محاضرة اولى فسلجة حيوان

علم الفسلجة Physiology
ويعرف ايضا علم الوظائف وهو العلم الذي يبحث في فعاليات المادة الحية سواء على مستوى الكائن الحي باكمله او عضو منه او على مستوى الخلية او جزء منها .
يختلف علم الوظائف عن بقية العوم الحياتية في انها متعلقة بديناميكية المادة الحية في حين تهتم العلوم الاخرى بالحالة الستاتيكية للمادة الحية .
توجد مدرستان في تفسير الحياة ومظاهرها هما المدرسة الحيوية (Vistaalism) والمدرسة الالية (Mechanism) ونظرية الحيويون Vitalists بانه توجد قوة او طاقة حيوية تتحكم بالمادة الحية وهذه القوة كائنه خارج الجزيئات والذرات المكونه للمادة الحية في حين ان نظرية الاليون Mechanists او الماديون Materialists تمثل بايجاد تفاسير لمظاهر الحياة اعتمادا على الاسس المادية التي لا تتعدى حدود الذرات والجزيئات المكونة للمادة الحية ولذا يلجاون الى وسائل الفيزياوية والكيمياوية في محاولاتهم لفهم كنه الحياة.
علم الفسلجة التجريبي :
علم الفسلجة هو علم تجريبي Experimental Scinence أي ان معطيات Data يتم الحصول عليها عن طريق تجريبي أي باجراء التجارب Experiments في حين ان معظم العلوم الحياتية الاخرى هي اكثر ما تكون وصفيه Descriptive Science أي تعتمد على الملاحظة الدقيقة والوصف دون الحاجة الى اجراء التجارب ، والتجربة ماهي الا محاولة للاجابة على سؤال يطرح من قبل الطبيعة وعند اجراء التجربة يجب خلق الظرف المناسبة لها بحيث يصبح بالامكان دراسة تاثير عامل واحد فقط على المادة تحت ظروف التجربة .
الاثر الفسلجي لدرجة الحرارة :
ان درجة الحرارة من العوامل البيئية المهمة ذات التاثير الكبير على فعاليات الكائنات الحية لذا فانها تحدد الى حد كبير مدى انتشار الحيوانات والنبات على سطح الكرة الاضية .
تنظيم درجة حرارة الجسم Regulation of body temperature:
ان الطاقة الكامنة الموجودة في المواد الغذائية التي يتناولها الحيوان تتحول في النهاية الى طاقة حرارية اما مباشرة او بعد انجازها لشغلا مفيدا في الجسم وذلك عند تحول ATP الى ADP مثلا على ذلك عند الامساك بطير او حيوان لبون نلاحظ ان اجسامها حارة وتنبعث منها هذه الحرارة نتيجة لحرق المواد الغذائية اذ تعد الحرارة ناتج عرضي لعملية التنفس الخلوي التي تهدف الى تزيد الخلايا بطاقة مفيدة لتسير الفعاليات الحيوية المختلفة تقسم الحيونات من حيث درجة الحرارة الجسم الى :
1- الحيوانات خارجية الحرارة Ectotherms: وهي الحيوانات التي تنظم درجة حرارة الجسم باكتساب الحرارة من المحيط الخارجي سواء من الماء الدافئ التي تعيش فيه او من الشمس او من الصخور والتربة التي هي في تماس معها وتمتاز هذه الحيونات بقدرتها على التحكم في درجة حرارة الجسم كثيرا او قليلا (أي حيوانات متغيرة الحرارة).
2- الحيوانات داخلية الحرارة Endotherms :وهي الحيوانات التي تنظم حرارتها بالاعتماد بدرجة رئيسية على حرارة الايض (الايض الداخلي) غير ان ذلك لا يمنع من الاستفادة الى حد ما من الحرارة الخارجية خصوصا في المناطق الباردة .ان الحيوانات ثابتة الحرارة هي بصورة عامة داخلية الحرارة كما ان بعض الحيوانات المغيرة الحرارة قد تلجا الى هذا الاسلوب في الحفاظ على درجة حرارة أجسامها بمستوى معين .
3- الحيوانات متباينة الحرارة Heterotherms: تشمل الحيوانات التي تكون درجة حرارة اجسامها ثابته ولكن قد تنخفض او ترتفع من الحد الطبيعي تحت ظروف معينة وبوسائل فسلجية ويقع العديد من الحيوانات ثابته الحرارة واخرى متغييرة الحرارة تحت هذا الصنف من الحيوانات ومن الوسائل الفسلجية التي تستخدمها هذه الحيونات لاحداث تباين حراري :-
أ- السبات الشتوي : تظهر كثير من اللبائن والطيور والسبات الشتوي اذ تنخفض خلالها درجة حرارة اجسامها عشر درجات عن الحد الطبيعي .
ب- التفاوت اليومي بين الليل والنهار في درجة حرارة الجسم والذي قد يبلغ 6-7 درجات مئوية كما في الجمال والاغنام .
ت- ظاهرة الخمول اليومي Daily Torpidity : تحدث هذه الظاهرة في العديد من اللبائن والطيور الصغيرة اذ تتغير فيها درجة حرارة الجسم خلال اليوم وذلك بانخفاضها في الليل عشرات الدرجات المئوية.
الحيوانات المتغيرة الحرارة Poikilotherms:
تمتاز هذه الحيونات بكون درجة حرارة اجسامها مساوية لدرجة حرارة المحيط اذ انها لاتتمكن من التحكم بدرجة حرارة الجسم الا في حالات نادرة فقط وضمن حدود ضيقة لا تتجاوز بضع درجات تحت او فوق درجة حرارة المحيط ويعود ذلك بصورة رئيسية الى عدم امتلاكها وسائل حفظ وتصريف الحرارة الناتجة من التمثيل

الغذائي وكذلك كون التمثيل الغذائي فيها واطئ مقارنة مع الحيوانات ثابته الحرارة .
بعض الحيوانات المتغيرة الحرارة تقوم بتنظيم درجة حرارة الجسماو المناطق التي تعيش فيها بواسطاطة وسائل سلوكية Behavioral means وليست وظيفية مثلا تقوم الافاعي والعضيات في الشتاء بتعريض اجسامها لاشعة الشمس لرفع درجة حرارة اجسامها وبالعكس تلجا في الجو الحار الى الظلال والاماكن الباردة .
كما يلاحظ ان بعض انواع الفراش والحشرات الاخرى تحرك اجنحتها لبضع ثواني قبل الاقلاع وذلك لرفع درجة حرارة العضلات المحركة للاجنحة بضع درجات فوق درجة حرارة المحيط في الشتاء ويقوم النحل بضرب اجنحته على الرصيف المخزون في الخلايا وذلك لتبريد المكان في الطيف وفي الشتاء كثيرا ما يتم مشاهدة الحشرات وغيرها من الحيوانت مكدسة على بعضها تجنبا للانجماد .
ان عدم استطاعة الحيوانات المتغيرة الحرارة على التحكم في درجة حرارة اجسامها بطرق وظيفية كفؤه جعلها لا تنتشر في البيئات المختلفة ويتركز انتشارها في المناطق المعتدلة والاستوائية ونادرا ما تنتشر في المناطق الت تنخفض فيها درجة حرارة المحيط واذا وجدت في هذه المناطق فتلجا الى وسائل لمواجهة الموقف وضمان استمرار النوع منها :
1- تموت كثير من الحشرات والديدان وغيرها في فصل الشتاء في المناطق الباردة تاركة البيوض التي تؤدي رسالة استمرار النوع الى الفل الدافي التالي اذ ان البيوض مقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة كما انها تكون موضوعة في مناطق تحفظها من الانجماد مثلا في داخل التربة او داخل انسجة الحيوانات والنباتات او تلقى في الماء بعيدا عن المنطقة السطحية المنجمدة .
2- ان اغلب الحيوانات المتغيرة الحرارة هي مائية بذلك تستطيع تجنب الانجماد في الشتاء من خلال عيشتها تحت الطبقة الثلجية وفي البحار والمحيطات والانهار اذ ان درجة حرارة الماء لاتنخفض عن 40مo .
3- اما الحيوانات الاكثر حساسية للدرجات الحرارية الوطئة فانها اما تلجأ الى السبات الشتوي Hibernation اذ تزاول ادنى حد ممكن من الفعاليات الوظيفية او انها تهاجر الى مناطق اكثر دفئا.
الحيوانات ثابتة الحرارة Homotherms:
تستطيع هذه الحيوانات (الطيور واللبائن) ان تحافظ على درجة حرارة اجسامها ثايته ضمن حدود ضيقة جدا على الرغم من التغير في درجة حرارة المحيط . تتراوح درجة حرارة اجسام اللبائن بين 37-8مo ، وفي الطيور تتراوح بين 40-42 مo وتعود هذه القابلية على تنظيم درجة الحرارة الى عاملين هما :
1- قدرة الانسجة على توليد كمية كبيرة من الحرارة في الجو البارد والتقليل من توليد الحرارة في الجو الحار على العكس من الحيوانات المتغيرة الحرارة التي يكون فيها كمية الحرارة المنبعثة متناسبة طرديا مع درجة حرارة المحيط وتدعى هذه الوسلية في تنظيم درجة حرارة الجسم بالتنظيم الحراري الكيميائي chemical Thermoregulation
2- امتلاك هذه الحيونات وسائل عديدة للتحكم في كمية الحرارة المفقودة الى المحيط الخارجي ويتم ذلك بوساطة مايدعى التنظيم الحراري الفيزيائي Physical Thermorrgulation ، اذ يفقد الحيوان الحرارة الى المحيط الخارجي كاي جسم ساخن اخر بطرق فيزيائية منها الاشعاع Radiation والحمل Convection والتبخر Evaporation اما الحرارة الناتجة فيكون مصدرها هو التمثيل الغذائي Metabolism .

الأنسجة

مجموعة من الخلايا المتشابهة والتي تتخصص بأداء وظيفة معينة وتتماسك بالمادة ما بين الخلايا. وان مجموعة من الأنسجة تتجمع لتكون ما يدعى بالعضو مثل المعدة والأمعاء وغيرها.

تقسم الأنسجة إلى أربعة أقسام رئيسية:

أولا : النسيج الطلائي Epithelial Tissue

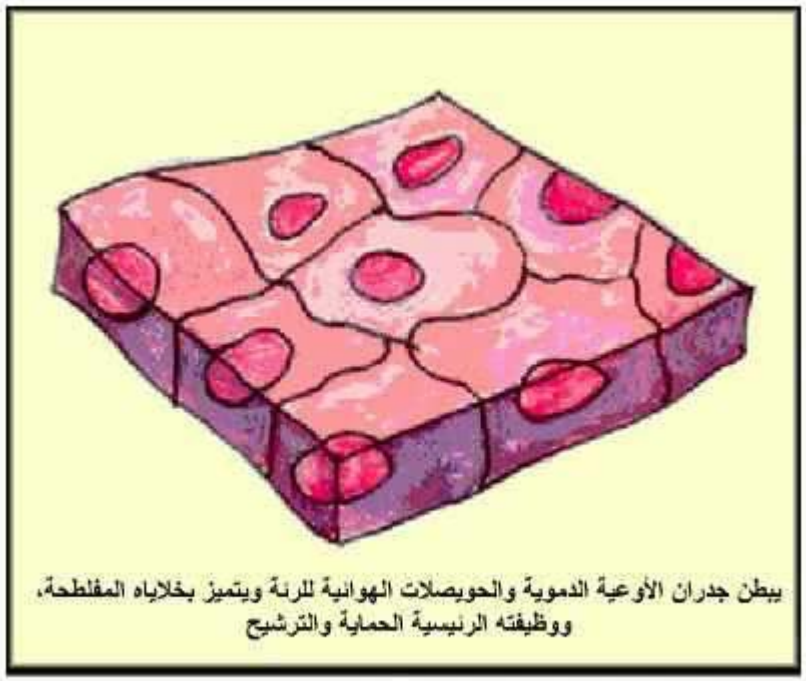
وهو النسيج الذي يغطي سطح الجسم ويغلف الأعضاء وكذلك يبطن الأعضاء المجوفة والأوعية الدموية والغدد وغيرها. ويقسم النسيج الطلائي إلى قسمين رئيسيين هما:

1- الأنسجة الطلائية البسيطة Simple E.T.

وتتكون من طبقة واحدة من الخلايا مرتكزة على الغشاء القاعدي، ويوجد عدة أنواع منها:

أ. النسيج الطلائي الحرشفي البسيط S. Squamouse E. T.: ومن أمثلته بطانة الأوعية الدموية والاسناخ الهوائية (الحويصلات الهوائية) والأوعية اللمفاوية.

شكل



يبطن جدران الأوعية الدموية والحويصلات الهوائية للرئة ويتميز بخلاياه المفلطحة، ووظيفته الرئيسية الحماية والترشيح

النسيج الطلائي المحرشف البسيط

ب. النسيج الطلائي المكعب البسيط S. Cuboidal E. T.: ومن أمثلته الأنابيب البولية في الكلية والغدد العرقية وفي الغدة الدرقية.

شكل

النسيج الطلائي المكعب

ج. النسيج الطلائي العمودي البسيط S. Columnar. E. T: ومن أمثلته بطانة المعدة والأمعاء. واحياناً تكون هذه الخلايا مهدبة مثل بطانة القصبة الهوائية والانف.

د. النسيج الطلائي المضعف العمودي الكاذب البسيط: ومن أمثلته بطانة الغدد اللعابية.

شكل

النسيج الطلائي العمودي

2- الأنسجة الطلائية المركبة Stratified E. T.:

وتتكون من عدة طبقات من الخلايا الطلائية، ويكون هذا النسيج أكثر قوة وأكثر تحملاً من أنواعه:

أ. النسيج الطلائي الحرشفي المركب S. Squamous E. T.: ومن أمثلته نسيج البشرة والمرئ والكرش والشبكية وأم التلافيف في الثديات.

ب. النسيج الطلائي العمودي المركب S. Colunar E. T.: ومن أمثلته بطانة البلعوم والغدد اللعابية.

ج. النسيج الطلائي الانتقالي المركب S. Transitional E. T.: ومن أمثلته بطانة المثانة وبطانة الحالب.

ثانيا : النسيج الضام Connective Tissues

وهو نسيج داخلي يتميز بكثرة المادة البينية ويصل بين الأنسجة والأعضاء ويربطها إلى بعضها البعض وله عدة أنواع:

1- النسيج الضام الحقيقي Proper C. T.

ويقسم إلى عدة أنواع:

أ. النسيج الضام الهوائي Areolar C. T.: وهو عبارة عن الياف تحصر بينها فجوات هوائية مثل الأنسجة أو النسيج حول الأوعية الدموية وتحت الجلد حيث تكون وسادة هوائية.

ب. النسيج الضام الليفي Fibrous C. T: وهو يتكون من حزم من الالياف كما في الأوتار.

ج. النسيج الضام المرن Elastic C. T.: ويتكون من ألياف مطاطية لها القدرة على التمدد كما في الأربطة وجدران الشرايين والحبال الصوتية وغيرها.

د. النسيج الضام الدهني Adipose C. T: وتتكون من خلايا دهنية تقوم بخزن الدهون وتوجد في كافة أجزاء الجسم.

هـ. النسيج الضام الشبكي Reticular C.T.: وهو عبارة عن ألياف ناعمة تتكون من خلايا نجمية الشكل متشابكة ومن أمثلتها أنسجة الطحال والكبد والعقد اللمفاوية.

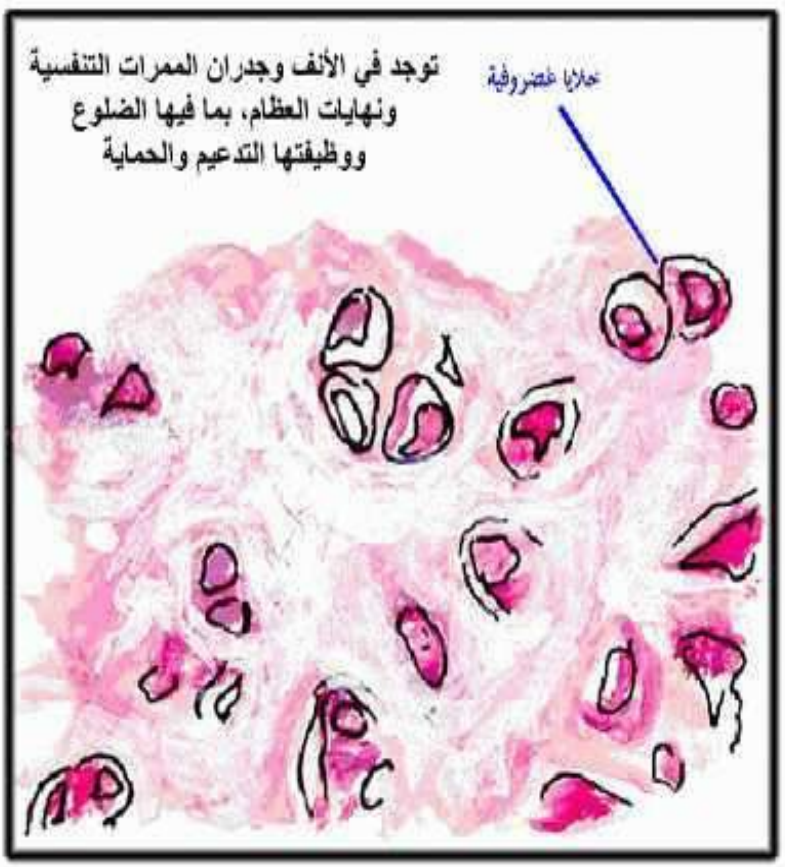
2- النسيج الضام الهيكلي Skeletal C.T.

ويشمل على الغضاريف والعظام. الغضروف وهو أقل صلابة من العظام وأقوى من الألياف وتوجد عدة أنواع الغضاريف والعظام.

أ. الغضاريف Cartilages: وهي أقل صلابة من العظام وأقوى من الألياف وتوجد عدة أنواع من الغضاريف منها:

- الغضروف الهلامي (الزجاجي) Hyaline C.: ويغطي نهايات العظام الطويلة من أمثلته الغضروف الذي يمسك بنهايات الاضلاع مع عظم القص وحلقات القصبة الهوائية.
- الغضروف المطاطي (المرن) Elastic C.: ومن أمثلته صيوان الأذن الخارجية.
- الغضروف الليفي Fibro C.: ويكون صلباً ومن أمثلته الاقراص الغضروفية بين الفقرات.

شكل



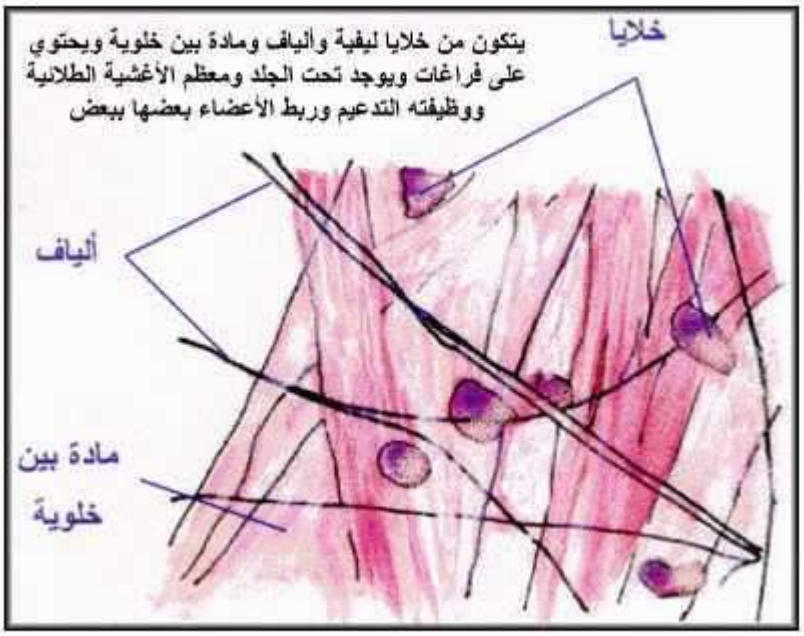
الغضاريف

ب. العظام Bones: وهي نسيج ضام صلب يتكون من أملاح غير عضوية نسبة 45% على الأقل ومواد عضوية وغيرها.

شكل

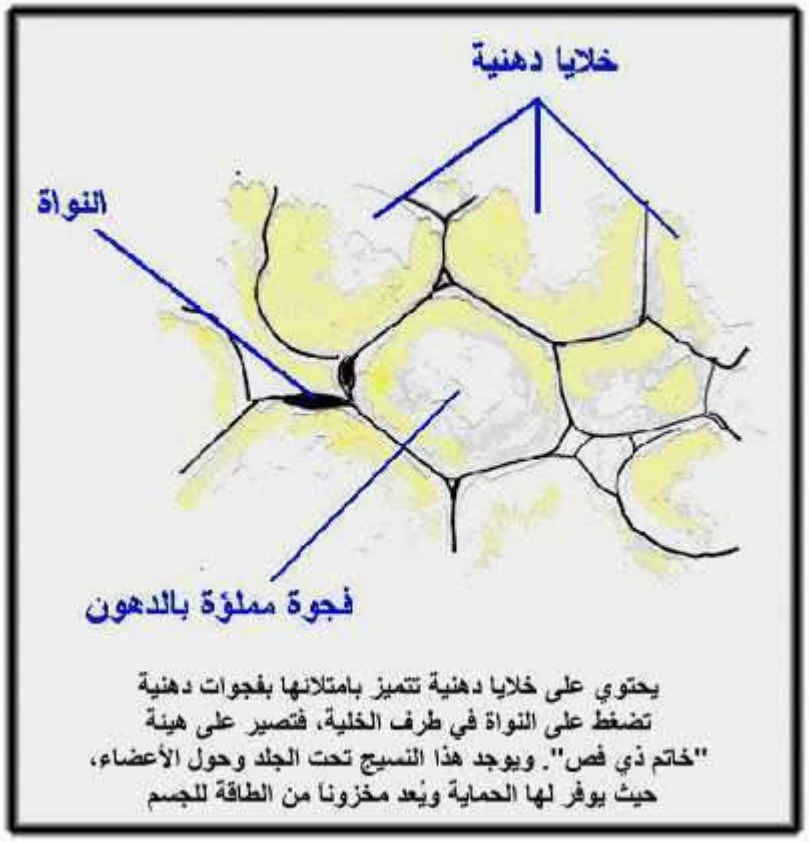
النسيج العظمي المصمت

شكل



النسيج اللين (الرخو)

شكل



النسيج الدهني

3- النسيج الضام الوعائي Vascular C. T.

وهو نسيج الضام السائل الذي يدور في الجسم مثل الدم واللمف.

الدم: هو سائل يدور في الأوعية الدموية يتكون من البلازما اضافة إلى خلايا مختلفة الأنواع ويحتوي على بروتينات ودهون وسكريات.

اللمف: هو سائل عديم اللون يشبه البلازما ويشتق منها ويحتوي على بعض الخلايا اللمفاوية والأملاح غير العضوية والكلوكوز والبروتينات وغيرها.

ثالثا : النسيج العضلي Muscle Tissue

ويتخصص بحركة الجسم وحركة اجزاء أجهزة الجسم والتي تتضمن التقلص والانبساط. ويقسم النسيج العضلي إلى ثلاثة أنواع:

1- العضلات الإرادية المخططة (الهيكلية):

وتشكل الهيكل العضلي لجسم الحيوان وتخضع لإرادة الحيوان في عملها. وتكون خلاياها طويلة اسطوانية تحتوي على نواة طرفية ويحيط بها بلازما العضلة. وتكون هذه الخلايا ألياف طويلة تحاط بغشاء رقيق ويلاحظ وجود حلقات مضيئة ومظلمة بالتبادل عند استخدام المجهر الالكتروني لدراسة الألياف العضلية ولذلك تدعى بالعضلات المخططة.

ان هذه الخلايا تجهز بأعصاب وعند حدوث أي تنبيه يحدث تقلص للعضلات وان قوة هذا التقلص تعتمد على شدة المحفز وحالة العضلة ودرجة تجهيزها بالكالسيوم.

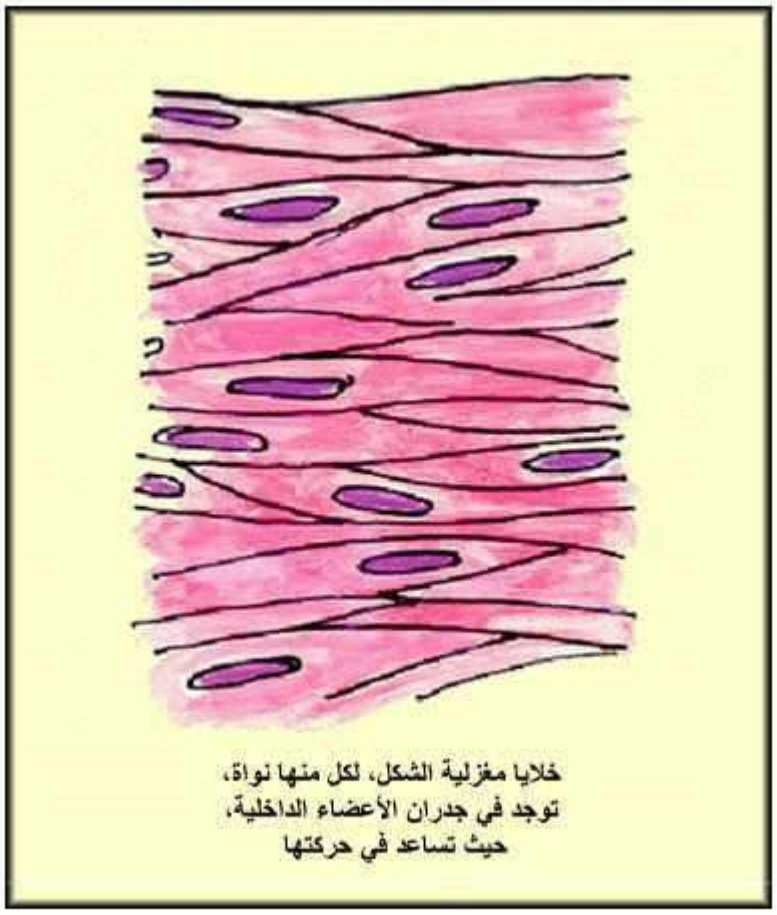
شكل

العضلات الإرادية

2- العضلات اللاإرادية غير المخططة (الملساء):

وتتكون من خلايا مغزلية الشكل لها نواة وسطية تحاط ببلازما العضلة وتوجد عادة في جدران الاحشاء الداخلية وتنقبض لمدة طويلة وبشكل لا إرادي ولا تحاط أليافها بالغمد العصبي.

شكل



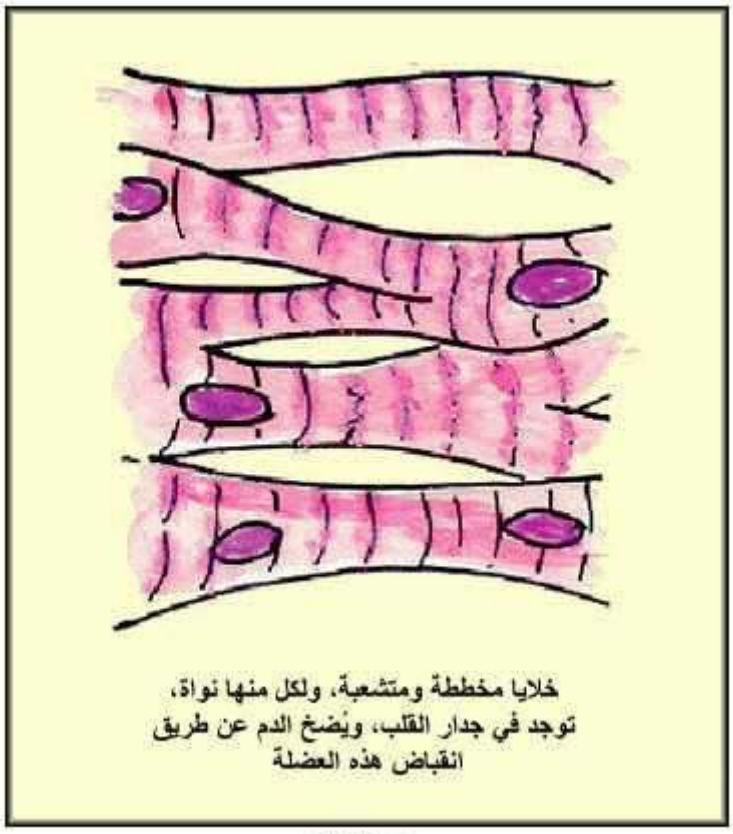
خلايا مغزلية الشكل، لكل منها نواة، توجد في جدران الأعضاء الداخلية، حيث تساعد في حركتها

العضلات الملساء

3- العضلة القلبية:

وهي عضلة مخططة غير إرادية ويكون شكل خلاياها اسطواني في نفس الوقت تظهر تخطيط العضلة مثل الخلايا المخططة.

شكل



عضلة القلب

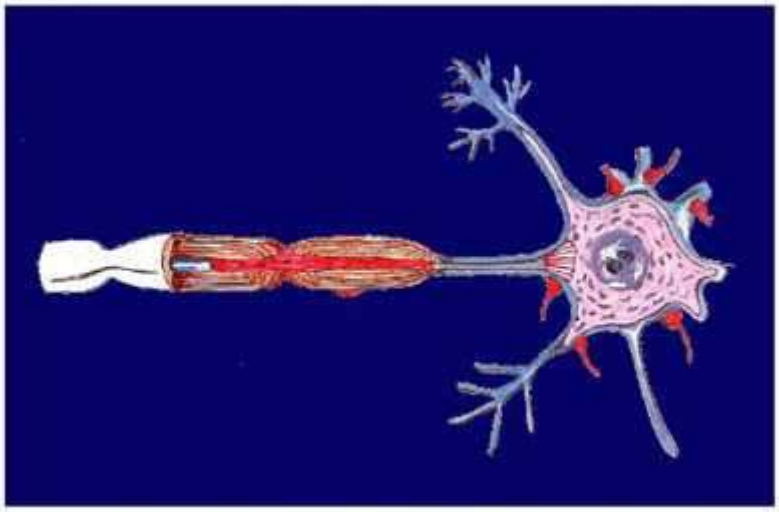
رابعا : النسيج العصبي Nervous Tissue

ويتكون من الخلايا العصبية التي تدعى العصبة وتتكون من جسم الخلية وزائدة تسمى المحور الذي يستلم التنبيه العصبي من الخلية وينقله إلى الخلايا الأخرى وزوائد شجرية تستلم التنبيه العصبي من الخلايا الأخرى وتنقله إلى جسم الخلية.

والعصب هو خيط مكون من الاف المحاور العصبية والليف العصبي يتكون من محور وسطي يحاط إما بغلاف دهني يدعى الغمد النخاعي، وأما بغشاء رقيق يدعى الغمد العصبي أو بالاثنين.

ترتبط الخلايا العصبية في الجهاز العصبي بنسيج ضام يسمى الدبقي الذي يربط الخلايا العصبية مع بعضها البعض.

شكل



الخلية العصبية

الغدد: تتكون من خلايا طلائية غدية منتجة مكعبة أو اسطوانية متخصصة للافراز والاخراج. وقد توجد هذه الخلايا بمفردها كما في حالة الخلايا الكأسية في المعدة. وقد توجد على شكل غدد صماء وهي الغدد التي لا تحتوي على قنوات وتفرز انتاجها مباشرة إلى الدم مثل الهرمونات. وقد توجد على شكل غدد خارجية الافراز وهي الغدد التي تحتوي على قنوات مثل الغدد اللعابية والغدد العرقية والجزء الخارجي من البنكرياس.

