جامعة العربي بن مهيدي _ أم البواقي
معهد علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

سنة أولى ليسانس ل.م.د

دروس علم وظائف الأعضاء

الأستاذ: عبد الغاني علالي

السنة الجامعية

2023/2022

توصيف المقرر

الجامعة: العربي بن مهيدي- أم البواقي	**معهد:** علوم وتقنيات النشاطات البدنية و والرياضية
المقياس: علم وظائف الأعضاء	**المستوى:** أولى ليسانس ل.م.د
الفصل الدراسي: السداسي الثاني	**الموسم الجامعي:** 2023/2022
عدد الساعات المعتمدة: 3 ساعات	**الأستاذ المدرس:** عبد الغاني علالي

أولا: الوصف العام للمقياس:

يتعامل علم وظائف الأعضاء البشري بشكل خاص مع السمات الفسيولوجية لجسم الإنسان على مستويات مختلفة من التنظيم ، أي من الخلية إلى الأنسجة الي الأعضاء والاجهزة المختلفة على مستوى النظام البيولوجي ، وهو جزء من العلوم الطبيعة العامة ويهتم بدراسة وظائف الجسم الحيوية وكيفية عمل الأعضاء واجهزة الجسم المختلفة وكيفية التنظيم والتنسيق بينهما بهدف المحافظة على التوازن الطبيعي في البيئة الداخلية للجسم من حيث الاهتمام بدراسة كيفية حدوث وظائف الكائن الحي المختلفة مثل عمل الجهاز: الدوراني، التنفسي، العضلي، العصبي، الغدد والأجهزة الأخرى أي وصف وظائف الأعضاء في الكائنات الحية وكذلك شرح وتفسير هذه الوظائف في ضوء القوانين الفيزيائية.
كما يدرس علم الوظائف الآليات التي تتم بها وظائف الجسم وكيفية تنظيمها، ومدى الارتباط الوظيفي بين كل عضو من أعضاء الجسم والعوامل التي تؤثر على أدائها، ثم مدى تكيف الأداء الوظيفي لأعضاء الجسم المختلفة للمتغيرات التي يتعرض لها الجسم.

ثانيا: أهداف المقياس:

- أن يتعرف الطالب على علم وظائف الأعضاء وأهميته وفروعه وعلاقته بالعلوم الأخرى ودوره في العصر الحديث.
- أن يصف الطالب تركيب ووظائف أجزاء الجسم المختلفة (الخلية، الأنسجة، الأعضاء والأجهزة، والتجاويف والأغشية وسوائل الجسم)، فيوسع من فهم الطالب للمعلومات التي تم تقديمها بعلم التشريح.
- أن يستوعب الطالب ويتمكن من فهم والتمييز بين أجهزة جسم الإنسان المختلفة والتركيب التشريحي ووظائف كل جهاز (حسب ما هو مدرج ضمن المقرر).
- أن يدرك الطالب مدى أهمية ترابط وتكامل وظائف هذه الأجهزة مع بعضها البعض لضمان التكامل الوظيفي للجسم للمحافظة علي الاستقرار الداخلي.
- أن يفهم العلاقة الوطيدة بين التركيب والوظيفة لأجهزة الجسم والتي تجعلنا على ما نحن عليه من توازن و تناسق بدني ووظيفي .

ثالثا: مخرجات التعلم المتوقعة:

معرفة الطالب لأجهزة الجسم الحيوية وأنظمته البيولوجية المختلفة، من حيث: تركيبها، أهميتها ، طبيعة عملها وعلاقتها ببعض فيضفي فهما عميقا لديه بالعمليات الحيوية التي يقوم بها الجسم لتحقيق الهدف الأقصى المتمثل في الحفاظ على التوازن الطبيعي (الاستقرار الداخلي – Homéostasie)، وتجعله قادرا على توظيف تلك المعلومات بمجال تخصصه سواءا بالمدارس أو الاندية او مراكز التأهيل.

رابعا : محتويات المقياس:

I. مخل إلى علم وظائف الأعضاء (الفيزيولوجيا العامة).
II. فيزيولوجيا الخلية .
III. ألية التقلص العضلي.
IV. عملية التنفس
V. فيزيولوجيا الجهاز القلبي الوعائي
VI. فيزيولوجيا الجهاز العصبي
VII . فيزيولوجيا الجهاز الهضمي

خامسا :طرائق واستراتيجيات التدريس

- ❖ محاضرات نظرية
- ❖ مناقشات
- ❖ عرض و مشاهدة فيديو
- ❖ تقارير واوراق عمل

سادسا: أسلوب تقييم مكتسبات الطلبة:

- حضور ومشاركات
- إختبارات عملية دورية وواجبات
- إختبار عملي نهائي
- إختبار نظري نهائي

I. مدخل إلى علم وظائف الأعضاء (الفيزيولوجيا العامة)

1- الفيزيولوجيا: ستعمل "أرسطو" كلمة الفيزيولوجيا لوصف عمل كل الكائنات الحية، والبحث عن الارتباط بينبنية ووظيفة الأعضاء والوصول إلى قناعة مفادها أن لكل عضو وظيفة وحيدة.

أما "هيبوقرا ط" أبو الطب فقد استعمل كلمة أو مصطلح الفيزيولوجيا للتعبير عن قدرة الطبيعة على الشفاء.

والفيزيولوجيا هي العلم الذي يعنى بدراسة جميع الوظائف الحيوية لأعضاء و أجهزة الجسم وكيفية عمل كل منها أو هي العلاقة التنظيمية التي تربط وظائف الأجهزة الحيوية للجسم بعضها ببعض و تأثير العوامل الداخلية والخارجية على تلك الوظائف.

الفيزيولوجيا في وقتنا الحالي هي دراسة وظائف الأنسجة، الأعضاء والأجهزة عند الحيوانات المتعددة الخلايا.

وهي أيضا دراسة كيفية تكيف الكائن الحي مع محيطه، وترتبط الفيزيولوجيا بمفهومين رئيسيين:

* **الوسط الداخلي:** الذي تسبح فيه كل خلايا الجسم ويسمح لها بالعلاقة مع بعضها.

* **الحفاظ على استقرار الوسط الداخلي Homéostasie :** فمعالم الوسط الداخلي تبقى مستقرة في الجسم رغم التغيرات التي يحدثها المحيط الخارجي أو نشاط الجسم، هذا الاستقرار الذي تضمنه ميكانيزمات التعديل (régulateurs) .

2-1- بعض اختصاصات الفيزيولوجيا:

الاختصاص	مجال الدراسة	الاختصاص	مجال الدراسة
ف .الخلوية Ph. Cellulaire	وظائف الخلايا	ف. القلبية الوعائية Ph.Cardiovasculaire	وظائف القلب والأوعية الدموية
ف . العصبية Neurophysiologie	وظيفة النظام العصبي	Immunologie ف.المناعة	ميكانيزمات الدفاع في الجسم
ف . الإفرازية Endocrinologie	إفرازات الهرمونات وتأثيرها على الأعضاء	ف. التنفسية Ph.Respiratoire	الوظائف التنفسية للرئتين
ف. الكلوية Ph. Rénale	وظائف الكلى	ف. التجديد Ph.de la reproduction	ميكانيزمات التجديد في الأعضاء
ف. المرضية Physiopathologie	التغيرات الوظيفية المرتبطة بالمرض		

2- بنية المادة:

2-1- مكونات المادة:

2-1-1- العناصر الكيميائية: les éléments chimiques :

كل ما يحيط بنا مكون من 118 عنصر كيميائي منها 92 في حالتها الطبيعية، و نشير لهذه العناصر برموز تكون عادة الحرف الأول من تسميتها بالفرنسية أو باللاتينية، مثل: C- - Hydrogène carbone, O - oxygène H, Na- natrium, sodium, K- kalium, potassium).

على مستوى جسم الإنسان نجد 26 من هذه العناصر تقسم إلى 3 أصناف أو مجموعات:

* **1er Catégorie : الصنف الأول:** عنصر موجود بكمية كبيرة (azote) C ,H,O,N أي ما يعادل 96 بالمئة من الكتلة الجسمية.

* **2eme Catégorie: الصنف الثاني:** عنصر موجود بكمية قليلة جدا و لكنها مهمة و تعادل 39 بالمئة من الكتلة الجسمية calcium(ca)/phosphore(p)/potassium(k)/soufre(s)/ sodium(Na)/chlore(cl)/magnésium(Mg)

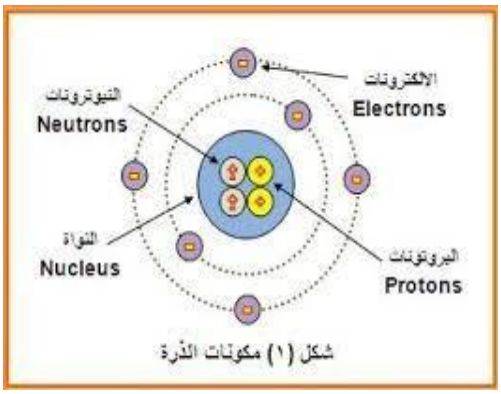
***3eme catégorie: الصنف الثالث :** عنصر موجود بكمية ضئيلة تعادل 1.0 بالمئة من الكتلة الجسمية و يتعلق الأمر بالعناصر النادرة oligo éléments التي لها دور هام في تنشيط وتكوين بعض الانزيما ت .

2-2- بنية الذرة:

هذه العناصر 118 لها بنية مشتركة أو متشابهة تتكون من جزء مركزي هو النواة Noyau وإلكترونات تدور باستمرار حولها.

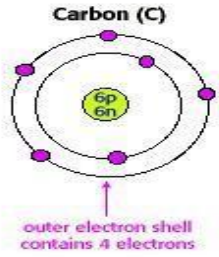
إلكترونات النواة (نيترونات و بروتونات)

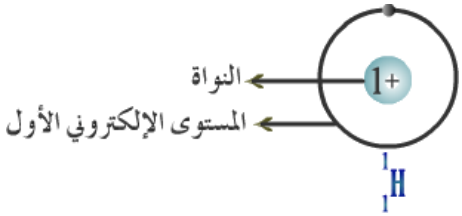
في النواة يوجد جزيئي نترون (شحنة كهربائية منعدمة) وبروتونان(شحنة كهربائية موجبة).

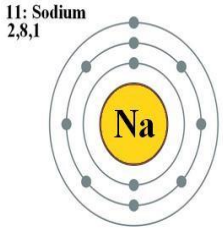


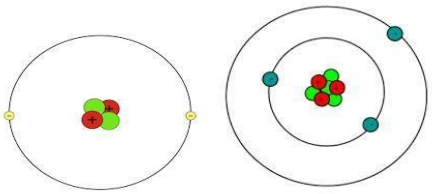
شكل (١) مكونات الذرة

ويوجد دائما عدة نترونات مقارنة بالإلكترونات، كما أن الذرة لها دائما شحنة كهربائية منعدمة (متعادلة) والاختلاف بين مختلف العناصر يكون في عدد الجزيئات وأيضا على مستوى النواة أو عدد الالكترونات التي تدور حولها، حيث تكون الطبقة الأولى مشبعة بإلكترونين والثانية ب 08 وهكذا.









Helium(He) lithium(Li)

2-2- ترابط العناصر combinaison d'elements :

العناصر الكيميائية لا تتواجد منفردة بل تشترك مع عناصر أخرى من نفس النوع أو من نوع مختلف لتكون جزيئات (molécules) .

2-3-1- الروابط الكيميائية liaisons chimiques : وتتشكل هذه الروابط الكيميائية كون هذه العناصر الكيميائية تستطيع إعطاء أو استقبال أو تبادل عنصر أو عدة عناصر.

2-3-2- الروابط الأيونية liaisons ioniques :

عنصر الصوديوم (Na) الذي يملك في الطبقة الثالثة إلكترون واحد يمكنه منحه، حيث يوجد عدم توازن بين عدد بروتونات النواة وعدد الالكترونات، فالصوديوم إذا هو ايون موجب ($^{+}$) (cation) Na) يمثل شحنة كهربائية موجبة.

و الكلور يملك 07 الكترونات في الطبقة الثالثة، إذا يمكنه قبول واكتساب إلكترون لإشباع هذه الطبقة.

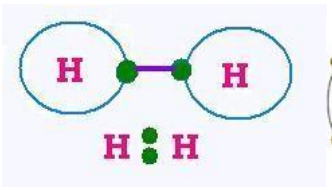
وبنفس الطريقة يوجد عدم توازن بين عدد بروتونات النواة وعدد الالكترونات، فالكلور أصبح ايون (Cl^{-}) (anion) والذي يحمل شحنة كهربائية سالبة .

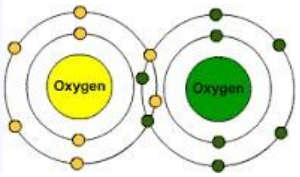
(Na^{+}) الموجبة و (Cl^{-}) السالبة تتجاذب وتتحد لتكون جزيء كلور الصوديوم Nacl .

3-3-2- الروابط الإسهامية liaisons covalantes :

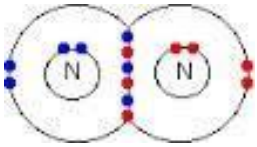
التحويل الالكتروني الكلي ليس دائما ضروري لتصبح الذرة في حالة طاقوية مستقرة (متعادلة كهربائيا)، فكل ذرة يمكنها أيضا إكمال طبقتها الالكترونية الخارجية ولو لوقت محدد بتقاسم الالكترونات، وهو ما يسمح بتواجد جزيء تكون فيها الالكترونات المشتركة تشغل نفس المدار لنفس الذرتين وتشكل روابط إسهاميه.

- ذرتي هيدروجين تقتسمان الكتروناتهما وتكون رابطة إسهامية بسيطة (جزيء هيدروجين) H_2(H-H)



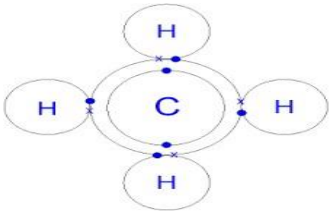


- بالنسبة للأوكسجين الذي يتقاسم إلكترونين، فهي رابطة إسهامي ه ثنائية O_2 (O=O)

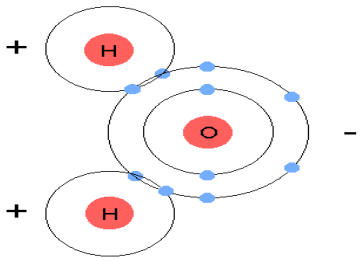


- أما الازوت الذي يتقاسم 03 الكترونات فتتكون رابطة إسهامية ثلاثية N_2(N=N)

ويمكن أيضا أن تتكون روابط إسهامية مع الكترونات عناصر مختلفة، فالكربون الذي يملك $4\ e^-$ في مداره الثاني يمكنه أن يتبادل إلكترون مع أربع ذرات H و هذا ما يكون جزيء الميثان CH_4 بواسطة 4 روابط إسهامية بسيطة.



ذرة الأكسجين مع 06 الكترونات جانبية تتبادل إلكترو ن مع ذرتي H فتكون جزيء ماء H_2O



3- المكونات الكيميائية:

يجب أن نفرق بين المكونات العضوية و اللاعضوية organiques et inorganiques ، فالمكونات العضوية تحتوي على الكربون.

3-1- المكونات الغير عضوية:

3-1-1-الماء :الوزن الإجمالي للماء عند الفرد المتوسط يمثل 70 في المئة من كتلته الجسمية تقريبا (حوالي 50 لترماء لفرد يزن 70 كغ) .

للماء قدرة على التحليل و يتدخل في نقل عدة عناصر كما يدخل في عدة تفاعلات كيميائية (الإماهة) و في التعديل الحراري في الجسم.

الأحماض، القواعد والأملاح :

عند تحليل الحمض في الماء يحرر على الأقل أيون هيدروجين (H^+) و أيون أخر سالب، و عندما يتحلل محلول قاعدي في الماء يحرر أيون هيدروكسيل(OH^-) على الأقل و أيون موجب.

و عندما يتحلل الملح في الماء يحرر أيون موجب على الأقل لا يمكن أن يكون هيدروجين و أيون سالب لا يمكن أن يكون أيون هيدركسيل.

مثال:

$$HCL \longrightarrow H^+ + CL^-$$

$$KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$$

$$KCL \longrightarrow K^+ + CL$$

الحمض و القاعدة يمكن أن يتفاعلا مع بعضهما:

$$Na^+ + CL^- + H2O \longrightarrow H^+ + CL^- + Na^+ + OH^-$$

• **توازن الحمض القاعدي (PH):**

ال PH يسمح بتحديد كمية أيون (H^+) المحتوى في محلول ما و هو يعطى بالمول /ل و بضرب قيمة جزيء في عدد أفوغادرو 10^{23} نحصل على قياس الغرام للمول الواحد، مثال: مول H_2O يزن 18 غ لأن ذرة H تزن 1غ و ذرة O تزن16غ.

نحصل على ال PH في السلم المدرج من 0 الى 14 ، PH = 07 حيادي (تساوي H^+ مع OH^-) ،

PH<07 حمض ($OH^- > H^+$) PH>07 قاعدي ($OH^- < H^+$)

2-3- المكونات العضوية : توجد 03 مجموعات من المكونات العضوية (السكريات، الدسم، البروتينات)

3-2-1- السكريات: هي المكونات الأساسية للطاقة، نجد فيها 03 عناصر كيميائية : C,H,O وتظهر في عدة أشكال :

السكريات البسيطة)تحتوي كحد أقصى07 ذرات C

(السكريات الثنائية) اتحاد 02 سكر بسيط .

(السكريات المتعددة) اتحاد عدة سكريات بسيطة مثل الغليكوجين.

3-2-2- الدهون:

هي مكونات عضوية نجدها بكمية هامة (18 إلى 25 بالمئة) من الكتلة الجسمية ، وهي بدورها مكونة من 03 عناصر C,H,O.

الدهون الثلاثية (التريغليسريدات) هي شحوم تستعمل في العمل الطاقوي، ولكن أيضا كعازل وحماية للأنسجة وهي مكونة من عنصرين أساسيين: غليسرول و 03 أحماض دهنية.

نميز عدة أحماض دهنية : مشبعة (دهون حيوانية) لا توجد بها رابطة مضاعفة (ثنائية).

غير مشبعة (دهون نباتية) توجد بها رابطة ثنائية على مستوى ذرة C.

دهون فوسفاتية، مواد طاقوية وهي مكون أساسي للغشاء الخلو ي مكون أساسا من مجموعة غليسرول التي يمكن ان تعقد 03 روابط (02 يمكن أن تشغل بأحماض دهنية تسمى الذيل ورابطة مشغولة بمجموعة فوسفاتية تسمى الرأس) .

3-2-3- البروتينات : تمثل 10 إلى 30 بالمئة من الكتلة الجسمية، لها ادوار متعددة ومختلفة، ولكنها تشارك أساسا في بناء الجسم، تتكون من 03 عناصر C,H,O وكذلك N ، لها بنية موحدة في كل البروتينات ويتعلق الأمر بالأحماض الأمينية (20).

و خصوصية كل بروتين تكمن في عدد الأحماض الأمينية التي يحتويها و كذلك نوعها و كذا كيفية توضعها.

الحمض الأميني يتكون دائما من مجموعة أمين (NH_2) و مجموعة جذرية (R) و مجموعة حمض (cooH).

لبناء البروتين تتحد الأحماض ، المجموعة الحمضية لحمض أميني مع مجموعة أمنية على الشكل التالي:

Amine – R - Acide amine - R - Acide…

توجد عدة بروتينات : بروتينات التقلص ، تنظيمية ، هيكلية ، مناعية ، ناقلة ، محفزة.

مثال: بروتين هادم catalytique : الإنزيم الذي له دور تسريع التفاعلات الكيميائية للجسم ، و في نهاية دورته يبقى الإنزيم على شكله (لم يتغير بنيويا) و له تسمية تنتهي ب ase

$$ATP \xrightarrow{Atipase} ADP + Pi + NRJ$$

4- التفاعل الكيميائي Réaction chimique: هو حادثة كيميائية تطرأ على الأجسام النقية ، يتم من خلالها اختفاء أجسام تسمى المتفاعلات تتمتع بخواص معينة و ظهور أجسام أخرى جديدة تتمتع بخواص أخرى تختلف عن الأخرى (الأصلية) تسمى النواتج

وقد قام العلماء بتصنيف التفاعلات الكيميائية اعتمادا على مشاهداتهم و أبحاثهم و الظواهر التي تحدث أمامهم.

4-1- تفاعل الإتحاد أو الضم (البناء) (anabolisme): تفاعل يتم بين مادتين لتنتج مادة واحدة ، من الشكل:

$$A + B \longrightarrow AB$$

$$C + 0_2 \longrightarrow CO_2 \quad / \quad 2Na + CL \longrightarrow 2NaCL \quad 2Mg + O2 \longrightarrow 2MgO$$

4-2- تفاعل التفكك أو التحلل (الهدم) (catabolisme) : في هذه الحالة يتم التفاعل بأخذ مادة نقية واحدة و ينتج منها مادتين أو أكثر: $AB \longrightarrow A+B$.

$$C2H5OH \longrightarrow C2H5 - O - C2H5 + H2O + 2O^{2-}$$

3-4- تفاعل الاستبدال (substitution) : يكون فيها المتفاعلات واحدة منها عنصر و الثاني ة مركب وينطبق الأمر نفسه على النواتج

$$AB+CD \longrightarrow AC+BD \quad :$$

$$Mg + 2HCL \longrightarrow MgCL\ 2 + H2 + NRJ$$

4- 4- تفاعل الأكسدة و الإرجاع (réversible) :

$$2Mg + O2 \longrightarrow 2Mgo$$

يحترق المغنزيوم في الأكسجين بلهب شديد و يشكل دخان أبيض من أكسيد المغنيزيوم، حيث فقدت ذرة Mgإلكترونين متحولة بذلك إلى شاردة Mg^{+2} بينما اكتسبت ذرة O_2 في جزيء أكسجين هذين الإلكترونين و تحولت بذلك إلى شاردة O^{2-} .

Mg تأكسد (جسم مرجع) فقدان إلكترونات (أكسدة)

$$2Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^-$$

الأكسجين أرجع و نسميه جسما مؤكسدا $2O^2 + 4e^- \longrightarrow 2O^-$

$$Mg^{2+} + 2e^- + 2O^{2-} \rightleftharpoons 2Mg + O2 + 4e^-$$

II. فيزيولوجيا الخلية

يتكون جسم الانسان من حوالي 200 نوع من الخلايا تشكل فيما بينها عشرات المليارات من الخلايا التي تعتبر الوحدة الأساسية لبناء الكائن

الحيمن حيث هي وحدة البناء والوظيفة والانقسام والوراثة ،تحوي داخلها عدد من العضيات الصغيرة، يصنع كل عضي مركبات كيميائية محددة من الخامات التي تدخلها الخلية من الخارج؛ و تختلف الخلايا عن بعضها في الحجم و الشكل و الوظيفة .

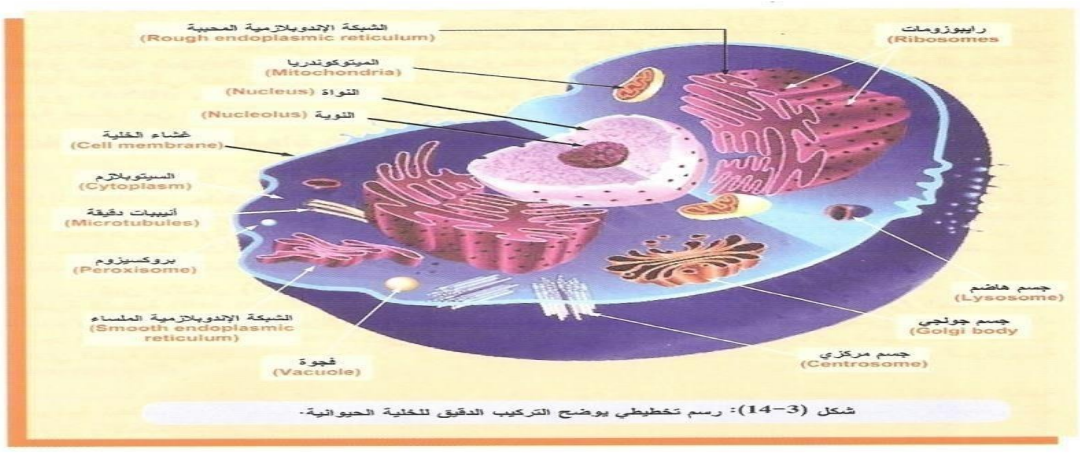
تقسم الكائنات الحية إلى نوعين:

*- بسيطة التركيب : خلايا بدائية الأنوية (Prokaryotes) : عبارة عن خلية واحدة تقوم بجميع الوظائف الحيوية مثل) البكتيريا – الفطريات – الفيروسات).

*- معقدة التركيب : خلايا حقيقية النواة (Eukaryotes) : عبارة عن مئات من الخلايا تجتمع لتكون نسيج ثم عضو (أعضاء) ثم جهاز (أجهزة) ثم الكائن الحي.

1.تركيب الخلية:

كتلة من مادة حية تسمى البروتوبلاست أو البروتوبلازم "Protoplasme"، الذي يتكون من السيتوبلازم (Cytoplasme) و النواة (noyau) ، تكون هذه الكتلة محاطةً بغشاء .

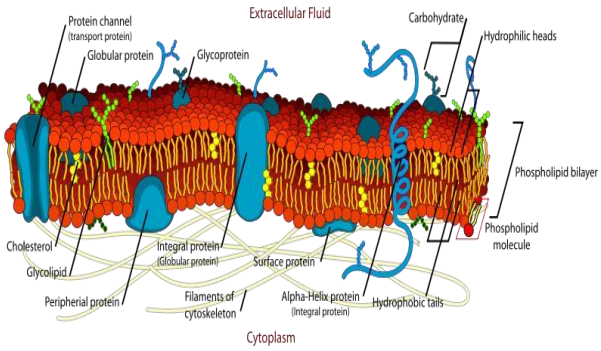


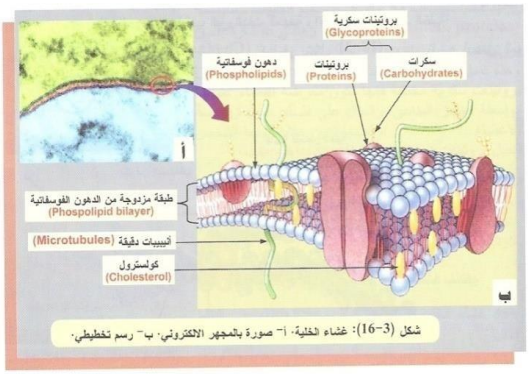
شكل (3–14): رسم تخطيطي يوضح التركيب الدقيق للخلية الحيوانية.

1.1. الغشاء الخلوي:

يغلف محتويات الخلية (الحيوانية و النباتية) غشاء بلازمي يقوم بتحديد معالمها و يحميها ويفصلها عن الوسط الخارجي، و هو مكون من طبقتين من الدهون المفسفرة تتخللها بروتينات تكون حوالي نصف كتلة الغشاء، وله خاصية النفاذية الاختيارية

* البروتينات تعمل كقنوات لتمرير المواد المختلفة التي تحتاجها الخلية

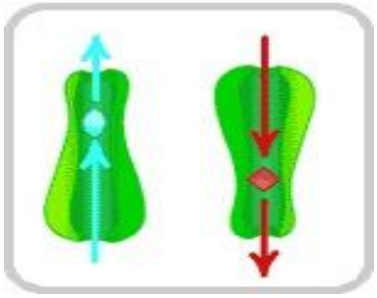




انتقال المواد عبر الغشاء يمكن أن يتم بشكل:

* **سلبي غير فعال *passive*** : حسب قواعد **الانتشار** وفق تدرج التركيز (من تركيز عالي إلى تركيز منخفض)

وهذا يتطلب أن تكون المادة محلولة في الماء لتؤمن عبورها مع الماء عبر القنوات الموجودة على الغشاء (انتشار بسيط) أو ضمن البروتينات الغشائية (انتشار مسهل).

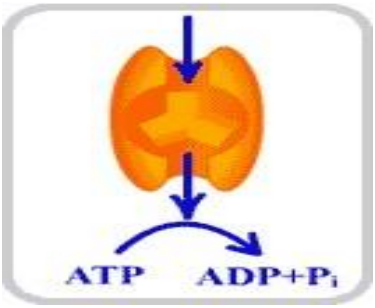


= **الاسموز Osmose:** انتشار بسيط للماء عبر غشاء ذو نفاذية اختيارية (حركة الماء عبر طبقتي الغشاء أو نواقل خاصة للدخول أو الخروج من الخلية).

طريقة ثانية للنقل تدعى :

* **النقل الفعال**: تقوم بها الجزيئات البروتينية الموجودة على الغشاء والتي تعمل كمضخات تتطلب صرف طاقة يتم الحصول عليها عن طريق جزيئات ATP التي تصنع في الميتوكندريا، يكون فيها الانتقال عكس تدرج التركيز.

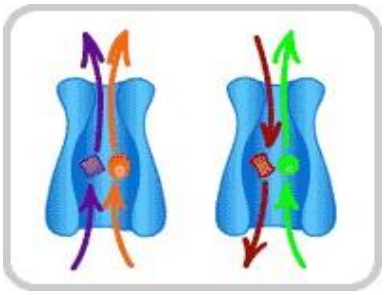
مثل نقل الايونات ذات الشحنة الموجبة الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم أو مثل الايونات ذات الشحنة السالبة الكلور من خلال الغشاء.



طريقة ثالثة:

***الوسيط**: يساعد المواد على الدخول والخروج حيث أن لكل مادة وسيط يستطيع التعرف عليها وإدخالها للخلية

في بعض أنواع القنوات، يتم التحكم بمرور الأيونات عبر بوابات تفتح وتغلق بفعل تأثير مواد كيميائية (عصبي – عضلي) .



*** معظم السموم التي طورتها الكائنات المفترسة والضارية (مثل الأفاعي والعقارب والأسماك والنحل) تعمل على أساس سد هذه القنوات.

2.السيتوبلازم:

مادة هلامية رائقة و متجانسة تسمى السيتوسول ، تتكون من مواد عضوية ذائبة في الماء الذي يشكل نسبة 80-90% + بعض الأيونات + مركبات أيضية (Metabolites) + أنزيمات+ ARN +

جسيمات معلقة غير ذائبة + أحماض أمينية + نيوكليوتيدات + الخمائر التي تساعد على عمليات الأيض أو التمثيل الغذائي

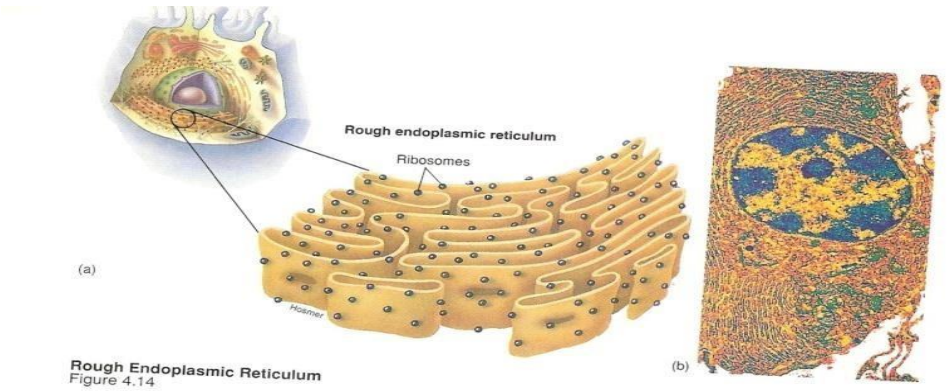
سيتوبلازم الخلية = السيتوسول + عضيات الخلية المنغمسة في السيتوسول .

3. الشبكة الإندوبلازمية المحببة "الخشنة RER":

* حويصلات ذات غلافين غشائيين مستعرضين، يلتصق عليها من الخارج عدد من عضيات "الريبوسوم".

* توجد حويصلات RER فرادى و في منطقة واحدة بين النواة و قاعدة الخلية كما في خلايا البنكرياس، أو في تجمعات في مناطق متعددة كما في خلايا الكبد و الخلايا العصبية .

وظيفتها بناء: البروتينات (بواسطة الريبوسومات) وتعتبر مصنع الغشاء أين يتم إنتاج الفوسفوليبيدات والكولسترول التي تكون الأغشية الخلوية.

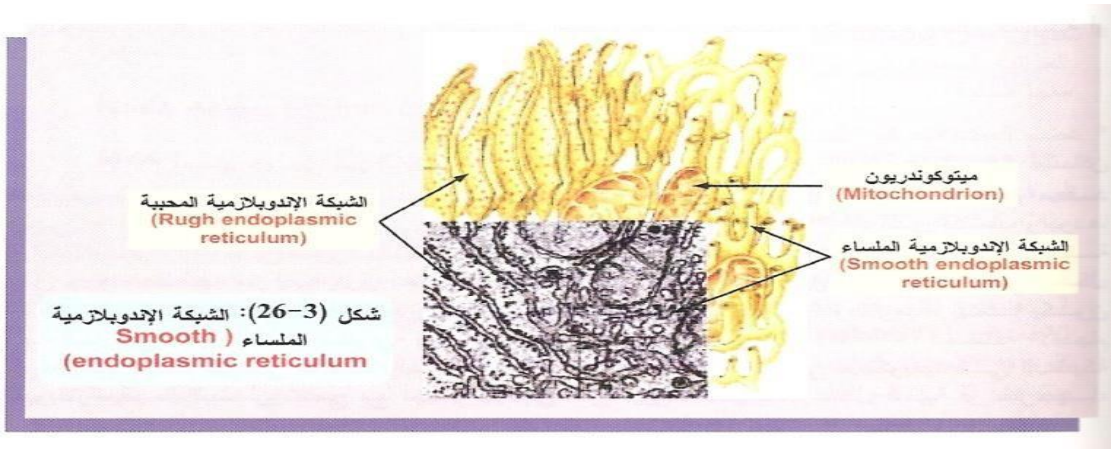


Rough Endoplasmic Reticulum
Figure 4.14

4.الشبكة الإندوبلازمية الناعمة "SER":

تجاويف أنبوبية متعرجة تمتد عبر السيتوبلازم و لا تحمل على سطحها أي من عضيات الريبوسوم.

تعمل على إضافة المواد الدهنية (كولسترول و ستيرويدات) إلى البروتين الذي سبق صنعه في ريبوسومات الشبكة الخشنة، ثم تبعث به إلى جهاز جولجي وتحلل بعض السموم وتحولها إلى مواد غير سامة وتعمل كذلك على تخزين الكالسيوم و إفراز بعض الهرمونات.



6.عصيات التنفس أو بيوت الطاقة (الميتاكوندري) Mitochondria :

مركز إنتاج الطاقة اللازمة لقيام الخلية بوظائفها الحيوية، و تتكون من غلافين غشائيين:

غلاف داخلـي : يمتد مكوناً طيات كثيرة على شكل صفائح متوازية تسمى الأعراف، و تمتلئ الفراغات بسائل حشوي.

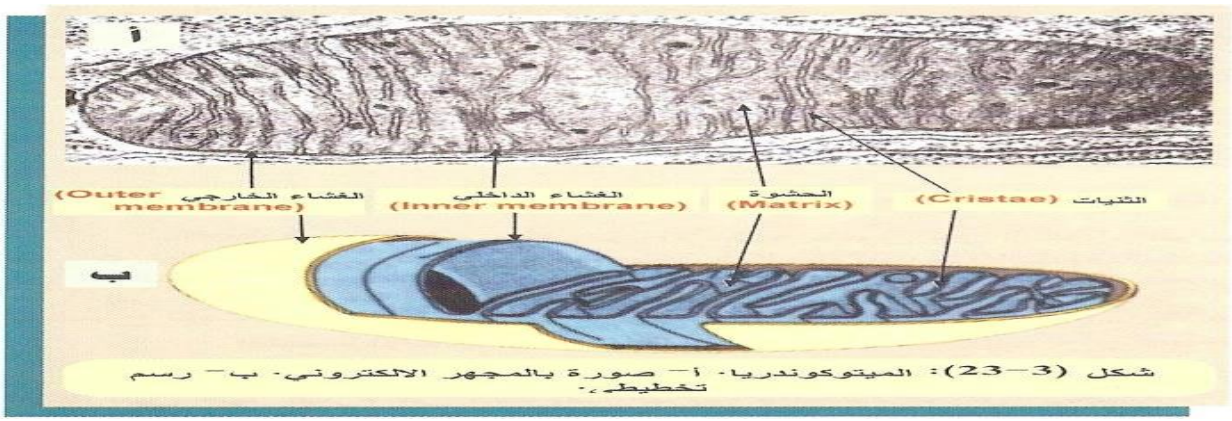
غلاف خارجي: يحيط بالعصية و يسمح بنفاذ معظم المواد الكيميائية.

في وجود الأكسجين، تتم أكسدة المواد الغذائية على سطوح أغشية الصفائح الداخلية حيث توجد إنزيمات تدخل في تفاعلات تسمى السلسلة التنفسية أو "دورة كربس Cycle de Krebs " حيث تتحرر الطاقة لكي تستخدم في مختلف نشاطات الخلية.

تحتوي العصيات التنفسية على جزيئات حلقية خاصة من ADN و إنزيمات لتكوين جزيئات ARN.

تتكاثر العصيات التنفسية بالإنقسام، و ذلك أثناء عملية إنقسام الخلية .

- هناك خلايا لا تحتوي على نواة أو ميتوكندريا هي خلايا الدم الحمراء (RBC).



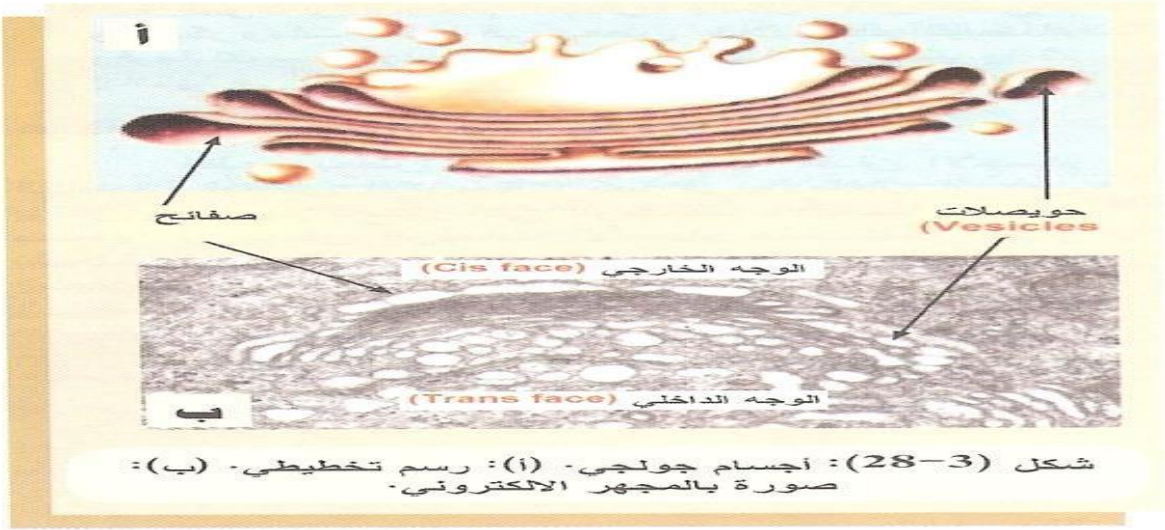
شكل (3—23): الميتوكوندريا. أ— صورة بالمجهر الالكتروني. ب— رسم تخطيطي.

6. جهاز جولجي :

تكوين شبكي معقد من أغشية مرتبة على هيئة صفوف قرصية مقوسة، بحيث تكون الجهة المقعرة منها مواجهة للنواة.

يستقبل الوجه المقابل للنواة الإفرازات القادمة من الشبكة الخشنة أو الناعمة (على شكل حبيبات بروتين أو دهون أو كربوهيدرات) ثم ينقلها للوجه البعيد لتغليفها مباشرة أو بعد تجميع حبيبات البروتين و إضافة مواد كربوهيدراتية مكوناً "جليكوبروتين" ، تمهيداً لإفرازها للخارج .

كما ينتج جهاز جولجي بعض الإنزيمات المهمة للأجسام الحالة .



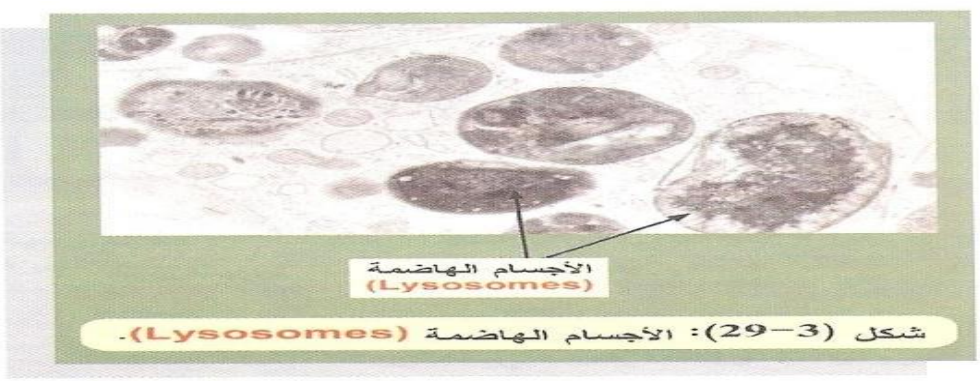
شكل (3—28): أجسام جولجي. (أ): رسم تخطيطي. (ب): صورة بالمجهر الالكتروني.

8. أجسام هاضمة (ليزوزومات) Lysosomes :

توجد فقط في الخلايا الحيوانية (عدا خلايا الدم الحمراء)، وهي عبارة عن إنزيمات محاطة بغشاء ذو طبقة واحدة تشكل جسيم الليزوزوم، التي تتكون في جهاز جولجي.

كل جسم ليزوزوم يحتوي على نوع واحد من الإنزيمات يختص :

- بهضم و تحليل نوع واحد من المركبات العضوية التي تلتهمها الخلية بعمليتي الأكل "Phagocytose" و الشرب "Pinocytose".
- إذا لم تتمكن الخلية من هضم ما التهمته، تتراكم المواد مما ينتج عنه امراض تسمى " امراض التخزين maladies de stockage".
- تراكم الفضلات الناتجة عن الهضم داخل الخلية يكون مؤشرا على كهولتها.
- قد تهضم الخلية بعض من عضياتها أثنا عملية الانقسام لكي تتيح مجال لتكوين خيوط المغزل.
- غشاء جسيم الليزوزوم مقاوم لأثر الإنزيم الذي بداخله، و لكن تضعف هذه المقاومة عندما يصاب الكائن ببعض الأمراض (الالتهابات- الطفيليات – الروماتيزم) فمثلاً تتسبب سموم الطفيليات في تدمير الخلية فيتسرب الإنزيم داخل الخلية مما قد يحلل بعض عضياتها (عملية هدم من الداخل). في حالة مرض الروماتيزم تصب إنزيمات على الغضاريف التي تغطي رؤوس العظام فتذيبها .
- في المرأة، الدورة الشهرية ما هي إلا عملية تحلل للطبقة المبطنة للرحم (بسبب عدم حدوث إخصاب) بفعل إنزيمات الليزوزوم.



