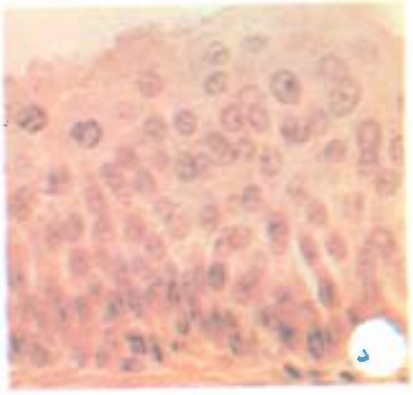


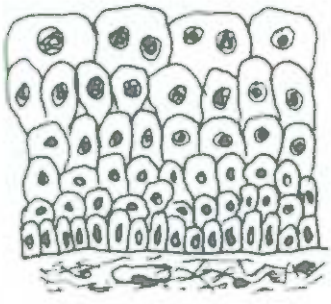












شكل (٣٣) الانسجة الطلائية المصففة

أ ـ مصفف حرشفي غير متقرن (بطانة مريء الانسان)
ب ـ مصفف حرشفي متقرن (بشرة الجلد)
جـ ـ رسم تخطيطي لنسيج مصفف عمودي كما في بعض قنوات الغدد
د ـ انتقالي (بطانة المثانة البولية)

٣ ـ مصفف عمودى St. Columnar وتكون الطبقة السطحية فيه مكونة من خلايا عمودية كما فى طبقة الملتحمة فى العين. وقد تكون الخلايا السطحية مهدبة ولكن مثل هذا النوع نادر فى الثدييات.

٤ ـ انتقـالى Transitional وهو نوع خاص من الأنسجة المصففة يبطن الأعضاء التى يتغير اتساع تجويفها بدرجة كبيرة مثل المثانة البولية والحالب. ويتكون هذا النسيج من طبقات يتغير عددها حسب ما اذا كان العضو ممتلئا أو فارغا. ففى حالة الامتلاء يتكون النسيج الانتقالى من ٣ ـ ٤ طبقات من الخلايا شبه المسطحة بينما فى حالة مايكون العضو فارغا يصبح عدد الطبقات كبيرا قد يصل الى عشر طبقات من الخلايا. الطبقة السفلى المرتكزة على الغشاء القاعدى تكون مكعبة يليها عدد من الطبقات خلاياها شبه مستديرة والطبقة قبل السطحية خلاياها كبيرة كمثرية الشكل قواعدها الى أعلى وقممها الى أسفل. أما الطبقة السطحية فتتكون من خلايا ضخمة يحتوى بعضها على نواتين. وأغشية الخلايا السطحية المطلة على تجويف المثانة متحورة حتى تتحمل ملامسة البول لها. فقد ترسبت على سطح هذه الأغشية طبقة بروتينية سميكـة تتخللها مناطق رقيقة من الغشاء العادى. وعندما لاتتعرض الخلايا السطحية للشد تتداخل المناطق السميكة كما تتداخل طبقات الاوكورديون وذلك لحماية المناطق الرقيقة. وعند امتلاء المثانة يحدث شد على سطح الخلايا فيتسع دون ان يتمزق (شكل ٣٣).

بعض العلاقات التى تنشأ بين خلايا الأنسجة الطلائية

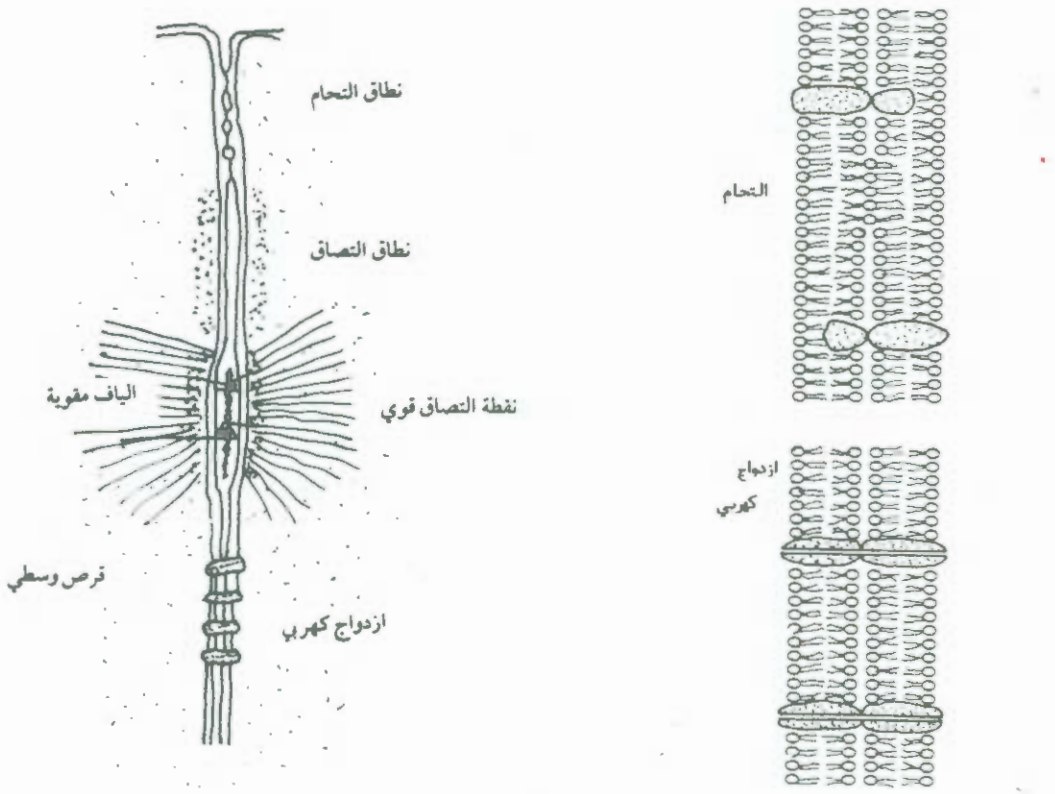
ترتبط الخلايا الطلائية المتجاورة مع بعضها بطرق عدة حسب الوظائف التى تؤديها كمايلى :

١ ـ منـاطق الالتحـام Zonulae occludens وتسمى أيضا الارتباطات الانغلاقية Tight junctions ووظيفتها غلق المسافات بين الخلوية تماما وبذلك لاتمر أية مادة الى الدم (تحت النسيج الطلائى) الا عن طريق سيتوبلازم الخلايا الطلائية التى تتحكم فى كيفية وكمية المادة الممتصة كما هو الحال فى بطانة الأمعاء الدقيقة. وتلتحم أغشية الخلايا المتجاورة فى هذه المناطق.

٢ ـ مناطق الالتصاق Zonulae adherens وتسمى ايضا الارتباطات المتوسطة Intermediate junctions لانها عادة ماتتـوسط ارتباطات اخرى. ووظيفتها لصق الخلايا بمادة خلالية تشبه غطاء الخلية الكثيف. ويكـون السيتـوبـلازم المجاور لهذه المنطقة اكثر كثافة عن باقى السيتوبلازم. وعادة يكون الارتباط المتوسط تاليا للارتباط الانغلاقى.

٣ ـ نقاط الالتصاق Maculae adherens وتسمى أيضا اجسام الربط المتين Desmosomes ويوجد هذا النـوع بين الخلايا التى تتعرض للاحتكاك فيحميها من التفكك وعادة مايوجد تاليا للارتباطات المتوسطة. ويوجد بصفة خاصة بأعداد كبيرة بين خلايا النسيج الطلائى المصفف الحرشفى الواقى. وفى منطقة الارتباط المتين توجد أعداد كبيرة من الخيوط الدقيقة Microfilaments التى يعبر بعضها غشاء الخلية ليتشابك مع خيوط من الخلية المقابلة فى منتصف المسافة بين الخليتين حيث يوجد قرص من مادة كثيفة يعرف بالقرص البينى. وتتجمع الخيوط الدقيقة فى السيتوبلازم فى محاذاة نقاط الالتصاق لتكون الليفات المقوية Tonofibrils والتى تجعل الخلايا تظهر وكأنها مليئة بالأشواك.

٤ ـ الازدواجـات الكهـربية Nexuses : وتسمى أيضـا ارتباطات فراغية Gap junctions وذلك لان



شكل (٣٤) الروابط بين الخلوية وتخطيط تفصيلي لاثنين منها

غشائى الخليتين المتقابلتين يلتقيان بحيث تواجه الثقوب الايونية فى احدهما تلك الموجودة فى الآخر. وبذلك تتكون معابر أيونية بين الخليتين تفصلها فراغات بين خلوية. وتقوم هذه المعابر بالسماح للايونات وبعض المواد الأخرى بالمرور من خلية الى الخلية المجاورة لها مما يقلل فرق الجهد الكهربى الذى قد يحدث نتيجة تراكم بعض الأيونات فى الخلايا المجاورة بمقادير متفاوتة. وتوجد هذه الازدواجات الكهربية بين الخلايا المهدبة وبين الألياف العضلية الحشوية والقلبية (شكل ٣٤).

٥ ـ التشابكات Interdigitations وتحدث عندما تتداخل أغشية الخلايا المتجاورة لتزيد السطح بين الخلوى ليحدث من خلاله نشاط معين مثل مرور مواد خارج الخلايا بكميات كبيرة كما يحدث بين خلايا الانيبوبات الكلوية الملتفة الدانية.

٦ ـ القنيات بين الخلوية Intercellular canaliculi وتوجد بين خلايا الكبد وتصب فيها الصفراء فتنقلها الى القنوات الصفراوية. وتنغلق المسافات بين الخلوية المحيطة بهذه القنيات بواسطة الروابط الانغلاقية فلا يُسمح للصفراء أن تتسرب خارج القنوات الصفراوية.

وهناك بعض التحورات التى تحدث فى الغشاء السفلى للخلايا الطلائية وهى :

١ ـ الانثناءات الغشائية : وتوجد عند قواعد الخلايا التى تقوم بتمرير كميات هائلة من المواد (وخاصة الايونات المعدنية كالصوديوم مثلا) الى الأوعية الدموية الموجودة تحتها وتحتاج لذلك الى سطح واسع.

وعادة ماتوجد بين هذه الانثناءات أعداد كبيرة من المايتوكوندريا الخيطية الشكل مما يعطى هذا الجزء من الخلايا تخطيطا حمضى الاصطباغ. وأحسن مثال لهذا التحور هو الموجود فى خلايا الانيبوبات الكلوية الملتفة الدانية.

٢ ـ أنصاف الأجسام الالتصاقية Hemidesmosomes وعندها يحدث الربط القوى بين الأغشية السفلى للخلايا الطلائية من جهة والغشاء القاعدى من جهة أخرى ويتكون الجانب الخلوى من الرباط من نفس مكونات نصف أحد الأجسام الالتصاقية العادية بين الخلوية.

ثانيا : النسيج الطلائى الغدى (الفارز) Glandular (Secretory) Ep.

الأنسجة الغدية هى أنسجة طلائية وظيفتها الأساسية هى الافراز وتكون تراكيب خاصة تسمى بالغدد Glands وتنشأ الغدد من الأسطح الطلائية. وبعد ذلك اما أن تظل متصلة بهذه الأسطح عن طريق قنوات تقوم بتوصيل افرازاتها اليها وفى هذه الحالة تسمى بالغدد القنوية (خارجية الافراز) Duct (Exocrine) glands واما ان تفقد الغدد اتصالها بتلك الأسطح اثناء تكونها وتذهب افرازاتها الى الدم أو اللمف مباشرة. وتسمى لذلك بالغدد الصم (داخلية الافراز) Ductless (Endocrine) glands.

أنـواع الغـدد القنـويـة

يمكن تقسيم الغدد القنوية الى أنواع حسب مواصفات معينة كمايلى (شكل ٣٥):

أ ـ حسب شكل القناة : فهناك غدد ذوات قنوات غير متفرعة وتسمى بالغدد البسيطة .Simple gl وهناك غدد ذوات قنوات متفرعة وتسمى بالغدد المركبة .Compound gl.

ب ـ حسب شكل الجزء الفارز من الغدة، فهناك عدة أنواع كمايلى :

١ ـ غـدد بسـيطة أنبـوبية مسـتقيمـة Simple straight tubular glands مثـل الغـدد المعـوية Intestinal glands.

٢ ـ غدد بسيطة أنبوبية ملتفة Simple coiled tubular glands مثل الغدد العرقية Sweat glands.

٣ ـ غدد بسيطة أنبوبية متفرعة Simple branched tubular glands مثل الغدد المعدية Gastric glands.

٤ ـ غدد بسيطة حويصلية Simple alveolar glands مثل غدد جلد الضفدعة.

٥ ـ غدد بسيطة حويصلية متفرعة Simple branched alveolar glands مثل الغدد الدهنية فى الثدييات Sebaceous glands.

٦ ـ غدد مركبة أنبوبية Compound tubular glands مثل الغدد الدمعية Lacrimal glands.

٧ ـ غدد مركبة حويصلية Compuond alveolar glands مثل الغدد اللعابية Salivary glands.

٨ ـ غدد مركبة أنبوبية حويصلية Compound tubuloalveolar glands.

جـ ـ حسب نوع المادة المفرزة :

١ ـ غدد مصلية أو مائية (.Serous gl) وافرازها ذو قوام مائى ويحتوى عادة على انزيمات، مثل البنكرياس.

٢ ـ غدد مخاطية (.Mucous gl) وافرازها من عديدات التسكر المخاطية مثل الغدد المريئية وغدد برونر فى الاثنى عشر .Brunner's gl .

٣ ـ غدد مخاطية مصلية (.Mucoserous gl) وتقوم بافراز خليط من المواد المخاطية والسوائل المصلية مثل غدد الجهاز التنفسى.

٤ ـ غدد دهنية .Sebaceous gl مثل غدد الجلد الدهنية .

٥ ـ غدد صمغية .Seromenous gl مثل غدد الأذن الخارجية .

٦ ـ غدد لبنية .Mammary gl تفرز خليط متميز من المواد مكونا اللبن فى الثدييات.

وهناك العديد من الغدد فى الحيوانات غير الثديية تقوم بافرازات خاصة ولها أسماء تلك المواد.

د ـ حسب أسلوب الافراز :

١ ـ غدد مجردة الافراز .Merocrine gl مثل البنكرياس وبعض الغدد العرقية. وتترك الافرازات قمم الخلايا بطريقة الاخراج الخلوى العادى دون أن تؤثر عملية الافراز فى غشاء هذه الخلايا.

٢ ـ غدد قميّة الافراز Apocrine مثل الغدد اللبنية وبعض الغدد العرقية الإبطية فى الانسان. وتتم عملية الافراز بأن تتجمع المواد المفرزة فى قمم الخلايا ثم تنفصل هذه القمم بما فيها من افرازات إلى تجويف الغدة. ولذلك فان افرازات هذه الغدد تحتوى على بعض من سيتوبلازم الخلايا.

٣ ـ غدد كلّية الافراز .Holocrine gl مثل الغدد الدهنية. فعندما تمتلىء الخلايا بالدهون تنفجر فى تجويف الغدة، ولذا فان الافرازات الدهنية تحتوى على بعض المكونات الخلوية.

الغـــدد الصـــم

تسمى الغـدد الصم أيضـا بعـديمة القنوات (.Ductless gl) وتتجمع خلايا هذه الغدد فى مجموعات تتخللها شبكة كثيفة من الشعيرات الدموية. وقد توجد الخلايا الصم متفرقة بين أنسجة بعض الأعضاء مثل الخلايا الصم فى بطانة وغدد القناة الهضمية Enteroendocrine والخلايا البينية فى خصية الثدييات، بينما قد تتجمع فى مجموعات منفصلة داخل بعض الأعضاء مثل الجسم الأصفر فى المبيض وجزر لانجرهانز فى البنكـرياس. الا ان الغالب الأعم هو أن توجد الخلايا الصم فى أعضاء قائمة بذاتها مثل الغدد النخامية والدرقية. . . الخ.

وتأخذ التجمعات الخلوية فى الغدد الصم أشكالا مختلفة (شكل ٣٦) منها :

١ ـ أحبال مصمتة Solid cords كما فى الغدد النخامية.

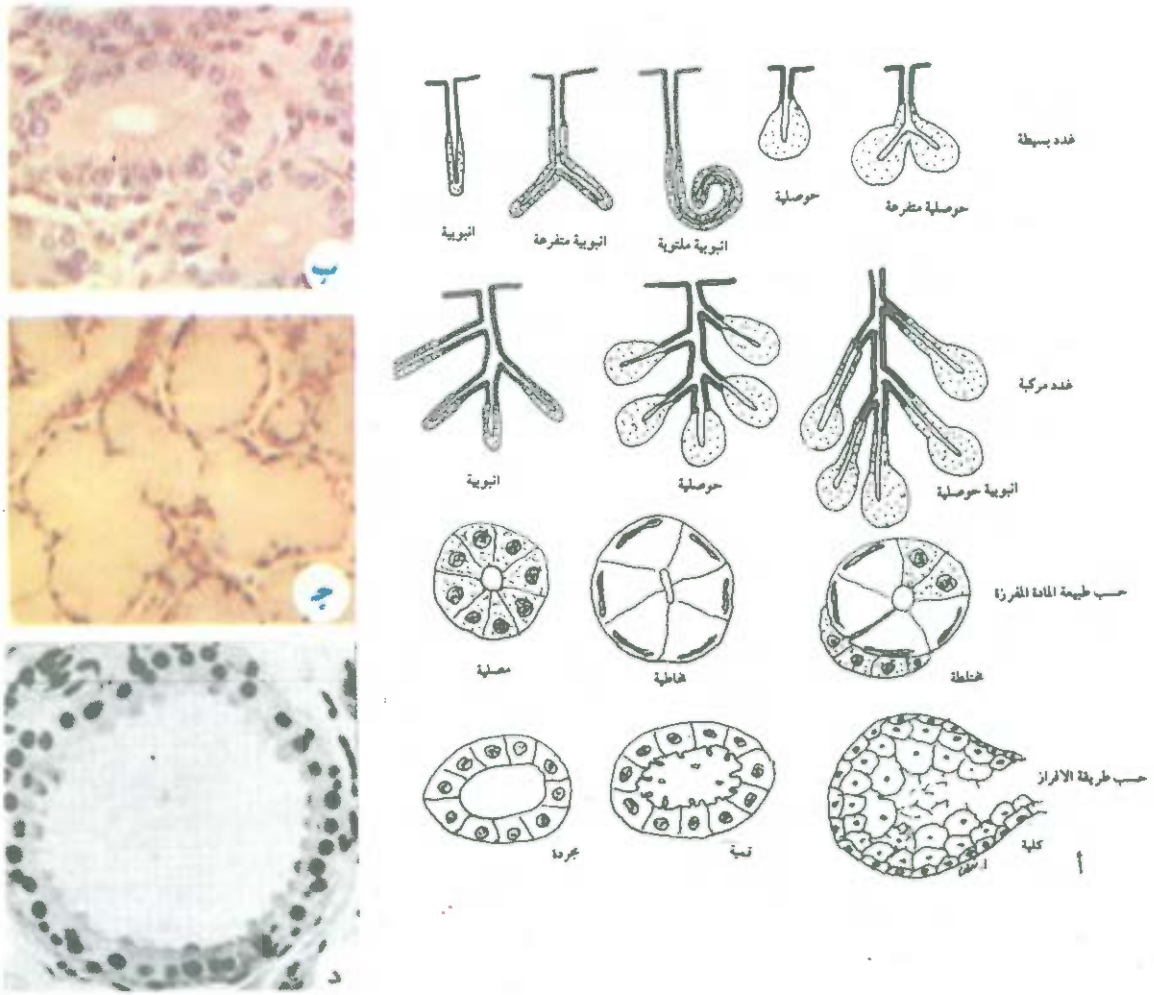
٢ ـ كبّات مصمتة Glomeruli مثل الطبقة الخارجية من قشرة غدة الكظر.

٣ ـ حويصلات مغلقة Follicles كما فى الغدة الدرقية.

٤ ـ حزم خلوية Fascicles كما فى الطبقة الحزمية فى قشرة غدة الكظر.

٥ ـ شبكة خلوية Reticulum كما فى الطبقة الشبكية فى قشرة غدة الكظر.

وفى جميع هذه الأشكال يتخلل التجمعات الخلوية نسيج شبكى ضام غنى بالشعيرات الدموية التى تطل عليها كل خلية فى هذه التجمعات حيث يصب الافراز المسمي بالهرمون.



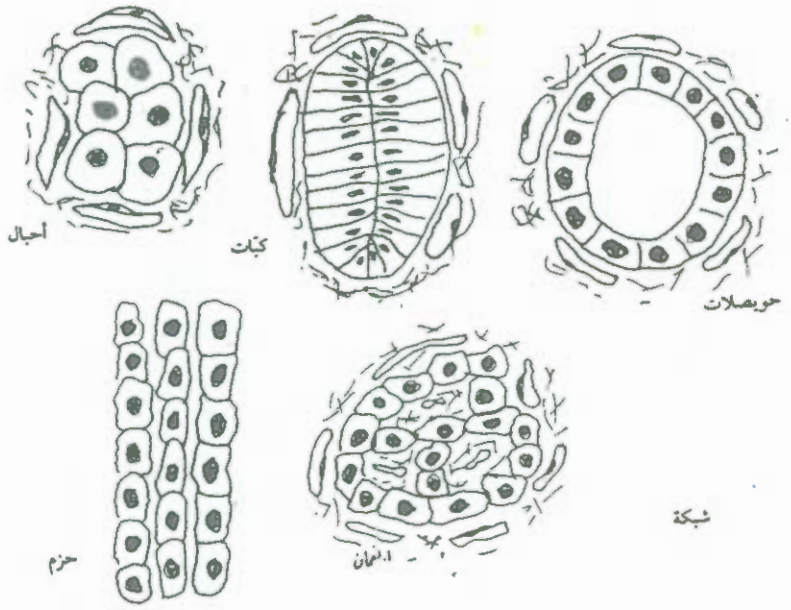
شكل (٣٥)

أ ـ أنواع من الغدد القنوية

ب ـ قطاع في جزء من غدة مجردة مصلية (الغدة النكفية)

جـ ـ قطاع في جزء من غدة مجردة مخاطية (الغدة تحت اللسانية)

د ـ قطاع في جزء من غدة قمية (الغدد العرقية الابطية في الانسان)



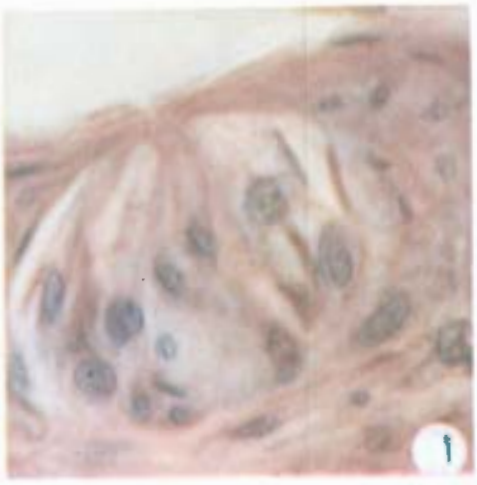
شكل (٣٦) تجمعات الخلايا في الغدد الصم

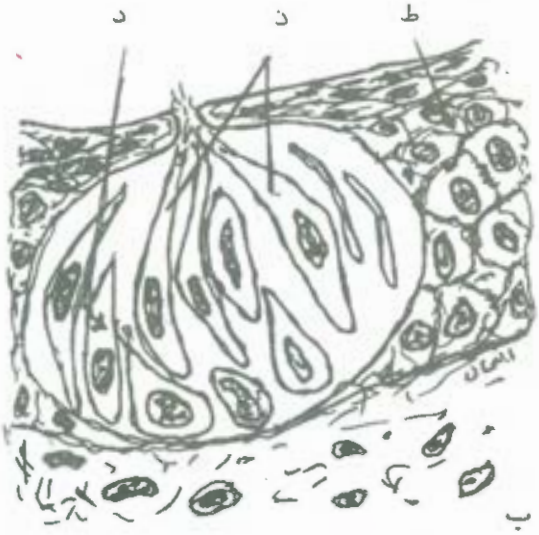
ثالثاً : النسيج الطلائى الحساس Sensory Ep.

تتحور بعض خلايا الأنسجة الطلائية لتصبح قادرة على استقبال المؤثرات الخارجية ونقلها الى أطراف الألياف العصبية الحسية التى تقوم بدورها بنقل هذه الاحساسات الى الجهاز العصبى المركزى. ومثال ذلك خلايا براعم التذوق الموجودة على سطح اللسان وتلك الموجودة فى بطانة الأذن الداخلية (شكل ٣٧).

ولايجوز الخلط بين هذا النوع من الخلايا الطلائية الحساسة وبين الخلايا العصبية التى قد تكون موجودة بين خلايا الأنسجة الطلائية مثل الخلايا الشمية الموجودة فى المنطقة الشمية من تجويف الأنف.

وتتميز الخلايا الطلائية الحساسة بوجود نتوءات سيتوبلازمية على سطحها الخارجى تسمى بالشعيرات، ولذلك تسمى هذه الخلايا أيضا بالخلايا الشعرية Hair cells وعادة مايحيط بالخلايا الشعرية مجموعة من الخلايا المساعدة أو الداعمة Supporting cells .





شكل (٣٧) النسيج الطلائي الحسي
أ ـ برعم تذوق من اللسان مكبر جداً. يلاحظ به نوعان من الخلايا
ب ـ رسم تخطيطي لبرعم التذوق
(ط) طلائية اللسان ، (ذ) خلايا تذوقية ، (د) خلايا دعامية

رابعاً: النسيج الطلائى المنبت Germinal epithelium

ويكون جزءاً هاماً من المناسل (الخصيتين والمبيضين). وتنقسم خلايا هذا النسيج بصفة دائمة أو دورية عند وصول الحيوان أو الانسان الى مرحلة النضج الجنسى لتنتج النطف (الحيوانات المنوية والبويضات).

وهناك أنواع أخرى من الخلايا الطلائية مثل الخلايا المتقلصة Myoepithelium التى تحيط بالاجزاء الفارزة من معظم الغدد وبتقلصها تدفع الافرازات من تجويف الغدة الى قنواتها ثم الى السطح.
وهناك أيضا الخلايا الطلائية الصبغية Pigmented epitheluim الموجودة فى شبكية العين.

الأنسجة الضامة Connective tissues

هذا هو النوع الثانى من أنسجة الجسم. وينشأ من طبقة الميزودرم فقط أى انه ميزودرمى المنشأ (قارن النسيج الطلائى) ولاتوجد الأنسجة الضامة على الأسطح أبداً ولكنها تتخلل مكونات الأنسجة الأخرى لتكون أرضيتها وتقوم بربط الأنسجة المختلفة مع بعضها أثناء تكون الأعضاء.

الصفات العامة للأنسجة الضامة :

١ ـ لاترتكز على غشاء قاعدى.
٢ ـ مادتها الخلالية وفيرة وخلاياها قليلة ومبعثرة ومتنوعة.
٣ ـ تعتبر الوسط المناسب كمسار للأوعية الدموية والأعصاب داخل الأعضاء المختلفة.
٤ ـ تتخلل مكونات الأنسجة الأخرى رابطة اياها وحاملة للأوعية الدموية والأعصاب اليها.
٥ ـ تعطى الجسم شكله العام وهيكله الدعامى.
٦ ـ تمثل الوسط الذى تتبادل الخلايا من خلاله المواد مع سوائل الجسم المختلفة.
٧ ـ تعتبر من أهم وسائل الدفاع ضد الأضرار الخارجية.
٨ ـ تتكون من ثلاثة عناصر هى الخلايا والألياف والمادة الخلالية.

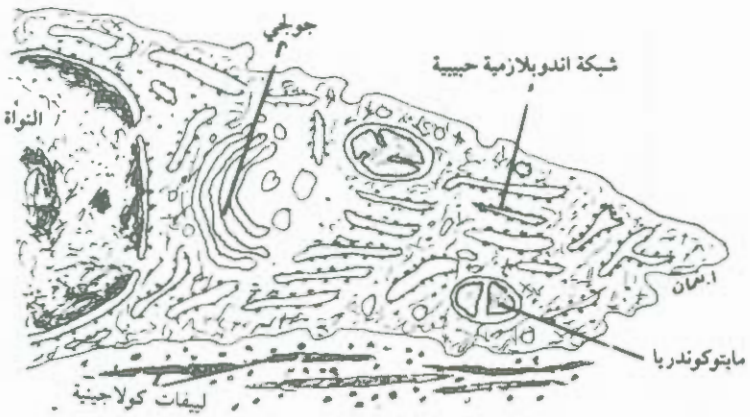
وتنقسم الأنسجة الضامة الى أنواع مختلفة حسب مواصفات خاصة مثل نوع وقوام المادة الخلالية ونوع الخلايا السائدة فيها، ونوع الألياف الغالبة. وقبل ان نستعرض الأنواع المختلفة للأنسجة الضامة، نبدأ بشرح مكوناتها الثلاث.

أولا : الخـــــلايا

هناك أنواع عديدة من خلايا الأنسجة الضامة الا انها لاتجتمع عادة فى نوع واحد من هذه الأنسجة بنفس القدر. فعادة مايغلب نوع منها على الأنواع الأخرى فى بعض الأنسجة كما قد ينعدم وجود نوع أو أكثر فى أنسجة أخرى. وتنشأ خلايا الأنسجة الضامة من خلية أساسية هى الخلية الميزودرمية غير المتخصصة UMC Undifferentiated Mesenchymal Cell وذلك اما بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

١ ـ الخلايا الليفية (المنتجة للألياف) : Fibroblasts

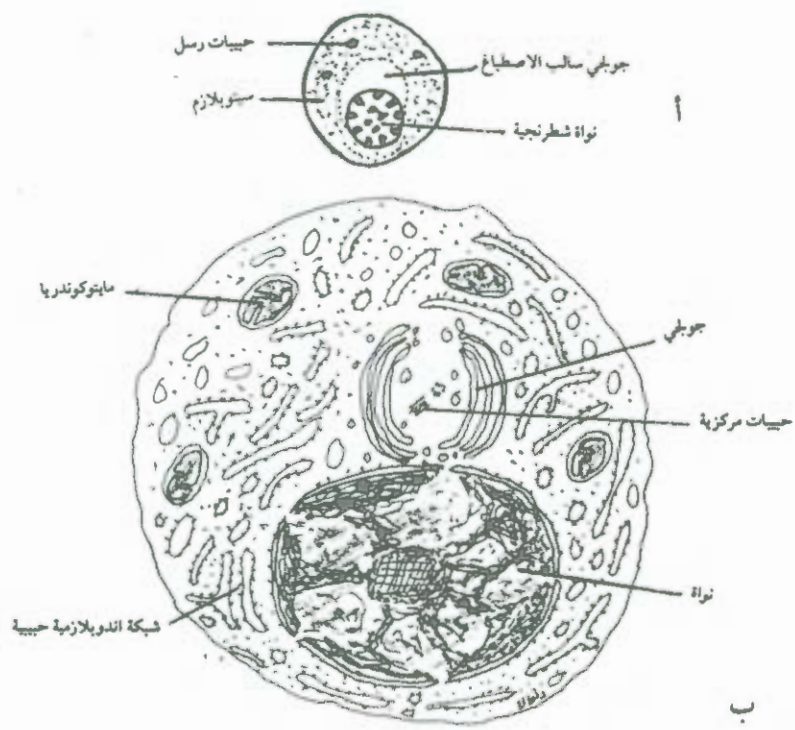
وهى خلايا متفرعة وظيفتها تصنيع جميع أنواع الالياف الخاصة بالانسجة الضامة، وتقوم ايضا بتصنيع مكونات المادة الخلالية (بروتينات وكربوهيدرات) ولذلك فان سيتوبلازمها يحوى كميات كبيرة من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة وكذلك تحتوى على أجسام جولجى (شكل ٣٨).