الجهاز الهضميDigestive System

يتألف جهاز الهضم من انبوب عضلي طويل ذا قطر يتغير من جزء إلى آخر مبطن بغشاء مخاطي يبدأ بالفم وينتهي بفتحة الشرج – ويتألف جار القناة الهضمية تشريحياً من أربعة طبقات رئيسية وهذه الطبقات هي:

1- الطبقة المخاطيةMucosa Layer

وهي مبطنة بخلايا ظهارية تستند على نسيج رابط تنشر فيه أوعية دموية شعرية تليها مباشرة طبقة رقيقة من عضلات ملساء تدعى الطبقة المخاطية العضلية مزودة بألياف عصبية ودية.

2- الطبقة العضليةMuseularis Layer

وتتكون من طبقتين من العضلات الملساء الأولى داخلية ذات عضلات دائرية تساعد على زيادة أو تقليل قطر القناة الهضمية أما الطبقة الثانية خارجية ذات عضلات ملساء طويلة تسيطر على طول أو قصر القناة الهضمية وتتخلل الطبقة العضلية شبكة من ألياف عصبية.

3- الطبقة المصلية أو الخارجيةSerossaler layer

وتشمل حزم الياف عروية منسوجة مع ألياف شبكية وقليل من الألياف المرنة تشكل جميعها شبكة متبينة مغطاة بطبقة واحدة من خلايا ظهارية بسيطة.

تركيب الجهاز الهضمي:

هناك تبيان في تركيب الجهاز الهضمي للحيوانات وعادة يتركز هذا التباين في معدة هذه الحيوانات. إذ يوجد ثلاث أنواع من الحيوانات اعتماداً على أشكل وتركيب المعدة:

1- الحيوانات ذات المعدة البسيطة: التي تتكون من تجويف واحد ومن أمثلتها: الخيول والكلاب والقطط والأرانب والإنسان.

2- الحيوانات ذات المعدة المركبة: وتتكون المعدة عادة من عدة تجاويف وهي الكرش والشبكية وأم التلافيف (الورقية) والمنفحة

(المعدة الحقيقية) أو القلنسوة، ومن أمثلتها: الأغنام والماعز والأبقار والجاموس وتدعى بالحيوانات المجترة. كذلك هناك تباين في الحيوانات آكلة الأعشاب حيث يلاحظ في الخيول والأرانب أن الأعور يشكل جزءاً كبيراً من الجهاز الهضمي أكثر نسبة مما يشكله في المجترات.

3- الحيوانات ذات معدة المجترات الكاذبة: وهذه تتكون معدتها من عدة تجاويف او أجزاء مشابهة للحيوانات المجترة أي تتكون معدتها

من الكرش والشبكية والمعدة الحقيقية لكن لا تحتوي على جزء أم التلافيف (الورقية) ومن أمثلتها: جمال اللاما والاليكة.

الغدد اللعابية:

يحتوي تجويف الفم على عدد كبير من الغدد اللعابية الصغيرة التي تفتح في منطقة الغدد. وهناك نوعين من الغدد اللعابية:

1- الغدة اللعابية المزدوجة: وتشمل خمس مجاميع من الغدد المزدوجة هي:

أ. الغدة النكفية: التي تمتد من قاعدة الأذن إلى نهاية الفك الأسفل الخلفية.

ب . الغدة تحت الفك الأسفل.

ج. الغدة تحت الطواحين.

د. الغدة تحت اللسان.

هـ. الغدة الشدقية.

2- الغدة اللعابية غير المزدوجة: وتشمل:

أ. الغدة الحنكية التي تقع في منطقة الحنك.

ب. الغدة البلعومية تقع بالقرب من البلعوم.

ج. الغدة الشفوية تقع في زوايا الفم.

يتكون اللعاب من مادة سائلة لزجة ويشكل الماء أكثر من 22% من اللعاب ويحتوي اضافة إلى ذلك على مواد مثل الصوديوم والبوتاسيوم والزلال والكلوبيولين واليوريا وكذلك انزيم اللعابين الذي يكثر افرازه في الإنسان والكلاب والقطط ويقل الخيول ويقل جداً في لعاب المجترات ويكون الأس الهيدروجيني للعاب في الحيوانات الزراعية بشكل عام قاعدي أما في الإنسان تصل إلى الحامضية. بالإضافة إلى أنزيم الاملیز الموجود في لعاب كافة اللبائن العليا عدا المجترات.

العوامل التي تؤثر على افراز اللعاب:

1- المذاق للطعام وشم رائحته.

2- وجود الطعام بالفم وعملية مضغه.

3- الطبيعة الفيزيائية للطعام.

4- التفكير أو النظر للطعام أو سماع تحضيره.

وتسيطر أعصاب الجهاز العصبي اللا ارادي على افراز اللعاب لذا فإن تنبيه الأعصاب اللاودية تنشط افراز اللعاب. أما تنبيه الأعصاب الودية فيؤدي إلى الاقلال من افراز اللعاب ذلك أنها تسبب ضيق الأوعية الدموية المحيطة بالغدد اللعابية.

تناول الطعام ومضغه:

تختلف الحيوانات في اسلوب تناول الطعام فالإنسان والقردة تأخذ الطعام بيدها وتضعه في الفم لغرض المضغ بينما تستعمل الكلاب والقطط القوائم الأمامية والأسنان. وتستعمل الفيلة الخراطيم لتناول الطعام ووضعه في الفم، أما الأبقار فتستعمل اللسان الذي يكون طويلاً وقوياً وله القدرة على الحركة والالتفاف بينما تستعمل الخيول والأغنام الشفه العليا لهذا الغرض بعد ادخال الطعام إلى الفم يلاحظ ان بعض الحيوانات تمتلئ بالطعام بسرعة مثل الكلاب والقطط. أما المجترات فتمضغ الطعام مضغاً سريعاً ثم يعاد مضغه بشكل جيد أثناء عملية الاجترار في وقت لاحق.

السيطرة على افراز اللعاب:

تفرز الأبقار يومياً أكثر من 60 لتر من اللعاب.

تفرز الأغنام يومياً أكثر من 30 لتر من اللعاب.

تفرز الخيول يومياً 42 لتر من اللعاب.

ويفرز الإنسان يومياً 1-2 لتر من اللعاب.

إن عملية افراز اللعاب مستمرة طول اليوم وتزداد عند تناول الطعام حيث أن رؤية الطعام وشمه أو تذوقه. ويزداد اللعاب أيضاً عند تحفيز الأعصاب نظيرة الودية مما يؤدي إلى توسع الأوعية الدموية في الغدد اللعابية وزيادة الافراز.

ان تحفيز الاعصاب الودية يؤدي إلى تقليل الافراز بشكل عام لذلك فإن وجود الطعام في المعدة يؤدي إلى زيادة افراز اللعاب عن طريق تحفيز الأعصاب نظيرة الودية.

وظيفة اللعاب:

ان اللعاب يقوم بدور مهم في مضغ وتماسك اللقمة مما يسهل بلعها كذلك فإن اللعاب يرطب الفم ويسهل حركة اللسان أثناء البلع وأثناء النطق في الإنسان ويساعد انزيم اللعابين على هضم الكاربوهيدرات حيث يحول النشا إلى سكر المالتوز الثنائي كذلك فإن اللعاب يساعد في المحافظة على الاسنان من التسوس ويخفض من حموضة الكرش وخصوصاً في المجترات وأيضاً فإن اللعاب له دور مهم في تنظيم درجة حرارة الجسم كما يلاحظ في الكلاب.

بلع الطعام:

يعد ان يمضغ الطعام ويحول إلى كتلة متماسكة تبدأ عملية البلع وهي من عدة مراحل:

1- المرحلة الأولى: ويتم فيها دفع اللقمة من الفم إلى البلعوم حيث تدفع بنهاية اللسان ويغلق لسان المزمار لمنع دخول اللقمة إلى القصبة الهوائية لذلك يتوقف التنفس خلال هذه المرحلة.

2- المرحلة الثانية: ويتم فيها دفع اللقمة من البلعوم إلى المريء حيث ترتخي العاصرة العليا للمريء وتقلص عضلات البلعوم مما يدفع اللقمة إلى المريء.

3- المرحلة الثالثة: بعد وصول اللقمة إلى المريء يتحفز مركز البلع الموجود في النخاع المستطيل ويعود التنبيه إلى عضلات القلب حيث تتقلص دافعة اللقمة إلى الأسفل وترتخي العاصرة السفلى للمريء مما يسهل من دخول اللقمة إلى المعدة.

التركيب والهضم في المعدة البسيطة:

تنقسم المعدة الى اربع مناطق تبعا لطبيعتها النسيجية والافرازية وتختلف مساحتها من حيوان لآخر وهي :

1- المنطقة المريئية : تتألف هذه المنطقة من خلايا ظهارية حرشفية لا غدية .

2- المنطقة الفؤادية: تفرز بطانة هذه المنطقة مادة المخاطين والتي تسهل دخول اللقمة إلى المعدة.

3- المنطقة الجسمية الغدية (جسم المعدة): تفرز الخلايا الجدارية حامض الهيدروكلوريك وتفرز الخلايا الرئيسية في هذه المنطقة انزيم الببسينوجين وهو غير فعال الذي يتحول إلى الشكل الفعال انزيم الببسين تحت تأثير حامض الهيدروكلوريك وكذلك تفرز فقط خلايا هذه المنطقة مادة المخاطين

4- المنطقة البوابية: تفرز خلايا هذه المنطقة المخاطين Mucin، كما يتم افراز هرمون المعدين Gastrin المعدي من هذه المنطقة الذي يساعد على تحفيز افراز حامض الهايدروكلوريك .

ان وظيفة المعدة الرئيسة الى جانب خزن الطعام هو هظمه بواسطة الخمائر الموجودة في العصارة المعدية وبمساعدة حركة المعدة.

العصارة المعدية: عبارة عن سائل مائي عديم اللون حامضي التفاعل يحتوي على مواد عضوية وغيرعضوية وبعض الأنزيمات. وحامض الهيدروكلوريك يعد من أهم أجزاء العصارة المعدية حيث يقوم بتحويل انزيم الببسينوجين غير الفعال إلى الشكل الفعال كذلك فإن حامض HC1 يعتبر مطهر للمعدة حيث يقتل الجراثيم الملوثة للغذاء ويذيب الأملاح الملوثة للغذاء ويذيب الاملاح اللاعضوية مثل الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم.

وتحتوي العصارة المعدية أيضاً على انزيم الببسين الذي يبدأ عملية هضم البروتينات ، كذلك تحتوي العصارة المعدية على انزيم الرنين Rennin الذي يعمل على تخثر الحليب في معدة الحيوانات الصغيرة بوجود الكالسيوم حيث يحول الكازين إلى مادة يسهل هضمها.

كذلك تحتوي العصارة المعدية على انزيم اللايبيز الذي يساعد في هضم الشحوم والدهون. كذلك تفرز الخلايا الجدارية للمعدة مادة مهمة تسمى العامل الداخلي intrinsic factor والذي يساعد عند وصوله للأمعاء على امتصاص فيتامين.B12

حركة المعدة:

يكون حجم المعدة الخالية صغير نسبياً وتكون عضلاتها مرتخية وتظهر بين الحين والآخر تقلصات تسري بشكل موجات من المنطقة الفؤادية إلى المنطقة البوابية وتسمى هذه الحركات بالتحوي Peristalsis وتزداد هذه الحركات عند دخول الطعام إلى المعدة حيث تعمل على خلط الطعام مع العصارة المعدية وتسهل عملية الهضم كذلك تساعد على دفع الطعام المهضوم إلى الأمعاء. وتتحفز حركة التحوي بتنشيط العصب المبهم للأعصاب نظيرة الودية وتثبط هذه الحركة بتثبيط الأعصاب الودية.

السيطرة على افرازات المعدة:

يعتبر التنبيه العصبي عن طريق العصب المبهم وتحرير هرمون الكاسترين Gastrin هو المحور الأساسي لتحفيز افراز العصارة المعدية ويتم ذلك عبر ثلاثة مراحل:

1- الطور الرأسي: تبدأ الافرازات المعدية عند شم الطعام أو رؤيته أو سماع صوت تهيئة الطعام أو تذوقه حيث تنتقل النبضات العصبية عن طريق المستقبلات الموجودة في العين والأنف والأذن واللسان عن طريق الألياف الحسية إلى المراكز العصبية العليا ثم يعود التنبيه عن طريق العصب المبهم مؤدياً إلى افراز العصارة المعدية.

2- الطور المعدي: ان وصول الطعام إلى المعدة وملامسته لجدار المعدة يحفز على افراز هرمون الكاسترين الذي يزيد بدوره من افراز حامض الهيدروكلوريك.HC1

3- الطور المعوي: ان دخول الطعام إلى الأمعاء وخصوصاً البروتينات تحفز افراز هرمون الكاسترين المعوي من بطانة الأمعاء والذي يؤدي بدوره إلى زيادة افراز العصارة المعدية وحامض.HC1

الهضم في المعدة المركبة:

يبدأ الطعام يدخل معظمه إلى الكرش وقسم قليل منه يدخل إلى الشبكية حيث يترطب وتهضم المواد السليلوزية والكاربوهيدرات وبعض البروتينات تحت تأثير بكتريا الكرش أما عمل ام التلافيف فيتلخص بعصر وسحق المواد الغذائية لكي تدخل عصارتها إلى المعدة الحقيقية حيث يستمر الهضم بعدها كما في المعدة البسيطة.

حركة المعدة المركبة:

تتقلص الكرش من حين لآخر ويعتمد ذلك على مقدار ما تحتويه من الطعام وتقدر هذه السرعة من 1-2 مرة لكل 2-3 دقيقة وتزداد عند تناول الطعام. ويمكن متابعة عدد الحركات والتقلصات بوضع اليد على الخاصرة اليسرى للحيوان وتكون حركات الشبكية مشابهة لحركات الكرش أما أم التلافيف فإن حركتها هي

التحوي بينما تكون حركة المنفحة مشابهة لحركات المعدة البسيطة. ان حركة المعدة المركبة بشكل عام تكون تحت سيطرة الأعصاب نظيرة الودية التي تنشط من هذه الحركة والأعصاب الودية التي تقلل أو تثبط من هذه الحركات.

الاجترات Rumination

ان المعدة المركبة مهيأة لتناول وخزن كميات كبيرة من الغذاء خلال فترة قصيرة ثم بعد ذلك تعريض هذا الغذاء إلى عمليات هضم طويلة وان الاجترار هو أحد هذه العمليات الهضمية ويعرف بانه اعادة محتويات الكرش والشبكية إلى الفم على شكل دفعات صغيرة وإعادة مضغها ثم بلعها مرة ثانية.

تبدأ عملية الاجترار بغلق لسان المزمار لذلك يتوقف التنفس اثناء اثناء بدأ العملية ويصبح القفص الصدري تحت ضغط سالب وبما ان المرئ جزء من محتويات الصدر فيصبح ايضا تحت الضغط السالب وهذا يؤدي الى توسعه وكذلك تتوسع وترتخي العاصرة السفلى للمرئ مما يساعد على سحب جزء من محتويات الكرش والشبكية الى المرئ وهذا يحفز حركة التحوي العكسية لعضلات المرئ مما يؤدي الى دفع اللقمة باتجاه الفم ويساعد على ذلك تقلص عضلات البطن التي تزيد من الضغط على الكرش وتساعد على اعادة الغذاء الى الفم ويقضي الحيوان عادة بين ثلاث الى تسع ساعات من الاجترار يوميا وتستغرق كل دورة اجترار ما يقرب من 50 ثانية ، ويسيطر العصب المبهم او الالياف النظير ودية على عملية الاجترار.

السيطرة على افراز العاصرة البنكرياسية:

1- السيطرة العصبية: ان شم او رؤية أو سماع اعداد الطاعم يؤدي إلى تحفيز افراز العصارة البنكرياسية من خلال منتقل عصبي عن طريق العصب المبهم (نظير الودي) وان تحفيز الأعصاب الودية يؤدي إلى تثبيط العصارة البنكرياسية.

2- السيطرة الهرمونية: ويتم ذلك عند دخول الغذاء أو الكيموس إلى الأمعاء وخصوصاً إذا كان حامضياً وغنياً بالبروتينات فإن ذلك سيؤدي إلى افراز هرمونين من بطانة الأثني عشر وهما هرمون السيكرتين وهرمون الكوليسستوكنين التي تفرز من بطانة الاثني عشر. يؤدي هرمون السيكرتين إلى تحفيز وافراز عصارة البنكرياس غنية بالبيكاربونات بينما يؤدي افراز هرمون الكوليسستوكنين إلى تحفيز اسناخ البنكرياس لإفراز عصارة غنية بالأنزيمات.

وظائف الكبد:

وله عدة وظائف مهمة منها ما يأتي

1- يعد الكبد العضو الرئيسي في عملية أيض وخزن المواد الكاربوهيدراتية والدهون وفيتامينA وفيتامين B12.

2- يشارك الكبد في تكوين بروتينات البلازما، الألبومين، الفايبرينوجين، البروثرومبين ومعظم الكلوبيولين.

3- تكوين اليوريا.

4- تكوين كريات الدم الحمراء في الحياة الجنينية.

5- تحطيم كريات الدم الحمراء عند عمر معين.

6- تكوين المادة الصفراء.

7- ازالة سمية الأدوية والسموم المتولدة داخل الجسم.

الافرازات الصفراوية (المادة الصفراء):

تكون خلايا الكبد افرازات تدعى المادة الصفراء وهي سائل لزج أصفر مخضر مر المذاق وتختلف كمية المادة الصفراء المفرزة باختلاف نوع الحيوان واختلاف طبيعة الغذاء. ففي الأغنام تقدر كمية المادة الصفراء المفرزة يومياً 1250 مل وفي الخيول 3500 مل ، أما الإنسان 10000250 مل. وتحتوي المادة الصفراء على الماء واملاح الصفراء وأصباغ الصفراء والكليسيترول والليسيثين والدهون واليوريا والأملاح اللاعضوية والحوامض الشحمية وانزيم الفوسفاتيز القلوي. ان المادة الصفراء المكونة والقادمة من الكبد تخزن في كيس المرارة حيث تتكثف ويمتص منها الماء عن طريق جدار المرارة تتجمع الافرازات الصفراوية من خلال قنوات قليلة تصب في قناتين رئيسيتين القناة الكبدية اليمنى والقناة الكبدية اليسرى والتي تلتقي لتكون القناة الكبدية الرئيسية والتي تلتقي بدورها مع القناة القادمة من المرارة لتكون ما يدعى بقناة الصفراء المشتركة والتي تفتح في الاثني عشر بعد التقائها بقناة البنكرياس. ان بعض الحيوانات لا تمتلك كيس المرارة مثل الخيول.

وظيفة (آلية عمل المادة الصفراء):

ان املاح الصفراء تقوم بما يأتي:

1- تقليل الشد السطحي لكريات الدهن الكبيرة وتحولها إلى كريات صغيرة وذلك لغرض زيادة المساحة السطحية لها وزيادة تعريضها لأنزيم اللايبيز.

2- تنشيط انزيم اللايبيز الهاضم للدهون.

3- تتحد املاح الصفراء مع الدهون لتكون ما يدعى Micelles وهي معقدات ذاتية في الماء يمكن من خلالها امتصاص الدهون من بطانة الامعاء.

السيطرة على افرازات الصفراء:

في الحيوانات الحقلية يكون افراز الصفراء مستمراً ويزداد عند تناول الطعام بينما في الإنسان وفي آكلات اللحوم تكون الفتحة المشتركة لقناة الصفراء وقناة البنكرياس مغلقة عند وجبات الطعام وتخزن المادة الصفراء في كيس المرارة وعند دخول الكيموس إلى الأمعاء فإن الاحماض الشحمية ونواتج هضم البروتينات وأيون الكالسيوم تحفز افراز هرمون الكوليسستوكنين من بطانة الاثني عشر والذي يؤدي بدوره إلى تقلص جدار المرارة وافراز المادة الصفراء وتدعى المواد التي تؤدي إلى ذلك بمدررات الصفراء.

ويؤدي دخول الكيموس الحامضي إلى الأمعاء إلى تحفيز افراز هرمون السيكرتين والذي يحفز افراز مادة صفراء غنية بالبيكاربونات.

كذلك تشارك الأعصاب في السيطرة على افرازات الصفراء حيث ان تحفيز العصب المبهم يزيد من تكوين وافراز الصفراء بينما تحفيز الأعصاب الودية يثبط او يقلل من افراز المادة الصفراء.

الأمعاء الدقيقة:

تتألف الأمعاء الدقيقة من ثلاثة أجزاء هي:

1- الاثني عشرDuodenum

2- الصائمJejunum

3- اللفائفيIleum

تستقبل الامعاء الدقيقة الطعام المهضوم في المعدة المسمى الكيموس على دفعات تحت تأثير انعكاس عصبي هرموني على المعدة والأمعاء وتعتمد سرعة دخول الكيموس إلى الامعاء على عدة عوامل منها تركيب الطعام، قوامه، كميته والحالة الصحية للحيوان. ان وظيفة الامعاء الدقيقة تتلخص في اتمام عملية هضم الطعام ومزجه بصورة جيدة بالعصارات المعوية والعصارات البنكرياسية وعصارات الصفراء ويتم ذلك بواسطة حركة الامعاء ثم امتصاص المواد الغذائية عن طريق الزغابات المنتشرة في الغشاء المبطن للامعاء.

حركة الامعاء الدقيقة:

أثبتت الدراسات الجارية على حركة الأمعاء الدقيقة وجود ثلاث أنواع من التقلصات التموجية التي تختلف سرعة حركتها، بالإضافة إلى حركة الزغابات التي تنتشر بكثافة على الجدار المبطن للأمعاء وهذه الحركات هي:

1- حركة التحوي Peristaltic Movment. وهي حركة تقلصية موجبة بطيئة (1-3 سم/ دقيقة) تسري على طول الأمعاء الدقيقة وتنشط بدخول الكيموس إلى الاثني عشر أو تعمل على وقع محتويات الامعاء الدقيقة إلى الغليظة. وهي تنشأ نتيجة لتقلص العضلات الدائرية الموجودة في جدار الامعاء وتقع تحت التأثير المنظم للعصب المبهم.

2- حركة التقطيع Segmentation Movment. وهي تقلصات عضلية المنشأ في جدار الامعاء. إذ تظهر الامعاء أثناء هذه الحركة مقسمة إلى قطع، تقلص واتساع، متناوبة لا تلبث بعد بضع ثوان ان تنعكس إذ تتسع القطعة المتقلصة وتتقلص القطعة المتسعة. ان ظاهرة التقلص التي تحدث في عدة قطع مختلفة من الأمعاء في آن واحد تؤدي إلى حركة محتويات الأمعاء في اتجاهات مختلفة وبالتالي تمتزج بصورة جيدة، مما يساعد على مزج الكيموس بصورة جيدة مع العصارات الهاضمة للأمعاء. والبنكرياس والصفراء، كما تؤمن تماس

أكثر الكيموس مع جدار الأمعاء مما يسهل من امتصاص المواد الغذائية المهضومة ونشاط الدورة الدموية واللمف المرتبطة بالأمعاء.

3- الحركة البندوليةPendullar Movement

وهي حركة موضعية للألياف العضلية الموجودة في جدار الامعاء حيث تتسع القناة المعوية على شكل مستطيل وتقصر ثم تعود إلى حالتها الطبيعية بعد برهة، وتتناوب هذه الحركة مما يساعد ذلك على مزج الكيموس بصورة جيدة مع العصارة الهاضمة الموجودة في تجويف الامعاء وفي اتاحة فرصة جيدة للامتصاص.

الامعاء الغليظة:

هي الجزء الأخير من القناة الهضمية والأكثر اتساعاً وأقل تلافيفاً من الامعاء الدقيقة، وتتألف الامعاء الغليظة من ثلاث أجزاء هي:

1- الاعورCecum

2- القولونColon

3- المستقيمRectum

ان الوظيفة الرئيسية للأمعاء الغليظة في الحيوانات آكلة اللحوم هي امتصاص الماء وبعض الاملاح كما تعتبر مخزناً للمواد العلفية المتبقية من عملية الهضم أو الفضلات، اما في بعض الحيوانات آكلة الأعشاب ذوات المعدة البسيطة كالفصيلة الخيلية والارانب فنجد ان الامعاء الغليظة وخصوصاً الاعور تقوم بتخمير وهضم وامتصاص كثيراً من المواد الغذائية بمساعدة الانزيمات القادمة من الامعاء الدقيقة والاحياء المجهرية الموجودة في هذا الجزء.

حركة الأمعاء الغليظة:

تظهر ثلاث أنواع من الحركة في الأمعاء الغليظة وهي:

1- حركة التحوي: وتكون أبطأ مما هي عليه في الأمعاء الدقيقة إلا أنها أقوى بغية دفع المحتويات إلى خارج القناة الهضمية. ويكون عدد تقلصات حركة التحوي 2-3 في الدقيقة العضلات كذلك تنشط عند دخول الطعام إلى المعدة عبر انعكاس معدي· تنشط بوجود عصبي قولوني.

2- الحركة عكس التحوي: إذ تندفع محتويات الامعاء الغليظة عكس اتجاه التحوي لغض تأخيرها مما يتيح وقت أكثر لإتمام عملية الهضم وبصورة افضل خصوصاً في المجترات والحيوانات آكلة الاعشاب الأخرى كما تتيح حركة عكس التحوي لامتصاص أكبر كمية من الماء والأملاح قبل طرحها خارج الجسم.

3- الحركات الكيسية: تقوم هذه الحركة بمزج محتويات الامعاء الغليظة حيث تتسع الامعاء بصورة متناوبة مما يجعل محتوياتها تتعرض للغشاء المبطن ومن ثم زيادة الامتصاص. ان الحركة الكيسية تشابه الحركة

البندولية التي تحدث في الأمعاء الدقيقة. وعموماً فإن حركة الأمعاء الغليظة أبطأ من حركة الأمعاء الدقيقة مما يساعد ذلك على خزن الفضلات. ويسيطر العصب المبهم على حركة الامعاء الغليظة إذ أن تنبيه يؤدي إلى تنشيطها.

التغوط:

هي عملية طرح محتويات المستقيم إلى الخارج وتتحفز عند دخول محتويات الجزء الأخير من القولون إلى المستقيم التي تؤدي اضافة إلى اتساعه وتنبيه انعكاس عصبي فيه يدعى انعكاس التغوط ينتقل عبر مستقبلات عصبية موجودة في جدار المستقيم والياف عصبية حسين إلى المنطقة العجزية للحبل الشوكي التي ترسل حافزاً عصبياً عبر الياف محركة إلى الجزء الأخير من القولون والمستقيم.

الخلية وتركيبها

تُعرَّفُ **الخَلِيَّةُ** عادةً على أنها أصغرُ وَحْدَةٍ حَيَّةٍ، وأنها الوحدةُ البِنْيَوِيَّةُ والوَظِيفِيَّةُ الأساسيةُ لجميعِ الكائناتِ الحيةِ .معنى كونِها وحدةً بنيويةً هو أن بناءَ كلِّ كائنٍ حيٍّ بأَنْسِجَتِه وأعضائه ناتجٌ عن تآلفِ عددٍ كبيرٍ من الخَلَايَا؛ وبهذا المعنى تُعرَفُ الخلايا على أنها «لَبِناتُ الحياةِ». أما كونُها وحدةً وظيفيةً فمعناه أن جميعَ وظائفَ الجسمِ الكبرى ناجمةٌ عن مجموعِ الوظائفِ التي تؤديها كلُّ خليةٍ على حِدَةٍ. تتعذرُ رؤيةُ الخلايا بالعينِ المجردةِ لصغرِ حجمِها؛ ولمشاهدتِها يعتمدُ العلماءُ على المِجْهَرِ .يُدعَى العِلْمُ الذي يُعنَى بدراسةِ الخلايا علمَ الأحياءِ الخَلَوِيَّ .

اِكتشفَ العالِمُ الإنجليزيُّ رُوبرْت هُوك الخلايا عبر مشاهداتِه المجهريةِ التي وثّقَها ونشرَها في عامِ 1665 مـ 1075)هـ). وهو نفسُه من سمّاها بالإنجليزية«cells» ، التي تعني غُرَفَ الصَوَامِعِ أو الأَدْيِرَةِ حيثُ يَتَعَبَّدُ رهبانُ النصارى، وذلك لما بينهما من شَبَهٍ. سُمِّيَتْ بالعربيةِ «خلايًا» لمشابهتِها خلايا النحلِ .في ألمانيا القرنِ الـ19 مـ (الـ13 هـ)، برزتْ نظريةُ الخليةِ التي انتهتْ إلى (أ) أن جميعَ الأحياءِ تُكَوِّنُها خليةٌ واحدةٌ أو أكثرُ، (ب) وأن الخليةَ هي الوحدةُ البنيويةُ للحياةِ، (ج) وأنها لا تنشأُ إلا نتيجةَ انقسامِ خليةٍ سابقةِ الوجودِ تُدعَى «خليةً أُمِّية).

تُصنَّفُ الأحياءُ إلى كائناتٍ وَحِيدَةِ الخليةِ، كالبَكْتِيرِيَا، وأخرى مُتَعَدِّدَةِ الخلايا، كالنباتِ والحيوانِ .أغلبُ وحيداتِ الخليةِ لا تُرَى بالعينِ المجردةِ، ولذلك تُعَدُّ أحياءً دقيقةً) مِكْرُوبات). أما متعدداتُ الخلايا فمنها الدقيقُ ومنها الجَسِيمُ كالحوتِ الأزرقِ الذي يُعَدُّ أكبرَ حيوانٍ عاشَ على الإطلاقِ. تنتظمُ الخلايا عند متعدداتِ الخلايا الأكثرِ تعقيدًا في أنسجةٍ تُشَكِّلُ مستوى تنظيمٍ وسيطٍ بين الخليةِ والعضوِ؛ تؤدي خلايا النسيجِ الواحدِ نفسَ الوظيفةِ، وتشتركُ في الأصلِ، ولها نفسُ الشكلِ. تُصنَّفُ الأحياءُ أيضًا إلى كائناتٍ بدائيةِ النَواةِ، وهي جميعًا وحيدةُ الخليةِ، وأخرى حقيقيةِ النوى، منها ما هو وحيدُ الخليةِ ومنها ما هو متعددُ الخلايا .

وصفُ الخليةِ بأنها أصغرُ وحدةٍ حيةٍ لا يُنْكِرُ وجودَ بِنْيَاتٍ أكثرَ دقةً تُسْهِمُ بدورِها في تكوينِ الخليةِ، فالخلايا شديدةُ التعقيدِ، لكنه ينفي عن هذه البنياتِ القدرةَ الفرديةَ على أداءِ الوظائفِ الأساسيةِ للخليةِ من تغذٍّ وتنفسٍ ونموٍّ وتكاثرٍ، وينفي عنها أيضًا دورَ الأساسِ البنيويِّ، ذلك أنها تختلفُ حَسَبَ نوعِ الخليةِ. وعمومًا، تتألفُ الخليةُ من هَيُولى خَلَوِيَّةٍ) بِلَزْمَا خَلَوِيَّة) يُطَوِّقُها غِشَاءٌ خَلَوِيٌّ يُعَدُّ بامتيازٍ الحاجزَ الذي يفصلُ عالَمَ الجماداتِ عن عالمِ الأحياءِ .

تركيبها

تمثل كل خلية من المئة تريليون خلية أو أكثر في جسم الإنسان بُنية حية يمكنها أن تبقى على قيد الحياة لفترات طويلة أو قصيرة حسب نوع الخلية ووظيفتها فهناك خلايا تجدد بشكل دائم كخلايا الجلد ومنها تتوقف عن النمو بعد فترة معينة مثل الخلايا العصبية.