شكل (3-29): الأجسام الهاضمة (Lysosomes).

8. النواة :

عضي رئيسي يحتوى على المادة الوراثية المهمة في " انقسام الخلية " يتكون من:

(أ) - غشاء نووي:

يوجد في الكائنات حقيقية النواة (Eukaryotes) ، و يحيط بالنواة من الخارج، و له طبقة داخلية و طبقة خارجية تتصل ببعض العضيات مثل "الشبكة الإندوبلازمية الخشنة " ، تقترب الطبقتان من بعضهما على مسافات منتظمة مكونة فتحات "ثقوب" تصل داخل النواة بالسيتوبلازم.

- يلاحظ أن الكائنات بدائية النواة (Prokaryotes) ليس بها غشاء نووي ، حيث تختلط المادة الوراثية بالسيتوبلازم مكونة " منطقة نووية"

- للثقوب خاصية النفاذية الاختيارية (Permeabilité Selective)، حيث تسمح بدخول بعض الأيونات ((Na+ , K+, Ca+) و البروتينات التي تدخل في تركيب الكروموزومات؛ و يزيد عدد الثغور في الخلايا النشطة (لتسهيل خروج ARNm).

- خلال عملية انقسام الخلية، يتمزق الغشاء النووي في الطور الاستوائي المبكر(مبتعداً عن مكونات الخلية)، و يعود في الطور النهائي حيث تحيط طبقة من الشبكة الإندوبلازمية المحببة بالمحتويات مرة أخرى.

(ب) - مادة كروماتينية :

هي حمض ADN ، التي تقبل الصبغ (الهيماتوكسيلين) بشراهة.

(ج) – نوية :

جسم كروي صغير يوجد حول مركز النواة، و تتكون من تجمعات تشبه الريبوسوم، و بها حمض ARNr.

تختفي النوية و تظهر خلال أطوار الانقسام الخلوي.

قد يوجد في النواة أكثر من نوية كما في الخلايا النشطة (العصبية ، الجنينية ، السرطانية) و ذلك لتكوين البروتينات.

(د) – عصارة نووية :

محلول غروي، تمر عبره مواد التفاعلات الحيوية (خامات تصنيع المركبات المختلفة) و جزيئات حمض **(ARNr, ARN m , ARN t , ARN**).

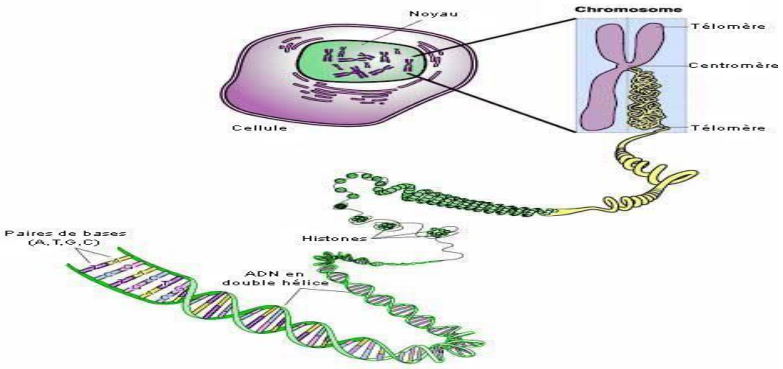
(هـ) – إنزيمات "Enzymes":

- إنزيم DNA Polymerase" الذي يعمل على إصلاح العطب الذي قد يصيب سلسلة مادة ADN المشكلة للكروموسوم.

- إنزيم "ARN Polymerase" الذي يساعد في تركيب جزيئات ARN.

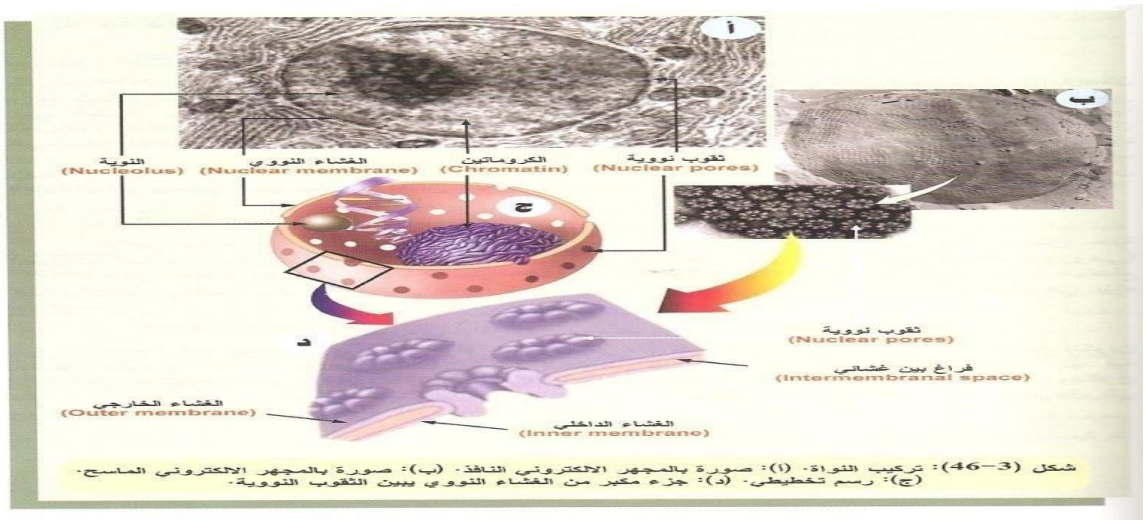
- "Poly Nucleotides Ligases" إنزيمات لحم النيوكليوتيدات.

تحتوي النواة على المادة الوراثية (46) من الأجسام الصبغية (الكروموزومات) الحاملة للعوامل الوراثية (الجينات).



* في الثدييات، لا توجد نواة في خلايا كرات الدم الحمراء لأن بها كمية كافية من بروتين "جلوبين" و بالتالي لا داعي لـ ADN ، و يوجد بدلاً منه ARN به شفرة لصنع مزيد من بروتين " جلوبين" عند الحاجة.

* يوجد في النواة ARN خام يعرف بـ "ARNhn " لا يغادر النواة، و يصنع منه كل من , ARNm ARNt , ARNr التي تخرج إلى السيتوبلازم.



9. عضيات غير غشائية:

(أ) - الأجسام الريبوزومية "Ribosomes":

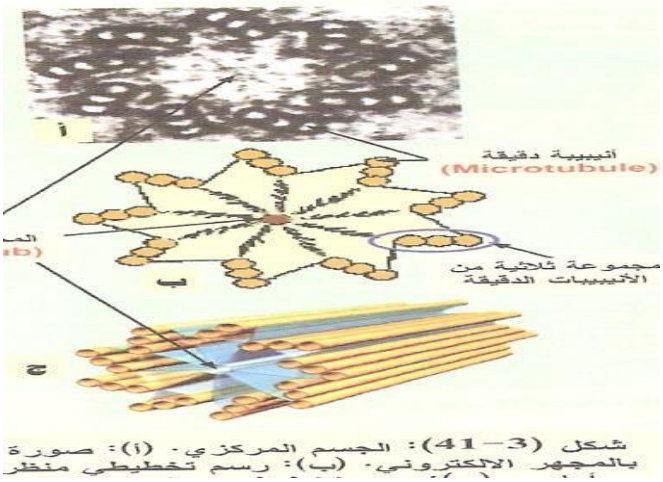
أجسام صغيرة كروية أو مضلعة تصنع داخل النوية من وحدات من ARNr المتحدة مع البروتين على شكل جسيمات، ثم تخرج لتنتشر في السيتوبلازم أو تلتصق على سطوح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة.

هي مركز تكوين البروتينات تربط الأحماض الأمينية مع بعضها لتكوين سلسلة "جزيء بروتين".

(ب)- الأجسام المركزية "Centrioles":

جسمين أسطوانيين صغيرين، يقع كل منهما قرب النواة.

عند تكاثر الخلية، تتكون أجسام مركزية جديدة بـ "تكون حلقة ليفية حبيبية تستطيل تدريجياً ثم تنفصل و تذهب إلى الجهة المقابلة من النواة"



شكل (3-41): الجسم المركزي. (أ): صورة بالمجهر الالكتروني. (ب): رسم تخطيطي منظر

(ج)- مشتملات سيتوبلازمية :

- مواد غذائية مخزنة مثل الجيكوجين في خلايا الكبد ، الدهون كما في خلايا القلب.

- صبغات مثل : الكاروتين في النبات ، و في الحيوان الميلانين الذي يوجد في الجلد و قزحية العين و خلايا الدماغ.

III. آلية التقلص العضلي

النسيج العضلي عبارة عن نسيج يؤدي انقباضه وانبساطه إلى انجاز وظيفة حركية في الجسم ، ويحتوي الجسم البشري على 630 عضلة تشكل 40 % من وزن الجسم.

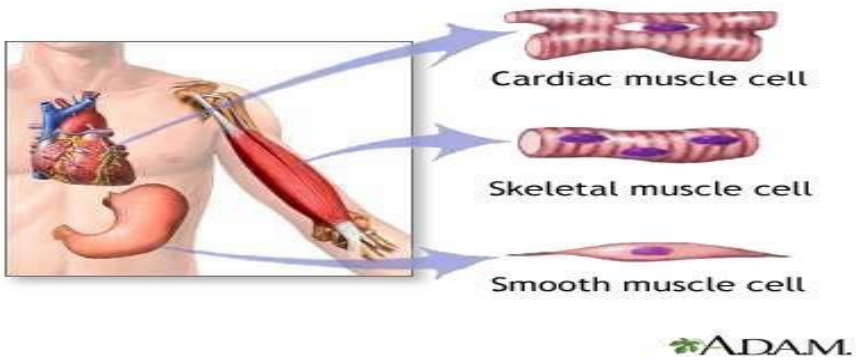
تقوم العضلات بحركات مختلفة و تلعب دورا هاما في حياتنا، فهي تنتج الحرارة الداخلية وتحرك الطعام خلال الجهاز الهضمي و نستطيع بواسطة العضلات وحركة العظام أن نتحرك ونجري ونتكلم ونضخ الهواء في الرئة.

1. مركبات العضلة الكيمائية:

* ماء (75%) * بروتينات (21%) * جليكوجين(2 %) * مركبات عضوية (1%)

* كميات ضئيلة من مواد غير عضوية.

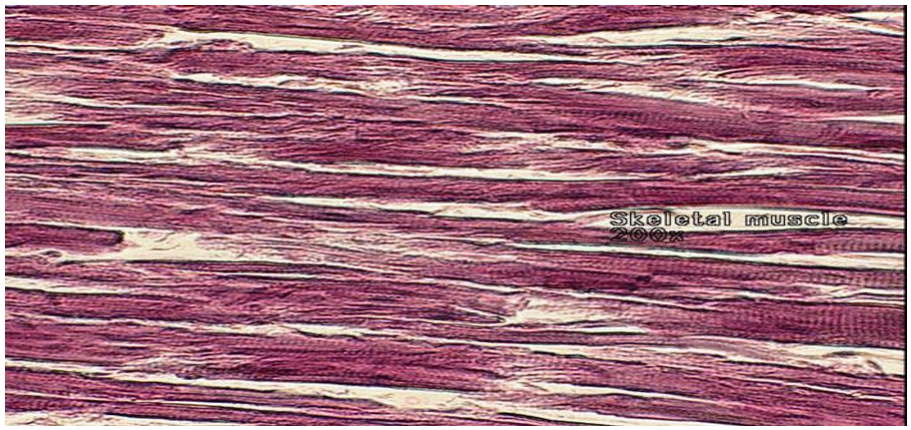
2.أنواع العضلات:



2.1.العضلات المخططة الإرادية: هي العضلات التي يمكن أن نتحكم فيها والتي يمكن أن تؤدي وظيفة معينة، حسب الطلب مثل : عضلات القدم واليد ومئات العضلات في أنحاء الجسم.

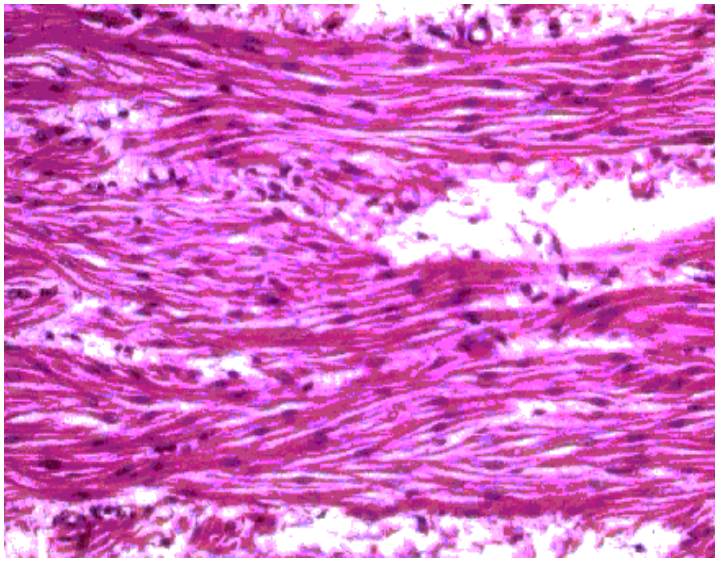
هذه العضلات مرتبطة بالهيكل العظمي و مسؤولة عن حركة العظام ولذلك تسمى أيضا عضلات الهيكل العظمي أو العضلات الهيكلية.

العضلات الإرادية تسمى أيضا المخططة لأنها تتركب من ألياف تظهر على شكل خطوط تحت المجهر.

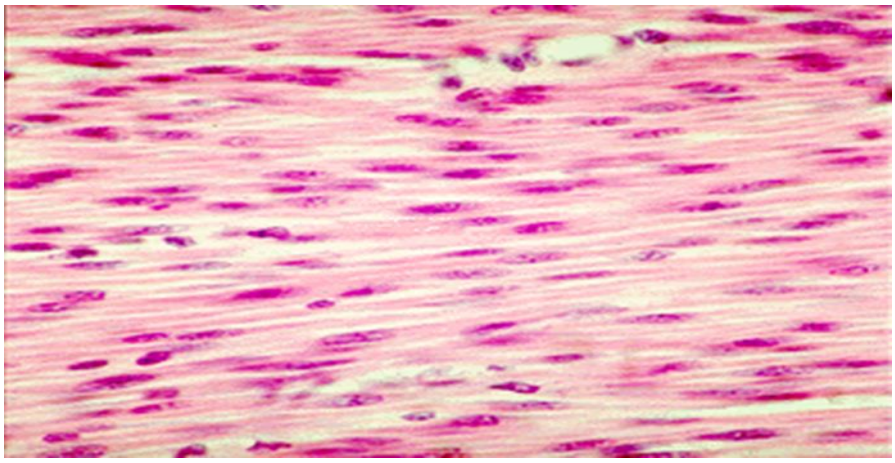


2.2. العضلات الملساء أو اللاإرادية : وهي العضلات التي لا يمكن أن نتحكم فيها وتقوم بانقباضات بطيئة لا إرادية، تتواجد في الأعضاء الداخلية مثل المعدة ، الأوعية الدموية وكيس المثانة

وجهاز الأعصاب المحيطي يتحكم بعمل العضلات الملساء اللاإرادية.



2.3. عضلة القلب: عضلة مميزة يوجد بها مميزات تشبه العضلات المخططة الإرادية ولكن الجهاز العصبي المحيطي يتحكم بعملها، لا يمكن التحكم بعملها بصورة إرادية.



3.وظائف العضلة:

- حماية الأعضاء الداخلية وضمان عملها مثل الأحشاء .

- إنتاج حركة تسمح للإنسان بالاستجابة بسرعة للأحداث التي تحدث في المحيط.

- التنفس.

- إنتاج حرارة في الجسم.

- تخزين الطاقة.

- المحافظة على توازن البدن : عضلات البطن والظهر

- المحافظة على استقرار المفاصل مع الأربطة .

* تتميز العضلات بثلاث خاصيات هي:

- الاهتياج أو قابلية الاستثارة: تتلقى العضلة الرسالة عن طريق السيالة العصبية وتجيب بالتقلص.
- التقلص: للعضلة القدرة على التقلص وبالتالي إنتاج الحركة.
- قابلية التمدد: حيث يمكن للعضلة أن تتمدد أكثر من حالتها أثناء الراحة.

4.الأوعية الدموية في العضلة: نجد داخل العضلة شبكة من الأوعية الدموية

* شرايين تنقل الدم الغني بالأوكسجين والغلوكوز

* أوردة تنقل الفضلات الناتجة عن العضلة و Co2

وشعيرات دموية (مكان التبادل بين الشبكة الدموية والليف العضلي) .

5.استثارة العضلة:

يرتبط بالعضلة نوعين من الألياف العصبية:

1- حسية: تجمع المعلومات من العضلة وتنقلها إلى المركز العصبي.

2- حركية: تنقل الأوامر من الجهاز العصبي وباتصالها بالليف العضلي تكون اللوحة المحركة .

6.أنواع الاتصالات العصبية العضلية:

1.6. المغزل العصبي العضلي:

هو مستقبلات حسية حساسة للتمدد، تتشكل من ألياف عضلية خاصة يلتف حولها الليف العصبي الحسي، هذه الألياف الخاصة تقع داخل العضلات، وموازية لألياف العضلات ، حيث تسمح عند تمددها في إرسال رسائل حسية للنخاع الشوكي.

الوثيقة 1 : أ - مغزل عصبي عضلي كما يبدو تحت المجهر الضوئي.
ب - رسم تخطيطي لمغزل عصبي عضلي.

2.6. اللوحة المحركة: plaque motrice

اسم يطلق على المشبك العصبي العضلي(عصبون و ليف عضلي)، يتواجد في العضلة تفرعات شجيرية، تشكل نهايات الليف العصبي الحركي مع الألياف العضلية التي يعصبها، وهذا ما يسمى باللوحة المحركة.

وعدد الألياف العضلية في كل لوحة محركة يختلف من عضو إلى أخر:

* العين=13 ليف عضلي (دقيقة جدا).

* عضلة الساق = 1800 ليف عضلي (قوي جدا).

7. بنية الليف العضلي:

تبين الملاحظات المجهرية أن الليف العضلي يتكون من:

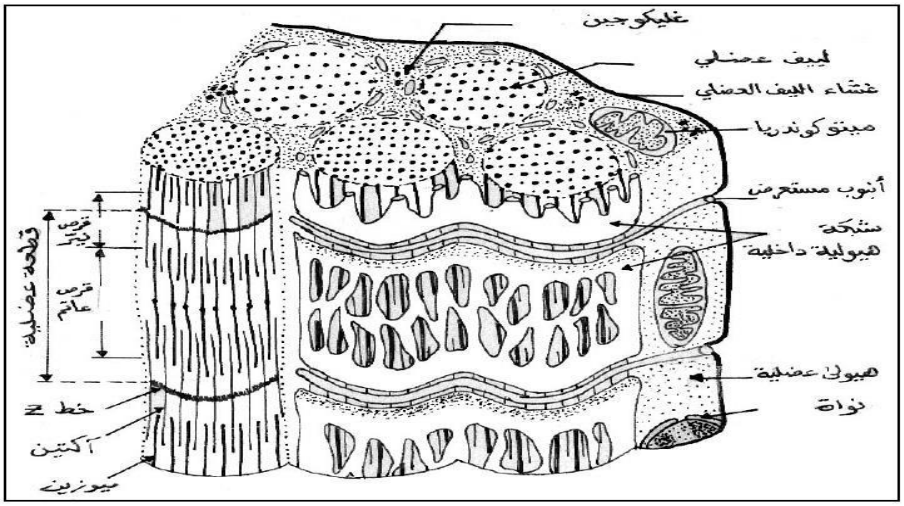
1.7.غشاء الليف العضلي Sarcolemme : و هو غشاء خلوي يصل سمكه إلى 1 ميكرون.

2.7 . هيولى عضلية: و هي عبارة عن سيتوبلازم محيطي حبيبي يسمى بالسيتوبلازم العضلي Sarcoplasme ، يحتوي على عدد كبير من الميتوكوندري و عدة مئات من الأنوية.

3.7 . مدخرات غذائية: عبارة عن الغليكوجين (Glycogene) و دسم ، بالإضافة إلى خضاب العضلات (Myoglobine) الذي يعطي اللون الأحمر للعضلات و ينقل الغازات التنفسية على مستوى العضلات.

4.7 . حزم من الليفات العضلية Myofibrilles: عددها 4 ← 8 حزم تكون مرتبة في أعمدة متوازية.

<u>الخلاصة</u> : الليف العضلي عبارة عن خلية عملاقة ذات شكل مغزلي، مدببة الطرفين يصل طولها إلى عدة سنتمترات، متعددة الأنوية و ذات سيتوبلازم متميز.



بالمجهر الإلكتروني:

نميز إضافة إلى حزم الليفات العضلية أن السيتوبلازم يتركب من:

هيولى أساسية - شبكة فعالة - شبكة ملساء متطاولة - شبكة ملساء مستعرضة تعتبر مخازن لشوارد +Ca2.

8. بنية الليف العضلي:

أ - <u>بالمجهر الضوئي:</u> يبدو بالتكبير القوي مكونا من أقراص عاتمة و أقراص نيرة مرتبة بالتناوب.

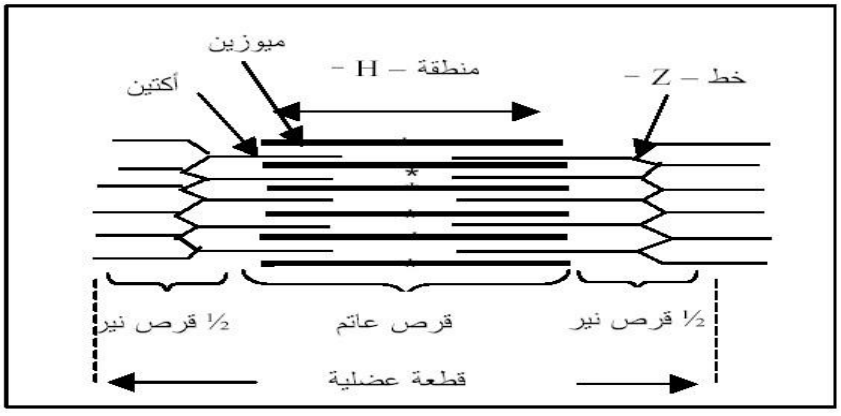
يجتاز كل قرص عاتم في الوسط منطقة H تكون نيرة قليلا، و يجتاز كل قرص نير في الوسط خط عاتم رقيق يسمى Z.

يطلق على المنطقة المحصورة بين خطي Z متتاليين اسم القطعة العضلية (الوحدة المتقلصة).

<u>ب- بالمجهر الإلكتروني:</u>

يبين التكبير المتوسط و القوي أن الليف العضلي يبدو مكونا من نمطين من الخيوط البروتينية هي:

- خيوط سميكة (ثخينة) تسمى خيوط الميوزين (MYOSINE) .
- خيوط رفيعة تسمى خيوط الأكتين (Actine) و هي كثيرة العدد مقارنة بخيوط الميوزين



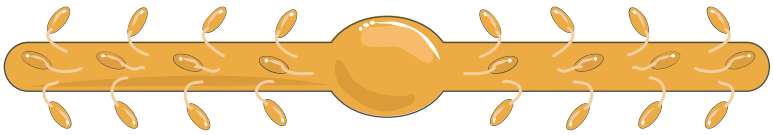
تشكل القطعة العضلية : " الوحدة المتقلصة "

خيوط الميوزين :

سميّت هذه الخيوط بهذا الاسم، لأنها تتكوّن من جزيئات الميوزين، والميوزين هو بروتين معقد، تظهر جزيئة مكوّنة من جزء متطاول هو العصا يحمل في إحدى طرفيه انتفاخا هو الرأس.

تتجمّع جزيئات الميوزين مع بعضها في مجموعات خيطية تضمّ كلّ مجموعة 200 جزيئة وتشكل خيطا عضليا سميكا.

تنتظم جزيئات الميوزين في الخيط العضلي رأسا لعصا بحيث تتوضع الجزيئات بشكل متواز مع بعضها، ومع محور الخيط العضلي. أمّا الرؤوس فتتوضع بشكل بروزات حلزونية.



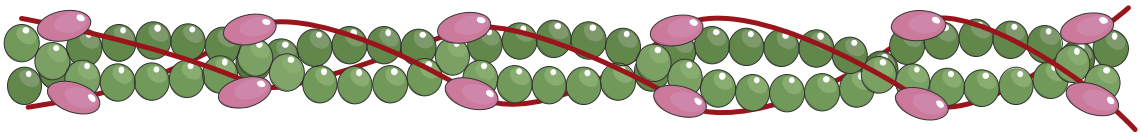
خيوط الاكتين:

تتركب خيوط الآكتين من ثلاثة أنواع من البروتينات الآكتين، التروبوميوزين والتروبونين. أكثرها انتشارا هو الآكتين، عليه سميت هذه الخيوط بهذا الاسم تظهر جزيئة الآكتين بشكل كروي صغير.

تنتظم جزيئات الآكتين مع بعضها في مجموعات وتشكل كل مجموعة خيطا عضليا رفيعا، يظهر كل خيط بالمجهر الالكتروني مكوّنا من سلسلتين من جزيئات الآكتين ملتفتين حلزونيا.

يتوضع التروبونين بانتظام على امتداد خيط الآكتين وله خاصية تثبيت شوارد الكالسيوم (Ca^{2+}) بشدّة ممّا يغيّر من شكله.

أما التربوميوزين فيمتد بين جزيئات التروبونين.



9. التقلص العضلي:

<u>في حالة الراحة:</u>

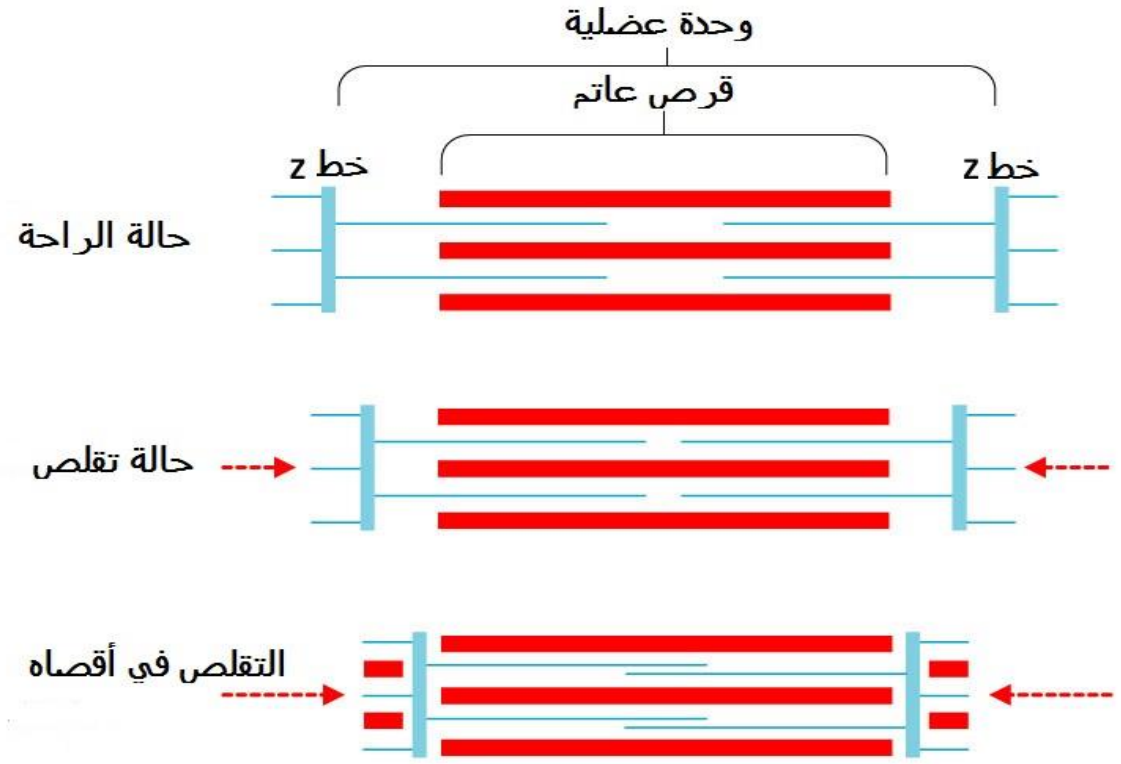
يزداد طول نصفي القرصين النيرين و تتسع مناطق الـ H دون تغير في طول القرص العاتم.

<u>أثناء التقلص</u> **:**

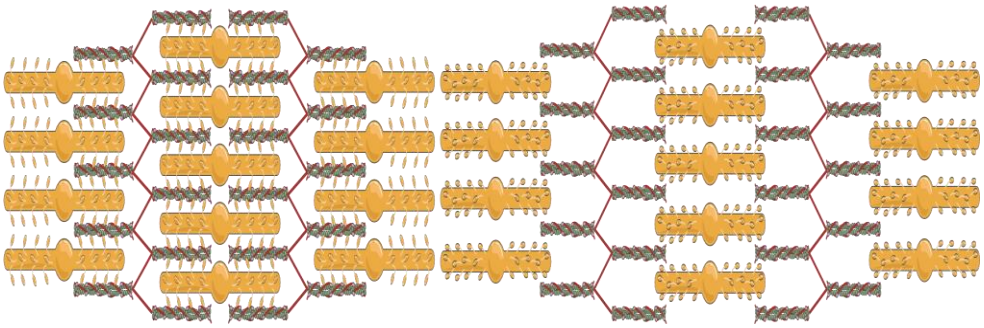
قصر طول الأقراص النيرة

تناقص طول الشريط H إلى غاية اختفائه تقريبا.

بقاء الاقراص العاتمة بدون أي تغير في طولها.



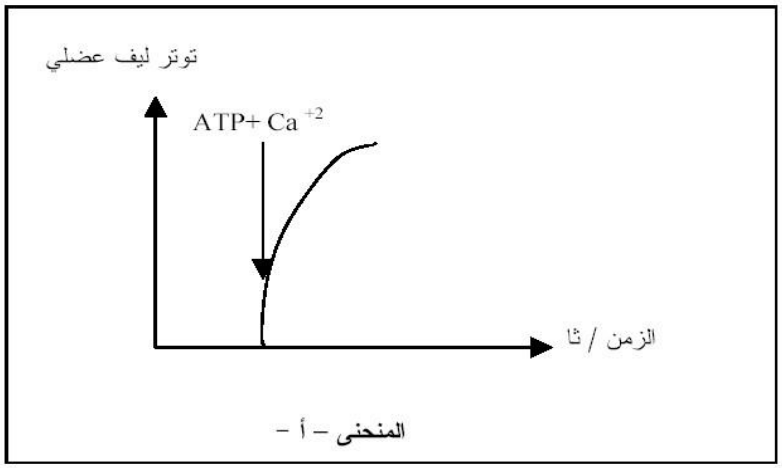
لا يمكن تفسير هذه الملاحظات إلا بحدوث انزلاق خيوط الأكتين ضمن خيوط الميوزين، و بالتالي احتلال خيوط الاكتين لمنطقة الشريط H و بذلك تختفي هذه المنطقة حيث أن الشريط Hهي المنطقة التي لا تحوي سوى خيوط الميوزين.



9. 1. متطلبات التقلص العضلي:

لمعرفة الشروط الواجب توفرها لحدوث عملية التقلص العضلي ، نعزل لييفات عضلية و نضعها في محلول فيزيولوجي ملائم ثم نجري عليها التجارب التالية:

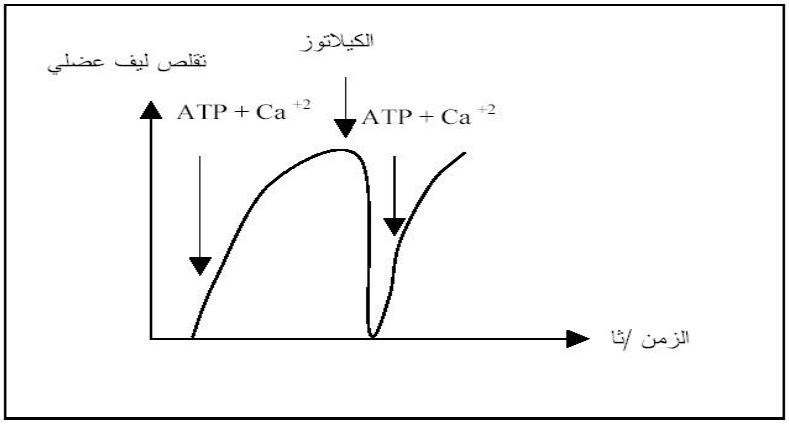
- عند إضافة شوارد ++ Ca و ATP إلى المحلول الفيزيولوجي الذي توجد فيه الليفات العضلية نحصل على التسجيل التالي: (المنحنى أ)



المنحنى – أ –

- عند إضافة الساليرغون (مثبت ATP) إلى الوسط تؤدي إلى ارتخاء الليفات العضلية نستنتج أن ATP ضروري لعملية التقلص العضلي.

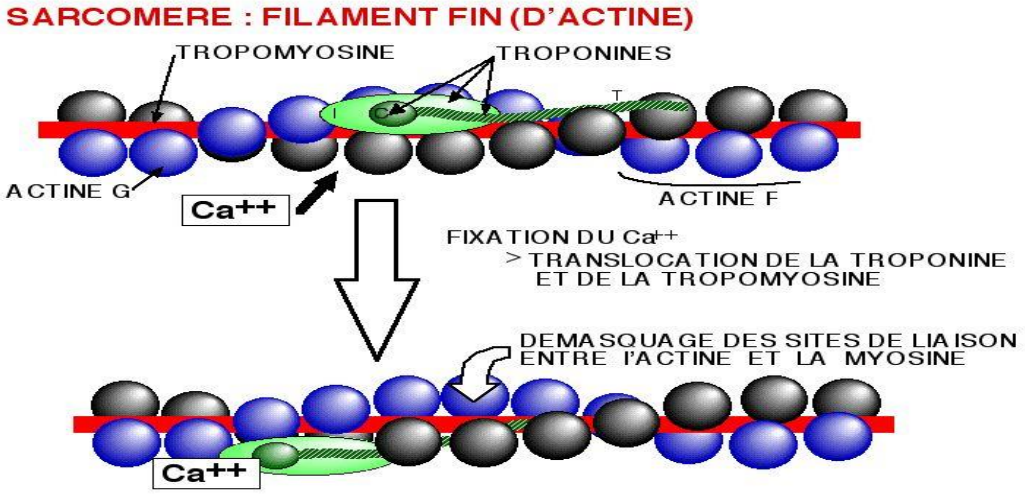
- نضيف إلى المحلول الفيزيولوجي شوارد ++Ca و ATP فتتقلص الليفات العضلية ، ثم نضيف إلى الوسط مادة الكيلاتور CHELATEUR و هي مادة تمنع نشاط شوارد++Ca فنحصل على التسجيل التالي.:



2.9 . آلية التقلص العضلي أو **التفسير الجزيئي للتقلص العضلي**:

1 – الالتصاق :

يؤدي تنبيه الليف العضلي بواسطة السيالة العصبية إلى تحرير شوارد الكالسيوم Ca^{2+} من الشبكة الهيولية الداخلية في الهيولي الأساسية للّيف العضلي.
تثبيت هذه الشوارد على التروبونين حيث يغيّر من شكله دافعا التروبوميوزين فتبرز المواقع النشطة للإكتين وتصبح حرّة قابلة للتفاعل مع رؤوس الميوزين.
في نفس الوقت تنتج الميتوكوندريا الـ ATP الذي يثبت على رؤوس الميوزين التي بدورها تغيّر من شكلها وتلتصق بالآكتين، فتتكوّن جسور من الآكتوميوزين.



2 – الإنـزلاق :

يقوم الميوزين المحفز بالأكتين، في وجود شوارد المغنزيوم Mg^{2+} بدور انزيم ATP ase حيث يعمل على إماهة الـ ATP وفق المعادلة التالية :

$$ATP \xrightarrow{\text{ميوزين}} ADP + Pi + E$$

تثبتت مجموعة الفوسفات (Pi) المحرّرة على رأس الميوزين الذي يغيّر من شكله مرّة ثانية، وتدور رؤوس الميوزين المثبتة على الأكتين نحو مركز القطعة العضلية محدثة انزلاق خيوط الأكتين على امتداد الميوزين، وتقتصر القطعة العضلية

فالميوزين والأكتين هما بروتينات محرّكة

3- الانفصال:

يتطلب انفصال الأكتين عن الميوزين تتابع ظاهرتين هما:

- امتصاص فعال لشوارد ca^{2+} من طرف الشبكة الهيولية الداخلية .

- تثبيت جزيئة جديدة من ATP على رأس الميوزين محررة إياها عن الأكتين.

وهكذا تصبح المواقع النشطة للأكتين حرة فتغطى بالتروبوميوزين، وتعود الألياف العضلية إلى حالتها الأصلية حيث تتباعد خيوط الأكتين عن الميوزين بسبب تقلص ألياف عضلية معاكسة.

10. تجديد جزيئات ATP :

رأينا ممّا سبق أن التقلص العضلي يستهلك الـ ATP، والسؤال المطروح علينا هو :
كيف يتم تجديد هذا الـ ATP لكي يستمر التقلص العضلي؟
وما هي مصادر الطاقة العضلية؟

يتم تجديد ATP التي تتوضع على رؤوس الميوزين بطريقتين :

1. الطريقة السريعة :

أ). إنطلاقا من ADP: تتحد جزيئتان من ADP بواسطة إنزيم خاص بالألياف العضلية لتنتج جزيئة ATP و جزيئة AMP وفق المعادلة التالية:

$$ADP + ADP \xrightarrow{\text{ميوكيناز}} ATP + AMP$$

ب). إنطلاقا من الفوسفاجين Phosphagene: يوجد في الهيولى الأساسية للألياف العضلية مركب عضوي يدعى الفوسفاجين)فوسفوكرياتين Phosphocreatine (و بوجود إنزيم نوعي يفقد مركب الفوسفاجين المجموعة الفوسفاتية التي يستقبلها ADP حسب التفاعل التالي :

$$C \sim P \xrightarrow{\text{إنزيم نوعي}} C + Pi + \text{طاقة}$$

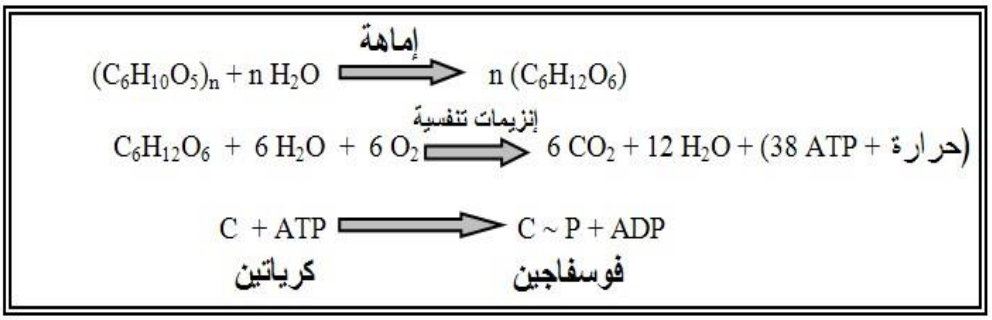
$$ADP + Pi + \text{طاقة} \longrightarrow ATP$$

مع الإشارة أن هذا التفاعل قابل للعكس

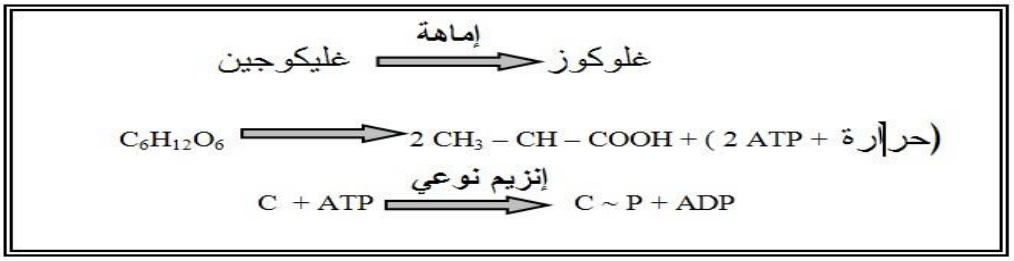
2. الطريقة البطيئة :

يتم تجديد الفوسفاجين وATP إنطلاقا من تفكيك الجزيئات العضوية مثل الغليكوجين و الغلوكوز .

أ). في وجود الأكسجين : يتأكسد الغلوكوز كليا إلى CO2 و H2O محررا طاقة تسمح بتجديد ATP و **الفوسفاجين** و ذلك **بفسفرة الكرياتين** و يتم ذلك حسب التفاعلات التالية



ب). في غياب الأكسجين: يتخمر الغلوكوز حيث يتحول حمض البيروفيك إلى حمض اللبن و يتم إنتاج طاقة قليلة (ATP) فقط مع تراكم حمض اللبن في الخلايا العضلية مسببا التعب العضلي



ملاحظة: مصير حمض اللبن جزء منه يتحول إلى حمض بيروفيك و جزء يتحول في الكبد.

11. مصادر الطاقة :

ما هي مصادر الطاقة العضلية؟

للأجابة عن السؤال سنتعرض للتجارب التالية على العضلةالساقية المعزولة لضفدع.