شكل (٣٨) الخلية الليفية

٢ ـ الخـلايا البـلازميـة Plasma cells

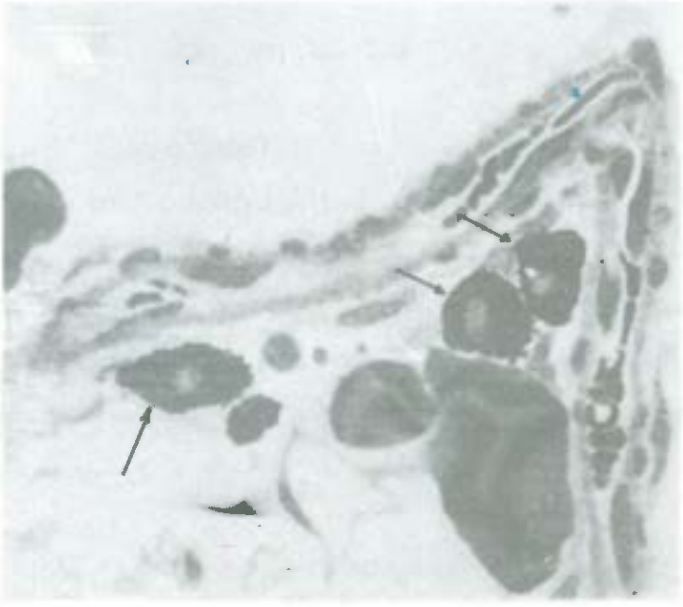
وتنشأ من الخلايا اللمفية Lymphocytes ، وتتميز بوجود نواة كبيرة نشطة قد أزيحت الى أحد جوانب الخلية بواسطة جسم جولجى المتضخم الذى يظهر فى تحضيرات المجهر الضوئى كمنطقة باهتة الاصطباغ يحيط بها باقى السيتـوبـلازم الداكن (القاعدى) الاصطباغ . . ويصطبغ السيتوبلازم بالصبغات القاعدية لوجود كميات كبيرة وكثيفة من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة التى تقوم بتصنيع الاجسام المضادة Antibodies ذات الطبيعة البروتينية . وعلى ذلك فانّ وظيفة الخلايا البلازمية هى افراز الأجسام المضادة ضد المواد الغريبة التى تتعرف عليها الخلية بواسطة مستقبلات خاصة على غشائها الخارجى (شكل ٣٩) .



شكل (٣٩) الخلية البلازمية
أ ـ رسم بالمجهر الضوئي
ب ـ رسم بالمجهر الالكتروني

٣ ـ الخـلايا الصـارية : Mast cells

وتنشأ من UMC وتتميز بوجود أعداد كبيرة من الحبيبات التى تحتوى على الهيبارين وهى مادة حمضية عديدة التسكـر المخـاطية Acidmucoplysaccharide (AMPS) ولـذلك فهذه الحبيبات قاعدية الاصطباغ، ايجابية لصبغة PAS وتعطى لونا أحمر اذا صبغت بأزرق التولويدين. وتحتوى حبيبات الخلايا الصارية على مواد أخـرى مثـل الهستـامـين المسبب للحسـاسية. وتختلف نسبـة الهيبارين الى الهستامين فى الحبيبات في المجموعات الحيوانية المختلفة. وتوجد الخلايا الصارية عادة مجاورة للأوعية الدموية مما ييسر وصول افرازاتها الى الدم. وتشبه الخلية الصارية فى شكلها ووظيفتها الخلايا الدموية البيض القاعدية الاصطباغ Basophils (شكل ٤٠).



شكل (٤٠) قطاع رقيق جداً (٠,٥ ميكرون) تظهر فيه الخلايا الصارية المليئة بالحبيبات الداكنة الاصطباغ. القطاع مصبوغ بأزرق التولويدين Toluidine blue

٤ ـ الخـلايا الالتهـامية الكبيرة Macrophages

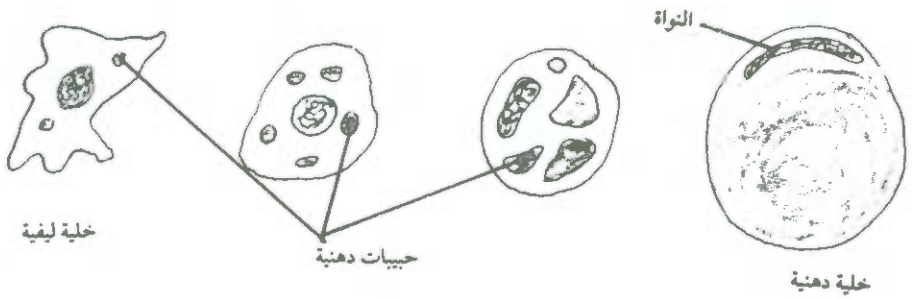
وهى خلايا كبـيرة غير منتـظمـة الشكل تحتوى على أجسام التهامية Phagosomes وأعداد كبيرة من الليسـوسـومات. وتتشكل هذه الخلايا بأشكال مختلفة حسب درجة نشاطها وتقوم بالتهام المواد والكائنات الغـريبة التى تصادفها فى النسيج الضام وتهضمها وبذلك تمكن الخلايا اللمفية من التعرف عليها لتكون الأجسام المضادة اللازمة للتخلص منها.

وعندما تجابه الخلايا الالتهامية جسما أو خلية كبيرة يتجمع عدد منها ويندمج ليكون خلية عملاقة Giant cell تلتهم الجسم أو الخلية الكبيرة.

٥ ـ الخـلايا الدهنيـة Adipocytes

وهى خلايا كبيرة جدا قد امتلأت بالدهن، ولذلك فان نواتها قد اصبحت حافية ومسطحة بسبب ضغط الدهن عليها. ولاتحتوى الخلية الدهنية الا على شريط ضيق من السيتوبلازم تحت الغشاء الخارجى.

وتصطبغ الخلايا الدهنية بصبغات خاصة بالدهن هى صبغات سودان Sudan stains أما فى الأنسجة المعاملة بالطرق التحضيرية العادية (مثل طريقة H&E) فتظهر الخلايا الدهنية كفجوات كبيرة بها نواة صغيرة مصبوغة فى جانب منها ولذلك تسمى الخلية بالخاتم Signet ring وتكوّن الخلايا الدهنية غالبية خلايا النسيج الدهنى Adipose tissue (شكل ٤١).



شكل (٤١) مراحل تكوّن الخلايا الدهنية

٦ ـ الخـلايا الصبغيـة Pigment cells

وتحتـوى على حبيبـات صبغية ذات ألوان مختلفة (وتكون فى الانسان عادة بنية اللون) وقد تقوم الخلايا بتصنيع هذه الحبيبات وتسمى لذلك خلايا صبغية حقيقية Chromoblasts وقد تتلقاها من خلايا أخرى وتسمى في هذه الحالة حاملات الصبغة Chromophores وتوجد الخلايا الصبغية فى الأماكن الملونة من الجسم مثل قزحية العين والجلد والشعر. . . الخ.

٧ ـ الخـلايا الدمـوية البيـض Blood leucocytes

وتوجد جميع أنواع خلايا الدم البيض فى الأنسجة الضامة بنسب متفاوتة حيث تقوم بأداء وظائفها المختلفة.

٨ ـ خلايا الأنسجة الضامة الهيكلية والوعائية وسوف يتم تفصيلها فيما بعد.

ثانيا : الألـيـــاف Fibers

وتحتوى الأنسجة الضامة على ثلاثة أنواع من الألياف. قد توجد مجتمعة، وقد يوجد كل نوع منها منفرداً تقريباً. والأنواع الثلاثة هى الألياف البيض والألياف الصفر والألياف الشبكية وتقوم الخلايا الليفية بتصنيع جميع أنواع الألياف.

١ ـ الألياف البيض (الغروية) White (Collagenous) fibers

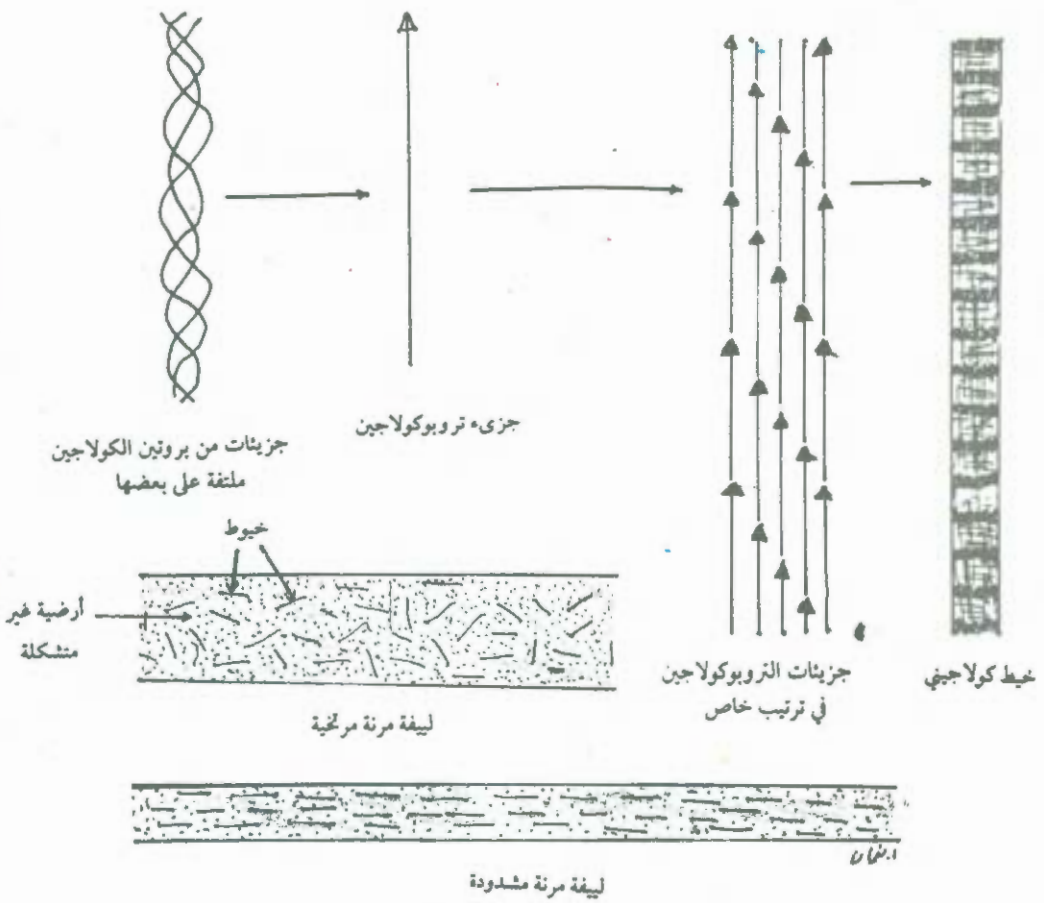
ويوجد هذا النوع عادة على هيئة حزم منتظمة (كما فى أوتار العضلات) أو غير منتظمة (كما فى صلبة العين) وتتكون الحزمة الواحدة من عدد من الألياف غير المتفرعة الملتصقة ببعضها. وتحصر الحزم بينها بعض الخلايا الليفية المضغوطة ولذلك تظهر هذه الخلايا بشكل نجمى .

وتتكون الليفة البيضاء من عدد من الليفات Fibrils التى لاترى الا بالمجهر الالكترونى . وهذه الليفات بدورها تتكون من خيوط بروتينية (من مادة الكولاجين) المرتبة بطريقة منتظمة بحيث تسبب ظهور خطوط عرضية منتظمة على مسافات متساوية مما يميزها عن الليفات الصفر التى لاتوجد عليها هذه الخطوط (شكل ٤٢).

وتتميز الألياف البيض بأنها قوية جدا وغير مطاطة . وهى حمضية الاصطباغ لغناها بالبروتينات القاعدية .

٢ ـ الألياف الصفر (المرنة) Yellow (Elastic) fibers

هى ألياف رفيعة طويلة تتشابك مع بعضها، وتتكون من بروتين خاص يسمى الايلاستين Elastin ولهذا فهى حمضية الاصطباغ ولكن بقدر أقل من الألياف البيض ولذلك فهى عادة تُصبغ بصبغات خاصة حتى يمكن تمييزها عن الألياف البيض . ومن هذه الصبغات صبغة الأرسين Orcein التى تصبغ الألياف الصفر باللون البنى الداكن (شكل ٤٢).



شكل (٤٢) الياف النسيج الضام

وتتكون الليفات الصفر (كما تبدو تحت المجهر الالكترونى) من أرضية متجانسة تحتوى على خيوط دقيقة مبعثرة وذلك عندما لاتكون تحت تأثير أى شد. وعندما تتعرض الألياف الى الشد تترتب هذه الخيوط فى صفوف موازية لاتجاه الشد. وكما سبق ذكره فإن الليفات الصفر ليست مخططة.

وتدخل الألياف المرنة فى تكوين الأربطة المرنة كما تكون شرائط مرنة فى جدر الشرايين الكبيرة مثل الأورطة.

٣ ـ الألياف الشبكية Reticular fibers

وهى ألياف قصيرة تتداخل مع بعضها لتكون شبكة تحوى فى طياتها خلايا متفرعة تسمى الخلايا الشبكية Reticular cells وهى احدى خلايا النسيج الضام غير المتميزة التى تشبه الـ UMC الى حد كبير.

وتتكون الألياف الشبكية من مادة الكولاجين تماما مثل الألياف البيض وتتكون من ليفات دقيقة تُظهر أيضاً تخططاً عرضياً بالمجهر الالكترونى.

ولان الألياف الشبكية قصيرة ومتشابكة فهى تحتوى على أرضية خاصة بها غنية بالمواد الكربوهيدراتية والهاليدات (أملاح الكلوريد والفلوريد والايوديد) ولذلك فانها تصطبغ بالـ PAS وترسب الفضة من أملاحها (راجع الطبيعة الاصطباغية للغشاء القاعدى).

ثالثا : المادة البينية (الأرضية) Matrix

وهى المادة التى تحيط بالخلايا والألياف فى الأنسجة الضامة. وهى مادة غير متشكلة جيلاتينية القوام، وقد تكون صلبة (كما فى الغضروف) أو متكلسة (كما فى العظم). وعندما تكون جيلاتينية فانها تسمح بمرور المواد من خلالها بين الخلايا والدم. وعندما تكون صلبة فانها تكوّن الدعامة الهيكلية للجسم.

وتتكون المادة البينية أساسا من الماء العالق به مجموعة من البروتينات الخالصة أو البروتينات المتحدة مع الكربوهيدرات مثل الجليكوبروتينات أو البروتيوجليكان وذلك علاوة على المواد المخاطية عديدة التسكر Mucopolysaccharides ومنها الحمضى ومنها المتعادل. ولكل من هذه المواد صبغات خاصة يمكن أن تُميز بها وتوجد بنسب تختلف من نسيج الى نسيج. وتحتوى المادة البينية علاوة على مكوناتها الأساسية على المواد التى تمر من خلالها بين الدم والخلايا.

أنـواع الأنســجة الضــامة

تقسم الأنسجة الضامة حسب طبيعة المادة البينية وقوامها الى ثلاثة أنواع هى :

١ ـ الأنسجة الضامة الأصيلة Connective tissues Proper

٢ ـ الأنسجة الضامة الهيكلية Skeletal connective tissues

أ ـ الأنسجة الغضروفية Cartilagenous tissues

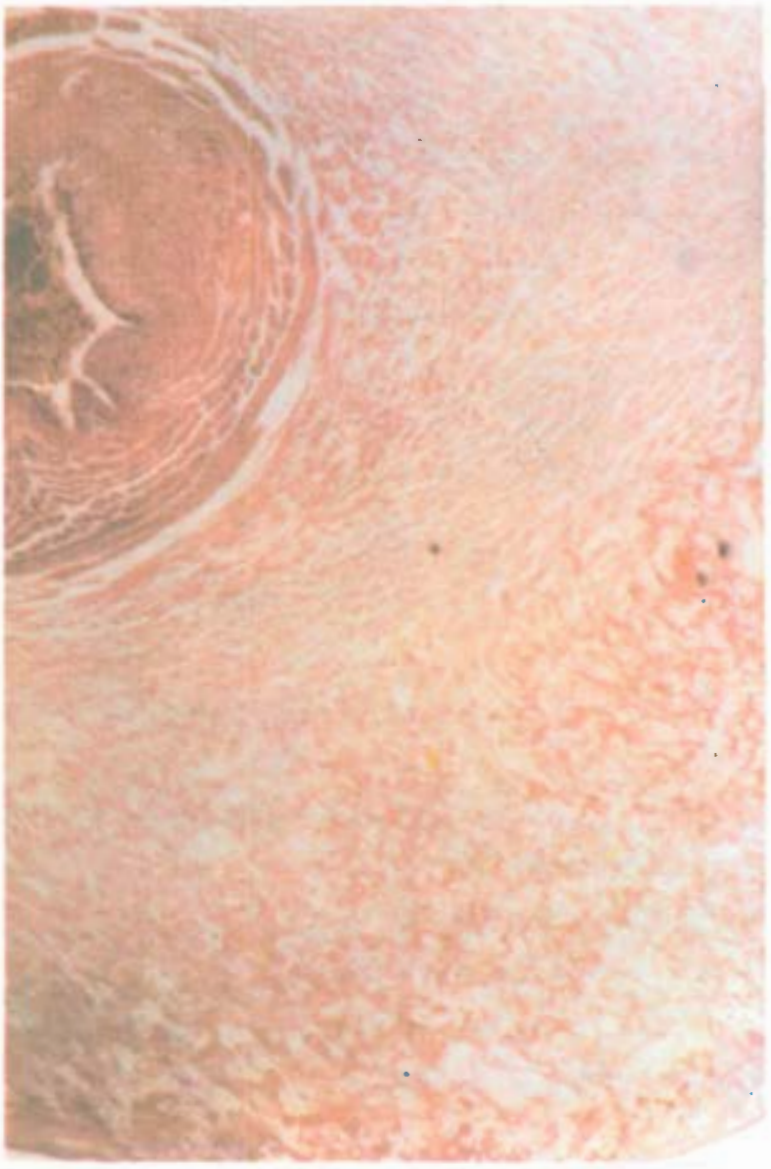
ب ـ الأنسجة العظمية Bony tissues

٣ ـ الأنسجة الضامة الوعائية Vascular connective tissues

الأنسجة الضامة الأصيلة
C.T. Proper

وهى التى تتجلى فيها الصفات العامة للأنسجة الضامة بوضوح كما تقوم بوظائف الربط والدعم والدفاع فى الجسم. وتقسم الأنسجة الضامة الأصيلة الى الأنواع التالية :

أ - الأنسجة الضامة الجنينية Embryonic C.t. وتوجد فى الأجنة وتكون أليافها من النوع الأبيض الذى لم يصل الى تمام النضج التركيبى. أما المادة البينية فهي جيلاتينية القوام مما يجعل النسيج لزجا ولذلك فانه يسمى ايضا النسيج الضام المخاطى. أما خلايا هذا النوع فهى نجمية الشكل ومن النوع غير المتميز ونادرا مايوجد النسيج الضام الجنينى فى جسم الكائنات بعد الولادة الا فى حالات خاصة ويمكن دراسته فى مقطع للحبل السرى (شكل ٤٣).



شكل (٤٣)
نسيج ضام جنيني
(قطاع في الحبل السُرّي)
شريان سُرّي يظهر في
الجزء الأعلى الأيسر من الصورة

ب ـ الأنسجة الضامة الناضجة .Adult C.t وتحتوى هذه الأنسجة على الأنواع المختلفة من الخلايا والألياف ولكن بنسب متفاوتة (شكل ٤٤) وعلى هذا الأساس تقسم كمايلى :

١ ـ الأنسجة الضامة الهوائية .Areolar C.t وتسمى أيضا الفجوية والسيّبة والمفككة. ويوجد فى هذا النوع ألياف بيض على شكل حزم والياف صفر مفردة متفرعة، وبه أيضا جميع أنواع الخلايا وخاصة الخلايا الليفية. وأرضية الأنسجة الضامة الهوائية جيلاتينية القوام وأثناء تحضيرها يذوب جزء كبير منها تاركا فجوات واسعة وكأنها فقاعات هوائية كبيرة ومن هنا جاءت التسمية. وينتشر هذا النوع فى جميع أجزاء الجسم وأحسن مثال له النسيج الضام تحت الجلد.

٢ ـ الأنسجة الضامة الدهنية .Adipose C.t وهى فى الواقع أنسجة ضامة هوائية تحولت أغلب خلاياها الليفية الى خلايا دهنية وذلك بتكون وتجمع الدهون بها. وتوجد الأنسجة الدهنية تحت الجلد فى مناطق معينة من الجسم وحول الكليتين وفى المساريقا. وللأنسجة الدهنية وظائف عديدة منها أنها تعتبر مخزنا للطاقة وتعطى للجسم استدارته وتكون وسادة واقية لبعض الأعضاء وتكون عازلا للحرارة.

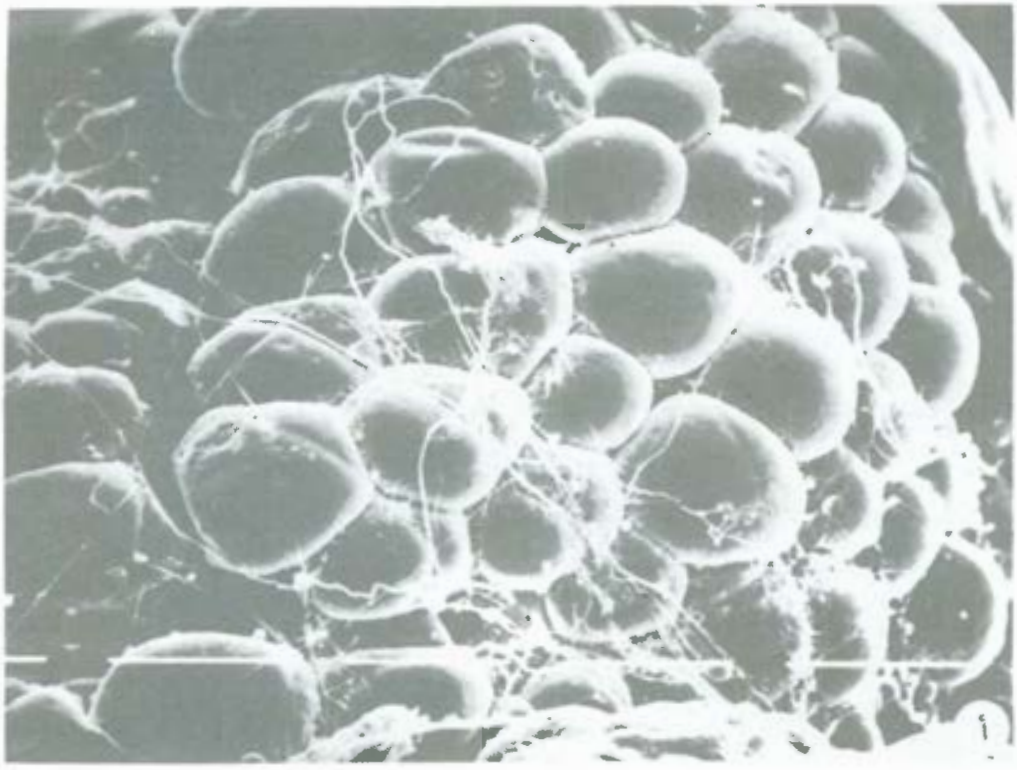
٣ ـ الأنسجة الضامة الليفية .Fibrous C.t وهى مجموعة من الأنسجة الضامة التى يغلب فيها نوع من الألياف على النوعين الآخرين وتسمى باسمه. ولذلك فمنها الأنواع التالية :

ـ الأنسجة الليفية البيض .White fibrous C.t ويوجد بها كميات كبيرة من الألياف البيض التى قد تتجمع على هيئة حزم كثيفة منتظمة لاتسمح الا بوجود القليل من المادة البينية وبعض الخلايا كما فى أوتار العضلات. وقد تكون حزم الألياف البيض مكونة من طبقات متوازية شفافة كما فى قرنية العين. وقد تكون على شكل حزم متشابكة وكثيفة كما فى صلبة (بياض) العين. وفى جميع الحالات تكون الأنسجة الليفية البيض قوية جدا وغير مطاطية.

ـ الأنسجة الليفية الصفر (المرنة) .Yellow (Elastic) C.T وهى مجموعة من الأنسجة الضامة الليفية التى تكون فيها الألياف الصفر هى الغالبة وتتخذ أشكالا مختلفة؛ فقد تكون منتظمة فى شكل حزم متوازية كما فى الرباط العنقى الذى يكون ناميا بصفة خاصة فى الحيوانات الراعية، وقد تكون على شكل شرائط دائرية كما فى جدار الأورطة أو تكون أغشية كما فى جدار الشرايين، أو تكون شبكة كثيفة كما فى أرضية الرئتين.

ـ الأنسجة الليفية الشبكية .Reticular C.t وتكون أرضية الكثير من الأعضاء كالكبد والطحال والنخاع العظمى والعقد اللمفية. ويوجد فى هذا النوع من الأنسجة الضامة نوع خاص من الخلايا غير المتميزة المتشابكة مع بعضها والمسماة بالخلايا الشبكية.

وقد تتجمع فى الأنسجة الضامة الهوائية أنواع من الخلايا تكسبها أسماء خاصة مثل الأنسجة اللمفية التى تعج بالخلايا اللمفية وتوجد فى الطبقة المخاطية لكثير من الأعضاء الحشوية كالقناة الهضمية، ومثل الأنسجة الصبغية التى تحتوى على العديد من الخلايا الميلانينية كما فى قزحية العين.



شكل (٤٤) أنواع الانسجة الضامة الاصيلة

أ ـ نسيج دهني كما يظهر في المجهر الالكتروني الماسح. يلاحظ ان الخلايا الدهنية كروية الشكل ويلتف عليها الياف

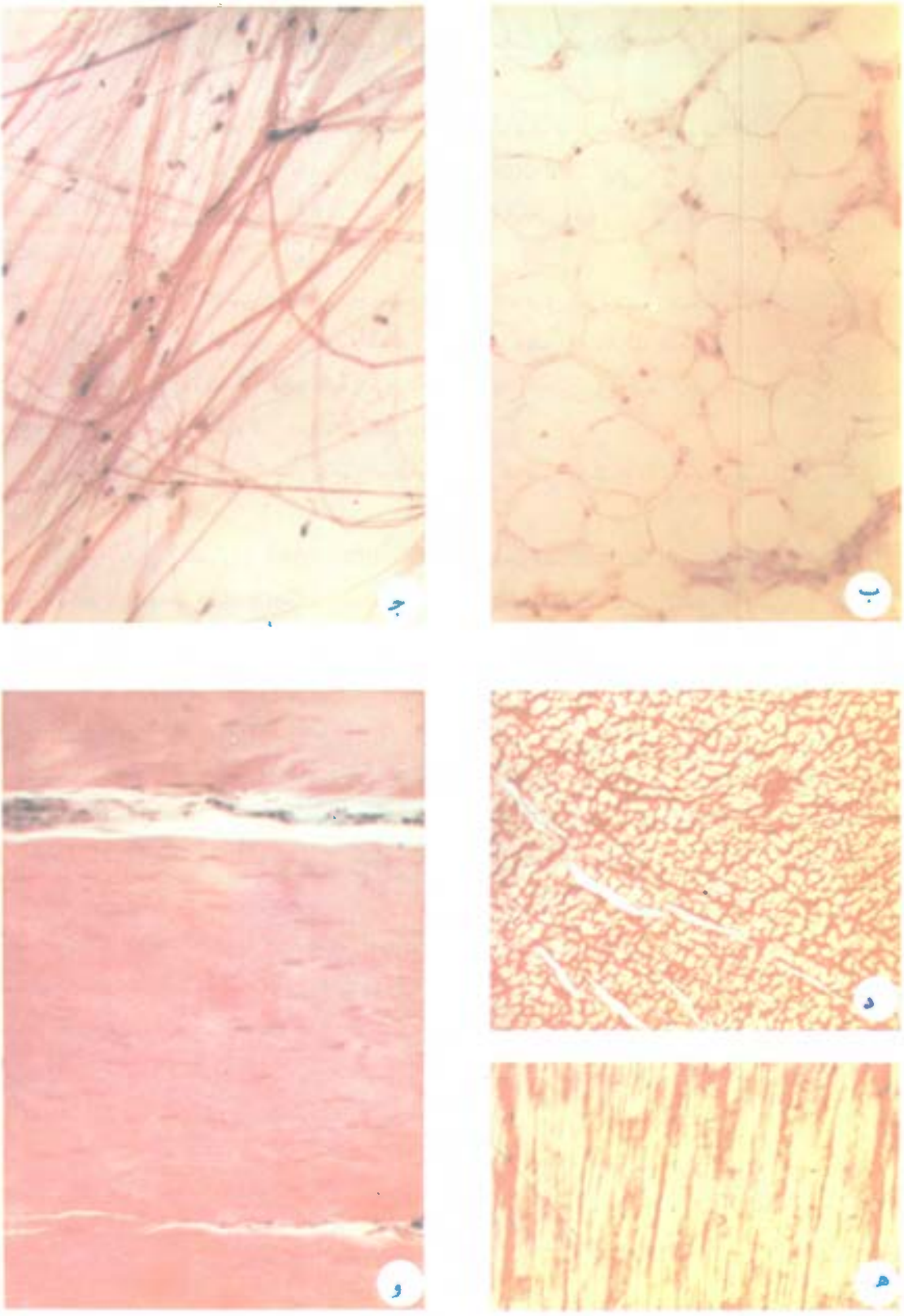
ب ـ قطاع من نسيج دهني صبغ بالطريقة الروتينية (H&E)

جـ ـ نسيج ضام هوائي (H&E)

د ـ قطاع عرضي في الرباط العنقي مصبوغ بصبغة Van Gieson حيث تأخذ الألياف المرنة اللون الأصفر، والألياف البيض اللون الأحمر

هـ ـ قطاع طولي في الرباط العنقي

و ـ قطاع طولي في وتر مصبوغ بـ H&E حيث تظهر الالياف البيض بلون اكثر احمراراً.



تابع شكل (٤٤)

الأنسجة الغضروفية (الغضاريف Cartilages)

تمثل الغضاريف نوعا خاصا من الأنسجة الضامة حيث تتكون من خلايا وألياف ومادة بينية . وتتميز بأن مادتها البينية تتكون من كبريتات الغضروفين Chondroitin sulfate وهى من المواد المخاطية عديدة التسكر الحمضية الصلبة التى تحتوى على تجاويف توجد بها الخلايا الغضروفية . أما الألياف فقد تكون بيض أو صفر حسب نوع ومكان وجود الغضروف .