لدراسة وظائف أعضاء الجسم وبنياته الأخرى لا بد من دراسة أولًا التنظيم الأساسي للخلية ووظيفة كل من أجزائها الرئيسية .تتكون الخلايا حقيقية النواة من أربعة أجزاء رئيسية كما تشاهد بالمجهر الضوئي هي :

- الغشاء الخلوي."Plasma membrane"
- النواة."nucleus" .
- السيتوبلازم"."سيتوبلازم"
- الهيكل الخلوي"Cytoskeleton" ".

القسمان الرئيسيان في الخلية هما النواة" nucleus" والسيتوبلازم "cytoplasm" ويفصل النواة عن السيتوبلازم غلاف نووي "غلاف نووي "كما يفصل الغشاء الخلوي السيتوبلازم عن السائل المحيط الخارجي" السائل البين خلوي ."Inter-cellular fluid"

تسبح العضيات داخل السايتوبلازم وتكون مثبتة بواسطة الخيوط الهيكلية ؛ وتشمل :.

- غشاء النواة.
- المتقدرات والجسيمات الحالة lysosomes والمريكزات.centrioles
- الشبيكة بلازمية.
- أجسام غولجي.
- الجسيمات الحالّة
- الميتوكندريا
- البلاستيدات الخضراء) (بالنسبة الخلايا النباتية)

فالخلية ليست مجرد محفظة للسوائل والإنزيمات والمواد الكيميائية بل إنها تحوي أيضا بنيات فيزيائية منتظمة يسمى العديد منها العُضيات.organelles

وتعطي الخواص الفيزيائية لهذه المواد بمجموعها أهمية وظيفية مهمة للخلية لا تقل عن أهمية مكوناتها الكيميائية؛ فمثلًا بدون إحدى أنواع هذه العضيات - وهي الميتوكوندريا "ميتوكندريون -وههي محطة توليد الطاقة في الخلية وتقوم بإمداد الخلية بأكثر من 95 % من الطاقة وتسمى المواد المختلفة التي تكون الخلية بمجموعها الجِبلة protoplasm التي تتكون بصورة رئيسية من خمس مواد أساسية، وهي: الماء والأيونات " electrolytes "والبروتينات والشحوم والسكريات.

الماء: يكون الماء الوسط السائل الرئيسي للخلية. وهو يكون بنسبة تتراوح بين 70 و85 % وتوجد فيه الكثير من المواد الكيميائية المذابة في الخلية. كما يوجد البعض الآخر من المواد معلقة فيه بشكل دقائق صغيرة. وتتم العمليات الكيميائية في الخلية بين المواد الكيميائية المذابة في السائل أو عند حدود سطوح الجسيمات المعلقة والأغشية والماء.

الكهارل :أهم الكهارل" electrolytes "في الخلية هي البوتاسيوم والمغنيسيوم والفوسفات والسلفات والبيكربونات وكميات صغيرة من الصوديوم والكلوريد والكالسيوم؛ مما يحفظ العلاقة المتبادلة بين السائلين داخل الخلية وخارجها .توفر الكهارل المواد الكيميائية الغير عضوية الضرورية للتفاعلات الخلوية؛ فمثلًا

تساعد كهارل غشاء الخلية في انتقال الدفعات الكهروكيميائية في الألياف العصبية والعضلية؛ كما تعين كهارل داخل الخلية العمليات المختلفة المحفزة للإنزيمات الضرورية لاستقلاب الخلية .

البروتينات :هي أكثر المواد توفراً في معظم الخلايا بعد الماء؛ فهي تكون 10 - 20 % من كتلة الخلية. ومن الممكن تقسيم البروتينات هذه إلى بروتينات كروية globular proteins وهي التي تكون الإنزيمات بصورة رئيسية، وبروتينات هيكليةstructural proteins ؛ وكمثال هام على البروتينات الهيكلية يُلاحظ بأن الجلد يتكون بصورة رئيسية من بروتينات هيكلية كما أن الشعر مكون بصورة تامة تقريبًا من نفس هذه البروتينات، ويوجد هذا النوع من البروتينات في الخلية على شكل خيوط طويلة ورفيعة وهي مكونة من مبلمرات "polymers"عديدة من جزيئات بروتينة. وأهم وظائف هذه الخيوط داخل الخلية هو توفير الآلية التقلصية للعضلات. وتنتظم هذه الخيوط بشكل أنابيب مجهرية مكونة هياكل خلوية لبعض العُضيات كالأهداب، ومغازل الانقسام المتساوي للخلايا التي تنقسم انقسام متساوي. كما توجد البروتينات الخيطية خارج الخلايا بصورة خاصة في الألياف الكولاجينية والمرنة للنسيج الضام والأوعية الدموية والأوتار والأربطة العضلية وما شابه ذلك .ومن الناحية الأخرى فإن البروتينات الكروية هي من نوع مختلف تمامًا إذ أنها تتكون عادة من جزيئات بروتينية مفردة أو على الأكثر من تجمع عدد قليل من البروتينات بشكل كروي بدلًا من الشكل الخيطي. وتقوم هذه البروتينات بصورة رئيسية بتكوين إنزيمات الخلايا - بخلاف البروتينات الهيكلية - وهي عادة بروتينات ذائبة في سائل الخلايةـ السيتوبلازم -أو أنها تكون أقسامًا متكاملة أو ملتصقة بالهياكل الغشائية داخل الخلايا .وتوجد الإنزيمات باتصال مباشر مع المواد الأخرى في داخل الخلية، وهي تحفز التفاعلات الكيميائية مثل تلك التي تشطر الجلوكوز إلى مكوناته وتوحدها بعد ذلك مع الأكسجين لتكون ثاني أكسيد الكربون والماء.كما أنها تجهز في الوقت نفسه طاقة للوظائف الخلوية التي تحفز بسلسلة من الأنزيمات البروتينية .

الشحوم :وهي على أنواع متعددة ومختلفة تبحث كلها سوية بسبب خاصيتها العامة بكونها مذابة في المذيبات الدهنية. وأهم الشحوم lipids الموجودة في معظم الخلايا الشحوم الفسفورية والكوليستيرول، وتكون هذه حوالي 2 % من الكتلة الكلية للخلية. وتبرز الأهمية الخاصة للشحوم الفسفورية والكوليستيرول في الخلية لأنها بصورة عامة لا تذوب بالماء ولذلك فإنها تكون حواجز غشائية تفصل مختلف الأحياز داخل الخلية . وبالإضافة للشحوم الفسفورية والكوليستيرول تحتوي بعض الخلايا كميات كبيرة من ثلاثيات الجليسريد triglycerides التي تسمى شحمًا متعادلًا. وتصل نسبة ثلاثيات الجليسريد في الخلايا الدهنية حوالي 95 % من كتلتها. ويمثل الدهن المخزون في هذه الخلايا المخزن الرئيسي للجسم للمغذيات المولدة للطاقة حيث يمكن تحليلها واستعمالها عندما يحتاج الجسم للطاقة .

السكريات :للسكريات carohydrates بصورة عامة وظائف ابتنائية قليلة في الخلية، فيما عدا كونه جزء من جزيئات البروتين السكري glycoprotein. ولكنها تقوم بدور رئيسي في تغذية الخلية. ومعظم خلايا الجسم في الإنسان لا تحتفظ بمخزون كبير من السكريات؛ فقد يصل مخزون السكريات فيها إلى 1 % فقط من مجموع كتلتها، ولكن هذا المخزون يزداد إلى 3 % في خلايا العضلات، واحيانًا يصل هذا المخزون إلى 6 % في خلايا الكبد. ومع ذلك توجد السكريات دائمًا بصورة جلوكوز في السائل خارج الخلايا المحيط بالخلايا وبصورة ميسرة لاستعمالها في الخلايا. وفي العادة تخزن كمية صغيرة من السكريات في الخلايا

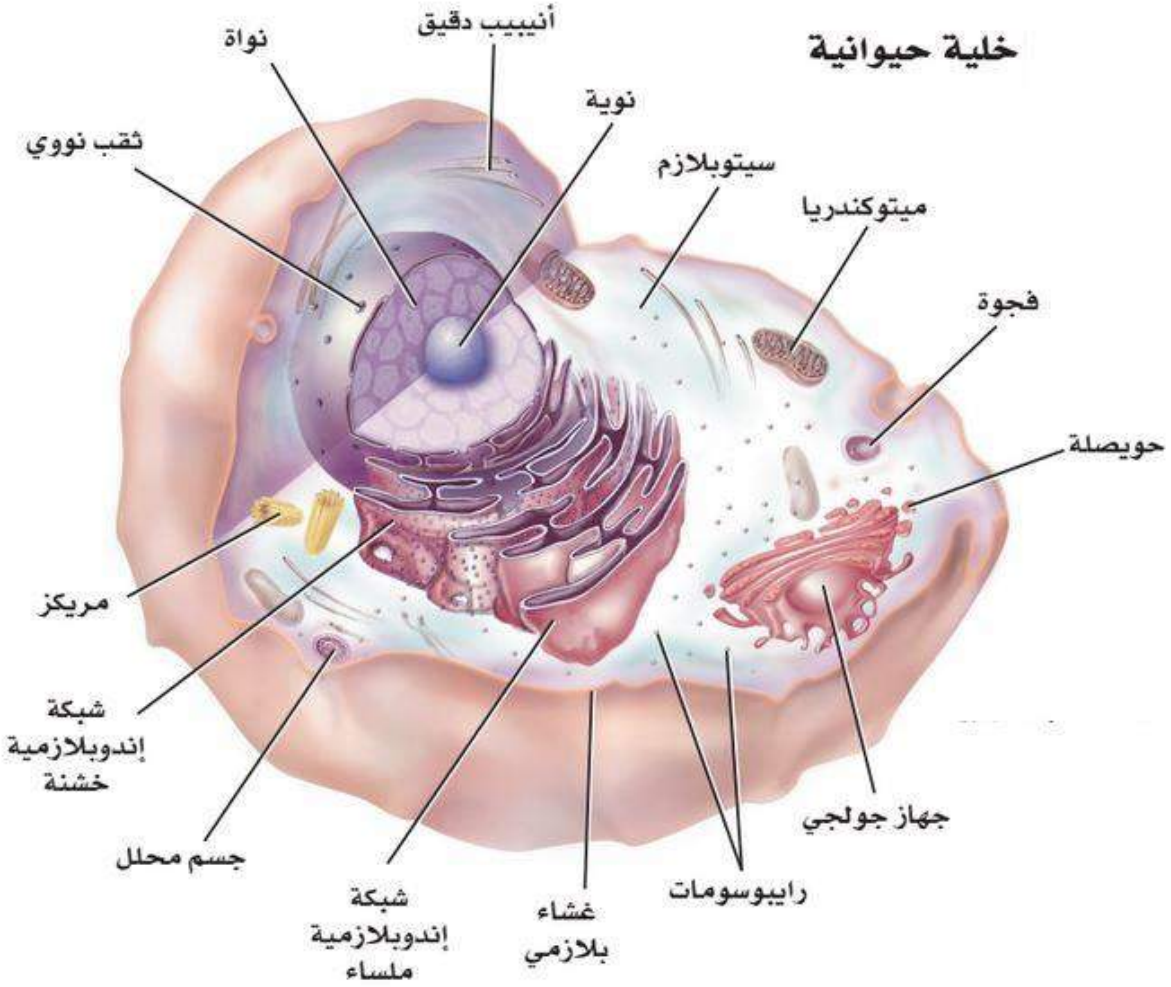
بشكل جليكوجينglycogen ، وهو مكثور غير ذؤوب من الجلوكوز ومن الممكن أن يستعمل في الخلية لتوليد الطاقة فيها.

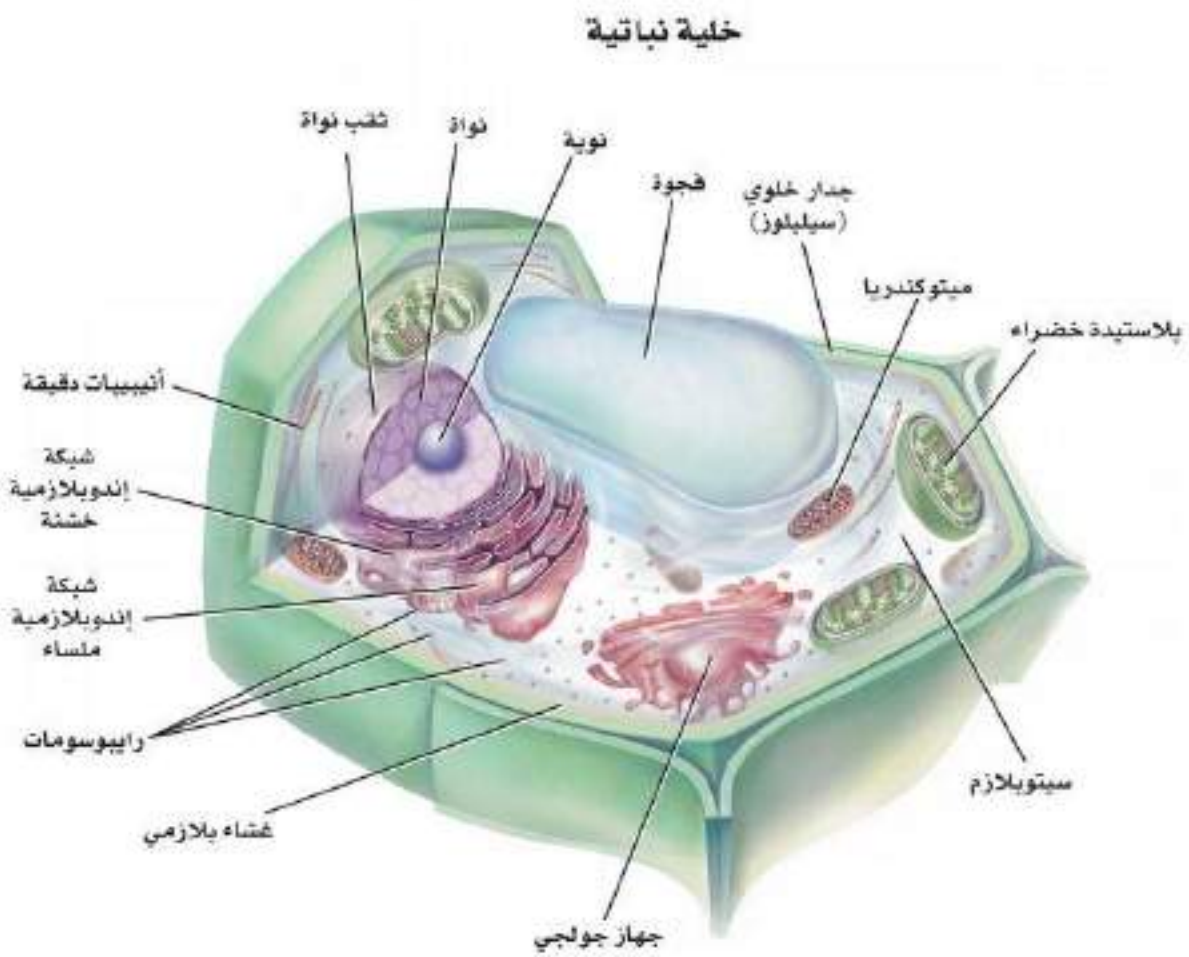
أنواع الخلايا

تعَد الخلايا الوحدات الأساسية للمخلوقات الحية جميعها. وتوجد بأشكال وحجوم مختلفة. كما تختلف بناءً على الوظيفة التي تؤديها في المخلوقات الحية .تشترك جميع الخلايا في صفة شكلية هي الغشاء الخلوي .

والغشاء الخلوي، هو حاجز خاص يساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. وللخلايا عادةً عدد من الوظائف المُشترَكة. فمثلًا تحوي جميع الخلايا مادة وراثية تعطي معلومات وتعليمات للخلية لإنتاج مواد تحتاج إليها. كما تحلل الخلايا الجزيئات لإنتاج الطاقة اللازمة لعمليات الأيض .وقد قسم العلماء الخلايا إلى مجموعتين، هما: الخلايا البدائية النواة، كما يتبين من الشكل السابق أن الخلايا الحقيقية النواة أكبر من الخلايا البدائية النواة، بل قد يزيد حجمها عليها مئة مرة. إن العلماء وضعوا الخلايا في مجموعتين؛ بناءً على تراكيبهما الداخلية. فكلتاهما تحوي غشاء خلويًّا، إلا أن إحداهما تحوي تراكيب داخلية مميزة تسمى العضيات وهي تراكيب خاصة تقوم بوظائف محددة .

تحوي الخلايا الحقيقية النواة نواة وعضيات أخرى محاطة بأغشية؛ أما النواة فهي عضية مركزية مميزة تحوي المادة الوراثية على شكل الحمض النووي الريبوزي المنقوص الأكسجين .تسمح العضيات للخلية بالقيام بوظائفها في أجزاء مختلفة من الخلية في الوقت نفسه. وتتكون معظم المخلوقات الحية من الخلايا الحقيقية النواة .كما أن بعض المخلوقات الحية الوحيدة الخلية - ومنها بعض الطحالب والخميرة - من المخلوقات الحقيقية النواة. أما الخلايا البدائية النواة فهي خلايا ليس لها نواة أو عضيات محاطة بغشاء. ومعظم المخلوقات الحية الوحيدة الخلية - ومنها البكتيريا - خلايا بدائية النواة؛ لذا سميت الخلايا البدائية النواة .


خلية حيوانية
أنيبيب دقيق
نواة
نوية
ثقب نووي
سيتوبلازم
ميتوكندريا
فجوة
حويصلة
مريكز
شبكة
إندوبلازمية
خشنة
جسم محلل
شبكة
إندوبلازمية
ملساء
غشاء
بلازمي
رايبوسومات
جهاز جولجي



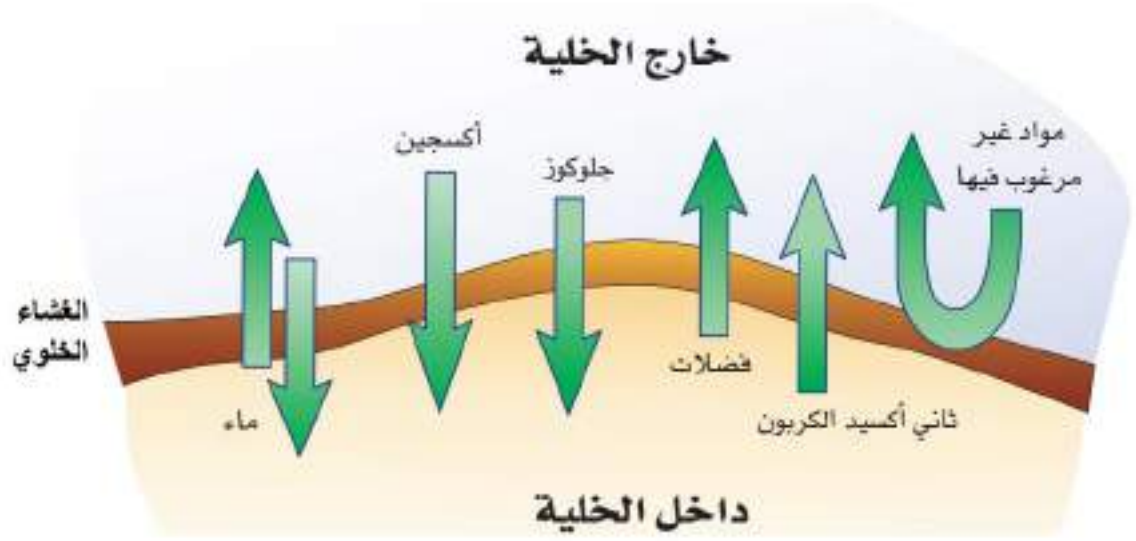
غشاء الخلية

غشاء الخلية الذي يحوطها تمامًا هو غشاء رقيق ذو نية مرنة يتراوح سمكه بين 7.5 و10 نانومترات، ويتكون بصورة تامة تقريبًا من بروتينات وشحميات. وتركيبه التقريبي هو 55 % بروتينات، و25 % شحميات فسفورية، و13 % كوليستيرول، و4 % شحميات أخرى، و3 % سكريات.

وظيفة الغشاء الخلوي

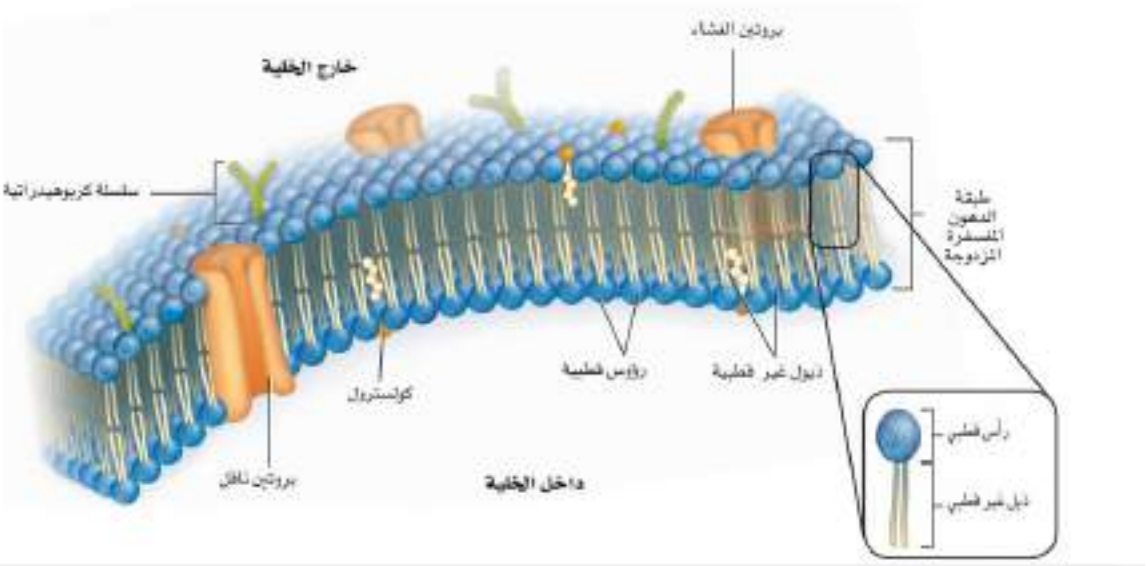
إن عملية المحافظة على اتزان البيئة الداخلية للمخلوقات الحية تسمى الاتزان الداخلي، وهي جزء أساسي من فيزيولوجيا الخلية وهي ضرورية لبقاء الخلية. ويعد الغشاء البلازمي أحد التراكيب المسؤولة أساسًا عن الاتزان الداخلي؛ فهو حاجز فاصل رقيق مرن بين الخلية وبيئتها يسمح بمرور المواد المغذية إلى الخلية وخروج الفضلات والمواد الأخرى. تحوي جميع الخلايا البدائية والحقيقية النواة غشاءً خلويًّا يفصلها عن

البيئة السائلة التي توجد فيها. تُعدُّ خاصية النفاذية الاختيارية إحدى الصفات المهمة للغشاء الخلوي؛ إذ يسمح الغشاء الخلوي بمرور بعض المواد إلى الخلية، ويمنع مرور أخرى.



مكونات الغشاء الخلوي

معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي دهون. والدهون جزيئات كبيرة من الجلسترول وثلاثة أحماض دهنية. فإذا حلَّ مكان أحد الأحماض الدهنية مجموعة فوسفات تتكون الدهون المُفسفَرة ، والدهون المُفسفَرة جزيئات تكونت من سلسلة أساسية من الجليسيرول وسلسلتين من الأحماض الدهنية ومجموعة فوسفات. ويتكوَّن الغشاء البلازمي من طبقتين من الدهون المُفسفَرة المزدوجة تترتب ذيلًا مقابل ذيل، وبطريقة تسمح بأن يبقى الغشاء البلازمي قائمًا في بيئة سائلة.



طبقة الدهون المُفسفَرة المزدوجة

لاحظ شكل الطبقة المزدوجة من الدهون المُفسفَرة سترى أن كل طبقة دهون مُفسفَرة رُسمَت على شكل رأس له ذيلان فيما يعرف باسم الطبقة الشحمية المزدوجة؛ حيث تُكوِّن مجموعة الفوسفات رأسًا قطبيًّا في كل طبقة من الدهون المُفسفَرة .وينجذب الرأس القطبي إلى الماء، لأن الماء قطبي أيضًا. أما ذيلا الأحماض الدهنية فهما غير قطبيان ويتنافران مع الماء. وهو غشاء رقيق من الشحميات بسمك جزيئين يتواصل حول كل سطح الخلية. وتنتشر داخل هذه الطبقة الشحمية جزيئات بروتين كروية الشكل .وتتكون الطبقة الشحمية المزدوجة من الشحميات الفسفورية والكولسترول بصورة تامة. وأحد أقسام جزيء الشحميات الفسفورية والكوليسترول ذائب بالماء أي أنه أليف للماءhydrophilic ، بينما يكون قسمه الآخر كاره للماء .hydrophobic فجذر فسفات الشحم الفوسفاتي أليف للماء بينما الجذر الشحمي للحمض الدهني ذائب بالدهن. ويحوي الكولسترول جذر هيدروكسيل ذائب بالماء ونواة ستيرويدية ذائبة بالدهن. ولأن الماء يطرد الأجزاء الكارهة للماء لهذين الجزيئين بينما هي تجاذب مع بعضها البعض بصورة متبادلة؛ فلذلك تكون لها نزعة للاصطفاف كما في الصورة السابقة، وتكون بتماس مع الماء المحيط بالغشاء .

تشكل جزيئات طبقتي الدهون المُفسفَرة ما يشبه الشطيرة، حيث تُكوّن فيها ذيول الأحماض الدهنية الجزء الداخلي (الأوسط) من الغشاء البلازمي، في حين تُكوِّن رؤوس الدهون المُفسفَرة مواجهة للبيئة السائلة داخل الخلية وخارجها، ويُعدُّ التركيب المزدوج مهمًّا في تكوين الغشاء البلازمي وأدائه لوظيفته. تترتَّب الدهون المُفسفَرة بطريقة تجعل الرؤوس القطبية هي الأقرب إلى جزيئات الماء، والذيول غير القطبية هي الأبعد عنها. وعندما تتجمَّع جزيئات الدهون المُفسفَرة معًا بهذا النمط فإنها تُشكِّل حاجزًا سطحه قطبي وأوسطه غير قطبي. وذلك الحاجز الشحمي لغشاء الخلية يمنع نفاذية الماء خلاله ولذلك لا تمرُّ المواد الذائبة في الماء بسهولة عبر الغشاء البلازمي؛ لأن وسط الغشاء غير القطبي يُعيقها. وهكذا يستطيع الغشاء البلازمي فصل بيئة الخلية الداخلية عن بيئتها الخارجية .ويكون الغشاء مزدوج الطبقة الشحمية حاجزًا رئيسيًا غير نفوذ للمواد الاعتيادية الذائبة بالماء كالأيونات والجلوكوز واليوريا وغيرها. ومن الناحية الأخرى تتمكن المواد مثل الأكسجين والكحول من اختراق هذا الجزء من الغشاء بسهولة .وهناك سمة خاصة بهذه الطبقة الشحمية المزدوجة وهي أنها سائلة وليست صلبة، ولذلك فإن أجزاء من الغشاء تتمكن من الجريان من نقطة لنقطة أخرى في الغشاء نفسه. كما تحاول البروتينات أو المواد الأخرى المذابة أو العائمة في الطبقة الشحمية المزدوجة من الانتشار في كل مناطق غشاء الخلية.

يوجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي بروتينات، تُسمَّى المُستقبِلات، تُرسِل إشارات إلى داخل الخلية. كما تقوم بروتينات الغشاء البلازمي الموجودة على السطح الداخلي له بربطه مع تراكيب الدعم الخلوية الداخلية، مما يُعطي الخلية شكلًا مُميَّزًا. كما تخترق بروتينات أخرى الغشاء كله فتكوِّن قنوات تدخل من خلالها بعض المواد الخلية أو تخرج منها. وتنقل البروتينات الناقلة المواد التي تحتاج إليها الخلية أو الفضلات عبر الغشاء البلازمي. ومن المواد التي تنتقل عبر طبقة الدهون المُفسفَرة في الغشاء البلازمي الكولسترول، والبروتينات، والكربوهيدرات. فتُلاحظ أن البروتينات تُسهم في خاصية النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي.

يُساعِد الكوليسترول على منع التصاق ذيول الأحماض الدهنية في طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة بعضها مع بعض، مما يُسهم في سيولة الغشاء البلازمي. وعلى الرغم من التوصية بعدم تناول المواد الغنية

بالكوليسترول بكثرة، إلَّا أن الكوليسترول يُؤدي دورًا مهمًّا في تركيب الغشاء البلازمي، ويُعدُّ مُكونًا مُهمًّا أيضًا في الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية .

وهناك مواد أخرى في الغشاء البلازمي، ومنها الكربوهيدرات المرتبطة مع البروتينات لتُحدِّد خصائص الخلية وتُساعدها على معرفة الإشارات الكيميائية. فمثلًا، تُساعِد الكربوهيدرات الموجودة على الغشاء البلازمي الخلايا المُقاوِمة للمرض على تمييز الخلية الضارة وتُهاجمها. تُكوِّن الدهون المُفسفَرة المزدوجة "بحرًا" تعوم فيه الجزيئات. ومفهوم البحر هذا هو أساس النموذج الفسيفسائي السائل في الغشاء البلازمي. وتتحرَّك الدهون المُفسفَرة جانبيًّا داخل الغشاء البلازمي. وفي الوقت نفسه، تتحرك مكونات أخرى ومنها البروتينات خلال الدهون المُفسفَرة. وبسبب وجود مواد مُختلِفة في الغشاء البلازمي، يتكوَّن نمط فُسيفسائي على سطح الخلية؛ كما أنَّ مكونات الغشاء البلازمي في حركة دائمة وثابتة، وينزلق بعضها فوق بعض .

سكريات غشاء الخلية

توجد سكريات الغشاء بصورة عامة تقريبًا متحدة مع البروتينات والشحوم بشكل بروتينات سكرية وشحوم سكرية. وفي الحقيقة إن معظم البروتينات المندمجة هي بروتينات سكرية وحوالي عُشر (1/ 10) الجزيئات الشحمية هي شحميات سكرية .ويبرز الجزء السكري glyco- من هذه الجزيئات بصورة عامة تقريبًا إلى خارج الخلية متدليًا من سطحها إلى خارجه.

كما يوجد العديد من مركبات السكريات proteoglycans، وهي مواد سكرية مرتبطة معًا بواسطة ليف بروتيني ومتصلة بلطف بالسطح الخارجي للخلية. وبهذا يكون لكل سطح الخلية غلاف سكري رخو يسمى الكأس السكري .glycocalyx ولهذه الأجزاء السكرية الملتصقة بالسطح الخارجي للخلية وظائف مهمة عديدة منها :

1. العديد منها مشحون بشحنات سالبة مما يعطي معظم الخلايا شحنات سطحية سالبة تنفر منها المواد الأخرى السالبة الشحنة.
2. يلتصق الكأس السكري لبعض الخلايا بالكؤوس السكرية للخلايا الأخرى وهكذا تلتصق الخلايا ببعضها البعض.
3. تعمل بعض السكريات كمواد استقباليه لربط الهرمونات كالأنسولين الذي يحفز أنواعًا معينة من الأنشطة في داخل الخلايا.
4. تدخل بعض السكريات في التفاعلات المناعية في الجسم.