ب – نسمّم العضلة بواسطة حمض اليود الخلي (A.I.A) لتوقيف التحلّل السكري، فتستجيب العضلة بنفس الشروط السابقة، وبمعايرة المواد المذكورة قبل وبعد التقلص كانت النتائج كما يلي :

	قبل التقلص	بعد التقلص
الغليكوجين	1.62	1.62
حمض اللبن	1.5	1.5
الـ ATP	2	2
الفوسفوكرياتين	1.5	0.4

جـ – نضيف للعضلة المسمّمة بحمض اليود الخلي مثبّطا لانزيم الفوسفوكرياتين كيناز Phosphocréatine-Kinase المسؤول عن التفاعل التالي :

أ – ننبّه العضلة – كهربائيا فتستجيب بالتكزز لمدة ثلاث دقائق، وبمعايرة كميات مولد سكر العنب (الغليكوجين) وحمض اللبن و ال ATP والفسفوكرياتين ACP قبل وبعد التقلص؛ حصلنا على النتائج التالية مقدرة بالملغرام لكل غرام من العضلة :

	قبل التقلص	بعد التقلص
الغليكوجين	1.62	1.21
حمض اللبن	1.5	1.95
الـ ATP	2	2
الفوسفوكرياتين	1.5	1.5

ATP + كرياتين AC ⟶ ACP + ADP

حمض فوسفوكرياتين

فتتقلّص العضلة بصورة عادية ثم تتوقف، ونتائج معايرة المواد السالفة الذكر كانت كما يلي :

	قبل التقلص	بعد التقلص
الغليكوجين	1.62	1.62
حمض اللبن	1.5	1.5
الـ ATP	2	0
الفوسفوكرياتين	1.5	1.5

تفسير النتائج :

أ – نلاحظ من تحليل نتائج الجدول ثبات كل من الـ ATP وحمض الفوسفوكرياتين بينما تتناقص كمية –حمض اللبن- ممّا يدلّ على أنّ العضلة قامت بإماهة الغليكوجين الذي ينتج عنه تشكل حمض اللبن وفق المعادلة التالية :

غليكوجين ـــ غلوكوز ـــ حمض البيروفيك ـــ حمض اللبن ـــ ATP

ب – نلاحظ ثبات كل من الغليكوجين وحمض اللبن و الـ ATP، بينما تتناقص كمية حمض الفوسفوكرياتين ممّا يدلّ على أنّ العضلة قامت بإماهة ACP وفق المعادلة التالية :

$$ADP + \text{كرياتين فوسفات}\ ACP \longrightarrow ATP + \text{كرياتين}\ AC$$

جـ – نلاحظ ثبات كل من الغليكوجين وحمض اللبن و ACP، بينما لتناقص كمية الـ ATP ثمّ تنعدم، ممّا يدلّ على أنّ العضلة قامت بإماهة الـ ATP وفق المعادلة التالية :

$$H_2O + ATP \longrightarrow AMP + ADP$$

من خلال نتائج التجارب السابقة نستنتج أنّ العضلة تتحصل على الطاقة من مصادر مختلفة وهي :

- الغليكوجين
- حمض الفوسفوكرياتين ACP
- الـ ATP

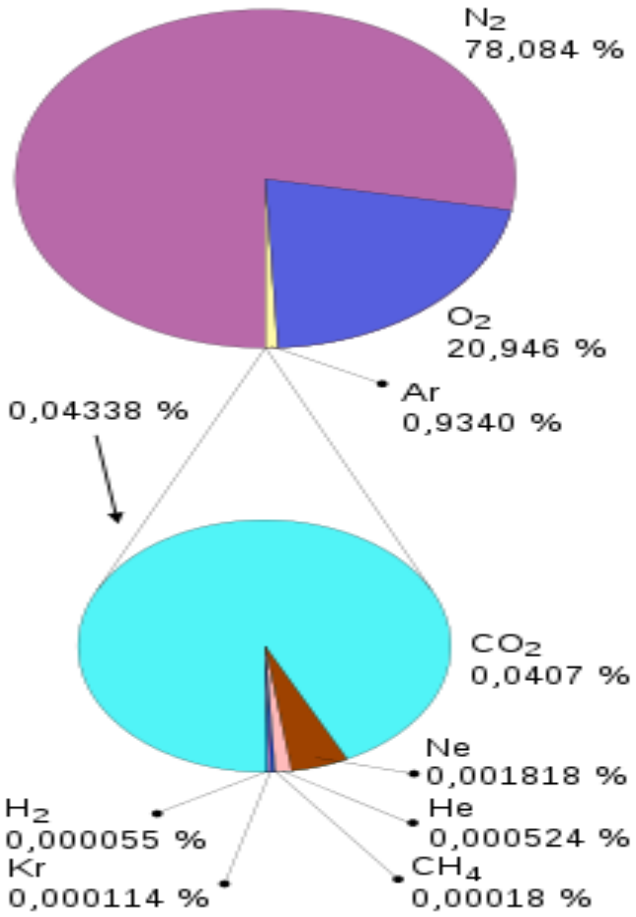
IV. عملية التنفس

يتأثر جسم الإنسان بالبيئة و المحيط، حيث يأخذ منها المواد الأساسية لحياته ويطرح الفضلات الناتجة عن تمثيلها.

فملايين المليارات من خلايا الجسم تحتاج إلى الأكسجين باستمرار(39 كغ في اليوم) لضمان مختلف وظائفه الحيوية، فالإنسان يستطيع أن يعيش لفترة دون طعام ولا ماء، ولكن لا يستطيع أبدا أن يستغني عن الأكسجين الذي تبلغ نسبته في الهواء الجوي حوالي 21% ، وكنتيجة لاستهلاك الأكسجين يطرح ثاني أكسيد الكربون(نسبته في الجو 0,03 %)، وتتم هذه العملية وفق آلية تسمى **التنفس**.

* غاز النيتروجين في الجو (78.09%)

* غازات أخرى (0,01 %).



1.التنفس:

عبارة عن عملية فسيولوجية مهمة للكائنات الحية بواسطتها يتم نقل الغازات فتأخذ الخلايا الأكسجين وتطرد ثاني أكسيد الكربون الزائد.

يستعمل الأكسجين في أكسدة (حرق أو أيض) المواد داخل الخلايا وتتحرر الطاقة، وثاني أكسيد الكربون الناتج من أكسدة المواد يتم التخلص منه عن طريق التنفس.

عملية التنفس تتضمن المراحل التالية:

أ- تهوية الرئتين: دوران الهواء في الرئتين بهدف تجديد الغازات الموجودة فيها بدون انقطاع وهو ما يسمى التنفس.

ب- التنفس الخارجي : إيصال أوكسجين الرئتين إلى الدم وإيصال غاز ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الرئتين .

ج- نقل الغازات التنفسية: نقل O_2 من الرئتين إلى الخلايا و CO_2من الخلايا إلى الرئتين و هو ما يضمنه الجهاز القلبي الوعائي والدم.

د- التنفس الداخلي : إيصال أو توزيع O_2 من الدم إلى الخلايا وإيصال CO_2 من الخلايا إلى الشعيرات الدموية.

زيادة على وظيفته في نقل الهواء يلعب أيضا الجهاز التنفسي دورا هاما في الشم والكلام، إضافة إلى كون الرئتين خزان للدم (حوالي 500مل) وكمصفاة للجلطات الدموية وفقاعات الهواء.

** يتم أكسدة المواد داخل الخلايا من خلال التنفس الخلوي في الميتاكوندري، حيث يدخل الأكسجين إليها ليستهلك أثناء أيض المواد الغذائية داخلها وهي مكان إنتاج الطاقة في الخلايا والتي تخزن على شكل مركب (ATP) ، وينتج عن أكسدة المواد ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يطرح في الدم.

وحيث أن الكمية الزائدة من (CO_2) في الدم تؤدي إلى الحموضة وهي سامة بالنسبة للخلايا فلابد من التخلص من الكميات الزائدة بسرعة وبكفاءة عالية.

ويوجد جهازان بالجسم مسئولان عن إمداده بالأكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون ، حيث يقوم الجهاز الدوري بنقل الغازات بين الخلايا والرئتين والجهاز التنفسي يقوم بتبادل الغازات .

2.الجهاز التنفسي:

يشمل الأعضاء التالية :

1- الأنف 2- البلعوم 3- الحنجرة 4- القصبة الهوائية

5- الشعب الهوائية 6 - الرئتين والحويصلات الهوائية 7- أغشية البلورا أو الجنبة

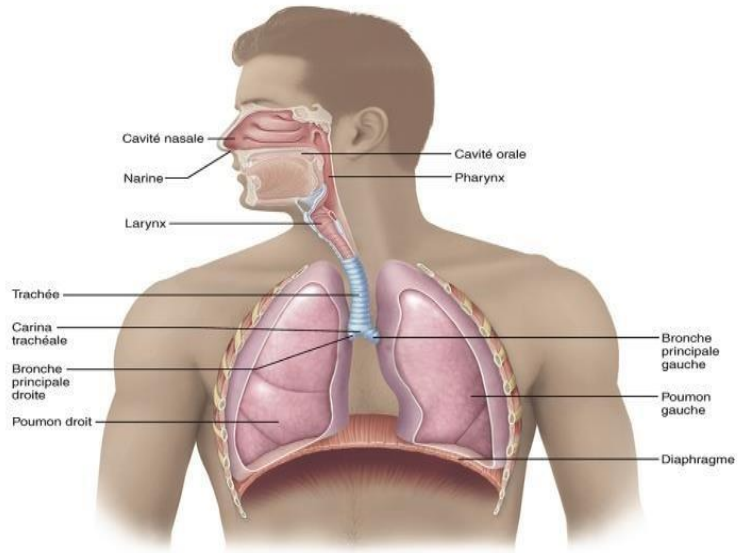


Figure 22.1 **Les principaux organes du système respiratoire par rapport aux structures environnantes.**

© ERPI, tous droits réservés.

1.2 .الأنف:

وهو الجزء الأول من الجهاز التنفسي ويتميز تركيبه الداخلي بغشاء مبطن مخاطي غني بالأوعية الدموية **وظائفه :**

1- إدخال هواء الشهيق وتسخينه وترطيبه وتنقيته من الشوائب والجراثيم العالقة به وذلك بمساعدة المخاط الأنفي.

2- يقوم الأنف بحاسة الشم حيث يستطيع إدراك الغازات الضارة وتتركز الحاسة في مستقبلات الشم في الغشاء المبطن للجزء العلوي للتجويف الأنفي.

3- طرح وإخراج إفراز الغشاء المخاطي والجيوب الأنفية والقناة الدمعية خارج الجسم بواسطة الأهداب .

* وفي حالة انسداد أو إعاقة مجري الأنف فإن الشخص بتنفس عن طريق الفم.

كما توجد جيوب أنفية ملحقة جيبان جبهيان وجيبان وتديان وهي مليئة بالهواء لتخفيف وزن الجمجمة.

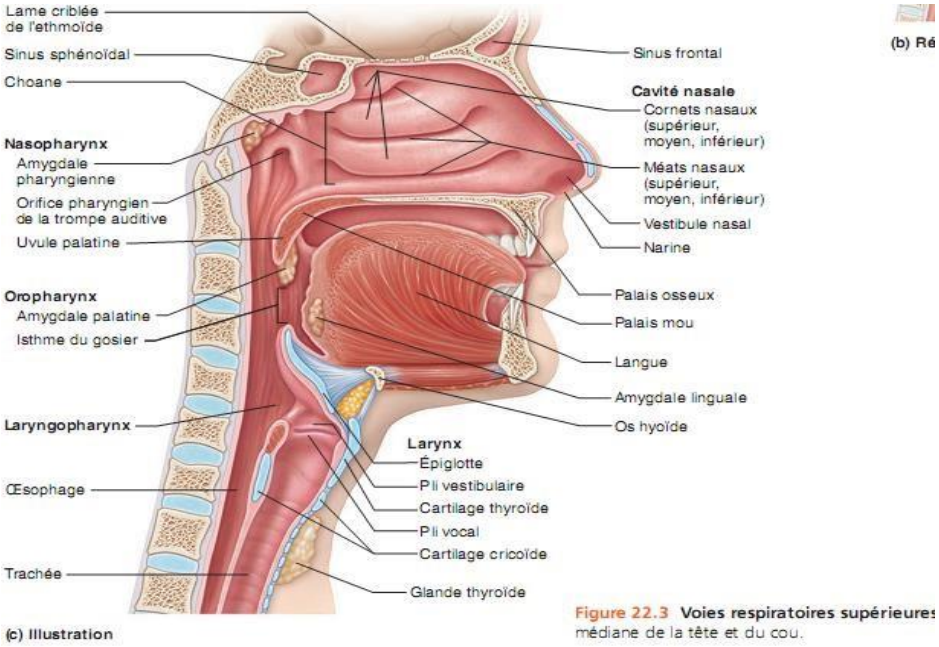


Figure 22.3 **Voies respiratoires supérieures** médiane de la tête et du cou.

2.2. البلعوم: Pharynx

يسمى أحيانا بالحلق وهو أنبوب عضلي طوله 13سم، تتصل به سبع فتحات فتحة الفم الداخلية وفتحتا الأنف الخلفيتان وفتحتا قناتي استاكيوس وفتحة الحنجرة .

يتكون البلعوم من ثلاث أجزاء :

أ- **الجزء العلوي - الجزء البلعومي الأنفي (Nasopharynx) :** يبطن بطلائية مهدبه كاذبة تساعد الأهداب في تحريك المخاط لأسفل الفم.

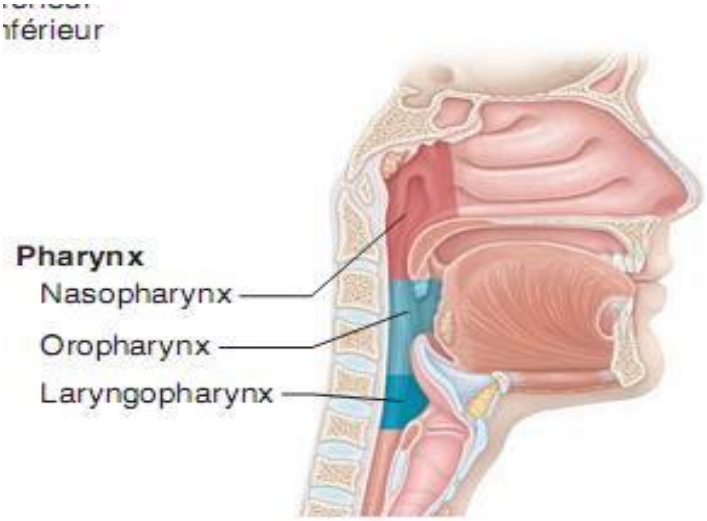
تفتح فيه قناتا استاكيوس على الجدار الجانبي حيث تتبادل القناتان كمية قليلة من الهواء مع هذا الجزء من البلعوم للمحافظة على توازن ضغط الهواء على جانبي الأذن الوسطى وطبلة الأذن.

ب- **الجزء البلعومي الفمي (Oropharynix) :** ممر للهواء والطعام، يوجد به زوجان من اللوز لوزتا الفك ولوزتا اللسان عند قاعدة اللسان .

ج- **الجزء السفلي - الجزء البلعومي الحنجري(Laryngopharynix) :** يتفرع إلى جزئين في الأسفل إلى المرئ والحنجرة (Larynx)، وتبقى فتحة الحنجرة في البلعوم وتسمى المزمار(Glotte) مفتوحة دائما للهواء إلا عند بلع الطعام فإنها تسد بواسطة لسان المزمار أو اللهاة (Epiglotte).

وظائف البلعوم:

- ممر للهواء من الأنف إلى القصبة الهوائية .
- ممرا للغذاء من الفم الى المرئ.
- يعمل كغرفة لنغمة الصوت ونوعيته.



(b) Régions du pharynx

3.2. الحنجرة : Larynx

تسمى الحنجرة بصندوق الصوت (boite de voix) وهي ممر قصير يصل بين البلعوم والقصبة الهوائية، وهي ذات تركيب عضلي غضروفي دعم جداره بأربعة غضاريف هي :

1-غضروف درقي امامي (cartilage Thyroide).

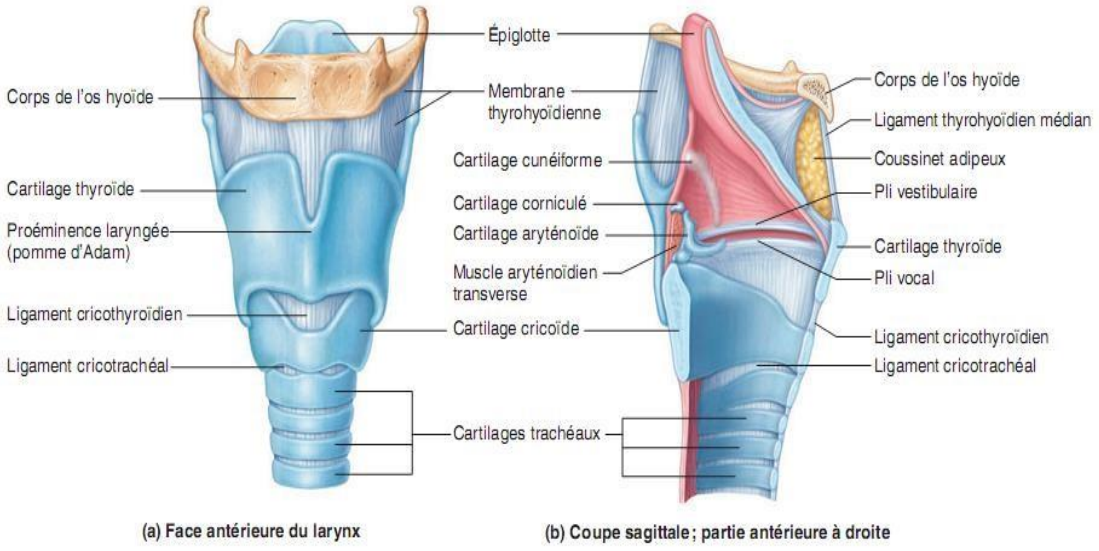
2- غضروف حلقي سفلي (cartilage Corniculé).

3 -غضروفان خلفيان (cartilage Arytenoide) .

تبطن الحنجرة بغشاء مخاطي مهدب للتخلص من عوالق الهواء، والغشاء المخاطي مرتب في زوجين من الثنيات، الجزء العلوي يعرف بالثنيات البطنية أو الحبال الصوتية الكاذبة لا دخل له في حدوث الصوت، والزوج السفلي يعرف بالثنيات الصوتية أو الحبال الصوتية الحقيقية .

يحدث الصوت نتيجة اهتزاز الحبلين الحقيقيين عند اندفاع الهواء بينهما.

والحنجرة في الرجل أكثر وضوحا وتبرز قليلا إلى الأمام ويطلق عليها تفاحة أدم (pomme d'Adam) ومن الحنجرة يندفع الهواء إلى القصبة الهوائية.

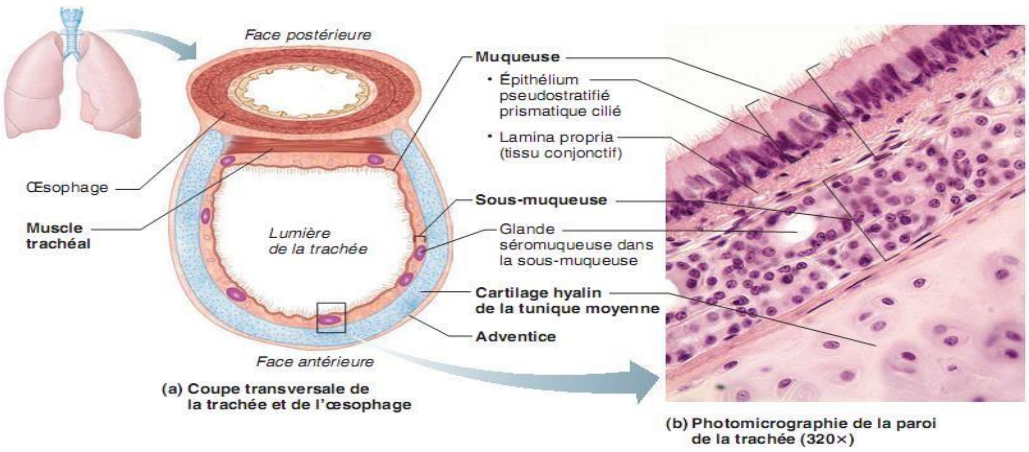


2. 4. القصبة الهوائية: Trachée

تنتهي القصبة الهوائية بتفرعها إلى فرعين من الشعب الهوائية الأولية اليمنى واليسرى اللتين تدخلان إلى الرئتين.

كل شعبة تتفرع داخل الرئة إلى شعب ثانوية، حيث تركيب الشعب الهوائية يشبه تركيب القصبة الهوائية إلا أن غضاريفها كاملة الاستدارة .

وداخل كل فص من فصوص الرئة تتفرع الشعب الثانوية إلى فروع صغيرة متفرعة تعرف بالشعب الشجيرية وتستبدل الغضاريف بصفيحة غضروفية ، وفي الفروع الأصغر تختفي هذه الصفائح وتعرف تلك بالشعيبات، ويوجد بجدران هذه الشعيبات ألياف عضلية ملساء وتختفي الغضاريف.



5.2. الرئتان: poumons

يوجد في الإنسان زوج من الرئة مخروطية الشكل تقع في التجويف الصدري، يفصل بينهما القلب وتفرعات الشعبتين الهوائية.

تنقسم كل رئة إلى فصوص بواسطة أخاديد، وكل فص يصله فرع من فروع الشعب الهوائية الثانوية.
فالرئة اليمنى تنقسم إلى ثلاث فصوص (Lobes) أما الرئة اليسرى فإلى فصين .
كل جزء من الفصوص يتجزأ إلى حجر صغيرة تعرف بالفصيصات (Lobules) ويغلف كل فصيص بنسيج ضام مطاطي يحتوى على الأوعية الليمفاوية والأوردة والشرايين .
وتتفرع داخل الفصوص الشعب الشجيرية وتعرف بالشعيبات الهوائية تتكون جدرانها من خلايا حرشوفية متباعدة بدلا من الخلايا المكعبة.

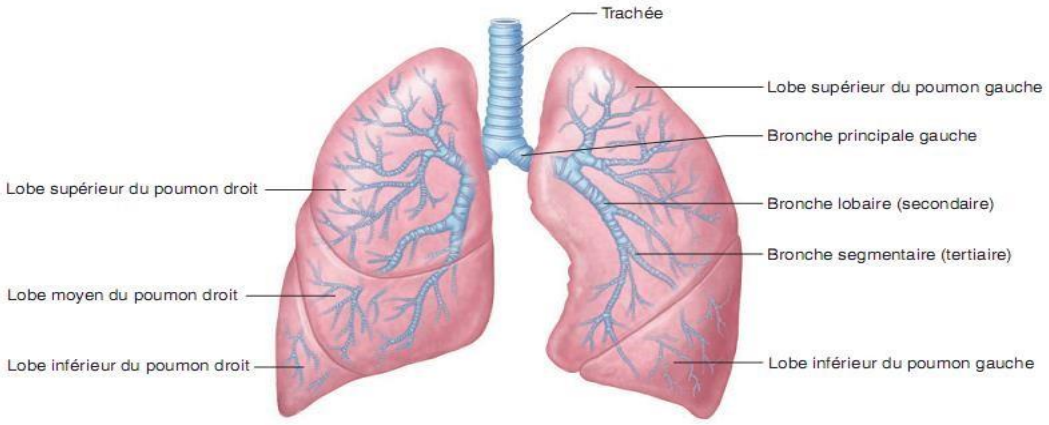
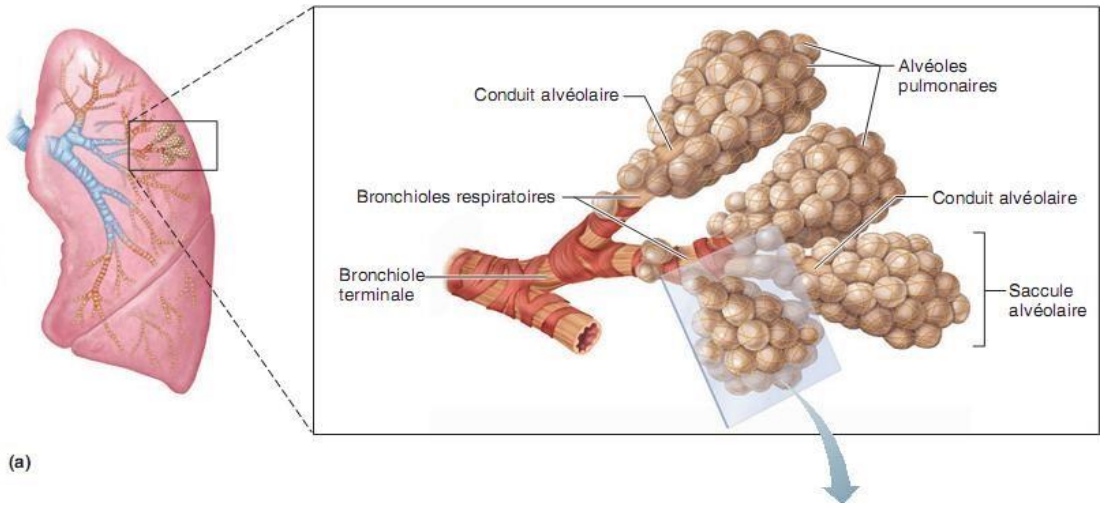


Figure 22.7 Structures de la zone de conduction. Sous le larynx, les voies respiratoires sont composées de la trachée ainsi que des bronches principales, lobaires et segmentaires, qui se ramifient en bronches de plus en plus fines, puis en bronchioles et en bronchioles terminales.

©ERPI, tous droits réservés.

تبرز من جدر هذه الشعيبات تجاويف صغيرة تشبه الكأس في شكلها ويبطنها خلايا حرشوفية، ويدعمها أغشية مطاطية رقيقة تعرف بالأسناخ الرئوية أو الحويصلات الهوائية(Alveoles).
تشترك الحويصلات الهوائية في شعبة هوائية أو قناة حويصلية تعرف بالكيس الحويصلي أو السنخي (alveolaire sacule)، ويبلغ عدد هذه الأسناخ أو الحويصلات الهوائية في الرئة عدة ملايين.
وحول كل سنخ أو حويصلة هوائية تتفرع شبكة الشعيرات الدموية من الشريان والوريد، حيث تتم عمليات التبادل الغازي بواسطة الانتشار البسيط بين الدم والحويصلات الهوائية عبر جدرها والشعيرات الدموية



2. 7. أغشية البلورا أو الجنبة : membranes pleurale

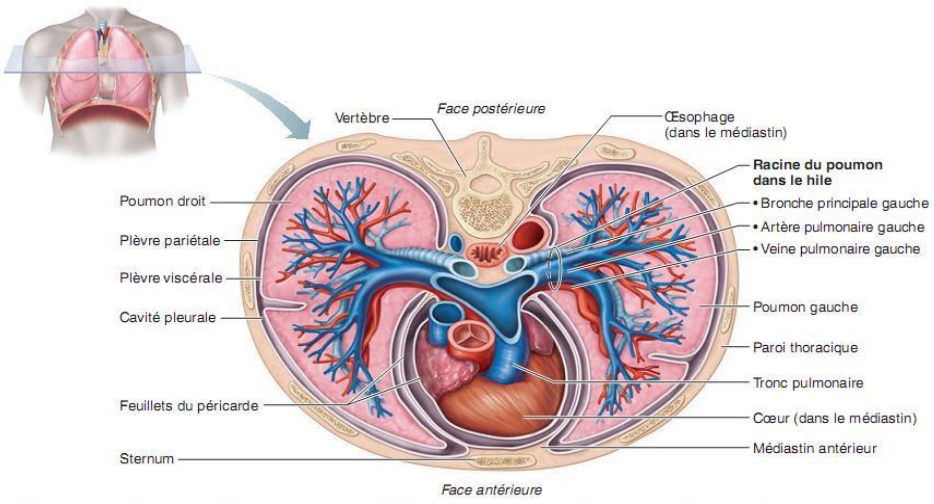
تحاط كل رئة بغشاء البلورا وهو غشاء ليفي مصلي ثنائي الطبقة، تتألف كل طبقة من صف واحد من الخلايا الطلائية الداخلية ملتصقة بالرئة والخارجية تواجه القفص الصدري، وتحصران بينهما التجويف البلوري أو الجنبي (pleurale cavitie) يحتوى على سائل مصلي يساعد في عمل سطح انزلاقي للرئتين داخل القفص الصدري.

3. تهوية الرئة:

وهي كمية الهواء التي تدخل الرئتين في الدقيقة وتتوقف على عاملين:

1- حجم الهواء الشهيق (عمق التنفس)

2- عدد مرات التنفس في الدقيقة او معدل التنفس.



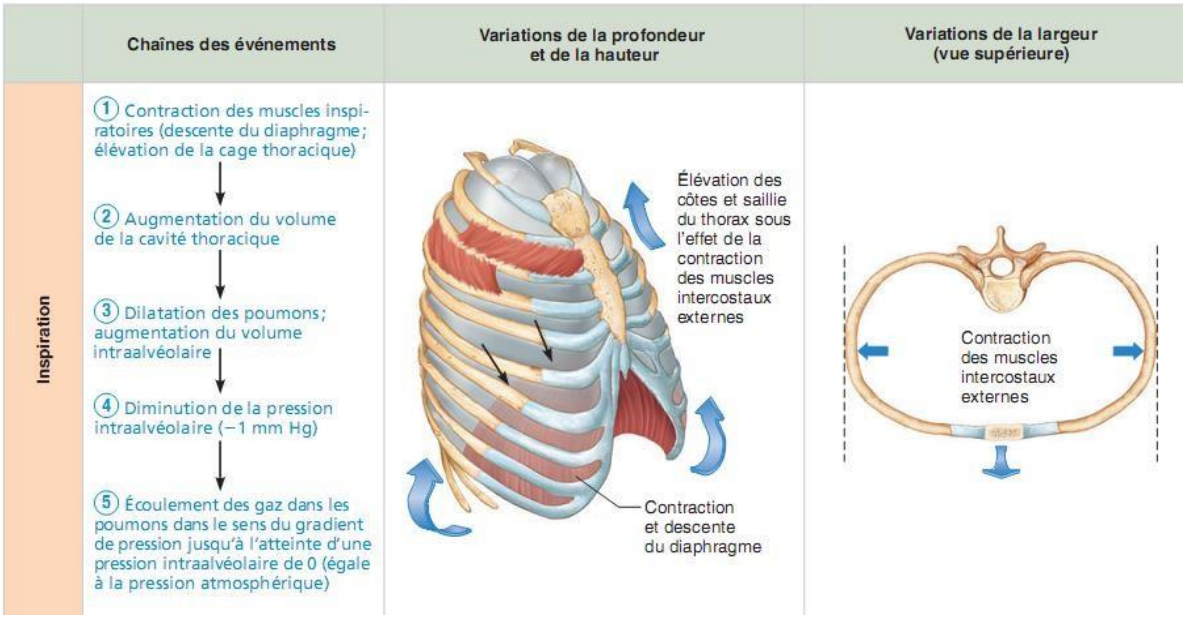
(c) Coupe transversale du thorax montrant les poumons, les feuillets de la plèvre et les principaux organes du médiastin

4. آلية التنفس :

تحاط الرئتان بالقفص الصدري الذي يتكون من (12زوج) من عظام الاضلاع تربطها عضلات، وهو مخروطي الشكل له فتحتان العلوية تمر منها القصبة الهوائية والمرئ والأوعية الدموية والأعصاب والفتحة السفلية مغلقة بعضلات الحجاب الحاجز (Diaphragme) الذي يفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني.

آلية التنفس تتم خلال عمليتين متعاقبتين:

1- عملية الشهيق (Inspiration) : وفيها ينقبض الحجاب الحاجز فترتفع الاضلاع إلى الأعلى، فيتسع تجويف القفص الصدري مما يجل الهواء يدخل الرئتين نتيجة انخفاض ضغط الهواء داخلهما، وهي عملية ايجابية تحتاج للطاقة .



2- عملية الزفير (Expiration) : حيث تنبسط عضلات الاضلاع وتعود هي و الحجاب الحاجز لوضعهما ، فيقل حجم التجويف الصدري مما يجعل الرئتين تطرد الهواء للخارج ، وهي عملية سلبية تتم بدون أي جهد عضلي ولا تحتاج للطاقة.

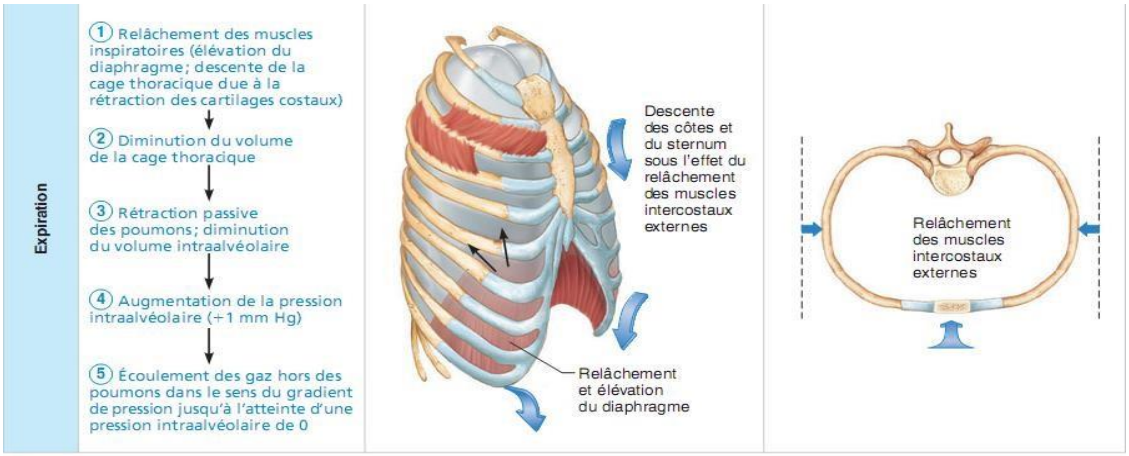


Figure 22.13 Variations du volume thoracique et déroulement des événements pendant l'inspiration et l'expiration. La colonne de gauche présente les variations de volume durant l'inspiration (haut) et l'expiration (bas). Au centre, les profils du thorax montrent les variations de la hauteur (dues à la contraction et au relâchement du diaphragme) et de la profondeur (dues à la contraction et au relâchement des muscles intercostaux externes). À droite, vues supérieures de coupes transversales du thorax montrant les variations de la largeur dues à la contraction et au relâchement des muscles intercostaux externes pendant l'inspiration et l'expiration.

5. الضغط في التجويف الصدري:

الضغط التنفسي يفسر دائما نسبة إلى الضغط الجوي)الضغط المطبق من الهواء – خليط من غاز – المحيط بالجسم على مستوى سطح البحر(الضغط الجوي في حدود760 مم زئبقي).

حيث الضغط التنفسي منخفض ب 4 مم زئبقي من الضغط الجوي (4-760=756)

الضغط التنفسي داخل الاسناخ يرتفع وينخفض حسب الزفير والشهيق ويصبح دائما مساويا ل ض.ج.

الضغط داخل التجويف الجنبي دائما منخفضة ب 4 مم زئبقي.

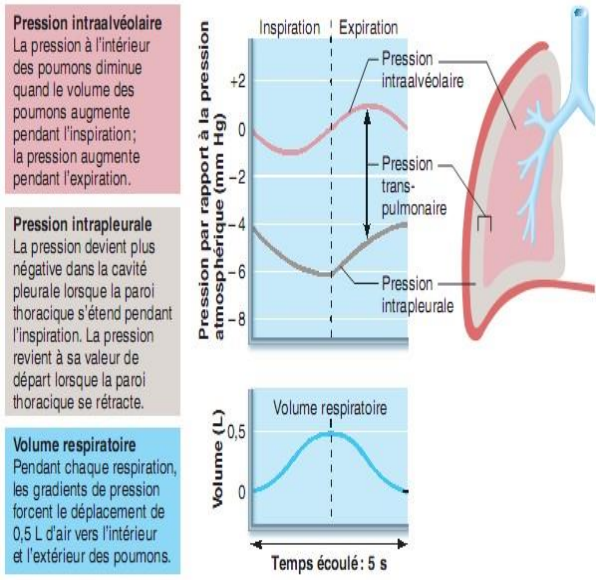


Figure 22.14 Modifications de la pression intraalvéolaire et de la pression intrapleurale durant l'inspiration et l'expiration. Notez que la pression atmosphérique normale (760 mm Hg) a une valeur de 0 sur l'échelle.

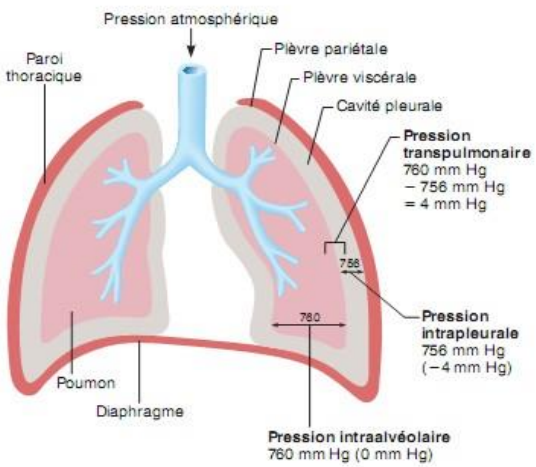


Figure 22.12 Relations entre la pression intraalvéolaire et la pression intrapleurale. Pression intraalvéolaire et pression intrapleurale en position de repos. Les différences par rapport à la pression atmosphérique sont indiquées entre parenthèses. Les valeurs indiquées sont celles à la fin d'une expiration normale. Aux fins de l'illustration, la dimension de la cavité pleurale a été considérablement augmentée.

© ERPI, tous droits réservés.

6. الحجم التنفسي:

يبلغ حجم الهواء الذي يدخل الرئتين ويخرج منها في الإنسان في وضع الراحة 500 مل ويدعى بالحجم الموجي (volume courant) وقد يصل الى 2500 مل عند اخذ شهيق عميق بعد شهيق اعتيادي ويدعى بالحجم الشهيقي الاحتياطي (v.Inspiration reservé **VRI**) ويمكن طرد كمية من الهواء بعملية زفيرية قوية بعد عملية زفيرية اعتيادية فيخرج 1500مل هواء ،يعرف بالحجم الزفيري الاحتياطي (**VRE**) .

وعند الرياضي أو عند بذل الجهد الشاق فيدعى بالسعة الحيوية (capacité vitale **CV**) .

وتبقى بعد أعمق زفير كمية من الهواء في الحويصلات الهوائية أو السنخ تقدر بـ 1500 مل ويدعى هذا بالحجم المتبقي الوظيفي (capacité residuelle fonctionnelle **CRF**) .

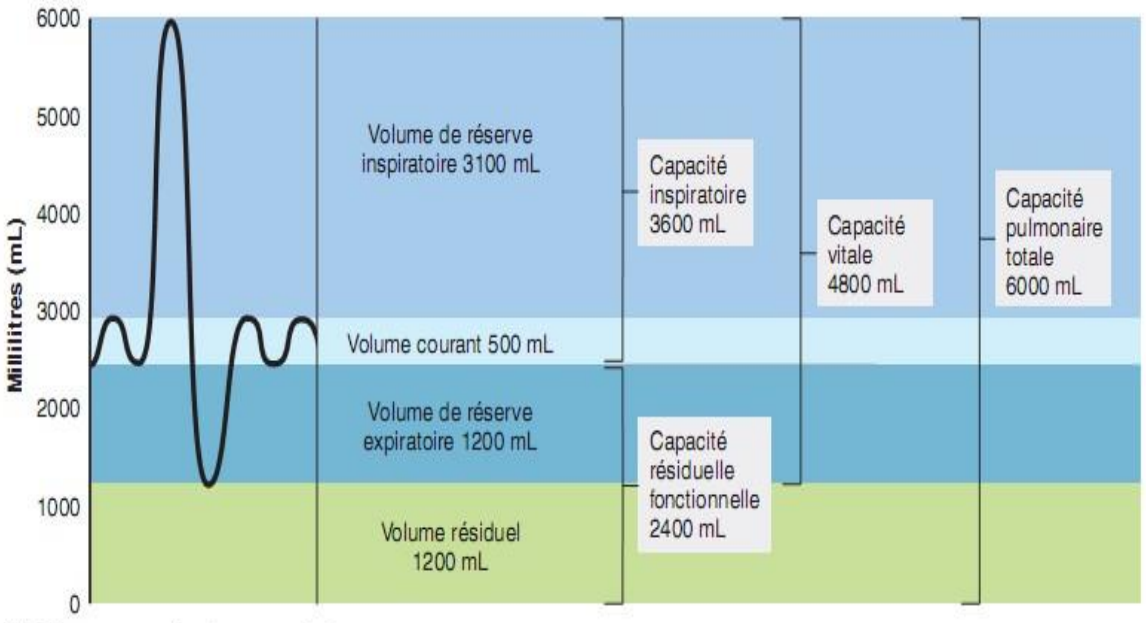
ونظرا لان الهواء الداخل لا يصل كله الى الحويصلات الهوائية ويبقى في المجاري التنفسية، مما يجعله لا يشترك في تزويد الدم بالأكسجين لذا يدعى هذا بالحيز الميت (zone morte) وتقدر قيمته بـ 150 مل.

لذا فإنه أثناء التنفس العادي يتجدد 350 مل من هواء الحويصلات الهوائية الرئوية والبالغ 3500 مل .

أما أثناء الرياضة يتجدد أكثر من 4 لترات من هواء الحويصلات البالغ 6 لترات.

إن الضغط الجزيئي للأكسجين (PO2) وثاني أكسيد الكربون (PCO2) أثناء التنفس العادي يبقى ثابتا وبمقدار يسمح بالتبادل الغازي بين جدار الحويصلات الهوائية والدم، والذي يقدر الضغط الجزئيى الأكسجيني في الحويصلات الهوائية ب 100مم زئبقي، والضغط الجزيئي لثاني أكسيد الكربون ب 40مم زئبقي مقابل 195 مم زئبقي للاكسجين، و30 لثاني أكسيد الكربون في هواء الشهيق.

ويصل مقدار الهواء المتجدد في الرئتين خلال دقيقة واحدة أثناء الراحة من 6-7 لترات ويدعى هذا **بالحجم الدقيقي** وهو حجم الهواء الداخل عن طريق فتحتي الأنف إلى الرئتين، كما يبلغ عدد الحركات التنفسية في الدقيقة **12- 14 مرة** .