والنسيج الغضروفى بلاستيكى المظهر قد يقبل الثنى ولكنه قوى غير مطاط ويتحمل الأثقال الكبيرة . ولكنه ليس فى صلابة ولا قوة العظم . ويتكون الهيكل الداخلى لبعض الحيوانات الفقارية الدنيا وبعض الأسماك الغضروفية كليّة من الأنسجة الغضروفية . كما يتكون الهيكل الجنينى فى جميع الفقاريات فى بادىء الأمر من الغضاريف التى يحل العظم محل معظمها بعد تمام النمو.

وقد يوجد الغضروف على سطح بعض العظام كما فى المفاصل وذلك لانه يكون أملسا الى درجة كبيرة مما يسهل حركة مكونات المفصل .

وتوجد الخلايا الغضروفية Chondrocytes داخل فجوات Lacunae فى المادة البينية تحاط بمناطق متميزة تسمى بالمحافظ Capsules . ويختلف عدد الخلايا الغضروفية الموجود داخل كل تجويف . فعند حافة الغضروف تكون الفجوات بيضاوية وتحتوى كل منها على خلية واحدة . وفى داخل الغضروف تصبح الفجوات أكثر اتساعا وتحتوى على عدد أكبر من الخلايا يصل الى ثمانية نتيجة لانقسام الخلايا وبقائها داخل الفجوة لتكوّن الأعشاش الخلوية Cell nests .

والخلية الغضروفية الحديثة نشطة . وتقوم بتصنيع جميع مكونات النسيج الغضروفى من الياف ومادة بينية ولذلك فهى تتميز بصفات الخلايا المصنعة للبروتينات ومع مرور الزمن تهرم هذه الخلايا ويقل نشاطها وتترسب فيها كميات من الدهون والنشا الحيوانى وتظهر باهتة فى التحضيرات المجهرية العادية التى ينتج عنها اذابة الدهون والنشا الحيوانى .

وتكون المادة البينية قاعدية الاصطباغ لوجود كبريتات الغضروفين الحمضية . ولكن بمرور الزمن تكثر الألياف البروتينية حمضية الاصطباغ وتتغير بذلك الطبيعة الاصطباغية للنسيج الغضروفى . ولذلك فان الغضروف حديث التكوّن يكون قاعدى الاصطباغ بينما يكون النسيج الغضروفى القديم حمضى الاصطباغ تقريبا وقد تترسب فيه أملاح الكالسيوم فيتكلس ويصبح هشاً .

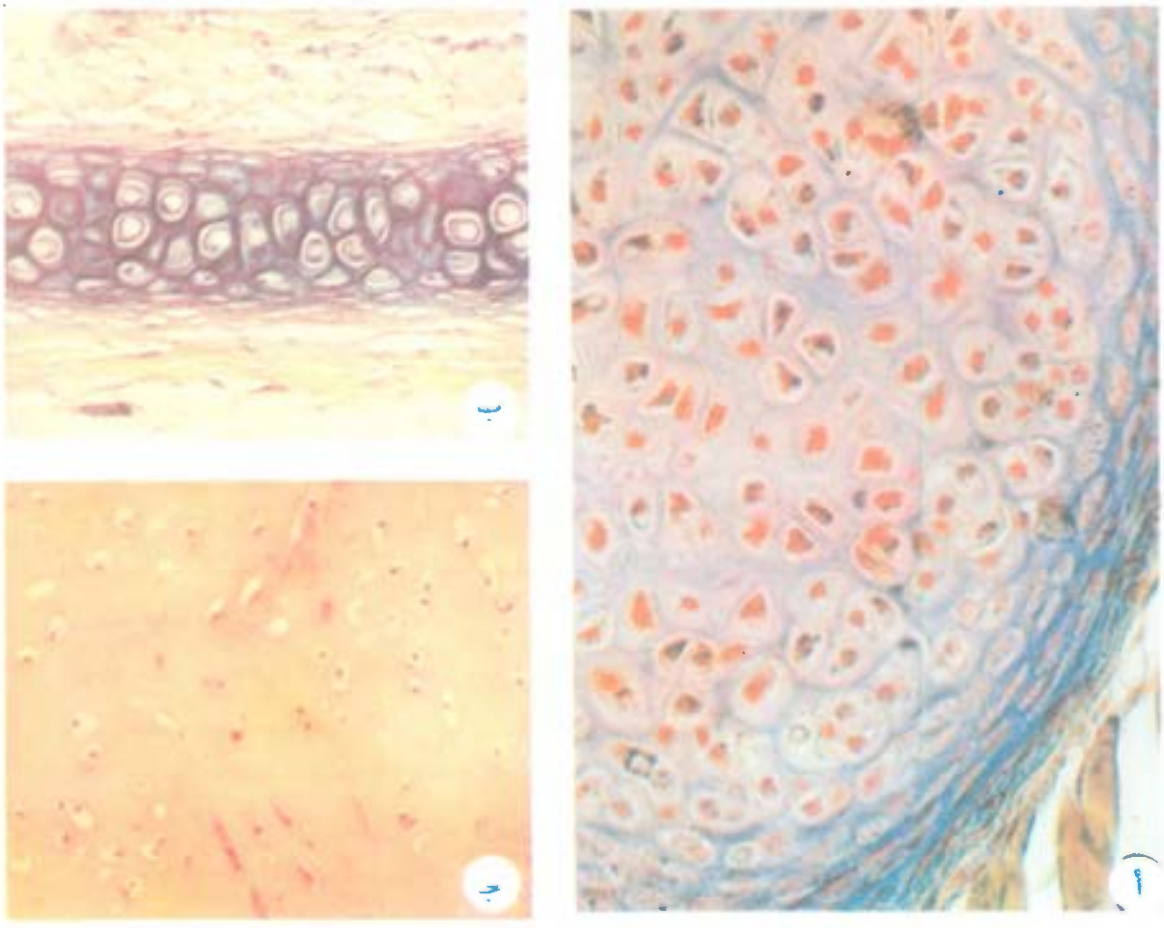
ويغلف النسيج الغضروفى بطبقة من النسيج الليفى القوى تسمى غلاف الغضروف Perichondrium وهى ذات أهمية كبيرة حيث تحتوى على الأوعية الدموية التى تغذى النسيج الغضروفى كما تحتوى على أنواع عديدة من الخلايا أهمها الخلايا الميزودرمية غير المتميزة UMC وكذلك أمهات الخلايا الغضروفية Chon-droblasts التى تتحول الى الخلايا الغضروفية عند تكوين الطبقات الخارجية من النسيج الغضروفى اثناء ازدياد سمكه .

وينمو الغضروف بطريقتين هما :

- الطريقة الخلالية : وذلك عن طريق نشاط الخلايا الغضروفية، حيث يتسع النسيج من الداخل .
- الطريقة التراكمية : وذلك نتيجة لنشاط أمهات الخلايا الغضروفية الموجودة على حافة النسيج مضيفة بذلك

طبقات غضروفية جديدة من الخارج وبمجرد ان تحاط أمهات الخلايا الغضروفية بالمادة البينية من جميع الجهات تصبح خلايا غضروفية .

وفى جميع الأحوال يكون نمو النسيج الغضروفى محدودا وذلك لعدم وجود أوعية دموية بداخله فهو يحصل على متطلباته بالانتشار خلال المادة البينية فاذا اتسع الغضروف أكثر من اللازم فان المنطقة المركزية فيه تتكلس وتختفى .



شكل (٤٥)

أ ـ غضروف زجاجي في قطاع لضلع غضروفي مصبوغ بالصبغة الثلاثية (Mason trichrome stain)

ب ـ غضروف مرن في قطاع في صيوان الاذن مصبوغ بالريزورسين الخاص بالالياف المرنة التي تظهر بلون بنفسجي داكن

جـ ـ غضروف ليفي في قطاع في القرص بين الفقري مصبوغ بـ H&E حيث تظهر الألياف البيض بلون أكثر احمراراً

أنـواع النسـيج الغضـروفي

يقسم النسيج الغضروفى الى أنواع ثلاثة حسب طبيعة الألياف الموجودة به (شكل ٤٥) وهذه الأنواع هى :

١ ـ نسـيج غضـروفى زجـاجى Hyaline cartilage

ويسمى بهذا الاسم لان أرضيته شبه شفافة وتحتوى على ألياف بيض قصيرة ومتشابكة الا ان معامل انكسـارهـا يقـرب من معامل انكسار المادة البينية، ولذلك فهى لاتظهر بسهولة فى تحضيرات المجهر الضوئى، ولكنها تظهر بوضوح بالمجهر الالكترونى.

ويوجـد هذا النـوع فى حلقات القصبة الهوائية والشعب الرئوية، وفى نهاية العظام الطويلة داخل المفاصل، ويكون غضاريف الضلوع كما يكون الهيكل الجنينى.

٢ ـ النسـيج الغضـروفى الليفـى Fibro cartilage

ويشبه فى تركيبه الأوتار الى حد كبير حيث يتكون من حزم من الألياف البيض تحصر بينها مسافات مغـزلية الشكل من المادة البينية الغضروفية التى تحتوى على فجوات وخلايا غضروفية. وتكون الحزم الليفية حمضية الاصطباغ بينما تكون المادة البينية الغضروفية قاعدية الاصطباغ.

ويوجد هذا النوع من الغضاريف فى الاقراص بين الفقرات وفى الارتفاق العانى وفى نهاية بعض أوتار العضلات عند التحامها بالعظام.

٣ ـ النسـيج الغضـروفى المـرن Elastic cartilage

وتحتوى المادة البينية لهذا النوع على كميات كبيرة من الألياف الصفر المتشابكة والتى تظهر بوضوح عندما تصطبغ بمادة الأرسين.

ويوجد هذا النوع من الأنسجة الغضروفية فى صيوان الأذن حيث يعطيه المرونة المميزة له، كما يوجد فى بعض غضاريف الحنجرة.

النسـيج العظـمي Bone tissue

يتشابه النسيج العظمى مع الأنسجة الغضروفية فى الصفات التالية :

١ ـ يتكون من عدد قليل من الخلايا وكمية كبيرة من المادة الخلالية الصلبة.

٢ ـ توجد خلاياه داخل فجوات Lacunae .

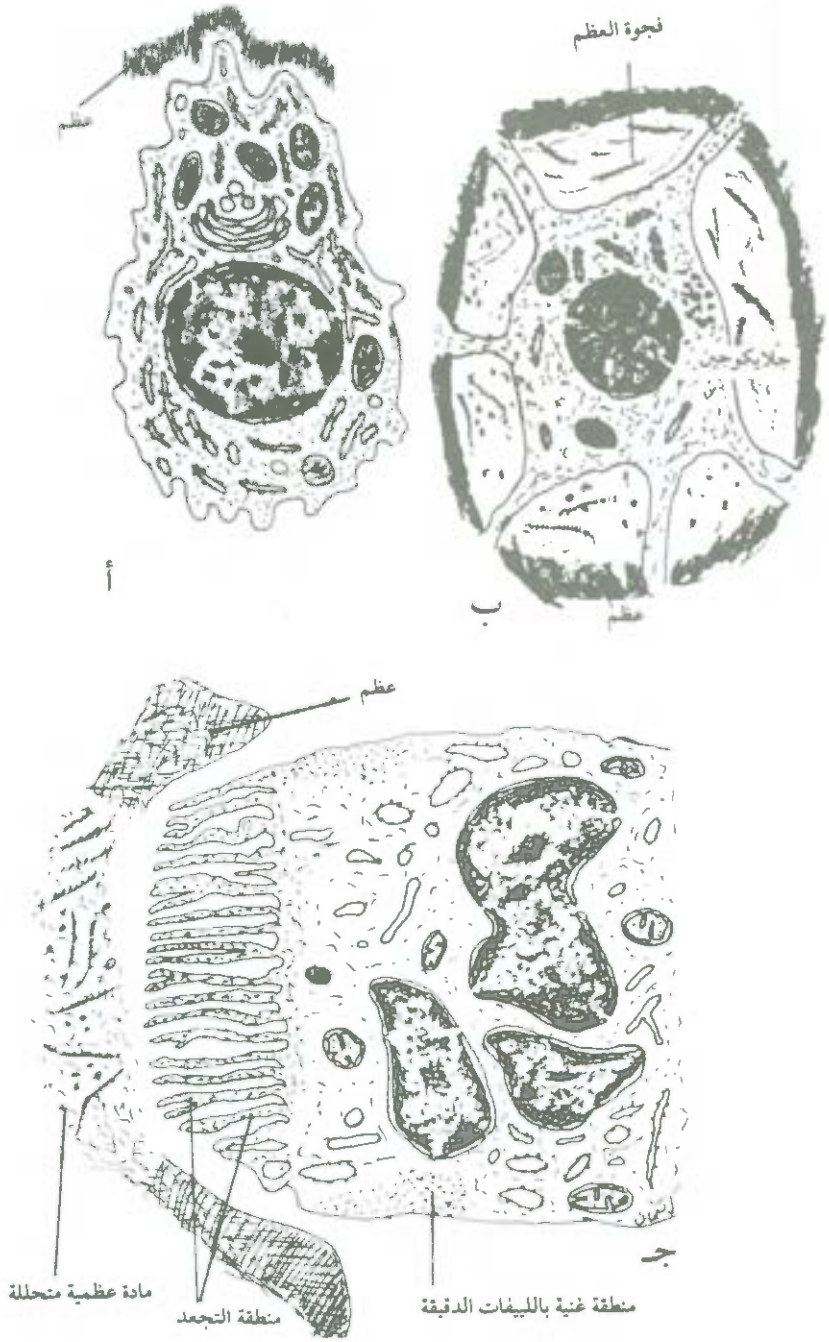
٣ ـ يحاط من الخارج بغلاف من النسيج الضام الليفى القوى يسمى الغلاف العظمى Periosteum .

٤ ـ يزداد سمكا من الخارج بالطريقة التراكمية.

ولكن النسيج العظمى يختلف عن الأنسجة الغضروفية فى بعض الصفات التالية :

١ ـ لايمكنه النمو بالطريقة البينية لتحجر أرضيته.

٢ ـ تتخلله الأوعية الدموية.



شكل (٤٦) خلايا النسيج العظمي
أ ـ مكونات العظم
ب ـ خلايا العظم
جـ ـ مزيلات العظم

٣ ـ يوجد فى أرضيته أملاح الكالسيوم علاوة على كبريتات الغضروفين وبروتين الالياف.
٤ ـ تتشابك خلاياه عن طريق تفرعاتها السيتوبلازمية التى توجد داخل القنيات.
٥ ـ لاتنقسم خلايا العظم وهذا سبب آخر لعدم امكانية النمو البينى فى النسيج العظمى.
٦ ـ توجد طبقة ليفية تفصل بين النسيج العظمى والنخاع العظمى تسمى بطانة العظم Endosteum
٧ ـ يحتوى العظم على نخاع العظم الأحمر والأصفر.

أنواع الخلايا الموجودة فى النسيج العظمى (شكل ٤٦):

١ ـ الخلايا المكونة للعظم Osteoblasts أو أمهات الخلايا العظمية. وتوجد هذه الخلايا فى بطانة العظم وفى الطبقة الداخلية من غلافه. وهى خلايا بيضاوية الشكل لها تفرعات سيتوبلازمية قليلة وتتراص على حافة العظم من الداخل ومن الخارج. نواة كل منها جانبية ويقع بجوارها جسم جولجى كبير فى وسطه جسم مركزى (كما ذكر من قبل فى وصف الخلية البلازمية) والسيتوبلازم قاعدى الاصطباغ. وتبين باستعمال المجهر الالكترونى أن نواة الخلية تحتوى على الكروماتين الحقيقى أى انها من النوع النشط. كما يظهر فى السيتوبلازم كميات كبيرة من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة التى تسبب الاصطباغ القاعدى الذى يظهر فى المجهر الضوئى.

تقوم الخلايا المكونة للعظم، كما يدل اسمها، بتصنيع الالياف وكذلك المواد العضوية المكونة للأرضية، كما تقوم بافراز انزيم الفوسفاتيز الذى يساعد على ترسيب أملاح الكالسيوم فى أرضية العظم.

٢ ـ خلايا العظم Osteocytes

عندما تترسب أملاح الكالسيوم فى أرضية العظم حول الخلايا المكونة للعظم فتعزلها عن الغلاف العظمى فان هذه الخلايا يصبح اسمها خلايا العظم. ولاتقوم خلايا العظم بتصنيع أى من مكونات العظم الا انها تستمر فى افراز كميات محسوبة من انزيم الفوسفاتيز الذى يحافظ على صلابة العظم ويحول دون تحلل أملاحه.

توجد خلايا العظم داخل تجاويف Lacunae تتصل ببعضها عن طريق قنيات دقيقة Canaliculi تحتوى على التفرعات السيتوبلازمية للخلايا. ولان خلايا العظم أقل نشاطا من الخلايا المكونة للعظم فانها لذلك تحتوى على كميات أقل من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة وتحتوى على كميات أكثر من الدهن والنشا الحيوانى.

٣ ـ الخلايا المزيلة للعظم Osteoclasts (مزيلات العظم)

هى خلايا ضخمة قد يصل قطر الواحدة منها الى ٤٠ ميكروناً وتحتوى على عدد كبير من الأنوية، وسيتوبلازم هذه الخلايا يميل الى أن يكون قاعدى الاصطباغ ولكنه يتحول تدريجيا فى الخلايا القديمة الى أن يصبح حمضى الاصطباغ. ويلاحظ ان الجانب الذى يلى العظم من هذه الخلايا فرشاتى المظهر لوجود الكثير من البروزات السيتوبلازمية التى تشبه الخميلات لتزيد من مساحة هذا السطح (شكل ٤٦). وتوجد مزيلات العظم فى كهيفات على السطح الداخلى للنسيج العظمى تسمى تجاويف

«هوشب» Howship's lacunae وتقوم هذه الخلايا بافراز مجموعة من الانزيمات التى تحلل أرضية العظم وأليافه ثم ازالتها.

ويعتقد أن مزيلات العظم تنشأ من الخلايا المكونة للعظم بعد أن تنقسم أنويتها عدة مرات دون ان يصاحب ذلك انقسام السيتوبلازم. وهناك رأى آخر مفاده ان هذه الخلايا تتكون من تجمعات خلايا العظم التى أزيلت من حولها أرضية النسيج العظمى.

أرضيّة النسيج العظمى Matrix of bone

تتكون أرضية العظم من مواد عضوية (٢٥٪) وأخرى غير عضوية (٧٥٪).

أما المواد العضوية فإن ٩٠٪ منها توجد على هيئة الياف بيض (كولاجين) والباقى يكون خليطا من كبريتات الغضروفين والجليكوبروتين. أى أن البروتينات هى التى تغلب على أرضية العظم ولذلك فهى حمضية الاصطباغ (البروتينات ذات طبيعة قاعدية). بينما تكون المادة غير العضوية على هيئة فوسفات الكالسيوم المتبلور علاوة على بعض الأملاح المعدنية الأخرى وخاصة أملاح الفلورايد التى تكسب العظم صلابة خاصة ويظهر ذلك على وجه الخصوص فى الأسنان.

أنــواع العظــام

١ - العظــام الأسفنجية Spongy (cancellous) bones

يتكون العظم الاسفنجى من شبكة من الحواجز العظمية تحوى فى تجاويفها نخاع العظم الأحمر وتحاط من الخارج بغلاف العظم وتبطن ببطانته التى تفصله عن النخاع ويوجد بها مكونات ومزيلات العظم. ويحدث للعظم اثناء نموه عمليات اضافة وازالة بقَدَر الى ان يصل الى شكله النهائى مع تمام نمو الكائن.

وتتكون الحواجز العظمية من صفائح من المادة البينية Lamellae توجد بينها الخلايا العظمية داخل فجواتها التى تتصل ببعضها عن طريق القنيات العظمية Bone canliculi حيث تخترق الصفائح الصلبة. ويمكن رؤية تفرعات الخلايا العظمية داخل القنيات بالمجهر الالكترونى. ويكون عدد الصفائح فى حواجز العظم الاسفنجى قليلا ولذلك فان الخلايا العظمية تحصل على حاجتها الغذائية من الاوعية الدموية الموجودة فى نخاع العظم.

ويوجد العظم الاسفنجى فى الجمجمة والضلوع ورؤوس العظام الطويلة كما ان العظم المتكون حديثا يكون اسفنجيا.

ويعتبر نخاع العظم الاحمر مسئولا عن انتاج مكونات الدم المختلفة فى الحيوانات الثديية فى حياتها بعد الرحمية.

٢ - العظام الرصينة (الكثيفة) Compact bones

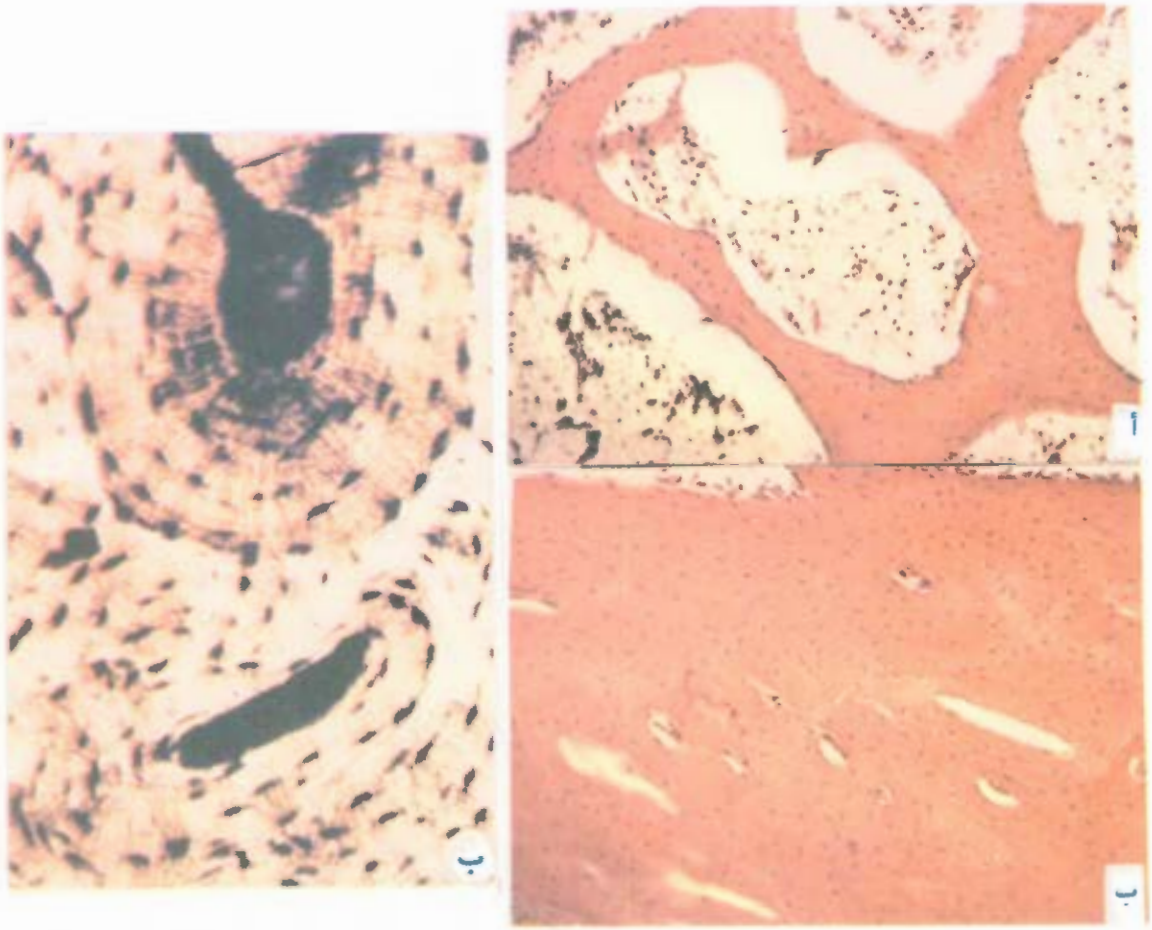
وتوجد فى أجسام العظام الطويلة وتكوّن طبقة تغطى العظام الاسفنجية عادة من الخارج. ويوجد فى العظم

الكثيف فجوة واحدة بها نخاع أصفر تغلب الخلايا الدهنية على مكوناته. يحاط العظم الرصين بغلاف عظمى ليفى سميك ويفصله عن النخاع بطانة رقيقة.

ويتكـون النسيج العـظمى الرصين من اسطوانات من الصفائح العظمية المتحدة المركز والتى يوجد فى مركزها قناة تمتد بطول العظم وتسمى قناة «هافرس» Haversian canal وتوجد الفجوات ومابها من خلايا عظمية بين الصفائح وتتصل ببعضها عن طريق القنيات التى تصل فى النهاية الى قناة هافرس. ويمكن تمييز الصفائح العظمية التى تحيط بقنوات هافرس، والتى تكون نظام هافرس Haversian system من تلك الموجودة بينها وتسمى بالصفائح البينية. ويوجد تحت الغلاف العظمى عدد من الصفائح المحيطية الخارجية وتحت البطانة العظمية عدد من الصفائح المحيطية الداخلية.

وتحتوى قنوات هافرس على نسيج ضام شبكى به عدد قليل من الخلايا وأوعية دموية وأعصاب. وتتصل قنوات هافرس مع بعضها ومع غلافى العظم عن طريق قنوات مائلة تسمى قنوات «فولكمان» Volkman's canals (شكل ٤٧).

ومن ذلك يتبين ان النسيج العظمى غنى بالأوعية الدموية والأعصاب.



شكل (٤٧)

أ ـ عظم اسفنجي مصبوغ بالصبغة الثلاثية ـ تصطبغ أرضية العظم باللون البرتقالي

ب ـ عظم رصين . يلاحظ النظم الهافرسية، قنوات هافرس وقناة فولكمان.

أغلفة وبطانة النسيج العظمى :

يتكون غلاف العظم من طبقتين من النسيج الضام :

١ ـ الطبقة الخارجية (الليفية) وتتكون من الألياف البيض المتشابكة تمتد منها حزم تنغمد فى الطبقات الخارجية من العظم وتسمى بالياف «شاربى» Sharpy's fibers وتنغمد فى هذه الطبقة الياف أوتار العضلات. وهكذا تصبح العضلات ممسوكة بقوة فى العظم عن طريق أوتارها وألياف شاربى. ويوجد فى الطبقة الخارجية لغلاف العظم الأوعية الدموية التى تتفرع منها أوعية قنوات فولكمان وهافرس.

٢ ـ الطبقة الداخلية (الخلوية) وتتكون من نسيج ضام سيب غنى بالشعيرات الدموية والخلايا وخاصة UMC وأمهات الخلايا العظمية والخلايا الليفية. وتقوم هذه الطبقة بتكوين طبقات اضافية من صفائح العظم أثناء ازدياد سمكه.

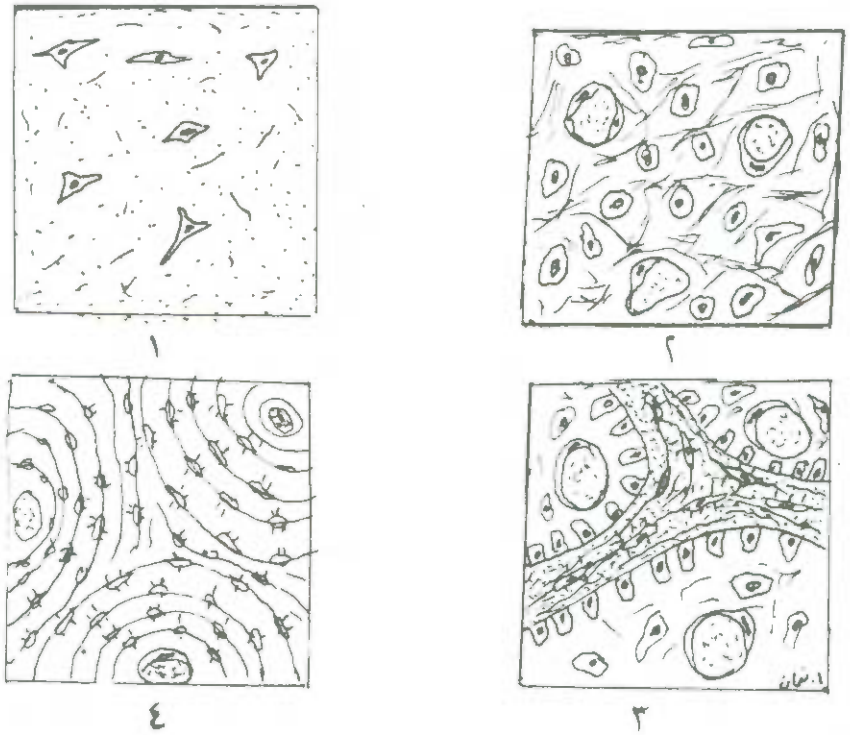
وتتكون بطانة العظم من طبقة تشبه فى تركيبها الطبقة الداخلية لغلاف العظم الا انها تحتوى على مزيلات العظام بالاضافة الى باقى الخلايا المذكورة. وتقوم مزيلات العظم بازالة العظم من الداخل فيزداد قطر تجويف النخاع حتى يصل الى قطره العادى.

تكـــون العظـــام Ossification

تتكـون العظـام باحـدى طريقتين هما :

١ ـ **الطريقـة الغشـائية** : Intramembranous ossification

يتكون العظم أول مايتكون فى منطقة محددة فى الميزودرم تكون أكثر كثافة عما حولها من ميزودرم ولذلك



شكل (٤٨) التعظم الغشائي

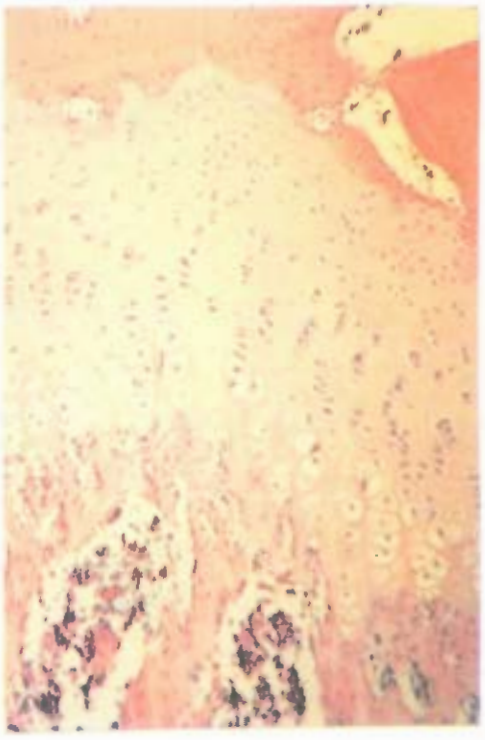
١ـ نسيج ضام ميزودرمي ٢ـ غشاء قوي ٣ـ عظم اسفنجي ٤ـ عظم رصين

تسمى غشاء، فيها تتميز الخلايا الميزودرمية (UMC) الى الخلايا المكونة للعظم التى تقوم تدريجيا بافراز الألياف والمادة البينية العظمية ثم تفرز انزيم الفوسفاتيز الذى يساعد على ترسيب بللورات املاح الكالسيوم على الألياف وهي التى تحدد طريقة الترسيب واتجاه الصفائح العظمية. وعندما تحاط الخلايا المكونة للعظم بالمادة البينية من جميع الجهات تصير خلايا عظمية كما أن بعض الميزودرم الذى أصبح محاطا بالحواجز العظمية يكون نخاع العظم الأحمر وبذلك يتحول الغشاء الميزودرمى الى عظم اسفنجى والذى قد يبقى كذلك أو يتحول كله أو أجزاء منه الى عظم رصين. ويحدث هذا النوع من تكون العظم فى العظام المسطحة وفى عظام الجمجمة (شكل ٤٨).