تراكيب الخلية

النواة : فالنواة هي التركيب الذي ينظم عمليات الخلية، وهي مركز التحكم في الخلية، وهي التي تتحكم بالتفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلية وبعمليات توالدها. وتحوي النواة معظم الحمض النووي الريبوزي منقوص الأكسجين في الخلية الذي يخزن المعلومات التي تستخدم في بناء البروتينات اللازمة لنموها، ووظيفتها وتكاثرها ؛ وتحدد الجينات خواص إنزيمات بروتين الهيولى فتتحكم بهذه الطريقة في نشاطات

الهيولى. وعند تحكمها في تكاثر الخلية تبدأ الجينات أولًا بتكثير نفسها، وبعد إنجاز ذلك تنشطر الخلية بعملية تسمى التفتل mitosis لتكون خليتين وليدتين تستلم كل واحدة منها إحدى مجموعتي الجينات. إن مظهر النواة تحت المجهر لا يعطي دلالة كبيرة على الآلية التي تستعملها في عملية التحكم الخلوي ؛ فمظهر الطور البيني للنواة (الفترة بين التفتلين) كما تظهر بالمجهر الإلكتروني المادة الكروماتينية غامقة الانصباغ خلال جبلة النواة. ومن السهولة التعرف على مادة الكروماتين أثناء فترة التفتل كجزء من الصبغيات المتميزة البناء والتي يمكن رؤيتها بسهولة بالمجهر الضوئي. وتحاط النواة بغشاء مزدوج يسمى الغلاف النووي nuclear envelopeيتكون من غشائين منفصلين أحدهما داخل الثاني. فالغشاء الخارجي متواصل مع الشبكة الهيولية الباطنة، كما يتواصل أيضًا الحيز بين الغشائين النوويين مع الحيز داخل الشبكة الهيولية الباطنة. وهو مشابه للغشاء الخلوي إلا أن للغلاف النووي ثقوبًا تسمح للمواد الأكبر حجمًا بدخول النواة والخروج منها ؛ حيث تخترق الغلاف النووي عدة آلاف من المسامات النووية nuclear pores، وهي كبيرة جدًا إذ تصل أقطارها لحوالي 100 نانومتر. وتوجد معقدات من جزيئات بروتينية ملتصقة حول حواف المسامات بحيث يبقى قطر الباحة المركزية للمسام حوالي 9 نانومترات. وحتى هذا الحجم يعتبر كبيرًا لكي يسمح لجزيئات البروتين الكبيرة ذات الـ 44000 وزن جزيئي من المرور خلالها بسهولة كما تسمح للبروتينات ذات الوزن الجزيئي الذي يقل عن 15000 لتمر خلالها بسرعة كبيرة. كما تنتشر المادة الكروماتينية داخل النواة وهي عبارة عن حمض نووي ريبوزي منقوص الأكسجين معقد يرتبط ببروتين .

النويات

تحوي نوى العديد من الخلايا بنية أو أكثر خفيفة الانصباغ تسمى النويات .nucleoli وبعكس معظم العضيات التي لا تحوي النويات غشاءً محددًا بل هي عوضًا عن ذلك بنية بسيطة تحوي كمية كبيرة من الحمض الريبي النوويRNA ، وبروتينات من الأنواع التي توجد في الريبوسومات. وتصبح النويات كبيرة جدًا عندما تقوم الخلية بالتركيب الفعال للبروتينات. وتركب جينات خمسة أزواج متفرقة من الصبغيات الـ RNAوتخزنه في النويات مبتدئة بـ RNA ليفي رخو يتكايف ليكون وحدات ثانوية حبيبية من الريبوسومات. وتنقل هذه بدورها خلال مسامات غشاء النواة إلى الهيولى حيث تتجمع سوية لتكون ريبوسومات ناضجة تلعب دورًا ضروريًا في تكوين البروتينات إما في العصارة الخلوية cytosol أو بالترافق مع الشبكة الهيولية .

رايبوسومات

من وظائف الخلية إنتاج البروتين. وتسمى العضيات التي تساعد الخلية على صنع البروتين الرايبوسومات. تلتصق بالسطوح الخارجية للأقسام العديدة من الشبكة الهيولية الباطنة أعداد كبيرة من حبيبات صغيرة تسمى الرايبوسومات .ribosomesوتسمى المواقع التي توجد فيها هذه الرايبوسومات باسم الشبكة الهيولية الباطنة الحبيبية .granular endoplasmic reticulum تتكون الرايبوسومات بصورة رئيسية من مكونين رئيسين، هما :حمض نووي ريبوزي RNA الذي يقوم بتركيب البروتين في الخلايا، وبروتين ؛ ولا تحاط الرايبوسومات بغشاء كباقي العضيات في الخلية. ويتم إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل النواة. تحوي الخلايا الكثير من الرايبوسومات التي تنتج بروتينات مختلفة تستخدمها الخلية أو تنتقل إلى خارج الخلية

لتستخدمها خلايا أخرى. كما تسبح بعض الرايبوسومات بحرية في الجبلة، في حين يرتبط بعضها الآخر مع عضيات أخرى تسمى الشبكة الهيولية الباطنة. وتنتج الرايبوسومات الحرة بروتينات تستخدم داخل جبلة الخلية. أما الرايبوسومات المرتبطة فتنتج بروتينات يتم إحاطتها بغشاء أو تستخدمها خلايا أخرى.

الشبكة الاندوبلازمية الداخلية

هي نظام يتكوَّن من أكياس وقنوات متصلة ومتداخلة محاطة بغشاء مزدوج تعمل بوصفها مواقع لبناء البروتين والدهون؛ حيث تزودها الانثناءات والصفائح التي داخلها بمساحة سطح أكبر لكي تُنجز الوظائف الخلوية. وعندما ترتبط الرايبوسومات مع منطقة على الشبكة الهيولية الباطنة فإن هذه المنطقة تسمى شبكة هيولية باطنة خشنة لاحظ الشكل الآتي :

حيث تبدو الشبكة الاندوبلازمية الباطنة الخشنة كثيرة النتوءات والبروزات. وهذه البروزات هي الرايبوسومات التي تنتج البروتين تمهيدًا لنقله إلى الخلايا الأخرى أيضًا وجود مناطق على الشبكة الهيولية الباطنة لا ترتبط بها رايبوسومات. هي شبكة من النبيبات والبنيات الحويصلية المسطحة في الهيولي تسمى الشبكة الهيولية الباطنة. وتترابط هذه النبيبات والحويصلات مع بعضها البعض وتتكون جدرانها من أغشية شحمية ثنائية تحوي كميات كبيرة من البروتين شبيهة بغشاء الخلية. ويمكن أن تكون المساحة الكلية لسطح هذه البنية في بعض الخلايا - كخلايا الكبد مثلاً - مساوية 30 - 40 ضعفًا من مجموع سطح غشاء الخلية. كما يوضح الشكل تفاصيل بنية جزء صغير من الشبكة الهيولية الباطنة حيث يبين أن الحيز داخل النبيبات والحويصلات يمتلأ بالمَطرِس الهيولي الباطنendoplasmic matrix ، وهو وسط سائل يختلف عن السائل الموجود خارج الشبكة الهيولية الباطنة .

وتبين الصور المجهرية الإلكترونية بأن الحيز الموجود داخل الشبكة الهيولية الباطنة مرتبط بالحيز بين غشائي الغشاء النووي المزدوج .والأجزاء من الشبكة الهيولية الباطنة التي لا ترتبط معها رايبوسومات تسمى الشبكة الهيولية الباطنة الملساء .وعلى الرغم من عدم وجود رايبوسومات في الشبكة الهيولية الباطنة الملساء إلا أنها تقوم بوظائف مهمة في الخلية. منها بناء الكربوهيدرات والدهون المعقدة، ومنها الدهون المُفسفَرة. كما تعمل الشبكة الهيولية الباطنة الملساء في الكبد على إزالة السموم الضارة من الجسم .وتدخل المواد التي تتكون في الأقسام المختلفة من الخلية إلى حيز الشبكة الهيولية وتنقل بعد ذلك إلى أقسام الخلية الأخرى. كما توفر المساحة السطحية الواسعة للشبكة والأجهزة الإنزيمية المتعددة المنتشرة على سطح أغشيتها النصيب الأكبر من الآلية اللازمة لفعالية الخلية الاستقلابية.

الشبكة الاندوبلازمية الملساء

هناك قسم من الشبكة الاندوبلازمية لا يحوي رايبوسومات ملتصقة بها؛ ويسمى هذا القسم باسم الشبكة الاندوبلازمية الملساء، وتقوم هذه الشبكة بتركيب المواد الشحمية في الكثير من العمليات الإنزيمية الأخرى في الخلية.

الميتوكوندريا

تسمى الميتوكوندريا mitochondria محطات توليد الطاقة للخلية. وبدونها لا تتمكن الخلايا من استخلاص كميات مناسبة من الطاقة من الغذيات والأكسجين؛ وكنتيجة لذلك تتوقف كل الوظائف الخلوية الأساسية. وكما هو مبين في الشكل السابق توجد هذه العضيات أساسًا في كل أقسام الهيولى ولكن يختلف عددها الكلي في الخلية الواحدة من أقل من مئة ميتوكوندريا إلى عدة مئات منها حسب كمية الطاقة التي تحتاجها الخلية. وبالإضافة لذلك تتركز الميتوكوندريا في أقسام الخلية المسؤولة عن أكبر جزء من استقلاب الطاقة في الخلية. كما أنها تختلف في أشكالها وأحجامها إذ يبلغ طول قطر بعضها بضع مئات من النانومترات ؛ وهي كروية الشكل بينما يكون بعضها كبيرًا ويبلغ قطره 1 - 7 ميكرومترات ويكون متفرعًا أو خيطي الشكل.

ويبين الشكل البنية الأساسية للميتوكوندريا ويظهر بأنها تتكون بصورة رئيسية من غشائين بروتينيين مزدوجي الطبقة الشحمية، أحدهما داخلي والآخر خارجي .وتكون عدة طيات من الغشاء الداخلي رفوفًا تلتصق عليها الإنزيمات المؤكسدة .وبالإضافة لذلك يمتلأ التجويف الداخلي للميتوكوندريا بمَطرسٍ يحوي كميات كبيرة من الإنزيمات المذابة فيه والضرورية لاستخلاص الطاقة من الغذيات .وتعمل هذه الإنزيمات بالترافق مع الإنزيمات المؤكسدة على الفوف الداخلية في الميتوكوندريا لتؤكسد الغذيات مكونة ثاني أكسيد الكربون والماء. وتستعمل الطاقة المحررة لصنع مواد عالية الطاقة تسمى ثلاثي أدينوزين الفوسفاتATP ، ثم ينقل الـ ATP إلى خارج الميتوكوندريا وينتشر في أنحاء الخلية ليحرر الطاقة كلما دعت الحاجة إليها للقيام بوظائف الخلية .والميتوكوندريا هي عضيات ذاتية التناسخ؛ وهذا يعني أن الميتوكوندريا تتمكن من توليد واحدة أخرى مثلها وثالثة أيضًا وهكذا كلما دعت الحاجة في الخلية لتوليد كميات إضافية من الميتوكوندريا وانتاج الطاقة. كما تحوي الميتوكوندريا الحمض النووي الريبي منقوص الكسجين DNA شبيه بذلك الذي يوجد في النواة ؛ فالـ DNA هو المادة الأساسية التي تحكم تناسخ الخلية، ولكن ليس لدرجة تامة لأنه في عملية تناسخ الميتوكوندريا يدخل الكثير من البروتينات والشحميات التي سبق تكونها إلى داخل الميتوكوندريا التي تتضخم عند ذاك وتتبرعم لتولد منها ميتوكوندريا جديدة وهكذا.

وظيفة الميتوكوندريا

تعتبر الوظيفة الرئيسية للميتوكوندريا هي استخلاص الطاقة من المواد الغذائية الرئيسية التي تستخلص الخلايا طاقتها منها، وهي الأكسجين وواحد أو أكثر من المواد الغذائية كالسكريات والدهون والبروتينات. وتتحول كل السكريات في جسم الإنسان بصورة أساسية إلى جلوكوز قبل وصولها إلى الخلية، وتتحول البروتينات إلى أحماض أمينية، وتتحول الدهون إلى أحماض دهنية؛ ثم تتفاعل تلك المواد الغذائية داخل الخلية كيميائيًا مع الأكسجين بتأثير الإنزيمات المختلفة التي تتحكم بسرعة تفاعلاتها وتوجه الطاقة التي تتحرر من ذلك بالاتجاه المناسب .وتتم كل هذه التفاعلات المؤكسدة تقريبًا داخل الميتوكوندريا وتستعمل الطاقة المحررة لتوليد ثلاثي أديونوزين الفوسفات ATP الذي يستعمل هو نفسه وليست الأغذية الأصلية نفسها في أنحاء الخلية لتزويد الطاقة لكل التفاعلات الاستقلابية فيها.

جهاز كولجي

بعد بناء بعض البروتينات بواسطة الرايبوسومات على سطح الشبكة الهيولية الباطنة ينتقل بعضه بواسطة حويصلات تنفصل عن الشبكة الهيولية الباطنة لتصل إلى جهاز جولجي Golgi apparatus ؛ حيث يتعلق جهاز جولجي بصورة وثيقة بالشبكة الهيولية الباطنة وله أغشية شبيهة بأغشية الشبكة الهيولية الباطنة اللاحبيبية. كما في الشكل الآتي :

إن جهاز جولجي مكوّن من مجموعة من الأغشية المتراصة في أربع طبقات أو أكثر تعدِّل البروتينات وترتبها وتغلفها داخل أكياس تسمى الحويصلات تنبثق عن جهاز جولجي، ثم تلتحم الحويصلات بالغشاء الخلوي لتحرر البروتينات إلى بيئة الخلية الخارجية .حيث تكون هذه الحويصلات رقيقة ومسطحة ومكدسة قرب النواة. ويكون هذا الجهاز بارزًا في الخلايا الإفرازية حيث يتوضع على جهة الخلية التي تقذف منها المواد الإفرازية.

ويعمل جهاز جولجي بالاشتراك مع الشبكة الهيولية الباطنة. كما يوجد حويصلات نقلية transport vesiclesصغيرة، تسمى أيضًا حويصلات الشبكة الهيولية الباطنة، تنقطع باستمرار من الشبكة الهيولية الباطنة وتندمج بعد فترة قصيرة مع جهاز جولجي. وتنقل المواد بهذه الطريقة من الشبكة الهيولية الباطنة إلى جهاز جولجي، ومن ثم تعامل المواد المنقولة في جهاز جولجي لتكون الجسيمات الحالة والحويصلات الإفرازية أو المكونات الهيولية الأخرى.

الوظائف النوعية للشبكة الإندوبلازمية الباطنة

يتسع انتشار الشبكة الإندوبلازمية الباطنة وجهاز جولجي وخصوصًا في الخلايا الإفرازية. وتتكون هاتان البنيتان بصورة مبدئية من أغشية مزدوجة الطبقة الشحمية وجدرانها مشبعة بإنزيمات البروتين التي تتمكن من تحفيز تركيب العديد من الموا التي تحتاجها الخلية .وبصورة عامة يبدأ معظم التركيب في الشبكة الإندوبلازمية الباطنة ثم تمرر المواد التي تصنع فيها إلى جهاز جولجي حيث تعالج بدرجة أكبر قبل تحريرها إلى الهيولى .ويمكن دور الشبكة الإندوبلازمية الباطنة الحبيبية في تكوين البروتينات؛ حيث تتصف الشبكة الإندوبلازمية الباطنة بوجود عدد كبير من الريبوسومات الملتصقة بالسطوح الخارجية للغشاء الشبكي، وتتركب جزيئات البروتين داخل بنيات الريبوسومات. كما أن الريبوسومات نفسها تطرح العديد من جزيئات البروتين المركبة لا إلى العصارة الخلوية cytosol بل عوضًا عن ذلك إلى مطرس الهيولى الباطنة خلال جدار الشبكة الهيولية الباطنة .و بنفس السرعة التي تدخل بها جزيئات البروتين إلى مطرس الهيولى الباطنة تسبب الإنزيمات في جدار الشبكة الإندوبلازمية الباطنة تغييرات سريعة في هذه الجزيئات إذ أن جميعها يُسكِر فورًا، أي أنها تقرن بأجزاء سكرية لتكون بروتينات سكرية .glycoproteins ولهذا فإن كل بروتينات الهيولى الباطنة هي أساسًا بروتينات سكرية بعكس البروتينات التي تولدها الريبوسومات في العصارة الخلوية والتي تكون بصورة عامة بروتينات حرة غير مرتبطة. وترتبط بعد ذلك البروتينات تعابريًا وتتطوى لتكون جزيئات أكثر اكتنازًا.

وتقوم الشبكة الإندوبلازمية الداخلية بتركيب الشحوم خصوصًا الشحوم الفسفورية والكولستيرول. وتُضَمن هذه بسرعة في الطبقة الشحمية المزدوجة للشبكة الإندوبلازمية الباطنة نفسها. ويؤدي ذلك إلى النمو المستمر

لهذه الشبكة ويتم ذلك بصورة خاصة في القسم الأملس من الشبكة الإندوبلازمية الباطنة .و للمحافظة على عدم نمو الشبكة الإندوبلازمية الباطنة إلى أبعد من حدود الخلية تنفصل باستمرار حويصلات صغيرة تدعى حويصلات الشبكة الإندوبلازمية الباطنة أو الحويصلات الناقلة transport vesicles من الشبكة الملساء، ومعظم هذه الحويصلات تهاجر بسرعة إلى جهاز جولجي.

الوظائف الأخرى للشبكة الإندوبلازمية الباطنة

إن الوظائف المهمة الأخرى للشبكة الإندوبلازمية الباطنة، وخصوصًا للشبكة الملساء منها هي :

1. أنها تحوي إنزيمات تتحكم في تحلل الجليكوجين عندما يستعمل لتوليد الطاقة.
2. أنها تحوي أعدادًا كبيرة من الإنزيمات القادرة على نزع سموم المواد التي تؤذي الخلايا مثل العقاقير ؛ وهي تحقق ذلك بالتخثير أو بالأكسدة أو بالهضم أو بالتضمين مع حمض الجليكورونيك أو بطرق أخرى غير ذلك.

الوظائف النوعية التركيبية لجهاز جولجي

بالرغم من أن الوظيفة الرئيسية لجهاز جولجي هي معالجة المواد التي سبق تكوينها في الشبكة الإندوبلازمية الباطنة، لكنه يمتلك أيضًا القدرة على تركيب بعض السكريات التي لا يمكن تكوينها في الشبكة الإندوبلازمية الباطنة. ويصدق هذا بصورة خاصة على حمض السياليك sialic acid والجلاكتوز. وبالإضافة لذلك فإنه يتمكن من تكوين مكاثير السكريد الكبيرة جدًا والمرتبطة بكميات قليلة من البروتين. وأهم هذه المواد هي حمض الهيالورنيك وسلفات الكوندرويتين. ومن خواص هاتين المادتين:

1- أنهما المكونان الرئيسيان للبروتيوجليكانات porteoglycans التي تفرز في المخاط في الإفرازات الغدية الأخرى.

2- وأنهما المكونان الرئيسيان للمادة الأساسية الإسنادية في الأحياز الخلالية والتي تعمل كحشوة بين ألياف الكُلاجين والخلايا الحية في الجسم.

3- وأنهما المكونان الرئيسيان للمطرس العضوي في الغضاريف والعظام.

الفجوات

وجد في الخلية حويصلات محاطة بغشاء، تُسمَّى الفجوات، تقوم بتخزين المواد بصورة مؤقتة في الجبلة. والفجوة - كالموجودة في خلية النبات - كيس يُستخدم في تخزين الغذاء والإنزيمات والمواد الأخرى التي تحتاج إليها الخلية، انظر الشكل الآتي :

تُخزِّن بعض الفجوات الفضلات. ومن المثير للاهتمام أن الخلية الحيوانية عادةً لا تحوي فجوات، وإذا حدث ذلك فإن الفجوات تكون أصغر كثيرًا مما هي عليه في الخلية النباتية .

الأجسام الحالّة

يوجد في الخلية حويصلات تحوي مواد تهضم، أو تحلل العضيات وجزيئات المواد المغذية الزائدة، تُسمَّى الجسيمات الحالةlysosomes ، وهي عضيات حويصلية يولدها جهاز جولجي، وتنتشر خلال الهيولى. وتوفر هذه الجسيمات جهاز هضم داخل الخلايا يمكنه هضم البنيات والمواد غير المرغوبة خصوصًا الأجسام المعطوبة أو الغريبة عن الخلية مثل الجراثيم للتخلص منها.

فالوظيفة الرئيسية للأجسام الحالة هي هضم الأجسام الاحتسائية والبلعمية الغريبة في الخلية؛ حيث يتعلق بالحويصلة البلعمية أو الاحتسائية بعد ظهورها داخل الخلية جسيم lysosome واحد أو أكثر ويفرغ فيها هيدرولازاته الحمضية، فتتكون ذلك حويصلة هضمية .digestive vesicle وتبدأ الهيدرولازات hydrolasesبهضم البروتينات والجليكوجين والأحماض النووية وعديدات السكريد المخاطية والمواد الأخرى التي توجد في تلك الحويصلة. وتتكون نتاجات هذا الهضم من جزيئات صغيرة من الأحماض الأمينية والجلوكوز والفوسفات وما شاكل ذلك من المواد التي يمكنها أن تنتشر خلال غشاء الحويصلة إلى الهيولى. ويمثل باقي الحويصلة الهضمية - والذي يسمى الجسم الثمالي - residual body المواد غير المهضومة. وتفرغ هذه المواد في الغالب خلال غشاء الخلية بعملية تسمى الالتفاظ الخلوي) exocytosis الإيماس)، وهي عكس عملية الالتقام الخلوي .endocytosisولذا تسمى الأجسام الحالة **أعضاء الهضم في الخلية**.

الخيوط والبنيات النبيبية للخلية

تنتظم البروتينات الليفية للخلية عادة على شكل خيوط أو نبيبات وتتأصل هذه البروتينات كجزيئات بروتين طليعي تصنعها الريبوسومات التي تعوم بحرية في الهيولى. وتوجد هذه الجزيئات في أول الأمر مذابة في الهيولى، وتتكوثر polymerizeبعد ذلك مكونة الخيوط .filaments وغالبًا ما توجد أعداد كبيرة من الخيوط المجهرية في المنطقة الخارجية من الهيولى التي تسمى الهيولى الظاهرة لتكون سندً مرنًا لغشاء الخلية. كما تنتظم الخيوط المجهرية في الخلايا العضلية بشكل آلة قلوصة خاصة وهي أساس التقلص العضلي في كل أنحاء الجسم .و يستعمل في كل الخلايا نمط خاص من الخيوط المكونة من جزيئات نبيبين tubulin مكوثرة تبني بنيات نبيبية تسمى النبيبات المجهرية .microtubules وتحوي هذه دائمًا تقريبًا 13 سليفة خيط توجد مطروحة بطريقة متوازية وبترتيب دائري مشكلة أسطوانة طويلة مجوفة يبلغ قطرها حوالي 25 نانومترًا، وطولها من ميكرون واحد إلى عدة ميكرونات. وتترتب هذه الاسطوانات على شكل جزم مكونة كتلًا بنيوية قوية. ومع ذلك فالنبيبات المجهرية هي بنيات جاسئة تتكسر عند ثنيها بشدة .و مثال آخر على النبيبات المجهرية هي البنيات الآلية الأنبوبية للأهداب التي تعطيها صلابة بنيوية. وهي تتشعع إلى الأعلى ابتداء من هيولى الخلية حتى ذروة الهدب. كما تتكون أيضًا المريكزات والمغازل التفتلية للخلايا المنقسمة تفتليًا من النبيبات المجهرية .ويتضح من هذا أن الوظيفة الأساسية للنبيبات المجهرية هي العمل كهيكل خلوي cytoskeletonيوفر بنيات صلبة فيزيائيًا لبعض أقسام الخلايا. كما يلاحظ بأن الهيولى غالبًا ما يجري بجوار النبيبات المجهرية ويمكن أن ينتج ذلك من حركة أذرع تبرز خارجة من النبيبات المجهرية.

الجهاز العصبي (Nervous System)

الجهاز العصبي هو احد اهم اجهزة جسم الانسان والذي يتكون بشكل اساسي من الدماغ والحبل الشوكي، وشبكة واسعة من الأعصاب التي تغطي جميع أجزاء الجسم وتتكون كل هذه الأعضاء مع بعضها من بلايين من الخلايا العصبية او ما يسمى بالعصبونات التي تتكون من جسم الخلية والعديد من الزوائد التي تعمل كقرون الاستشعار في استقبال وارسال الإشارات العصبية لتنقلها إلى جسم الخلية والمحور العصبي الذي قد يصله طوله في الجسم إلى متر، ويقوم الجهاز العصبي بمساعدة أجزاء الجسم المختلفة على التواصل والسيطرة على ما يحدث من حركات وتفاعلات حيوية في الجسم ويقسم الجهاز العصبي في جسم الانسان إلى الجهاز العصبي المركزي ويتكون من الدماغ والحبل الشوكي والجهاز العصبي المحيطي ويتكون من الاعصاب المحيطية او الطرفية.
الجهاز العصبي يمكن الكائن الحي من التواصل مع المحيط الخارجي، بالإضافة إلى تحكمه بكثير من وظائف الجسم وعمليات الأيض ويستطيع التحكم بردود فعل الجسم للآلام ولمس المواد الساخنة وغيرها، وذلك باستقبال الإحساس ثم معالجته و ارسال رد الفعل ولا يمكن ان يعمل الدماغ بدون الاوكسجين لأكثر من 20-15 دقيقة اذ يستهلك الدماغ 25% من الاوكسجين الكلي للجسم ، ويعتبر سكر الكلوكوز الواصل من الدم هو المصدر الرئيسي للدماغ ، وقبل التعرف على اقسام الجهاز العصبي فان معرفة طبيعة وظائف الخلية العصبية يساعد في فهم الكثير من عمليات الجهاز العصبي.

ويمكن إجمال الوظائف التي يؤديها بما يلي

1 ـ يـتحكم فـي نشـاطات جميـع وظـائف أجهـزة جسـم الإنسـان الأخـرى وينسـق أعمالهـا بدقـة عالية

2 ـ وسيلة تلقي المعلومات وخزنها سواء من البيئة الخارجية أو البيئة الداخلية بواسطة أجهزة الاستقبال ثم الاستجابة لها .

3ـ مركز مهم لأعضاء الحس والبصر والسمع والتذوق والألم والتفكير والكلام وهذا يعني إن أي تلف او خلل في أجزاءه يعني حدوث عجز خطير في جسم الإنسان.

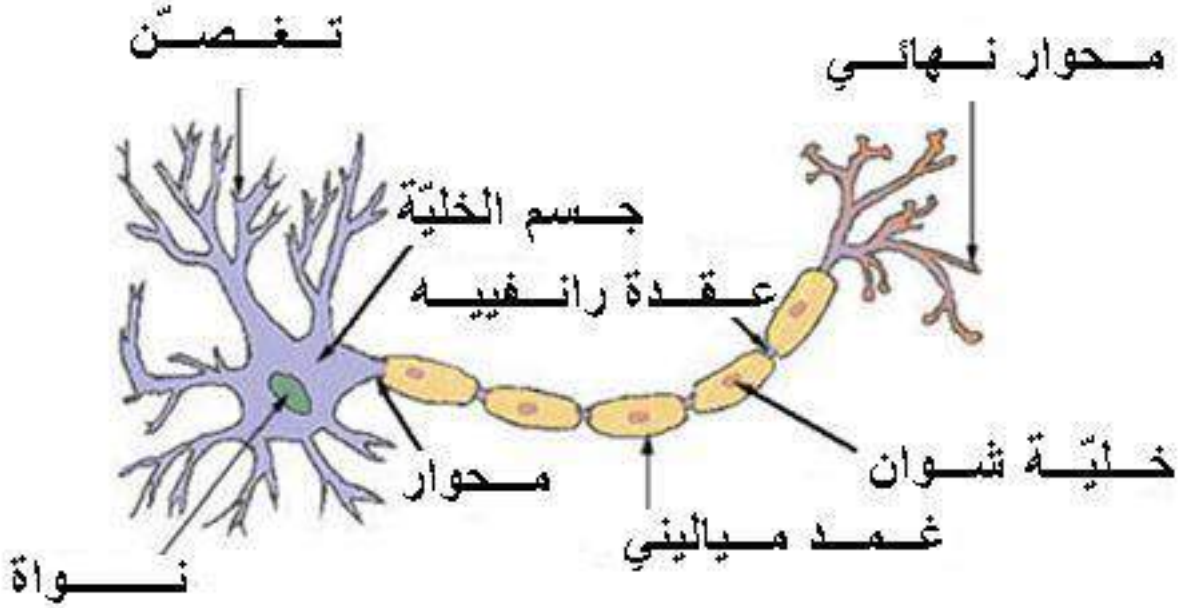
الخلية العصبية :

تتكون الخلية العصبية من الاجزاء الاتية :

اولا – جسم الخلية : يشبه الجسم الخلوي كرة صغيرة قطرها 0,25 ملم ويعمل على استقبال وارسال الدفعات العصبية وتصنيع البروُتينات واستخدام الطاقة للمحافظة على الخلية العصبية ونموها، تتمركز معظم الأجسام الخلوية داخل الجهاز العصبي المركزي حيث تتحد الاشارات الواردة وتبث الرسائل الصادرة . اما تلك الموجودة خارج الجهاز العصبي المركزي فتتجمع في حزم تسمى العقد العصبية مثل تلك الخاصة بالجهاز العصبي التلقائي.

ثانيا:- المحور: ويسمى أيضاً الليف العصبي ويشكل امتداداً أنبوبياً للجسم الخلوي. وله العديد عات التي تمكنه من الاتصال بما يقرب من ألف عصبون آخر وهو متخصص في نقل الاشارات ، يغطي المحور

بنية خلية عصبية مثالية

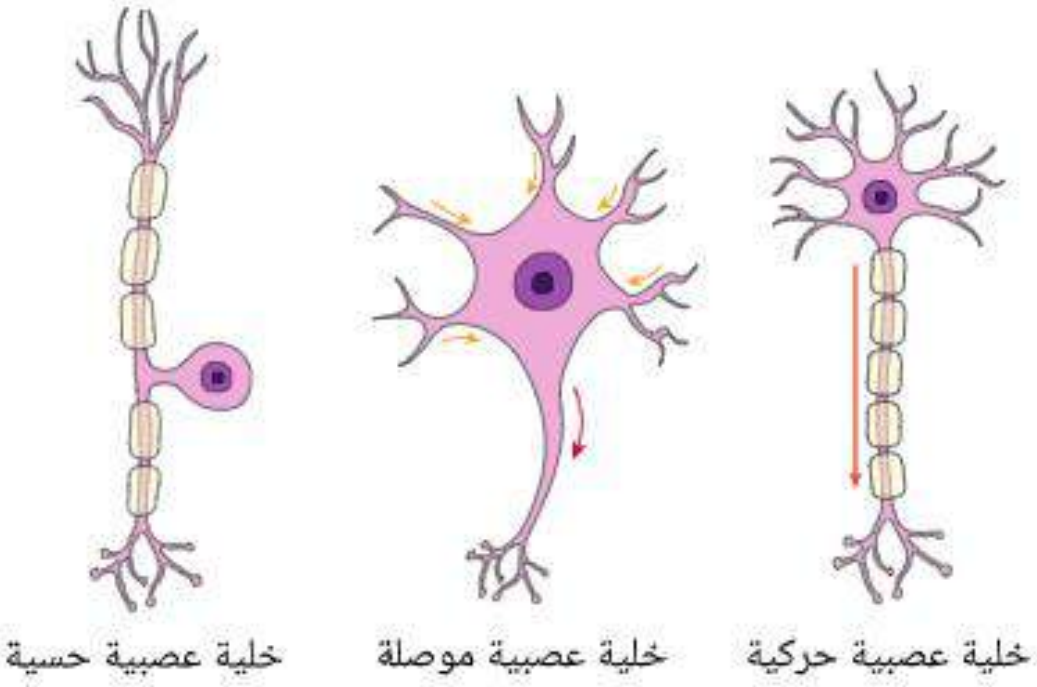


غمد مصنوع من مادة دهنية بيضاء تسمى الميلين، حيث تساعد على سرعة انتقال الدفعات العصبية عبرها، كما تساعد على التمييز بين المادة الرمادية والمادة البيضاء في الجهاز العصبي، وتتكون المادة الرمادية من محاور غير مغطاة بالميلين وأجسام خلوية عصبونية ، بينما تتكون المادة البيضاء من محاور مغطاة بالميلين .تتكون مادة الميلين في خلايا شوان في الجهاز العصبي المحيطي، بعد ان تقوم الخلايا الدبقية بتصنيعها في الجهاز العصبي المركزي .