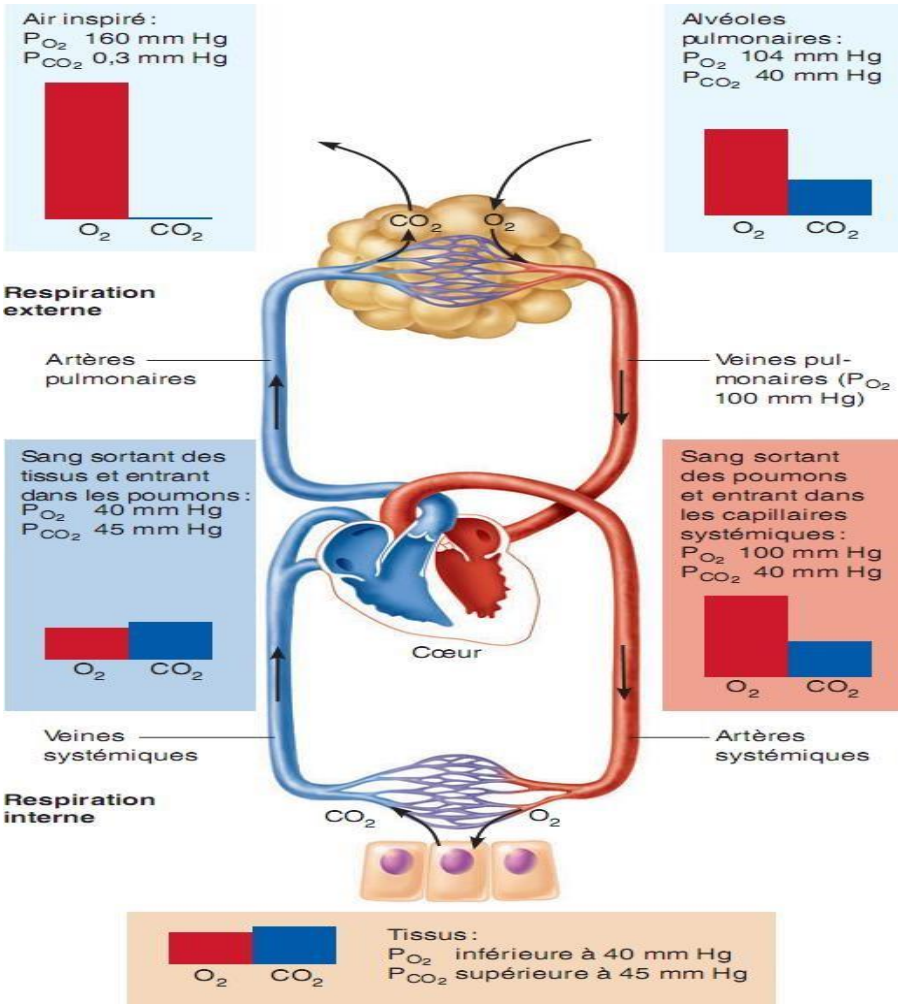
(a) Spirogramme d'un homme adulte

7. تبادل غازات التنفس: Exchange des gazes resperatoire

عند امتلاء الرئتين ينتقل الأكسجين من الحويصلات الهوائية عبر سوائل الأنسجة البينية ثم إلى الدم ومنه إلى خلايا الأنسجة.

أما ثاني أكسيد الكربون فهو يسلك عكس الاتجاه من الخلايا إلى السوائل البينية ثم للدم فالحويصلات الهوائية بالرئتين.

في الدم الوارد إلى الرئتين يبلغ ضغط الأكسجين(PO2) حوالي 40 مم زئبقي و ضغط ثاني أكسيد الكربون (PCO2) 54مم زئبقي، وبما أن ضغط الأكسجين (PO2) في الحويصلات الهوائية (الأسناخ) يبلغ 100 مم زئبقي وثاني أكسيد الكربون (PCO2) 40 مم زئبقي فإن هناك زيادة في ضغط الأكسجين من الهواء إلى الدم، وزيادة في ضغط ثاني أكسيد الكربون في الحويصلات الهوائية عنها في الهواء فينتقل ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات الهوائية عن طريق خاصية الانتشار البسيط



عملية تبادل الغازات سريعة نظرا لكبر مساحة سطح التبادل ورقة الجدار الخلوي الفاصل للحويصلات الهوائية الأسناخ و الدم حيث لا يتجاوز خليتين و تستغرق العملية الواحدة اقل من ثانية.

وعلى هذا فإن الدم الشرياني الذي يترك الرئتين يكون الضغط الأكسجيني وثاني أكسيد الكربون فيه 100 ، 40 مم زئبقي على التوالي.

أما في الأنسجة فيحدث العكس أي أن الأكسجين ينتقل من الدم إلى الخلايا لان الضغط الأكسجيني في الدم أعلى منه في الأنسجة ، بينما ثاني أكسيد الكربون ينتقل من الخلايا إلى الدم لان ضغط ثاني أكسيد الكربون اكبر في الخلايا عنه في الدم.

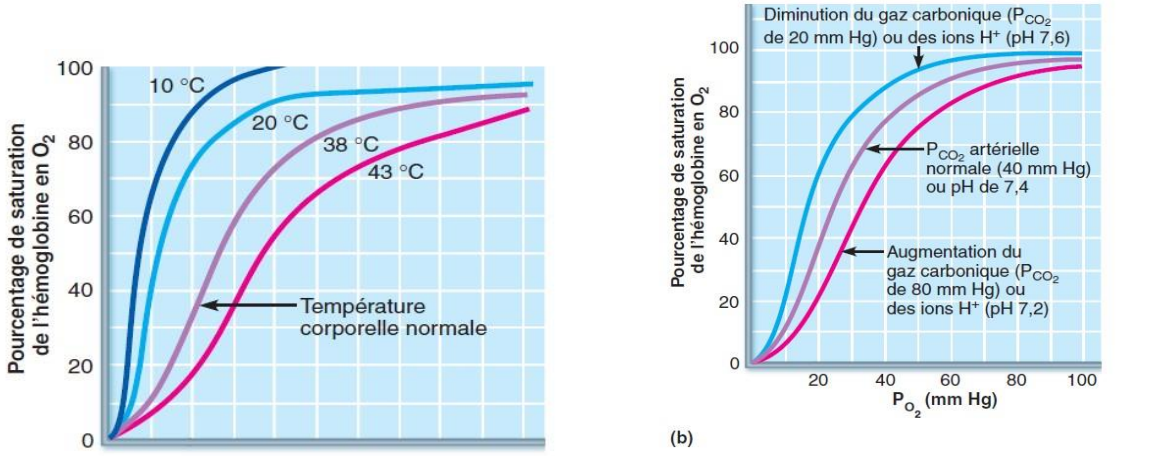


Figure 22.21 **Effets de la température, de la P_{CO_2} et du pH sanguin sur la courbe de dissociation de l'oxyhémoglobine.**

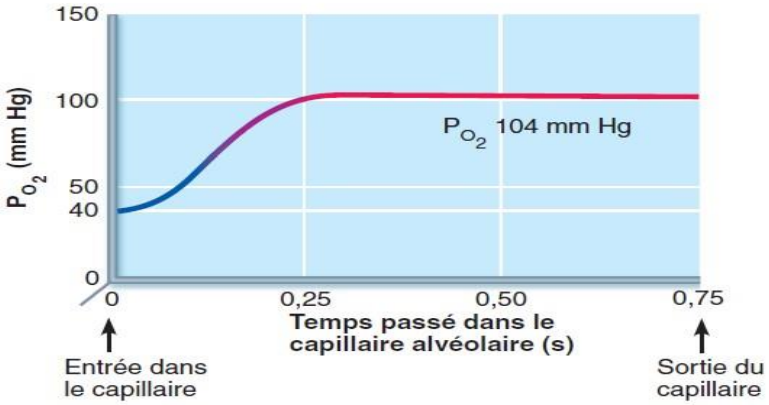


Figure 22.18 **Oxygénation du sang dans les capillaires alvéolaires.** Notez que le temps écoulé entre le moment où le sang entre dans les capillaires alvéolaires (indiqué par 0) et celui où la P_{O_2} atteint 104 mm Hg est d'environ 0,25 s.

© ERPI, tous droits réservés.

7. Transport des gazes dans le sang : انتقال الغازات في الدم

أ- نقل الأكسجين في الدم:

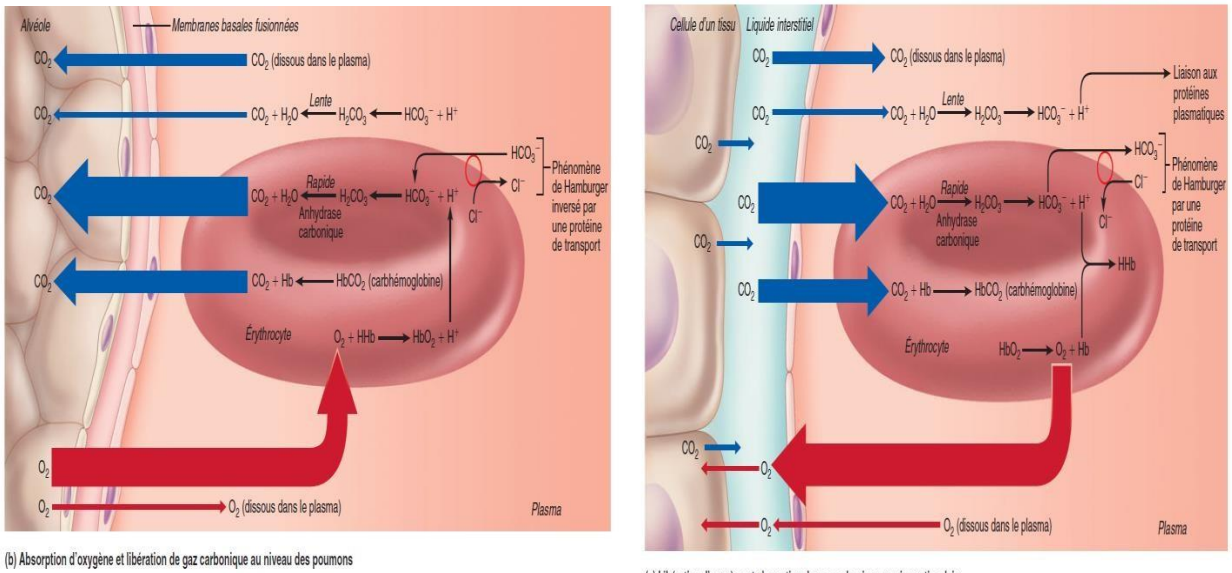
ينقل الاكسجين في الدم عن طريق إتحاده مع بروتين الهيموغلوبين(اليحمور Hb) لكريات الدم الحمراء 97% بينما كمية الأكسجين الحرة في بلازما الدم (3%) وتساوى ضغط الأكسجين في حويصلات الهواء مما يجعله قليل الذوبان في البلازما.

وفي وجود الضغط الجزيئي للأكسجين في الحويصلات الهوائية عالي يرتبط الأكسجين مع الهيموغلوبين في كريات الدم الحمراء ليكون مركب الأكسيهيموغلوبين (Oxyhaemoglobine) :

High PO2

4Hb + 4O2 ⟶ 4HbO2

Low PO2 /high H^+



(b) Absorption d'oxygène et libération de gaz carbonique au niveau des poumons

(a) Libération d'oxygène et absorption de gaz carbonique au niveau tissulaire

ب- نقل ثاني أكسيد الكربون في الدم:

يتم نقل ثاني أكسيد الكربون بثلاث طرق:

في الأولى 8% عن طريق الذوبان في بلازما الدم.

الثانية و الثالثة : يتم نقل 92 % من ثاني اكسيد الكربون عن طريق كريات الدم الحمراء، 27% يتحد مع الهميوغلوبين مكونا مركب الكربينوهيموغلوبين (HbCO2) والجزء الأكبر(65%) يتحد مع الماء ويكون حمض الكربونيك (H2CO3) في كريات الدم الحمراء والذي يتأين الى أيون هيدروجين وأيونات البيكربونات ليعمل كمحلول منظم للدم.

يتأين انزيم الكربونيك هيدروجنيز

H^+ + HCO3 ⟶ H2CO ⟶ CO2 + H2O

يعمل ايون الهيدروجين (H^+) كمحفز لتحرر الأكسجين من الهميوغلوبين إلى الخلايا، بينما ايونات البيكربونات تتحد مع البوتاسيوم مكونة بيكربونات البوتاسيوم التي تنتشر من كريات الدم الحمراء الى البلازما .

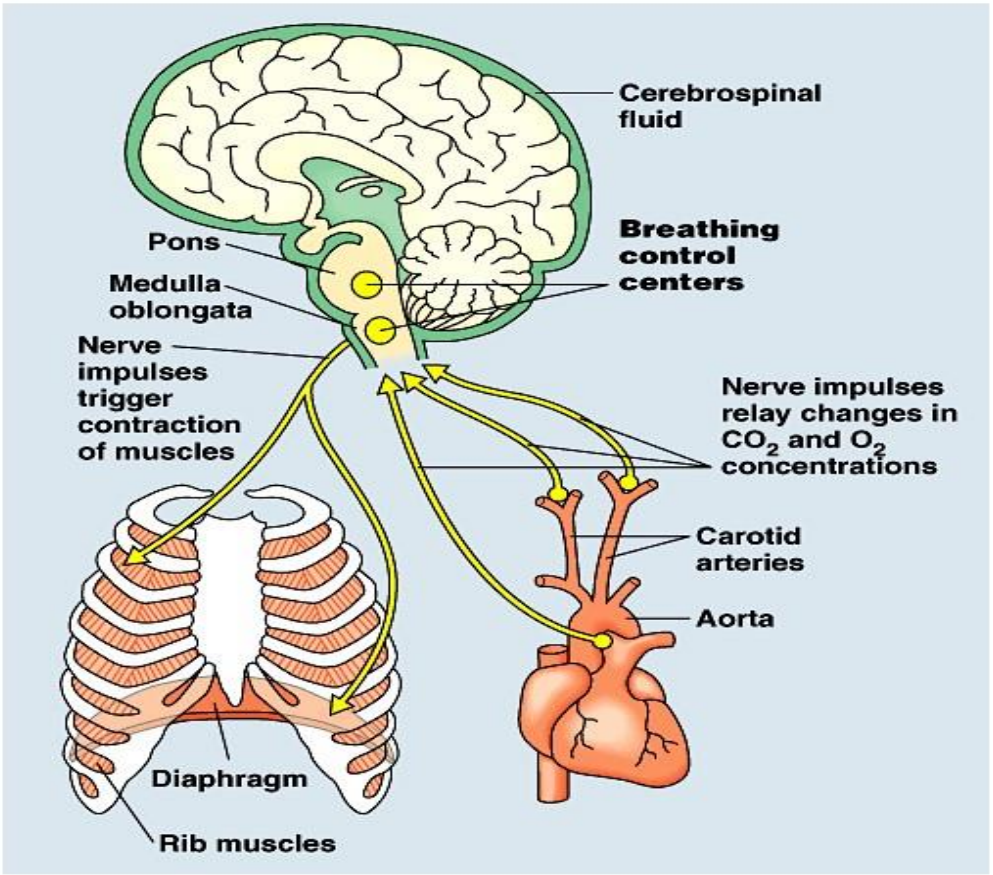
كما أن (CO_2) في البلازما يتحد مع الصوديوم مكونا بيكربونات الصوديوم

وعند وصول الدم الى الرئتين يحدث العكس حيث يزيد الضغط الجزيئي للأكسجين مما يتسبب في إحلال ثاني أكسيد الكربون المتحد مع الهيموغلوبين بالأكسجين أما جزيئات البيكربونات فتتحلل وتطلق ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في البلازما ومن ثم ينتشر في اتجاه الحويصلات الهوائية حسب الفارق في الضغط الجزيئي لهذه الغازات داخل الحويصلات الهوائية .

9. آلية التحكم في عملية التنفس:Controle de respiration

التحكم في عملية التنفس يحصل لا إراديا كالتي:

يوجد في النخاع المستطيل (la moelle alongée) للمخ مركز للتحكم في عملية التنفس (centre de controle respiratoire) والذي يتلقى إشارات من أعصاب حسية حول الشريان التاجي (أو السباتي) و الأبهر والتي تنبئ عن تركيز الأكسجين وثاني أكسيد الكربون الخارج من القلب وتركيز حمض الكربونيك في الدم ، وبناء على هذه الإشارات العصبية فإن مركز التحكم في التنفس في المخ يرسل إشارات إلى عضلات الضلوع لكي تنقبض أو تنبسط بواسطة خلايا عصبية حركية ذاتية .



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

10. عوامل التحكم في معدل التنفس:

هناك عدة عوامل تتحكم في سرعة معدل التنفس في الكائنات الحية:

1- كثافة عمليات الأيض أو التمثيل الغذائي (Metabolisme) داخل الخلايا كلما زادت زاد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الدم مما يزيد من معدل التنفس للتخلص من ثاني أكسيد الكربون بالدم.

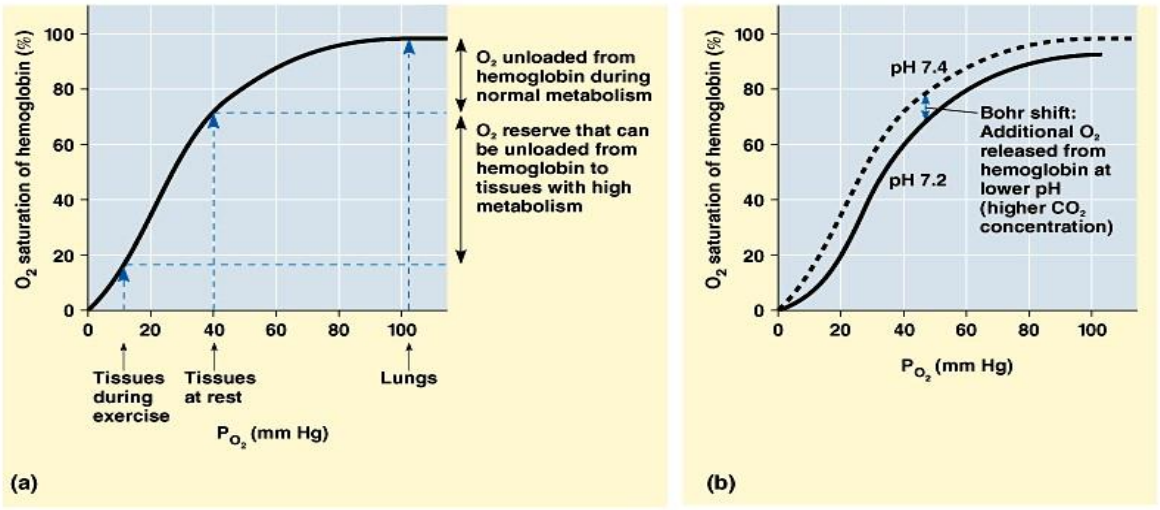
2- المجهود العضلي أو الحركي كلما زاد ازداد معدل التنفس .

3- الحالة الإنتاجية للحيوان فالحيوانات عالية الإنتاج أو كمية الأيض أو التمثيل الغذائي فيها عالي يزداد معدل التنفس فيها.

4- عمر الكائن الحي فالكائنات صغيرة السن أو الأطفال حديثي الولادة أعلى من الكائنات البالغة لزيادة معدل النمو والتكاثر الخلوي في الصغار عن الكبار.

5- عوامل بيئية خارجية كالحرارة والرطوبة النسبية في الجو والضغط الجوي أيضا تلعب دورا في زيادة أو خفض معدل التنفس للكائنات الحية.

6- تغير الأس الهيدروجيني للدم (pH) نتيجة لتغير الحموضة في الدم مما يزيد من معدل التنفس.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

V. فيزيولوجيا الجهاز القلبي الوعائي

يتكون الجهاز القلبي الوعائي من القلب والأوعية الدموية (الشرايين، الأوردة والشعيرات الدموية) وهي تشكل مع بعضها جهاز مغلق مملوء بالدم.

1- الدم:

عبارة عن نسيج سائل أحمر اللون من ضمن أشكال النسيج الضام يجري في داخل الجسم من خلال الأوعية الدموية (الأوردة ،الشرايين والشعيرات الدموية).

ويتكون الدم من البلازما و خلايا الدم.

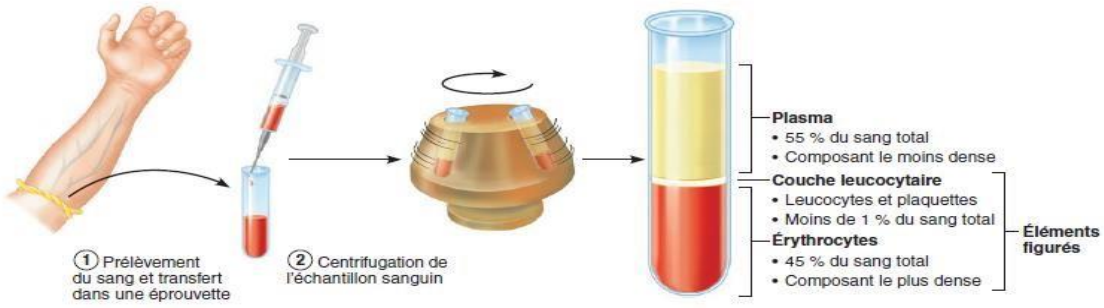


Figure 17.1 **Principaux composants du sang total.**

© ERPI, tous droits réservés.

1-2- تركيب الدم:

أولاً : البلازما (Plasma) :

تمثل الجزء السائل من الدم، ليس لها شكل وتبلغ نسبتها حوالي 55 % من حجم الدم الكلي والنسبة الباقية 45% كريات دموية، غازات، هرمونات وبروتينات... .

*** وظائف البلازما:**

1- تدخل في عملية تجلط الدم.

2- لها دور في مناعة الدم.

3- تنقل بعض المواد في الدم مثل : الفيتامينات و الهرمونات وبعض الأدوية.

ثانيا: - الكريات الدموية الحمراء :

تعرف كريات الدم الحمراء أيضاً بـ (Erythrocytes) وهي عبارة عن كريات دائرية الشكل شديدة التميز ولها غشاء خلوي عادي ولكن ليس بها أنوية ويوجد بها مركب الهيموجلوبين

وسيتوبلازم، كما أن سبب تسميتها بكريات الدم الحمراء بدلاً من خلايا الدم الحمراء هو عدم احتوائها على النواة وعلى مكونات الخلية الحية .

*** وظائف كريات الدم الحمراء:**

1. نقل الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم.
2. نقل ثاني أكسيد الكربون من الخلايا إلى الرئتين.
3. الحفاظ على PH الجسم.

*** يتأثر عدد كريات الدم الحمراء بالعوامل التالية:**

أ- عمر الفرد وجنسه (ذكر أم أنثى). ب- الحالة الغذائية والصحية للشخص.

ت- ارتفاع الشخص عن مستوى سطح البحر.

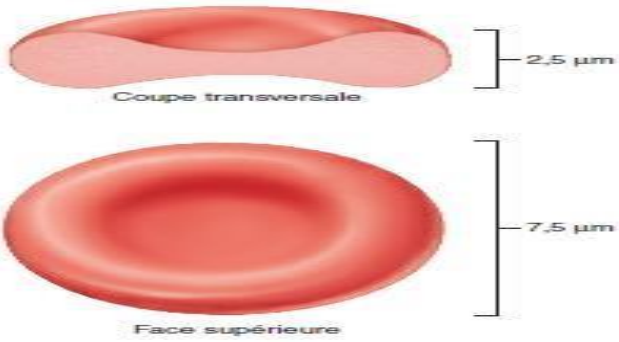


Figure 17.3 **Structure des érythrocytes.** Notez la forme biconcave caractéristique.

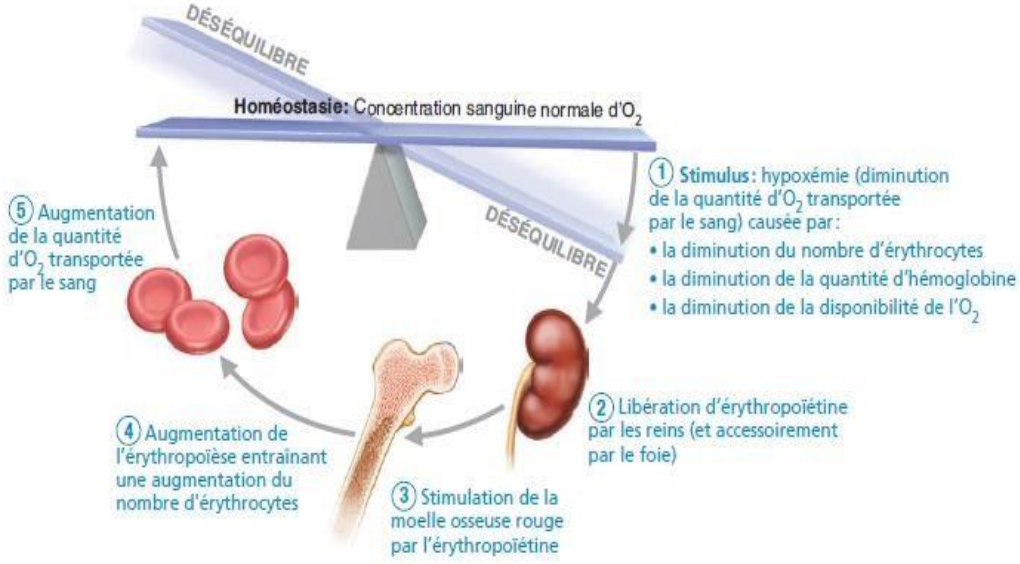


Figure 17.6 **Régulation de l'érythropoïèse par l'érythropoïétine.**

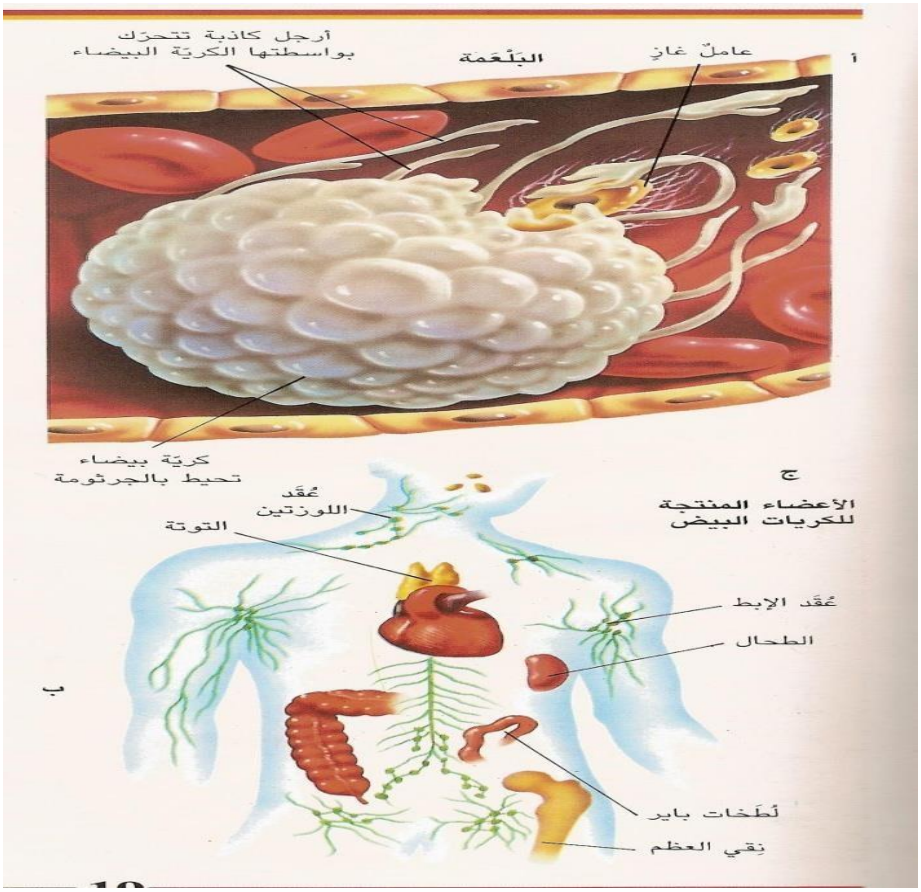
ث-

ثالثا: الكريات الدموية البيضاء:

تعرف أيضاً بـ (Leucocytes) وهي مجموعة من الخلايا حقيقية النواة وتختلف عن الكريات الحمراء ببعض الصفات كفقدان اللون الأحمر وكبر حجمها وغيرها، وسميت بهذا الاسم لخلوها من الهيموجلوبين.

وتعتبر الخلايا البيضاء خلايا دفاعية تعمل كخط دفاع في الجسم تعمل على قتل الميكروبات الداخلة إلى الجسم.

*** وظيفة الـ WBC :** بصفة عامة تقوم الـ WBC بعملية الدفاع عن الجسم .



رابعا : الصفائح الدموية :

هي أجزاء من سيتوبلازم الخلية الموجودة داخل النخاع العظمي وتعرف بـ (Megacaryocytes) ويطلق عليها أيضاً بالخلايا المتجلطة (Thrombocyte).

- **وظيفة الصفائح الدموية:**

1- وقف النزيف حيث تعمل كحاجز أو شبك تلتصق بفتحة الجرح و تمنع النزيف.

2- إ فراز بعض المواد الهامة مثل السيروتونين (Serotonine) والأدرينالين (Adrenaline) والهستامين (Histamine) والتي لها دور في انقباضات الأوعية الدموية.

1-3- وظائف الدم:

1- نقل الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الأنسجة ونقل ثاني أكسيد الكربون من الخلايا الجسم إلى الرئتين .

2- نقل المواد الغذائية المهضومة من الجهاز الهضمي إلى الأنسجة.

3- نقل الفضلات (نواتج الأيض Metabolisme) من خلايا أنسجة الجسم ليتم التخلص منها عن طريق الكليتين.

4- نقل الهرمونات إلى الأنسجة المستهدفة التي تعمل أو يؤثر عليها الهرمون .

5- تعمل بروتينات بلازما الدم كمادة منظمة لمنع التغير المفاجئ بالأس الهيدروجيني (PH) .

6- المساهمة في الحفاظ على الاتزان المائي بالجسم .

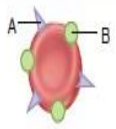
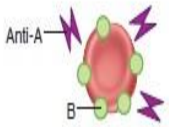
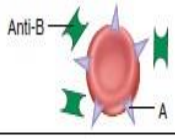
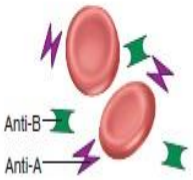
7- يساهم في الحفاظ على درجة حرارة الجسم.

8- الدفاع عن الجسم ضد العدوى (لاحتوائه على الأجسام المضادة).

10- يتميز بخاصية الجلط لمنع فقد الدم وسوائل الجسم.

1-4- نظام ال ABO :

TABLEAU 17.4 Système ABO

GROUPE SANGUIN	FRÉQUENCE (% DE LA POPULATION DES ÉTATS-UNIS)* BLANCS	NOIRS	ASIA-TIQUES	AUTOCH-TONES	ANTIGÈNES DES ÉRYTHROCYTES (AGGLUTINOGÈNES)	ILLUSTRATION	ANTICORPS DU PLASMA (AGGLUTININES)	SANG COMPATIBLE
AB	4	4	5	<1	A B		Aucun	A, B, AB, O
B	11	20	27	4	B		Anti-A (a)	B, O
A	40	27	28	16	A		Anti-B (b)	A, O
O	45	49	40	79	Aucun		Anti-A (a) Anti-B (b)	O

* La répartition est semblable au Canada et en Europe.

2- القلب :

عضو عضلي مخروطي الشكل بعكس الاعتقاد الشائع، لا يقع القلب في الجانب الأيسر من الصدر بل في الوسط، لكن جانبه الأيسر والأكبر يكون ممتدا إلى اليسار.

يعتبر القلب مضخة مزدوجة فهو يستقبل في الجزء الأيسر منه الدم المؤكسد من الرئتين ويضخه إلى الشرايين ثم إلى باقي أجزاء الجسم، بينما الجزء الأيمن منه فيستلم الدم المحمل بثاني أكسيد الكربون من خلايا الجسم ويضخه إلى الرئتين.

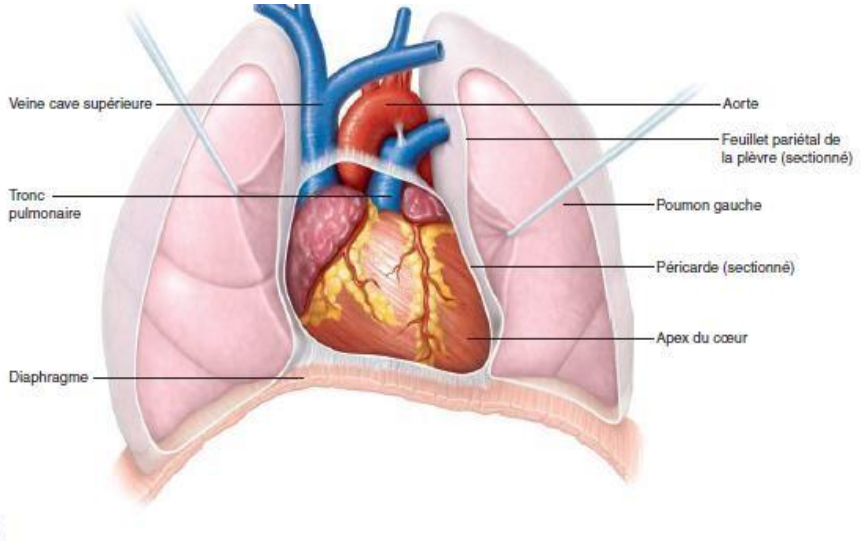


Figure 18.1 **Situation du cœur dans le médiastin. (a)** Situation du cœur par rapport

2-1- مواصفات القلب :

حجم قلب الإنسان بحجم قبضة اليد، طوله 12 سم، عرضه 9 سم، سمكه 6 سم ووزنه 225-325 غ وتصل دقاته إلى 75 نبضه /دقيقة ويصل إلى مائة ألف مرة في اليوم ويضخ خلالها 7000 لتر من الدم في اليوم إلى أوعية وشعيرات دموية يصل طولها مجتمعه إلى 60000 ميل.

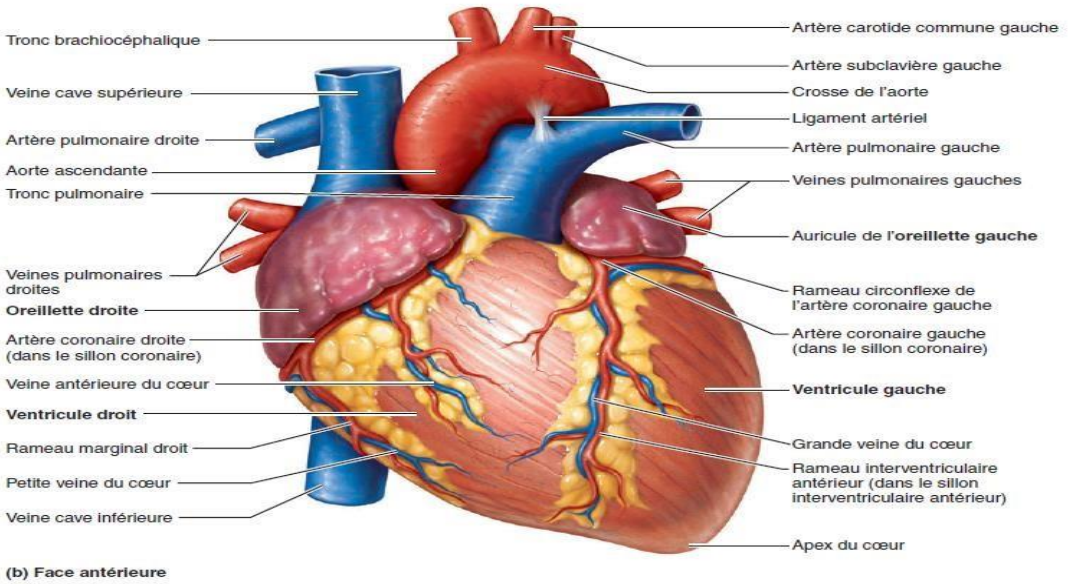


Figure 18.4 **Anatomie macroscopique du cœur.** Dans les dessins, les vaisseaux qui transportent du sang oxygéné sont représentés en rouge; ceux qui transportent du sang désoxygéné sont en bleu.

2-2- غلاف القلب :

يغلف القلب بغشاء مزدوج يعرف بالتامور (Péricarde)، غشاء داخلي (Myocarde) يسمح له بالحركة الحرة أثناء انقباضه وانبساطه. يملئ السائل التاموري التجويف التاموري و يساعد في منع احتكاك القلب بالغشاء التاموري .

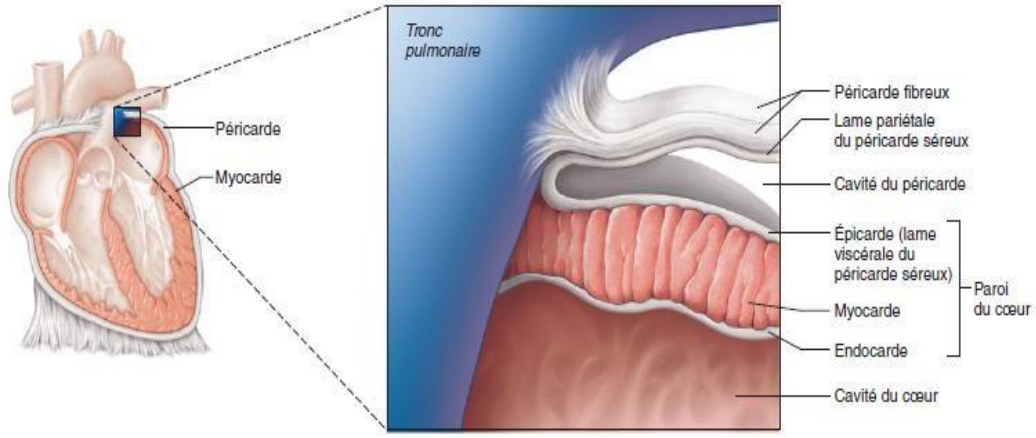


Figure 18.2 Péricarde et tuniques de la paroi du cœur.

2-3- أقسام القلب من الداخل:

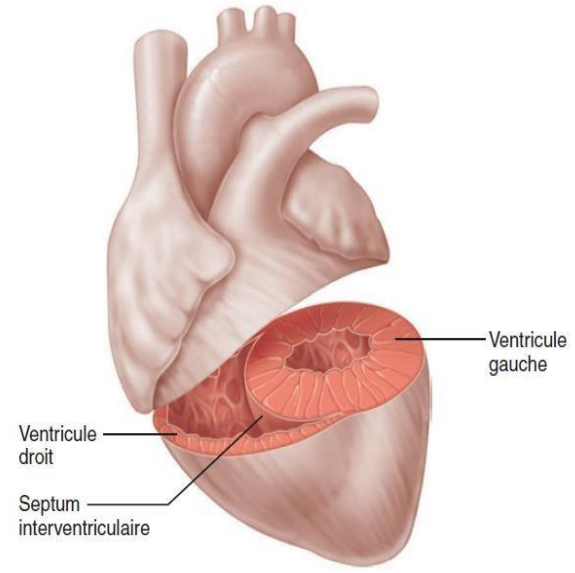
يقسم القلب في جميع الفقاريات (عدى البرمائيات والأسماك) إلى أربع تجاويف (حجرات) هما:

الأذينان (oreillettes) والبطينان (Ventricules)

ويفصل بين الأذينين: الغشاء الفاصل بين الأذينين (septu interauriculaire).

وبين البطينين: الغشاء الفاصل بين البطينين (septum interventriculaire).

وجدار الأذينين ارفع من البطينين.



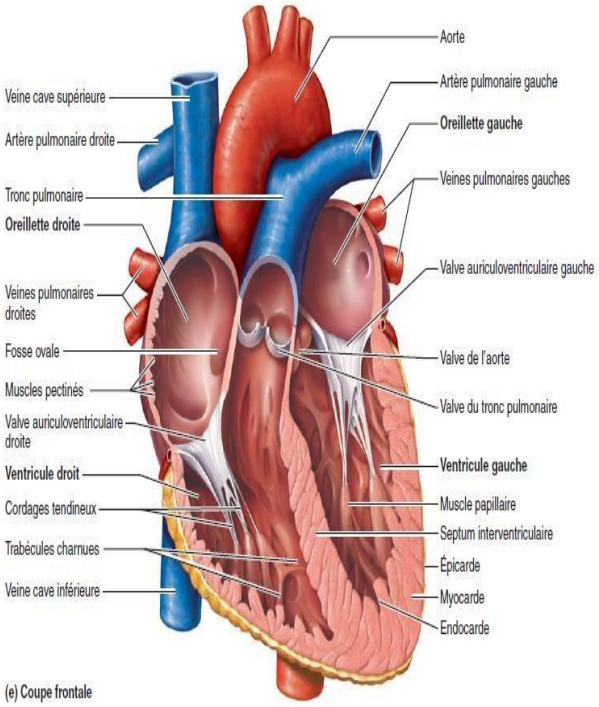
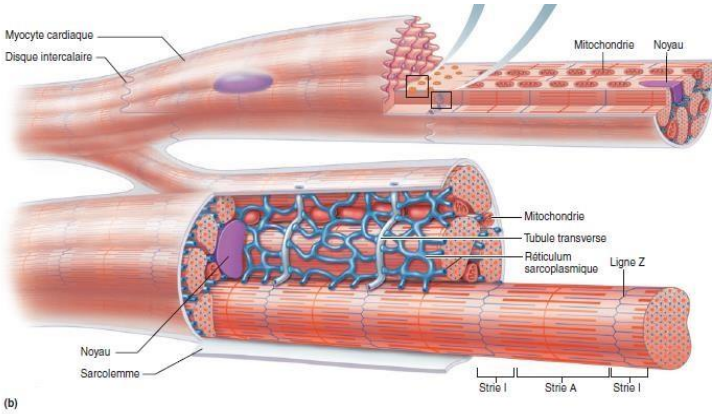


Figure 18.6 Différences anatomiques entre le ventricule gauche et le ventricule droit. La paroi du ventricule gauche est plus épaisse et sa cavité est presque circulaire; la cavité du ventricule droit a la forme d'un croissant et entoure le ventricule gauche.



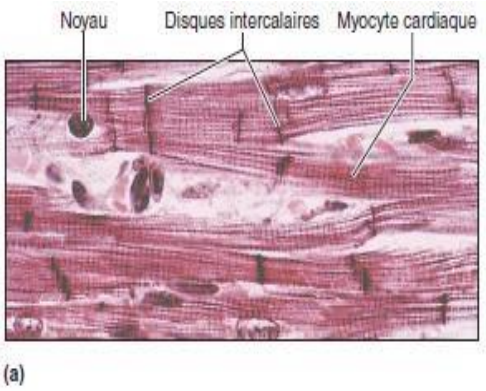


Figure 18.11 Anatomie microscopique du muscle cardiaque. (a) Photomicrographie du muscle cardiaque (600×). Notez que les myocytes cardiaques sont courts, ramifiés et striés. Remarquez aussi les disques intercalaires sombres entre les cellules adjacentes. **(b)** Éléments des disques intercalaires et des myocytes cardiaques.