٢ - **الطريقة الغضروفية** Intracartilagenous ossification

يكون هيكل الجنين فى أول تكوينه فى شكل غضاريف لها هيئة العظام. وفى مواعيد محددة من حياة الجنين تظهر مراكز للتمعظم فى هذه الغضاريف ومن خلال سلسلة من التحولات يحل العظم محل الغضروف ويتكون الهيكل العظمى.

وفى مركز التمعظم تتضخم الخلايا الغضروفية ثم تموت وتتلاشى المادة البينية ويكون ذلك ايذانا بدخول لسان من غلاف الغضروف بما فيه من خلايا واوعية دموية وبعد ذلك تتحول الخلايا الى خلايا مكونة للعظم حيث تقوم بتكوين العظم ليحل محل الغضروف. وعن طريق الاضافة والازالة يتكون العظم الذى يكون فى أول الأمر اسفنجيا وقد يتحول كله أو بعضه بعد ذلك الى عظم رصين (شكل ٤٩).

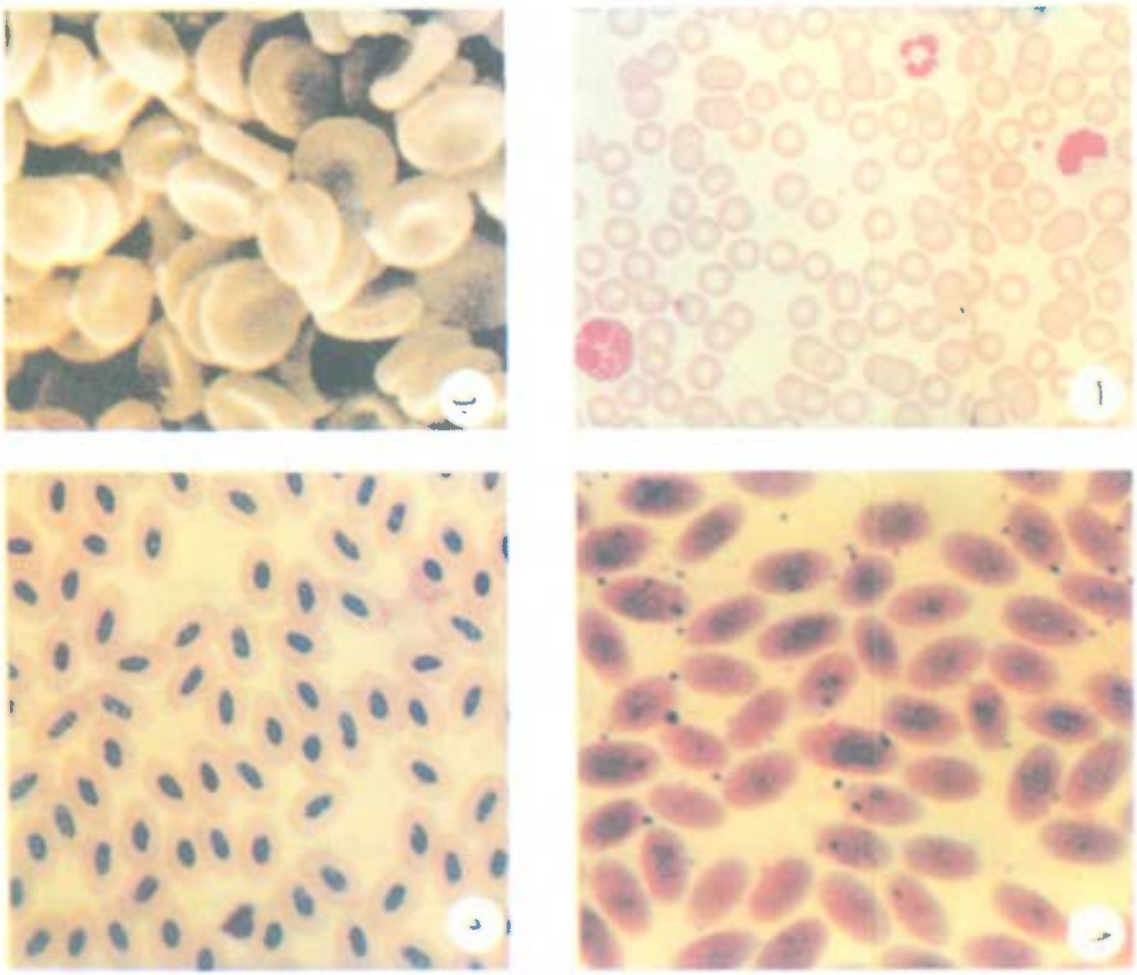


شكل (٤٩) قطاع طولي في نهاية عظمة طويلة تظهر فيه منطقة التعظم

الـــــدم Blood

للدم صفات متميزة تجعله نسيجا فريدا فى نوعه، اذ ان له وظائف الأنسجة الضامة الا انه يفتقد الى احدى مكوناتها وهى الألياف.

ويتكـون الدم من سائل شفاف هو البلازما يوجد به أنواع كثيرة من البروتينات التى تقوم بالعديد من الوظائف أهمها انها تكسب الدم الضغط الازموزى المناسب لمنع الماء من التسرب الى خارج الأوعية الدموية، كما أنها تقوم بوظيفة المنظمات Buffers التى تحافظ على ثبات الرقم الهيدروجينى للدم pH .



شكل (٥٠) كريات الدم الحمر

أ ـ دم الانسان ويلاحظ وجود ثلاث خلايا بيض هي من اليمين الى اليسار: خلية كبيرة، متعادلة الاصطباغ، وحمضية الاصطباغ وتظهر المنطقة الوسطى للكريات الحمر باهتة لرقتها.

ب ـ كريات الدم الحمر للانسان كما تظهر بالمجهر الالكتروني الماسح.

جـ ـ كريات الدم الحمر للجمل، يلاحظ تحدب وجهيها.

د ـ كريات الدم الحمر للضفدع، يلاحظ شكلها البيضي ووجود نواة داكنة الاصطباغ.

كما تحتوى البلازما على المواد المحمولة من والى الخلايا. ويرشح سائل البلازما خارج الأوعية الدموية ليكون سوائل الجسم المختلفة مثل سائل الانسجة، واللمف، والسائل الدماغي الشوكى. وتوجد فى الدم عناصر سابحة فى البلازما منها ماهو خلوى ومنها الكريات الحمر والصفائح الدموية.

كريات الدم الحمر Red blood corpuscles (RBC)

يختلف شكل وطبيعة كريات الدم الحمر فى الثدييات عنه فى غيرها من المجموعات الحيوانية، الا ان وظيفتها واحدة فى كل الفقاريات فهى (باحتوائها على مادة الهيموجلوبين) تقوم بنقل الاكسيجين من الرئتين الى خلايا الجسم وثانى اكسيد الكربون فى الاتجاه المعاكس.

وتتكون الكريات الحمر فى نخاع العظم الأحمر. وهى عبارة عن أقراص مقعرة الوجهين (عدا فى الفصيلة الجملية حيث تكون محدبة الوجهين) تفتقد الى الأنوية وممتلئة بمادة الهيموجلوبين وفى غير الثدييات تحتوى الكريات الحمر على أنوية كثيفة داكنة الاصطباغ غير نشطة (شكل ٥٠).

متوسط قطر الكرية الحمراء فى الانسان ٧ر٥ ميكروناً وسمكها يقل عند الوسط عنه عند المحيط. ويحتوى المليمتر المكعب من دم الرجل البالغ العادى ٥ر٥ مليون كرية بينما فى المرأة يقل عدد الكريات بحوالى مليون كرية عنه فى الرجل. ويعزى هذا الاختلاف الى الهرمونات الجنسية. هذا وان عمر الكرية الحمراء يتراوح بين ١٠٠ و ١٢٠ يوما حيث تتكسر بعد ذلك فى الطحال. ومن أسباب تكسر الكريات الحمر أن البروتينات النشطة الموجودة فى غشائها لايمكن تعويضها حيث فقدت الكرية المقدرة على تصنيع البروتينات لعدم وجود النواة. واذا وجدت النواة فى كريات الدم الحمر فى بعض المجموعات الحيوانية فانها تتكون من الكروماتين غير الحقيقى أى غير النشط.

خلايا الدم البيض White blood cells (leukocytes)

هى مجموعة من الخلايا الدفاعية التى تدخل ضمن الجهاز المناعى Immune system للجسم متضافرة مع خلايا الأنسجة الضامة الأصيلة. وتتكون هذه الخلايا فى نخاع العظم أو فى الأعضاء اللمفية ثم تُحمل مع الدم وتدور خلال أنسجة وأعضاء الجسم ولكن معظمها يخرج من الدم الى الانسجة الضامة حتى يمكنه اداء وظائفه.

ومتوسط العدد الكلى للخلايا البيض هو ١١٠٠٠ خلية فى المليمتر المكعب من دم الانسان العادى. وقد يزيد هذا العدد أو ينقص فى بعض الحالات الوظيفية أو الحالات المرضية (شكل ٥١).

وتنقسم خلايا الدم البيض الى نوعين حسب وجود أو عدم وجود حبيبات خاصة فى السيتوبلازم علما بأن جميعها تحتوى على عدد من الحبيبات التى تصطبغ بمادة الآزور Azur ولذلك تسمى آزورية الاصطباغ Azurophilic وهى عبارة عن ليسوسومات عادية.

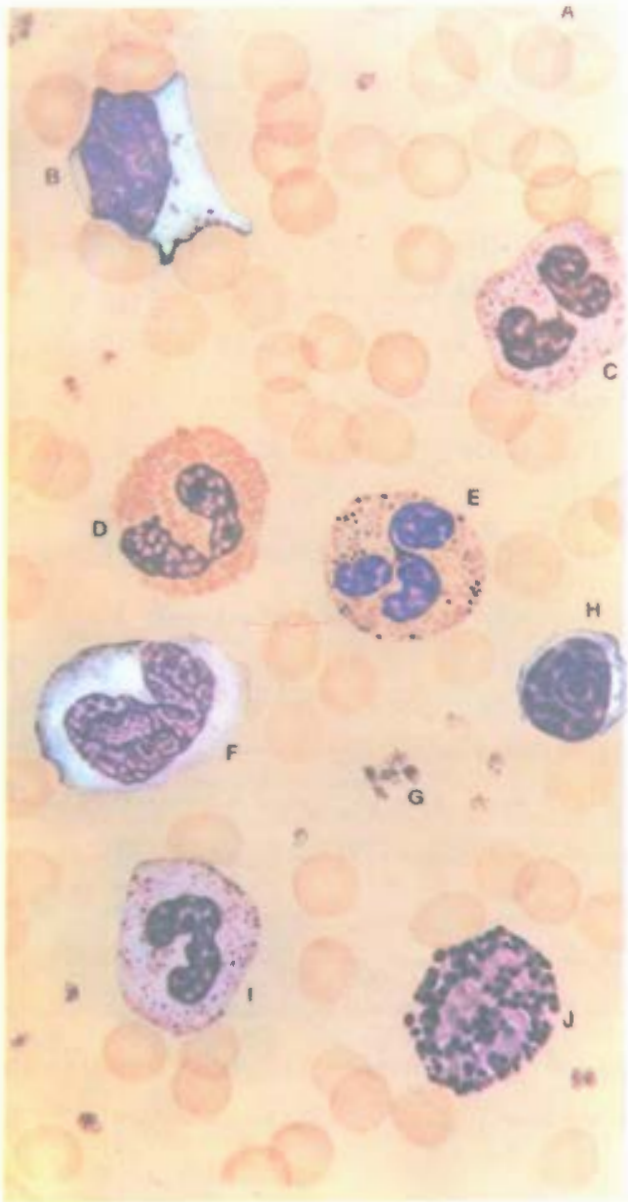
أ - خلايا الدم البيض الحبيبية Granular leucocytes

وكما هو واضح من الاسم فان سيتوبلازم هذه الخلايا يحتوي على أنواع من الحبيبات الخاصة (علاوة على

الحبيبات الآزورية) وتختلف هذه الحبيبات الخاصة فى اصطباغها من نوع الى آخر وعادة ماتكون أنويتها مفصصة.

ويوجد ثلاثة أنواع من الخلايا الحبيبية حسب طبيعة اصطباغ حبيباتها هى :

١ ـ **متعادلات الاصطباغ** Neutrophils : وهى تمثل غالبية الخلايا البيض اذ تكون حوالى ٦٥٪ من عددها الكلى. وتتكون نواة الخلية المتعادلة الاصطباغ من فصوص يتراوح عددها من ٢ ـ ٥ ولكن معظمها يتكون من ثلاثة فصوص. ولذلك فان هذا النوع من الخلايا يسمى أحيانا متشكل الأنوية Polymorphonuclear leucocytes وفى السيتوبلازم توجد حبيبات ذات أحجام مختلفة تصطبغ بالصبغات القاعدية والحامضية فى آن واحد وذلك لتنوع محتوياتها.



شكل (٥١) خلايا الدم البيض في دم الانسان

(A) كريات الدم الحمر (F,B) خلايا بيض كبيرة (C,E,I) خلايا متعادلة الاصطباغ (D) خلايا حامضية الاصطباغ (J) خلايا قاعدية الاصطباغ (G) الصفائح الدموية.

وعمر هذه الخلايا حوالى أسبوع واحد ثم تستهلك حبيباتها وتتحطم.

وعندما يصاب الجسم بعدوى ميكروبية أو تدخله أية مادة غريبة فان الخلايا المتعادلة تكون أول مايجابه هذه المواد الغريبة فتتوافد الى مكان الاصابة وتقوم (بقدرتها على التحرك الأميبى والالتهام النشط) بتخليص الجسم من المواد الغريبة وهى لذلك تسمى بالخلايا الالتهامية الصغيرة Microphages وذلك لتمييزها عن الخلايا الالتهامية الكبيرة Macrophages الموجودة ضمن خلايا الأنسجة الضامة.

٢ ـ **حامضيات الإصطباغ** Eosinophils وتسمى كذلك لان أغلب صبغات الدم تستعمل فيها صبغة الايوسين Eosin الحامضية. وتحتوى الخلية على نواة ذات فصين كبيرين. وحبيبات سيتوبلازمية حمضية الاصطباغ كبيرة لامعة غالبيتها ليسوسومات.

وتمثل حمضيات الاصطباغ ٤٪ من مجموع خلايا الدم البيض وتقوم بازالة المواد المسببة للحساسية. وعمرها حوالى أسبوعين فقط وتعتبر من الخلايا الاكولة المتخصصة.

٣ ـ **قاعديات الاصطباغ** Basophils ونواة كل من هذه الخلايا تكون على شكل حرف S وحبيباتها كبيرة قاعدية الاصطباغ لاحتوائها على مادة الهيبارين ذات الطبيعة الحامضية. وتحتوى الحبيبات ايضا على الهستامين والسيروتينين بكميات تختلف من حيوان الى آخر. وهيبارين الخلايا القاعدية الاصطباغ هو الذى يحافظ على الدم سائلا اثناء الدوران ويمنعه من التجلط، وعدد هذه الخلايا قليل جدا فى دم الانسان حيث تكون فى حدود ٠,٥٪ من مجموع الخلايا البيض. ولكنها كثيرة فى دم بعض الحيوانات وقد تنعدم تماما فى دم حيوانات أخرى.

وتنشأ الخلايا الحبيبية فى نخاع العظم الأحمر من الخلايا الميزودرمية التى تنقسم عدة مرات وتتميز بالتدريج حتى تكون الأنواع الثلاثة من الخلايا الحبيبية (شكل ٥١).

ب ـ **خلايا الدم البيض غير الحبيبية** Agranular leucocytes

هى خلايا ذوات أنوية غير مفصصة كبيرة الحجم نسبيا. ولايوجد فى سيتوبلازمها حبيبات خاصة ولكنه يحتوى على حبيبات آزورية كما فى جميع الخلايا البيض. كما يحتوى السيتوبلازم على قدر كبير من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة والريبوسومات الحرة مما يجعل السيتوبلازم قاعدى الاصطباغ.

وهناك نوعان من الخلايا غير الحبيبية هما :

١ ـ **الخلايا الكبيرة** Monocytes وهى اكبر الخلايا البيض حجما فقد يصل قطرها الى ٢٠ ميكروناً، وتمثل حوالى ٨٪ من العدد الكلى للخلايا البيض. نواة كل منها جانبية وكبيرة وذات شكل كلوى وباهتة الاصطباغ (بالمقارنة بأنوية باقى الخلايا البيض) وفى الخلية جسم جولجى ضخم فى وسطه الجسم المركزى ولعله السبب فى تقعر النواة وازاحتها جانبا، والسيتوبلازم قاعدى الاصطباغ به حبيبات آزورية هى نوع من الليسوسومات (شكل ٥١).

وتقوم الخلايا الكبيرة بوظائفها فى الأنسجة الضامة حيث تترك الدم وتتحول الى خلايا التهامية كبيرة Macrophages.

٢ ـ الخـلايـا اللمفيـة Lymphocytes وقد سميت هذه الخلايا كذلك لانها مرتبطة بالجهاز اللمفاوى تكوينا ودورانا وتوجد فى الدم بكميات كبيرة حيث تصل نسبتها الى ٣٠٪ من مجموع الخلايا البيض. وتنشأ الخلايا اللمفية فى نخاع العظم الأحمر ولكن يتم تميزها فى أحد الأعضاء اللمفية.

وتكون الخلايا اللمفية عامة صغيرة الحجم اذ يبلغ قطرها ٦ ميكرونات تقريبا الا ان نسبة منها تكون كبيرة الحجم. وتتركز الخلايا اللمفية فى العقد اللمفية والطحال والغدة التيموسية.

وهناك نوعان من الخلايا اللمفية الصغيرة حسب النسيج الذى يتم نضجها فيه وهى :

أ ـ خـلايا «ت» اللمفيـة T-Lymphocytes

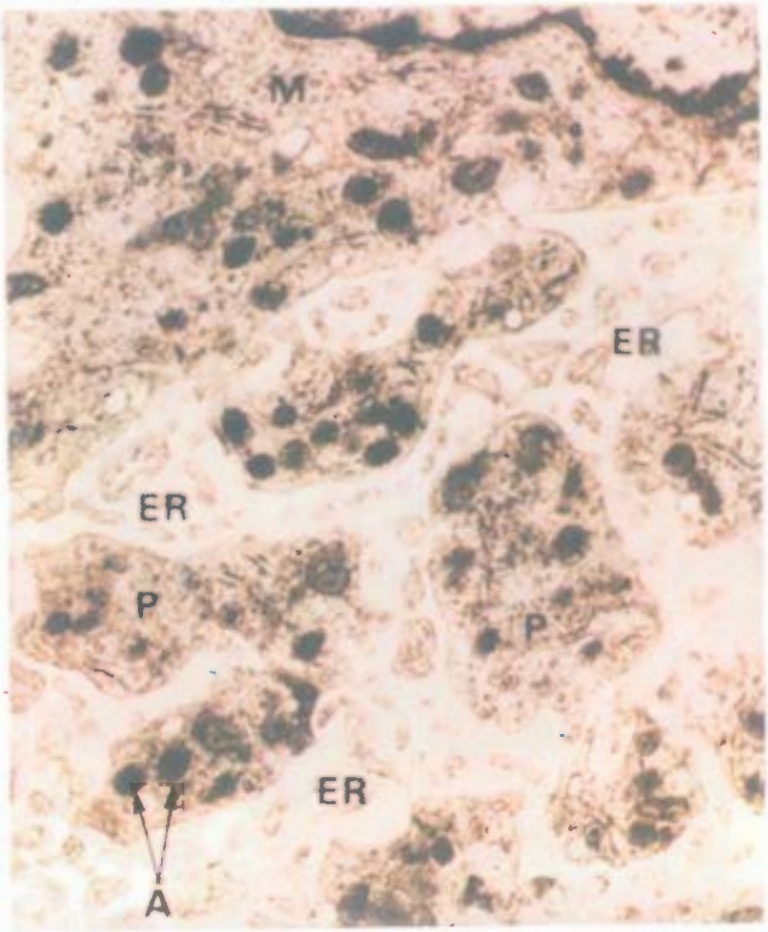
وتسمى هكذا لانها بعد أن تتكون فى نخاع العظام تذهب الى الغدة التيموسية (السعترية) Thymus حيث يتم تميزهـا وذلك بتكون بروتينات خاصة تتمركز فى غشاء الخلايا وتعمل كمستقبلات يمكنها التعرف على أي جسم غريب فتكون مواد مضادة له تبقى على سطح الغشاء الخلوى لهذه الخلايا. وعند

شكل (٥٢) خلية لمفية بالمجهر الالكتروني ، يلاحظ وجود بروزات سيتوبلازمية (Mv) مختلفة الاطوال على سطحها، كما أن النواة كبيرة جداً ونشطة والسيتوبلازم ملىء بالريبوسومات. ويوجد بعض المايتوكوندريا (M)

دخول هذه المادة أو الجسم الغريب مرة اخرى الى الجسم فان هذه الخلايا تتعرف عليها ثم تقوم بافراز المواد المضادة اللازمة للتخلص منها (شكل ٥١، ٥٢).

وهناك أنواع عديدة من الخلايا « ت » :

- **الخلايا ذوات الذاكرة (ت ذ)** Memmory cells (TM) وهى التى تحمل على أغشيتها مستقبلات تتعرف عن طريقها على المواد الغريبة التى تكون قد تعرضت لها من قبل. وقد يمتد عمر هذه الخلايا قدر عمر الانسان وتمثل أهم الخلايا المناعية فى الجسم.
- **الخلايا المساعدة (ت م)** Helper cells (TH) . وهى خلايا ضرورية لاتمام عملية المناعة فهى تحفز الخلايا «ب» لتكون الأجسام المضادة.
- **الخلايا القاتلة (ت ق)** Killer cells (TK) وهى خلايا تتجمع حول الانسجة الغريبة التى قد تزرع فى الجسم أو تدخل اليه عن أى طريق آخر. وبتجمعها وافرازاتها تتسبب فى رفض الجسم للانسجة أو الأعضاء الغريبة.
- **الخلايا المثبطة (ت ث)** Supressor cells (TS) وهى تمنع الخلايا «ت» من أداء وظيفتها فتعوق تكوين وافراز الأجسام المضادة فى بعض الأحوال.



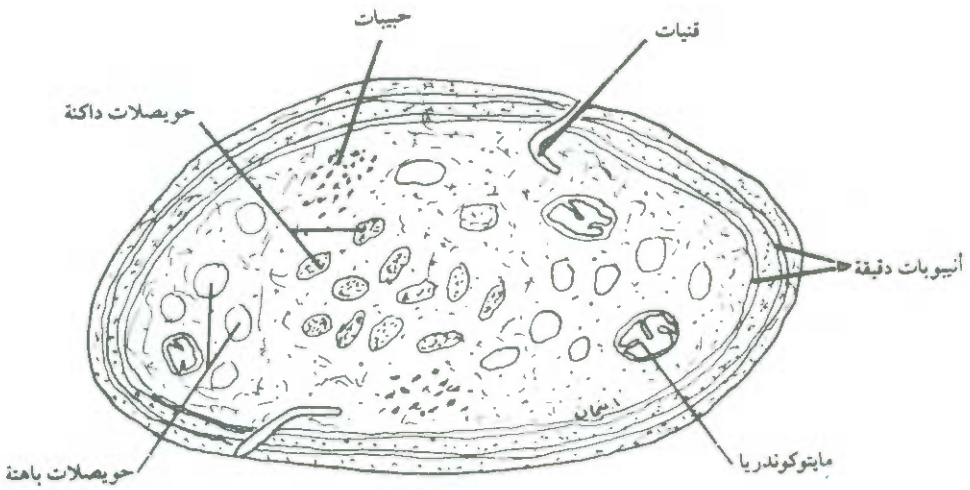
شكل (٥٣) جزء من الخلية عظيمة الانوية. يلاحظ الصفائح (P) التي تكاد أن تنفصل من الخلية . كما يلاحظ كثرة الشبكه الاندوبلازمية (ER) . ويلاحظ أيضاً العديد من الحبيبات الداكنة (A) في الصفائح . توجد المايتوكوندريا (M) وأجسام جولجي (G) من المنطقة القريبة من النواة.

ب ـ خلايا « ب » اللمفية B-Lymphocytes .

هى خلايا لمفية صغيرة سميت كذلك لانها بعد أن تتكون فى نخاع العظم تذهب الى أعضاء لمفية أخرى حيث يتم تميزها . وقد كان أول ما اكتُشف من هذه الأعضاء اللمفية هو الكيس (Bursa) الموجود فى نهاية القناة الهضمية للطيور. ويُسمى أى عضو يمكن ان يتم فيه تميز الخلايا اللمفية «ب» بمكافىء الكيس Bursa equivalent ، مثل الأنسجة اللمفية فى الأمعاء الرفيعة للثدييات والمسماة مناطق باير Peyer's patches وبعض مناطق نخاع العظم .

وعندما تحفز الخلايا «ب» بواسطة الخلايا «ت م» تتحول الى خلية كبيرة نشطة هى الخلية البلازمية التى تقوم بدورها بتصنيع وافراز الأجسام المضادة التى تدور فى الدم . وتُبقى بعض الخلايا اللمفية «ب» على أغشيتها أجساماً مضادة لبعض الميكروبات وتسمى حينئذ بالخلايا «ب» ذوات الذاكرة .

الصفائح الدموية Blood platelets



شكل (٥٤) رسم تخطيطي للصفيحة الدموية

تتكون هذه الصفائح من تفتت أجزاء من سيتوبلازم خلية كبيرة توجد فى نخاع العظم وتسمى الخلية ضخمة الأنوية Megakaryocyte (شكل ٥٣) وليس للصفائح أنوية ولكن يوجد فى الجزء الوسطى للصفيحة حبيبات قد تظهر وكأنها نواة . ويوجد على حافة الصفيحة لبيفات دقيقة مرتبة دائريا (شكل ٥٤) .

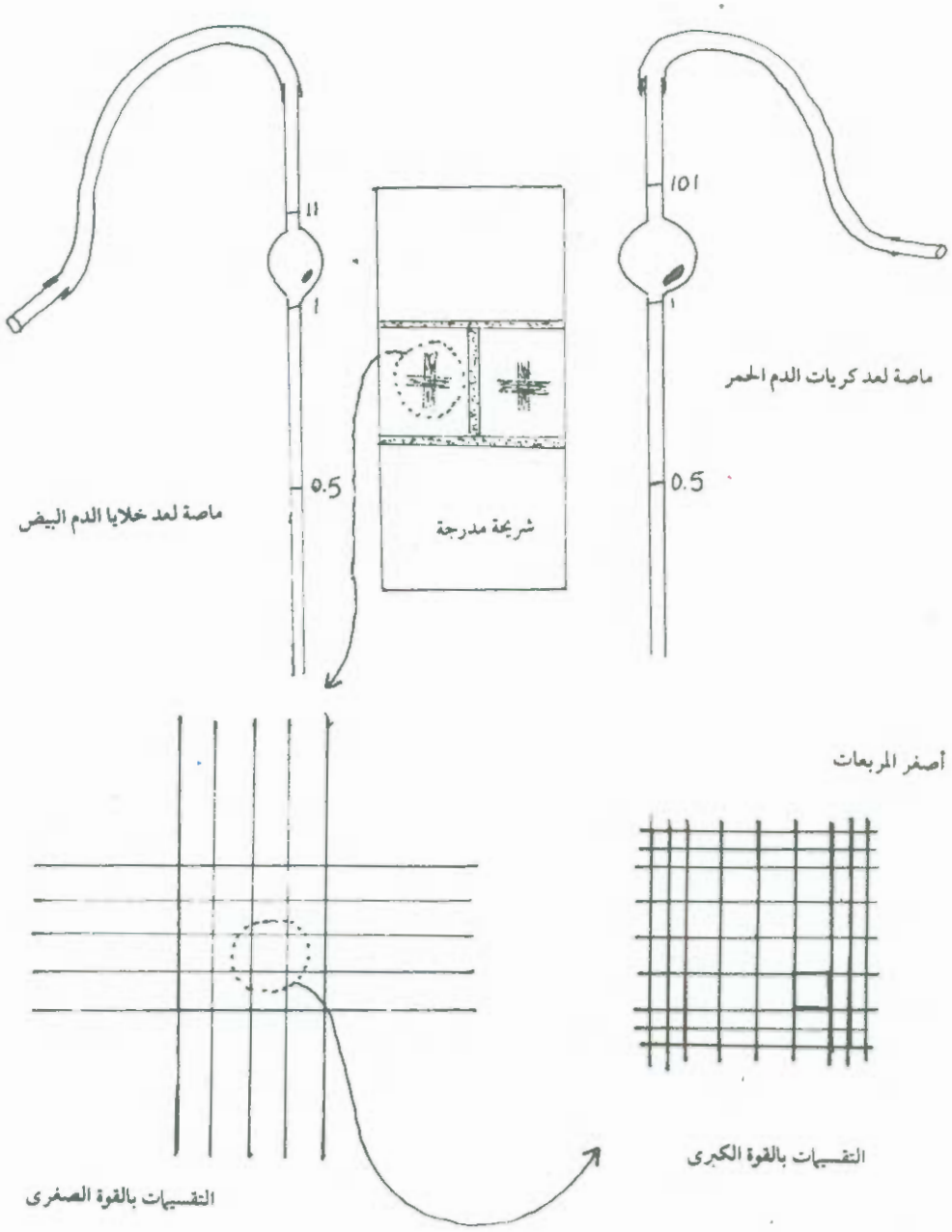
وعندما تتكسر الصفائح تسبب تجلط الدم وذلك بخروج بعض الانزيمات التى تحوّل فيبرينوجين الدم الى ألياف الفيبرين التى تكون الجلطة .

ويوجد فى الحيوانات غير الثديية خلايا بيضاوية صغيرة بها أنوية تسمى بالخلايا المغزلية Spindle cells وتقوم بنفس وظيفة الصفائح الدموية فى الثدييات .