ثالثا: - النتوءات: تتفرع من كل جسم خَلَوي نحو ستة أفرع في شكل قنوات أسطوانية، تسمى الاغصان او المتشجرات ،ويبلغ طولها نصف ملم وسمكها ضعفي سمك المحور أو ثلاثة أضعافه ،تعد هذه الاغصان أجساما متخصصة في استقبال الدفعات الواردة من محاور اخرى ، ويفصل بينهما فراغ ضيق يسمى الشق التشابكي الذي تعبر خلاله الدفعات العصبية وتسمى أماكن التقاء الاعصاب بالمشابك .

انواع الخلايا العصبية

على الرغم من أن الخلايا العصبية يمكن أن تشترك في بعض الخواص التشريحية نفسها، فإنها تكون متخصصة للغاية في إجراء وظائف محدَّدة. عادةً ما تُصنَّف الخلايا العصبية إلى ثلاث مجموعات وظيفية: الخلايا العصبية الحسية، والخلايا العصبية الحركية، والخلايا العصبية الموصِّلة. يمكن أن تغيِّر هذه الأنواع الوظيفية الثلاثة شكل الخلية العصبية، كما هو موضَّح في الشكل الآتي :



عادةً ما توجد الخلايا العصبية الحسية في الجهاز العصبي الطرفي، حيث تَجمع المعلوماتِ الحسيةَ من الجسم والبيئة الخارجية. أحيانًا، تسمى هذه الخلايا العصبية أيضًا بالخلايا العصبية الواردة. كلمة «واردة» تعني (تجلب باتجاه) وتَصِف تدفُّق المعلومات الحسية إلى الجهاز العصبي المركزي.

تنقل الخلايا العصبيةُ الحركيةُ المعلوماتِ من الدماغ والحبل الشوكي إلى العضلات، والأعضاء، والغدد في الجسم. وهي تسمى أيضًا الخلايا العصبية الصادرة لوصف الاتجاه الذي تتحرك فيه الأوامر الحركية من الجهاز العصبي المركزي. كلمة «الصادرة» تعني «تنقل بعيدًا». فبينما تَحمل الخلايا العصبية الحركية الأوامر الحركية إلى العضلات والأعضاء والغدد في الجسم، تُشكِّل القسم الحركي للجهاز العصبي الطرفي

يُعد التصنيف الوظيفي الثالث للخلايا العصبية، الذي يسمى الخلايا العصبية الموصِّلة، هو التصنيف الأكبر من الخلايا العصبية؛ لأنه يَصِف أيَّ خلية عصبية ليست خلية عصبية حسية أو حركية. تَستقبل الخلايا العصبيةُ الموصِّلةُ المعلوماتِ من خلايا عصبية أخرى (إما الخلايا العصبية الحسية وإما الخلايا العصبية الموصِّلة)، أو تَنقُل المعلوماتِ إلى الخلايا العصبية الأخرى (إما الخلايا العصبية الحركية وإما الخلايا العصبية الموصِّلة).

وبناءً عليه، فإن وظيفةَ الخلايا العصبية الحسية بأنها تَحمل النبضات من المستقبِلات إلى الخلايا العصبية الموصِّلة، ووظيفةَ الخلايا العصبية الموصِّلة بأنها تَحمل النبضات بين الخلايا العصبية الحسية والحركية، ووظيفةَ الخلايا العصبية الحركية بأنها تَحمل النبضات من الخلايا العصبية الموصِّلة إلى المستجيبات مثل العضلات والغدد .

نقل الاشارة العصبية:

يحتوي غشاء الخلية العصبية على بروتينات خاصة تتحكم في فتح مسامه واغلاقها وخلال فترة سكونه يتم تخفيض مستوى أيونات الصوديوم الموجب الشحنة وزيادة مستوى أيونات البوتاسيوم لنفاذية وبعض الأيونات العضوية السالبة داخل الخلية مقارنة بما يحيط بها من سوائل، ومن ثم تزداد سلبية داخل الخلية ويطلق على الغشاء الخلوي في هذه الحالة اسم الغشاء المُستَقطب ويسمى فرق الجهد عبر الغشاء اواسم الكامن الساكن (جهد الراحة). وعند التنبيه بأحد المنبهات الكيميائية أو الكهربائية الآلية عبر الاعصاب الحسية تتأثر مسامية الغشاء ويتغير الجهد الساكن ،وهذه المنبهات تفتح مسامات الغشاء وتزيد من دخول أيونات الصوديوم داخل الخلية حيث يزداد عدد الشحنات الموجبة ويحدث ما يسمى بزوال لاسْتِقْطاب وعند ازلة استقطاب الخلية العصبية بأحد المنبهات يبدأ بازدياد نشاطه ومن ثم تبدأ الدفعة او الاشارة العصبية ،ويجب أن تكون للمنبه شدة معينة تعرف باسم جهد العتبة .

جهود الغشاء الخلوي المولَّدة بالانتشار : بافتراض وجود ليفاَ عصبياً في حالة عدم وجود أي نقل فعال لأيونات الصوديوم أو أيونات البوتاسيوم فيه، وتركيز البوتاسيوم عالٍ جداً في داخل الخلية ومنخفض جداً خارجها، وبافتراض أن الغشاء الخلوي في هذه الحالة نفاذ جداً لأيونات البوتاسيوم ولكنه غير نفاذ لأية أيونات أخرى. وبسبب التدرج التركيزي الكبير لأيونات البوتاسيوم من داخل الخلية إلى خارجها. وعندما يحدث ذلك تحمل هذه الأيونات شحنة موجبة للخارج ، وبهذا تولد كهربائية إيجابية خارج الغشاء الخلوي وكهربائية سلبية داخله ؛ لأن الصواعد anions السلبية (البروتينات) مثلا التي تبقى في الداخل لا تنتشر للخارج مع أيونات البوتاسيوم الموجبة . ويؤدي فرق الجهد الجديد هذا عبر الغشاء الخلوي إلى دفع أيونات البوتاسيوم باتجاه رجعي من داخل الخلية إلى خارجها. وفي مللي ثانية واحدة تقريباً يصبح الجهد عالياَ بحيث يمنع أي انتشار آخر لأيونات البوتاسيوم للخارج بالرغم من تدرج التركيز العالي للبوتاسيوم للخارج . ويبلغ فرق الجهد الضروري لذلك - في الليف العصبي الكبير السوي في الثدييات - حوالي 90 ميللي فولت ، مع شحنة سلبية في داخل غشاء الليف. وفي حالة أخرى قد تحدث نفس الظاهرة كتلك السابقة ولكن مع تركيز عالٍ لأيونات الصوديوم خارج الغشاء الخلوي وتركيز منخفض للصوديوم داخل الغشاء، وهذه الأيونات هي إيجابية الشحنة أيضاَ ، ولكن هنا الغشاء شديد النفاذية لأيونات الصوديوم وغير نفاذ للأيونات الأخرى ، ويولد انتشار أيونات الصوديوم للداخل جهداَ غشائياَ ذا قطبية عكسية؛ فهي سلبية في الخارج وإيجابية في الداخل ومرة أخرى يرتفع جهد الغشاء الخلوي إلى حدٍ عالٍ يكفي لمنع أي انتشار آخر لأيونات الصوديوم إلى الداخل. ولكن في هذه المرة يكون الجهد في الليف العصبي الكبير في الثدييات حوالي 61 ميللي فولت، مع شحنة سلبية داخل الليف العصبي . وبهذا وجد أن فرق تركيز الأيونات عبر الغشاء النفاذ يمكنه - تحت ظروف خاصة - توليد جهد غشائي . كما أن الكثير من تغيرات جهد الغشاء التي تلاحظ أثناء مرور الدفعات في الأعصاب أو العضلات تنتج عن التغير السريع في جهود الغشاء الانتشارية من مثل هذا النوع . وتجدر الاشارة إلى أن كل الدفعات لها نفس الحجم والزمن، بغض النظر عن قوة المنبه وتسمى هذه الظاهرة باسم ظاهرة الكل او العدم ، ويحتمل ان ترجع قدرة إحساس الدماغ بقوة المنبه إلى عدد الألياف العصبية المنبهة وتردد الدفعات الناتجة عن المنبه ويتم التوصيل عبر المحور بواسطة سائل يوجد بداخل المحور العصبي ذو قدرة توصيل الشحنات الكهربائية ونقلها في شكل تيار ، فعند ازلة الاستقطاب من إحدى مناطق المحور تنتشر هذه الإزالة عبر هذا السائل الى كل المناطق المجاورة في المحور وتسمى موجة ازالة الاستقطاب ،وأنه لو كان المحور غير مغطى بمادة المَيلين لأمكن تسرب الدفعات العصبية، ولكن لوجود غطاء الميلين وتقطعه عبر المحور في مناطق عقد رانفير فلا تحدث هذه الدفعات العصبية إلا في هذه العقد حيث تقفز من عقدة إلى أخرى عبر المحور.

جهد فعل الغشاء الخلوي في الخلية العصبية

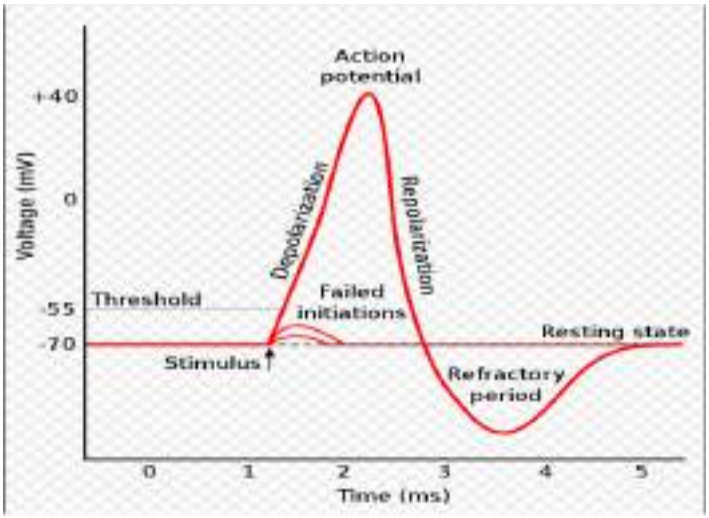
يتم نقل الإشارات العصبية بجهود الفعل وهي تغيرات سريعة في جهد الغشاء الخلوي. ويبدأ كل جهد فعل بتغير مفاجيء من جهد الراحة السوي للغشاء إلى جهد غشائي موجب سريع ثم ينتهي بنفس هذه السرعة تقريباً ، ليعود إلى جهد سلبي. ولكي ينقل الإشارة العصبية يتحرك جهد الفعل على طول الليف العصبي .

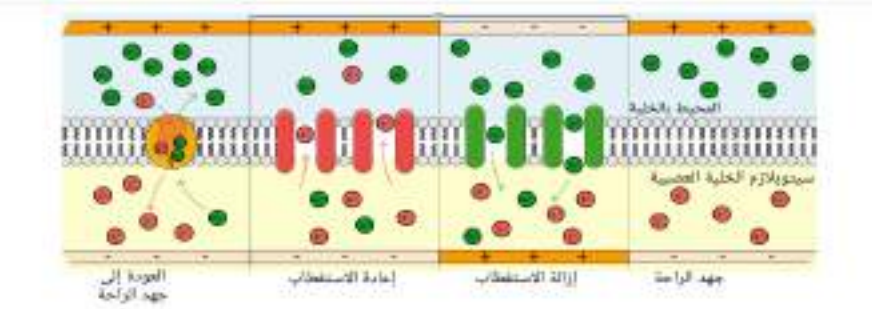
والمراحل المتعاقبة لجهد الفعل هي:

مرحلة الراحة : resting stage وهي جهد الراحة للغشاء الخلوي قبل بدء جهد الفعل. ويقال إن الغشاء مستقطب polarized أثناء هذه المرحلة بسبب جهد الغشاء السلبي الكبير جداً الموجود فيه.

مرحلة زوال الاستقطاب :depolarization stage يصبح الغشاء الخلوي في هذه المرحلة شديد النفاذية لأيونات الصوديوم فيسمح لأعداد كبيرة منها بالتدفق إلى داخل المحور العصبي axon وتفقد حالة الاستقطاب المتمثلة بكمية -90 ملي فولت، مع صعود سريع للجهد نحو الاتجاه الموجب. ويسمى ذلك زوال الاستقطاب depolarization وفي الواقع يتجاوز جهد فعل الغشاء في الألياف العصبية الكبيرة حد الصفر ويصبح موجباً قليلاً ، ولكنه في بعض الأليف الصغيرة وفي الكثير من عصبونات الجهاز العصبي المركزي يصل الجهد إلى حد الصفر فقط ولا يتجاوز إلى الجهد الموجب .

مرحلة عودة الاستقطاب : repolarization stage وبعد أن أصبح الغشاء الخلوي عالي النفاذية لأيونات الصوديوم لبضعة أجزاء من 10000 من الثانية تبدأ قنوات الصوديوم بالانغلاق وتفتح قنوات البوتاسيوم لأكثر من حالتها الاعتيادية. ومن ثم يعيد الانتشار السريع لأيونات البوتاسيوم لخارج الخلية لبناء جهد الراحة السلبي السوي للغشاء ويسمى ذلك إعادة استقطاب الغشاء الخلوي.



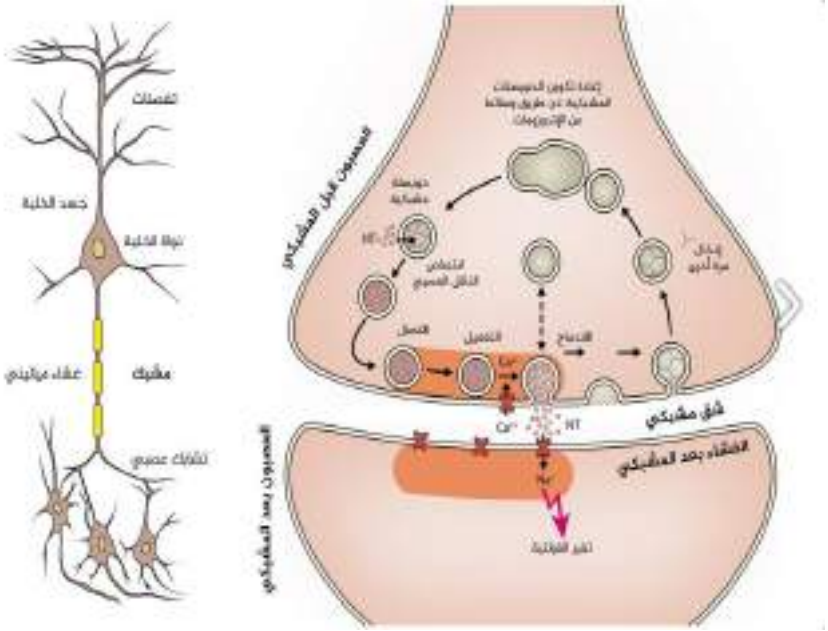


الشكل 3: مخطط يلخّص حركة الأيونات بين الحيز الخارجي المحيط بالخلية العصبية والسيتوبلازم في كل مرحلة من مراحل جهد الفعالية.

الانتقال عبر المَشابك

ويتم بانتقال الدفعات العصبية عبر المشابك بوساطة مواد كيميائية خاصة تسمى الناقلات العصبية Neurotransmitters مثل (الاستيل كولين ، الابنفرين ، النور ابنفرين ،الهستامين) فعند وصول الدفعة للنهاية الطرفية للمحور تقوم بحفز إفراز إحدى الناقلات العصبية في الشق التشابكي ومن ثم تتحرك الناقلة العصبية نحو اغصان الخلية العصبية المجاورة ، وتفتح مسامات غشائها لتتدفق بعض الأيونات إلى داخل الخلية ، لتحدث تغييرا في جهدها يسمى الكامن خلف المشبك .

ينقسم الكامن خلف المشبك إلى نوعين اما مثير أو مثبط ويعمل النوع المثير لإحداث فعل كامن آخر في محور إحدى الخلايا العصبية الاخرى ، بينما يعمل النوع المثبط لمنع حدوثه العمل ، وتجدر الاشارة الى عدم قدرة بعض الدفعات العصبية الواصلة إلى المشبك من الوصول إلى العصبونات المجاورة ، مما يعني أن المشابك تعمل على تنظيم مسار تدفقات الدفعات العصبية الثابتة في كل اجزاء الجهاز العصبي .



اقسام الجهاز العصبي

اولاً:- الجهاز العصبي المركز: (Central Nervous System)

يتكون الجهاز العصبي المركزي من الخلايا العصبية ،ويقسم الى الدماغ والنخاع الشوكي (الحبل الشوكي) ويوجد الدماغ داخل تجويف الجمجمة اما النخاع الشوكي يوجد في القناة الشوكية داخل الفقرات وكلاهما مغلفان بالسحايا ،ويحتل الجهاز العصبي المركزي الجزء الأضخم من الجهاز العصبي ، ويلعب الدور الرئيس في التحكم بسلوك وتصرفات الكائن الحي ويؤثر على نشاط جميع الأجزاء الجسم ، ويبدأ الحبل الشوكي من قاعدة الجمجمة حيث التجويف القحفي او الثقب العظمي وينتهي تقريبا مع مستوى القطنية الأولى والثاني .

يطغى على شكل الجهاز العصبي المركزي المادة البيضاء والرمادية ، ويمكن أن ينظر ظاهريا إلى أنسجة الدماغ حيث تشكل المادة البيضاء القسم الاكبر من محاور وخلايا دبقية Glial cells قليلة التفرع، في حين أن المادة الرمادية والتي تتشكل أساسا من الخلايا العصبية ، وكلا النسيجين يشملان عدد من الخلايا الدبقية ، والتي غالبا ما يشار إليها باسم خلايا دعم الجهاز العصبي المركزي ، وهناك أشكال مختلفة من الخلايا الدبقية ولكل منها وظائف مختلفة ، حيث أن أشكال اخرى مثل الخلايا الدبقية الصغيرة هي نوع خاص من البلاعم وتشارك في نظام المناعة في الدماغ وكذلك تخليص أنسجة المخ من نواتج الأيض المختلفة ، والخلايا النجمية التي تشارك في كل من ازالة نواتج الأيض ونقل الوقود والمواد المفيدة المختلفة للخلايا العصبية من الشعيرات الدموية في الدماغ ، وخلال إصابة الجهاز العصبي المركزي فان الخلايا النجمية سوف تتكاثر مما يتسبب في ندب النسيج العصبي وبالتالي إلى نقص في الخلايا العصبية الوظيفية .

تحاط أقسام الجهاز العصبي المركزي الدماغ والحبل الشوكي بثلاث طبقات تسمى السحايا ، وتقع بين الجزء العظمي المحيط بأجزاء الجهاز العصبي المركزي ، وبين الأعصاب وهذه الطبقات تساعد على استقرا ر الأعصاب الموجودة تحتها، وتدفع عنها ضرر الاحتكاك بالعظام المحيطة بها وهذه الطبقات هي :

1. الأم الحنون :(pia mater) وهي الأقرب إلى الأعصاب وفي هذه الطبقة توجد الشرايين التي تزود أعصاب الدماغ والحبل الشوكي بالدم.
2. العنكبوتية:(arachnoid) وهو الغشاء الذي يتلو الأم الحنون من حيث الترتيب ويفصله عن الأم الحنون الحيز تحتَ العنكبوتية، وفي هذه الحيّز يوجد السائلُ النُّخاعي.
3. الأم الجافية (dura mater): وهي الأقرب للعظام الفقرات حول الحبل الشوكي وعظام القِحف حول الدماغ .

مكونات الجهاز العصبي المركزي

يتكون الجهاز العصبي المركزي من جزئين رئيسة هي الدماغ والحبل الشوكي.

الدماغ Brain : يقع الدماغ الى الأعلى من الحبل الشوكي والذي يشكل الجزء الاكبر من الجهاز العصبي المركزي ، وغالبا ما يكون الهيكل الرئيسي المشار إليه عند الحديث عن الجهاز العصبي المركزي ، وفي حين أن الحبل الشوكي لديه قدرات معالجة معينة مثل تحريك العمود الفقري ومعالجة ردود الفعل ، فالدماغ هو وحدة المعالجة الرئيسية للجهاز العصبي ويتكون تركيب الدماغ من الاجزاء الاربع الاتية :

ـ المخ Cerebrum : المخ يشكل الجزء الأكبر من الدماغ والعديد من الأجزاء ، تشكل نصفي الكرة المخية من القشرة والعقد القاعدية واللوزة المخية والحُصين، ونصفي الدماغ مع بعضهما يسيطران على جزء كبير من وظائف الدماغ مثل العاطفة والذاكرة والادراك والحركة . وبصرف النظر عن ذلك فإن نصفي الكرة المخية مسؤولان عن القدرات المعرفية للدماغ في القشرة والتي تتكون من المادة الرمادية التي تغطي سطح الدماغ ، وتشارك القشرة وظيفيا في التخطيط وتنفيذ المهام اليومية ويشارك الحصين في تخزين الذكريات ، واللوزة المخية تلعب دورا في التصور والعاطفة ، في حين أن العقد القاعدية تلعب دورا في المحافظة على توازن الجسم .

ـ المخيخ Cerebellum : المخيخ يتكون ايضا من القشرة الرمادية الخارجية والالياف البيضاء الداخلية يقع وراء الجسر المخ ، ويتكون من عدة فصوص وتشمل وظائفه السيطرة على وضعية الجسد ، وتنسيق حركات أجزاء الجسم ، بما في ذلك العينين والرأس وكذلك الأطراف وعلاوة على ذلك فإنه يشارك في الحركة التي تم تعلمها واتقانها مع الممارسة ، كما أنه قادر على التكيف في تعلم حركات جديدة ، فان المخيخ يشمل أيضا اتصالات إلى مناطق القشرة المخية تشارك في اللغة وكذلك وظائف معرفية ، وقد تبين أن هذه الاتصالات تم كشفها عن طريق استخدام تقنيات التصوير الطبي مثل تصوير الرنين المغناطيسي ، وان جسم المخيخ يحمل المزيد من الخلايا العصبية أكثر من أي بنية أخرى بما في ذلك المخ أو نصفي الكرة المخي ، كما يعالج المحفزات الحسية والمعلومات الحركية وكذلك معلومات التوازن .

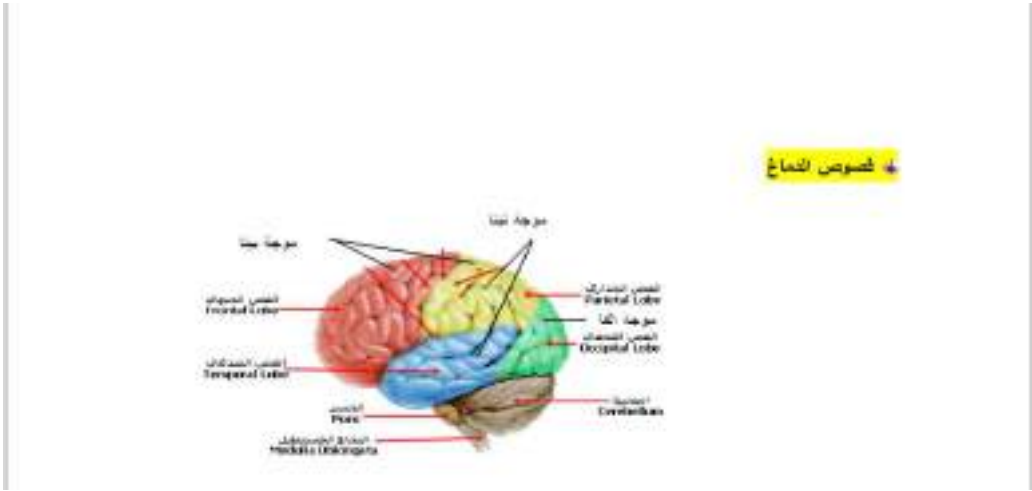
ـ الدماغ المتوسط (البيني) : يتكون الدماغ المتوسط من جزئين هما
ـ المهاد(Thalamus) وتحت المهاد (Hypothalamus) ، ويعمل المهاد على الربط بين المسارات الواردة من الجهاز العصبي المحيطي وكذلك العصب البصري غير أنه لا يتلقى مدخلات من العصب الشمي لنصفي الكرة المخية ، كما أنه يشارك في فرز المعلومات التي ستصل نصفي الكرة المخية ، فالمهاد أيضا يربط بين المخيخ والعقد القاعدية مع المخ ، ومن القواسم المشتركة مع النظام الشبكي المذكور سابقا مشاركة المهاد في اليقظة والوعي .

ـ تحت المهاد يقع تحت المهاد مباشرتا ويشارك في وظائف لعدد من العواطف البدائية أو المشاعر مثل الجوع ، والعطش، وارتباط الأم (رابطة الأمومة) ، وينظم هذا جزئيا من خلال السيطرة على افراز الهرمونات من الغدة النخامية وتنظيم السكر في الدم ، وايضاً ما تحت المهاد تلعب دورا في التحفيز العديد من السلوكيات الاخرى للفرد وتنشيط الجهاز العصبي السمبثاوي .

4. جذع الدماغ Brain Stem يوجد في قاع الجمجمة بين المخ والمخيخ ويتكون من الجسر الذي يرتبط بالمخيخ والقنطرة التي تربط بين الجسر والجز الذي يليها وهو النخاع المستطيل ، ويمكن الإشارة الى النخاع المستطيل كامتداد للنخاع الشوكي، كما أن تنظيمه وخصائصه الوظيفية مماثلة لتلك الخاصة بالحبل ألشوكي، كما ان المسارات التي تمر من الحبل الشوكي إلى الدماغ تعبر من خلاله ويعتبر أساسياً للحياة إذ يتحكم بالتنفس، ونبضات القلب ، وضغط الدم ، وسيطرة لاإرادية على حركات الوجه والرقبة بواسطة الأعصاب القحفية .

النخاع الشوكيSpinal Cord:

يـرتبط النخـاع الشـوكي مـع الجلـد والمفاصـل والعضـلات وغيرها بخيـوط الاعصـاب التـي تمتد من والى الحبل الشوكي وهذه الأعصـاب ، وتسمح بورود الإشارات الحسية والمحفزات الى الجهـاز العصـبي المركـزي وبنقـل الاشارات الى الجسـم بواسـطة الاعصـاب الحركية وهـذا يسمح للحركات الطوعية وغير الطوعية للعضلات، فضلا عن تصور الحواس، ويوجد31 زوج مـن العصـب شـوكي يبـرز مـن جـذع الـدماغ ،وبعضهـا تشكل ضفيرة لتفرعها مثـل الضـفيرة العجزية والضفيرة العضدية ، وكل عصب شوكي يحمل الإشارات الحسية والحركية على حد سواء ، ولكـن الأعصـاب تشـبك فـي منـاطق مختلفـة مـن الحبـل الشـوكي سـواء مـن الأطـراف الى الخلايا العصـبية الحسـية التـي تنقـل المعلومـات إلـى الجهـاز العصـبي المركـزي أو من الجهاز العصبي المركزي إلى الخلايا العصبية الحركية، التي تنقل المعلومـات إلـى الأطـراف ،الحبـل الشـوكي ينقـل المعلومات إلى الدماغ من خلال مسارات العمود الفقري مـن خـلال المسـار المشـترك إلـى المهاد وفـي نهايـة المطـاف إلـى القشـرة ، ولا يتم ترحيل كافة المعلومات الى القشرة المخية ، ولكن بدلا من ذلك فإنها تنقل فقط إلى المهاد الذي يفرزها ويتكيف وفقا لذلك . ويوضح الشكل التالي فصوص الدماغ :



ثانياً:-الجهاز العصبي المحيطي(Peripheral Nervous System):

وهو الذي يتكون من مجموعة من الأعصاب التي تحيط الجسم وتعمل على حركة اجزاء الجسم بشكل معلوم وتكون الاعصاب الطرفية من ثلاثة واربعين زوج من الاعصاب التي تكون من قسمين هي :

ـ الاعصاب القحفية :وتكون (12) زوج من الاعصاب المتصلة بالدماغ وتوزع على اعضاء منطقة الرأس كالعينين والسمع واللسان والعصب الحائر المسؤل عن الجهاز الدوري والامعاء.

ـ الاعصاب الشوكية : وتكون (31) زوج من الاعصاب تنطلق من النخاع الشوكي لتتصل بالعضلات الهيكلية وتقسم هذه الاعصاب الى ثلاث انواع من الاعصاب هي:

أـ اعصاب حسية تدخل النخاع الشوكي من القرن الخلفي وتنقل الايعاز من العضلات الى النخاع الشوكي.

ب ـ الاعصاب حركية: تخرج من القرن الامامي للنخاع الشوكي وتنقل الايعازات الى العضلات الهيكلية.

جـ ـ اعصاب رابطة : وترتبط الاعصاب الحسية والحركية داخل النخاع الشوكي لغرض معالجة المعلومات الواردة وارسال الايعاز.

وتعتبر الاعصاب الشوكية هي المسؤولة عن نقل الاشارات العصبية الى العضلات الهيكلية عن طريق محور الخلية العصبية الحركية ،الذي يتفرع عند نهايته ليتصل بالألياف العضلية العصبية عن طريق المغازل العضلية التي توزع الاشارة العصبية الى انحاء العضلة وان اتصال النهايات العصبية مع الالياف العضلية تسمى بالوحدة الحركية، كما توجد مستقبلات حسية في نقطة اتصال الاوتار بألياف العضلات تسمى اجسام كولجي والتي تقوم بعمل تثبيطي عند شد العضلة الزائد .

ويمكن تقسيم الجهاز العصبي المحيطي الى قسمين وهي:
ـ الجهاز العصبي الذاتي (اللاإرادي) (Autonomic Nervous System)
تصل المعلومات من والى المهاد وتحت المهاد وتكمن وظيفة هذا الجهاز في التحكم بوظائف الجسم التي تحدث بشكل مستمر ودون طلب واعٍ منا، ومثال ذلك التنفس، وضربات القلب، وعمليات الأيض، ويتميز الجهاز العصبي الذاتي بالاستجابة السريعة للظروف وقدرته على تكييف الجسم على الظروف المحيطة كما هو الحال عند اعطائه اشعارا للجسم ليقوم بإفراز العرق إذا ارتفعت درجة حراً للجسم .

ويتكون الجهاز العصبي الذاتي من جزئيين رئيسة هي:

1. الجهاز العصبي الودي (Sympathetic Nervous System): ويقوم هذا الجهاز بتثبيط عملية الهضم، وتحفيز النشاط الفيزيائي والعقلي للجسم؛ إذ يُسرع نبضات القلب ويفتح مجرى التنفس ليُسهل عملية التنفس.

2- الجهاز العصبي اللاودّي (Parasympathetic Nervous System): ويُعتبر هذا الجهاز المسؤول عن التحكم بوظائف الجسم أثناء الراحة؛ إذ يُساعد الجسم على الارتخاء، ويُحفز عمليات الأيض وعملية الهضم.

الجهاز العصبي الجسدي او الطرفي :(الإرادي) Somatic Nervous System وتكمن وظيفة هذا الجهاز في التحكم بالأمور التي نُدركها والأفعال التي تعي التحكم بها ،من خلال الانقباضات العضلية لأداء حركة او فعل ، ومثال ذلك الذراعَين والساقين وغيرها من اجزاء الجسم التي تكون حركاتها واعية ارادية .