3- الدورة الدموية:

يعنى مصطلح الدورة الدموية سريان الدم دخل الأوعية الدموية من خلال دورتين رئيسيتين دورة كبيرة وأخرى قصيرة للدم في قلب الإنسان

3-1- الدورة الدموية الصغرى أو الدورة الرئوية (Circulation pulmonaire):

وينتقل فيها الدم غير المؤكسد من القلب إلى الرئتين ثم يعود كدم مؤكسد من الرئتين إلى القلب.

حيث يتدفق الدم الوريدي من البطين الأيمن إلى الشريان الرئوي والذي يتفرع داخل الرئتين ثم يتفرع إلى شعيرات دموية حول الحويصلات الهوائية داخل كل رئة فيحدث تبادل للغازات بنقل ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات ونقل الأكسجين إلى شعيرات الدم ثم يعود الدم إلى الأذين الأيسر للقلب عن طريق الأوردة الرئوية فالبطين الأيسر.

2-3- الدورة الدموية الكبرى أو الدورة الجهازية (circulation systémique):

حيث ينتقل الدم المحمل بالأكسجين من البطين الأيسر إلى جميع أجزاء الجسم عن طريق الشريان الأبهر لينقل الدم إلى أنسجة الجسم)عدى الرئتين (عبر الشرايين المختلفة ثم يعود الدم إلى الأذين الأيمن من جميع أعضاء الجسم عن طريق الأوردة الجوفاء الرئيسية (العلوي والسفلي والتاجي)

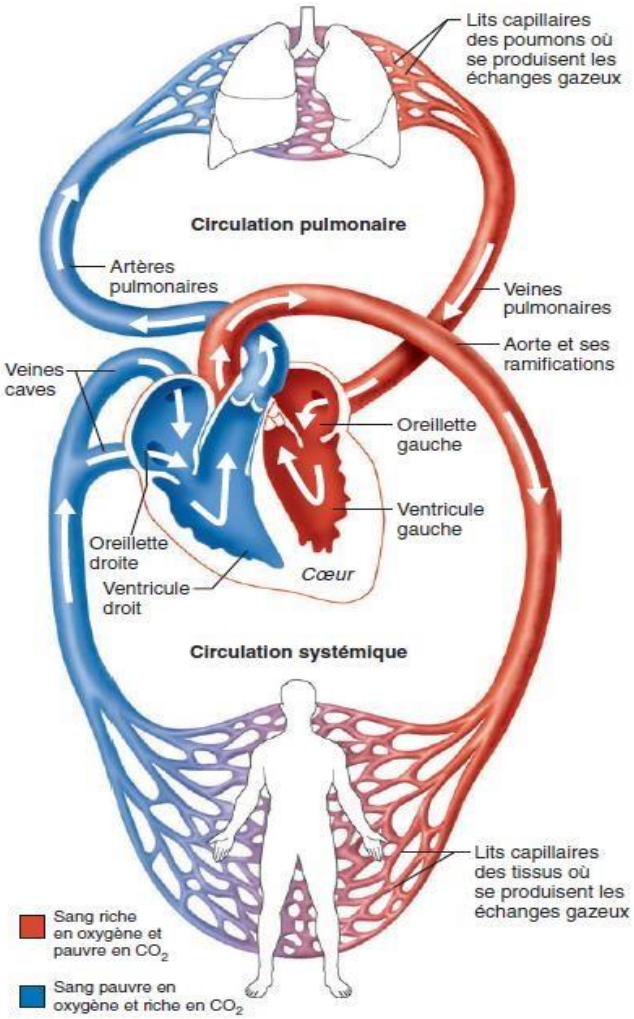


Figure 18.5 Circulation pulmonaire et circulation systémique.
Le côté droit du cœur est la pompe de la circulation pulmonaire* (qui va aux poumons, puis revient au côté gauche du cœur). Le côté gauche est la pompe de la circulation systémique, qui transporte le sang vers les tissus de l'organisme et le rapporte ensuite au cœur, où il entre du côté droit.

* Bien qu'il existe deux artères pulmonaires et quatre veines pulmonaires, le schéma ne montre qu'une artère et une veine pour plus de simplicité.

3-3- الدورة التاجية (circulation coronarienne):

وهي دورة صغيرة تغذي عضلات القلب بالدم المؤكسد حيث يندفع الدم من البطين الأيسر عبر الأبهر الذي تتفرع منه الشرايين التاجية الأيمن والأيسر التي تغذي أنسجة عضلات القلب ثم يعود الدم من أنسجة القلب عن طريق الوريد أو الجيب التاجي (sinus coronaire) إلى الأذين الأيمن للقلب

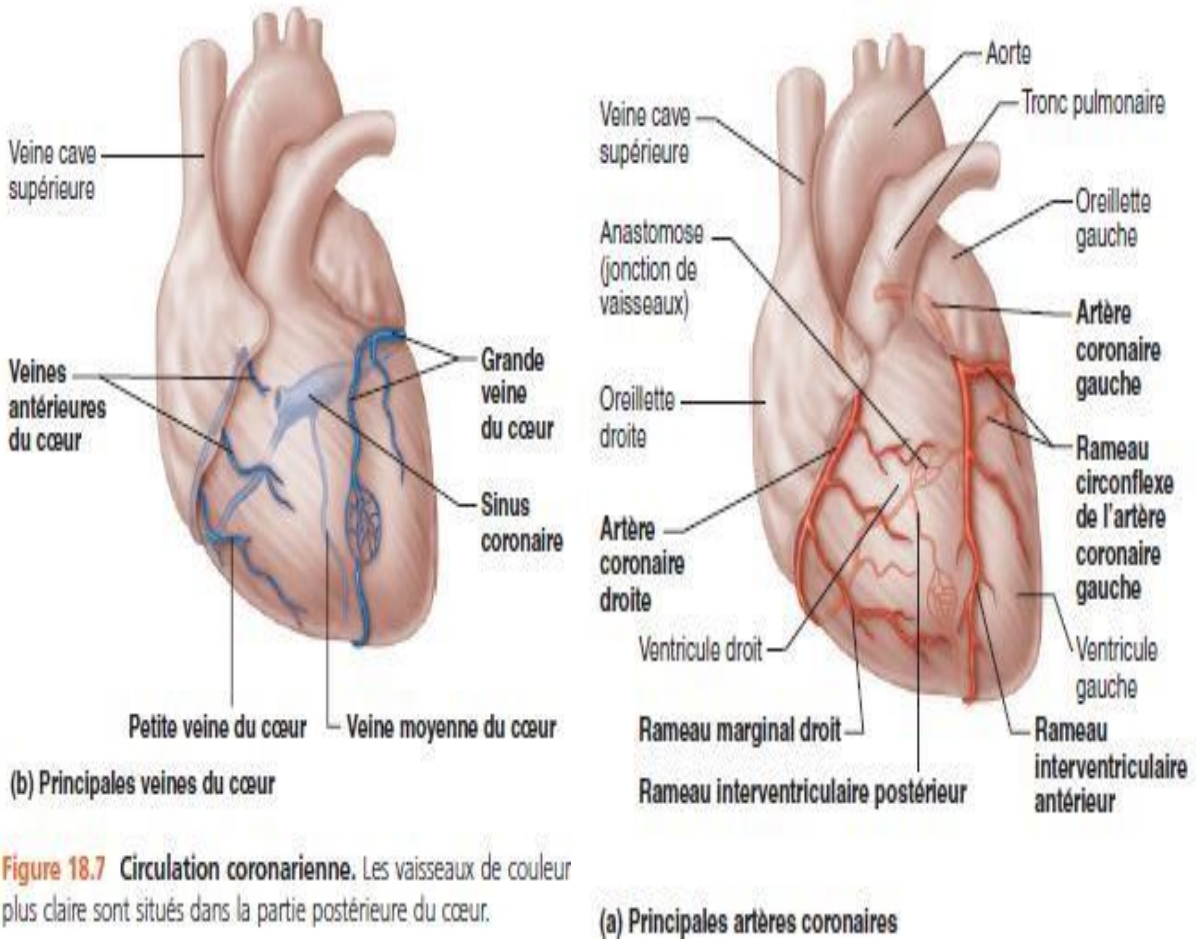


Figure 18.7 **Circulation coronarienne.** Les vaisseaux de couleur plus claire sont situés dans la partie postérieure du cœur.

4- صمامات القلب:

توجد بالقلب الصمامات الأذينية البطينية (Valves auriculoventriculaire) الصمام بين كل من الأذين والبطين الأيمن له ثلاث شرفات (valve Tricuspide)، أما بين الأذين الأيسر والبطين الايسر فله شرفتان أو صفيحتان (Bicuspide) وتصل بين أطراف الشرفات أوتار حبلية .

تعمل هذه الصمامات لتوجيه سريان الدم بين حجرات القلب ومنع عودة الدم من البطين إلى الأذين .

كما توجد صمامات بين القلب والأوعية الدموية المتصلة به كالصمامات شبه الهلالية الواقعة في بداية الأبهر (Aorte) يقع بين البطين الأيسر والأبهر، وصمام الشريان الرئوي يقع بينه وبين البطين الأيمن والتي تمنع رجوع الدم عكس اتجاهه.

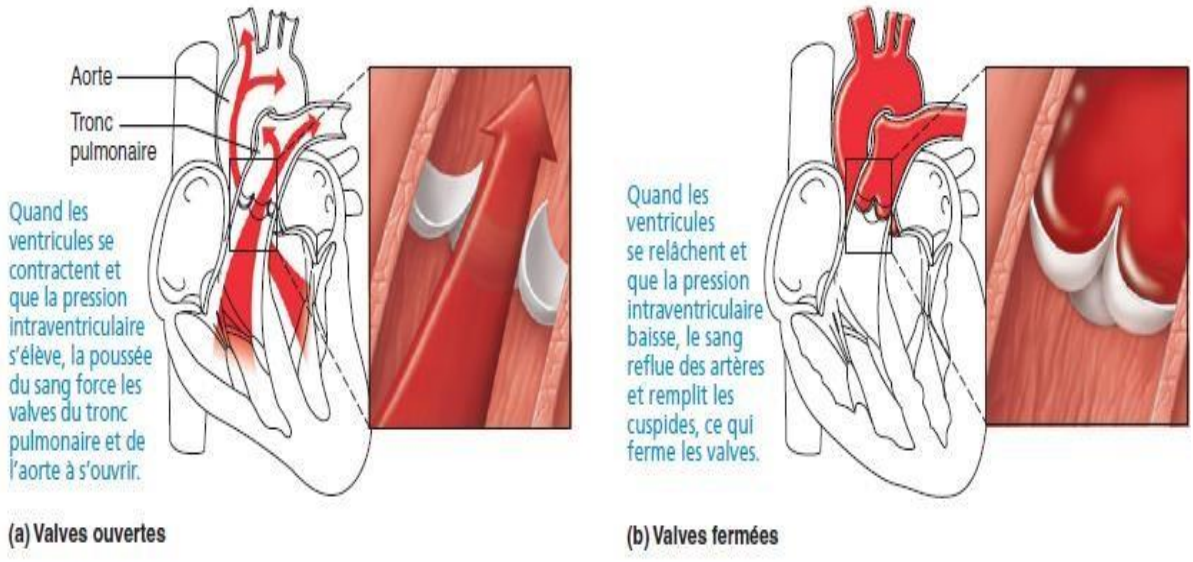


Figure 18.10 Valves du tronc pulmonaire et de l'aorte.

6- الدورة الدموية داخل القلب:

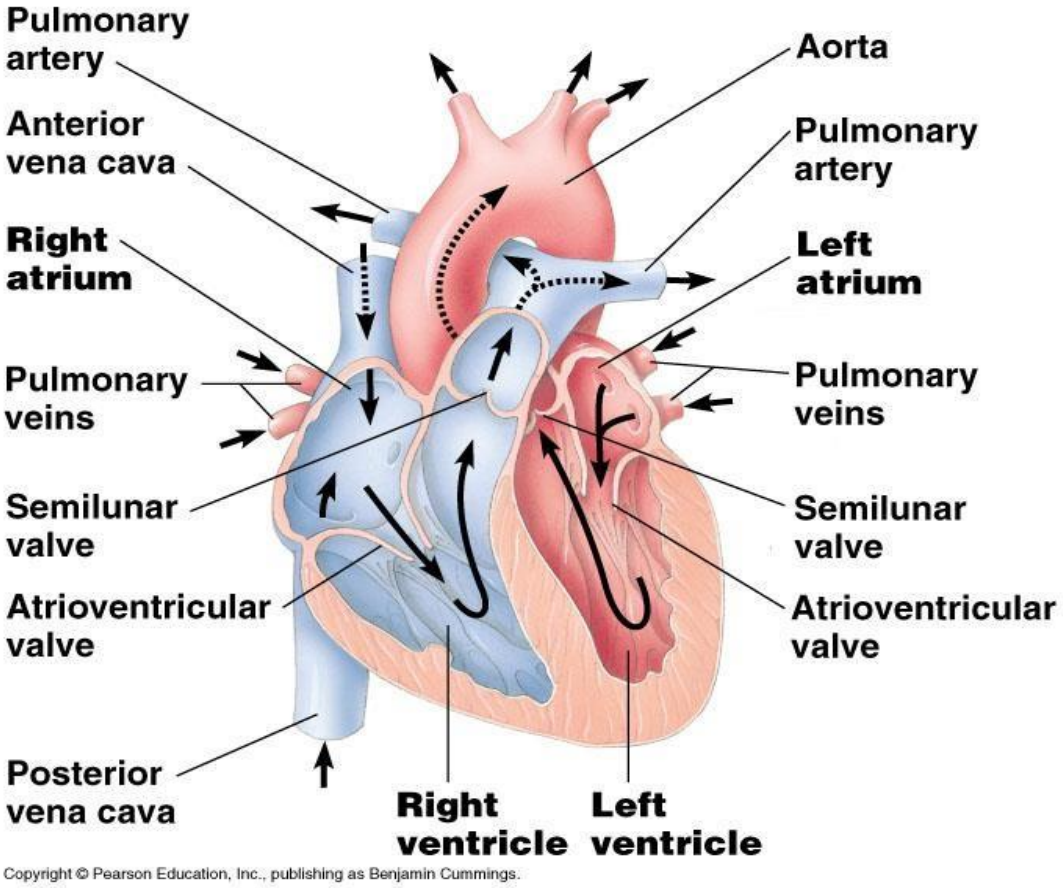
يستلم الأذين الأيمن الدم من جميع أجزاء الجسم ما عدى الرئة عن طريق ثلاثة أوردة جوفاء رئيسية هي : الوريد الأجوف العلوي (veine cave superieure) والذي يجلب الدم من الأجزاء العليا أو الأمامية للجسم والوريد الأجوف السفلي (veine cave inferieure) والذي يجلب الدم من أجزاء الجسم الخلفية ثم الجيب التاجي (sinus coronaire) الذي يجلب الدم من الأوعية التي تغذي عضلات القلب.

عندما يمتلئ الأذين الأيمن بالدم يندفع إلى البطين الأيمن (أسفل منه) والذي ينقبض ليدفع بالدم إلى الرئتين عن طريق الجذع الرئوي (tronc pulmonaire) والذي يتفرع بدوره إلى فرعين هما الشريان الرئوي الأيمن والأيسر (Artères pulmonaire droite et gauche).

** ثم يرجع الدم من الرئتين عن طريق أربعة أوردة رئوية تصب في الأذين الأيسر من القلب والذي عند امتلائه ينقبض ليدفع الدم إلى البطين الأيسر أسفل منه.

وعندما يمتلئ البطين الأيسر بالدم فإنه يدفع بالدم إلى الجسم عن طريق الأبهر الرئيسي .

ينقسم الأبهر الرئيسي إلى الشرايين التاجية (arteres coronaires) والقوس الأبهري (الأبهر الصدري والأبهر البطني) ليمد أعضاء الجسم بما فيها القلب بالدم ما عدى الرئتين.



6-1- زمن الدورة القلبية:

إن معدل ضربات القلب (frequence cardiaque) في الإنسان حوالي 75نبضة /دقيقة

هذا يعنى ان كل نبضه تستغرق (60 ثانية ÷ 75 ضربة = 8.0 ثانية).

خلال العشر الأول من الثانية (1.0) ينقبض الأذينان وينبسط البطينان، حيث تنفتح الصمامات الأذينية البطينية وتنغلق الصمامات شبه الهلالية.

ثم خلال 3.0 ثانية التالية ينبسط الأذينان وينقبض البطينان، فتنفتح الصمامات شبه الهلالية .

خلال الزمن المتبقي من دورة القلب(4.0 ثانية) التي تعرف بفترة الارتخاء جميع حجرات القلب في دور الانبساط.

ومن ذلك فإن الأذينان ينقبضان لمدة 1.0 ثانية وينبسطان 7.0 ثانية .

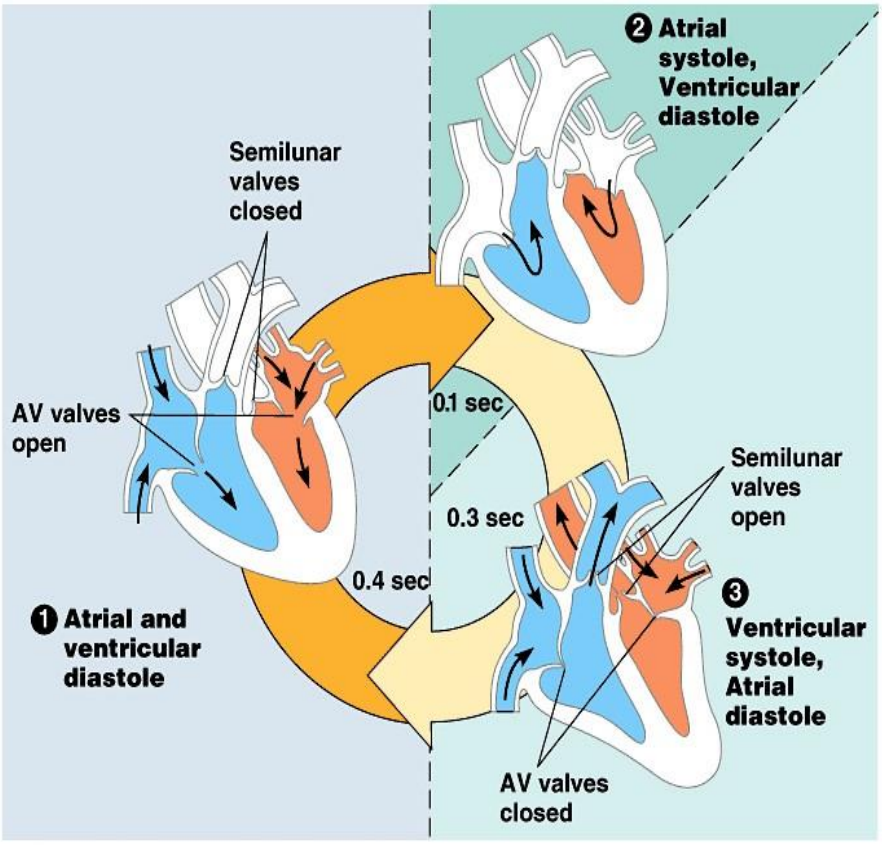
أما البطينان فينقبضان 3.0 ثانية وينبسطان 5.0 ثانية لكل ضربة قلب.

وصوت نبضات القلب (toc.tac) يصدر نتيجة لانغلاق الصمامات بين الأذينين والبطينان الصوت الانقباضي **(sons systolique).**

أما الصوت الثاني فهو الصوت الانبساطي للصمامات شبه هلالية (**Diastolique**).

ثم فترة فاصلة بين الإثنين فترة توقف (**Pause**).

و يمكن معرفة التلف في الصمامات القلبية من هذه الأصوات خلال السماعة الطبية.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

2-6- مصدر نبض القلب:

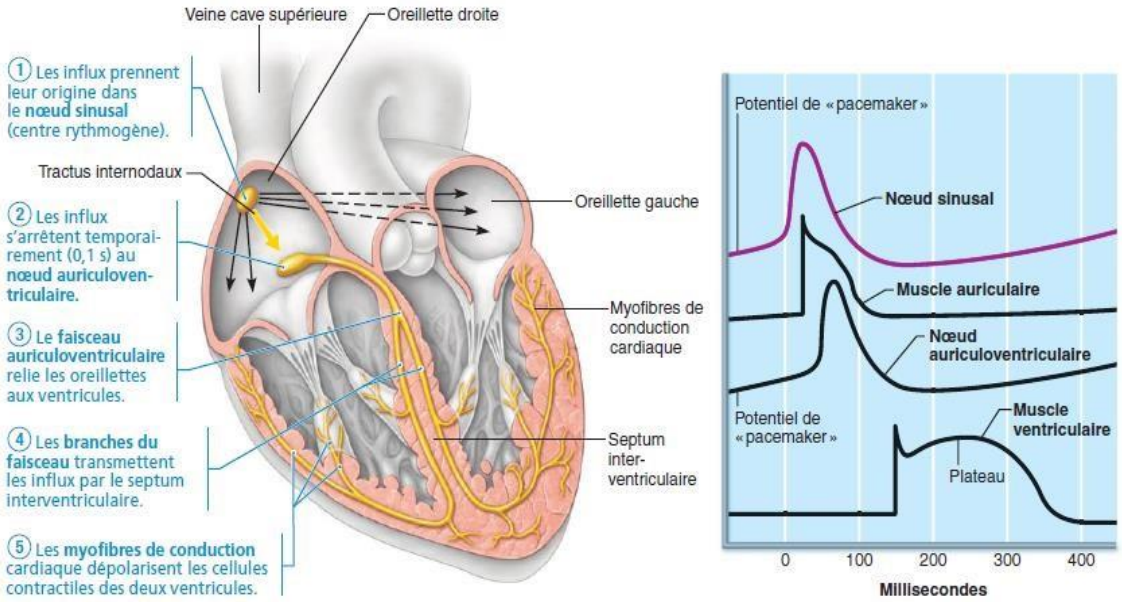
تمتاز قلوب الفقاريات ومعظم اللافقاريات بالنبض الذاتي وتدعى بالقلوب العضلية لأنها لا تحتاج إلى تحفيز عصبي في انقباضها .

كما أنها تتكون من خلايا عضلية قلبية تختلف عن الخلايا العضلية الهيكلية فهي مخططة بشكل ألياف شبكية وتنقبض ذاتيا.

إن نظام النبض في قلب الإنسان والثدييات يتكون من أنسجة عضلية متخصصة تتولد فيها ثم تنتشر التحفيزات الكهربائية التي تحفز ألياف العضلات القلبية وتجعلها تنقبض وتعرف هذه المنطقة بالعقدة الكيسية او الجيبية الأذينية (nœud sinusal).

توجد في جدار الأذين الأيمن عند منطقة اتصال الوريد الأجوف العلوي الأيمن، والعقدة الأذينية البطينية (nœud auriculo-ventriculaire) والحزمة الأذينية البطينية - حزمة هس (septum inter ventriculaire) ،وتتفرع هذه الحزمة إلى فرعين وكل فرع يتشعب إلى عدد كبير من الألياف التي تمتد في جدار البطينين وتعرف بألياف بركنجي(myofibres de conduction)

** تنشأ موجات الانقباض من عند العقدة الجيبية الأذينية [لذا تعرف بصانع النبضات أو المنظم الخطى (**Pacemaker**)]ثم تنتشر إلى أن تلتقطها العقدة الأذينية البطينيه، والتي توجد داخل جدار الأذين الأيمن بالقرب من الحاجز الذي يفصل بين الأذينين . ثم ينتقل الانقباض إلى حزمة هس (بين البطينين) ثم إلى باقي جدار البطينين عن طريق ألياف برنكجي ، مما يجعل البطينين ينقبضان معا لدفع الدم خارج القلب.



(a) Anatomie du système de conduction intrinsèque montrant le déroulement de l'excitation électrique

(b) Comparaison de la forme du potentiel d'action à différents endroits

Figure 18.14 Système de conduction du cœur et succession des potentiels d'action pendant un battement.

3-6- التنظيم الهرموني العصبي لضربات القلب:

تنبه تفرعات الجهاز الباراسمبثاوي اللإرادي والمغذية للقلب إلى تقليل ضربات القلب لكي تعمل في الحالات الإعتيادية للقلب وتفرز نهايات الألياف العصبية مادة الأسيتيل كولين (Acetylcholine) كناقل عصبي.

في حين أن تفرعات الجهاز العصبي السمبثاوي تزيد من ضربات القلب ويكون ذلك في الحالات غير الاعتيادية كالجري أو الخوف، حيث تفرز نهايات الخلايا العصبية هرمون النورأدرينالين.

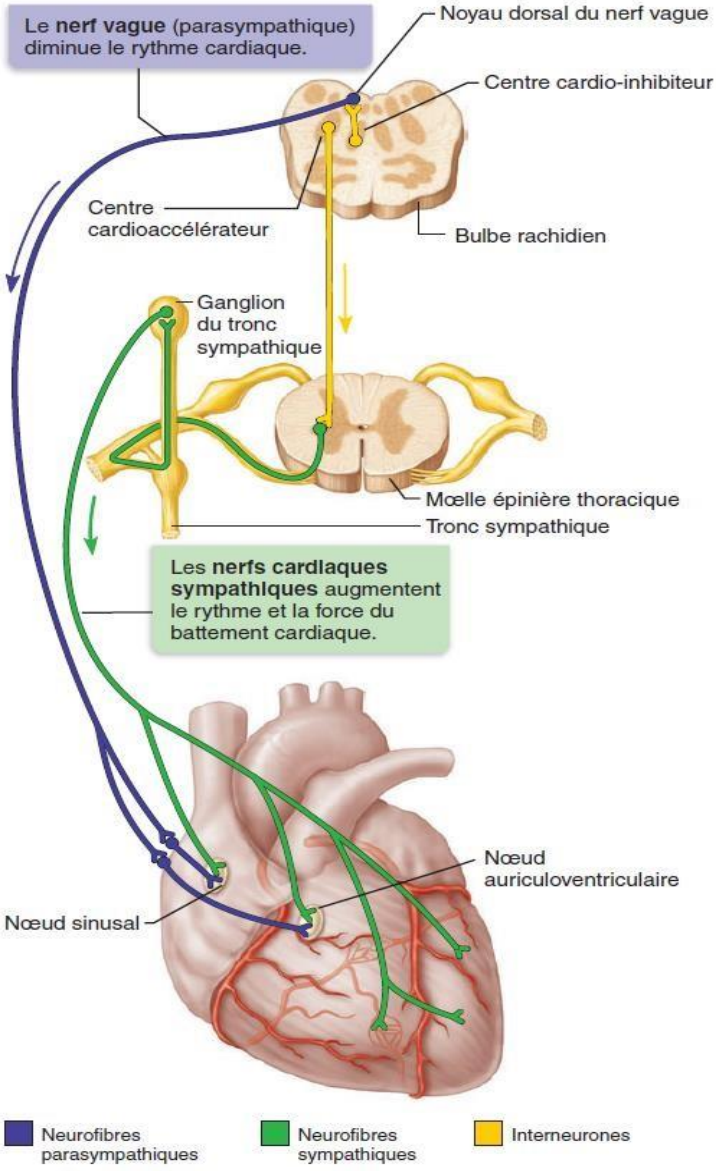


Figure 18.15 **Innervation autonome du cœur.**

© ERPI, tous droits réservés.

6-4- العوامل المؤثرة في نبض القلب:

* **درجة حرارة الجسم** : حيث يتأثر مركز تنظيم درجة حرارة الجسم الموجود في سرير المهاد بالمخ (Hypothalamus الهيبوثلامس) الذي يحس بالتغيرات الطفيفة لدرجة حرارة الدم فيرسل إشارات الى المركز الحركي الوعائي في النخاع المستطيل، ليزيد أو يقلل من دوران الدم.

* **التنفس** : يتأثر المركز الحركي الوعائي بتغير كمية الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم، فارتفاع ثاني أكسيد الكربون يزيد من توتر الشرايين وبالتالي ارتفاع الضغط .

* **الحالة النفسية** : يقل نبض القلب عند الحزن أو الكآبة النفسية ويزداد عند الفرح والخوف والغضب وكذا النشاط الحركي أو الرياضي.

* **الهرمونات** : من الغدة الكظرية أو جاركلوية هرموني الأدرينالين والنورادرينالين

* **العقاقير الطبية** : عقار الأتروبين (Atropine) يزيد نبض القلب.

المسكارين (Muscarine) المادة الفعالة في فطر عش الغراب السام تخفض نبض القلب

النيكوتين : (Nicotine) يسبب في البداية انخفاضا في معدل النبض ثم يتبعه زيادة المعدل.

* **العمر والجنس** : النبض في النساء أسرع من الرجال والطفل أكثر من البالغ(120نبضة/د)

حجم الجسم : ففي الفأر 300-500 نبضة /د في الفيل 28 نبضة /د وفي الأرنب 220 نبضة /د . طائر الكناري 1000 نبضة/د.

7- الأوعية الدموية:

7-1- الوريد : - أقل مرونة - رقيق الجدار - أحمر داكن - يحمل الدم من الأنسجة للقلب

- يحمل دم غير مؤكسد(محمل بـ CO_2) - يكون قريب من سطح الأنسجة

7-2- الشريان :

- مرن - سميك الجدار - احمر باهت - يحمل الدم من القلب إلى الأنسجة

- يحمل دم مؤكسد (محمل بالأكسجين) - يكون غائرا في الأنسجة

7-3-الشعيرات الدموية: capillaires sanguins

وهي ارق من الأوعية الدموية (فقط تمرر كرية دم حمراء) وهي التي تصل بين الشرايين و الأوردة يتم من خلالها تبادل المواد الغذائية والغازات (CO2,O2) بين الدم وخلايا الجسم.

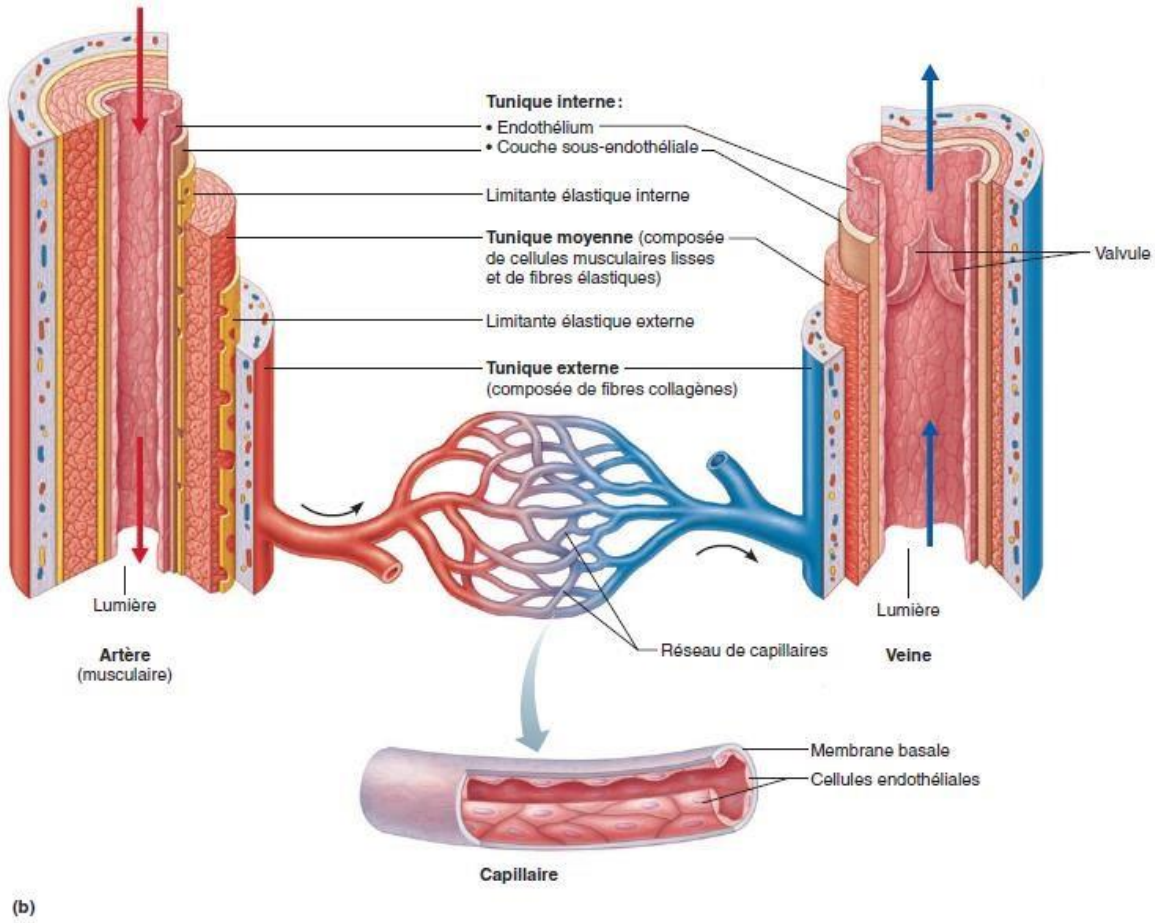


Figure 19.1 **Structure des artères, des veines et des capillaires (modèle général).** **(a)** Photomicrographie au microscope optique d'une coupe transversale d'une artère musculaire et de la veine qui lui correspond (70×). **(b)** Comparaison de la structure des parois des artères, des veines et des capillaires. Notez que la tunique moyenne est épaisse dans les artères et relativement mince dans les veines, tandis que la tunique externe est mince dans les artères et relativement épaisse dans les veines.

8- الليمف:

يتكون الجهاز الليمفاوي من عقد ليمفاوية (noeuds lymphatique) في الفخذين وحول البلعوم وتحت الإبط وهي مجاميع من نسيج شبكي مملوء بخلايا ليمفاوية ثم شبكة من الأوعية الليمفاوية و الغدد الليمفاوية كالغدة التموسية واللوزتين والطحال.

عمل الجهاز الليمفاوي متمم لعمل الجهاز الدوري.

لا يصل الدم مباشرة بخلايا الجسم بل يكون هناك السائل البيني للخلايا وهو سائل الجهاز اللمفاوي ، و يشبه تركيب سائل اللمف بلازما الدم لكن تركيز البروتينات فيه اقل .

مقدار اللمف الدائر بالجسم (250-300 مل /يوميا)

- نصف اللمف الدائر في الجسم يدخل الدورة الدموية عن طريق القناة اللمفاوية الصدرية .

- يقوم اللمف بنقل البروتينات التي لا يمكن أن تجتاز جدر الأوعية الدموية وينقلها للدورة الدموية عن طريق القناة الليمفاوية الصدرية .

- يقوم اللمف بامتصاص ونقل الدهون من مناطق امتصاصها بالأمعاء إلى الدم .

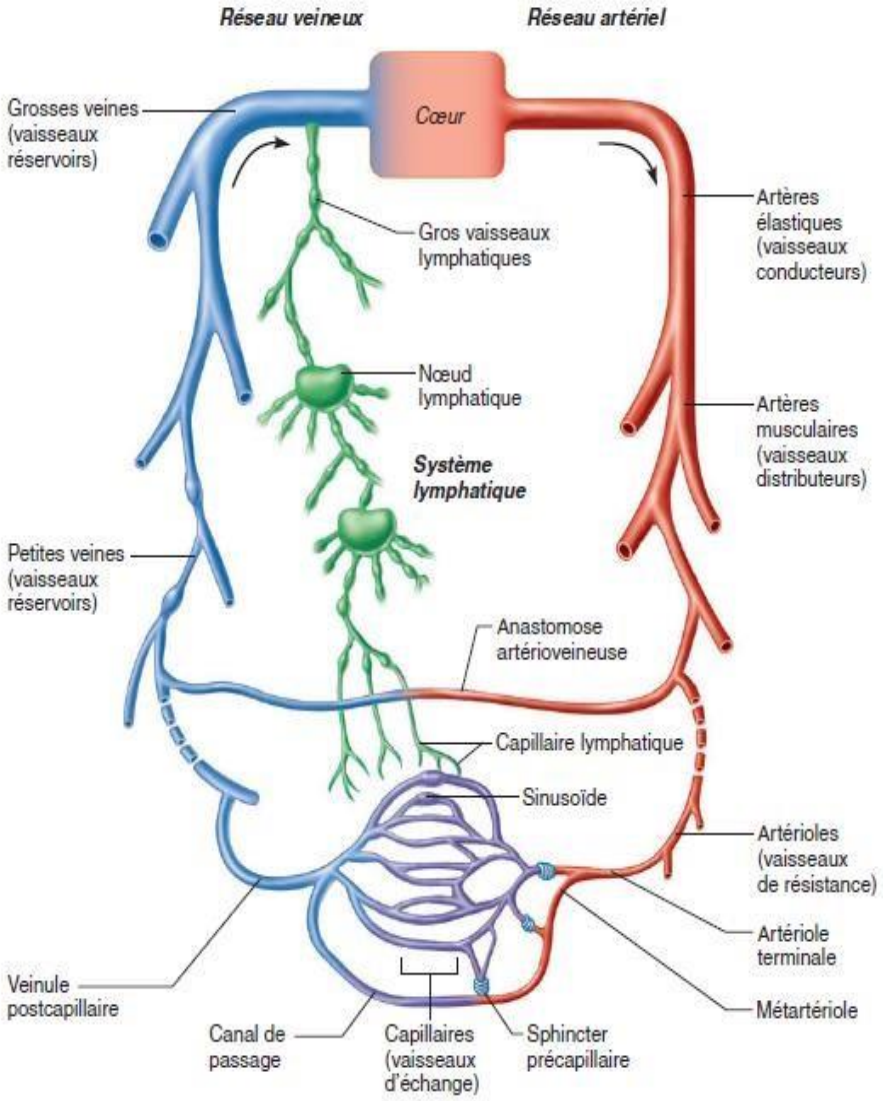


Figure 19.2 **Relation des vaisseaux sanguins entre eux et avec les vaisseaux du système lymphatique.** Les vaisseaux lymphatiques récupèrent l'excédent de liquide tissulaire et le retournent dans le sang.

9- الضغط الدموي:

يقصد بضغط الدم القوة التي يوجهها الدم على جدران الأوعية الدموية نتيجة لانقباض البطين، ويقاس الضغط بالمليمترات من الزئبق.

أما من الناحية الطبية فيقصد به الضغط داخل الشرايين الجهازية فقط .

يقاس الضغط في الإنسان عادة عن طريق الشريان العضدي (Artère brachial) ويتم ذلك بجهاز قياس الضغط الدموي الشرياني بعدد المليميترات من الهواء القادرة على رفع عمود الزئبق في الأنبوب الزجاجي لجهاز الضغط ومعدل الضغط المناسب للإنسان السليم (120/70 الأول) 120 يمثل الضغط الانقباضي (pression systolique) والثاني(70) يمثل الضغط الانبساطي (pression diastolique).

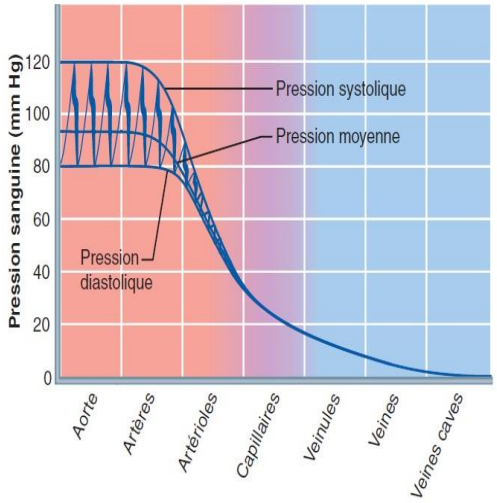
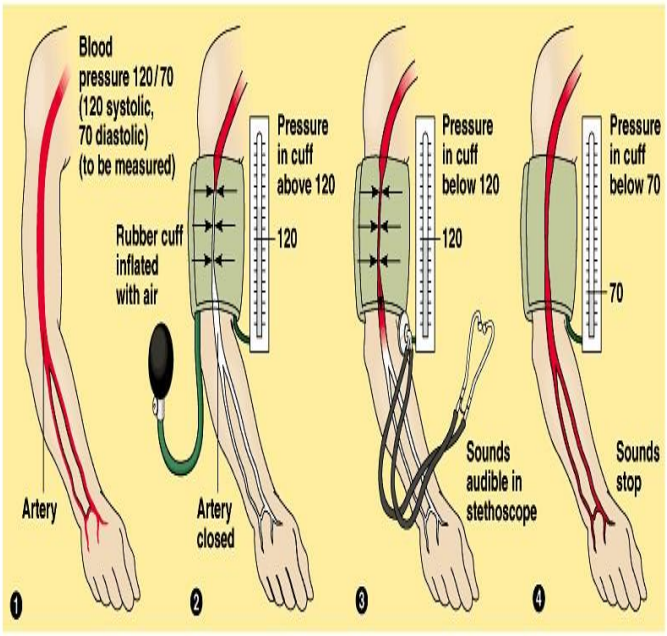


Figure 19.6 Pression sanguine dans divers vaisseaux de la circulation systémique.

© ERPI, tous droits réservés.



Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

10- التدفق القلبي (débit cardiaque – DC):

كمية الدم التي تضخ من البطين الأيسر إلى الشريان الرئيسي في دقيقه واحده)ميلي لتر/ دقيقه.(

معادلة التدفق القلبي:

DC (ml/min) = FC x VS

* **النبض القلبي (fréquence cardiaque –FC):**

عدد انقباضات بطيني القلب وذلك في الدقيقة الواحدة أي عدد دقات القلب في الدقيقة الواحدة .

* **الحجم السيستولي(volume systolique – VS):**

هي عبارة عن حجم الدم الذي يضُخ من البطين الأيسر إلى الشريان الرئيسي (Aorte) في كل انقباضة (ملل / نبضة قلب).