كيفية عد عناصر الدم

لقد أصبحت معظم المختبرات التى تقوم بفحص الدم مجهزة بالحديث من الأجهزة التى تقوم بعد عناصر

الدم بسرعة وكفاءة عاليتين الا انه من المفيد ان يتعرف الطالب على الطرق التقليدية التى يمكن بها عد عناصر الدم المختلفة وهذه الطرق تعتمد على استعمال جهاز بسيط يسمى عداد عناصر الدم Haemocytometer وهو عبارة عن ماصة ذات حجم معين وشريحة زجاجية محفور على سطحها مربع طول ضلعه ١ مم وعمقه ١ر٠ مم ومقسم الى عدد من المربعات الصغيرة طول ضلع الواحد منها ٠٫٠٥ مم ويكون بذلك حجم الفراغ الموجود فى مربع صغير يساوى ٠٫٠٠٠٢٥ مم^{٣} (شكل ٥٥).



شكل (٥٥) عدّاد الدم

١ ـ عـد كريات الدم الحمر :

يسحب بالماصة الخاصة لذلك ٥ر٠ مم مكعب من الدم يخفف بمحلول ملحى متساوى التركيز (٩ر٠٪) حتى يصير حجمه ١٠٠ مم مكعب (أى يخفف ٢٠٠ مرة) توضع نقطة من الدم المخفف على شريحة العداد وتغطى ويتم حساب متوسط عدد كريات الدم الموجودة فى تجويف المربع الصغير الذى حجمه ٠٠٠٢٥ر مم مكعب.

فاذا كان متوسط عدد الكريات ٦ فان عدد كريات الدم الحمر فى المليمتر المكعب من الدم غير المخفف تكون :

$$٦ \times ٢٠٠ \text{ (التخفيف)} \times \frac{١}{٠٠٠٢٥ر} = ٤٨٠٠٠٠٠ \text{ كرية فى مم}^٣$$

٢ ـ عـد خلايا الدم البيض :

تستعمل نفس الطريقة السابقة ولكن يخفف الدم ١٠ مرات فقط بواسطة ماصة اصغر بمحلول يحتوى على حامض الخليك المخفف (الذى يقوم بتكسير كريات الدم الحمر) وصبغة الجنشيان البنفسجية Gentian violet التى تصبغ أنوية الخلايا البيض فتصبح رؤيتها ممكنة (شكل ٥٥).

يحصى عدد الخلايا البيض فى فراغ المربع الكبير الذى حجمه ١ر مم^٣ وليكن ١٠٠ خلية ثم يحسب العدد الكلى كمايلى :

$$١٠٠ \times ١٠ \times ١٠ = ١٠٠٠٠ \text{ خلية فى مم}^٣$$

العد النسبى للأنواع المختلفة لخلايا الدم البيض :

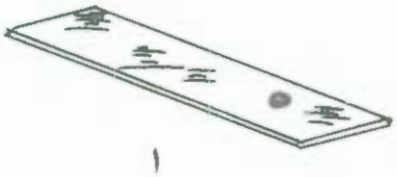
تعمـل مسحـة من الدم على شريحة باستعمال الطريقة المبينة في (شكل ٥٦). ثم يتم صبغها بمحلول «لشمان» Leishmann الذى يحتوى على صبغتين احداهما حامضية هى الايوسين Eosin الحمراء والأخرى قاعدية وهى أرزق الميثلين Methylene blue وهاتين الصبغتين مذابتان فى الكحول الميثيلى الذى يعتبر مادة مثبتة لعناصر الدم.

تعد الخلايا حسب شكل أنويتها وطبيعة اصطباغ حبيباتها السيتوبلازمية وتحسب نسبة كل منها الى العدد الكلى من الخلايا التى تم عدها.

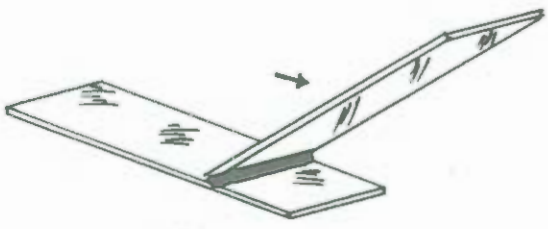
٣ ـ عـد الصفـائح الدمـوية :

يمكن أن يتم عد الصفائح باحدى طريقتين :

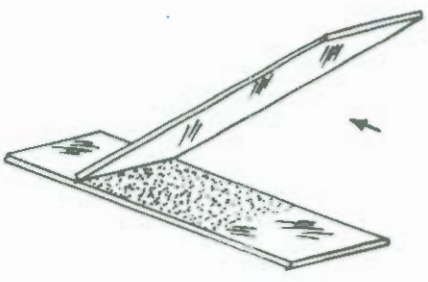
أ ـ **الطريقة المباشرة** : باستعمال عداد عناصر الدم وذلك باستعمال مادة خاصة للتخفيف تمنع تكسر وتجمع الصفائح.



١



٢



٣

شكل (٥٦) خطوات عمل مسحة دم

١ ـ وضع نقطة دم على شريحة زجاجية نظيفة.

٢ ـ وضع حافة شريحة أخرى بزاوية حادة (٤٥°) على طرف الشريحة الأولى لتنتشر عليها نقطة الدم.

٣ ـ سحب الشريحة الثانية على الأولى بسرعة مناسبة لتتكون المسحة.

ب ـ **الطريقة غير المباشرة** : وذلك بتحضير مسحة للدم مع أخذ الحيطة لعدم تكسر الصفائح بوضع مادة مانعة للتجلط على مكان سحب الدم . يتم بعد ذلك عد الصفائح وكريات الدم الحمر فى مناطق محددة من المسحة . وتحسب نسبة الصفائح الى الكريات الحمر ولتكن ١ : ٢٠ .

وتعد الكريات الحمر لنفس الشخص باستعمال عداد الدم ولتكن ٥٠٠٠٠٠٠ كرية . يحسب عدد الصفائح فى دم هذا الشخص كما يلى :

$$\frac{١}{٢٠} \times ٥٠٠٠٠٠٠ = ٢٥٠٠٠٠٠ \text{ صفيحة فى مم}^{٣}$$

تكوين عناصر الدم Haemopoiesis

لقد ذكر من قبل أن عدد العناصر الدموية المختلفة يبقى ثابتا فى الحالات العادية ويتم ذلك باحلال مايتحطم منها بعناصر جديدة تتكون فى مراكز خاصة خارج الدورة الدموية وتسمى هذه المراكز بأنسجة تكوين عناصر الدم وهى نخاع العظم والأعضاء اللمفية .

وهناك مراحل متتالية فى تكوين عناصر الدم أثناء الحياة الجنينية :

أ ـ المرحلة الميزودرمية : وتبدأ فى الاسبوع الثانى من حياة جنين الانسان وأثناءها تتكون عناصر الدم من خلايا الميزودرم التى تقوم ايضا بالتميز لتكون بطانة الأوعية الدموية . وتتحول الخلايا الميزودرمية الى أمهات الخلايا الدموية Haemocytoblasts التى تكون قاعدية الاصطباغ وتسمى هذه الخلايا ايضا مكونات المستعمرات الدموية Colony forming units (CFU) حيث أن كل منهاتتجه فى اتجاه تكوين نوع خاص (مستعمرة) من عناصر الدم . وتكون خلايا الدم الحمر بها أنوية ولكن هذه الخلايا تختفى فى حوالى الشهر الخامس من حياة الجنين لتحل محلها الكريات الحمر عديمة الأنوية .

ب ـ المرحلة الكبدية : عند بدء تكون الكبد تتميز بعض خلاياه لتكون مستعمرات خلوية ينتج عنها كريات دموية حمر بغير أنوية وخلايا بيض حبيبية وخلايا ضخمة الأنوية التى ستنتج الصفائح الدموية .

جـ ـ المرحلة الطحالية : وتأتى متأخرة بعض الشىء عن المرحلة الكبدية وتقوم خلايا الطحال وخلايا الغدة التيموسية على وجه الخصوص بتكوين الخلايا البيض غير الحبيبية وتستمر هذه المرحلة الى مابعد الحياة الجنينية .

د ـ المرحلة النخاعية : وتبدأ هذه المرحلة فى أول الشهر الخامس من الحياة الجنينية وهو الوقت الذى يبدأ فيه تكون نخاع العظم . وتستمر هذه المرحلة ليصبح نخاع العظم هو النسيج المسئول عن تكون عناصر الدم بعد الولادة .

تركيب نخاع العظم

يوجد فى الجسم نوعان من نخاع العظم : النوع الأصفر والنوع الأحمر، والأخير هو المسئول عن تكوين

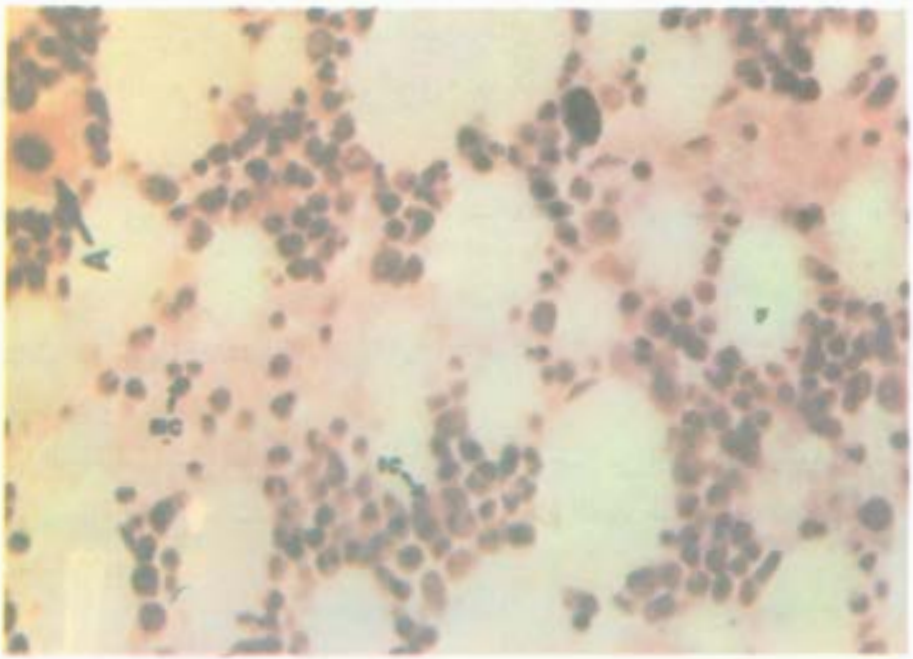
عناصر الدم المختلفة ويوجد فى جميع عظام الجسم فى سنوات العمر الأولى ويسمى كذلك لوجود أعداد كبيرة من الجيوب الدموية فيه . وفى المراحل المتقدمة من السن يتحول بعض النخاع الأحمر الى نخاع أصفر وذلك بتكون أعداد كبيرة من الخلايا الدهنية التى تضفى عليه اللون الأصفر ويصبح غير فعال فى تكوين عناصر الدم .

وفى الانسان البالغ يتركز نخاع العظام الأحمر فى عظام الجمجمة ، وعظام القص والضلوع ، وفى العظام الاسفنجية الأخرى الموجودة فى نهايات العظام الطويلة .

يتكون نخاع العظم الأحمر من أرضية من النسيج الضام الشبكى تحتوى على العديد من الخلايا بعضها حر والبعض الآخر مثبت . هذا علاوة على شبكة كثيفة من الجيوب الدموية الواسعة التى تسمح بدخول العناصر الدموية حديثة التكوين اليها من خلال الثقوب الموجودة فى جدرها (شكل ٥٧) .

والخلايا الحرة الموجودة فى نخاع العظم هى عناصر الدم الناضجةقبل دخولها الى الجيوب علاوة على خلايا غير ناضجة فى مراحل مختلفة من النضج .

أما الخلايا المثبتة فهى : الخلايا الدهنية ، والخلايا الليفية ، والخلايا الشبكية ، والخلايا الحافّية (وهى خلايا التهامية فى جدر الجيوب) ، وبعض خلايا العظم ، والخلايا المحيطية الموجودة حول الشعيرات الدموية . وعلاوة



شكل (٥٧) مسحة من نخاع العظم الاحمر
(A) خلية عظيمة الانوية (F) خلية دهنية . يلاحظ أنوية خلايا الدم غير الناضجة (IC) بأشكال مختلفة علاوة على أنوية خلايا الدم البيض الناضجة (MC) .

على كل هذه الخلايا فهناك نوع من الخلايا الميزودرمية غير المتميزة والتى بامكانها التميز لاعطاء كل من عناصر الدم وتسمى بمكونات المستعمرات الخلوية (CFU) . وهى خلايا صغيرة، قطر الواحدة يتراوح بين ٦ ـ ٨ ميكرونات ولها سيتوبلازم قاعدى الاصطباغ ونواة باهتة كروية الشكل.

تكـون كريـات الدم الحمـر Erythropoiesis

يبدأ تميز كريات الدم الحمر من «مكونات المستعمرات» التى تكون قابلة للتأثر بمادة الارثروبويتين (CFU -e) ومن ثم تعطى سلسلة من الخلايا كمايلى :

١ ـ **قبل مكونات الكريات الحمر Proerythroblasts** وهى أكبر من CFU-e ولكنها لاتختلف عنها كثيرا ويصل قطر الواحدة الى حوالى ٢٠ ميكروناً.

٢ ـ **مكـونـات الكريات الحمر قاعدية الاصطباغ Basophilic erythroblasts** وهى خلايا أصغر من الخلايا السابقة، وقطر كل منها يتراوح بين ١١ ـ ١٨ ميكرونا وتحتوى نواتها على خليط من الكروماتين الحقيقى وغير الحقيقى . والسيتوبلازم قاعدى الاصطباغ بشكل داكن وذلك لاحتوائه على كميات كبيرة من الريبوسومات.

٣ ـ **مكونات الكريات الحمر متعددة الاصطباغ Polychromatophilic erythroblasts** وكل منها أصغر من الخلية السابقة . ويبدأ ظهور الهيموجلوبين حمضى الاصطباغ فى سيتوبلازمها ولذلك يكون اصطباغه خليطاً من القاعدى والحمضى ومن هنا جاء الاسم . وتقوم جميع أنواع الخلايا السابقة بالانقسام لانتاج الخلايا التالية لها.

٤ ـ **أمهـات الكـريات الحمر Normoblasts** : يصل قطر الواحدة منها الى حوالى ٧ ـ ١٠ ميكرونات ويمتلىء سيتوبلازمها بالهيموجلوبين الذى يضفى عليه لونا أحمر داكنا (لون الايوسين) . والنواة صغيرة داكنة جانبية فى مراحل التحلل الأخيرة . وهذه الخلية غير قادرة على الانقسام وعندما تتخلص من نواتها تصغر قليلا مكونة الكرية الدموية الحمراء (شكل ٥٨).

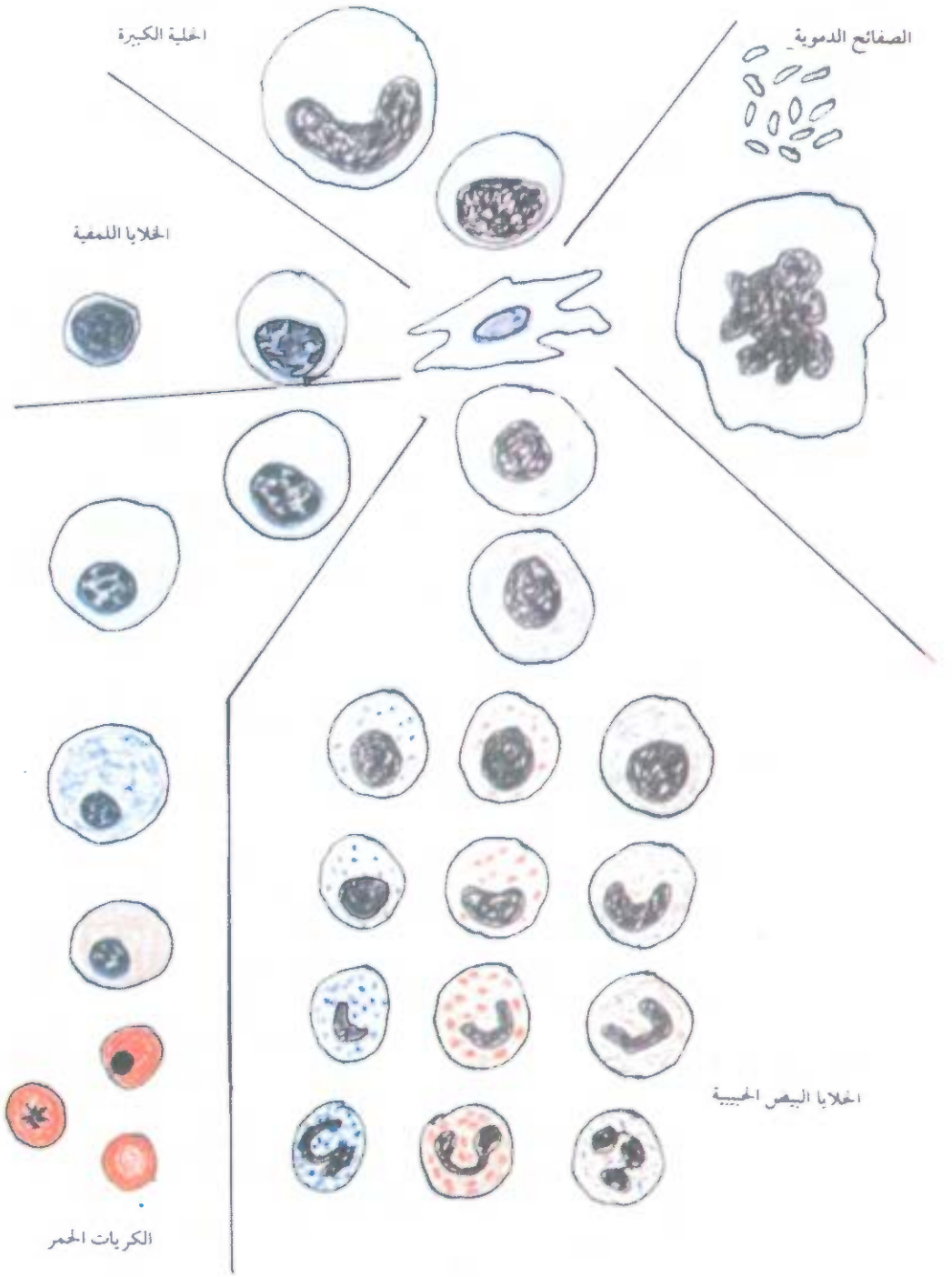
ومما سبق يمكن القول أن عملية تكوين الكريات الحمر تتسم بأن الخلايا يقل قطرها من مرحلة الى أخرى كما يقل حجم الأنوية وتتزايد بها كميات الكروماتين غير الحقيقى على حساب الكروماتين الحقيقى الى أن تختفى النواةكلية، وظهور الهيموجلوبين تدريجيا الى ان يملأ السيتوبلازم، واختفاء عضيات الخلية تدريجيا الا ان يصبح السيتوبلازم وليس به سوى الهيموجلوبين.

تكون خلايا الدم البيض الحبيبية Granular leucopoiesis

تبدأ عملية تكوين الخلايا البيض الحبيبية من الخلية الميزودرمية غير المتخصصة UMC ثم تمر بالمراحل الآتية :

١ ـ مكونات المستعمرات التى تتميز لتكون خلايا خاصة تسمى (CFU-g) .

٢ ـ أمهات الخلايا النخاعية Myeloblasts وقطر كل منها يتراوح بين ١١ ـ ١٨ ميكرونا ونواتها بيضاوية والسيتوبلازم قاعدى الاصطباغ ويحتوى على حبيبات آزورية كما أنه ايجابى التفاعل لانزيم البيروكسيديز.



شكل (٥٨) مراحل نمو مكونات الدم

٣ ـ الخلايا النخاعية Myelocytes وهى خلايا تتميز بأنويتها الكلوية الشكل والسيتوبلازم الذى يحتوى على حبيبات خاصة.

وفى هذه المرحلة تتميز الخلايا النخاعية الى ثلاثة أنواع حسب نوع اصطباغ الحبيبات ـ وفى كل المراحل السابقة يكون الانقسام الميتوزى سائدا الى أن تصل الخلية الى مرحلة لاتصبح فيها قادرة على الانقسام وتسمى حينئذ بالخلايا النخاعية المتقدمة وهي التى تتحول (دون انقسام) الى الخلايا البيض الحبيبية بأنواعها الثلاثة (شكل ٥٨).

وتسمى الخلايا غير الناضجة فى مراحل تكوين الخلايا البيض بالخلايا النخاعية لانها تكوّن معظم خلايا نخاع العظم وذلك لأن الخلايا البيض تتكون بأعداد كبيرة فى النخاع، لقصر عمرها.

تكون خلايا الدم البيض غير الحبيبية Non-granular leucopoiesis

تتكـون خلايا «ب» اللمفية من UMC ثم CFUL ثم مكـونات الخلايا اللمفية Lymphoblasts ثم الخلايا اللمفية التى يتم نضجها فى الأعضاء اللمفية.

وتتكون خلايا «ت» اللمفية بنفس الطريقة ولكن CFUL تذهب الى الغدة التيموسية حيث تتحول إلى مكونات الخلايا اللمفية ثم خلايا «ت» اللمفية.

وتتكون الخلايا الكبيرة أيضاً من CFU التى تتحول إلى مكونات الخلايا الكبيرة ثم تتميز الى الخلايا الكبيرة.

تكون الصفائح الدموية Thrombopoiesis

تتميز الـ CFU الى الخلية ضخمة الأنوية وتنفصل الصفائح منها على شكل قطع سيتوبلازمية، وتتكون الخلية ضخمـة الأنـوية من الانقسام المتكرر لنواة الـ CFU دون انقسام السيتوبلازم فتتكون خلية مكورة ضخمة قطرها حوالى ٤٠ ميكرونا يخرج من سطحها أقدام كاذبة قصيرة ولها نواة متعددة الفصوص (حيث لاتنقسم النواة انقساما كاملا). ويقسّم السيتوبلازم الى أجزاء بواسطة أغشية خلوية، وتنفصل هذه الأجزاء مكونة الصفائح.

النسـيج العضـلى Muscular tissue

يتكـون النسيج العضـلى من خلايا تسمى بالألياف العضلية Muscle fibers وتتم استـطالـة الخلايا العضلية أثناء تميز الخلايا المكونة لها Myoblasts أثناء الحياة الجنينية. تنشأ الألياف العضلية من الميزودرم فيما عدا القليل منها مثل عضلات قزحية العين التى تنشأ من الاكتودرم.

وتقوم العضلات بوظائف كثيرة فهى المسئولة عن حركة الحيوان من مكان الى آخر وحركة الأحشاء التى ينتـج عنهـا تحريك محتوياتها، وحركة عضلة القلب التى ينتج عنها دوران الدم، وكذلك حركة اللسان فى الانسان لتمكينه من الكلام.

وللعضلات وظائف هامة اخرى حيث ينتج من تقلصها قدر من الحرارة يسهم فى ثبات حرارة الجسم. كما انها تعتبر المصدر الرئيسى والهام للبروتين الحيوانى للانسان.

وتشبه الليفة العضلية الآلة فى انها تقوم بحرق المواد الكربوهيدراتية فى وجود الاكسيجين وينتج من ذلك طاقة يستعمل بعضها فى الحركة ويستعمل البعض الآخر فى تنظيم درجة حرارة الجسم. يتم ذلك كله بكفاءة تامة وفى صمت تام وبحد أدنى من المخلفات. وبالمقارنة فان أية آلة من صنع البشر تعمل بكفاءة أقل كثيراً وتسبب ضوضاء مزعجة وتنتج مخلفات كثيرة.

وللألياف العضلية غشاء خلوى يسمى الغشاء اللحمى Sarcolemma (لحم = Sarco) وسيتوبلازم لحمى Sarcoplasm وتحتـوى على خيوط عضلية دقيقـة Myofilaments يتكـون بعضهـا من المايوسين (العضلين) Myosin والبعض الآخر من الاكتين (الحركين) Actin وهذه البروتينات هى عناصر التقلص فى الليفة العضلية وقد تكون منتظمة فى لييفات عضلية Myofibrils كما فى الألياف العضلية المخططة أو تكون غير منتظمة كما فى الألياف العضلية الملس.

ويوجد ايضا فى سيتوبلازم الليفة العضلية كميات كبيرة من الشبكة الاندوبلازمية التى تكون منتظمة فى الالياف المخططة مكونة اكياماً حول الليفات وتسمى الشبكة اللحمية Sarcoplasmic r. .

وفى الألياف العضلية توجد مادة صبغية تشبه هيموجلوبين الدم وتسمى المايوجلوبين وهى التى تضفى على الألياف العضلية لونها الأحمر المميز. هذا علاوة على باقى العضيات الأخرى مثل المايتوكوندريا وأجسام جولجى والريبوسومات والليسوسومات وكذلك الجليكوجين وبعض الحبيبات الدهنية.

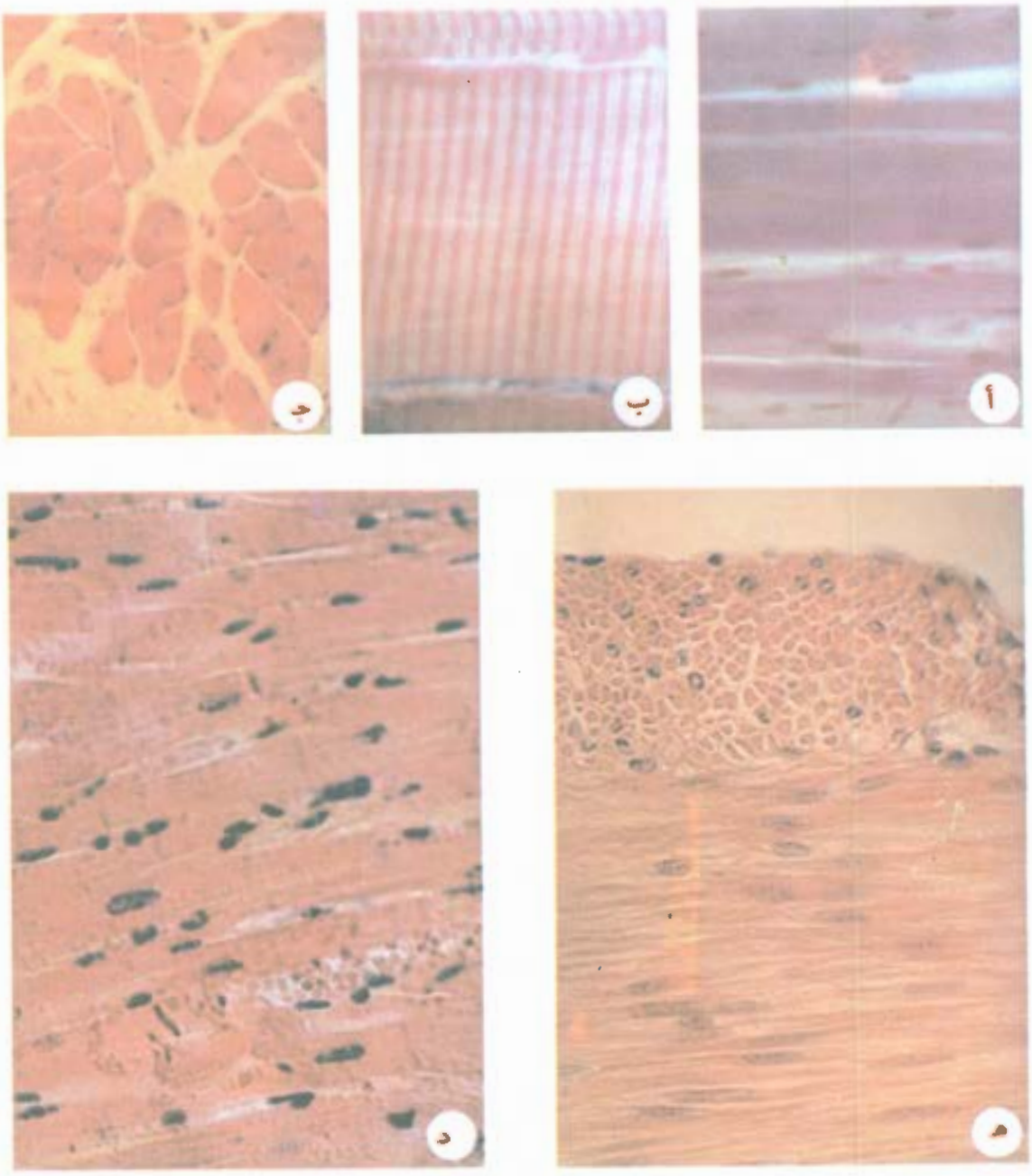
وتصنف الالياف العضلية حسب وجود أو عدم وجود خطوط عرضية الى مايلى (شكل ٥٩):

١ ـ ألياف عضلية مخططة وهى نوعان حسب مكان تواجدها :

أ ـ ألياف هيكلية : ترتبط بالهيكل الداخلى . وهى ارادية.

ب ـ ألياف قلبية : وتوجد فى جدار القلب. وهى غير ارادية.

٢ ـ ألياف غير مخططة (ملس) وتوجد فى جدر الاحشاء. وهى غير ارادية.



شكل (٥٩) الالياف العضلية :

أ ـ قطاع طولي في ألياف هيكلية مخططة.

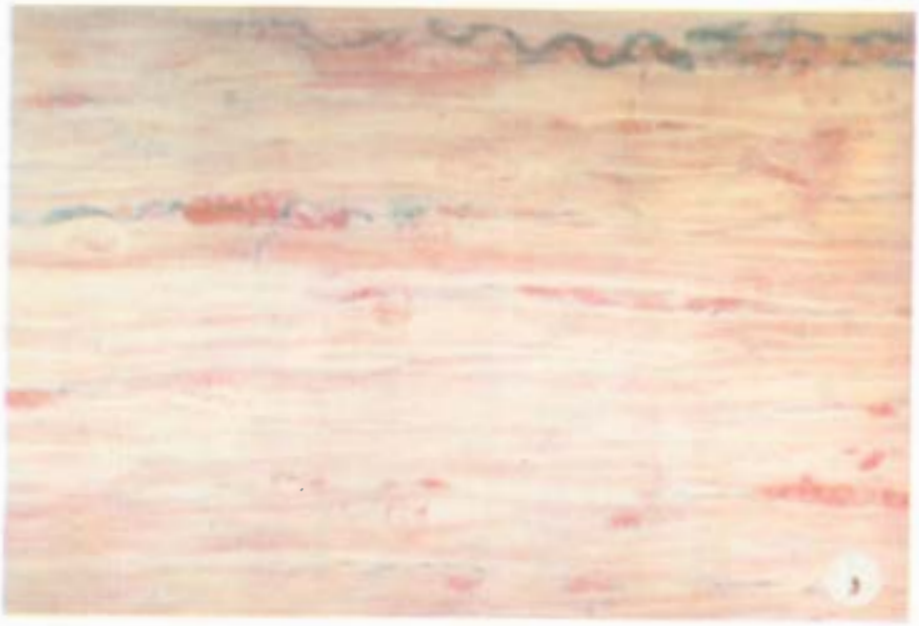
ب ـ جزء مكبر لألياف هيكلية مخططة.

جـ ـ قطاع عرضي في ألياف هيكلية مخططة.

د ـ الياف هيكلية قلبية يلاحظ فيها التفرع والتشابك.

هـ ـ الياف ملس في قطاع عرضي (إلى اعلى) وقطاع طولي (الى أسفل)

و ـ الياف عضلية قلبية (الصبغة الثلاثية) قوة صغرى، يلاحظ الأقراص البينية (الخطوط العرضية الزرقاء)



تابع شكل (٥٩).