الدم واللمف

الدم Blood :

يصنف الدم من الناحية النسيجية ضمن الأنسجة الرابطة السائلة. ويعد الوسط الناقل للجسم ويقوم بالوظائف الآتية:

1- نقل المواد الغذائية من القناة الهضمية إلى الأنسجة.
2- نقل الفضلات الناتجة عن الأيض من الخلايا إلى اعضاء الاخراج.
3- نقل الاوكسجين من الرئتين إلى الأنسجة.
4- نقل غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 من الأنسجة إلى الرئتين.
5- نقل افرازات الغدد الصم إلى انحاء الجسم.
6- تنظيم حرارة الجسم.
7- المحافظة على ثبات تركيز الماء والأملاح في الخلايا.
8- تنظيم تركيز أيونات الهيدروجين في الجسم.
9- الدفاع عن الجسم ضد الاحياء المجهرية.

يتألف الدم من الخلايا والبلازما Plasma وتوجد ثلاثة أنواع من الخلايا في الدم:

أ. كريات الدم الحمر Erythrocytes (RBC)
ب. خلايا الدم البيض Leucocytes (WBC)
ج. الصفيحات الدموية Thrombocytes (platelets)

الخواص العامة وتركيب الدم:

الدم سائل خاص يتألف من جزئين الأول سائل (البلازما) والثاني خلوي (كريات الدم الحمر والخلايا البيض والأقراص الدموية) ولونه أحمر غير شفاف ذو طعم ملحي ورائحة خاصة تعود إلى وجود الحوامض الدهنية الطيارة. ويتغير لون الدم اعتماداً على درجة التشبع بالأوكسجين فالدم المؤكسج (الدم الشرياني) لونه أحمر قاني أما الدم غير المؤكسج فيكون لونه أحمر غامق (الدم الوريدي). ويتراوح الوزن النوعي للدم 1.053 – 1.066 وتبلغ لزوجة الدم بحدود 3.5 – 5.4. ويكون الضغط التناضحي للدم هو 7 ضغط جوي. ويعتمد على الاملاح المعدنية وخاصة ملح الطعام NaCl وأيضاً بروتينات البلازما.

كريات الدم البيضاء Leucocytes

تشكل خلايا الدم البيضاء جزءاً مهماً من مكونات الدم. وتكون أقل عدداً من كريات الدم الحمر. وتظهر في المستحضرات غير المصبوغة شبه شفافة وذلك لخلوها من الصبغات الملونة. وهي عبارة عن خلايا كاملة حاوية على النواة وبقية العضيات الأخرى. ويتغير عددها خلال اليوم واثناء التمارين ومع التغذية. كما تؤثر الابنفرين والتخدير بالايثر وبقية حالات الاجهاد على عددها.

تصنيف الخلايا البيض:

تصنف خلايا الدم البيض إلى حبيبية granulocytes ولا حبيبية agranulocytes. وتتميز الخلايا الحبيبية بوجود الحبيبات في الهيولي. وتبعاً لتفاعلاتها الصبغية فإنها تقسم إلى:

أ. الخلايا العدلة neutrophils

ب. الخلايا الحمضية eosinophil

ج. الخلايا القعدة basophils

أما الخلايا اللاحبيبية فتشمل:

1- الخلايا اللمفاوية Lymphocytes

2- الخلايا وحيدة النواة monocytes

الخلايا العدلة:

تولف هذه الخلايا 25-70% من خلايا الدم البيض الموجودة في دم الحيوانات الداجنة. وتصطبغ حبيباتها بالاصباغ المتعادلة. وهذه الحبيبات عبارة عن جسيمات حالة. وتكون النواة في هذه الخلايا مفصصة ومرتبطة مع بعضها بخيوط. وتتميز الخلايا العدلة بحركتها الأميبية، وفعالياتها في عملية البلعمة، حيث تدافع الجسم ضد المواد الغريبة وذلك من خلال التهامها للجراثيم والدقائق الصغيرة. فعند اصابة احد انسجة الجسم بالجراثيم يتحفز نخاع العظم لتكوين وتحرير اعداد كبيرة من الخلايا العدلة. وتتحرك هذه الخلايا إلى مكان الإصابة من خلال الاتصالات الموجودة بين الخلايا البطانية لجدران الأوعية الشعرية بعملية تدعى Diapedesis وان الحافز المسبب لحركة هذه الخلايا من جهاز الدوران إلى مكان الإصابة هو المواد الناتجة عن ايض الجراثيم وعوامل بلازمية plasma factors ومواد تكونها الخلايا المصابة وتدعى

بالعوامل الكيمياوية الجاذبة وتسمى العملية بالانجذاب الكيمياوي chemotaxis وهناك عوامل بلازمية أخرى تدعى الاوبسو ثينات ترتبط بالجراثيم وبذلك تزيد من حساسيتها لعملية البلعمة.

الخلايا الحمضة Eosinophil cells

تؤلف هذه الخلايا 2–8% من خلايا الدم البيض الموجودة في الدم وهي عبارة عن خلايا كبيرة ذات نواة ثنائية الفصوص يحتوي الهيولي على العديد من الحبيبات الكبيرة التي تصطبغ بالصبغات الحامضية.

وتتكون الخلايا الحمضة في نخاع العظم، وتكون نشيطة الحركة وضعيفة في البلعمة وتزداد عددها بصورة كبيرة في حالات الحساسية وبعض حالات التطفل حيث تتجمع في المناطق التي يحدث فيها تفاعل بين المستضد والجسم المضاد Antigen – antibody reaction حيث تعمل على التهام هذه المعقدات المناعية وقد تلعب دوراً في معادلة الهستامين المتحرر من الخلايا التالفة كرد فعل للتفاعل بين المستضد والجسم المضاد. وتحتوي حبيبات الخلايا الحمضة على العديد من الأنزيمات مثل الاوكسيديز oxidases والبيروكسيديز Peroxidases والفوسفاتيز التي تدل على اشتراك هذه الخلايا في عملية ازالة سموم البروتينات والمواد الغريبة الأخرى. ويؤدي الاجهاد إلى انخفاض عدد الخلايا الحمضة.

الخلايا القعدة Basophils cells

تشكل هذه الخلايا نسبة صغيرة من العدد الكلي لخلايا الدم البيض في الدم (أقل من 1%) وتحتوي على نواة مفصصة متطاولة وغالباً ما تنحني بشكل حرف (S) وتصطبغ حبيباتها الذاتية في الدم بالصبغات القاعدية ويتغير حجم هذه الحبيبات بين الأنواع المختلفة من الحيوانات. حيث تكون صغيرة في الكلب والقطة وكبيرة في الحصان. وقد تكون دائرية أو بيضوية أو متطاولة.

تنشأ هذه الخلايا في نخاع العظم، وتكون قابلية البلعمة في الخلايا العقدة ضعيفة أو معدومة ولكن تحمل المواد الغذائية وتشترك في تجديد الأنسجة ولها صلة وثيقة بالخلايا البدينة النسيجية حيث تماثلها من حيث تكوين الهيبارين والهستامين، فالهيبارين يمنع تخثر الدم والهستامين يجذب الخلايا الحمضة لابطال مفعوله.

الخلايا اللاحبيبية A granulocytes

1- الخلايا اللمفاوية: تكون هذه الخلايا كثيرة العدد نسبياً في دم معظم الحيوانات الداجنة لاسيما الماشية والأغنام والماعز والدجاج. وتحتوي على نواة دائرية كبيرة نسبياً تشغل معظم الخلية. بحيث يشكل الهيولي طبقة رقيقة تحيط بالنواة.

تتكون هذه الخلايا في الأنسجة اللمفاوية (كالعقد اللمفاوية والطحال واللوزتين tonsils والتوثة thymus) وتكون جزءاً رئيساً من مكونات هذه الانسجة. وظيفة الخلايا اللمفاوية هي تكوين الاجسام المضادة حيث تحتوي مستخلصات هذه الخلايا على كاما – كلوبيولينات.

وتفقد اعداداً كبيرة من هذه الخلايا عند هجرتها إلى الأغشية المخاطية المعوية والتنفسية وتكون نشيطة الحركة ولكن ليس لها القابلية على البلعمة.

2- الخلايا وحيدة الخلية monocytes : تؤلف هذه الخلايا 5-10% من العدد الكلي لخلايا الدم البيض في الدم وهي عبارة عن خلايا كبيرة نسبياً حاوية على نواة يصطبغ الهيولي فيها بلون فاتح، وتنشأ هذه الخلايا من خلايا الجهاز الشبكي البطاني للطحال ونخاع العظم وتكون متحركة ولها القابلية على البلعمة. وتحتوي على الانزيمات اللازمة لهضم خطام الأنسجة في المناطق الملتهبة. وتقوم بتحطيم الكريات الحمراء الميتة وتعزل كذلك خلايا الأنسجة الميتة التالفة.

طول فترة حياة خلايا الدم البيض:

يكون طول فترة حياة هذه الخلايا أقصر مما هو عليه في كريات الدم الحمر وليس من السهل معرفة طول هذه الفترة وذلك لخروج هذه الخلايا إلى مناطق عملها خارج الأوعية الدموية. كما أن الفترة التي تعيش فيها خلايا الدم البيض في الأنسجة غير معروفة. وهناك بعض الدراسات تشير إلى أن الخلايا اللمفاوية تستبدل مرتين في اليوم في الكلب.

أما الإنسان فإن معظم الخلايا اللمفاوية تعيش من 100-200 يوم وان 11-22% منها تعيش 3-4 أيام.

كريات الدم الحمر Erythrocytes , RBC

كريات الدم الحمر في الثديات عبارة عن خلايا غير متحركة خالية من النواة ومعقد كولجي والمتقدرات والمريكزيات والحامض النووي والرايبوزي. وتظهر في معظم الأنواع بشكل أقراص دائرية مقعرة الوجهين يتغير قطرها وسمكها تبعاً لنوع الحيوان وحالته الغذائية ولها القابلية

على تغيير شكلها عند مرورها في الأوعية الدموية الشعرية. أما في الطيور والزاحف فتكون حاوية على النواة.

منشأ كريات الدم الحمر وتكوينها:

تنشأ كريات الدم الحمر في المراحل الجينية الأولى من كيس المح Yolk sac أما في المراحل المتأخرة فتنشأ من الكبد والطحال والعقد اللمفاوية وبعد الولادة يكون نخاع العظم المصدر الرئيسي لتكوين كريات الدم الحمر erythropoiesis ويشترك الطحال إلى حد قليل في عملية تكوين كريات الدم الحمر في الطيور. وفي بعض الحالات المرضية قد يستعيد الكبد والطحال والعقد اللمفاوية عملية تكوين الكريات مرة أخرى، وتستمر عملية تكوين الكريات في نخاع العظم وتدخل الكريات الجديدة إلى مجرى الدم بمعدل يساوي الكريات المتحطمة وبذلك يبقى العدد الكلي ثابتاً تقريباً.

وتدخل الكريات إلى الأوعية الشعرية دون تمزق جدرانها بعملية تدعى diapedesis وهناك نظريه أخرى تشير إلى تكوين كريات الدم الحمر داخل الأوعية الدموية الشعرية intravasculary وتبعاً لهذه النظرية يوجد نوعان من الأوعية الدموية الشعرية في نخاع العظم.

1- الأوعية الدموية الشعرية المنخمصة Collapsed capillaries التي تنشأ فيها كريات الدم الحمر.
2- الأوعية الشعرية المفتوحة Open capillaries التي يجري خلايا الدم وتندفع كريات الدم الحمر الفتية إلى مجرى الدم عندما تصبح الأوعية الدموية الشعرية المخمصة فعالة.

وتكون الخلية الحمراء عند منشأها حاوية على النواة ثم يتم التخلص منها أما بطرحها أو امتصاصها قبل دخول الكريات إلى مجرى الدم. وأن ما يقرب من 1-3% من كريات الدم الحمراء عبارة عن خلايا فتية حاوية على بقايا نواة. وقد يزداد عدد هذه الخلايا الفتية في بعض حالات فقر الدم حيث تزداد فعالية نخاع العظم لتكوين اعداد كبيرة من كريات الدم الحمر – وتستلزم عملية نضوج كريات الدم الحمر في نخاع العظم وجود فيتامين B_{12} وحامض الفوليك Folic Acid حيث يعملان بشكل مرافقين للانزيم في عملية تصنيع الحوامض النووية لقواعدها النتروجينية (البيورين والبايريميدين).

بالاضافة إلى الفيتامينات المساعدة في عملية تكوين الدم مثل البايريدوكسين، الرايبوفلافين، حامض النيكوتينيك وحامض البانتوثينيك والثيامين والبايوتين وحامض الاسكوربيك والتي تعتبر ضرورية في تكوين كريات الدم الحمر، ان أي نقص في هذه الفيتامينات يؤدي إلى

خلل في عملية تكوين كريات الدم الحمر وتطورها. وبالإضافة إلى الفيتامينات تحتاج عملية صنع البروتينات إلى المعادن والحوامض الأمينية والماء والطاقة مثل (الحديد، النحاس، والكوبالت) فالحديد يشترك في بناء جزيئية الهيموكلوبين والنحاس يعمل كمرافق للانزيم أو محفز في عملية صنع الهيموغلوبين. أما الكوبالت فإنه ضروري للمجترات لأنه ضروري في عملية صنع فيتامين B_{12} بواسطة الجراثيم الموجودة في الكرش في المرتفعات العالية قد تظهر الحيوانات زيادة الكريات الحمر نتيجة لنقص الضغط الجزئي لغاز الأوكسجين.

يستبدل ما يقرب من 1% من كريات الدم الحمر يومياً على أساس أن طول فترة حياة الكريات هي 120 يوم تقريباً. وأن نقصها أو زيادة تحطمها يحفز نخاع العظم على تكوين كريات جديدة. ويزداد تكوينها في حالة انخفاض الضغط الجزئي لغاز O_2 في الدم الشرياني وذلك لوجود علاقة بين نقص الاوكسجين وتحفيز نخاع العظم، وتتم السيطرة على تكوين كريات الدم الحمر بمادة كلايكوبروتينية شبيهة بالهرمون تدعى بالايروثروبايوتين erythropoietin تنتقل بواسطة الدم حيث تؤثر على الخلايا الجذعية في نخاع العظم، ويتم تأثير الايروثروبايوتين من خلال تحفيز عملية صنع RNA الرسول. وتكوين الايروثروبايوتين في الكلية وكذلك في الخلايا المعرضة لنقص الاوكسجين hypotic cells وقد يوجد في بلازما الدم في بعض الحيوانات والانسان ويعتمد عدد كريات الدم الحمراء على عدة عوامل منها: الغذاء، الطقس، الموسم، الحالة الفسلجية، العمر، السلالة، الحالة الانتاجية، الجنس، وتوفر العناصر المعدنية الضرورية مثل (الحديد، النحاس، الكوبلت) بالاضافة إلى بعض الأحماض الأمينية والفيتامينات ($C , V B_{12}$) وحامض الاسكوربيك والفوليك ومواد أخرى في الغذاء والضغط الجوي.

تركيب كريات الدم الحمر: تحتوي كريات الدم الحمر على

62-72% ماء

35-% مواد صلبة

ويؤلف الهيموكلوبين ما يقارب 90% من هذه المواد الصلبة. أما 10% فتمثل البروتينات والدهون (دهون فسفورية وكوليسترول حر واسترات وشحوم متعادلة) وفيتامينات وكلوكوز للطاقة، وأنزيمات (كولين استيريز، فوسفاتين وكاربونيك أنهيدريز والببتديز) بالاضافة إلى المعادن (فسفور، Cl، S، K، Na) ويتكون غشاء الخلية الحمراء من البروتينات والشحوم. Lipoidap وهو غشاء شبه نافذ وذو اختيارية عالية.

حجم الكرية الحمراء ومحتوى الهيموغلبوبين:

ويتراوح معدل قطر كريات الدم الحمراء في المساحة الجافة لدم معظم الثديات من 4 مايكروميتر في الماعز إلى 7 مايركومتر في الكلب.

ويتم قياس كريات الدم الحمر باستعمال الصيغ التالية:

1- معدل حجم الكرية (مايكرون)^3 (cuu) = $\frac{\text{المرصوصة الخلايا حجم PCV} \times 10}{\text{عدد كريات الدم الحمر بالمليون /ملم}^3}$

أو يقال بـ(الفمتوليتر) fl

2- معدل هيموغلوبين الكرية (مايركومايكروغرام) = $\frac{\text{كمية الهيموغلوبين (غرام/100 مل من الدم)} \times 10}{\text{عدد كريات الدم الحمر بالمليون /ملم}^3}$

أو يقاس بـ(البيكوغرام) pg

3- معدل تركيز هيموغلوبين الكرية (%) = $\frac{\text{كمية الهيموغلوبين (غرام/100 مل من الدم)} \times 100}{\text{حجم الخلايا المرصوصة PCV}}$

تستعمل هذه الصيغ في تشخيص حالات فقر الدم. حيث يتميز فقر الدم الناتج عن نقص الحديد في جميع الثديات وبضمنها الإنسان بصغر حجم كريات الدم الحمر Microcytic type. أما فقر الدم الخبيث Perniciciau anemia في الإنسان فيتميز بكبر حجم كريات الدم الحمر، ولا يحدث هذا النوع في الحيوانات الداجنة.

عدد كريات الدم الحمر:

يتغير عدد كريات الدم الحمر بين الأنواع المختلفة كما يتغير في النوع نفسه وحتى أفراد النوع الواحد وذلك للتوزيع غير المتجانس لكريات الدم الحمر في جهاز الدوران. وأيضاً التغير الحاصل في السوائل غير جدران الأوعية الشعرية (التغير ما بين الدم الشرياني والوريدي).

هناك عوامل أخرى أيضاً تؤثر على عدد كريات الدم الحمر وأيضاً تركيز الهيموغلوبين وحجم الخلايا المرصوصة وبقية مكونات الدم وهذه العوامل هي:

(العمر، الجنس، التمارين، الحالة الغذائية، ادرار اللبن، انتاج البيض، التهيج (افراز الابنفرين) وحجم الدم والدورة الشبقية ودرجة حرارة البيئة والارتفاع عن مستوى سطح البحر والعوامل المناخية.

مصير كريات الدم الحمر:

تقوم خلايا الجهاز الشبكي البطاني بتحطيم كريات الدم الحمر المسنة وتعرف خلايا هذا الجهاز بالخلايا المُنسجة او الخلايا البلعمية Macro Phayes وتشتمل هذه الخلايا على الخلايا النجمية أو خلايا كيفر Kupffer cells الموجودة في جدران الجيوب الدموية في الكبد. وفي الطحال وخلايا معينة في نخاع العظم والعقد اللمفاوية. وعندما تتحطم الكريات تتجزأ إلى الهيم heme وبروتين الكلوبين globin. ويتحرر الحديد من الهيم ويخزن في الكبد والطحال لاستعماله فيما بعد في منح هيموغلوبين جديد. ويتم تحويل الجزء المتبقي من الهيم إلى البيليفريدين ويختزل قسم منه بواسطة انزيمات الخلايا الشبكية البطانية لتكوين صبغة الصفراء تدعى البيليروبين التي يتم طرحها من الكبد إلى الصفراء اما الكلوبيولين فإنه يدخل ضمن بروتينات الجسم لاستعماله في تكوين هيموغلوبين جديد أو بروتينات أخرى.

ويعد الطحال في الإنسان الموقع الرئيس في تحطيم كريات الدم الحمر أما الطيور فيعد الكبد الموقع الرئيس وكذلك معظم الحيوانات.

حجم الخلايا المرصوصة Packed Cell Volume (PCV)

يمكن معرفة النسبة المئوية لهذه الخلايا باستعمال انابيب خاصة سميكة الجدار مدرجة من صفر – 10 تدعى انابيب ونتروب، تؤخذ عينة من الدم وتوضع في هذه الانبوبة ثم في جهاز الطرد المركزي لمدة (30 د) وبمعدل 3000 دورة في الدقيقة ومن التدرجات يمكن حساب النسبة المئوية للحجم الكلي الذي تشغله كريات الدم الحمر الذي يمثل حجم الخلايا المرصوصة أو الهيماتوكرت.

أما خلايا الدم البيض فتشكل طبقة رقيقة تقع بني طبقة الكريات الحمر والبلازما وتدعى بالطبقة الصفراء Buffy cat.

يتناسب حجم الخلايا المرصوصة في الحيوانات الطبيعية مع عدد كريات الدم الحمر وكمية الهيموكلوبين حيث تزداد قيمة الهيماتوكرت عند زيادة عدد كريات الدم الحمر أو انخفاض حجم البلازما وتقل عند نقصان عدد كريات الدم الحمر.

قيم هيماتوكرت في الحيوانات الداجنة

الحيوان	الهيماتوكرت (%)
الاغنام	32
الكلب	45
البقرة	40
الحصان	42
القطة	37.3
دجاج	30.6

معدل ترسيب كريات الدم الحمر ESR

عند وضع كمية من الدم مضافاً إليه مادة مانعة للتخثر في انبوبة مدرجة تدعى ماصة وستركرين وتركه لفترة معينة من الوقت يلاحظ ترسب كريات الدم الحمر إلى الاسفل وبقاء البلازما إلى الأعلى نظراً لأن كثافة كريات الدم الحمر أعلى من كثافة البلازما. وتدعى السرعة التي عندها تترسب الكريات الحمر بمعدل الترسب ويقاس بالمليمترات في فترة زمنية معينة، وتمر عملية الترسيب بثلاث مراحل هي:

1- تكوين الرصيص.
2- الترسب السريع.
3- انضغاط كتل الكريات الحمر.

ويتأثر معدل الترسب ببروتينات البلازما مثل الكلوبيولين والفايبرينوجين حيث تزيد من معدل الترسب للكريات الحمر وتكوين الرصيص. بينما الزلال فيقلل من معدل الترسب، ويكون ترسيب كريات الدم الحمراء في الخيول أسرع منه في الأبقار وهذا يعود إلى احتواء بلازما دم الخيول على كلوبيولين أعلى من بلازما دم الابقار في حين الابقار تحوي على البومينات أعلى في بلازما دمها، ويزداد معدل ترسيب الكريات الحمراء عندما يزداد تحلل البروتينات في الجسم بشكل حاد.

ويعتمد معدل الترسب على قوتين رئيستين هما:

1- قوة الجذب الارضي التي تسبب ترسب الكريات إلى الاسفل.
2- قوة مقاومة الاحتكاك الناتجة من احاطة البلازما بالكريات الحمراء التي تحاول ابقاء الكريات عالقة فيها.

وتعتمد سرعة الترسيب على عوامل عديدة منها الوزن النوعي لكريات والبلازما، وحجم وشكل واعداد الخلايا والتركيب الكيمياوي للبلازما، فالوزن النوعي للكريات الحمراء يكون أعلى من البلازما ولهذا فهي تترسب وسرعة الترسيب للكريات الحمراء (ملم/ 1 ساعة) في مختلف الحيوانات الزراعية.

الحيوان	الهيماتوكرت (%)
الابقار	0.62–0.56
الاغنام	1.0–0.7
الماعز	1.0–0.3
الحصان	65.0–62.0
الخنزير	35.0–20.0
الدجاجة	30.0–20.0
الانسان	10.0–8.0

وتزداد سرعة الترسيب عندما يكون الدم قاعدي وارتفاع الكوليسترول في الدم في الحيوانات الحديثة وكذلك الحوامل.

الهيموغلوبين:

تحتوي كريات الدم الحمر على تراكيز عالية من الهيموغلوبين وهو عبارة عن بروتين معقد يتغير وزنه الجزيئي بين الانواع من 66000 إلى 96000 ويتألف من جزء بروتيني غير ملون هو الغلوبيولين (96%) globin ومجموعة الهيم (4%) التي تعطي اللون الاحمر.

واكتشفت أنواع مختلفة من الهيموغلوبين، ففي المرحلة الجينية تبنى هيموغلوبينات الجنين Fetal hemoglabius وهذه تكون أكثر ثباتاً بالنسبة إلى الحوامض والقواعد ويمكنها أن تأخذ وتعطي الاوكسجين حتى في ظروف التنفس الستدي للجنين.

أما في الحيوانات الناضجة والإنسان اكتشف نوعين من الهيموغلوبين هما A وآخر B وهناك حيوانات تحوي النوعين معاً. وعادة يرتبط تخليق وتحطيم الهيموغلوبين في جسم الكائن الحي بتخليق وتحطيم الكريات الحمراء حيث ينجز تخليق الهيموغلوبين في نخاع العظام الحمراء والتحطم يجري في جهاز البطانة الشبكي وبشكل رئيسي في الكبد والطحال ويتحطم خلال 24 ما يقارب على 1% من الهيموغلوبين الكلي.

ويوضح الجدول محتوى الهيموغلوبين في غم/ 100 مل دم لمختلف الحيوانات المزرعية

الحيوان	الهيماتوكرت (%)
الابقار	14-9
الاغنام	15-10
الماعز	14-7
الخنزير	15-14
الدجاجة	12-8
الحصان	14-8

ويعتمد محتوى الهيموغلوبين في الدم على عدة عوامل وهي تقريباً نفس العوامل المؤثرة على عدد كريات الدم الحمراء (السلالة، الجنس، العمر، الغذاء، الموسم، الحالة الإنتاجية، الحالة الفسلجية، ... الخ)

وإن الوظيفة الرئيسية للهيموغلوبين هي عملية نقل الغازات في جسم الحيوان من خلال حمل الاوكسجين من الرئتين إلى الانسجة ونقل ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) من الانسجة إلى الرئتين.

أنواع الهيموكلوبين:

1- أوكسي هيموكلوبين:

عند مرور كريات الدم الحمر خلال الأوعية الشعرية الرئوية يرتبط الاوكسجين بالهيموكلوبين لتكوين الاوكسي هيموكلوبين الذي عند مروره في الأوعية الشعرية الجهازية يعطي اوكسجينه إلى الانسجة، ويمكن التعبير عن العلاقة بين الهيموكلوبين والاوكسجين بالمعادلة الآتية: $Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$

ويتربط الاوكسجين بأيون الحديدوز (Fe^{+2}) الموجود في الهيم بعملية تدعى الاكسجة Oxygenation ويكون لون الدم الشرياني أحمر قانياً لوجود الاوكسي هيموكلوبين بينما يكون لون الدم الوريدي أحمر أرجوانياً لوجود الهيموكلوبين المختزل reduced hemoglobin اضافة إلى الاوكسي هيموكلوبين.

2- المايوكلوبين (هيموكلوبين العضلة)

وهو عبارة عن صبغة تنفسية موجودة في العضلة ويتألف من سلسلة ببتيدية (كلوبين) ومجموعة هيم واحدة، لذا فإنه يحتوي على ذرة حديد واحدة، ويتراوح وزنه الجزيئي 16700، ويماثل المايوكلوبين من حيث الوظيفة الهيموكلوبين، حيث يعمل كمستودع للاوكسجين، وله قابلية ارتباط بالاوكسجين أعلى مما هو عليه في الهيموكلوبين، ويمكن ان يرتبط بالاوكسجين او ينفك عنه بسرعة كبيرة في حالة تقلص الالياف العضلية.

3- الكاربوكسي هيموكلوبين:

هي حالة ارتباط الهيموكلوبين ببعض الغازات الاخرى مثل أول اوكسيد الكاربون ويدعى المركب الناتج بالكاربوكسي هيموكلوبين او الكاربون مونوكسي هيموكلوبين وعند احتواء هواء الشهيق على أول اوكسيد الكاربون فإنه يدخل إلى الدم ويربط بالهيموكلوبين، وذلك لأن قابلية ارتباط الهيموكلوبين بأول أوكسيد الكاربون هي أكثر بـ 200 مرة من قابلية ارتباطه بالاوكسجين. وان تنفس 0.1 من أول اوكسيد الكاربون في هواء الشهيق يؤدي إلى حدوث تأثيرات شديدة خلال 30-60 دقيقة، وفي هذه الفترة يتحول ما يقارب 20% من الهيموكلوبين إلى كاربوكسي هيموكلوبين. ويمكن إحلال الاوكسي محل أول اوكسيد الكاربون المرتبط بالهيموكلوبين وذلك بزيادة الضغط الجزئي لغاز الاوكسجين إلى حد معين يسمح بهذا الاحلال.

$$HbCO + O_2 \rightleftharpoons HbO_2 + CO$$

4- الميتهموغلوبين:

أحد مشتقات الهيموكلوبين ويتكون باكسدة أيون الحديدوز الموجود في الهيموكلوبين إلى الحديديك F^{+3}. لذلك يعد الميتهيموكلوبين أوكسيد حقيقياً، وهو مركب غير سام ولا يمكنه الارتباط بالأوكسجين، وان المركبات المختزلة الموجودة في كريات الدم الحمر (كحامض الاسكوربيك والكلوثايون) تمنع من تراكمه، وتزداد كميته في الدم في بعض الحالات مثل تناول بعض العقاقير (كالنيترات، الفينولات، والاسيتانيليد والسلفانااميدات).

العامل الريصي Rhfactor

يتألف هذا العامل الذي درس لأول مرة في دم قرد الريص من العديد من المسضدات من أهمها D وعند احتواء كريات الدم الحمر على هذا المستضد يدعى الدم بأنه Rh^+ موجب وعند عدم وجوده يدعى بأنه Rh^- سالب. أما الاجسام المضادة لهذا العامل (المضاد (D^- و D –

anti) فإنها لا توجد بصورة طبيعية في بلازما الدم الذي يكون Rh^- سالباً. ويمكن أن تتكون في الشخص ذي الدم Rh سالب عند اعطاءه دم Rh^+ موجب.

وتكمن أهمية هذا العامل عندما يكون دم الأم الحامل Rh سالب ودم الجنين Rh^+ موجب (توارثه من الأب ذي الدم Rh^+ موجب) حيث تتسرب كميات قليلة من دم الجنين إلى دم الام عند الولادة أو قبلها وبذلك تتحس الأم لهذا المستضد بتكوين اجسام مضادة (المضاد D^-) في الفترة الواقعة بعد الولادة. وتمر هذه الأجسام المضادة في الحمل التالي عن طريق السخد إلى الجنين الذي يكون دمه Rh^+ موجباً مؤدية إلى تلازن كرياته وتحللها وتدعى هذه الحالة بالمرض الحال للدم في المولود حديثاً. وعندما يكون تحلل الدم شديداً يموت الجنين داخل الرحم أو قد يصاب بفقر الدم أو اليرقان الشديد. ويمكن منع التحسيس وذلك باعطاء جرعة واحدة من الاجسام المضادة للمضادة D^- (Anti – D antibodies) بعد الولادة، وهذا التمنيع سيمنح تكوين الاجسام المضادة من قبل الأم.

الصفيحات الدموية Platelets

عبارة عن اجسام صغيرة عديمة اللون دائرية أو عصوية الشكل بدون نواة يتراوح قطرها حوالي 3 مايكروميتر وحجمها يتراوح بين 2–4 مايركون.

تتكون الصفيحات في الجنين من الكبد والطحال ونخاع العظم أما في الثدييات البالغة فإن نخاع العظم هو المصدر الرئيس لتكوينها، حيث تنشأ من خلايا كبيرة تدعى بالخلايا النوّاء (Megakaryo cytes)، ولا توجد الخلايا النواء في الطيور. ويتراوح عدد الصفيحات الدموية في معظم الحيوانات الداجنة حوالي 450000 / ملم^3) وفي الطيور (250000 – 40000 / ملم^3) وتكون فترة حياتها قصيرة نسبياً حيث تتراوح من 2–10 أيام وتتحطم بصورة رئيسة في الطحال.