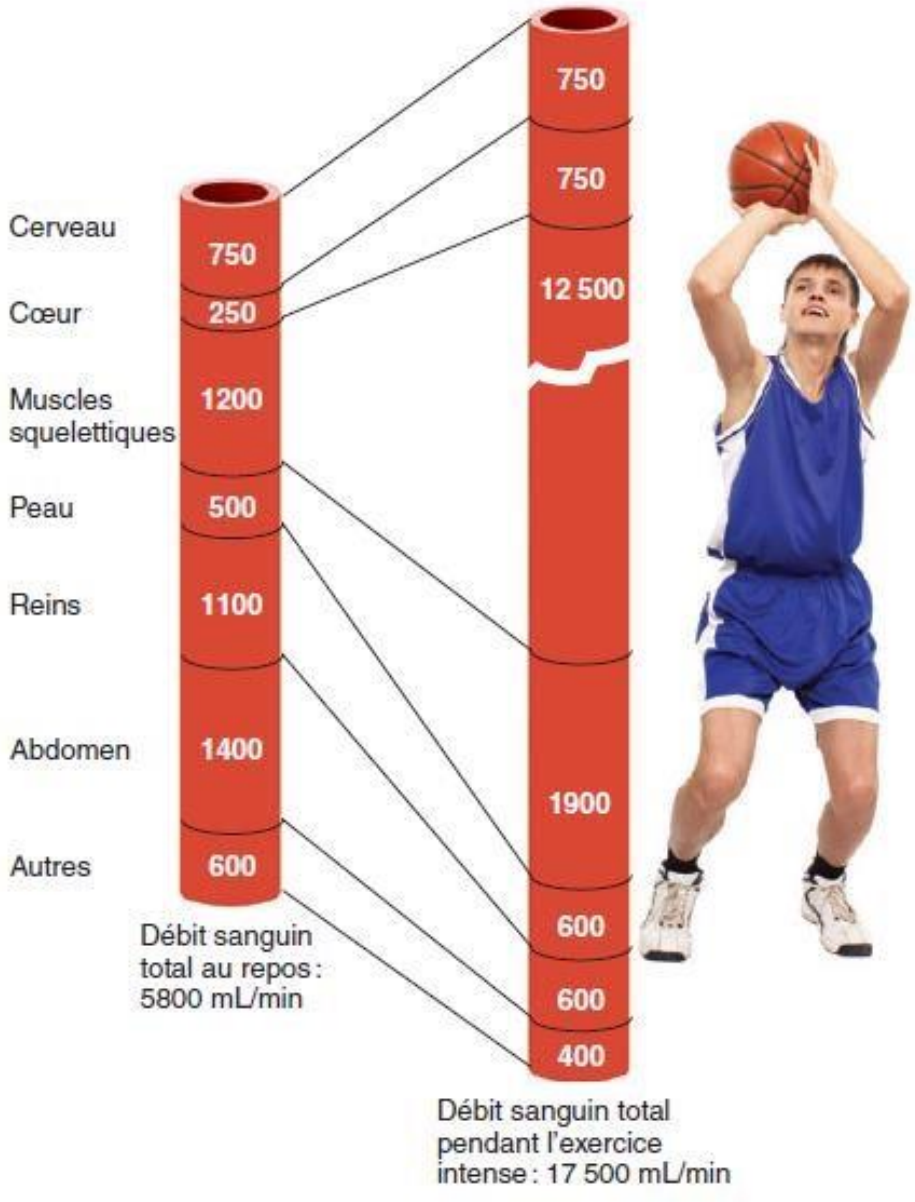


Figure 19.13 Répartition du débit sanguin, au repos et pendant l'exercice intense.

VI. فيزيولوجيا الجهاز العصبي

الجهاز العصبي عبارة عن مجموعة من الأنسجة التي تقوم بدور مهم في تنظيم العمليات الفسيولوجية في معظم أعضاء وأنسجة الكائن الحي

حيث يقوم باستقبال المعلومات من الأجزاء الحسية بالجسم ثم توصيلها إلى الجهاز العصبي المركزي والذي يوجهها إلى الفعل المناسب، إما على شكل انقباضات عضلية أو انعكاسية أو سلوكية أو إدراكية أو عمليات تعليمية.

يعد الجهاز العصبي من أكفأ الأجهزة في سرعة التنظيم إذ يمكنه استقبال الإشارات العصبية الناتجة عن المؤثرات البيئية الداخلية والخارجية والرد على تلك الإشارات في اقل من ثانية حيث تصل سرعة انتقال السيالات العصبية في الخلية العصبية 100 متر/ ثانية.

1- وظيفة الجهاز العصبي: يضمن الجهاز العصبي 3 وظائف متكاملة:

- **المعلومة الحسية information sensorielle:** بواسطة ملايين المستقبلات الحسية، حيث يستقبل الجهاز العصبي المعلومة عن التغير الداخلي والخارجي الحاصل في الجسم.

- **الاندماج intégration:** حيث يدرس الجهاز العصبي المعلومة الحسية ويحدد الاستجابة المناسبة إ ن أمك ن ذلك.

- **الاستجابة الحركية Repense motrice:** حيث يعطي الجهاز العصبي إجاب ة حركية تنشط العضلات والغدد.

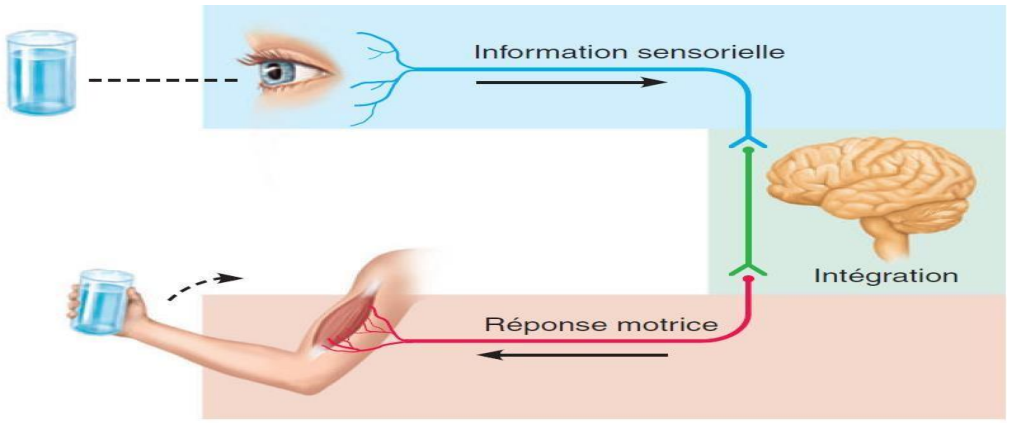


Figure 11.1 Fonctions du système nerveux.

2- خلايا النسيج العصبي :

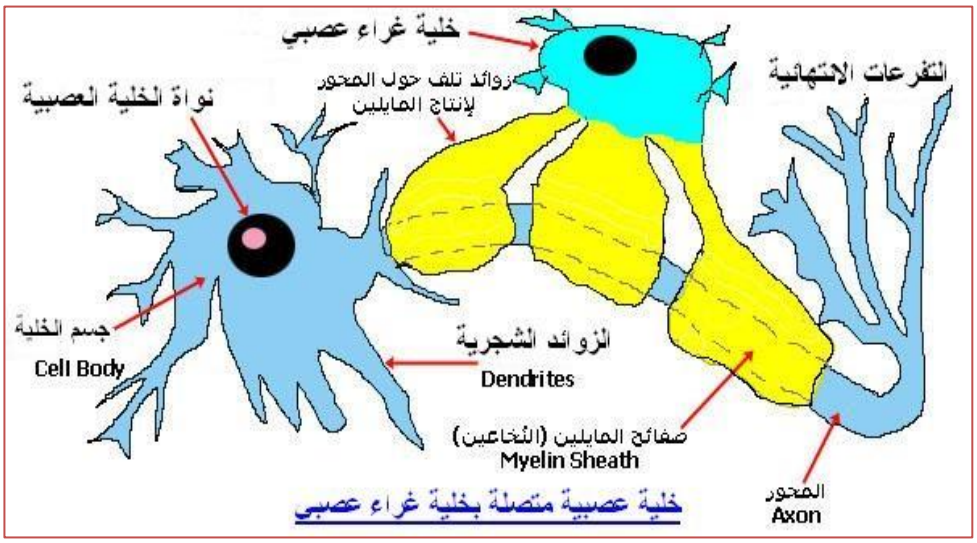
الجهاز العصبي في الإنسان يتكون من نوعين أساسيين من الخلايا هما:

- خلايا الغراء العصبي cellules microglies
- الخلايا العصبية Neurones

2-1- خلايا الغراء العصبي: هي خلايا مُساندة للخلايا العصبية و لا تشُارك في نقل الإشارات العصبية (الكهربائية)، و يبلغ عددها تقريباً عشرة أضعاف عدد الخلايا العصبية، و لكن بما أن حجمها يساوي عُشر حجم الخلية العصبية فهما يشغلان نفس الحيز (الكتلة) في الجهاز العصبي.

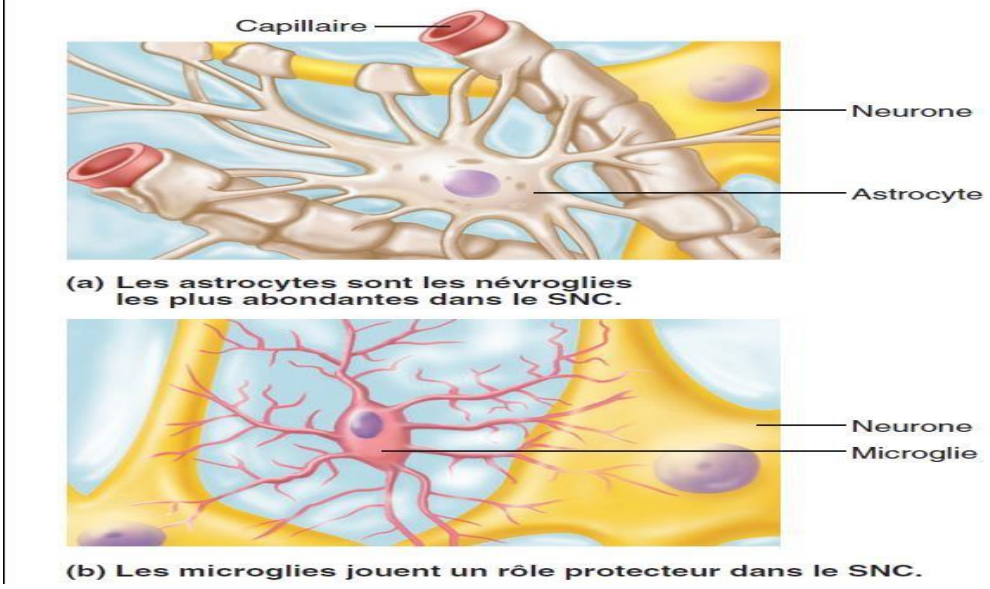
تسمية خلايا الغراء العصبي مُشتقة من الكلمة اللاتينية "غليا " (Glia) و التي تعني الغراء و ذلك لأن عملها الأساسي هو الربط بين الخلايا العصبية (كالإسمنت في البناء).

يتلخص عمل خلايا الغراء العصبي بالآتي: تعمل كُدُعامة و سند للخلايا العصبية، تعمل كعازل للشحنات الكهربائيةبين الخـلايا العصبية و بين المشابك، أيضا تقوم بنقل الغذاء للخـلايا العصبية وتعمـل كمزيل للخـــلايا التالفـــة والميتة و تفرز مواد مُحفزة لنمو الخلايا العصبية .



2-2- خلايا شوانcellule de Schwann:

أحد أنواع خلايا الغراء العصبي و المسئولة عن تكوين الطبـقة العازلــة)صفائح مايلــين(. و تتكون هذه الخلايا بشكل أساسي من الشحوم (Lipides) و التي تعُطيها صفتها العازلة للشحنات الكهربائية. خلايا شوان تحُيط بنفسها إحاطة تامة حول الخلية العصبية.



3. الخلية العصبية le Neurone:

تع د الخلية العصبية هي الوحدة الوظيفية للجهاز العصبي وهي لا تنقسم، و تتركب من ثلاث أجزاء:

أ- **جسم الخلية العصبية (corps celellaire):** يحتو ي النواة و الستيوبلازم يحتوى على حبيبات نسل لها دور فيصنع البروتينات المنظمة لنشاط الخلية العصبية، بالإضافة إلى المكونات الخلوية الأخرى: الشبكة الأندوبلازميةوأجسام جولجي و الميتوكندريا.

ب- **الزوائد الشجيرية (Dendrites) :** إمتد دات متفرعة من جسم الخلية العصبية، تعمل على نقل الإيعازات العصبية من النسيج باتجاه جسم الخلية العصبية.

ج- **محور الخلية العصبية (Axone)** : زائدة طويلة تمتد من جسم الخلية، تتفرع إلى عدة تفرعات في نهايته الأخرى في الأعضاء، وينقل السيالات العصبية من جسم الخلية العصبية إلى الأعضاء أو خلايا أخرى. و غالبا يغلف المحور بأغلفة عازلة من مادة المايلين تفرزها خلايا شوان التي تتواجد حول المحور وتعمل على سرعة نقل السيالات العصبية وحماية المحور، بين عقد رينفر (nœuds de Ranvier).

ويطلق أحيانا على المحور ا سم الليفة العصبية ومجموع الألياف العصبية تشكل العصب .

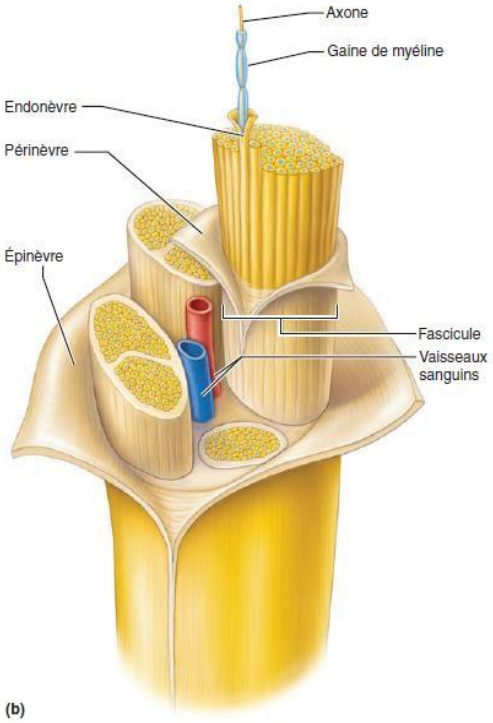


Figure 13.3 **Structure d'un nerf. (a)** Photomicrographie électronique d'un nerf en coupe transversale (1150×). **(b)** Vue en trois dimensions d'une partie de nerf montrant les enveloppes de tissu conjonctif.
SOURCE: R. G. Kessel et R. H. Kardon

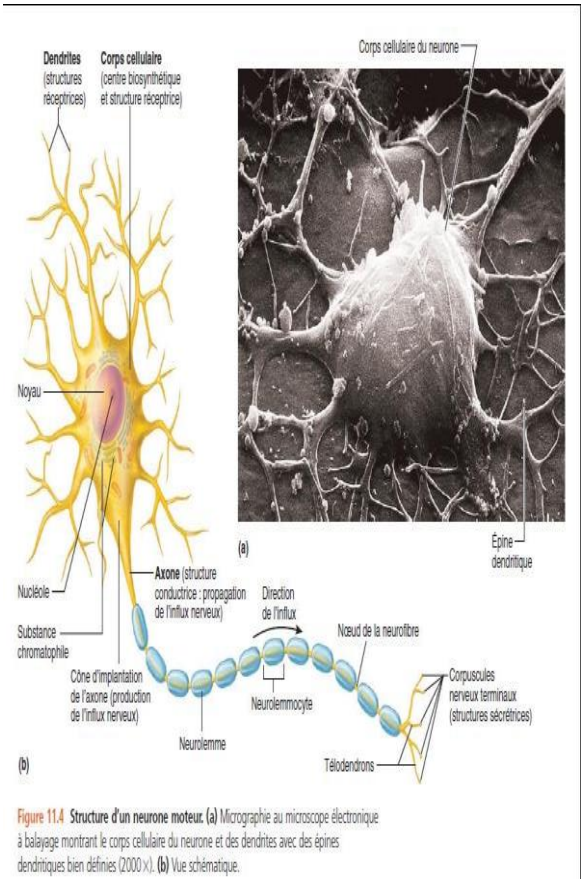


Figure 11.4 **Structure d'un neurone moteur. (a)** Micrographie au microscope électronique à balayage montrant le corps cellulaire du neurone et des dendrites avec des épines dendritiques bien définies (2000×). **(b)** Vue schématique.

1-3- أشكال الخلايا العصبية:

تقسم الخلايا العصبية حسب تفرعات محاورها وزوائده الشجيرية إلى:

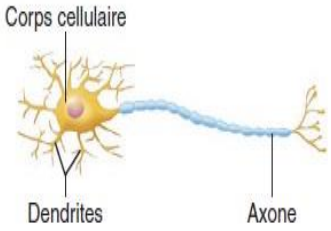
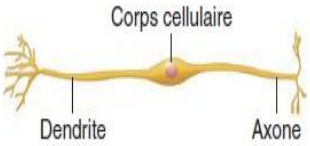
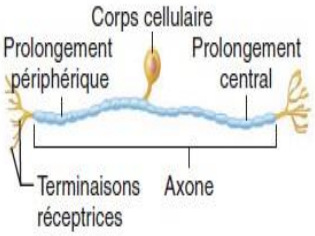
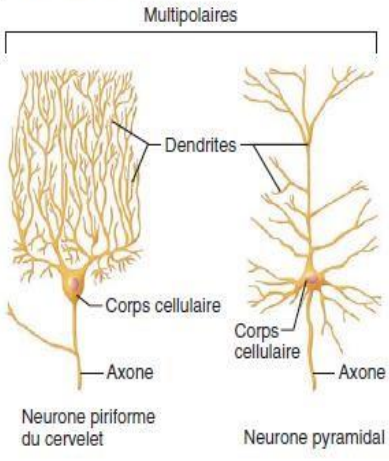
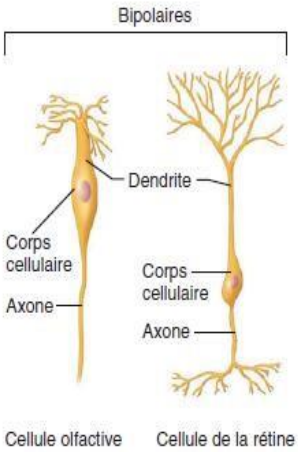
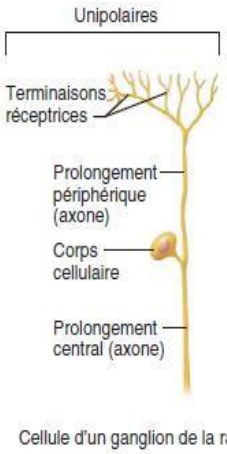
أ- **الخلايا العصبية ذات القطب الواحد (Unipolaires)** : تحتوى على زائدة واحدة قصيرة وتنقسم إل ى زائدتين طوليتين . توجد في العقد العصبية الظهرية للألياف العصبية الفقرية.

ب- **الخلايا العصبية ذات القطبين (Bipolaires):** وهي خلايا لها محور واحد فقط وزائدة شجيري ة واح د ة توجد في قرنية العين والألياف السمعية و الشمية.

ج- الخلايا العصبية متعددة الأقطاب (multipolaires): وهي الخلايا التي تحتوى على محور واحد فقط طويل والعديد من الزوائد الشجيرية القصيرة، ومثالها الخلايا العصبية الحركية التي تغذي العضلات.

TABLEAU 11.1 Comparaison des classes structurales de neurones

TYPES DE NEURONES

MULTIPOLAIRES	BIPOLAIRES	UNIPOLAIRES (PSEUDO-UNIPOLAIRES)
Classe structurale: selon le nombre de prolongements émergeant du corps cellulaire		
De nombreux prolongements émergent du corps cellulaire: un grand nombre de dendrites et un seul axone.	Deux prolongements émergent du corps cellulaire: une seule dendrite et un axone.	Un prolongement émerge du corps cellulaire et forme un prolongement central et un prolongement périphérique qui, à eux deux, constituent l'axone.
		
Abondance relative et situation dans le corps humain		
Les plus abondants. Principal type de neurones dans le SNC.	Rares. Se rencontrent dans certains organes des sens (muqueuse olfactive, rétine).	Se trouvent surtout dans le SNP. Répandus seulement dans les ganglions de la racine dorsale de la moelle épinière et dans les ganglions sensitifs des nerfs crâniens.
Variations structurales		
		

2-3- أنواع الخلايا العصبية :

تقسم الخلايا العصبية حسب الوظيفة التي تؤديها في الجهاز العصبي إلى ثلاث أنواع:

أ- **خلايا عصبية حسية (neurone sensitive) :** وهي التي تنقل الإيعازا ت العصبية من أعضاء الحس المختلفة كالجلد والعين والأنف والإذن وغيره، وتمتاز بطول شجيراتها والتي توجد في الأعضاء وقصر محورها الذي يوجد قريب من أو داخل الجهاز العصبي المركزي .

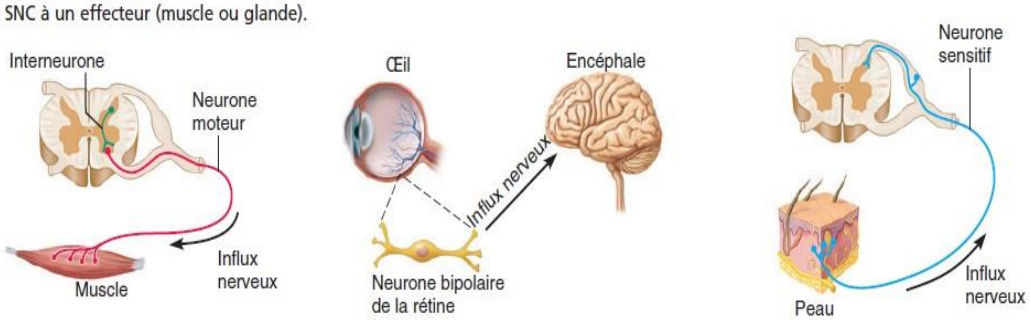
ب- **الخلايا العصبية الموصلية (interneurone)** : تمتاز بقصر زوائدها الشجيرية ومحورها وتكون داخل أو قرب الجهاز العصبي المركزي)الحبل الشوكي (وتعمل على توصيل الإيعازات العصبية بين الخلايا العصبية الحسية والخلايا العصبية الحركية.

ج-**الخلايا العصبية الحركية (neurone moteur)** : وتمتاز بطول محورها وقصر زوائدها الشجيرية وتعمل على نقل السيالات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى العضلات أو الأعضاء.

TABLEAU 11.1 *(suite)*

TYPES DE NEURONES

MULTIPOLAIRES	BIPOLAIRES	UNIPOLAIRES (PSEUDO-UNIPOLAIRES)
Classe fonctionnelle: selon la direction de la propagation de l'influx nerveux		
1. La plupart des neurones multipolaires sont des interneurones (neurones d'association) qui conduisent les influx à l'intérieur du SNC; un interneurone multipolaire peut appartenir à une chaîne de neurones du SNC ou relier un neurone sensitif et un neurone moteur. 2. Certains neurones multipolaires sont des neurones moteurs qui conduisent les influx le long des voies efférentes, du SNC à un effecteur (muscle ou glande).	Presque tous les neurones bipolaires sont des neurones sensitifs situés dans certains organes des sens. Par exemple, les neurones bipolaires de la rétine interviennent dans la transmission des informations visuelles de l'œil à l'encéphale (par une chaîne intermédiaire de neurones).	La plupart des neurones unipolaires sont des neurones sensitifs qui conduisent les influx le long de voies afférentes jusqu'au SNC, où ils seront interprétés. (Ces neurones sensitifs sont des neurones sensitifs de premier ordre; nous traiterons cette notion d'ordre des neurones au chapitre 12.)



© ERPI, tous droits réservés.

4- القوس أو الإنعكاسة العصبية (arc réflexe) :

يخرج من الدماغ والحبل الشوكي أزاو ج من الأعصاب تقوم بربط الجهاز العصبي المركزي بالجهاز العصبي الطرفي حيث توجد أجسا م الخلايا العصبية في أ و قريبة من المخ أو الحبل الشوكي بمناطق تعرف بالعقد العصبية بينما تمتد المحاور الى الأعضاء المختلفة .

ووحدة الارتباط بين هذه الخلايا تعرف بالقوس أو الانعكاس العصبي .

هناك نوعان من الأقواس الانعكاسية:

أ- القوس الانعكاس ي الجسمي (Arc réflexe somatique)
ب- القوس الانعكاس ي الذاتي (Arc réflexe Autonome)

تتألف منطقة القوس الانعكاسي من:

*- **العضو المستقبل (Recepteur):** وهو عبارة عن نسيج للأعضاء الحسية (كالجلد أو ...)

*- **خلية عصبية حسية أو ورادة (neurone sensitif):** وهي التي تنقل التنبيه العصبي من عضو الحس إلى الحبل الشوكي ثم إلى المخ.

*- **الخلية العصبية الموصلة او الرابطة (interneurone):** وتقع داخل الحبل الشوكي أو المخ وتنقل السيالات العصبية من الخلايا العصبية الحسية أو الواردة إلى الخلايا العصبية المحركة أو الصادرة.

*- **الخلايا العصبية الحركية أو الصادرة (neurone moteur) :** وتنقل التوجيهات العصبية من الجهاز العصبي المركزي الى العضلات وتخرج من الجذر الظهري للحبل الشوكي.

*- **العضو المنفذ (Effecteur):** الذي يستجيب من خلاله الكائن الحي للمحفز الذي اثاره كضرب الحشرة التي لسعته مثلا أو الابتعاد عن الخطر وغيره.

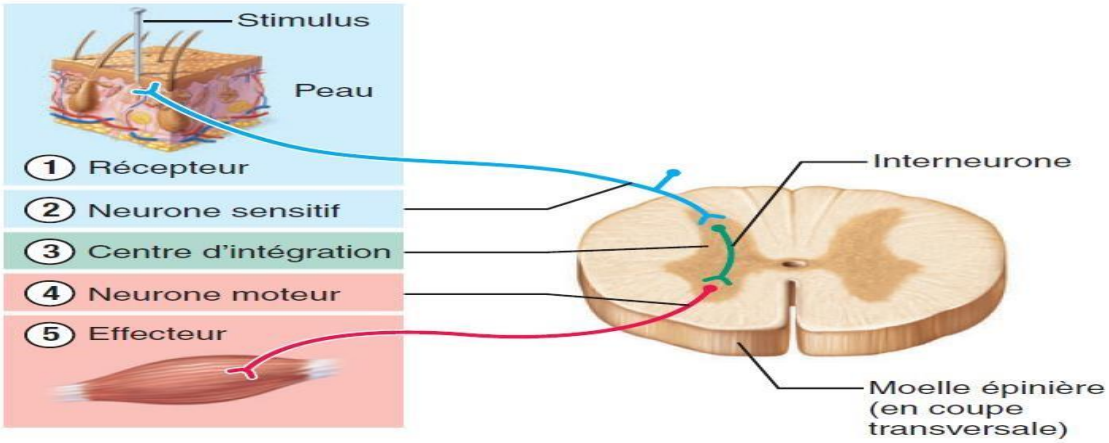


Figure 13.14 Les cinq éléments fondamentaux de tous les arcs réflexes. L'arc réflexe représenté est polysynaptique.

5- انتقال السيالات العصبية في الخلايا العصبية:

5-1- وضع الراحة للخلية العصبية (potentiel de repos):

أثنا ء وضع الراحة (potensiel de repos PR) وعند عدم إثارة الخلية العصبية فإن الخلية العصبية تحتفظ بفرق للجهد الكهروكيميائي (-70 ملي فولت) على جانبي غشاء الخلية العصبية يعرف هذا الفرق بجهد الراحة وتكون الخلية في هذه الحالة مستقطبة.

يتراوح مقدار الفرق في الجهد الكهربائي بين 20-100 ملي فولت (السطح الداخلي للغشاء سالب بالنسبة للسطح الخارجي).

يتكون الجهد الكهربائي (جهد الراحة) لعدة عوامل:

* الاختلاف في درجة نفاذية غشاء الخلية، فهو شديد النفاذية لأيونا ت البوتاسيوم (K^+) وقليل النفاذية لأيونات الصوديوم (Na+)

* الفرق بين تر كيز ايونات البوتاسيوم داخل الخلية أعلى من خارجها بـ28 ضعف، بينما ايونات الصوديوم تركيز ها خارجها أعلى من داخلها بـ (14) ضعفا.

* وجود ايونات سالبة عضوية ذات حجم كبير لا تستطيع عبور غشاء الخلية كالبروتينات المتأينة (Proteines anioniques)
والفوسفات العضو ي(phosphate organique)

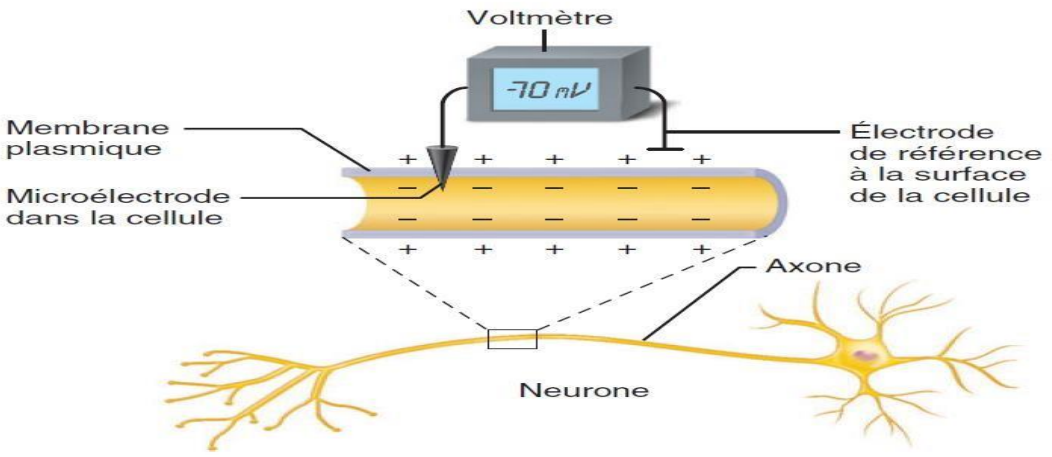


Figure 11.7 Mesure du potentiel de membrane dans les neurones. La différence de potentiel entre une électrode insérée dans un neurone et l'électrode de référence (mise à la terre) qui se trouve dans le liquide interstitiel est d'environ −70 mV (face interne négative).

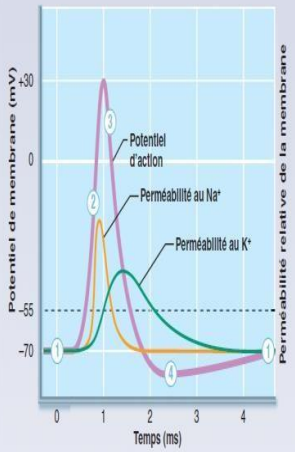
2-5- بدء تنبيه أو وضع الإيثار ة للخلية العصبية:

** هذا التغير في نفاذية الغشاء قصير الأمد جدا لا يتجاوز في أي منطقة من الغشاء 1000/1 من الثانية بعد ازالة الاستقطاب يعود الغشاء لوضع الاستقطاب عن طريق ضخ ايونات الصوديوم إلى خارج الخلية (عن طريق النقل النشط) وخروج كميه ضئيلة من ايونات البوتاسيوم الذي يكسبه شحنة موجبة خارجة وشحنة سالبة داخل سيتوبلازم الخلية العصبية ، عنده تعود الخلية لوضع الاستقطا ب (Repolarisation).

** جميع هذه التغيرات الكهروكيميائية على جانبي غشاء الخلية العصبية تعرف بجهد الاستقطاب (potensiel d'action).

***** ولا يحدث جهد الفعل إلا إذا كان الحافز من القوة يستطيع أن يزيل ثلث جهد الراحة أي يخفضه من -70 إلى - 40 ملي فولت ، وقوة هذا الحافز يعرف بالعتبة .**

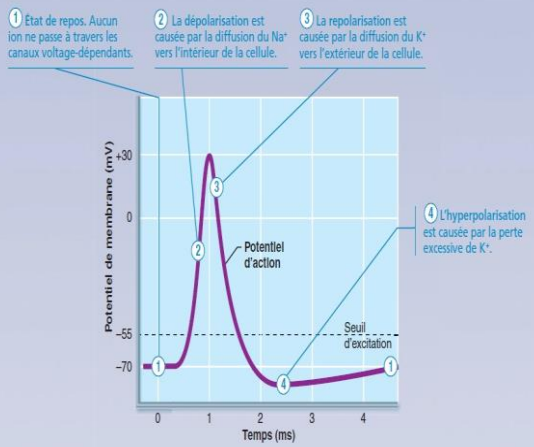
Le potentiel d'action est causé par les changements dans la perméabilité de la membrane plasmique. La perméabilité relative de la membrane indique le nombre relatif de canaux ioniques qui sont ouverts pour chaque ion. Il faut se rappeler que les canaux ioniques ouverts rendent la membrane plasmique perméable à ces ions.



© ERPI, tous droits réservés.

Vue d'ensemble

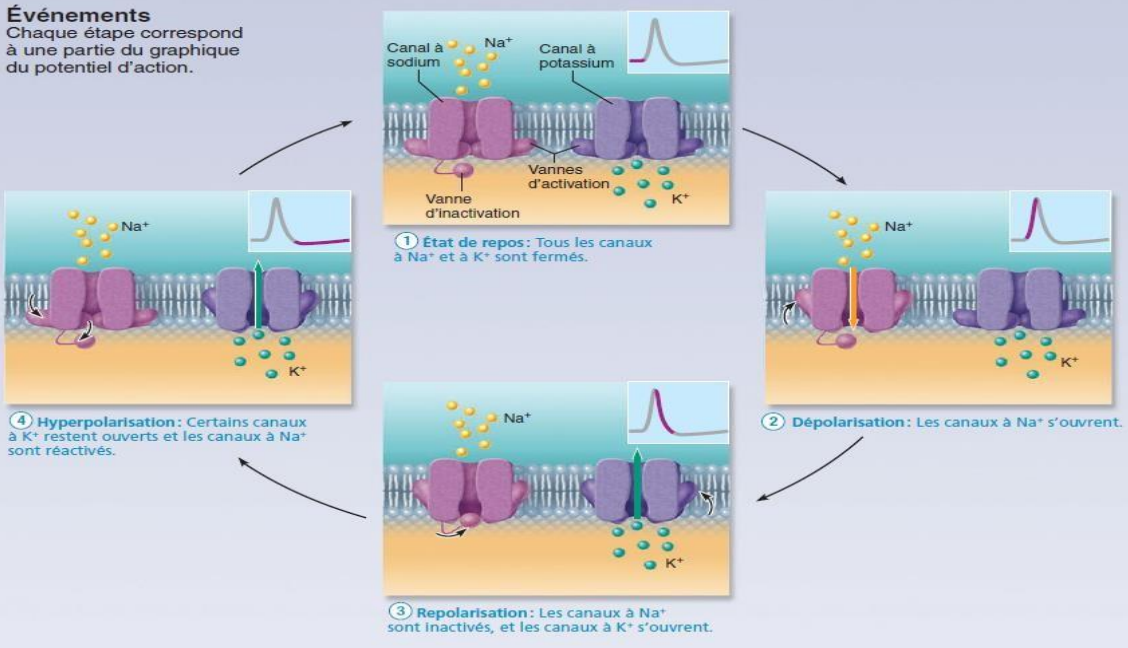
Ce graphique montre comment le voltage varie dans le temps en un point donné à l'intérieur d'un axone pendant la production d'un potentiel d'action.



Le potentiel d'action est causé par les changements dans la perméabilité de la membrane plasmique. La perméabilité relative de la membrane indique le nombre relatif de canaux ioniques qui sont ouverts pour chaque ion. Il faut se rappeler que les canaux ioniques ouverts rendent la membrane plasmique perméable à ces ions.

Événements

Chaque étape correspond à une partie du graphique du potentiel d'action.



3-5- انتقال السيالات العصبية من خلية عصبية إلى أخرى عبر مناطق التشابك العصبي (Synapses):

أ- التشابك الكهربائي synapses électriques :

هي اتصالات مفتوح ة بين الأغشية البلازمية لعصبوني ن مترابطين وعلى مستوى هذه الاتصالات توجد قنوات بروتينية مكونة من وحدات اتصال بين سيتوبلازم العصبونين من خلال مرور الشوارد من خلالها مباشرة وبالتالي تغيير حالة الغشاء و إحدا ث الاستقطاب فيه.

يكون الاتصال من خلال هذه المشابك سريعا جدا وفي اتجاه واحد أو اتجاهين.

تلعب هذه المشابك دورا هاما في ايقاظ SNC بعد النوم ، كذلك في الانتباه الذهني والإدراك الواعي .

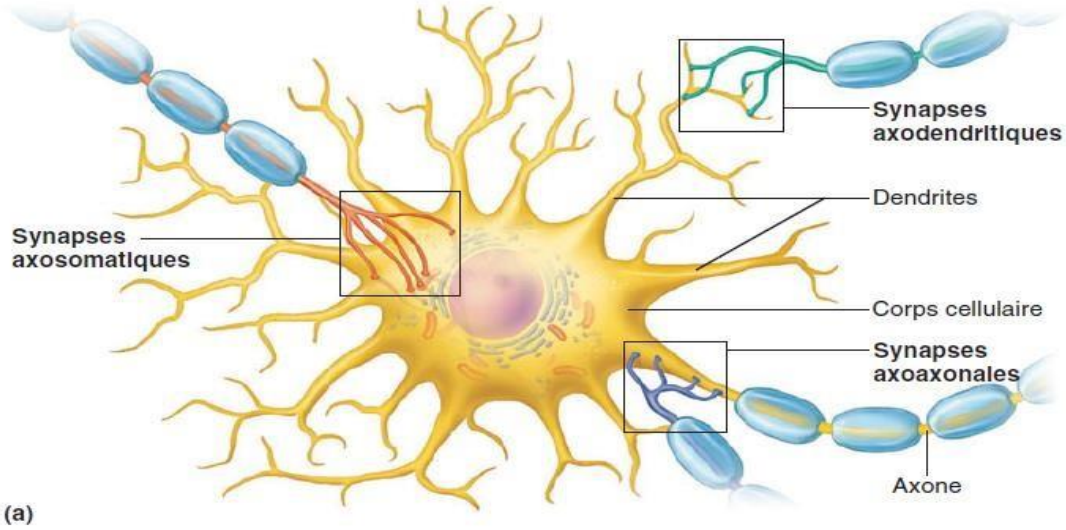


Figure 11.16 **Synapses. (a)** Synapses axodendritiques, axosomatiques et axoaxonales. **(b)** Micrographie au microscope électronique à balayage de fibres présynaptiques dans des synapses axosomatiques (5300×).

ب – التشابك الكيميائي synapses chimiques:

تحتوى النهايات الطرفية للخلية العصبية المحفزة (neurone Presynaptique) على حويصلات تعرف بحويصلات مناطق التشابك العصبي (vesicules synaptiques) والتي تحتوى كل منها على ألاف الجزيئات من النواقل العصبية ، ومن أمثلتها الأسيتيل كولين (Actylcholine - Ach) .

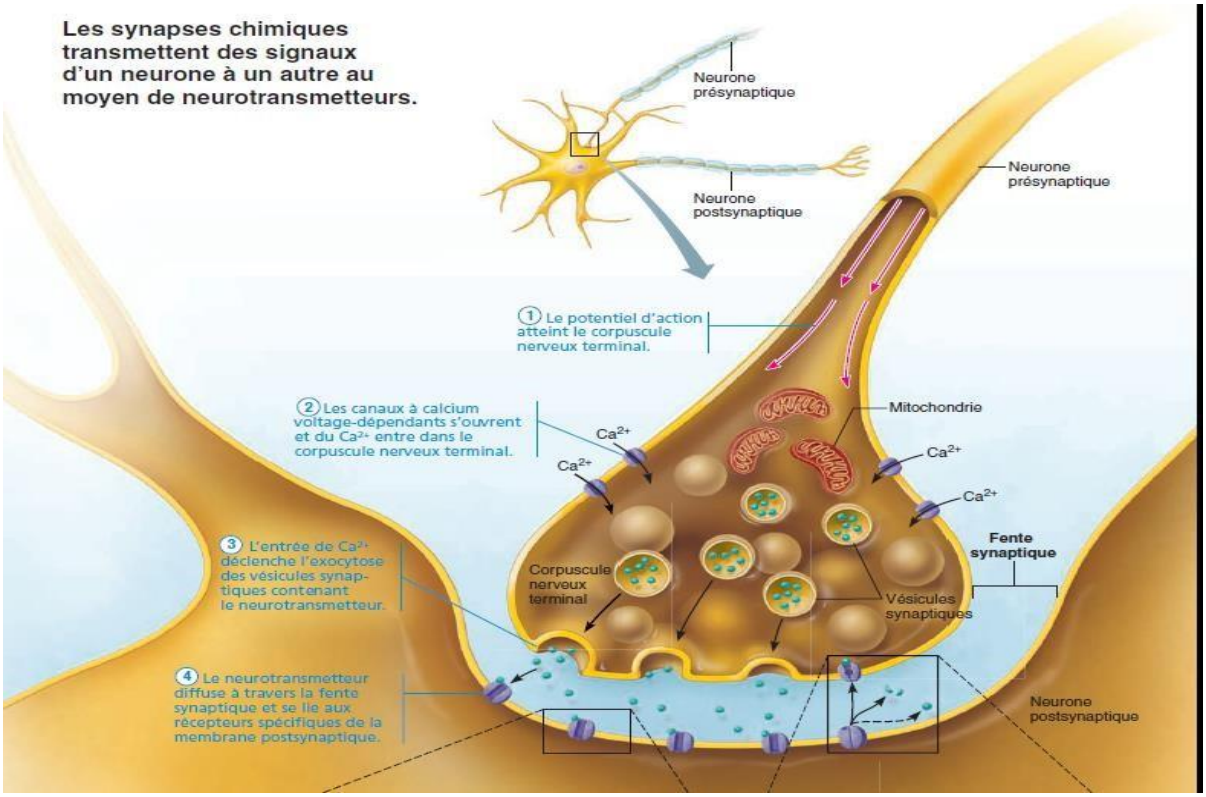
يتم تصنيع المواد الناقلة للسيالات العصبية في جسم الخلية العصبية ثم تخزن في حويصلات في النهايات الطرفية للخلية العصبية.

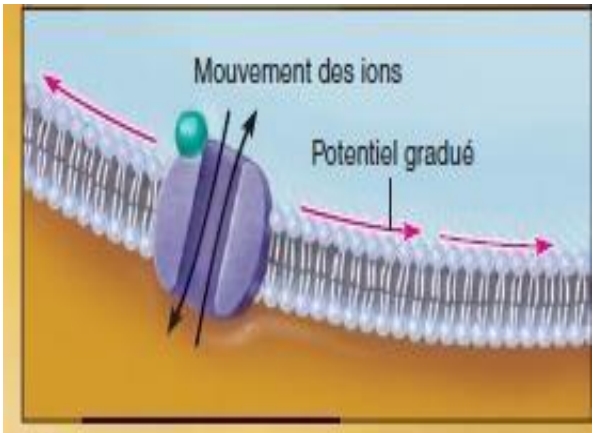
عند تحفيز الخلية العصبية وانتقال السيالات العصبية إلى نهاية محورها ثم إلى منطقة التشابك العصبي تتدفق ايونات الكلسيوم (Ca^{++}) إلى داخل الخلية مما يؤدي إلى اندماج الحويصلات بغشاء الخلية ثم انطلاق المواد الناقلة للسيالات العصبية (Ach) في فراغ منطقة التشابك العصب ي (fente synaptique) حيث ترتبط بمستقبلات لها على غشاء الخلية العصبية الأخرى (Recepteur Ach) مما يؤدى إلى تنبيه الخلية الاخرى وانتقال التنبيه العصبي عليها.