الألياف الهيكلية Skeletal muscle fibers

وهى ألياف اسطوانية الشكل طويلة قد يصل طول الواحدة منها فى بعض العضلات الى عشرات السنتيمترات، وتظهر بالمجهر الضوئى مخططة بخطوط داكنة بالتبادل مع خطوط مضيئة وتوجد عادة مرتبطة بالعظام أو الغضاريف أو أنسجة ليفية قوية. ويتحكم الكائن فى تقلص هذه الألياف.

تغلف الليفة العضلية بطبقة رقيقة من النسيج الضام السيب الذى يسمى غلاف الليفة Endomysium ويفصل بينها وبين مايجاورها من ألياف، ويحتوى على الشعيرات الدموية ونهايات الأعصاب الحركية.

وتتجمع الالياف العضلية لتكون حزما مختلفة السمك يحاط كل منها بطبقة من النسيج الضام الليفى الذى يسمى غلاف الحزمة Perimysium .

وتتجمع الحزم مع بعضها لتكون العضلة والتى تحاط بطبقة من النسيج الضام الليفى القوى الذى يسمى غلاف العضلة Epimysium .

وتتجمع الأغلفة المختلفة فى نهايتى العضلة مكونة الأوتار Tendons والتى تتحد مع غلاف العظم والياف شاربى عند منشأ ومندغم العضلة.

التركيب المجهرى لليفة عضلية هيكلية

الليفات العضلية هى أهم مكونات الليفة العضلية وتوجد فى السيتوبلازم فى مجموعات مرتبة بطول الليفة تسمى أعمدة كونهيم Conheim's columns وتترك هذه الأعمدة فيما بينها قدراً قليلاً من السيتوبلازم.

والخلية العضلية متعددة الأنوية . والأنوية طويلة اسطوانية داكنة الاصطباغ توجد تحت غشاء الخلية ويحاط كل منها بكمية من السيتوبلازم الذى يحتوى على عضيات الخلية .

وتوجد الشبكة الاندوبلازمية الملساء محيطة بكل ليفة بينما تتراص معظم المايتوكوندريا بين الليفات ولذلك فهى طويلة ورفيعة .

ويحتوى سيتوبلازم الليفة العضلية على كميات متفاوتة من مادة المايوجلوبين الحمراء .

وتقسم الالياف العضلية الهيكلية الى ثلاثة أنواع حسب كمية المايوجلوبين الموجودة بها :

١ ـ الياف حمر (داكنة) وهى ألياف رفيعة داكنة تحتوى على أعداد كبيرة من المايتوكوندريا النشطة ذات الأعراف الانبوبية . كما تحتوى الألياف الحمر على كمية كبيرة من المايوجلوبين والجلايكوجين وعدد أقل من الليفات . وتنقبض هذه الالياف ببطء (لقلة عدد الليفات) ولاتصاب بالتعب سريعا (لكفاية الطاقة المتاحة لها) ومن أمثلتها عضلات الصدر فى الطيور الطائرة .

٢ ـ الياف بيض (فاتحة) وهى ألياف أكثر سمكاً يمتلىء سيتوبلازمها بالليفات ولذلك فهى تظهر مخططة بشكل أكثر انتظاما ولكنها تحتوى على كميات قليلة من المايوجلوبين والجليكوجين وأعداد قليلة من المايتوكوندريا . وتنقبض هذه الالياف بقوة لكثافة عدد الليفات ولكنها تصاب بالتعب سريعا لقلة الطاقة المتاحة لها . ومن أمثلتها العضلات الصدرية فى الطيور الداجنة (غير الطيارة) .

٣ ـ الياف وسط : وهى بين الالياف الحمر والالياف البيض من حيث التركيب والوظيفة .

وعضلات الانسان تتركب من خليط من هذه الأنواع الثلاثة ولكن تختلف نسبها من عضلة الى أخرى حسب وظيفة العضلة .

التركيب الدقيق للألياف الهيكلية كما يظهر بالمجهر الالكترونى

الليفة هى المسئولة عن عملية التقلص فى الليفة العضلية المخططة سواء كانت هيكلية أو قلبية .

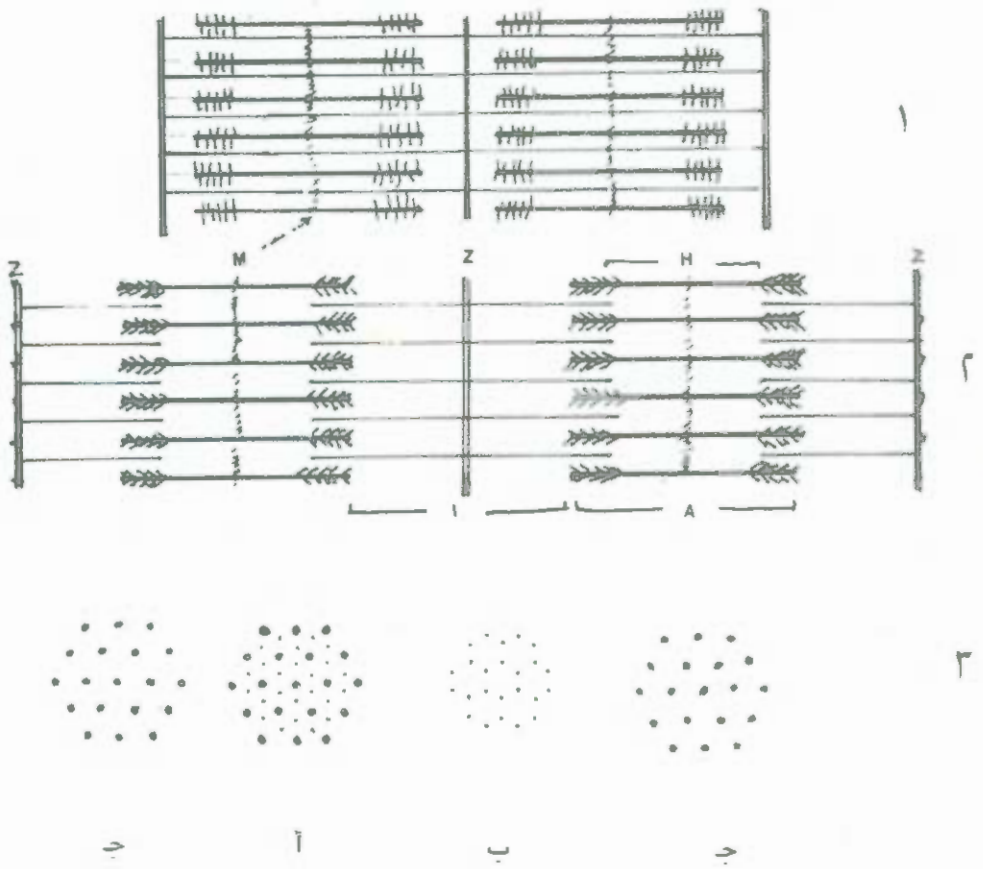
تتكون الليفة من خيوط بروتينية مرتبة طوليا بطريقة غاية فى النظام والدقة . ففى المقطع العرضى يظهر نوعان من الخيوط فى الليفة ، أحدهما سميك وقطره حوالى ١٥ نانومتر وهو مكون من المايوسين (العضلين) والآخر رفيع قطره حوالى ٥ نانومتر ويتكون من الأكتين (الحركين) وبروتينات اخرى . ويترتب النوعان فى شكل هندسى بديع بحيث يحيط بكل خيط سميك ستة خيوط رفيعة على أركان مسدس متساوى الأضلاع يكون الخيط السميك فى مركزه . أما كل خيط رفيع فيقع فى مركز مثلث متساوى الأضلاع يقع عند كل رأس من رؤوسه الثلاثة خيط سميك (شكل ٦٠) .

وتنقسم الليفة طولياً الى قطع عضلية Sarcomeres متساوية الطول بواسطة أقراص Z ، وتمثل القطع العضلية الوحدات التقلصية فى الليفة .

تتكون القطعة من منطقة وسطى داكنة تسمى المنطقة A أو غير المتجانسة Anisotropic وطولها ١٫٥ ميكرون . وعلى كل من جانبيها توجد منطقة مضيئة تسمى المنطقة I أو المتجانسة Isotropic وطولها ٢ ميكرون ، ويقع القرص Z فى منتصفها . وعلى ذلك تتكون القطعة العضلية من المنطقة A ونصفين

من المنطقة I (نصف على كل جانب). وتتكون المنطقة I كلية من الخيوط الرفيعة ولذلك فهي متجانسة أما المنطقة A فتتكون من الخيوط السميكة وأطراف الخيوط الرفيعة التى تتداخل معها الى مسافة على كل جانب، ولذلك فان الجزء الأوسط من المنطقة A يكون أقل دكانة ويسمى المنطقة H (وهو أول حرف من اسم أحد العلماء Hensen) وتوجد به خيوط سميكة فقط. ترتبط الخيوط الرفيعة بالقرص Z كما ترتبط الخيوط السميكة مع بعضها فى وسط المنطقة H بخيوط بروتينية عرضية كثيفة مكونة الخط M .

وفى المنطقة من القطعة العضلية التى تتلاقى فيها الخيوط الرفيعة مع الخيوط السميكة يخرج من الأخيرة معابر تسمى الخطاطيف ولها أهمية كبيرة فى عملية التقلص كما سيذكر فيما بعد.



شكل (٦٠) القطع العضلية :

١ـ في حالة التقلص ٢ ـ في حالة الارتخاء ٣ ـ قطاع عرضي في الليفة

أ ـ في منطقة A ب ـ في منطقة I جـ ـ في منطقة H

الخيـــوط الســميكة :

يتكون الخيط السميك من بروتين خاص هو العضلين. ويشبه جزىء العضلين مضرب الهوكى فهو يتكون من ساق رفيع فى نهايته رأس بيضاوى سميك يمكنه التحرك على الساق عند نقطتين مفصليتين. وتنحزم جزيئات العضلين لتكون الخيط السميك بحيث تكون المنطقة الوسطى منه الموجودة فى المنطقة H خالية من الرؤوس، بينما تبرز الرؤوس عند طرفى الخيط فى اتجاه الخيوط الرفيعة مكونة الخطاطيف. وتحتوى رؤوس العضلين على أنزيم ATP ase .

الخيـــوط الرفيعـــة :

تتكون من حبيبات بروتينية هى الحركين Actin التى تكون سلسلتين ملتفتين حلزونيا على بعضهما. وفى تجويف هذا الحلزون يوجد نوع آخر من البروتين على شكل عِصِيّ متساوية الأطوال يوجد عند أطرافها نوع ثالث من البروتين الكروى. وتتغير العلاقة بين هذه الأنواع الثلاثة من البروتينات المكونة للخيط الرفيع حسب وجود أو غياب أيونات الكالسيوم.

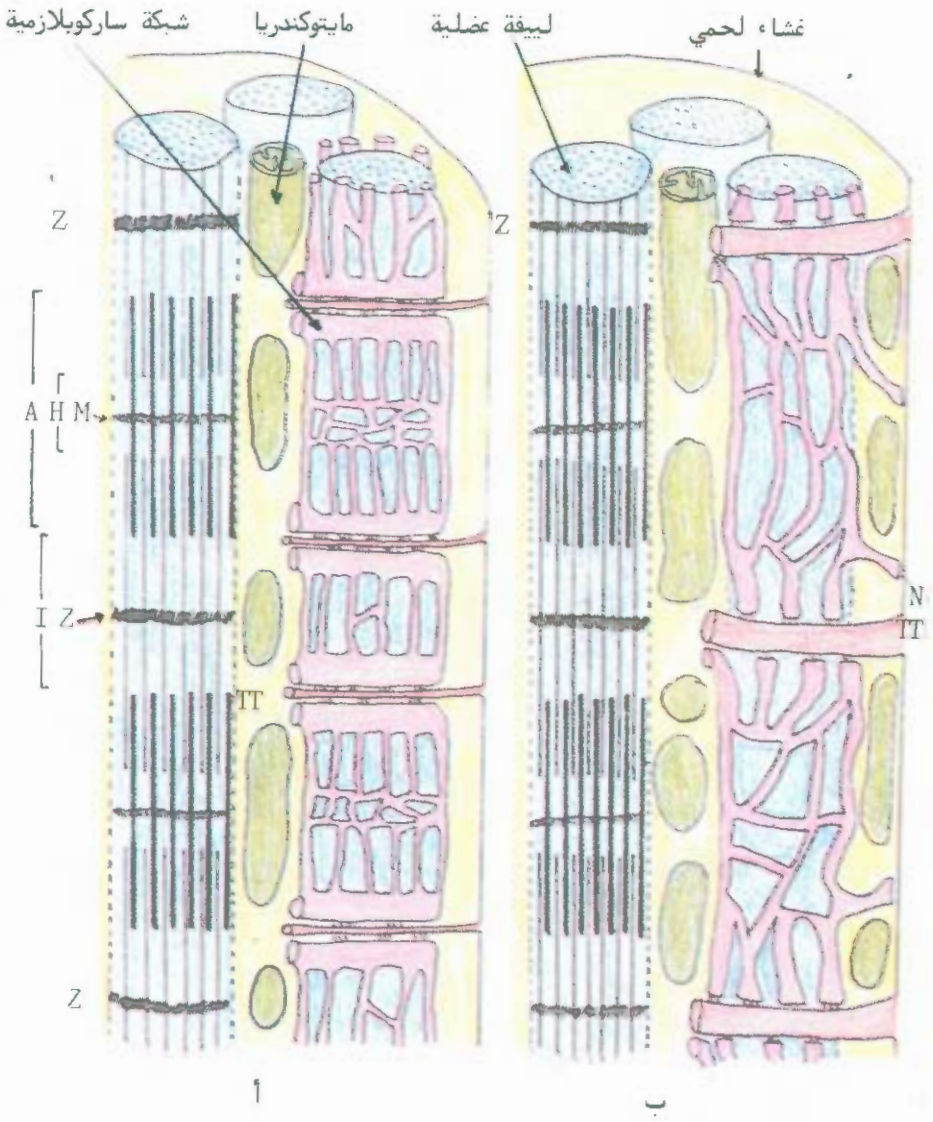
الشبكة الاندوبلازمية اللحمية Sarcoplasmic reticulum (شكل ٦١)

هى شبكة تتكون من أكمام ممزقة تحيط بالليفات العضلية وتتكون من أغشية ملس تحيط بتجويف يحتوى على أيونات الكالسيوم. ويوجد حول المنطقة A كم به ثقوب عند المنطقة H وأنابيب تتحد عند نهايتى الكم مكونة منطقة منتفخة قليلا. كما يوجد حول المنطقة I كم آخر يختلف قليلا فى شكله العام ولكن له منطقتين نهائيتين منتفختين. ويفصل الاكمام عن بعضها أنيبوبات عرضية تقع عند الحد الفاصل بين المنطقتين I,A وتخرج هذه الأنيبوبات من غشاء الخلية ومكونة امتداداً له وتلتف حول الليفة ثم تتفرع لتلتف حول الليفات الأخرى. ويوجد ازدواجات كهربية تربط نهايات الاكمام بالانيبوبة المستعرضة T-tubule لتكون معابر للسيالات العصبية.

وعندما تحفز الليفة العضلية بواسطة النهايات العصبية المحركة التى تقع عليها فان السيالات العصبية تنتشر على غشاء الليفة ومنه الى الأنيبوبة المستعرضة ثم عبر الازدواج الكهربى الى غشاء الأكمام الذى يصبح منفذا لايونات الكالسيوم الموجودة فى تجاويفها. وتخرج ايونات الكالسيوم الى سيتوبلازم الليفة حيث تتحد مع بعض بروتينات الخيوط الرفيعة ويتسبب عن ذلك اعادة ترتيب باقى بروتيناتها بحيث تصبح حبيبات الحركين مقابلة وقريبة من خطاطيف الخيوط السميكة التى تتحد معها وتتحرك فى اتجاه المنطقة H وتجر الخيوط الرفيعة فى هذا الاتجاه لتتداخل اكثر مع الخيوط السميكة وفى هذه الاثناء تتفكك جزيئات ATP لتطلق الطاقة اللازمة لهذه العملية وينتج جزيئات من ADP .

وبتداخل الخيوط الرفيعة داخل المنطقة A تقصر القطعة العضلية وتقصر تبعا لذلك الليفة والليفة وبالتالى العضلة ككل.

وعندما ينتهى الحفز العصبى ويتوقف السيال تقوم أغشية الشبكة الاندوبلازمية اللحمية بسحب أيونات الكالسيوم من السيتوبلازم عن طريق مضخات خاصة فى الغشاء وبذلك تتحرر الخيوط الرفيعة وتعود الليفة



شكل (٦١)

أ ـ الشبكة الساركوبلازمية في العضلات الهيكلية للثدييات

ب ـ الشبكة الساركوبلازمية في العضلات القلبية

(TT) الانبوبة المستعرضة (N) ازدواجات كهربية

الى طولها الأصلى وترتخى العضلة ككل.

ومن هنا تأتى أهمية المايوجلوبين الذى يقوم بامداد المايتوكوندريا بالكميات اللازمة من الاكسيجين لانتاج الطاقة فى هيئة جزيئات ATP .

الألياف العضلية القلبية Cardiac muscle fibers

يكون هذا النوع من الالياف عضلة القلب. فهى تتفرع وتتشابك لتكون شبكة متصلة من الخلايا بحيث يمكن لأى سيال عصبى يصل الى أى منطقة من جدار القلب أن ينتشر الى جميع الخلايا لتتقلص فى آن واحد.

والليفة العضلية الواحدة قصيرة نسبيا واسطوانية الشكل وأقل قطرا من الليفة الهيكلية وبها نواة واحدة أو اثنتان فى المنتصف يحيط بها كمية من السيتوبلازم تحتوى على العضيات الأساسية (شكل ٥٩)

وتتفرع الألياف العضلية وتتشابك كما ذكر لتكون عضلة القلب. ويحتوى سيتوبلازم الليفة العضلية القلبية على ليفات مخططة لها نفس تركيب الليفات فى الألياف الهيكلية. ويحتوى السيتوبلازم على أعداد كبيرة من المايتوكوندريا الطويلة التى تنتشر طوليا بين الليفات.

وتوجد الشبكة الاندوبلازمية اللحمية على شكل أكمام يحيط الواحد منها بكل قطعة عضلية وتكون نهاياتها غير منتظمة، فهى تتصل بالانيبوبات المستعرضة T-tubules فى نقاط فقط خلاف ماهى عليه فى الألياف الهيكلية حيث تكون نهايات الاكمام كاملة ومنتظمة وتحاذى الأنيبوبات المستعرضة. كما تمتد أجزاء من الشبكة الاندوبلازمية لترتبط بغشاء الليفة العضلية بواسطة ازدواجات كهربية. وتمر الأنيبوبات المستعرضة فى الليفة القلبية بمحاذاة القرص Z وترتبط مع نهايات الاكمام بازدواجات كهربية (شكل ٦١).

وتحتوى الالياف القلبية على كمية كبيرة من المايوجلوبين تضفى عليها اللون الأحمر الداكن وهى تشبه فى ذلك الالياف الهيكلية الحمر.

يفصل بين الالياف القلبية المتتابعة خط متدرج يسمى القرص الوسطى Intercalated disc وهو عبارة عن غشائى الخليتين المتتاليتين والمادة البينية بينهما. ويرتبط الغشاءان مع بعضهما بواسطة روابط بين خلوية مثل نقاط التصاق قوية، ومناطق التحام، وازدواجات كهربية. وتقوم هذه الروابط بوظائف كثيرة أهمها ربط الخلايا بعضها ببعض بقوة والسماح للسيال العصبى بأن ينتقل من غشاء خلية الى غشاء الخلية التى تليها بسرعة كبيرة.

ويتم التقلص فى الالياف القلبية بنفس الأسلوب الذى يتم به فى الألياف الهيكلية.

نمو والتئام الالياف العضلية المخططة

لايمكن للألياف الهيكلية أو القلبية ان تنقسم وذلك لعدم وجود جسيمات مركزية بها وعدم امكان تكون مغزل الانقسام فى سيتوبلازم هذه الالياف المزدحم بالليفات العضلية. ولكن الالياف الهيكلية قد عُوضت عن ذلك بوجود نوع من الخلايا غير المتميزة تسمى الخلايا المصاحبة Satellite cells والتى تقع بين الالياف والغشاء القاعدى المحيط بها. ويمكن فى ظروف خاصة ان تتميز هذه الخلايا المصاحبة لتعطى أليافا عضلية مخططة تضاف الى الالياف الأصلية لتزيد من طولها أو لتعوض ماقد يتلف من هذه الالياف.

وفى العادة تلتئم العضلات الهيكلية أو القلبية بتكوين ندبة من النسيج الضام الليفى .

وتتضخم الالياف العضلية المخططة بكثرة الاستعمال وذلك باضافة المزيد من الليفات الى السيتوبلازم ، وتضمر نتيجة لقلة الاستعمال .

وتتميز الالياف الهيكلية بانها تعتمد اعتمادا كليا على الامداد العصبى لها . فاذا انقطع هذا المدد لسبب أو لآخر ضمرت الالياف العضلية تماما كما يحدث فى حالة شلل الأطفال حيث يهاجم فيروس الشلل الأعصاب المغذية لعضلات الأطراف السفلى فيتلفها وينتج عن ذلك ضمورها ويحدث الشلل .

الألياف العضلية الملس Smooth muscle fibers

وتوجد فى الاحشاء وخاصة فى جدران الأعضاء الأنبوبية مرتبة فى اتجاهات مختلفة على هيئة طبقات ، وهى لاتخضع لارادة الكائن فى تقلصاتها وتغذى بألياف عصبية غير ارادية أو ذاتية Autonomic nerves .

والليفة الملساء ، مغزلية الشكل تتسع من الوسط (حيث توجد النواة) ومدببة من الطرفين ، وتتلاصق الالياف الملس فى طبقاتها بحيث تكون المنطقة السميكة من ليفة مقابلة لمنطقة رفيعة من الليفة المجاورة . وتتماسك الالياف الملس مع بعضها عن طريق ازدواجات كهربية لتسهيل انتقال السيالات العصبية من ليفة الى باقى ألياف الطبقة العضلية (شكل ٥٩) .

يختلف طول الليفة الملساء من ٢٠ ميكرونا فى جدران الأوعية الدموية الى ٥٠٠ ميكرون فى جدار الرحم الحامل . ويفصل المجموعات العضلية عن بعضها مناطق من النسيج الضام السيب الذى يحمل لها الامداد الدموى والعصبى .

يحتوى سيتوبلازم الليفة العضلية الملساء على العضيات العادية متجمعة فى منطقة مغزلية الشكل حول النواة فى منتصف الليفة . أما باقى السيتوبلازم فتشغله الخيوط العضلية Myofilaments التى تنتشر دون نظام محدد ، ولذلك فان الليفة لاتظهر مخططة .

وهناك ثلاثة أنواع من الخيوط العضلية فى سيتوبلازم الليفة الملساء هى :

١ ـ خيوط سميكة وتتكون من العضلين ولها تقريبا نفس سمك الخيوط السميكة الموجودة فى الالياف المخططة .

٢ ـ خيوط رفيعة وتتكون أساسا من الحركين ولها نفس سمك الخيوط الرفيعة الموجودة فى الالياف المخططة .

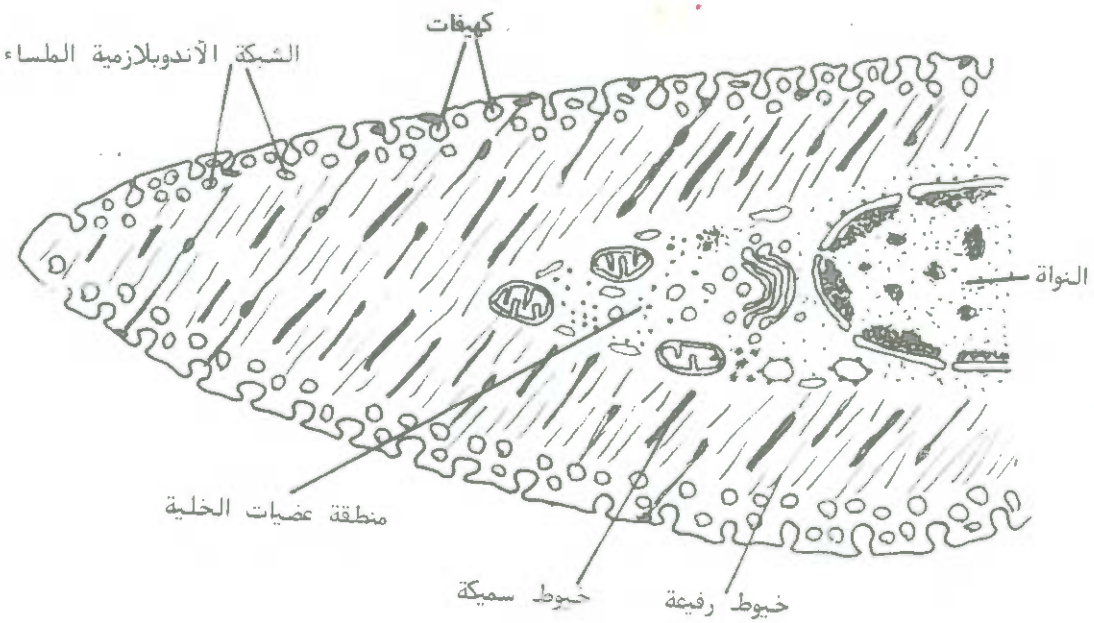
٣ ـ خيوط متوسطة وهى وسط فى سمكها بين النوعين السابقين وتتصل بمناطق سميكة على غشاء الليفة الخارجى وكذلك فى حبيبات داكنة فى السيتوبلازم بحيث تكون شبكة تمثل هيكل الليفة . وتتكون الحبيبات الداكنة من بروتين يشبه ذلك الذى يتكون منه القرص Z فى الألياف المخططة (شكل ٦٢) .

ويوجد على غشاء الليفة العضلية الملساء العديد من الكهيفات التى ربما تقوم بعمل الأنيبوبات المستعرضة فى الألياف المخططة ويوجد تحت غشاء الليفة أعداد كبيرة من الفجوات التى تحتوى بداخلها على أيونات الكالسيوم وهى بذلك تقوم بوظيفة الشبكة الاندوبلازمية اللحمية في الألياف المخططة .

وعندما تحفّز الليفة العضلية الملساء تنطلق ايونات الكالسيوم ، فيحدث تفاعل بين العضلين والحركين فتنزلق خيوط الأخير على الأول ، وحيث ان الخيوط الرفيعة تكون مثبتة فى الاجسام الداكنة . فانها تشدها

وبذلك يحدث تقلص الليفة والالياف المجاورة لها. ولان التقلص الناتج يكون بطيئا، لذا فان العضلات الملس تتقلص فى موجات تنتشر على العضو فتسبب مايسمى بالحركة الدودية.

تختلف الليفة العضلية الملساء عن الالياف المخططة بانها قد تنقسم كما يحدث فى جدار الرحم أثناء نموه فى فترات الحمل. كما تتميز بانها تقوم بتصنيع البروتينات وخاصة فى جدر الأوعية الدموية حيث تقوم بتصنيع وافراز مكونات الالياف الصفر وكذلك مكونات المادة البينية أى انها فى ذلك تشبه الخلية الليفية.



شكل (٦٢) رسم تخطيطي لجزء من خلية عضلية ملساء بالمجهر الالكتروني

النسيج العصبى Nervous tissue

هو النسيج الرابع والأخير من أنسجة الجسم ويتكون من خلايا خاصة متميزة ذات تفرعات كثيرة تسمى الخلايا العصبية أو العصبونات Nerve cells (Neurones) .

وتنشأ العصبونات من الاكتودرم فى بدء الحياة الجنينية وتوجد بينها خلايا مساعدة ورابطة تسمى الخلايا الغرائية Neuroglia أو غراء النسيج العصبى . ويخلو الجهاز العصبى المركزى من الأنسجة الضامة فيما عدا الأغشية المغلفة له والتى تفصله عن عظام الجمجمة والعمود الفقرى . وهذه الأغشية من الخارج الى الداخل هى الأم الجافية التى تلى العظم والأم العنكبوتية والأم الحنون .

ويتكون الجهاز العصبى الطرفى من الأعصاب والعقد العصبية . وتتكون الاعصاب من الياف عصبية محاطة بطبقات من الأنسجة الضامة بينما تتكون العقد من أجسام الخلايا العصبية وألياف عصبية وأنسجة ضامة .

الخليـة العصبيـة (العصبـونة)

تتكون العصبونة من جسم Soma وألياف عصبية Nerve fibers أحد هذه الألياف يسمى المحور Axon وتسمى الباقية التفرعات الشجيرية Dendrites .

جسـم العصبـونة :

يختلف قطر جسم العصبونة حسب طول الألياف العصبية التى تخرج منها فكلما كانت الألياف طويلة كلما كان الجسم كبيرا . ولذلك فان قطر جسم الخلية قد يكون صغيرا جدا (٦ ميكرونات) وقد يصل الى ١٠٠ ميكرون . الا انه عادة يتراوح بين ١٥-٢٠ ميكرونا .

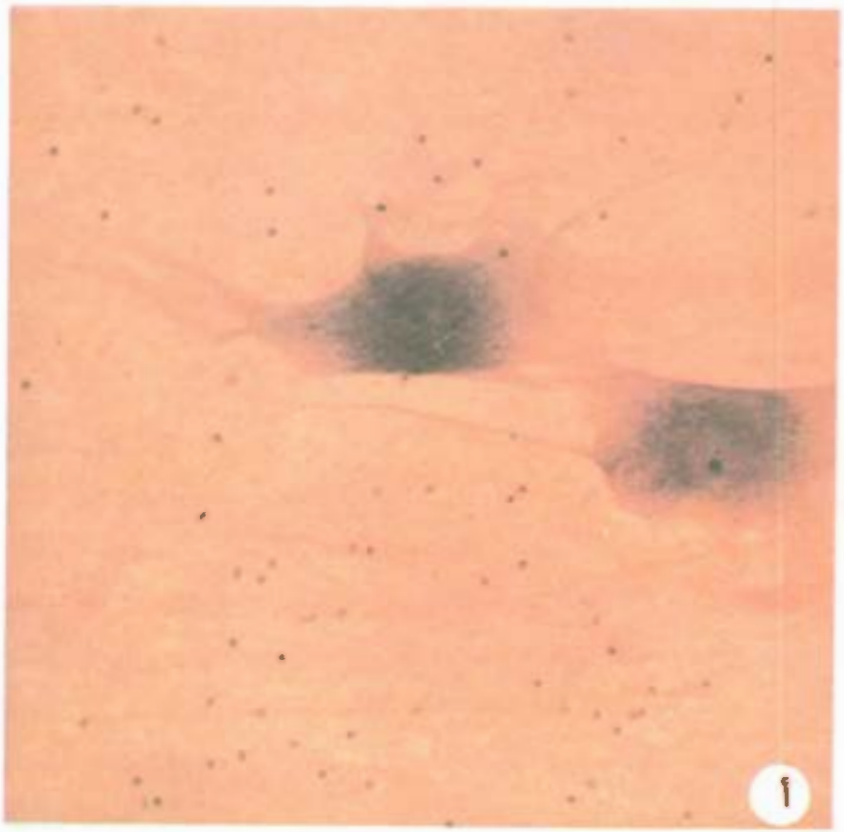
يحتوى جسم العصبونة على نواة كروية كبيرة نسبيا باهتة الاصطباغ تقع فى منتصف الخلية بها نوية واضحة أو اكثر ويمكن رؤية الكروماتين الجنسى بوضوح فى عصبونات الاناث على هيئة كتلة داكنة ملتصقة بغلاف النواة .