تنتظم عملية انتاج الصفيحات بواسطة مادة موجودة في الدم تدعى بالعمال المحفز لتكوين الصفيحات thrombopoietic stim factor (TSF) حيث يؤدي هذا العامل إلى زيادة تكوين الخلايا النؤّاء من الخلايا الجذعية في نخاع العظم.

وتتلون الصفيحات باللون البنفسجي ولها وظيفة دفاعيه مهمة خاصة في عمليات تخثر الدم وذلك عندما تتجمع على سطح المنطقة المجروحة أو المقطوعة خارج الوعاء الدموي. وهي تتنظم بسرعة ونتيجة لذلك تبدأ عملية التخثر وتتكون خيوط الليفين Fibrin المكونة للخثرة وتفرز منها مادة retractosin التي تحفز على انكماش خثرة الدم وفي حالة تفكك الصفيحات تفرز

مادة السيروتنين Serotonin التي تساعد على ايقاف الدم النازف من خلال تقلص الوعاء الدموي.

وتحتوي الصفيحات الدموي على فوسفولبيدات، سفنكومايلين، ليسثين وأستيل فوسفاتايدز.

وتدعى زيادة الصفيحات الدموية في الدم بثروميوسايتوسين ونقص فيتامين A يخفض عددها وتتحطم في الدم أو في خلايا الشبكة البطانية للطحال.

نوع الحيوان	عدد الصفيحات الدموية (الف/ ملم^3 دم)
الابقار	700 – 200
الاغنام	980 – 170
الماعز	1020 – 310
الطيور	210 – 22.9
الانسان	400 – 150

الطحال Spleen

يعد الطحال أكبر عضو لمفاوي في الجسم وأكثر تعقيداً من بقية الأنسجة اللمفاوية ويكون غنياً بالدم. ويتألف اللب الطحالي بصورة رئيسة من خلايا لمفاوية وخلايا شبكية بطانية ويحتوي أيضاً على خلايا حبيبية وكريات دم حمر. ولا يعد الطحال عضواً اساسياً للحياة حيث يمكن استئصاله في الإنسان والحيوان دون احداث تأثيرات مرضية.

وظائف الطحال:

1- يشترك في تكوين كريات الدم الحمر في الجنين والخلايا اللمفاوية والخلايا وحيدة النواة في الحيوانات البالغة.
2- يعد عضواً مهماً لخزن الدم، حيث يمكن تزويد الجسم بالدم عند ازدياد حاجة الأنسجة للاوكسجين. وهذا يحدث اثناء التمارين وبعد النزف وفي حالة التسمم بأول أوكسيد الكاربون وعند استخدام بعض المخدرات (كالايثر والكلورفورم) وفي الحالات الانفعالية.
ويزن الطحال في الإنسان 150 غم ونظراً لقلة وزنه فإن تأثير اضافة 150 غم من كريات الدم الحمر إلى 5 ألتار من الدم سيكون قليل الأهمية، لذلك لا يمكن ان يعد الطحال في الإنسان كمخزن للدم.
3- يقوم بتحطيم كريات الدم الحمر المسنّة وغير الطبيعية وذلك عن طريق الخلايا الشبكية البطانية في الطحال.

4- يساعد الجسم على مقاومة الكائنات المرضية عن طريق الأجسام المضادة التي تكونها الخلايا اللمفاوية والخلايا الشبكية البطانية.

5- يعد عضواً مهماً في تكوين صبغة الصفراء وخزن الحديد.

البلازما:

وهي الجزء السائل من الدم، وتكون صفراء أو عديمة اللون اعتماداً على كميتها ونوع الحيوان والغذاء الذي يتناوله، ففي الأغنام والماعز تكون عديمة اللون أما في الأبقار والخيول فيكون لونها أصفر قاتماً، ويعود اللون بصورة رئيسة إلى وجود صبغة البيليروبين بالاضافة إلى الجزرين Carotene وصبغات أخرى.

يدعى السائل المتبقي بعد تخثر الدم وإزالة الخثرة منه بالمصل Serum وهو عبارة عن بلازما أزيل منها الفايبرينوجين وعوامل التخثر. ويؤلف البلازما 55 – 70% من الدم وأهم مكوناته هي:

1- الماء.

2- الغازات (الاوكسجين، ثاني اوكسيد الكربون، النيتروجين).

3- البروتينات (الزلال، الكلوبيولينات والفايبرينوجين).

4- الكلوكوز والبايوفين.

5- الدهون (الشحوم والليسثين والكوليسترول).

6- المواد النتروجينية غير البروتينية (حوامض أمينية ، كرياتين، يوريا).

7- المواد غير العضوية (Na ، K ، Ca ، Mn ، Cl ، SO_4 ، Fe ، Mg ، Cu ، Co ، Zn ، I).

8- الانزيمات والهرمونات والفيتامينات والأصباغ.

It is known that, fat source from the feed has an indirect effect on lipogenesis in the mammary gland, as it modifies ruminal fermentation (kholif, et al.2015)

بروتينات البلازما: أنواعها ووظائفها Plasma Proteins: Types and Functions

توجد ثلاثة أنواع من بروتينات البلازما: ألبيومين ويشكل حوالي 60 % من كامل بروتينات البلازما والبروتينات الكروية globulins بأنواعها ألفا وبيتا وجاما، وتشكل بمجموعها حوالي 40 % بينما يشكل مولد فايبرين أقل من 1 %. بلغ الوزن الجزيئي لألبيومين 000، 69 وبسبب صغر وزنه الجزيئي مقارنة ببقية بروتينات الدم فهو مسؤول عن حوالي 80% من الضغط الأسموزي الذي تسببه بروتينات البلازما، كما أن نقص كميته الذي يحدث عادة أثناء بعض أمراض سوء التغذية، مثل مرض كواشيوركر Kwashiorker، وأمراض الكبد والكلية يسبب فقدان السوائل من البلازما وتجمعها في الأنسجة مما يسبب نوعا من الاستسقاء المحيطي peripheral edema. بالإضافة لذلك، فألبيومين يقوم بربط ونقل كثير من المواد مثل هرمون ثيروكسين، أملاح الصفراء، الأحماض الدهنية، أصباغ الصفراء (بيليروبين ويوروبيلين) وكثير من الأدوية مثل بنسيلين وبعض مواد التخدير مثل barbiturates .

تضم البروتينات الكروية بروتينات جاما gamma التي تشكل الأجسام المضادة ولذا فهي تدعى البروتينات الكروية المناعية immunoglobulins Ig وهي خمسة أنواع ، IgA، IgD IgE، IgG، IgM (وسيشار لها في الفصل الحادي والعشرين). أما بروتينات ألفا فتضم نوعي ألفا 1 وألفا 2 وتشكل الأولى البروتينات الكربوهيداتية وبعض البروتينات الدهنية مثل البروتينات الدهنية ذات الكثافة العالية high HDL density lipoproteins.

كما تضم هذه المجموعة البروتينات الرابطة لهرموني ثيروكسين وكورتيزول ولفيتامين B12. تضم بروتينات ألفا 2 هابتوجلوبين haptoglobin الرابط لهيموجلوبين الحر الذي يمنع الكلية من إخراجه وسيريولوبلازمين ceruloplasmin الرابط للأنزيمات المحتوية على النحاس، وبروتين تجلط الدم بروثرمبين prothrombin وهرمون إريثروبويتين المسؤول عن إنتاج خلايا الدم الحمراء ومولد أنجيوتنسين angiotensinogen المنتج لهرمون أنجيوتنسين المنظم الضغط الدم وتوازن الأملاح والسوائل. أما البروتينات الكروية من نوع بيتا فتشمل بروتين ناقل الحديد والنحاس transferrin وأنزيمات النظام المتمم complement والبروتينات الدهنية ذات الكثافة المتدنية LDL low density lipoproteins الناقلة لكوليسترول والتي ترسبه في جدران الشرايين مما يعطيها دورا في إحداث أمراض الأوعية الدموية،

والبروتين سابق محلل فايبرين profibrinolysin المنتج المحلل فايبرين، والبروتينات الناقلة للدهون المفسفرة وللفيتامينات الذائبة بالدهون.

يمكن إجمال الوظائف التي تقوم بها بروتينات البلازما على النحو الآتي:

1. تسبب ضغطا يدعى الضغط الأسموزي الغروي (colloid osmotic oncotic) pressure)ينظم توزيع الماء بين حجرات الجسم (الأوعية الدموية والحيز بين الخلايا والحيز داخل الخلايا .(يبلغ الضغط الأسموزي للبلازما في الشخص العادي 7.3 ضغط جوي ولا تعتبر البروتينات مسؤولة عن كامل هذا الضغط إذ أن مساهمتها الحقيقية لا تزيد عن 0.5) % أي حوالي 28 ملم زئبق). أما البقية الباقية (% 99.5) فمسؤول عنها الجزيئات الصغيرة ذات النشاط الأسموزي العالي كالمواد الإلكترولايتية وبولينا وجلوكوز القادرة على العبور من الدم إلى سائل الأنسجة. وتكمن هنا أهمية البروتينات إذ أنها جزيئات كبيرة نسبيا ولا تستطيع في الغالب العبور نحوسائل الأنسجة، لذا فإنها تجعل البلازما ذات ضغط أسموزي أعلى (بمقدار 28 ملم زئبق وفارق الضغط هذا يسبب عودة سائل الأنسجة نحو الدورة الدموية مما يمنع تجمعه ويمنع حدوث الاستسقاء .من التطبيقات الطبية لهذا المفهوم أن يراعى دوما أن لا يؤثر السائل المعطى للمريض بالوريد على الضغط الأسموزي للبلازما فإعطاء سائل ذي ضغط أسموزي أقل كالماء المقطر يخفف ضغط البلازما الأسموزي مما يسبب تدفق الماء إلى خلايا الدم وانتفاخها وانفجارها lysisكما أن إعطاء سائل ذي ضغط أعلى يرفع الضغط الأسموزي للبلازما وهذا يسبب سحب الماء من خلايا الدم وانكماشها .crenation

2- تقوم بروتينات الدم بوظيفة ناقلة: إن كثيرا من المواد ذات الوزن الجزيئي الصغير ترتبط بالبروتينات التي تنقلها من أماكن الامتصاص كالأمعاء إلى أماكن الخزن كالكبد أو أماكن الاستخدام كنخاع العظام. فالحديد والنحاس وكثير من الهرمونات والفيتامينات والأصباغ وأملاح الصفراء والأدوية كلها تنقل بواسطة البروتينات. ونود الإشارة هنا إلى أن بعض المواد الدهون وهي مواد غير ذائبة بالماء تتعذر إمكانية نقلها عند دخولها إلى الدورة الدموية أو الليمف لولا وجود البروتينات التي تسبب إذابتها ونقلها إلى أماكن الخزن.

3- تعمل بروتينات الدم كمحاليل منظمة :buffers إذ أن البروتينات وهي مواد أمفوتيريه) amphoteric (مواد تتصرف كقواعد خفيفة (تقبل (H+)أو كحوامض خفيفة (تقبل (OH اعتمادا على درجة الأس الهيدروجيني) تعمل في الغالب كقواعد خفيفة وبذا فهي ترتبط بأيونات الزائدة وتجعل الدم قاعدية خفيفة.

4- تعمل بروتينات الدم كمصدر للأحماض الأمينية لتغذية الخلايا، فعند الضرورة تقوم الخلايا الأكولة في الكبد والقناة الهضمية والطحال والرئتين والنسيج الليمفي بابتلاع بروتينات الدم وتحطيمها إلى مكوناتها من الأحماض الأمينية حيث تستخدم في بناء بروتينات جديدة أو تستهلك لانتاج الطاقة.

5- تعمل بعض بروتينات الدم على إحداث التخثر: فكثير منها يتواجد كأنزيمات غير نشطة يجري تنشيطها عند حدوث جرح في الوعاء الدموي. ولعل دور مولد فايبرين وبروثرومبين وعوامل التخثر الأخرى .

الجهاز التنفسي Respiratory System

الوظيفة الرئيسية للجهاز التنفسي يعبر عنها بعمليتين هما :

1- **عملية التبادل الغازي المتمثلة بالامداد المستمر لغاز الاوكسيجين O_2 والطرح المستمر لغاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 .**
2- **عملية تنظيم الحموضة للسوائل الموجودة في الخلايا الجسمية ، والمساعدة على تنظيم درجة حرارة الجسم والتخلص من الماء وإظهار الصوت .**

ويطلق على عملية التبادل الغازي بين الجسم والوسط الخارجي عن طريق الجهاز التنفسي (الرئتين) بالتنفس الخارجي او الرئوي وتشمل نقل الاوكسيجين من الرئتين الى الانسجة ونقل ثاني أوكسيد الكربون من الانسجة الى الرئتين .

ويطلق على إعطاء اوكسيجين من الدم الى السائل النسيجي وانتقاله الى الخلايا بعد ذلك لاستخدامه في عمليات الايض وكذلك الطريق العاكس في انتقال ثاني أوكسيد الكربون من الخلايا الى الدم تسمى بالتنفس الداخلي او النسيجي .

مراحل التنفس :

1- **التهوية Ventlation**
2- **الانتشار Diffution**
3- **التنسيق بين حركة الدم والتهوية**
4- **حركة الدم في الرئتين ـ تتم نقل الغازات خارج الرئتين**
5- **نقل غاز الدم ــ عمل الاوكسيجين وثاني أوكسيد الكربون في الدم**
6- **انتقال الغازات بين الشعيرات الدموية والخلايا**
7- **الاستفادة من الاوكسيجين وطرح ثاني أوكسيد الكربون في داخل الخلايا الجسمية .**

تركيب الجهاز التنفسي :

يتألف الجهاز التنفسي فس الثدييات من الرئتين والمسالك المؤدية اليها والصدر وغشاء الجنب والعضلات والاعصاب المتصلة بها . ويضاف لها في الطيور الاكياس الهوائية والفراغات الموجودة في بعض العظام وتشمل المسالك الهوائية :

1- **المنخران Nostrils**
2- **التجويف الانفي Nasal cavity**
3- **الجيوب الانفية Sinuses**
4- **البلعوم Pharynx**
5- **الحنجرة Larynx**
6- **الرغامي Trachea**

والرغامي عبار عن انبوبة مفتوحة غير قابلة للارتواء متكونة من حلقات غضروفية عددها 30 ــ 60 حلقة ومترابطة وغير مكتملة الاستدارة في الثدييات ، اد تكون على شكل حرف C ، في حين في الطيور تكون كاملة الاستدارة واطول مما في الثدييات . ويبطن جدارها الداخلي غشاء مخاطي مكسو بخلايا طلائية هرمية عمودية الشكل هي خلايا Gopert وظيفتها حجز الاتربة والمواد الغريبة . وينقسم الرغامي قرب منطقة قاعدة

القلب تقريبا الى قسمين رئيسيين تدى بالقصبة الهوائية Bronchus وكل واحدة منها يدخل رئة وبعد دللك تتفرع الى فروع اصغر تدعى بالقصبيبات الهوائية ثم تتفرع الى فروع ادق هي القنوات السنخية التي تنتهي بالاكياس السنخية Alveoiav sac المتالفة من مجموعة من الاسناخ Alveoli وهي اخر الممرات الهوائية .

7- الرئتين Lungs

شكلها مخروطي وهي مطاطا لمنها مملوءة بالفرغات التي يدخلها الهواء وتملا القفص الصدري ويوجد في كل رئة منخفض قرب الجانب الوسطي لها يعرف بالنقير hilus ومن خلاله تمر القصبة الهوائية والاوعية الدموية واللمفاوية والاعصاب لتدخل الى الرئة . وتقسم الرئة الى فصوص عن طريق وجود شقوق عميقة بالجزء البطني للرئة .

اما في الطيور فان رئة الطيور عبارة عن ممر هوائي يحدث فيه التبادل الغازي ومتصل بالأكياس الهوائية التي لها القدرة الواسعة على التمدد والتقلص في حين رئة الثدييات تمثل كيسا هوائيا .

سرعة التنفس Rate of Respiration

تعرف على انها عدد مرات التنفس خلال دقيقة واحدة . وتتأثر بعدة عوامل أهمها :

درجة تمثيل المواد الحيوية وعمر الحيوان والحالة الفسلجية للحيوان وطبيعة الهضم للمواد والاجهاد العضلي والبيئة المحيطة بالحيوان وخاصة درجة الحرارة ، ففي حالة ارتفاع درجة حرارة المحيط عن نطاق التعادل الحراري يؤدي الى زيادة سرعة التنفس .

ويمكن دراسة وتسجيل سرعة التنفس بواسطة جهاز مخطط التنفس او سماع الأصوات الطبيعية للرئتين (التسمع) او بشكل مرئي عن طريق مشاهدة حركة الجدار البطني . ويوضح الجدول التالي سرعة التنفس لبعض الحيوانات والانسان :

ت	نوع الحيوان	نفس / دقيقة
1	الابقار	10 — 30
2	الابل	5 —— 12
3	الأغنام	10 — 20
4	الماعز	10 — 18
5	الحصان	8 —— 16
6	الارنب	10 — 15
7	الدجاجة	22 — 25
8	الفار	200
9	الانسان	12 —— 20

حجم الهواء في الرئتين:

يقدر حجم الهواء في الرئتين بالهواء الذي تحتويه الرئتان بعد الزفير بنصف السعة الكلية للرئتين . فزيادة الحجم التي تتم بعد الشهيق عن إضافة حجم معين من الهواء الذي يمتزج مع الهواء الموجود في الرئتين . وتتغير هذه الاحجام اثناء عملية التنفس العميق ، فمثلا في الانسان يقدر حجم الهواء الموجود في الرئتين في نهاية الزفير او قبل البدء بعملية

الشهيق بحوالي 3000 مل وبعد الشهيق يزداد الحجم ويصبح حوالي 3500 مل أي بزيادة 500مل ويسمى حجم الهواء الأخير بحجم النفس الطبيعي Tidal volume وواضح جدا انه من المكن زيادة عمق التنفس . وهذا ما يجري فعلا اثناء الاجهاد العضلي او الحالات الأخرى التي يتطلب فيها اخذ كميات كبيرة من الاوكسيجين وطرح الزيادة الحاصلة من ثاني أوكسيد الكربون .

السعة الحيوية : Vital capacity

تعبر عن اكبر كمية من الهواء يمكن ان تدخل الرئتين عند اقصى شهيق او اكبر كمية من الهواء متحررة عند اعلى زفير ، وتقدر السعة الحيوية في الانسان 3.5 ــ 7.5 لتر والابقار 24 لتر والحصان 30 لتر . وتتأثر السعة الحيوية بالجنس والعمر والتدريب و الحالة الفسلجية للحيوان وغيرها . وتتألف السعة الحيوية من ثلاث عناصر هي :

1- حجم المدى الجزري Tidal volume

وهو كمية الهواء الداخلة الى الرئتين خلال الشهيق الطبيعي وكمية الهواء الخارجة من الرئتين خلال الزفير الطبيعي (الانسان 0.5 لتر ، الابقار 3.5 لتر ، الحصان 5 ــ 6 لتر ، الكلب 0.5 لتر ، الدواجن 0.015 ــ 0.05 لتر).

2- حجم الشهيق الاحتياطي Inspiratory reserve volume

هو كمية الهواء التي يمكن ان تؤخذ فوق الحد الاحتياطي للهواء الشهيق (الانسان 1.5 لتر ، الحصان 12 لتر)

3- حجم الزفير الاحتياطي Expiratory reserve volume

هو كمية الهواء التي يمكن ان تطرح من الرئتين فوق الحد الطبيعي للزفير (الانسان 1.5 لتر ، الحصان 12 لتر)

السعة الحيوية الكلية Total vital capacity

تتمثل بمجموع الاحجام التالية

$$T.V.C = IRV + ERV + TV + RV$$

حيث ان RV تمثل المتبقي من الهواء داخل الرئتين في حالة اقصى زفير (الانسان 1.5 لتر ، الحصان 12 لتر).

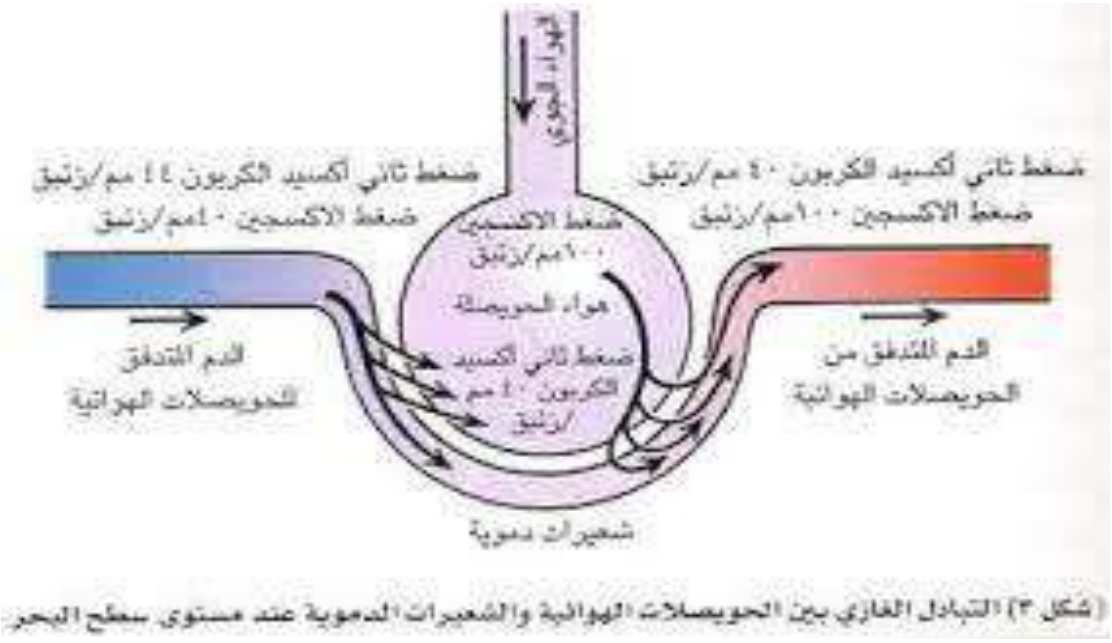
تهوية الرئتين Pulmonary ventilation

يقصد بالتهوية هي سرعة تجديد الهواء في الرئتين او الاسناخ نفسها والتي تعتمد على عمق وسرعة الحركات التنفسية . والمؤشر لدرجة تهوية الرئتين هو حجم التنفس خلال دقيقة والذي يمثل مجموع كمية الهواء الجديد المتحركة داخل الممرات الهوائية لكل دقيقة ويعتمد حجم التنفس خلال دقيقة على تمثيل المواد ولجهاز العصبي والنشاط الفسيولوجي وخاصة النشاط العضلي .

وتتحدد التهوية في الاسناخ بواسطة سرعة التنفس وحجم المدى الجدري والحجم الميت التشريحي (الفراغ او الهواء الميت)

التبادل الغازي بين الدم وهواء الاسناخ

يتم تبادل الاوكسيجين وثاني أوكسيد الكربون بين الاسناخ والدم بعملية الانتشار البسيط Simple diffusion فيدخل الاكسيجين الى داخل الشعيرات الدموية لان ضغطه الجزئي داخل الاسناخ 100 ملم زئبق وهو اعلى منه في الدم الوريدي 40 ملم زئبق وبالعكس بالنسبة لثاني أوكسيد الكربون فان ضغطه الجزئي داخل الاسناخ يبلغ 40 ملم زئبق وهو اقل منه في الدم 44 ملم زئبق . ويبين الشكل التالي هذا الانتشار للغازات .

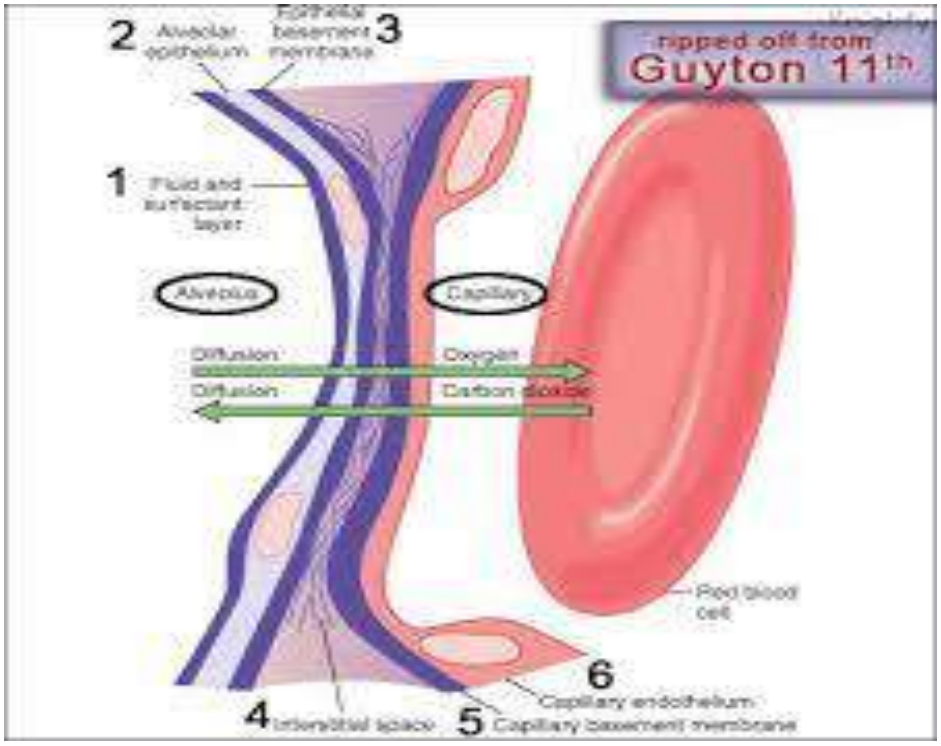


(شكل ٣) التبادل الغازي بين الحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية عند مستوى سطح البحر

ويتضح من الشكل بان الضغط الجزيئي للأوكسجين ينخفض كلما اقترب من الخلايا الجسمية والعكس صحيح بالنسبة الى الضغط الجزيئي لثاني أوكسيد الكربون فينخفض كلما اتجهنا صوب الرئتين وبما ان الغازات تنتشر من المناطق التي يكون ضغطها الجزيئي عالي الى المناطق التي يكون ضغطها الجزيئي واطئ فان الاوكسجين ينتشر من هواء الاسناخ الى الدم الكائن في الشعيرات الدموية المحيطة بالأسناخ ومن ثم من الدم الى داخل خلايا الجسم . اما ثاني أوكسيد الكربون فانه ينتشر من الخلايا الى الدم ومن ثم من الدم الى داخل الاسناخ . وينفصل هواء الاسناخ عن الدم الموجود في الشعيرات الدموية الرئوية بواسطة الغشاء التنفسي الذي يتالف من :

1- **طبقة البطانة الطلائية للشعيرات الدموية**
2- **الغشاء القاعدي للشعيرات الدموية**
3- **طبقة رقيقة من السائل الخلالي**
4- **طبقة ظهارة الاسناخ**
5- **طبقة السائل السنخي**
6- **طبقة متكونة من مادة السرفاكتانت**

ويوضح الشكل لاحقا تركيب الغشاء التنفسي



نقل الاوكسيجين Oxygen transport

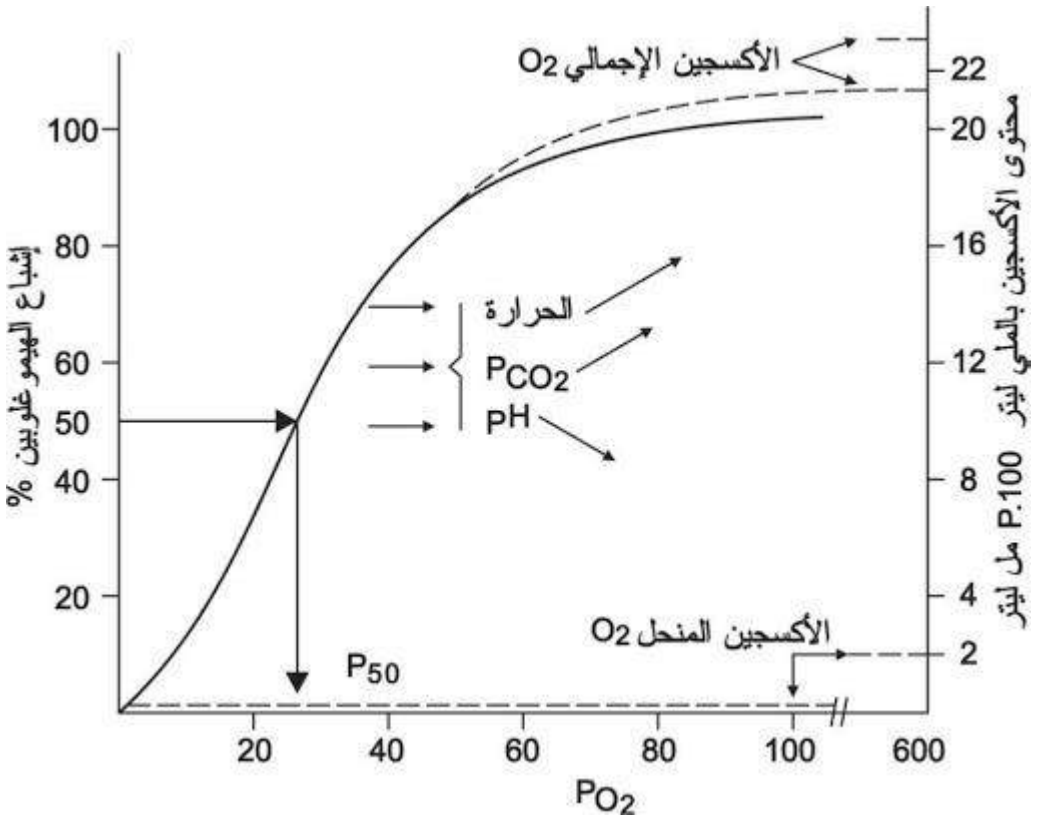
يستطيع الدم ان ينقل كمية كبيرة من الاوكسجين من الرئتين الى انسجة الجسم بالرغم من ان قابلية ذوبان هذا الغاز في الماء قليلة جدا. والسبب يعود الى اتحاد هذا الغاز مع مادة الهيموغلوبين والاتحاد هذا ضعيف وعكسي وحسب المعادلات التالية :

$$Hb_4 + O_2 \leftrightarrow Hb_4O_2$$

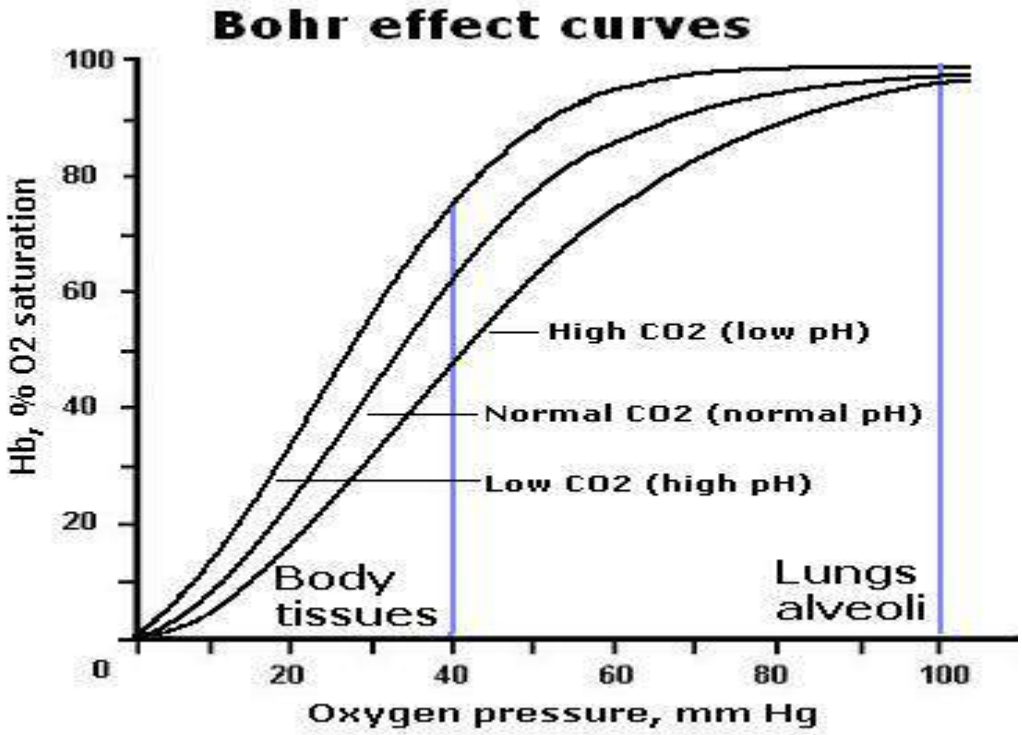
$$Hb_4O_2 + O_2 \leftrightarrow Hb_4O_4$$

وان التفاعل بين الاوكسجين والهيموغلوبين هو اتحاد قلق وليست عمية اكسدة حيث يبقى الحديد الموجود في جزيئته على هيئة حديدوز وليست حديديك .