أما مادة الاستيل كولين فإنه يحصل لها تكسير وإعادة استهلاك بواسطة إنزيم الأسيتيل كولين استيراز (Acetylcholinestrase AchE) تفرزه الصفيحة العصبية ويحوله إلى خلات او اسيتا ت وكوليين حتى لا يستمر التحفيز للخلية العصبية وبالتالي يحدث التشنج العصبي و منه الشد العضلي.

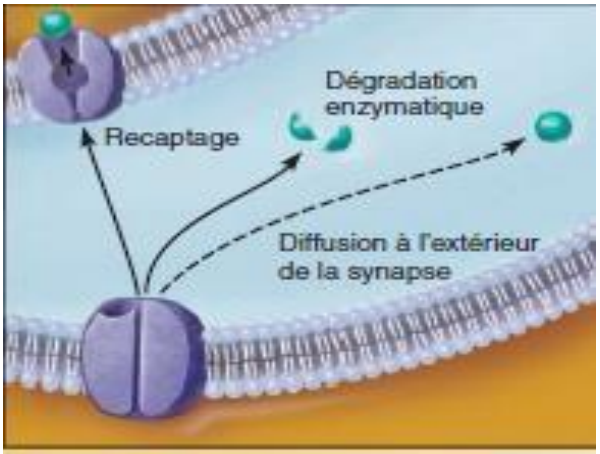
كما أن هذه المواد الناقلة للسيالا ت العصبية من خلية لأخرى قد تكون مثيرة أو منبه مثل (Ach) أو مثبطة (acide Gamaaminobitrique GABA) للخلية العصبية الأخرى

Les synapses chimiques transmettent des signaux d'un neurone à un autre au moyen de neurotransmetteurs.



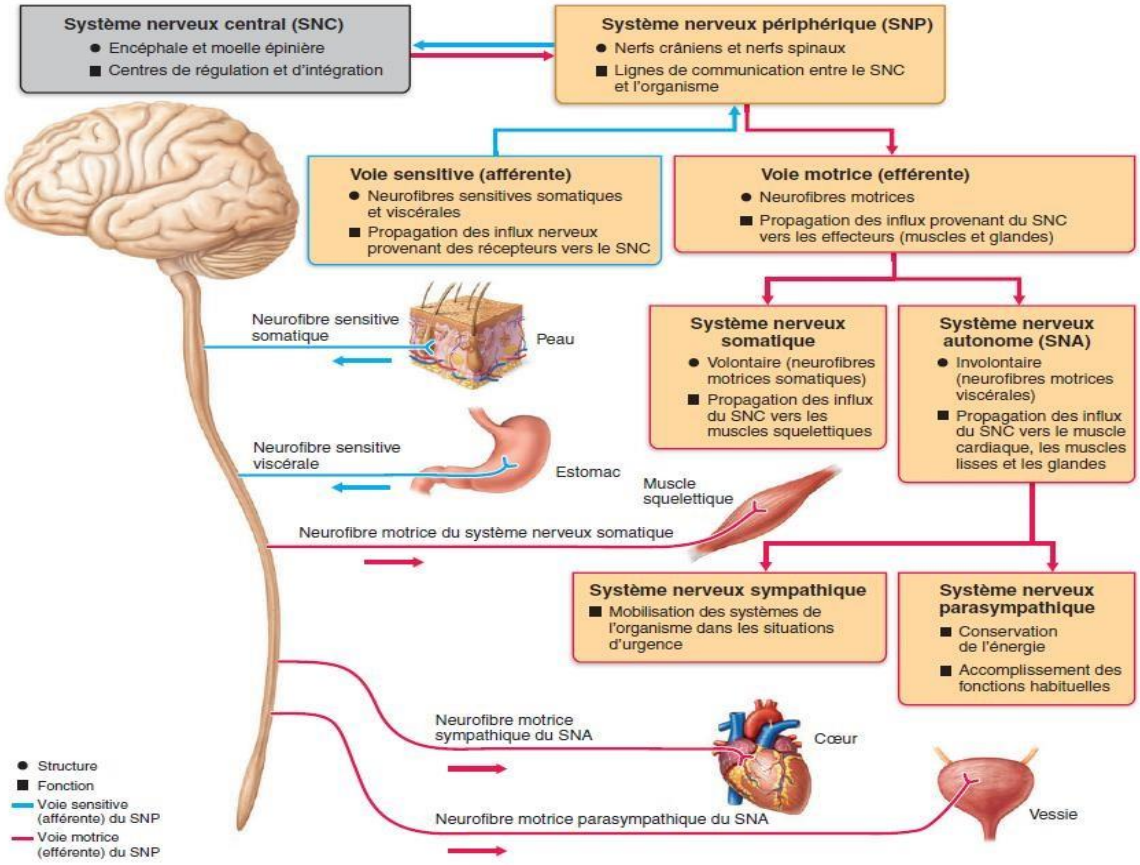


5 La liaison du neurotransmetteur provoque l'ouverture des canaux ioniques, ce qui produit des potentiels gradués.



6 L'effet du neurotransmetteur prend fin par son recaptage par les protéines de transport, sa dégradation enzymatique ou sa diffusion à l'extérieur de la synapse.

6- أقسام الجهاز العصبي :



يقسم الجهاز العصبي الى قسمين رئيسين هما:

6-1- الجهاز العصبي المركزي (systéme nerveux central CNS): ويشمل المخ (Cerveau) والحبل الشوكي (cordons de moelle epinière) يحيط بهم غلاف ذو ثلاثة أغشية سحائية (Mininges) وهي من ال داخل إلى الخارج كالاتي :

أ- **الأم الحنون (Pie mere):** غشاء رقيق غني بالأوعية الدموية يلاصق أنسجة المخ مباشرة

ب-**الأم العنكبوتية (Arachnoide):** وهي عبارة عن غشاء مصلي (هلامي) شفاف يوجد به السائل النخاعي أوالشوكي (liquide cerebrospinal) في الحيز بين الغشائين السابقين تشبه تركيب بلازما الدم، يقي المخ والحبل الشوكي من الاحتكاك بعظام الجمجمة أو فقرات العمود الفقاري.

ج- **الأم الجافية (Dure mere) :** وهي عبارة عن غشاء ليفي متصل بجدار الجمجمة وقناة العمود الفقاري.

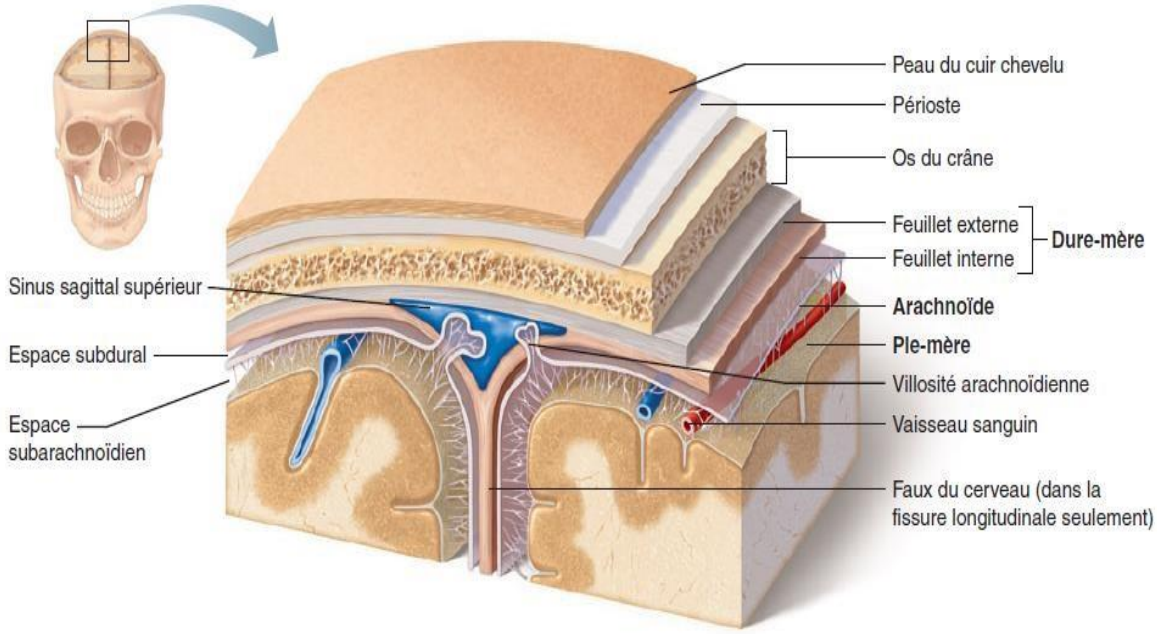


Figure 12.24 **Méninges: dure-mère, arachnoïde et pie-mère.** Le feuillet interne de la dure-mère forme la faux du cerveau. Un sinus de la dure-mère, le sinus sagittal supérieur, s'ouvre entre les deux feuillets de la dure-mère. On voit aussi les villosités arachnoïdiennes qui renvoient le liquide cérébrospinal dans le sinus de la dure-mère (coupe frontale).

6-1-1- المخ (Cerveau) :

يشغل المخ حيز الجمجمة ويبلغ وزنه في الإنسان البالغ 1350 غ تقريبا.

يقسم المخ تشريحيا إلى أربع أجزاء رئيسية:

أ- **المخ الأمامي (Forebrain)** :وهو أعلى واكبر أجزاء المخ، وهو المسئول عن كل الحاجات الإدراكية أو الإرادية ويشتمل على نصفي الكرتين المخيتين ويقسم إلى منطقتين:

- **منطقة القشرة** لونها رمادي (المادة الرمادية) لوجود أجسا م الخلايا العصبية فيها ويتميز سطحها بوجود تجاعيد أ وثنيات.

- **منطقة تحت القشر ة** : تمتد فيها محاور الخلايا العصبية ولذلك تأخذ اللون الأبيض (المادة البيضاء).

كما يمكن تقسيم نصفي الكرتين الى قسمين جانب أيمن وجانب أيسر يفصلهما شق طولي ، ويتصل النصفين في مركزهما بواسطة حزمة عريضة من الألياف العصبية تسمى الجسم الجاسي (corpus

callasum). وكل جزء يتكون من أربع مناطق تأخذ نفس اسم عظام الجمجمة الجزء الجبهي(frontal) والصدغي (Temporal) والجداري(Parital) ثم القذالي (occipital) ترتبط بنشاط الإدراك والوعي والنشاط الذهني والذاكرة والفهم ويوجد بها مراكز أعضاء الحس كالشم والسمع وتناسق الحركة.

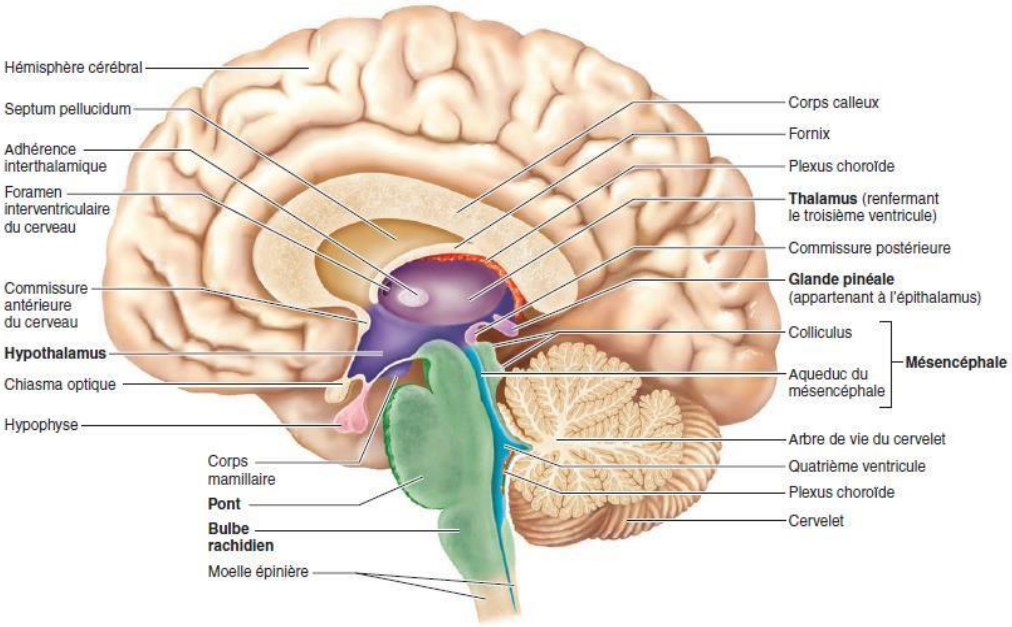


Figure 12.12 **Coupe sagittale médiane de l'encéphale montrant le diencéphale (en violet) et le tronc cérébral (en vert).**

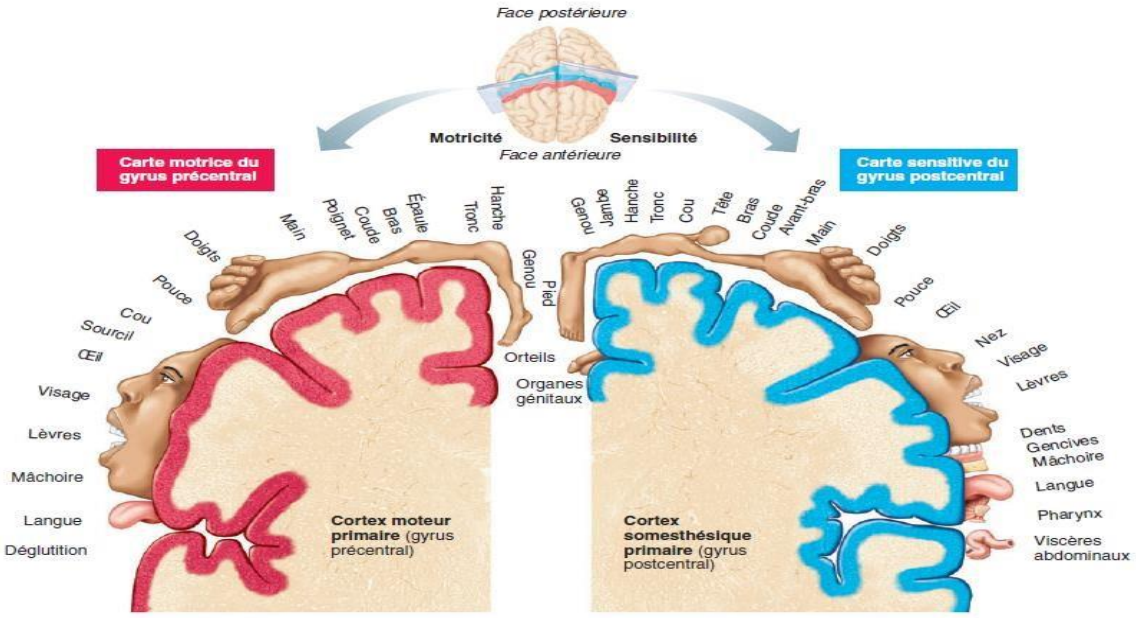


Figure 12.9 **Représentation corporelle du cortex moteur primaire et du cortex somesthésique du cerveau.** La quantité de tissu cortical consacrée à la motricité ou à la sensibilité de chaque partie du corps et son emplacement correspondent aux illustrations déformées des parties du corps (homoncule).

6-1-2- الحبل الشوكي:

هو عبارة عن حبل عصبي يمثل امتداد النخاع المستطيل داخل العمود الفقاري يشبه تركيبه تركيب النخاع المستطيل، الما دة البيضاء للخارج (وبها محاور الخلايا العصبية) ومنطقة مركزية (المادة الرمادية) وتنتشر فيها أجسام الخلايا العصبية.

تخرج الأعصاب الشوكية من الحبل الشوكي على شكل أزوا ج على مسافات منتظمة من بين الفقرات على الجانبين ويخرج كل عصب بجذرين أو فرعين بطني وظهري.

يحتوى الجذر الظهري على الأعصاب الواردة من أعضاء الحس وظيفتها نقل التأثيرات من أجزاء الجسم إلى الحبل الشوكي وتتميز بو جود عقدة عصبية ظهرية تحتوى على أجسا م الخلايا العصبية الحسية وتقع قريبة جدا من الحبل الشوكي.

أما الجذر البطني فيحتوي على الأعصاب الصادرة أو المحركة وهي تحمل الرسائل العصبية من المراكز العصبية في الحبل الشوكي إلى أعضاء الجسم.

يتصل كلا الجذرين مع بعض على مقربة من الحبل الشوكي ليكونا جذع عصبي مشترك او مختلط يحتوى على نوعين من الأعصاب، ويكون ذلك بعد العقدة العصبية الخاصة بالأعصاب الحسية.

يحتوى الحبل الشوكي على مراكز تنظيم عديدة مثل مركز التبول ومركز قذف السائل المنوي ومركز الولادة ...

يقوم الحبل الشوكي بتوصيل المعلومات من أجزاء الجسم الوارد عليه بواسطة الجذور الظهرية إلى المراكز الرئيسية بالمخ ثم توصيل الإشارات القادمة من المخ إلى بقية أعضا ء الجسم المختلفة عن طريق الجذور البطنية.

6-2- الجهاز العصبي الطرفي (systéme nerveux périphérique) :

ويشمل جميع الأعصاب خارج الجهاز العصبي المركزي سواء الأعصاب الحركية الجسدية الإرادية (nerfs somatique) والذي يمد العضلات الهيكلية (الإرادية) أو الأعصاب اللإرادية في الجهازين العصبي السبمبثاوي والجارسبمبثاوي (Sympathique et para SNS&SNP sympathique) والتي تمد الغدد وعضلات القلب والأحشاء والأوعية الدموية.

***الأعصاب المخية :** وعددها 12 زوج والتي تخرج من منطقة المخ والمغذية لأعضاء الحس في الرأس وكذلك العصب العاشر (التائه) وهو عصب حسي حركي يغذي منطقة الحنجرة والرئة والقلب والمعدة والأمعاء والكبد.

الأعصاب الشوكية : والتي تخرج على جانبي الحبل الشوكي وعددها في الإنسان 31 زوج تغذي العضلات الهيكلية المخططة.

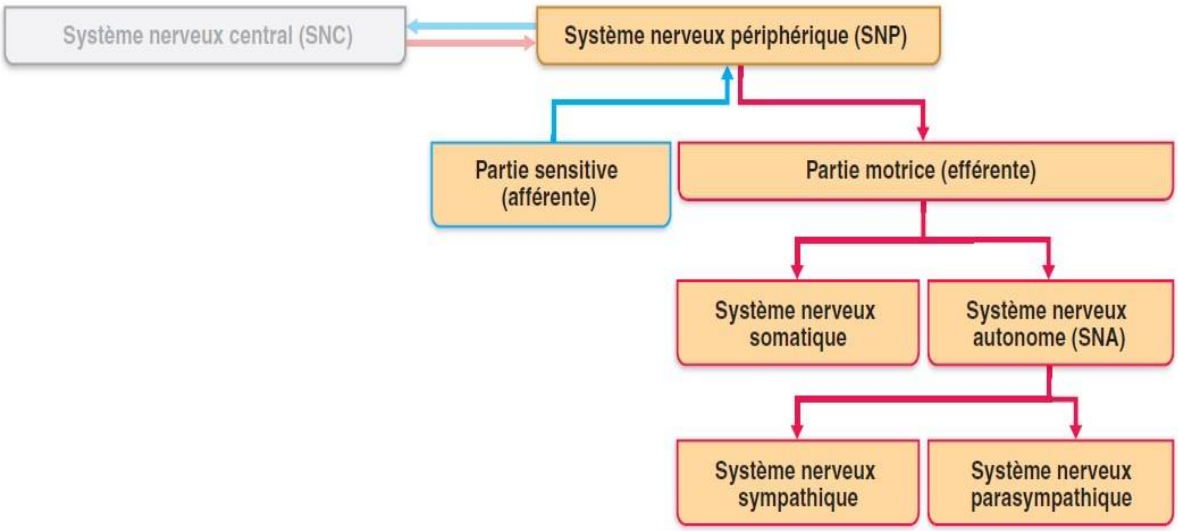


Figure 13.1 Place du SNP dans l'organisation structurale du système nerveux.

ويقسم الجهاز العصبي الطرفي وظيفيا الى قسمين:

الجهاز العصبي الجسمي والجهاز العصبي الذاتي ويشمل الجهاز العصبي السمبثاوي والجارسمبثاوي.

6-2-1- الجهاز العصبي الجسمي أو الإرادي (Somatic N.S): ويتكون من الألياف العصبية التي تغذي العضلات الهيكلية مسببة انقباضها.

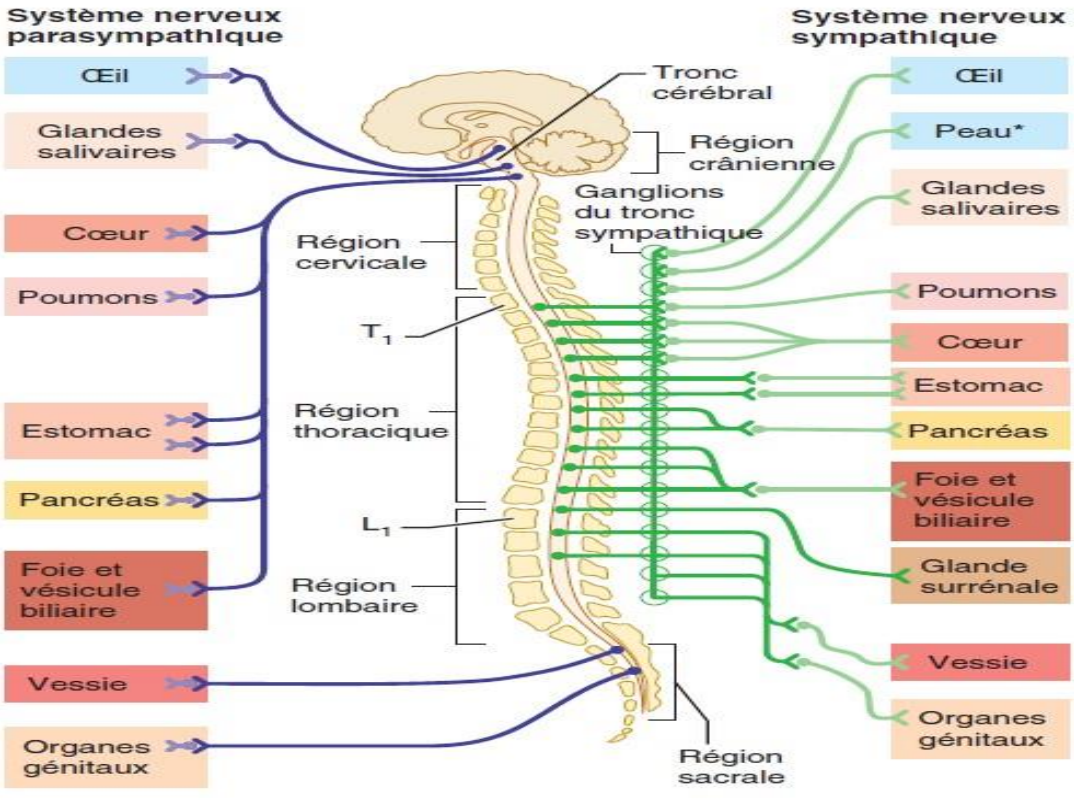
2- **الجهاز العصبي الذاتي أو اللاإرادي (PNS):** وهو الجزء الذي ينظم نشاط الغدد والعضلات الملساء أو الرفيعة في الأحشاء والعضلات القلبية والأنشطة اللاإرادية والتي لا تقع تحت تحكم المخ الإرادي (قشرة المخ).

ويقسم المخ الطرفي اللاإرادي إلى جهازين :

6-2-1-1- الجهاز العصبي السمبثاوي (SNS): ويتكون من الأعصاب اللاإرادية الخارجة من (وسط الحبل الشوكي) في المنطقة الصدرية والقطنية من الحبل الشوكي ويعمل هذا الجهاز على إعداد الجسم في الحالات الطارئة.

تتكون أليا ف الأعصاب من وحدتين: الاولى تعرف بقبل العقدة العصبية (Pregangla) عقدها السمبثاوية قريبة من الحبل الشوكي وذات محاور قصيرة والثانية تبدأ من العقدة السمبثاوية وتعرف بالألياف بعد العقدة العصبية وتكون ذات محاور طويلة تنتهي في الأعضاء، وتفرز مادة الاستيل كولين في منطقة العقدة العصبية ولكن في ا لأعضاء تفرز مادة النور أدرينالين او النوابنفرين (norepinephrine).

6-2-1-2- الجهاز العصبي الباراسمبثاوي (PSN): ويتكون من الأعصاب الخارجة من المخ ، العصب العشر أو التائه و من المنطقة العجزية للحبل الشوكي يتميز بأن العقد العصبية تقع قريبة أ و في الأعضاء فلذلك تكون الألياف العصبية قبل العقدة لها محاور طويلة بينما الألياف بعد العقدة تكون قصيرة ويعمل الجهاز العصبي الباراسمبثاوي في الحالات العادية أو وضع الراحة لتنظيم عضلات الأحشاء وضربات القلب والتنفس وتفرز مادة الأستيل كولين في كلا المنطقتين للتشابك العصبي في العقدة العصبية وفي العضو.



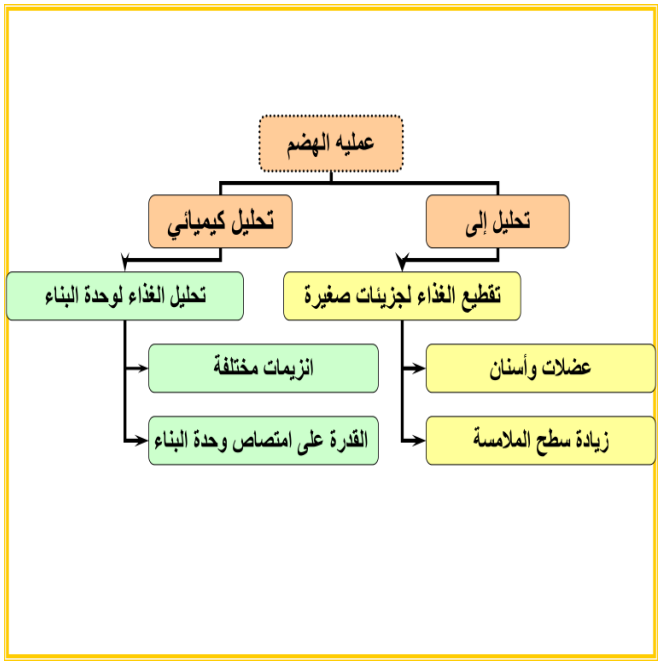
VII. فيزيولوجيا الجهاز الهضمي

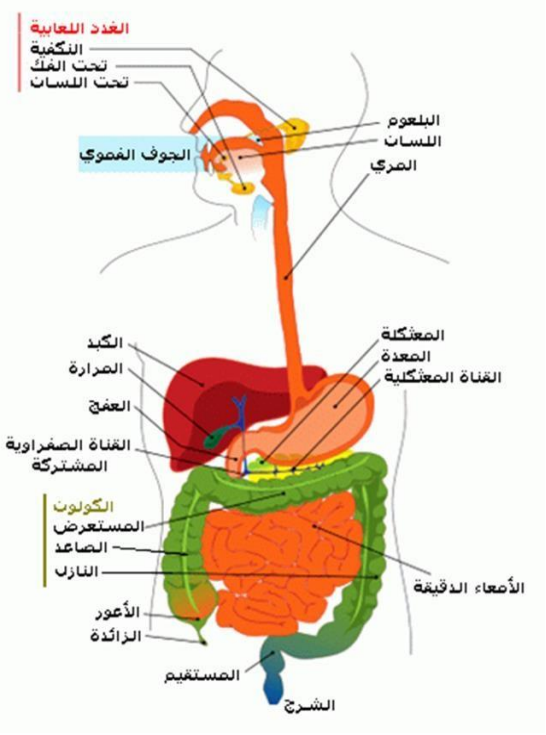
جهاز الهضم قناة طويلة ومتعرجة تبدأ بالفم وتنتهي بفتحة الشرج.

وهو الجهاز المسؤول عن هضم الأغذية حيث يحول جزيئات الغذاء المعقدة والكبيرة إلى جزيئات أصغر قابلة للامتصاص أي تستطيع النفاذ عبر الأغشية الخلوية.

تتم هذه العملية بواسطة تأثيرات ميكانيكية تحدث بفعل العضلات والأسنان وتأثيرات كيميائية تحفزها الأنزيمات.

1- جهاز الهضم:





1-1- وظائف الجهاز الهضمي:

يقوم الجهاز الهضمي بعدد من الفعاليات الوظيفية ذات العلاقة بالمعاملة الميكانيكية والكيماوية للطعام ومروره من خلال مختلف مناطق القناة الهضمية وامتصاص نواتج الهضم:

* **تناول الطعام (Ingestion):** والذي يتضمن انتقال الطعام من خلال الفم إلى القناة الهضمية .

* **دفع الطعام (Propultion):**على طول القناة الهضمية وتشمل بلع الطعام والحركات التموجية التي تحدث في جدار القناة الهضمية وبشكل نسقي .

تعمل هذه الحركة على مزج الطعام بالعصارات الهاضمة ودفع الطعام إلى الأجزاء التالية من القناة الهضمية .

* **الهضم الميكانيكي (Digestion Mecanique):** يتضمن مضغ الطعام ومزجه باللعاب بمساعدة اللسان .

كما تساهم الحركات المزجية للمعدة والحركات القطعية للأمعاء والتي تحدث على شكل تقلصات موضعية نسقية في المعاملة الميكانيكية للطعام.

* **الهضم الكيميائي (Digestion Chemique):**

يتضمن عددا من الخطوات المسؤولة عن تحويل جزيئات الطعام المعقدة التركيب إلى مكوناتها الأساسية.

تحدث التفاعلات الهضمية بواسطة الإنزيمات الهاضمة التي تفرزها الغدد الهاضمة والتي تبدأ من تجويف الفم وتكتمل وبشكل تام في الأمعاء الدقيقة .

* **الامتصاص (Absorption):**

وهو عبارة عن العمليات المسؤولة عن نقل نواتج الهضم والفيتامينات والأملاح المعدنية من تجويف القناة الهضمية إلى جهاز الدوران.

تعتبر الأمعاء الدقيقة الموقع الرئيسي للامتصاص حيث تقوم الخلايا الطلائية بامتصاص المواد بطريقتي النقل الفعال والسلبي .

* **الإخراج (Défécation):** يتضمن طرح المواد الغير قابلة للهضم إلى الخارج عن طريق فتحة الشرج.

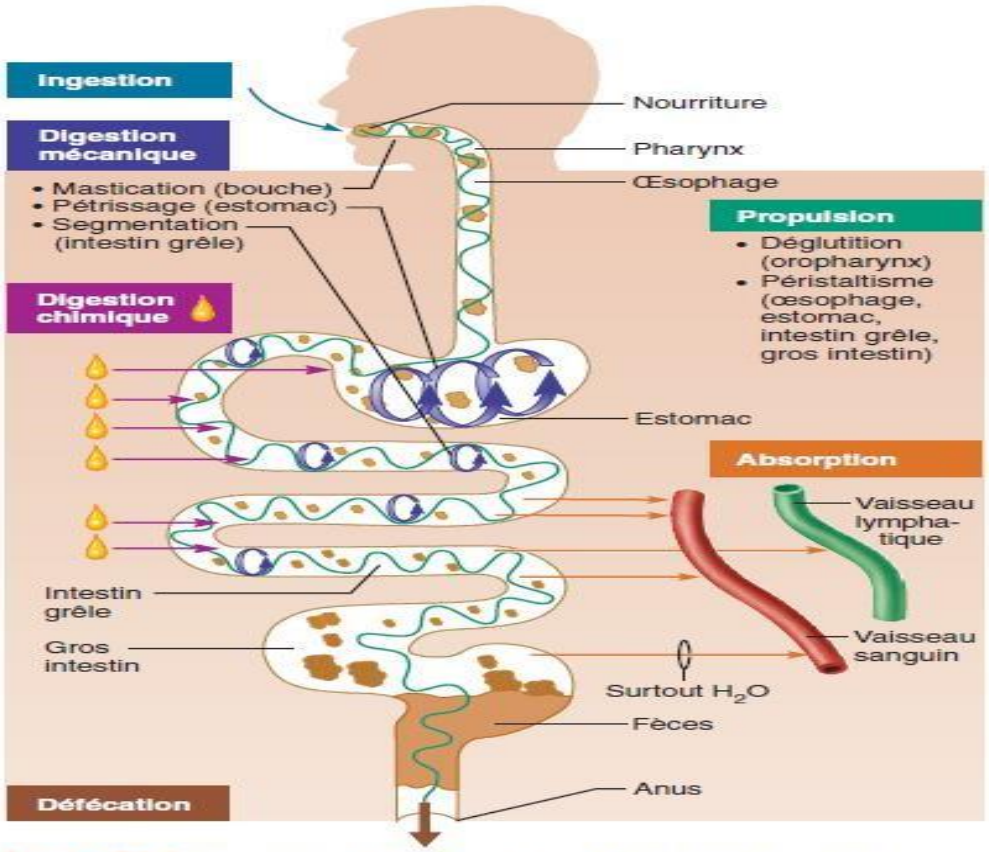


Figure 23.2 **Fonctions du tube digestif.** Remarquez que les sites de la digestion chimique produisent des enzymes ou reçoivent des enzymes et d'autres sécrétions élaborées par les organes annexes (extérieurs au tube digestif).

© ERPI, tous droits réservés.

2-1- بنية القناة الهضمية :

تقريبا تشترك جميع أعضاء الجهاز الهضمي في ترتيب عام مع اختلاف بسيط في كل واحد منهما وهي تتكون من الداخل إلى الخارج كالآتي :

1-2-1- الطبقة المخاطية (Muqueuse): وهذه الطبقة تحتوي على خلايا تقوم بإفراز العصارات الهضمية وبعض الهرمونات والإنزيمات الهاضمة وأيضا على أوعية دموية لتغذية ذلك العضو، وتحتوى على طبقات عضلية تساعد الأعضاء على الحركة التموجية.

2-2-1- الطبقة التحت مخاطية (Sous-muqueuse): وهذه الطبقة تحتوي على أوعية دموية وأعصاب.

3-2-1- الطبقة العضلية (Musculeuse) : وهذه الطبقة تحتوي على طبقة عضلية طولية ودائرية بالإضافة إلى وجود أعصاب.

4-2-1- الطبقة المصلية (Séreuse): وهي عبارة عن غشاء شفاف يغطي السطح الخارجي للجهاز الهضمي باستثناء المريء ، القناة الشرجية ، المنطقة السفلى من المستقيم.

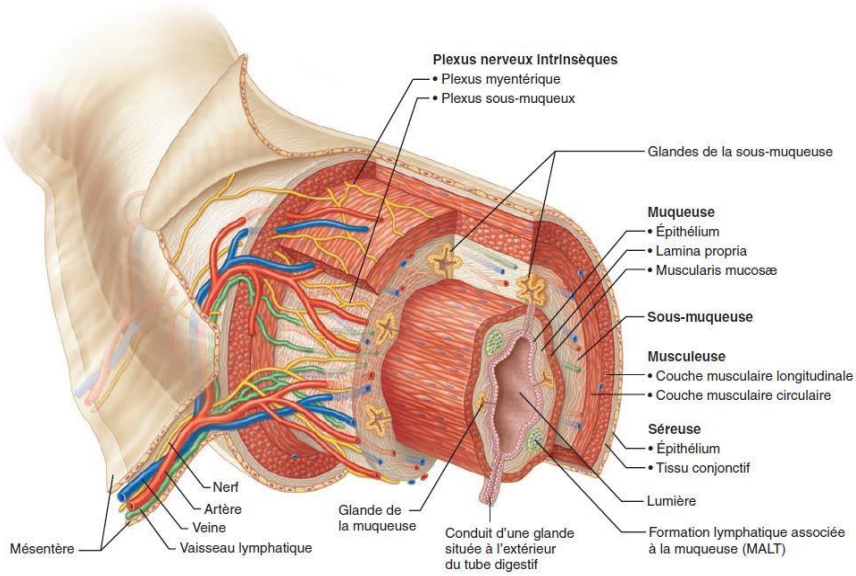


Figure 23.6 Structure fondamentale du tube digestif. Le tube digestif se compose de quatre couches principales: la muqueuse, la sous-muqueuse, la musculeuse et la séreuse.

2- الوظائف الرئيسية لأعضاء الجهاز الهضمي:

الفم : تحليل آلي وكيميائي للطعام (نشاء).

المريء: تمرير الطعام للمعدة.

المعدة : تحليل آلي وكيميائي للطعام (بروتين).

الاثنى عشر: تحليل كيميائي (دهون).

الأمعاء الدقيقة : تحليل كيميائي وامتصاص وحدات البناء.

الأمعاء الغليظة: امتصاص الماء وإفراز الفضلات.

2-1- الفم :

يعتبر الفم الجزء الأول في الجهاز الهضمي والذي تتم فيه المرحلة الأولى من عملية الهضم ، يحتوي الفم بداخله على عدة وسائل مساعدة في هذه العملية وهي:

- **الأسنان** : يتكون السن من مادة عظمية صلبه وبداخلها لب رخو يحتوي أوعية دموية وأعصابا لتغذية السن بالغذاء ، وللأسنان دور كبير في عملية الهضم حيث تقوم بتقطيع الطعام إلى أجزاء صغيرة لتسهل عملية البلع ، بالنسبة للبالغين عددها 32 سنا.

اللسان: ينقل الطعام من جهة لأخرى في الفم، ويقوم بخلط فتات الطعام باللعاب، واللسان يحتوي على براعم الذوق فيحفز إفراز اللعاب .

الغدد : يوجد في الفم ثلاثة أزواج من الغدد اللعابية ، وجميع هذه الغدد تفرز اللعاب الذي يساعد على مضغ الطعام ، والكلام ، ومنع تسوس الأسنان وأمراض اللثة ، وهي مقسمة كالتالي:

*الغدد النكفية : وهي عبارة عن زوج من الغدد اللعابية تتواجد أمام الأذن وتصب قناتها داخل الوجنة مقابل الضرس العلوي الثاني.

*الغدد تحت فكية : وهي عبارة عن زوج من الغدد تتواجد في الجانب على مقربة من مؤخرة عظم الفك السفلي وتصب قناتها في الفم.

* الغدة تحت اللسانية : وهي زوج من الغدد وهما الأصغر بين الغدد اللعابية ، وتقعان تحت اللسان مباشرة ، وتصب قناتهما في قاع الفم.

* غدد صغيرة : يوجد هناك غدد صغيرة كثيرة ومتعددة في الغشاء المخاطي الذي يبطن الفم واللسان.

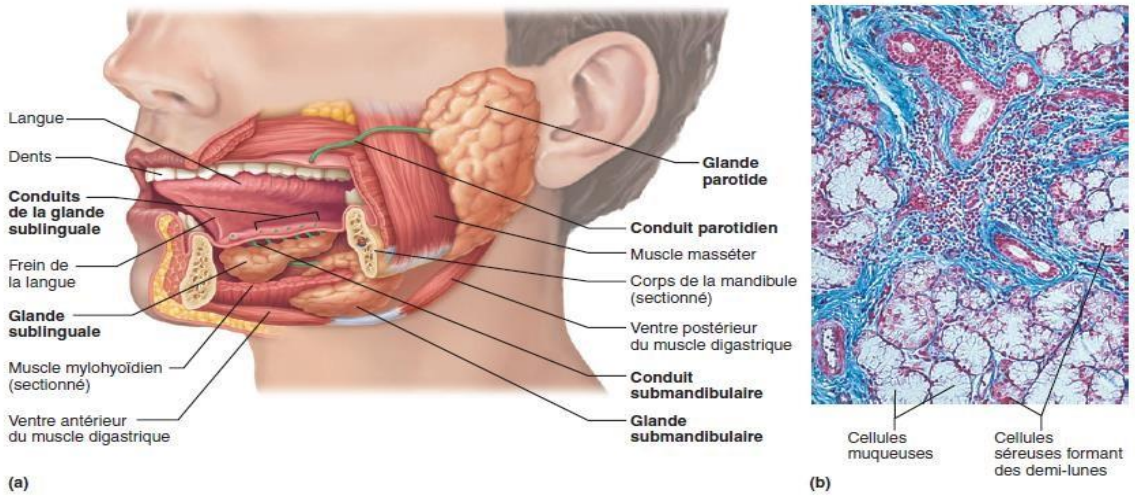
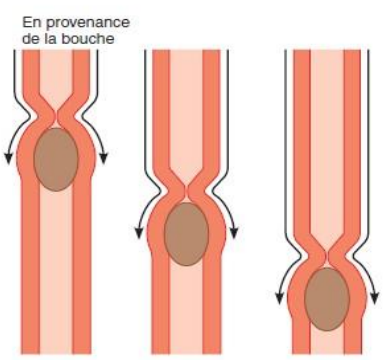


Figure 23.9 Glandes salivaires. (a) Les glandes parotide, submandibulaire et sublinguale associées à la face gauche de la cavité orale. **(b)** Photomicrographie de la glande sublinguale (150×), une glande salivaire mixte mais sécrétant surtout du mucus. Les cellules muqueuses sont colorées en bleu clair et les unités produisant le liquide séreux, en violet. Les cellules séreuses forment parfois des demi-lunes (appelées semi-lunes séreuses) autour de la base des cellules muqueuses.

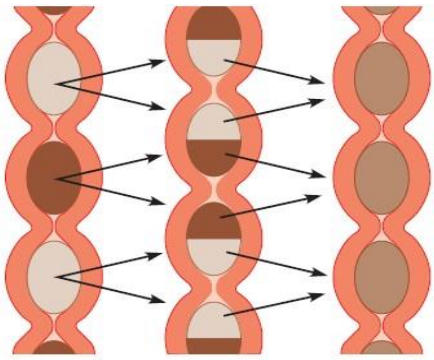
2-2- المريء:

هي قناة عضلية موصلة بين البلعوم والمعدة ويبلغ طولها حوالي 25 سم قابلة للانقباض والتمدد وفي آخر المريء توجد العضلة العاصرة التي تدفع الغذاء كاملا على المعدة.

عملية انقباض وانبساط عضلات المريء تجعل الغذاء يندفع باتجاه المعدة.