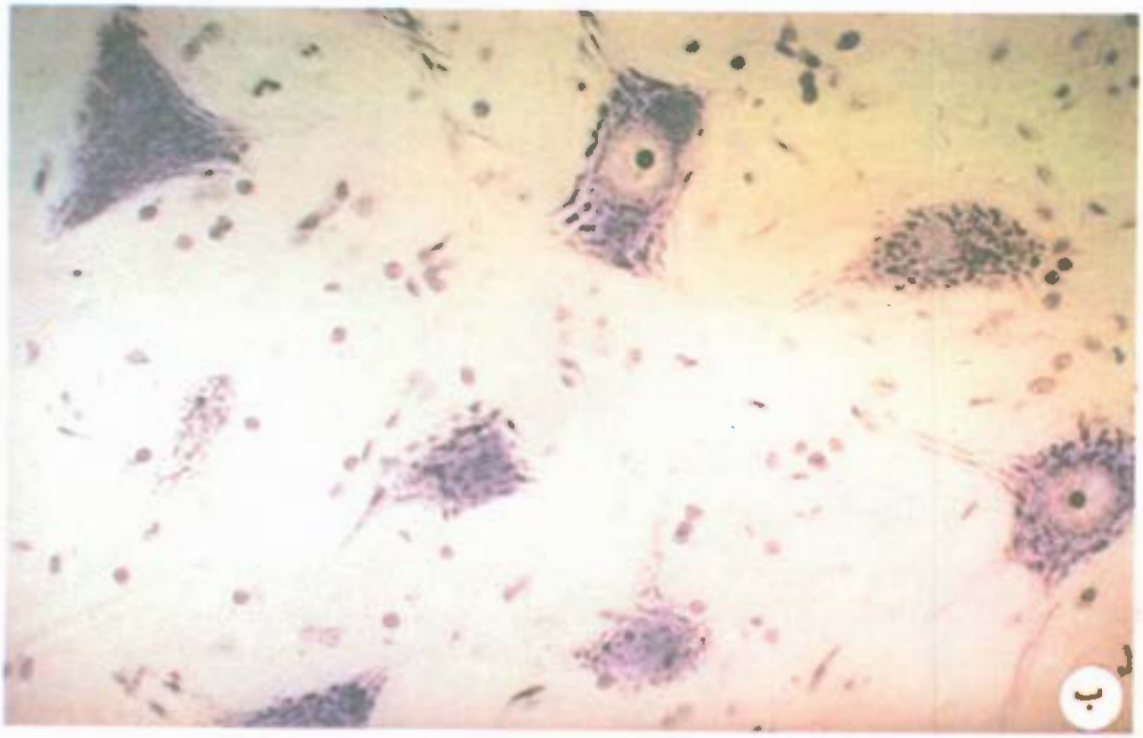
يحيط بالنواة أعداد من أجسام جولجى وتوجد فى السيتوبلازم حبيبات قاعدية الاصطباغ تسمى حبيبات نسل Nissl granules تختلف فى أشكالها وأعدادها من عصبونة الى أخرى حسب نشاطها . ويحتوى السيتوبلازم على أعداد كبيرة من المايتوكوندريا علاوة على الليفات العصبية Neurofibrils التى تظهر بوضوح عند منشأ المحور حيث يكون السيتوبلازم خاليا من حبيبات نسل . ويسمى هذا الجزء من سيتوبلازم العصبونة بهالة المحور Axon hillock (شكل ٦٣، ٦٤) .

ويوجد ايضا فى جسم الخلية مواد ملونة هى نتاج العمليات الحيوية التي تتراكم مع التقدم فى العمر.

الالياف العصبيـة :

للعصبونة محور Axon واحد قد يصل طوله الى أكثر من متر، وهو بروز اسطوانى رفيع يحتوى على





شـكل (٦٣)العصبونـات (صبغة أزرق تولويدين).

أ ـ تحضير خاص قوة كبرى.

ب ـ قطاع لاظهار حبيبات «نسل». قوة كبرى

سيتوبلازم رائق لاتوجد به حبيبات نسل ولا أجسام جولجى ، ويوجد فيه فقط الليفات العصبية ، ويحاط بغشاء خلوى حساس يقوم بنقل السيالات العصبية من جسم الخلية الى طرفه الذى يتحور الى أشكال تتناسب مع جزء الخلية التالية التى يتشابك معها . وتكوّن نهايات المحور جزء من التشابك العصبى Synapse .

ويخرج من جسم العصبونة واحد أو أكثر من التفرعات الشجيرية Dendrites التى تتفرع عدة مرات مكونة شجيرات يوجد على أسطحها بروزات أو أشواك لتتواءم مع النهايات المحورية عند تكوين التشابكات .

ويحتوى سيتوبلازم الشجيرات على جميع العضيات الموجودة فى جسم العصبونة الا ان كميتها تتناقص تدريجيا نحو أطراف التفرعات الشجيرية .

وظائف الالياف العصبية :

١ ـ تستقبل الشجيرات الحافز العصبى Stimulus الذى ينتشر على غشائها فى هيئة سيالات Impulses الى ان يصل الى جسم العصبونة ومنه الى المحور.

٢ ـ يقوم المحور بنقل الحافز العصبى من جسم العصبونة (أو من الشجيرة مباشرة) الى نهاياته، ثم عبر التشابك العصبى الى خلية عصبية أخرى، أو الى خلايا عضلية أو فارزة .

٣ ـ من الجائز ان يستقبل غشاء جسم العصبونة أو الجزء المبدئى Initial sigment من المحور الحافز العصبى مكونا تشابكا خاصا . والجزء المبدئي من المحور له صفات تميزه عن باقى المحور كوجود حبيبات كثيرة فى السيتوبلازم ولا يغلف بأية أغلفة .

أنواع الخلايا العصبية (شكل ٦٤) :

تنقسم الخلايا العصبية حسب عدد الالياف التى تخرج من جسم الخلية الى :

١ ـ خلايا عصبية أحادية القطب . ولها ليفة واحدة . ويوجد هذا النوع فقط فى الأجنة أثناء نمو الجهاز العصبى ، ويكون نادرا فى الحيوانات الثديية البالغة .

٢ ـ خلايا عصبية أحادية كاذبة حيث يخرج من جسم الخلية ليفة واحدة تتفرع بعد قليل الى فرعين أحدهما يعمل كشجيرة بينما يعمل الآخر كمحور، ولكن تركيبهما يكون متشابهاً الى حد كبير. ومثال ذلك الخلايا الموجودة فى العقد العصبية الشوكية .

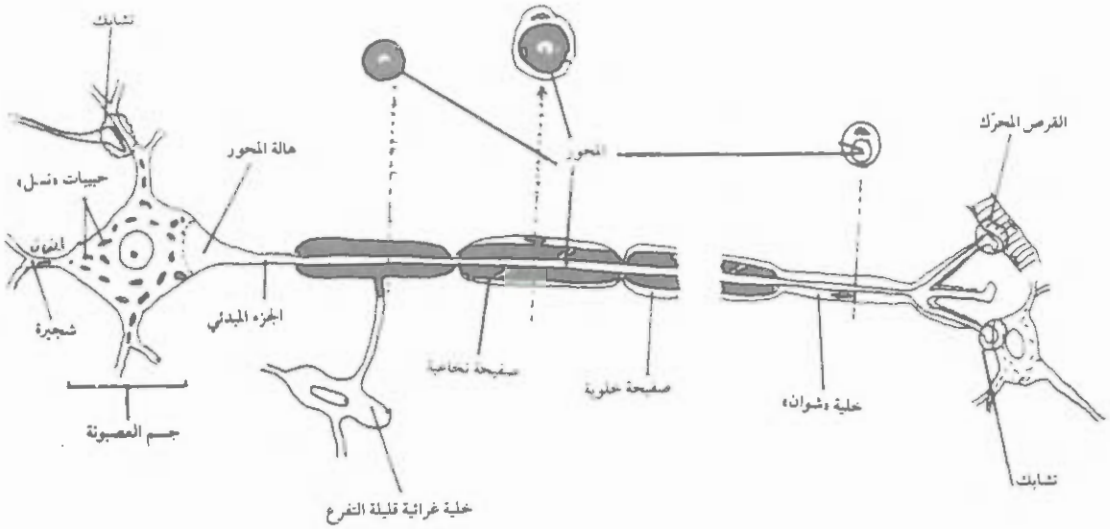
٣ ـ خلايا عصبية ثنائية القطب وفيها يخرج من كل طرف للخلية ليفة، أحداهما تعمل كمحور والأخرى كشجيرة . مثل بعض خلايا شبكية العين والمنطقة الشمية للأنف .

٤ ـ خلايا عصبية عديدة الأقطاب ولها محور واحد وعدد من الشجيرات، وتقسم الى ثلاثة أنواع يسمى كل نوع حسب شكل جسم الخلية وهى :

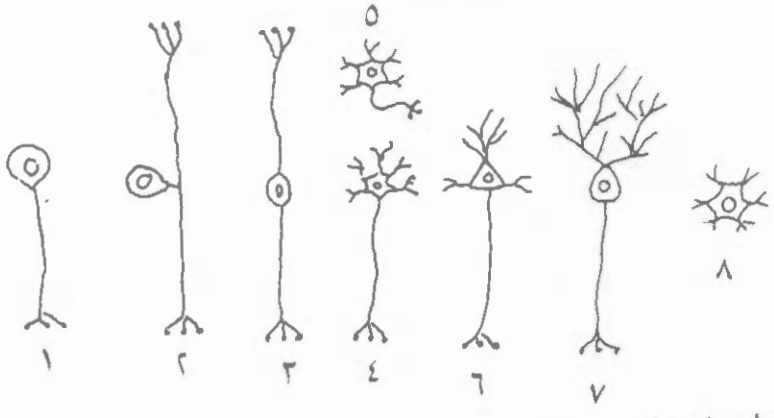
أ ـ خلايا نجمية Stellate وفيها يكون لجسم الخلية أركان يبرز من أحدها المحور ويبرز من الباقى الشجيرات . ويعتبر هذا النوع من أكثر الأنواع شيوعا . ومن أمثلته الخلايا المحركة فى الحبل الشوكى .

ب ـ خلايا كمثرية Fusiform وتخرج الشجيرات من قمتها بينما يخرج المحور من منتصف قاعدتها، كما فى بعض خلايا المخيخ التى تسمى خلايا بركنجى Purkinje cells .

جـ ـ خلايا هرمية Pyramidal وتخرج الشجيرات من أركانها بينما يخرج المحور من منتصف القاعدة كما فى الخلايا المحركة فى المخ والتى تكون ضخمة جدا فى بعض المناطق كخلايا «بتز» Betz cells .



أ ـ رسم تخطيطي لعصبونة



ب ـ أنواع العصبونات

١ ـ أحادية ٢ ـ احادية كاذبة ٣ ـ ثنائية ٤ ـ نجمية طويلة المحور
٥ ـ نجمية قصيرة المحور ٦ ـ هرمية ٧ ـ كمثرية ٨ ـ عديمة المحور

شكل (٦٤)

وهناك بعض الخلايا العصبية التى ليس لها محور ولذلك تسمى بالعصبونات غير المحورية Anaxonic neurones مثل بعض خلايا شبكية العين المسماة Amacrine cells .

وتقسم العصبونات حسب طول محورها الى نوعين : نوع ذو محور طويل (Golgi I) الذى ينقل الحافز العصبى الى مناطق بعيدة عن جسم العصبونة وهو يمثل معظم الخلايا العصبية .

والنوع الثانى محوره قصير (Golgi II) ينتهى عند مسافة غير بعيدة من جسم الخلية مثل بعض خلايا المخيخ .

كما تقسم العصبونات حسب وظائفها الى عصبونات محركة Motor neurones حيث تنقل الحافز العصبى من الجهاز العصبى المركزى الى العضلات أو الغدد، وعصبونات حسية Sensory neurones وتنقل

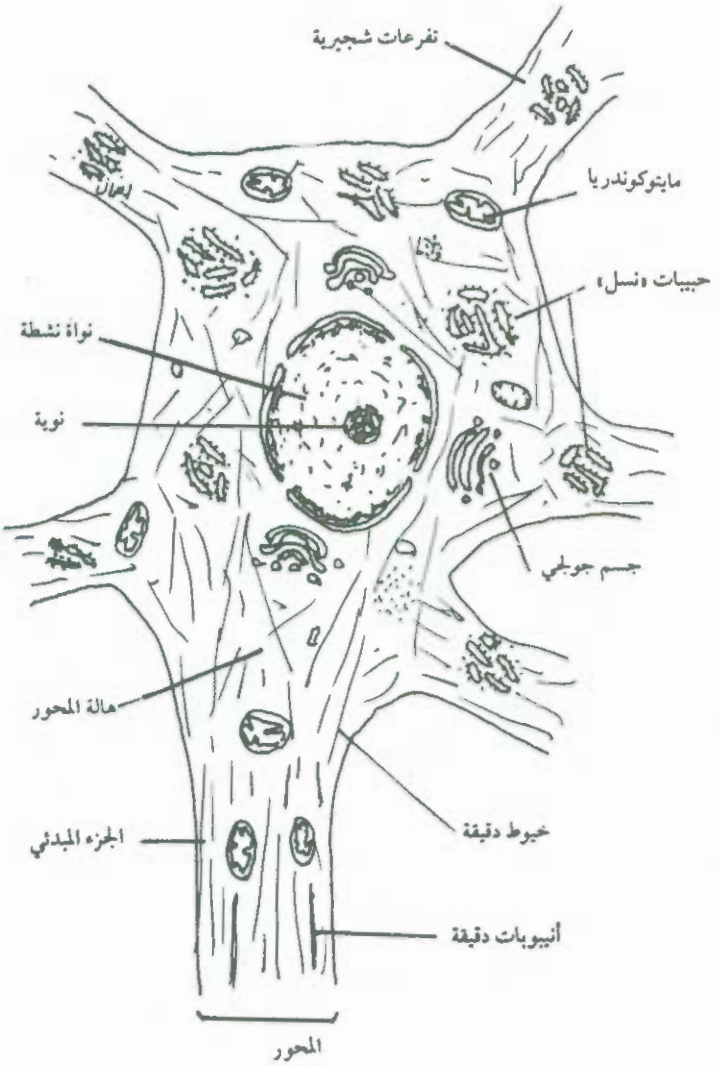
الاحساسات الى الجهاز العصبى المركزى، كما توجد خلايا عصبية فارزة Neurosecretory فى بعض مناطق المخ وخاصة فى منطقة تحت سرير المخ Hypothalamus وهى تقوم بتصنيع بعض الهرمونات التى تُحمل بواسطة المحاور الى الفص العصبى من الغدة النخامية.

التركيب المجهرى الدقيق للعصبونة كما يبدو بالمجهر الالكترونى :

كما هو الحال فى جميع الخلايا، للعصبونة غشاء خلوى يمتد من جسم العصبونة ليحيط بالمحور والشجيرات، ولها سيتوبلازم يتميز بوجود عضيات عادية ويوجد فيه بوجه خاص :

١ ـ أجسام جولجى كبيرة نشطة تحيط بالنواة.

٢ ـ مناطق من الشبكة الاندوبلازمية الخشنة مع العديد من الريبوسومات مكونة حبيبات نسل ولاتمتد هذه الحبيبات الى سيتوبلازم المحور كما ذكر من قبل ولكنها توجد فى الشجيرات.



شكل (٦٥) رسم تخطيطي لجسم العصبونة كما يرى بالمجهر الالكتروني

٣ ـ كميات كبيرة من الخيوط الدقيقة التى تتجمع لتكون الليفات العصبية علاوة على **الانيبوبات** الدقيقة ويكونان معاً هيكل الخلية العصبية. وقد توجد الانيبوبات الدقيقة فى تنظيمات خاصة فى محاور بعض الخلايا العصبية لبعض الحيوانات (شكل ٦٥).

٤ ـ اعداد كبيرة من المايتوكوندريا وخاصة فى نهايات المحور عند التشابكات.

٥ ـ كميات لابأس بها من المواد الصفراء الصبغية Lipofuscin pigments فى جسم العصبونة. وهذه هى الحويصلات الفضلاتية الناتجة من نشاط الليسوسومات.

٦ ـ حبيبات الميلانين الداكنة فى أجسام بعض العصبونات.

٧ ـ نواة نشطة معظم الكروماتين فيها من النوع الحقيقى.

ويشير تركيب العصبونة الى أنها من أكثر الخلايا نشاطا فى تصنيع البروتينات وذلك لتعويض مايفقد منه أثناء النشاط الفائق للخلية بوجه عام وغشائها على وجه الخصوص.

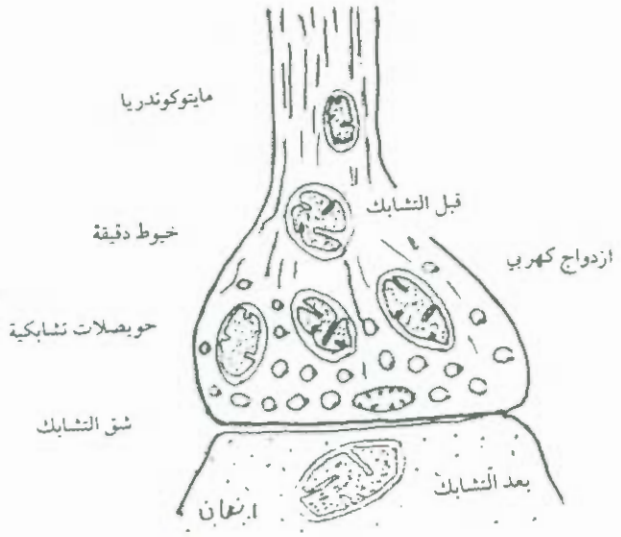
التشـــابك العصبـــى Synapse

هو مكـان اتصـال جزء من خلية عصبية بجزء من خلية عصبية تالية ويتحكم فى سرعة انتقال السيال العصبى بينهما.

ويتكون التشابك العصبى من ثلاثة أجراء هى :

١ ـ الجـزء ماقبـل التشـابك Presynaptic وهو نهاية محور منتفخ يتخذ شكلا يتلاءم مع باقى مكونات التشابك ويحتوى على عدد كبير من المايتوكوندريا وعلى حويصلات صغيرة تحتوى على الناقلات العصبية Neurotransmitters مثل الادرينالين والاستيل كولين ويسمى التشابك ادرينالياً أو كولينيا حسب نوع الناقل العصبى الموجود فى حويصلاته.

٢ ـ الجزء مابعد التشابك Postsynaptic ويتخذ أشكالا متوائمة مع الجزء ماقبل التشابك. ويوجد على غشـائه مستقبلات Receptors خاصة بالادرينالين، أو بالاستيل كولين. وقد يكون هذا الجزء من



شكل (٦٦) التشابك العصبي

التشابك عبارة عن شوكة على شجيرة أو جزء من سطح جسم العصبونة أو غشاء الجزء المبدئى من المحور. وحسب طبيعة الجزء مابعد التشابك تكون تسمية التشابكات العصبية محورية شجيرية أو محورية جسمية أو محورية محورية.

٣ ـ شق التشابك وهو المسافة الضيقة التى تفصل بين جزئى التشابك ويبلغ عرضها ٢٠ نانومتر وتعبره الناقلات العصبية لتحفز الجزء مابعد التشابك. ويوجد فى الشق انزيمات تقوم بتحطيم جزيئات الناقلات بعد ان تؤدى مهمتها 'يصير التشابك جاهزا لنقل سيال جديد (شكل ٦٦).

وعند وصول السيال العصبى الى نهاية المحور تنطلق الناقلات من حويصلاتها لتصب فى الشق وتحفز الجزء مابعد التشابك عن طريق المستقبلات ثم ينتشر السيال على غشاء العصبونة التالية وهكذا.

الأعصـــاب الطـرفيـة Peripheral nerves

تخرج الأعصاب الطرفية من الدماغ والنخاع الشوكى لتصل الى جميع أجزاء الجسم وهى عبارة عن حزم من الالياف العصبية التى تكون اما محاور خلايا عصبية موجودة داخل الجهاز العصبى المركزى أو شجيرات لخلايا عصبية موجودة فى عقد خاصة خارج الجهاز العصبى المركزى، أو خليطاً منهما.

ويحاط العصب بطبقة من النسيج الضام الليفى القوى تسمى غلاف العصب Epineurium ، كما تحاط كل حزمة عصبية بطبقة من النسيج الضام تسمى غلاف الحزمة العصبية Perineurium يفصلها عما حولها من أنسجة طبقة من الخلايا الطلائية الحرشفية التى تعمل كعازل يمنع تسرب الحافزات العصبية من حزمة الى أخرى (شكل ٦٧).

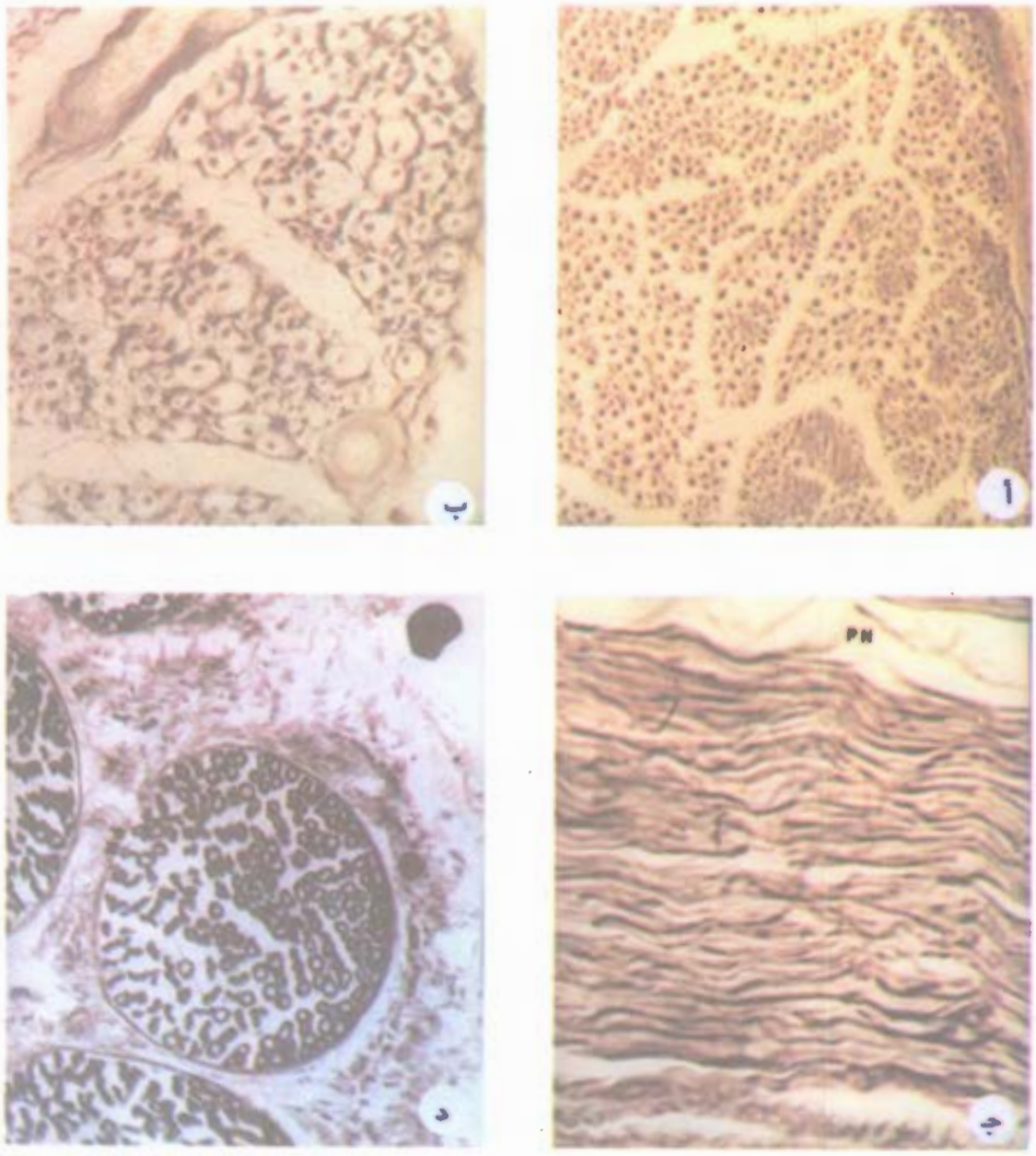
أما الليفة العصبية فتحاط بنسيج ضام سيب يسمح بمرور الامداد الدموى الى الالياف ويسمى بغلاف الليفة العصبية Endoneurium .

تحاط الالياف العصبية أيضاً بأغلفة أخرى تزيد فى حمايتها وفى عزلها وهذه الأغلفة هى :

١ ـ **الصفيحة العصبية الخلوية**: Neurilemmal sheath وهى عبارة عن خلايا منبسطة تحتضن الليفة العصبية تماما بداخلها وتعزلها عما حولها. وتسمى هذه الخلايا «خلايا شوان» Schwann cells وتتوالى خلايا شوان على طول الليفة العصبية تاركة فيما بينها مناطق عارية تسمى عقد «رانفيير» Nodes of Ranvier .

٢ ـ **الغـلاف النخـاعى** Myelin sheath وهـو طبقـة من البروتينات الدهنية متفاوتة السمك تنتج من التفاف الغشاء الخلوى لخلية شوان حول الليفة عدة مرات. ويغطى الغلاف النخاعى مناطق الليفة العصبية الواقعة بين كل عقدتين وبذلك تزيد من عزل الليفة، وكلما كانت الليفة سميكة وطويلة وتحتاج الى ان يكون مرور السيال العصبى عليها سريعا كلما كان سمك الغلاف النخاعى أكبر.

وتكون الألياف العصبية الموجودة فى الأعصاب الطرفية الجسمية Somatic nerves محاطة بالصفيحة العصبية وكذلك بغلاف نخاعى يكون سمكه كبيرا فى الالياف المحركة الطويلة التى تسمى ألياف «الفا» α -fibers ويقل سمكه فى الالياف الأخرى التى تسمى ألياف «بيتا» β- fibers والياف «جاما» γ-fibers حسب سمك هذه الطبقة. أما الالياف الذاتية فتكون محاطة بالصفيحة العصبية فقط وليست محاطة بالطبقة النخاعية.



شكل (٦٧)

أ ـ قطاع عرضي في عصب طرفي بالقوة الصغرى مصبوغ بالفضة

ب ـ جزء من «أ» بالقوة الكبرى

تلاحظ اغلفة الحزم المكونة من نسيج ضام (PN) . المحور الداكن والصفيحة النخاعية غير مصبوغة.

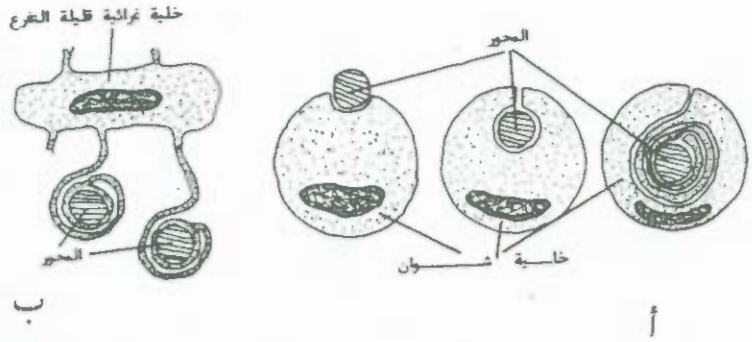
جـ ـ قطاع طولي في عصب طرفي بالقوة الكبرى. مصبوغ بالفضة المحاور داكنة والصفائح النخاعية باهتة.

د ـ قطاع عرضي في عصب مصبوغ برابع اكسيد الازميوم (Osmium tetroxide) . الصفيحة النخاعية سوداء.

الالياف العصبية فى الجهاز العصبى المركزى :

تتجمع الالياف العصبية فى الدماغ والحبل الشوكى مكونة المادة البيضاء White matter بينما توجد أجسام العصبونات فى المادة الرمادية Grey matter فقط. وتكون الالياف العصبية فى المادة البيضاء منخعه Myelinated أى تحاط بطبقة نخاعية ولكن ليس لها صفائح عصبية، وذلك لان الطبقة النخاعية تتكون فى الالياف العصبية الموجودة فى الجهاز العصبى المركزى بطريقة تختلف عن الطريقة التى تتكون بها فى الالياف الطرفية.

ففى الجهاز العصبى المركزى يكوّن الطبقة النخاعية نوع من الخلايا الغرائية المسماة بقليلة الافرع Oligodendroglia والتى ترسل تفرعاتها المفلطحة لتلتف حول الالياف العصبية مكونة الصفيحة النخاعية، الا ان سيتوبلازم الخلية الغرائية يبقى بعيداً عن الليفة، ولذلك لاتتكون صفائح خلوية حولها (شكل ٦٨).



شكل (٦٨) تكوّن الصفيحة النخاعية

أ ـ في الاعصاب الطرفية

ب ـ في الجهاز العصبي المركزي

جـ ـ الصفيحة النخاعية كما تظهر بالمجهر الالكتروني (تكبير ٩٥٠٠٠ مرة)

وتكون الالياف العصبية الموجودة فى المادة الرمادية غير منخعة وليس لها صفائح خلوية .

ومن هذا العرض يتبين ان هناك أربعة أنواع من الالياف العصبية :

١ ـ ألياف منخعة ذات صفائح خلوية مثل الالياف المحركة فى الاعصاب الطرفية .

٢ ـ ألياف غير منخعة ذات صفائح خلوية مثل الالياف غير الارادية الموجودة فى الأعصاب الذاتية .

٣ ـ ألياف منخعه بدون صفائح خلوية مثل ألياف المادة البيضاء فى الجهاز العصبى المركزى .

٤ ـ ألياف غير منخعة بدون صفائح خلوية مثل الالياف الموجودة فى المادة الرمادية فى الجهاز العصبى المركزى .