ان اكثر من 98% من الاوكسيجين يكون في حالة اتحاد كيمياوي مع الهيموغلوبين (أي على شكل HbO_2) اما البقية من الاوكسيجين (أي ما يعادل 0.3 ملم / 100 مل من الدم) فهو يكون بشكل دائب في مصل الدم والماء الموجود في داخل الكريات الدموية الحمر . وتعتمد كمية الاوكسيجين الموجودة في الدم أو كمية HbO_2 على الضغط الجزئي للأوكسجين الذي يتعرض له الدم وتزداد هذه الكمية كلما كان الضغط الجزئي للأوكسجين اعلى ولكن العلاقة لن تكون خطية بل على شكل حرف S والخط البياني الذي يربط بين الضغط الجزئي للأوكسجين المعرض له الدم ونسبة تشبع الهيموغلوبين في الاوكسيجين يدعى منحنى اختراق الاوكسيجين كما في الشكل التالي :



الشكل (A)



الشكل (B)

ويتضح من الشكل بأن درجة تشبع الهيموغلوبين في الدم الذي يترك الرئتين بغاز الأوكسجين هو حوالي 97 % لأنه في حالة توازن مع الاوكسيجين في هواء الاسناخ والذي يبلغ ضغطه الجزئي حوالي 100 ملم زئبق . اما درجة تشبع الهيموغلوبين بالأوكسيجين في الدم المار في الانسجة فهو حوالي 70 % وذلك لان الضغط الجزئي لغاز الاوكسيجين في الانسجة في حالة الراحة هو حوالي 40 ملم زئبق وعندما تكون نسبة تشبع الهيموغلوبين بالأوكسجين حوالي 97 % فان كمية الاوكسيجين في كل 100 مل من الدم حوالي 20 مل اما عندما تكون نسبة التشبع 70 % فان الكمية حوالي 15 مل اوكسيجين في 100 مل من الدم ونستنتج من ذلك ان كل 100 مل دم مار خلال الانسجة يغطي 5 مل اوكسيجين خلال الراحة .

ان لوجود ثاني أوكسيد الكربون CO_2 في الهيموغلوبين أثر على اتحاد هذه المادة مع الاوكسيجين على الرغم من ان الاوكسيجين في الدم يتحد مع الحديد الموجود في الجزء الغير البروتيني من الهيموغلوبين، في حين غاز CO_2 الموجود في الهيموغلوبين الذي يبلغ 30 % من الكمية الكلية لهذا الغاز في الدم يتحد مع الجزء البروتيني لجزيئة الهيموغلوبين.

ويمكن توضيح هذه العلاقة بواسطة الخط البياني لمنحنى افتراق الاوكسيجين (شكل B) وتدعى هذه الظاهرة بتأثير بوهر Boher effect فعند ارتفاع الضغط الجزئي لـ CO_2 في الدم تنخفض قابلية اتحاد الاوكسيجين بالهيموغلوبين عند أي ضغط جزئي للأوكسجين ، وعلى العكس من ذلك فعندما ينخفض الضغط الجزئي لـ CO_2 فان قدرة اتحاد الهيموغلوبين بالأوكسجين تزداد ، وهذا ما يحصل اثناء التنفس الخارجي في الرئتين والتنفس الداخلي في انسجة الجسم حيث عندما يصل الدم الى الانسجة وهو محمل بالأوكسجين ويتعرض الى غاز CO_2 الناتج من الايض الغذائي في الانسجة يتحد CO_2 مع الهيموغلوبين وهذا يؤدي الى التقليل من الفة اتحاد الهيموغلوبين مع الاوكسيجين ، أي ان توفر كمية كبيرة من CO_2 يؤدي الى تفكك الاواصر بين الاوكسيجين والهيموغلوبين وهذا التفكك يساعد على إبقاء الفرق في الضغط الجزئي لهذا الغاز بين الدم والخلايا مما يؤدي الى انتشار الاوكسيجين من الاوعية الدموية الى الانسجة . اما في الرئتين فأن اثر بوهر يكون فعله معاكسا لفعله في الانسجة .

كذلك فان الاس الهيدروجيني pH يؤثر أيضا على نسبة تشبع الهيموغلوبين بالأوكسيجين حيث كلما انخفض اس الهيدروجين في الدم كلما انخفض منحنى افتراق الاوكسيجين (نسبة تشبع الهيموغلوبين بالأوكسيجين) وأيضا درجة حرارة الدم تؤثر على نسبة تشبع الهيموغلوبين بالأوكسيجين حيث بانخفاض درجة الحرارة تزداد قابلية اتحاد الهيموغلوبين بالأوكسيجين .

مثال : لو كان الضغط الجزئي للأوكسيجين المعرض له الدم 40 ملم زئبق فان درجة تشبع الهيموغلوبين بالأوكسجين هي حوالي 70 % وفي حالة انخفاض درجة حرارة عضو معين الى 30 م° فان درجة تشبع الهيموغلوبين بالأوكسجين هي 97 % او اكثر .

نقل ثاني أوكسيد الكربون CO_2 transport

ما يحويه الدم من غاز CO_2 هو اعلى بكثير من الاوكسيجين حيث كل 100 مل من الدم الشرياني يوجد 48 مل من غاز CO_2 الذي يولد ضغطا جزئيا مقدره 40 ملم زئبق في حين يحوي الدم الوريدي على 53 % من غاز CO_2 والضغط الجزئي له هو 46 ملم زئبق

وخلال مرور الدم عبر الرئتين فان نسبة غاز CO_2 يهبط من 53 % الى 48% حجما كذلك يهبط الضغط الجزئي من 46 ملم زئبق الى 40 ملم زئبق وينتج من ذلك ان كل 100 مل من الدم عند مروره خلال الرئتين يفقد ما يقارب 5 مل من غاز CO_2 . ويوجد غاز CO_2 في الدم على عدة اشكال متوازنة فيما بينها وهي :

1- **الشكل الدائب في الماء والمصل وكريات الدم الحمر ويمثل حوالي 40 % من الكمية الكلية للغاز في الدم .**
2- **الشكل المتحد مع الماء على هيئة حامض الكربونيك H_2CO_3 ونسبته 1 % .**
3- **شكل ايونات البيكربونات HCO_3 وهي تشكل النسبة الأكبر 65 % .**
4- **الشكل المتحد مع الهيموغلوبين وبروتينات الدم الأخرى وتمثل نسبتها حوالي 30 % من الكمية الكلية لغاز CO_2 .**

تأثير زيادة الاوكسيجين على الجسم :

تعد كمية الاوكسيجين المتوفرة في المحيط الخارجي كافية لسد حاجة الحيوان من هذا الغاز . ويمكن زيادة الضغط الجزئي لغز الاوكسيجين في الدم ودلك يجعل الحيوان يتنفس غاز الاوكسيجين النقي أو يجعله يتنفس غاز الاوكسيجين تحت ضغط اعلى من الضغط الجوي الاعتيادي . ولابد من الإشارة الى ان كمية الاوكسيجين لا تزداد كثيرا بازدياد الضغط لان تشبع الهيموغلوبين بغاز الاوكسيجين يجعله غير قادر على الاتحاد بكميات إضافية من هذا الغاز في بلازما الدم وهي كميات محدودة نسبيا . وهناك جونب سلبية ضارة وسامة أحيانا عند إعطاء الاوكسيجين تحت ضغوط عالية حيث تؤدي زيادة الضغط الى تخدش المسلك الهوائية وتعمل على تلف بعض الانزيمات الموجودة في الجسم .

تأثير نقص الاوكسيجين على الجسم :

يؤدي نقصان تجهيز الجسم بغاز الاوكسيجين او نقصان ايصاله الى الخلايا لأي سبب من الأسباب الى حالات مرضية قد تؤدي الى الموت في الحالات الشديدة . وان اهم علامات نقص الاوكسيجين الازرقاق (ازرقاق الجلد والاغشية المخاطية) وقد تشمل هذه الحالة الجسم بصورة كاملة كما يحدث عندما ينفص الاوكسيجين في المحيط الجوي أو في حالة انسداد المسالك الهوائية الرئيسية أو عند وجود خلل في الاسناخ أو في دوران الدم حول الاسناخ . وهناك ظروف عديدة تؤدي الى نقص الاوكسيجين في الجسم أو تحول دون وصوله الى الخلايا ، لدا فان هناك حالات متعددة من نقص الاوكسيجين وهي كالاتي:

1- **نقص الاوكسيجين اناتج عن نقص الاوكسيجين**
2- **نقص الاوكسيجين الانيمي**
3- **نقص الاوكسيجين نتيجة تسمم الانسجة**
4- **نقص الاوكسيجين الركودي**

تنظيم عملية التنفس

هناك نوعين من السيطرة على عملية التنفس هي :

1- **السيطرة العصبية على عملية التنفس :**

ان التنفس عملية لا ارادية يسيطر عليها الجهاز العصبي ودلك عن طريق مراكز عصبية موجودة في الدماغ وتقع في منطقتين من الدماغ هما : النخاع المستطيل Medulla oblongata والجسر Spons وتؤدي إزالة هاتين المنطقتين الى توقف التنفس . وعند دراسة هذه المراكز نلاحظ انها مقسمة الى الأجزاء التالية :

ـ المركز الشهيقي : Inspiratory center

وهو عبارة عن مجموعة من الخلايا العصبية المتمركزة في القسم العلوي من النخاع المستطيل على الجهتين اليمنى واليسرى منه ، وان تحفيز هذه المنطقة يؤدي الى الشهيق .

ـ المركز الزفيري : Expiratory center

وهو عبارة عن مجموعة من الخلايا العصبية المتمركزة في النخاع المستطيل الواقعة فوق مركز الشهيق ويؤدي تحفيز هذه الخلايا الى الزفير .

ـ مركز الابينوستك : Apeunostic center

عبارة عن مجموعة من الخلايا العصبية التي تقع في منطقة الجسر وعلى كلتا الجهتين اليمنى واليسرى منه . ويسيطر هذا المركز على المركز الشهيقي .

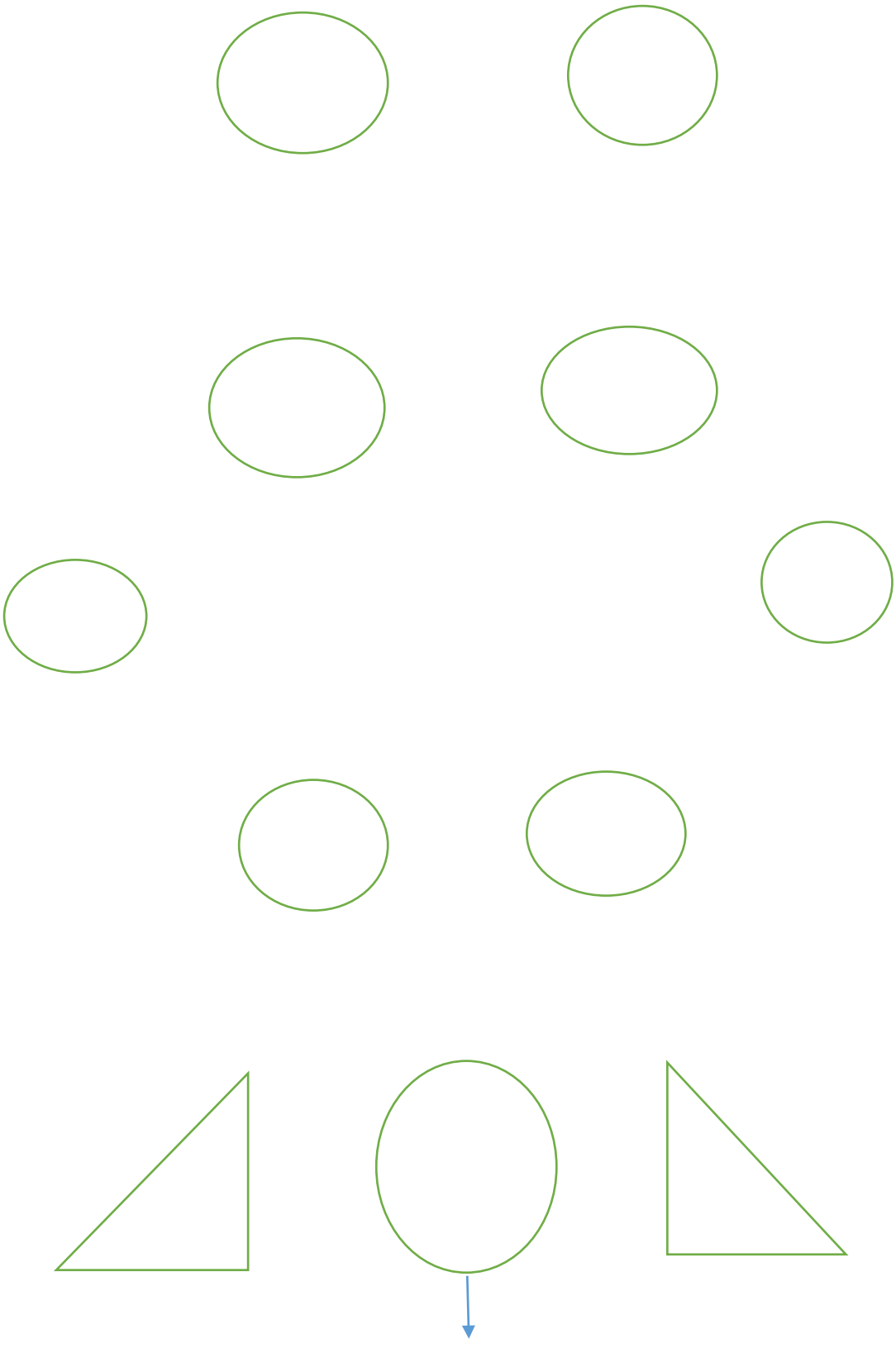
ـ مركز النيوموتاكسيك : Pneumotaxic center

مجموعة من الخلايا العصبية تقع في منطقة الجسر أيضا فوق مركز الابينوستك وعلى كلتا الجهتين . ويسيطر هذه المركز على المركز الشهيقي بصورة غير مباشرة ودلك عن طريق مركز الابينوستك .

2- السيطرة الكيميائية على عملية التنفس :

تزداد عملية التنفس أو تبطئ تبعا لبعض التغييرات الكيمياوية التي تحدث في الدم . ويلعب غاز ثاني أوكسيد الكربون دورا مهما في تنظيم عملية التنفس ، فعند زيادة كمية هذا الغاز في الدم الشرياني ولو قليلا فن هذه يؤدي الى زيادة سرعة التنفس والعكس صحيح . ان الزيادة في غاز ثاني أوكسيد الكربون أو ايونات الهيدروجين يكون المركز الشهيقي ويكون هذا التأثير من خلال منطقة حساسة للتغييرات الحاصلة في كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون في الدم وايونات الهيدروجين وتقوم بدورها بتحفيز المركز الشهيقي .

وهناك أيضا حساسات كيمياوية في الاجسام السباتية والابهرية تعتبر مستقبلات كيمياوية تنقل الايعازات الى النخاع المستطيل عن طريق العصب اللساني والعصب المبهم ، إضافة الى وجود مستقبلات أخرى مثل حموضة الدم ، حجم الرئتين ، مستقبلات ضغطية ، مستقبلات التخرش مثل دخان السكائر والاتربة والهواء البارد ، مستقبلات لصيقة بالشعيرات الدموية اها دور في حالة ضيق التنفس او الربو او قصور القلب ، مستقبلات الانف والبلعوم .



الى الحجاب الحاجز والعضلات بين الاضلاع

مخطط يوضح المراكز التنفسية

الجهاز البولي Urinary System

يتكون الجهاز البولي لدى في اللبائن من الكليتين، والحالبين، والمثانة البولية، والإحليل، يعمل كلٌ من هذه الأعضاء بتناغمٍ مع الآخر لتخليص الجسم من السموم والفضلات الناتجة من عمليات الايض ، والمحافظة على توازن السوائل في الجسم والتخلص من السوائل الزائدة مما يسمح لباقي الأعضاء بأداءٍ أفضل لوظائفها الحيوية ، وقد يُصَاب أحيانًا ببعض المشاكل مثل حصى الكلى والتهاب المثانة وغيرها .

تركيب ووظائف أجزاء الجهاز البولي

تشمل مكونات الجهاز البولي :

الكليتان : Kidneys

الكليتان أهم أعضاء الجهاز البولي، إذ إنهما يؤديان وظيفة الجهاز البولي المتمثلة بتنقية الدم وتخليصه من السموم وطرحها عبر البول، في حين تساعد أجزاء الجهاز البولي الأُخرى على إخراج البول من الجسم، وتتّخذ الكلية شكل حبة الفول، وهي بحجم قبضة اليد بسُمكٍ يصل إلى 3 سنتيمترات، وعرض 6 سنتيمترات، وطولٍ يصل إلى 12 سنتيمترًا لدى الإنسان البالغ. وتزن كل كلية ما يُقارب 125-170 غراماً لدى الرجال، وما يُقارب 115-155 غراماً لدى النساء . ومن الجدير بالذكر أنّ فوق كل كلية تقع غدة تُعرف بالغدة الكظرية (Adrenal Gland) وعلى الرغم من اعتبار الكليتين صغيرتين نسبياً، إلا أنّهما تستقبلان ما يُعادل 20-25% من مجموع الدم الصادر من القلب، وإنّ الشرايين الكلوية هي المسؤولة عن تغذية الكليتين بالدم، بينما تُعدّ الأوردة الكلويّة الأوعية الدموية المسؤولة عن نقل الدم خارج الكلى

تُغلَّف كل كليةٍ بطبقة من نسيجٍ ضام ليفي تُعرَف بالمحفظة الليفية (Fibrous Capsule)، بالإضافة إلى طبقة من النسيج الدهني (Perirenal Fat) وأُخرى من النسيج الضام(Renal Fascia) ، وذلك لضمان حمايةٍ أفضل للكليتين .

أمّا بالنسبة لأجزاء الكلية فيمكن بيانها فيما يأتي :

الوحدة الأنبوبية الكلوية: وتُعرف أيضًا بالنفرونات (Nephron) : وهو الوحدة الوظيفية للكلى ، وتوجد في الكلية الواحدة ما يُقارب مليون وحدة أنبوبية كلوية، وتُعدّ هذه الوحدات أكثر أجزاء الكلية أهمية، إذ يدخلها الدم لتتم عمليات أيض المواد الغذائية، ثم تخليص الجسم من الفضلات الموجودة في الدم بعد تنقيته .

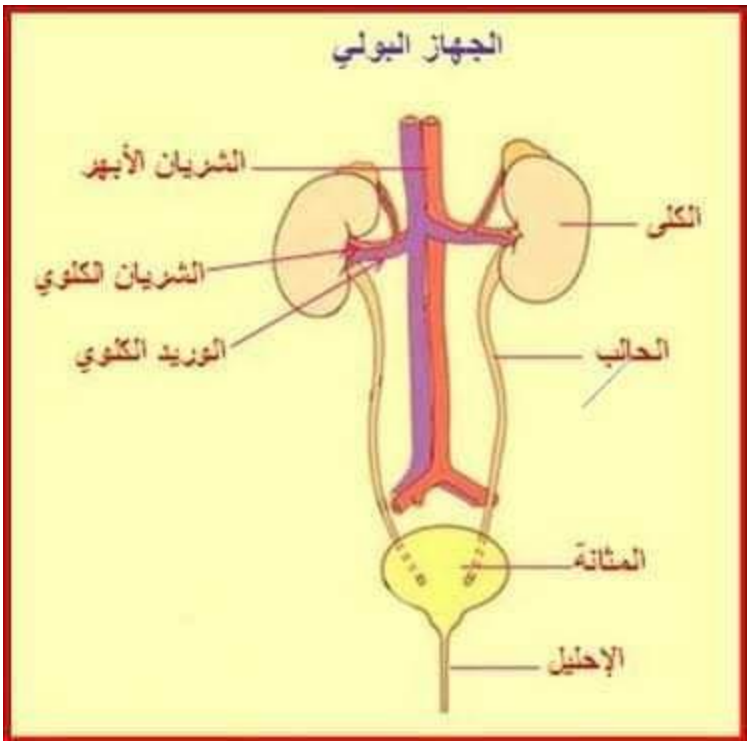
الكبسولة الكلوية: (Renal corpuscle) إذ يدخل الدم بعد عبوره الوحدة الأنبوبية الكلوية إلى هذه الكبسولة، وتتكون بشكل رئيسي من جزأين، هما :

الكُبيبة :(Glomerulus) وهي مجموعة أو حزمة من الشعيرات الدموية المسؤولة عن امتصاص البروتينات من الدم عند عبوره عبر الكبسولة الكلويّة .

محفظة بومان (Bowman capsule) وهي الجزء المسؤول عن تمرير المتبقي من الدم بعد التصفية إلى النُبيبات الكلوية (Renal tubules).

النُّبيبات الكلوية: وهي مجموعة من الأنابيب الصغيرة، ويتكون كل منها من عدة أجزاء، بحيث يكون السائل عند وصوله نهاية الأنبوب مُخفّفاً أي غير مُركّز، بالإضافة إلى احتوائه على مادة اليوريا الناجمة عن عمليات أيض البروتينات، وأمّا بالنسبة لأجزاء هذه النُبيبات فيمكن بيانها فيما يأتي

- **النبيب المُلفّف الداني أو الأنبوبة الملتوية القريبة** (Proximal convoluted tubule) وهو الجزء المسؤول عن إعادة امتصاص الماء وسكر الجلوكوز والصوديوم إلى الدم .
- **انحناء هنلي أو التواء هنلي (Loop of Henle)** وهو الجزء المسؤول عن امتصاص البوتاسيوم، والكلور، والصوديوم إلى الدم
- **الأنبوبة الملتوية البعيدة (Distal convoluted tubule)** وهو الجزء المسؤول عن طرح البوتاسيوم والأحماض من الدم، وامتصاص الصوديوم إليه.



القشرة الكلوية:(Renal cortex) وهي الجزء الخارجي من الكلية، وتحتوي على الكُبيبة والأنابيب الملتوية، وتلعب القشرة الكلوية دوراً مهماً في حماية الأجزاء الداخلية للكلى .

اللبّ الكلوي:(Renal medulla) ويُمثل النسيج الداخلي للكلية، ويتكون من الأجزاء التالية

الأهرامات الكلوية (Renal pyramids) وهي التراكيب التي تتكون من الوحدات الأنبوبية الكلوية بالإضافة إلى الأنابيب المسؤولة عن نقل السوائل إلى الكليتين .

نظام القنوات الجامعة (Collecting ducts) حيث توجد قناة جامعة في نهاية كل وحدة أنبوبية كلوية داخل لب الكلية، وتكمن أهميتها باعتبارها الجزء الذي يخرج منه السائل من الوحدة الأنبوبية الكلوية بعد تنقيته .

الحوض الكلوي: (**Renal pelvis**) وشكلها كشكل القمع، وهي الجزء الذي يستقبل السائل بعد خروجه من القنوات الجامعة، وتُمثل الحويضة الكلوية الممر الذي يسلكه السائل ليعبر إلى المثانة البولية، ويتكون من الأجزاء التالية :

الكأس الكلوية (بالإنجليزية(Renal calyx :، وهذا الجزء على شكل كؤوس أو أكواب تُجمّع السوائل قبل انتقالها إلى المثانة البولية، وهو الجزء الذي تتحول فيه السوائل الزائدة والفضلات على شكل بول .

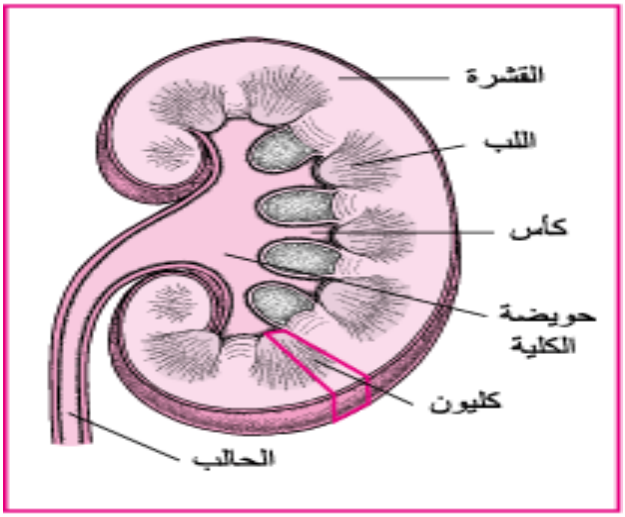
النقير (Hilum) : وهو الجزء الذي يمر فيه الشريان الكلوي المسؤول عن حمل الدم المؤكسج من القلب إلى الكلية للترشيح، والوريد الكلوي المسؤول عن نقل الدم غير المؤكسج إلى القلب.

وظائف الكُلى

تتمثل وظائف الكلى في :

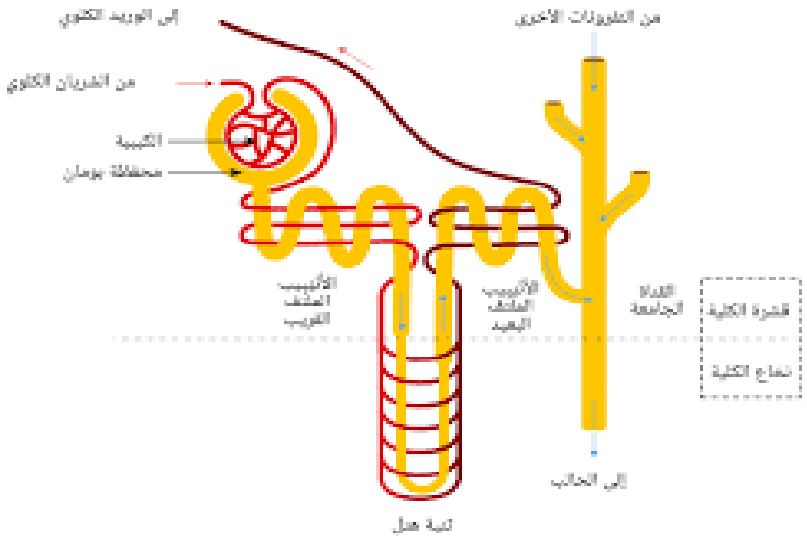
1- التخلّص من الفضلات الموجودة في الدم والمحافظة على توازن السوائل في الجسم، إذ يصل الدم المُراد تنقيته إلى الكلى عن طريق الشريان الكلوي، الذي يتفرع بدوره إلى عدة فروع تصغُر تدريجيًا، وبوصول الدم للنفرونات، يُنَقى حينئذٍ في الكبيبات من الأحماض والسوائل الزائدة عن حاجة الجسم، لِتتخلَّص منها الكلى بعد ذلك في صورة البول، وعند مرور السائل المُنقّى عبر أنابيب الكلية الصغيرة تُعاود الشعيرات الدموية

الصغيرة هناك إعادة امتصاص كل ما يحتاجه الجسم من مغذيات، ومعادن، وماء، حتى لا يخرج مع البول، وبعدها يخرج الدم عبر الوريد الكلوي بعد تنقيته.
2- إفراز إنزيم الرنين (Renin) عن طريق الخلايا المجاورة للكبيبات (Juxtaglomerular Apparatus)، وهو من الإنزيمات الهامة التي تساهم في التحكُّم في ضغط الدم.
3- إنتاج هرمون الإريثروبويَتين(Erythropoietin) ، الذي يتحكَّم في إنتاج الجسم لخلايا الدم الحمراء.



الحالبان

الحالبان (Ureters) هما قناتان يصل طول كلٍ منهما إلى 25 سنتيمترًا، ويتكون جدار قناة الحالب من ثلاث طبقات:
الطبقة الخارجية: تتكون من أنسجة ضامة ليفية، لتدعيم الحالب .
الطبقة الوسطى: تتكون من عضلات ملساء، وهي المسؤولة عن حركة التمعُّج (Peristalsis)اللازمة لطرد البول خارج قناتي الحالبين .
الطبقة الداخلية: تتكون من خلايا ظاهرية انتقالية(Transitional Epithelium) ، تفرز المخاط لحماية خلايا الطبقة الداخلية .



وظيفة الحالبين

تتمثل وظيفة الحالبين في نقل البول من الكليتين إلى المثانة البولية، عن طريق انقباض وانبساط عضلات قناتي الحالبين، إذ يفرّغ الحالبين كمية صغيرة من البول في المثانة كل 10-15 ثانية تقريبًا، وتجدر الإشارة إلى زيادة احتمالية تعرّض الكليتان للإصابة بالعدوى، في حال تراكم البول في الحالبين، أو بقائه في الكليتين.

المثانة البولية

المثانة البولية (Urinary Bladder) هي عضو عضلي مُجوَّف، مثلث الشكل ويشبه البالون، إذ تتمدد ويزداد حجمها لدى امتلائها بالبول ، وتتكون من أربع طبقات:

الطبقة الداخلية (الطبقة المخاطية): تتكون من غشاء مخاطي، يسمح للمثانة بِالتمدُّد لدى امتلائها بالبول، إذ يتكون هذا الغشاء من طيّات عديدة في حال كون المثانة فارغة، ويمكن لهذه الطيات التمدّد مع امتلاء المثانة .

الطبقة تحت المخاطية: تتكون من نسيج ضام وألياف مرنة، تُدعم وتُقوي الطبقة الداخلية .

الطبقة العضلية: تتكون من عضلات ملَّساء يتسبب انقباضها بخروج البول من المثانة .

الطبقة السطحية (الخارجية): تتكون من الصفاق الجداري (Parietal Peritoneum) الطبقة الخارجية من الغشاء البريتوني الذي يغطي جدران التجويف البطني والحوض، بالإضافة إلى عضلة الحجاب الحاجز.

وظيفة المثانة

تتمثل وظيفة المثانة البولية في أنها مكان مؤقّت لتخزين البول لحين خروجه من الجسم، إذ تتميّز بقدرتها على تخزين ما يقرب من كوبين من البول لمدة تتراوح بين ساعتين إلى خمس ساعات، ويشعر الإنسان بحاجته للتبوُّل وتفريغ المثانة، بواسطة بعض الأعصاب المغذية للمثانة البولية التي تُنبّهه بامتلائها، وتجدر الإشارة إلى وجود عضلتين عاصرتين (صمامين) حول فتحة المثانة البولية يمنعان تسرُّب البول.

وظيفة الإحليل

ينقل الإحليل البول من المثانة البولية إلى خارج الجسم، وتجدر الإشارة إلى أن الإحليل لدى الذكور هو المسؤول عن نقل السائل المنوي أيضًا إلى الخارج.