(a) Péristaltisme: Les segments contigus des organes du tube digestif se contractent et se relâchent tour à tour en déplaçant la nourriture vers l'extrémité distale du tube.



(b) Segmentation: Des segments non contigus des organes du tube digestif se contractent et se relâchent tour à tour, déplaçant la nourriture vers l'avant, puis vers l'arrière. Ce mouvement crée un brassage et un déplacement lent.

3-2- فتحة الفؤاد:

•بلع الطعام •إثارة الأعصاب في البلعوم إرسال إشارة للدماغ

•إرسال أمر من الدماغ لفتحة الفؤاد •تفتح فتحة الفؤاد وتستقبل الطعام

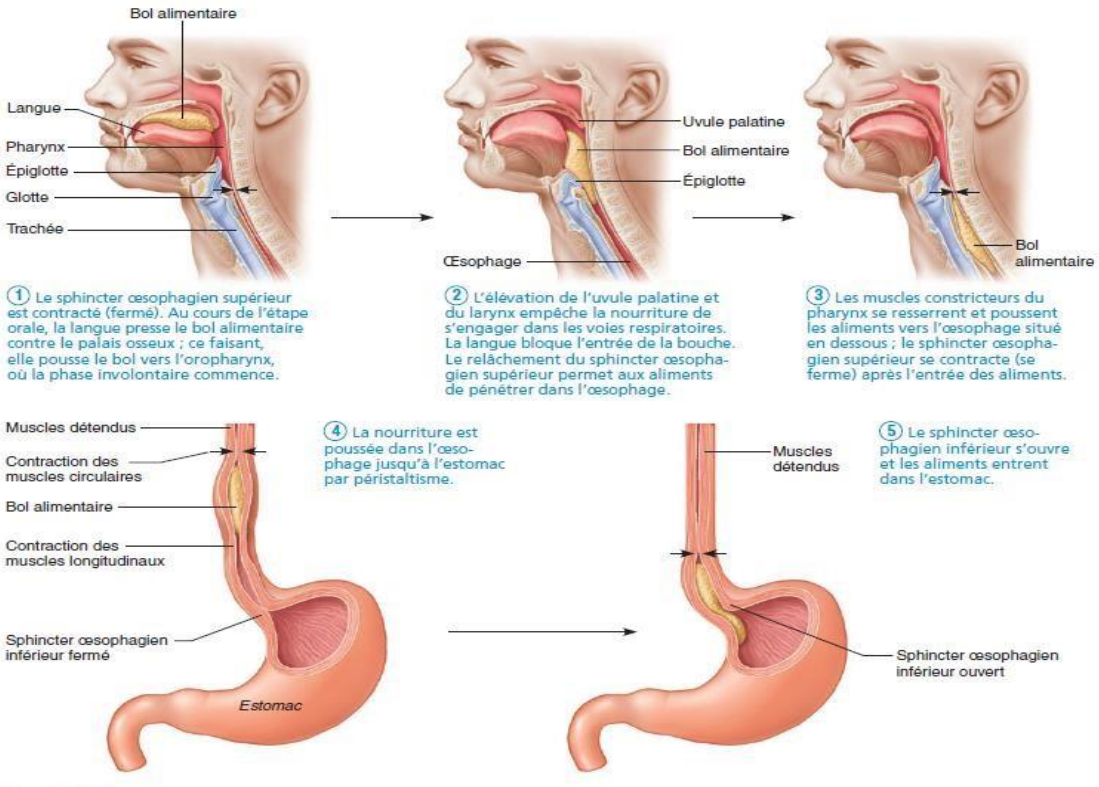
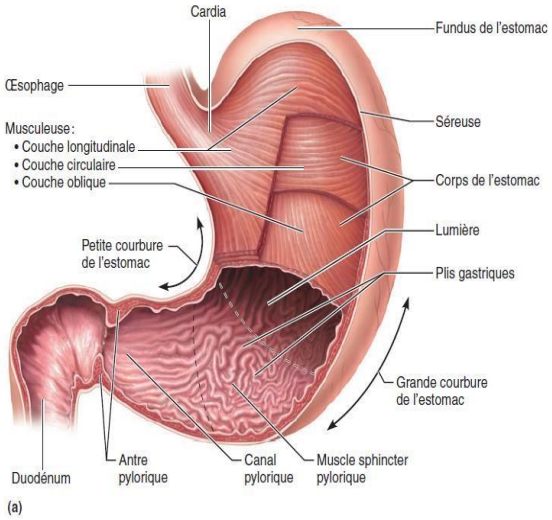


Figure 23.13 Déglutition. Le processus de déglutition comporte une étape volontaire (orale) (①) et des étapes involontaires (pharyngo-œsophagiennes) (② à ⑤).

2-4- المعدة:

- المعدة هي عضو عضلي مجوف يقع في القسم العلوي للبطن إلى اليسار قليلاً.
- يطحن الغذاء في المعدة ويتحول إلى ما يشبه العجينة (كيموس).
- تتم العملية بواسطة العضلات القوية الموجودة في جدران المعدة، عملية انقباضها وانبساطها تجعل الغذاء ينطحن ويتحول إلى كيموس.
- يتم في المعدة تحليل البروتينات إلى مواد أبسط ويبدأ تحليل الدهنيات.
- تتم عمليات التحليل بواسطة مواد هضم تفرز إلى داخل المعدة من جدرانها .



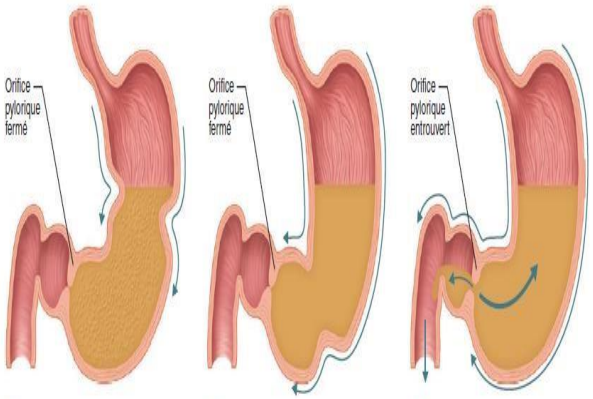


Figure 23.19 Les ondes péristaltiques de l'estomac.

© ERPI, tous droits réservés.

2-4-1- إفرازات المعدة:

تقوم المعدة بعدة إفرازات حيث يحول حامض الهيدروكلوريك (HCl) وهو يعتبر مولد البيسين، البيسين الخامل إلى بيسين هاضم وفعال ويعمل على تحليل البروتينات إلى وحدات صغيرة تدعى عديدة الببتيد و بيتدات ، وكذلك يقتل البكتريا لأنها لا تستطيع العيش في بيئة حامضية.

والليباز الذي يعمل على تحويل الدهون إلى غليسرول وأحماض دهنية.

- يعمل الببسين على تحليل البروتينات لوحدات أصغر تسمى الببتيدات.
- التحليل الكيميائي للبروتينات يبدأ في المعدة ولكنه لا يكتمل في هذه المحطة بل في المحطات الهضمية التالية.
- الببسين يعمل في PH منخفض فقط.

2-4-2- الخلايا المخاطية:

تقوم هذه الخلايا بإفراز طبقة مخاطية باستمرار لتغطي جدار المعدة .

وبذلك تكون بمثابة جدار واقي مؤقت يحمي الخلايا من التآكل بفعل الحامضية العالية.

بالإضافة لهذه الوسيلة الدفاعية، تقوم المعدة بتجديد خلاياها باستمرار.

2-5- الاثنى عشر:

- تبدأ فيه عمليه تحليل الدهون.
- تستمر فيه عمليه تحليل البروتين.
- تنتهي فيه عمليه تحليل الكربوهيدرات .
- تبدأ فيه عملية امتصاص الماء والمعادن للدم.

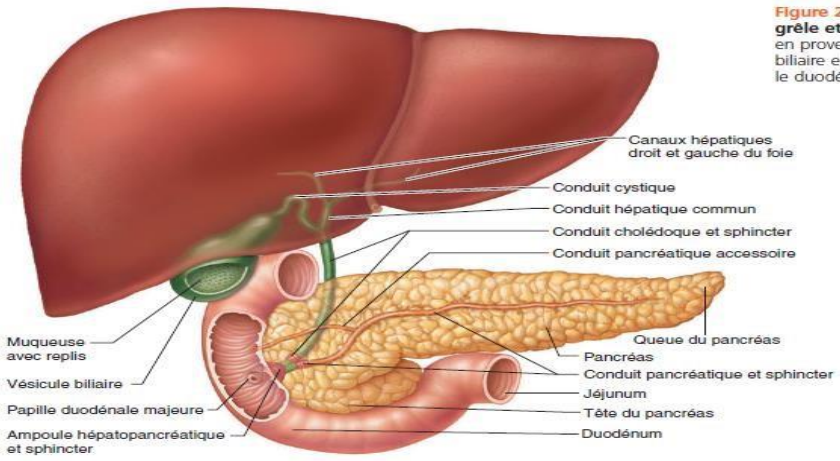


Figure 23.21 **Duodénum de l'intestin grêle et organes connexes.** Des conduits en provenance du pancréas, de la vésicule biliaire et du foie se déversent dans le duodénum.

© ERPI, tous droits réservés.

**** تحليل الدهون:**

تعتبر الدهنيات مواد صعبة التحليل والهضم وذلك لكونها غير قابله للذوبان في الماء.

هذا يعني أن الدهنيات لن تذوب في عصارة المعدة (الكيموس) الغنية بالإنزيمات المحللة ،لذلك فإن الإنزيمات لن تستطيع تحليلها لوحدة البناء، مما يسبب عدم توفير الحوامض الدهنية للجسم.

*تفرز أملاح المرارة من كيس المرارة، الموجود عند الكبد، والذي يحتوي على عصارة المرارة التي تتكون في الأساس في الكبد.

تنشط أملاح المرارة عملية تحليل الدهنيات، حيث تقوم بتحويلها لمستحلب.

البنكرياس: يقوم بإفراز:

* مادة بيكربونات الصوديوم (NaHCo3) :

تقوم هذه المادة بمعادلة درجة الحامضية لمحلول الكيموس، وتحويله لوسط قاعدي.

* إنزيمات هاضمة:

تشارك في عملية التحليل الكيميائي للمواد الغذائية.

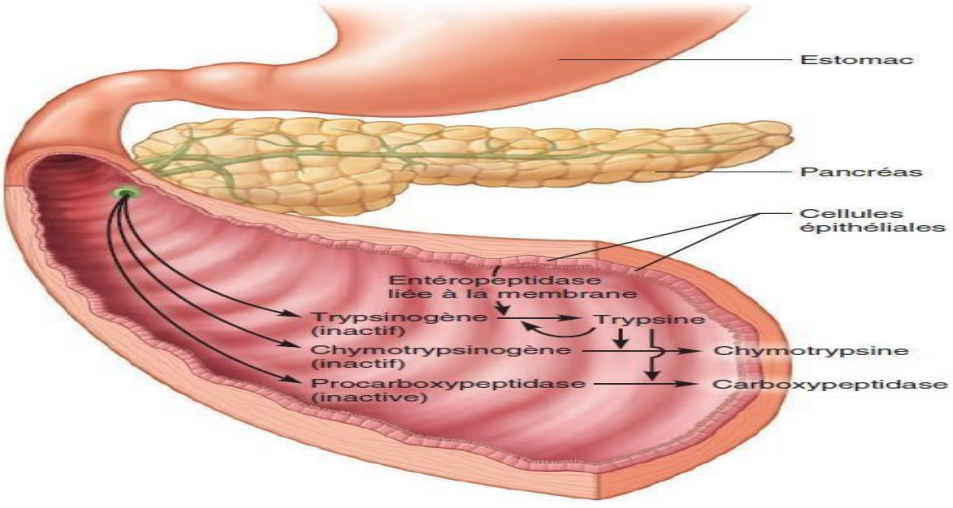


Figure 23.27 **Activation des protéases pancréatiques dans l'intestin grêle.** Les protéases pancréatiques sont sécrétées sous forme inactive, puis activées dans le duodénum.

© ERPI, tous droits réservés.

تحليل الكربوهيدرات:

- في الفم:

النشاء ⟵ سكر ثنائي

- في المعدة:

السكريات المعقدة ⟵ سكريات ثنائية

سكر ثنائي ⟵ سكر أحادي

- في الاثنى عشر:

السكريات الثنائية ⟵ سكريات أحادية

الأمعاء الدقيقة:

- الأمعاء الدقيقة هي أنبوب طويل جداً يلتوي داخل البطن طوله 6-7 أمتار تقريبا ،وتنقسم الأمعاء إلى ثلاثة أقسام:
- الاثني عشر وتصب فيه إفرازات الكبد والبنكرياس.
- الصائم وهو أغلظ وأقصر من اللفائفي.
- اللفائفي.

- في الأمعاء ينتهي تحليل البروتينات، الكربوهيدرات والدهنيات، وما بقي من سكريات إلى مواد غذائية أبسط.

- يتم في الأمعاء الدقيقة امتصاص جزيئات الغذاء إلى داخل سائل الدم (ماء، معادن، فيتامينات وغيرها).

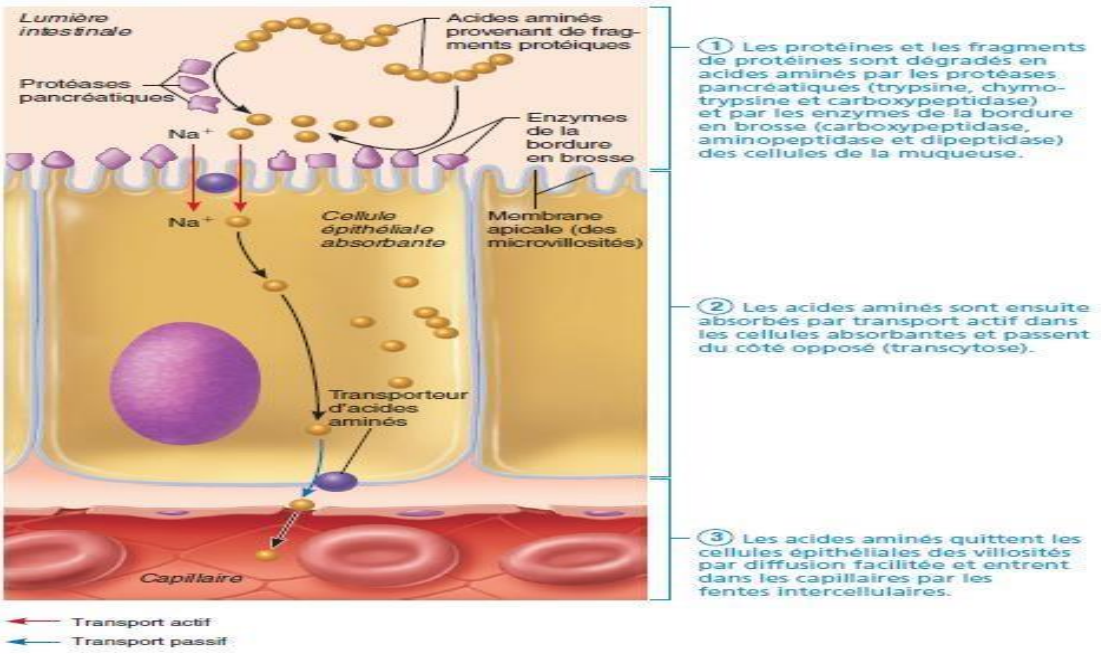


Figure 23.33 **Digestion des protéines et absorption des acides aminés dans l'intestin grêle.**

© ERPI, tous droits réservés.

2-6- الأمعاء الغليظة:

- يبلغ طول الأمعاء الغليظة حوالي المتر ترتبط بالأمعاء الدقيقة عند منطقة تسمى بالأعور حيث تقوم هذه الامعاء بعدة وظائف منها:
- الامتصاص: حيث يقوم بامتصاص الماء والصوديوم وبعض المعادن وبعض الفيتامينات.
- يفرز المخاط الذي يحمي جدار الأمعاء من احتكاك الطعام.
- الإخراج والتبرز.
- يقوم القولون بصناعة فيتامين B12/ k حيث توجد البكتيريا النافعة
- التخلص من المواد الضارة مثل المعادن الثقيلة كالزئبق.

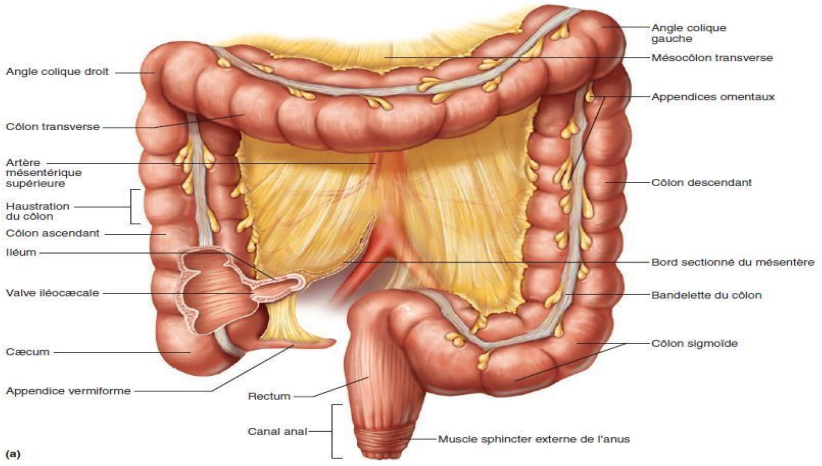


Figure 23.29 **Anatomie macroscopique du gros intestin.** **(a)** Vue schématique. **(b)** Structure du canal anal.

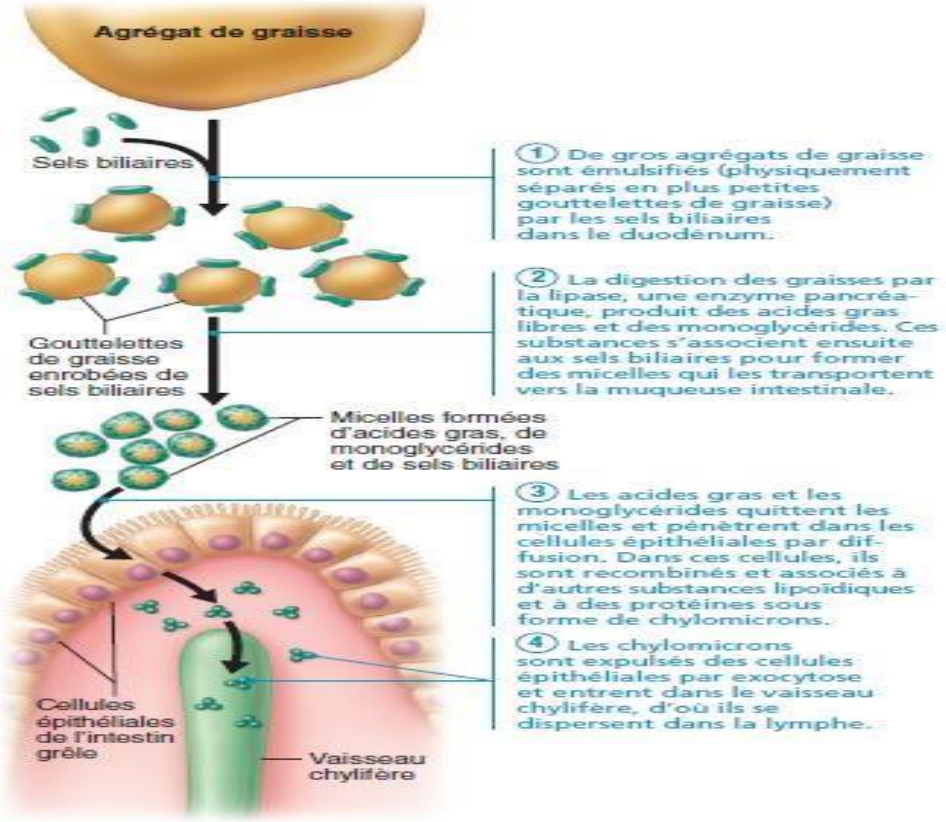


Figure 23.34 **Émulsification, digestion et absorption des graisses.**

© ERPI, tous droits réservés.

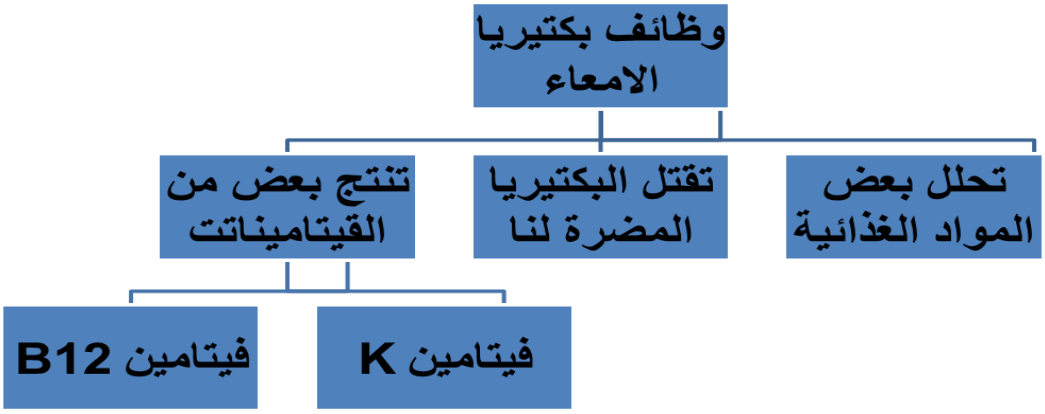
ماذا يحدث في الأمعاء الغليظة؟

- يستمر امتصاص الماء المتبقي.

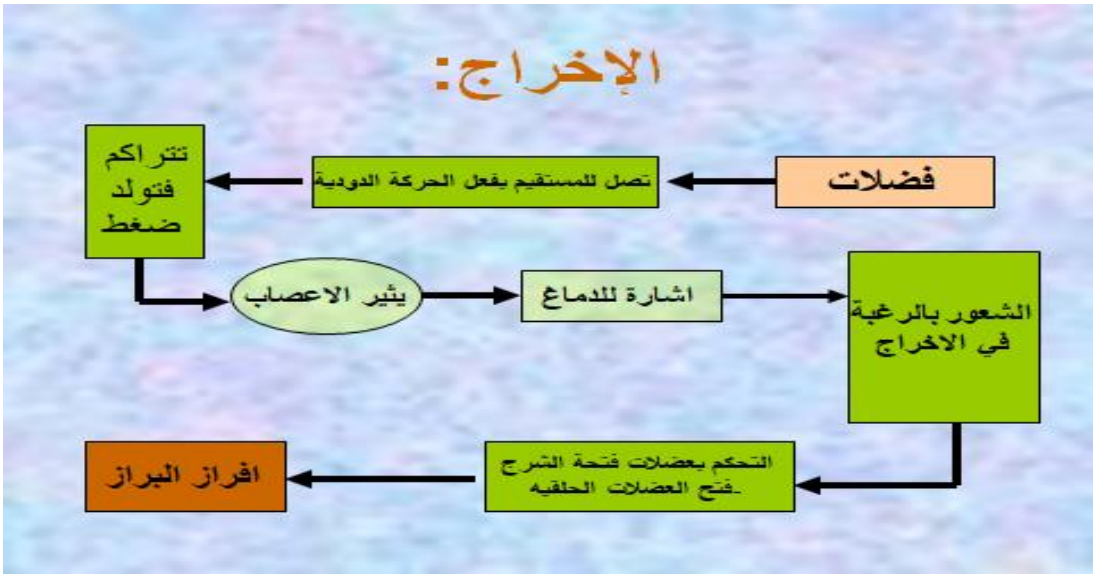
يساهم بتحليل قسم من المواد الغذائية بمساعدة البكتيريا الجيدة والتي تستوطن هذه الأمعاء كبيت لها .

- تبدأ عملية تجميع الفضلات وتكديسها، ومن ثم تجميعها في المستقيم.

**** أهمية بكتيريا الأمعاء:**



الإخراج:



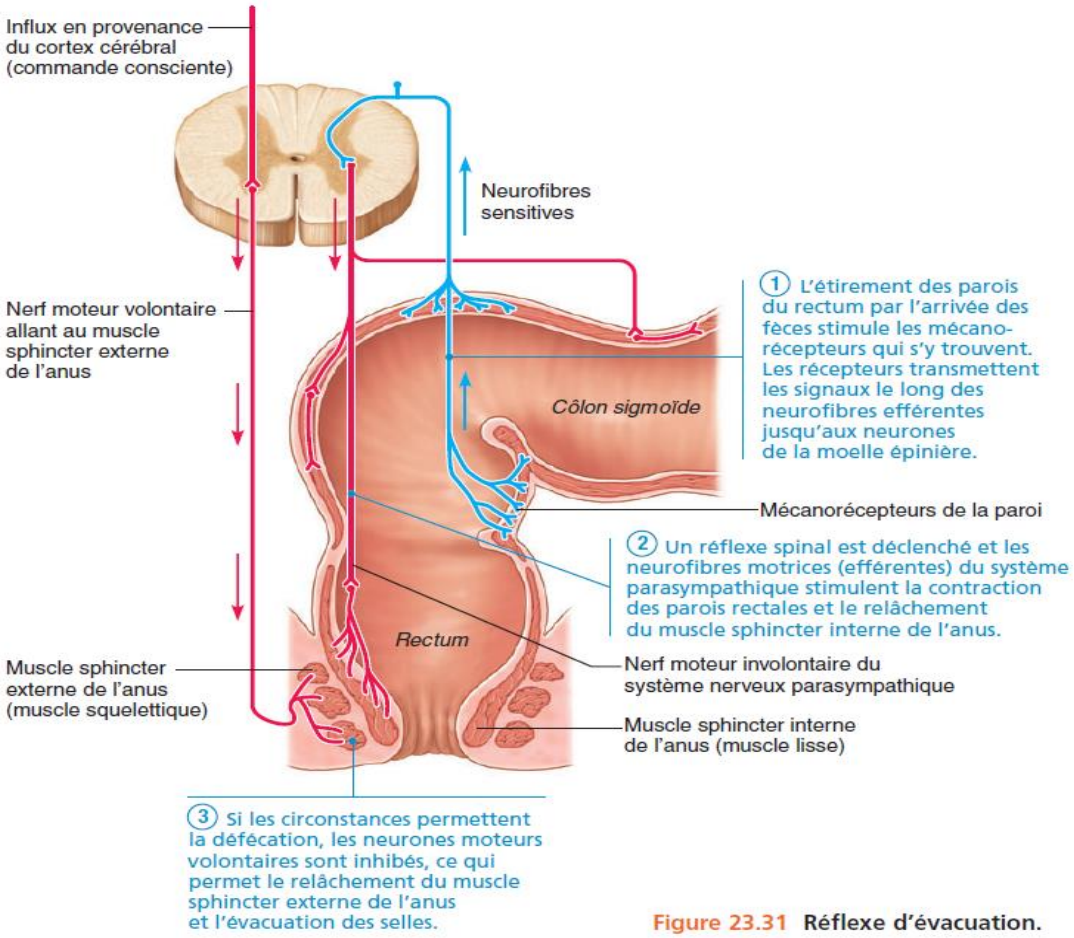
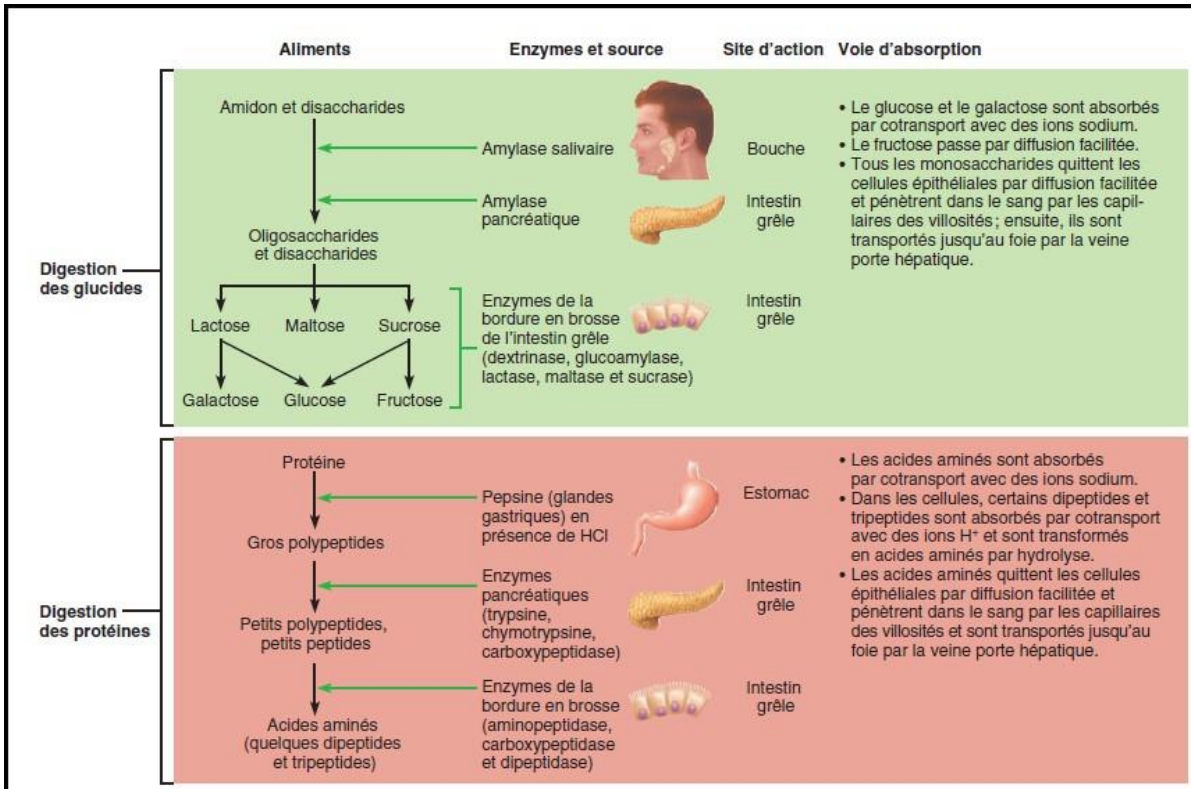


Figure 23.31 **Réflexe d'évacuation.**

© ERPI, tous droits réservés.



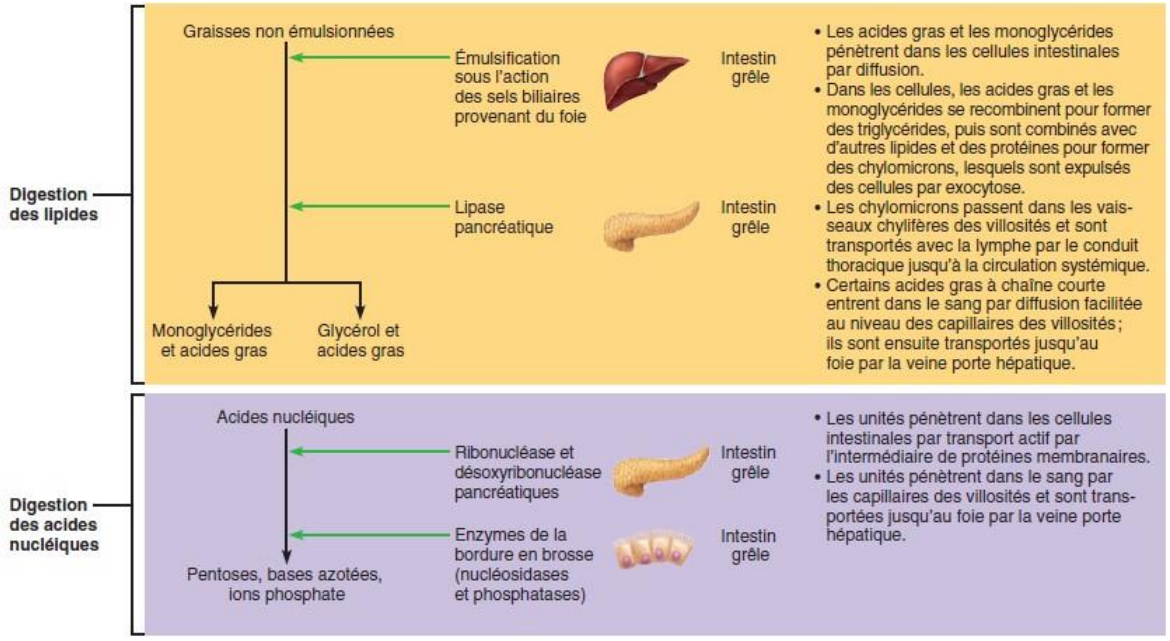


Figure 23.32 **Digestion chimique et absorption des aliments.**

TABLEAU 23.2 Vue d'ensemble des fonctions des organes gastro-intestinaux

ORGANE	FONCTIONS PRINCIPALES*	COMMENTAIRES/AUTRES FONCTIONS
Bouche et organes annexes associés	■ Ingestion: la nourriture est volontairement introduite dans la cavité orale. ■ Propulsion: l'étape de déglutition volontaire (orale) est amorcée par la langue; pousse la nourriture vers le pharynx. ■ Digestion mécanique: la mastication est effectuée par les dents et le mélange, par la langue. ■ Digestion chimique: la dégradation chimique de l'amidon est amorcée par l'amylase salivaire présente dans la salive, qui est sécrétée par les glandes salivaires.	La bouche sert de réceptacle; la plupart des fonctions sont assurées par les organes annexes associés; le mucus de la salive contribue à dissoudre les aliments pour que leur goût puisse être perçu, et il les humidifie pour que la langue puisse former un bol alimentaire qui peut être avalé; la cavité orale et les dents sont nettoyées et lubrifiées par la salive.
Pharynx et œsophage	■ Propulsion: les ondes péristaltiques poussent le bol alimentaire vers l'estomac, ce qui constitue l'étape involontaire de la déglutition (pharyngo-œsophagienne).	Principalement des passages pour la nourriture; lubrifiés par le mucus.
Estomac	■ Digestion mécanique et propulsion: les ondes péristaltiques mélangent la nourriture au suc gastrique et la poussent vers le duodénum. ■ Digestion chimique: la pepsine commence la digestion des protéines. ■ Absorption: absorbe certaines substances liposolubles (AAS, alcool, certains médicaments).	Sert également à emmagasiner la nourriture jusqu'à ce qu'elle puisse passer dans le duodénum; l'acide chlorhydrique qu'il produit est un agent bactériostatique et un activateur d'enzymes protéolytiques; le mucus sécrété par l'estomac le lubrifie et l'empêche de digérer ses propres tissus; le facteur intrinsèque qu'il élabore est essentiel à l'absorption intestinale de la vitamine B_{12}.

Intestin grêle et organes annexes associés (foie, vésicule biliaire, pancréas)		■ Digestion mécanique et propulsion: la segmentation par le muscle lisse de l'intestin grêle a pour effet de mélanger continuellement le contenu intestinal avec les sucs digestifs, de déplacer lentement la nourriture le long du tube digestif et de la faire passer par la valve iléocæcale, ce qui laisse assez de temps pour permettre la digestion et l'absorption. ■ Digestion chimique: les enzymes digestives provenant du pancréas et les enzymes fixées aux membranes de la bordure en brosse achèvent la digestion de tous les types de nutriments. ■ Absorption: produits de la dégradation des glucides, des lipides, des protéines et des acides nucléiques; les vitamines, l'eau et les électrolytes sont absorbés par des mécanismes actifs et passifs.	L'intestin grêle présente de nombreuses adaptations qui facilitent la digestion et l'absorption (plis circulaires, villosités et microvillosités); le mucus alcalin élaboré par les glandes intestinales et le suc riche en bicarbonate provenant du pancréas neutralisent le chyme acide et créent un milieu propice à l'activité enzymatique; la bile produite par le foie émulsionne les graisses et facilite (1) la digestion des lipides et (2) l'absorption des acides gras, des monoglycérides, du cholestérol, des phospholipides et des vitamines liposolubles; la vésicule biliaire emmagasine et concentre la bile; la bile est relâchée dans l'intestin grêle sous l'effet de certains signaux hormonaux.
Gros intestin		■ Digestion chimique: certains résidus alimentaires sont digérés par des bactéries intestinales (qui élaborent aussi la vitamine K et certaines vitamines B). ■ Absorption: absorbe la plus grande partie de l'eau résiduelle et des électrolytes (surtout NaCl) ainsi que les vitamines élaborées par les bactéries. ■ Propulsion: pousse les fèces vers le rectum par péristaltisme, pétrissage haustral et mouvements de masse. ■ Défécation: réflexe déclenché par l'étirement du rectum; évacue les déchets de l'organisme.	Emmagasine temporairement et concentre les résidus jusqu'au moment de la défécation; un mucus abondant produit par les cellules caliciformes facilite le passage des fèces dans le côlon.

* Les carrés colorés figurant en face de chacune des fonctions correspondent au code de couleurs des fonctions digestives qui est présenté à la figure 23.2.

TABLEAU 23.1 Hormones et substances paracrines qui jouent un rôle dans la digestion*

HORMONE	SITE DE PRODUCTION	STIMULUS DE LA PRODUCTION	ORGANE CIBLE	ACTIVITÉS
Cholécystokinine (CCK)	Muqueuse du duodénum et du jéjunum	Chyme gras en particulier, mais aussi protéines partiellement digérées	Foie, pancréas	▪ Potentialise l'action de la sécrétine sur ces organes.
			Pancréas	▪ Accroît la production de suc pancréatique riche en enzymes.
			Vésicule biliaire	▪ Stimule la contraction de l'organe et l'expulsion de la bile qui y est emmagasinée.
			Muscle sphincter de l'ampoule hépatopancréatique (sphincter d'Oddi)	▪ Relâche le sphincter pour permettre l'entrée de la bile et du suc pancréatique dans le duodénum.
Peptide inhibiteur gastrique (GIP, ou peptide insulinotropique gastrique)	Muqueuse du duodénum	Glucose, acides gras et acides aminés contenus dans l'intestin grêle	Estomac	▪ Inhibe la production de HCl (effet mineur).
			Pancréas (cellules bêta)	▪ Stimule la libération d'insuline.
Gastrine	Muqueuse de l'estomac (cellules G)	Aliments (en particulier les protéines partiellement digérées) présents dans l'estomac (stimulation chimique); acétylcholine libérée par les neurofibres	Estomac (cellules pariétales)	▪ Augmente la sécrétion de HCl. ▪ Stimule l'évacuation du contenu gastrique (effet mineur).
			Intestin grêle	▪ Stimule la contraction des muscles lisses de l'intestin.
			Valve iléocæcale	▪ Relâche la valve iléocæcale.
			Gros intestin	▪ Stimule les mouvements de masse.
Histamine	Muqueuse de l'estomac	Aliments dans l'estomac	Estomac	▪ Stimule la libération de HCl par les cellules pariétales.
Gastrine entérique	Muqueuse du duodénum	Aliments acides partiellement digérés dans le duodénum	Estomac	▪ Stimule les glandes et la motilité gastriques.
Motiline	Muqueuse du duodénum	Jeûne; libération régulière toutes les 1½ à 2 heures par un stimulus nerveux	Duodénum proximal	▪ Stimule le complexe de mobilité migrante.
Sécrétine	Muqueuse du duodénum et du jéjunum	Chyme acide (aussi protéines partiellement digérées, graisses, liquides hypertoniques et hypotoniques, agents irritants présents dans le chyme)	Estomac	▪ Inhibe la sécrétion et la motilité gastriques au cours de la phase gastrique de la sécrétion.
			Pancréas	▪ Accroît la sécrétion du suc pancréatique riche en ions bicarbonate; potentialise l'action de la CCK.
			Foie	▪ Accroît la production de la bile.
Sérotonine	Muqueuse de l'estomac	Aliments dans l'estomac	Estomac	▪ Déclenche la contraction des muscles lisses de l'estomac.
Somatostatine	Muqueuse de l'estomac; muqueuse du duodénum	Aliments dans l'estomac; stimulation par les neurofibres du système nerveux sympathique	Estomac	▪ Inhibe la sécrétion gastrique de toutes les substances.
			Pancréas	▪ Inhibe la sécrétion.
			Intestin grêle	▪ Diminue la circulation sanguine dans le tube digestif et inhibe ainsi l'absorption intestinale.
			Vésicule biliaire et foie	▪ Inhibe la contraction de l'organe et la libération de la bile.
Peptide vasoactif intestinal	Neurones entériques	Chyme contenant des aliments partiellement digérés	Intestin grêle	▪ Stimule la sécrétion de tampons; dilate les capillaires intestinaux.
			Pancréas	▪ Augmente la sécrétion.
			Estomac	▪ Inhibe la sécrétion d'acide.

* À l'exception de la somatostatine, tous ces polypeptides stimulent aussi la croissance des organes sur lesquels ils agissent (particulièrement de la muqueuse).

المراجع :

- احمد المجدوب القماطي : وظائف الاعضاء العام ، منشورات جامعة طرابلس ، 2007.
- كاثرين أنتوني وغاري ثيودور، ترجمة الزروق مصباح السنوسي وعتيق العربي الهوني: تركيب جسم الانسان ووظائفه، دار الكتب الوطنية بنغازي، ليبيا، 1996.
- صباح ناصر العلوجي : علم وظائف الأعضاء، دار الفكر، عمان، 2014
- عبد المجيد الشاعر وهشام كنعان وعماد الخطيب وهشام الخطيب والعبد العكايلة : علم وظائف الاعضاء دار البداية ، الاردن، 2010.
- عمر شكري وآخرون: التشريح الوظيفي، المكتبة الجامعية، أسيوط، 2003.
- غايتون وهول: المرجع في الفيزيولوجيا الطبية، ترجمة صادق الهلالي، دار أكاديميا،1997.
- رمزي الناجي وعصام الصفدي: علم وظائف الاعضاء، دار اليازوري ، الاردن، 2010.
- شتيوي العبدالله : علم وظائف الأعضاء، دار المسيرة، الأردن، 2012.

- Edgar Thill ,Raymond Thomas ,José Caja , Manuel de l'éducateur sportif, vigot 1994.
- Elaine N . Marieb, Anatomie et physiologie humaines, Pearson eucation,2010.
- Gerard Tortora, Bryan Derrickson, Anatomie et Physiologie Humaines, DeBoeck, 2022.
- Jürgen Weineck , Biologie du sport, vigot, 1998.
- Richard L. Drake, Wayne Vogl , Gray's Anatomy for Students ,2010.
- Silbernagl .S et Despopoulos .A, Atlas de Poche de Physiologie, Médecine-Sciences puplications, 2001.
- https://www.chuv.ch/fr/transplantation/cto-home/patients-et-familles/coeur/anatomie-et-physiologiehttps://www.cours-medecine.info/medecine/anatomie/