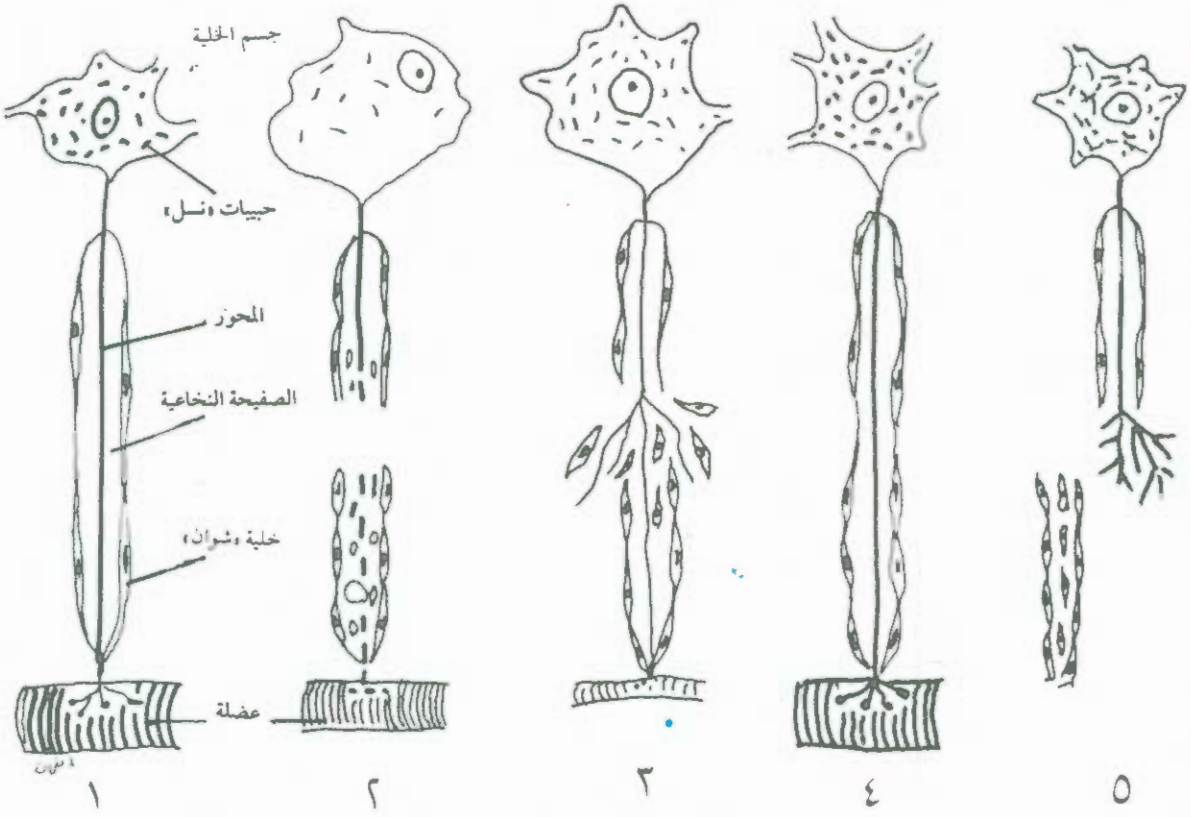
التئـام الأعصـاب Regeneration of Nerves

اذا قطع عصب طرفى فان المحور والطبقة النخاعية فى الالياف العصبية يضمران تدريجيا الى ان يختفيا فى الجزء القاصى من العصب (أى البعيد عن جسم العصبونة) .

أما خلايا شوان فانها تبقى مكونة أنبوبة خلوية فى مكان الليفة التى اختفت .

وبمرور الوقت تستطيل نهايات المحاور من الجزء الدانى لليفة العصبية فى اتجاه الاسطوانات التى كونتها خلايا شوان .

فاذا كانت نهايتى الليفـة العصبية قريبتين أو أمكن تقريبهما فان المحاور النامية تدخل فى الاسطوانات



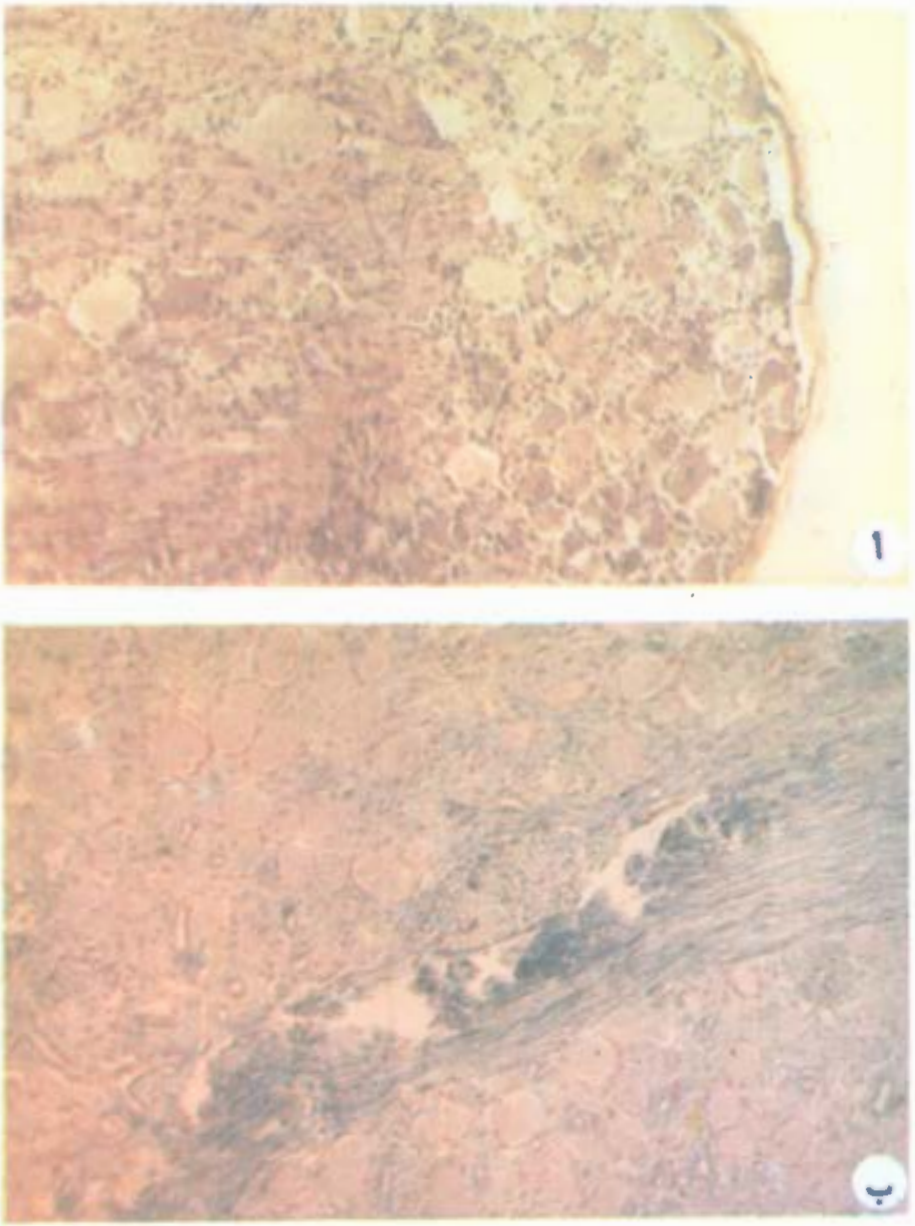
شكل (٦٩) التئام الألياف العصبية الطرفية عند تقابل الطرفين المقطوعين (١ـ٤) وعندما لا يتقابلان (٥)

الخلوية وتمتد بداخلها ويتم التئام العصب خلال بضعة أسابيع .

واذا قطعت الالياف العصبية فى الجهاز العصبى المركزى فان الأجزاء المفصولة عن الخلايا تتحلل ولايتبقى لها أثر. ولايتم التئام هذه الالياف لانها تفتقد الصفائح العصبية الضرورية لعملية الالتئام (شكل ٦٩).

العقـد العصبيـة Ganglia

العقـد هى تجمعات من أجسام العصبونات ومن الالياف العصبية، ويحيط بالعقدة نسيج ضام يسمى بالمحفظة .



شكل (٧٠) العقد العصبية

أ ـ العقدة الشوكية مصبوغية بـ H&E . القوة الوسطى .

ب ـ العقدة الذاتية مصبوغة بالصبغة الثلاثية . القوة الوسطى .

وهناك نوعان من العقد العصبية هى :

١ ـ **العقد الشوكية** Spinal ganglia : وتوجد خارج الحبل الشوكى فى بداية الأعصاب الشوكية . وتوجد بها تجمعات من الخلايا العصبية أحادية القطب الكاذبة المختلفة الاحجام والاصطباغ يحيط بكل منها بالكامل طبقة من الخلايا التابعة Satellite cells ويتخلل مجموعات الخلايا اعداد قليلة من الألياف العصبية المنخعة التى تتجمع فى حزم على أحد جوانب العقدة .

٢ ـ **العقد الذاتية** Autonomic ganglia : وتوجد فى مسار الأعصاب الذاتية وقد توجد داخل بعض الأعضاء . وبها عدد كبير من الخلايا العصبية متعددة الاقطاب ومتساوية الأحجام والمبعثرة تتخللها الالياف العصبية غير المنخعة وتحاط كل خلية منها بطبقة غير كاملة من الخلايا التابعة (شكل ٧٠) .

النهايات العصبية Nerve Endings

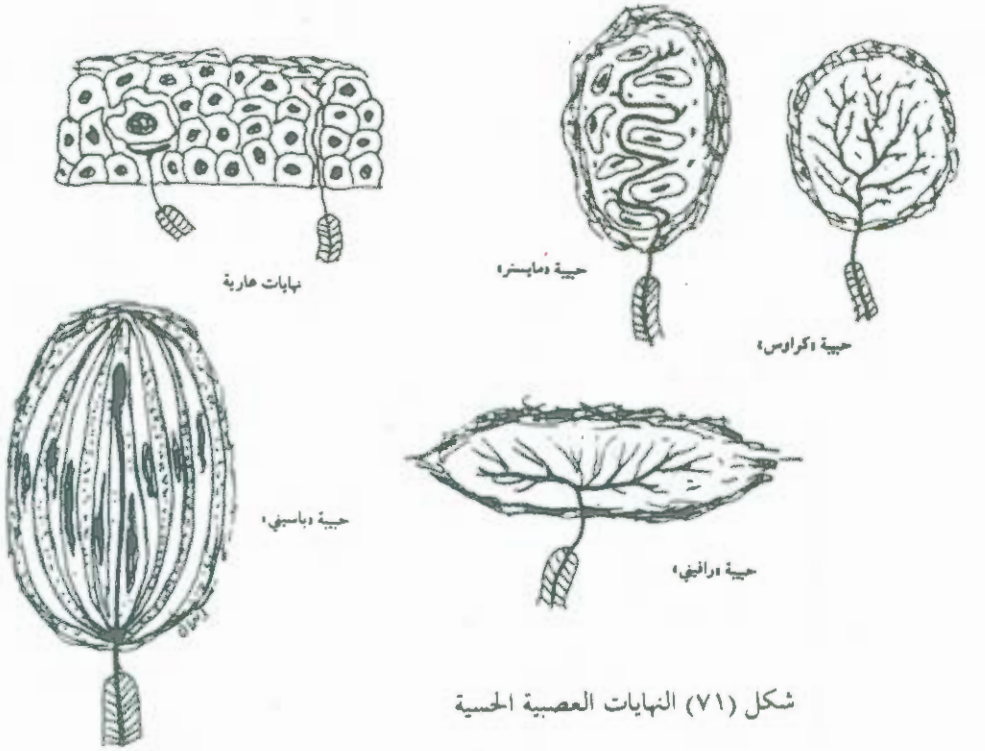
تقسم النهايات العصبية حسب وظائفها الى حسية ومحركة .

أولا : النهايات الحسية Sensory nerve endings وتقوم باستقبال الاحساسات المختلفة من خارج أو داخل الجسم ، وهذه النهايات هى شجيرات لخلايا توجد أجسامها فى العقد الشوكية . وهناك ثلاثة أنواع من النهايات الحسية هى :

١ ـ نهايات حسية خارجية Exteroceptors تستقبل الاحساسات من خارج الجسم وتكون عادة موجودة فى الجلد .

٢ ـ نهايات حسية داخلية Enteroceptors وتستقبل الاحساسات من الأحشاء .

٣ ـ نهايات حسية اتزانية Propreoceptors وتستقبل الاحساسات من العضلات والأوتار وتجعل الانسان واعياً بحركته وبسكونه .



شكل (٧١) النهايات العصبية الحسية

وتقسم النهايات الحسية الخارجية حسب نوع الاحساس الذى تستقبله وتنقله الى مايلى :

١ ـ نهايات الألم Pain endings وهى عبارة عن تفرعات لالياف عصبية عارية تماما تتخلل خلايا طبقة البشرة من الجلد. وتوجد بشكل أكثر كثافة فى الطبقة الطلائية المغطية لقرنية العين. كما توجد فى بطانة القناة الهضمية وفى سمحاق العظم ولب الاسنان وداخل العضلات، أى فى كل مكان يمكن أن يشعر الانسان فيه بالألم.

٢ ـ نهايات «ميركل» اللمسية Merckle's touch endings وفيها تصبح نهاية الليفة العصبية مفلطحة ومقعرة كالملعقة وتحيط بخلية طلائية خاصة من خلايا بشرة الجلد تسمى خلية ميركل. وعند لمس الجلد فوق هذه الخلية مباشرة ينتقل الاحساس باللمس عبر الالياف العصبية الى الجهاز العصبى المركزى.

٣ ـ انتفاخ «كراوس» Krause's bulb وأجسام «رافينى» Ruffini's corpuscles وهى عبارة عن طبقات من الياف النسيج الضام التى تكون محفظة حول نهايات عصبية حسية. ويقوم هذان النوعان بنقل الاحساس بالبرودة والسخونة على التوالى، وتوجد فى ادمة الجلد.

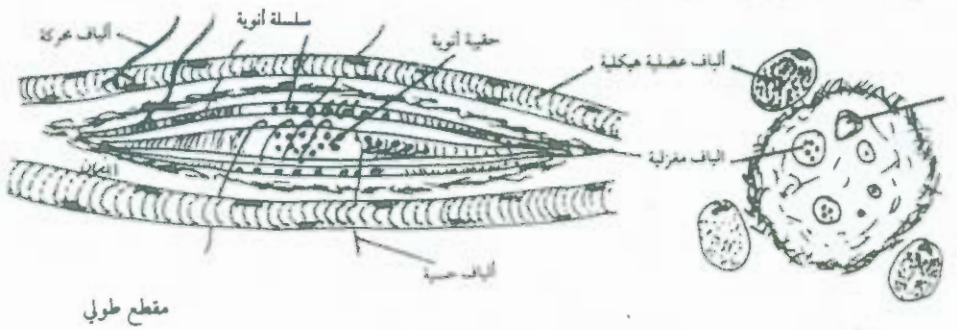
٤ ـ أجسام «مايسنر» اللمسية Meisner's touch corpuscles وتوجد فى حلمات أدمة الجلد وخاصة فى أطراف الأصابع وهى متخصصة فى الاحساس باللمس المميّز. وتحاط النهايات العصبية ببعض خلايا شوان ممزوجة بالنسيج الضام.

٥ ـ أجسام «باسينى» للضغط Pacenian corpuscles وتوجد فى أعماق أدمة الجلد وفى بعض الأعضاء الحشوية كالبنكرياس. وتتكون من طبقات عديدة من خلايا شوان المتحورة توجد فى مركزها ليفة عصبية عارية. ويوجد حول النهاية العصبية سائل يستجيب للضغط ويحفز النهايات العصبية (شكل ٧١).

المغـــازل العضليـــة Muscle spindles

هى أجسام بيضاوية الشكل توجد فى العضلات الهيكلية بين حزم الالياف العضلية، تحاط بمحفظة ليفية تفصلها عما حولها من ألياف عضلية عادية. ويوجد بالمغزل نوعان من الألياف العضلية المتحورة: النوع الأول رفيع وطويل به عدد من الأنوية التى تترتب على شكل سلسلة ولذلك فهى تسمى الألياف ذوات السلاسل النووية Nuclear chain fibers أما النوع الثانى فهو أسمك وينتفخ عند منتصفه حيث توجد مجموعة من الأنوية ولذلك يسمى بالالياف ذوات الحقائب النووية Nuclear bag fibers .

وتدخل النهايات العصبية الحسية الى المغزل لتنتهى حلزونيا حول الحقائب النووية ولتنتشر على السلسلة النووية فى شكل باقات الزهور (شكل ٧٢).

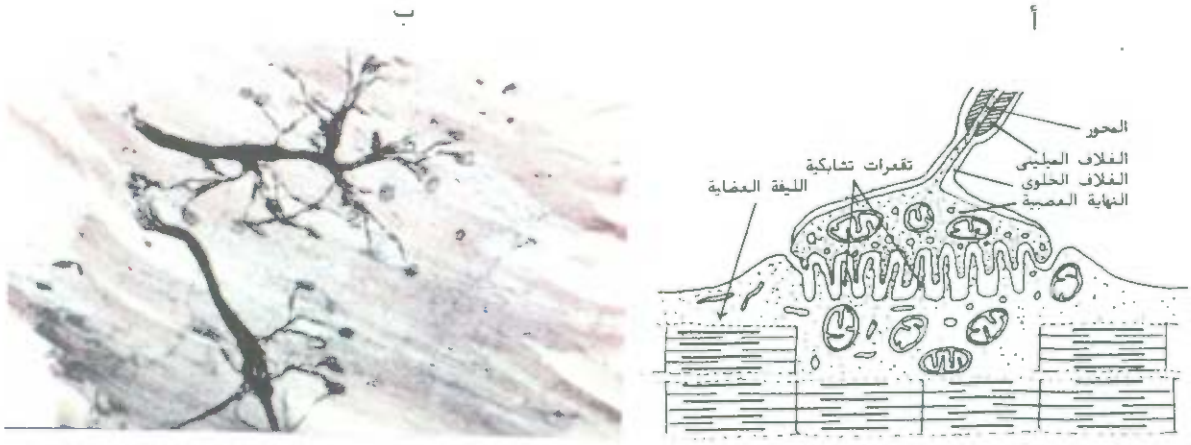


شكل (٧٢) رسم تخطيطي للمغزل العضلي

ويصل الى الالياف العضلية فى المغزل ايضا الياف عصبية محركة من النوع «جاما» وعند تقلص العضلة ينتقل الاحساس بالتقلص الى الجهاز العصبى فيحاط علما ويقوم بعمل التوازن العضلى المناسب.

ثانيا : النهايات المحركة Motor nerve endings

وهى نهايات لالياف عصبية من النوع «الفا» التى توجد أجسام عصبوناتها فى الحبل الشوكى والدماغ. وعند اقتراب الليفة العصبية المحركة من الالياف العضلية تفقد غلافها النخاعى وتتفرع الى عدد من النهايات ينتهى كل منها على ليفة عضلية. وتكون النهايات المحركة الخاصة بالالياف العضلية الملس والالياف القلبية بسيطة، ولكن تكوّن تلك التى تنتهى على الالياف الهيكلية تراكيب خاصة تسمى بالاقراص المحركة Motor end plates التى تقابل الغشاء الخلوى لليفة العضلية، لايفصلها سوى مسافة ضيقة. وفى جانب الليفة العضلية المقابل للقرص يتعرج الغشاء الخلوى ليزيد من سطحه مكونا تقعرات تشابكية Synaptic gutters وتشبه النهايات المحركة فى تركيبها الجزء ماقبل التشابك فى التشابكات العصبية (شكل ٧٣).



شكل (٧٣) النهايات المحركة
أ ــ رسم تخطيطي بالمجهر الالكتروني ب ــ صورة بالمجهر الضوئي معاملة باملاح الفضة

وعند وصول الحافز العصبى الى النهاية المحركة تنطلق ناقلات كيميائية تؤثر على مستقبلات خاصة على غشاء الليفة العضلية فتنشط وينتشر الحافز على سطحها ومنه الى الأنيبوبات المستعرضة ومن ثم الى الشبكة الاندوبلازمية.

الخلايا الغرائية العصبية Neuroglial cells

هى مجموعة من الخلايا التى تتخلل النسيج العصبى وخاصة فى الجهاز العصبى المركزى وتقوم بوظيفة النسيج الضام العادى وذلك لعدم وجود مثل هذا النسيج فى الجهاز العصبى المركزى.

والخلايا الغرائية العصبية هى :

١ ـ الخـلايا النجميـة Astrocytes

وهى خلايا ذات تفرعات عديدة تتخلل مكونات النسيج العصبى وتقوم بمعاونة خلاياه وذلك بنقل المواد المختلفة منها واليها. وكذلك تدخل فى تكوين الحائل الدموى العصبى Blood brain barrier وتنشأ الخلايا النجمية من الاكتودرم. وتنقسم الى نوعين هما :

أ ـ خلايا نجمية حبيبية Granular astrocytes : وتتميز بأن الخـلايا وتفـرعـاتها مليئة بحبيبات سيتـوبلازمية. ويوجد هذا النوع فى المادة السنجابية حيث تحيط الخلايا بأجسام العصبونات بواسطة تفرعاتها وبذلك تمنع الاتصال المباشر بينها وبين الأوعية الدموية.

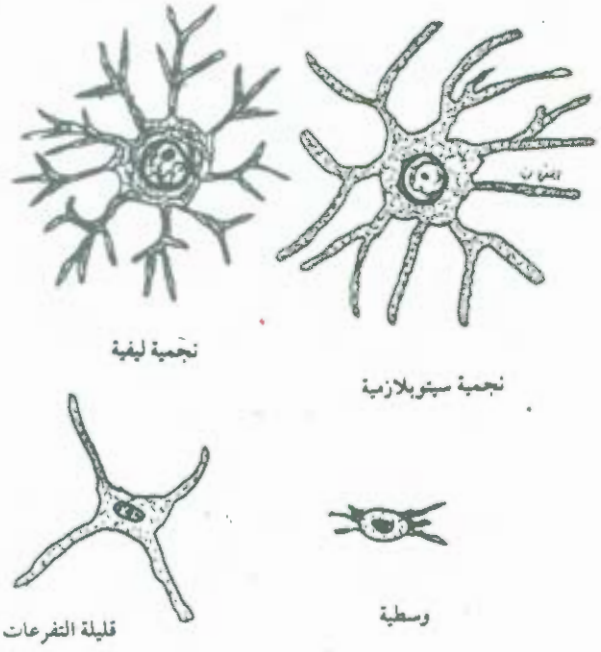
ب ـ خلايا نجمية ليفية Fibrous astrocytes : وتتميز بوجـود الكثير من الليفات فى سيتوبلازم الخلايا وتفرعاتها. وتتفرع هذه الخلايا بين الالياف العصبية فى المادة البيضاء للجهاز العصبى المركزى. ولاتوجد عادة فى المادة السنجابية.

٢ ـ الخـلايا قليلة الأفرع Oligodendroglia

وهى خلايا مستطيلة لها عدد محدود من الأفرع التى تمر بين الالياف العصبية فى المادة البيضاء وتلتف حولها مكونة الغلاف النخاعى. ويلاحظ ان جسم الخلية نفسه يكون بعيدا عن الالياف العصبية ولذلك لايكوّن صفيحة كما تكوّن خلايا شوان حول الالياف العصبية الطرفية. وتنشأ هذه الخلايا أيضا من الاكتودرم.

٣ ـ الخـلايا الغرائيـة الوسـطية Mesoglia

وهى خلايا تنشأ من الميزودرم وتدخل الى النسيج العصبى مع الأوعية الدموية. وهى صغيرة ولها بعض الأفرع القصيرة ولها القدرة على الالتهام. ولذلك فهى تكثر فى حالة التحلل الخلوى العصبى حيث تقوم بالتهام بقايا الأنسجة المتحللة (شكل ٧٤).

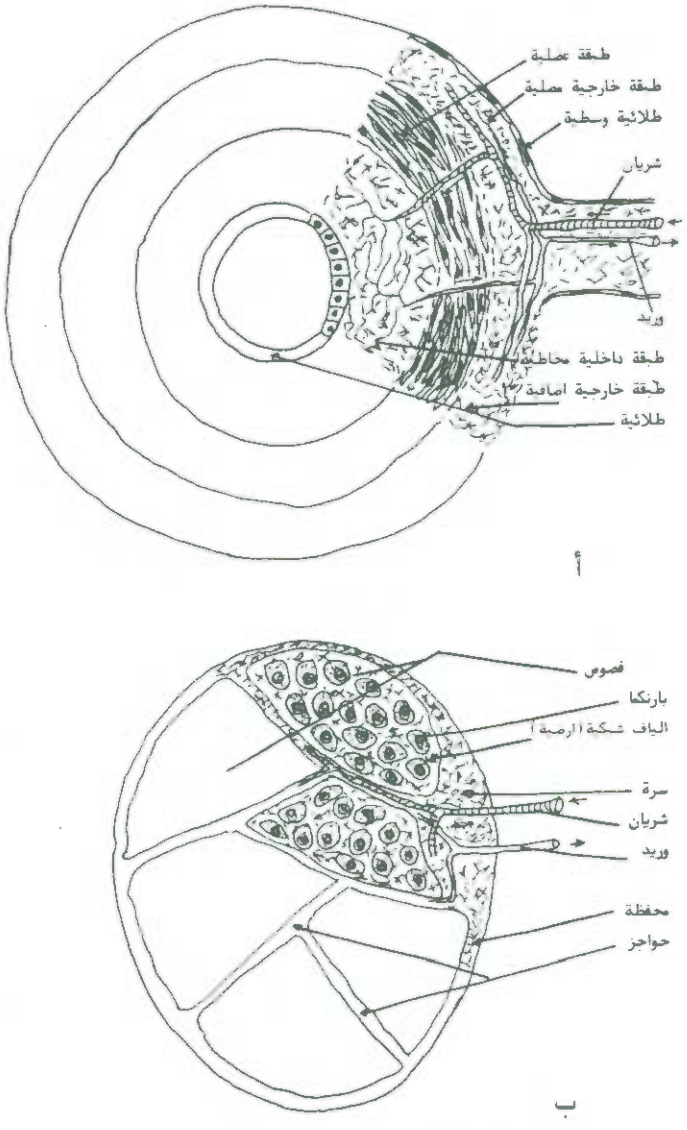


شكل (٧٤) خلايا الغراء العصبي

أجهـــزة الجســـم

تتكـون أجهزة الجسم المختلفة من أعضاء يتكون كل منها من مجموعة من الأنسجة المرتبة ترتيبا خاصا لتمكن هذا العضو من اداء وظيفته .

وتكون الأعضاء اما أنبوبية أو صلبة ولكل نوع من هذين النوعين طراز بنائى خاص .



شكل (٧٥) البناء العام لأعضاء الجسم

أ ـ عضو أنبوبي

ب ـ عضو صلب

أ - **الأعضاء الأنبوبية :**

تتكون غالبية أجهزة الجسم من أعضاء انبوبية . وأمثلة ذلك القناة الهضمية والممرات التنفسية والأوعية الدموية والمسالك البولية والأنابيب التناسلية .

وتتشابه جدران الأعضاء الأنبوبية فى الأجهزة المختلفة الى حد بعيد ولذلك يمكن وضع تصميم بنائى عام لها . فجدار الأعضاء الانبوبية يحده سطحان ، أحدهما خارجى والآخر داخلى ويغطى السطح الخارجى كما يبطن السطح الداخلى نسيج طلائى خاص يختلف فى تركيبه حسب الوظائف التى يؤديها .

يتكون الجدار من ثلاث طبقات :

١ - **الطبقة الخارجية** وهى عبارة عن الغطاء الطلائى علاوة على طبقة من النسيج الضام .

٢ - **الطبقة العضلية** وتتكون من طبقات من الألياف العضلية يفصلها عن بعضها أنسجة ضامة .

٣ - **الطبقة الداخلية** وهى عبارة عن البطانة الطلائية وطبقة من التسيج الضام .

ويمكن فصل الطبقة الخارجية أو الطبقة الداخلية من جدار العضو بسهولة . . ويطلق على هذه الطبقات (١ ، ٢) الأغشية السطحية . وتعتبر هذه الأغشية السطحية أهم مكون وظيفى للأعضاء الأنبوبية ولذلك فهى مهيأة للوظائف التى تؤديها وتميز أى عضو عن غيره من الأعضاء (شكل ٧٥) .

وهناك أربعة أنواع من الأغشية السطحية :

١ - **الغشاء الجلدى** : ويغطى المناطق التى تتعرض لسطح جاف وهى لذلك وقائية وطلائيتها من النوع المتقرن .

٢ - **الغشاء المخاطى** : ويبطن الأنابيب الداخلية التى تفتح الى خارج الجسم . ويكون هذا الغشاء رطبا دائما لأنه يغطى بسائل مخاطى كما هو فى الجهاز الهضمى والتنفسى ، أو بسائل خاص كما فى الجهاز البولى والتناسلى .

٣ - **الغشاء المصلى** : ويبطن فجوات الجسم مثل التجويف البريتونى والتامور والبلورا ويغطى هذا النوع ايضا الأعضاء التى تتدلى فى هذه الفجوات . ويكون هذا الغشاء رطبا وذلك لتغطيته بسائل مصلى ينشأ من بلازما الدم . وتكون طلائية الغشاء المصلى حرشفية ناعمة تسمى الطلائية الوسطية .

٤ - **الغشاء الوعائى** ويبطن الأوعية الدموية واللمفاوية والقلب وبطانيته حرشفية . ويرطبها الدم أو اللمف .

وتتبع الأوعية الدموية فى جدار الأعضاء الأنبوبية نظاما خاصا :

فيدخل الشريان عموديا على السطح الخارجى للعضو ثم يعطى تفرعات موازية للسطح فى الطبقة الضامة الخارجية . ويخترق الطبقة العضلية تفرعات عمودية لتتفرع مرة أخرى فى الطبقة الضامة الداخلية . وتصاحب الأوردة والأعصاب فى مسارها الشرايين .

ب - **الأعضاء الصلبة (المصمتة) :**

يختلف حجم الأعضاء الصلبة من الكبير جدا مثل الكبد الى الصغير مثل العقد اللمفية ولكنها جميعا تتميز ببناء عام . فهى جميعا تحاط بمحفظة ليفية قوية وتنتشر فيها أرضية من النسيج الضام . واذا كان

العضو موجودا فى احدى فجوات الجسم فانه يكون مغلفا بطبقة مصلية. وتكون أرضية العضو اكثر كثافة ونموا فى أحد جوانبه لتكون السرة التى يدخل عندها الشريان العضوى ويخرج عندها الوريد والوعاء اللمفى. وتمتد من المحفظة الى داخل العضو حواجز ليفية قد تكون غير منظمة أو تكون منظمة وفى هذه الحالة تقسم العضو الى فصيصات محددة. أما باقى أرضية العضو فتحتوى على شبكة رقيقة من الألياف الشبكية التى تكون دعامة للخلايا الأصلية للعضو أو «البارنكيما» وقد تتجمع خلايا البارنكيما فى أشكال مختلفة كالأحبال والتجمعات والحويصلات والحزم. . الخ. وقد تكون البارنكيما موزعة بانتظام خلال العضو أو تتركز فى المنطقة التى تلى المحفظة وبذلك ينقسم العضو الى قشرة خارجية ولبا مركزيا كما فى العقد اللمفية (شكل ٧٥).

ويدخل الشريان العضوى من خلال السرة ثم يتفرع فى الحواجز، ويخرج من الشرايين الحاجزية تفرعات لتغذى البارنكيما عن طريق شبكة شعيرية تتخلل الخلايا. وتتخذ الأعصاب والأوردة نفس مسار الشرايين.