علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء)

يمكن تعريف علم الوظائف (الفسيولوجي) :-

بأنه ذلك الفرع من العلوم الحيوية الذي يتعامل مع الوظائف الكاملة للأعضاء المختلفة للجسم وهي بكامل صحتها ويؤكد على التغيرات التي تطرأ على الجسم بأكمله عند نشاط وعمل هذه الأعضاء أثناء قيامها بفعالياتها الأساسية والتحري عن **سبب وكيفية** أنجاز تلك الوظائف الحيوية الضرورية لإدامة حياة الكائن الحي .

أما **أبسط** تعريف يمكن أن ينطبق على الفسلجة :- **هو علم وظائف الكائنات الحية أو دراسة وظائف جميع أعضاء الجسم .**

يختص علم الفسلجة بدراسة كيفية عمل الجسم , ويعني علم الفسلجة بالمملكتين الحيوانية والنباتية غير أننا سنقتصر على المملكة الحيوانية . يبحث علم الفسلجة في فعاليات المادة الحية سواء على مستوى الكائن الحي بأكمله أو عضو منه أو على مستوى الخلية أو جزء منها , **والهدف** من علم الفسلجة **هو فهم معنى الحياة .**

يعد علم الفسيولوجيا أحد الفروع الهامة لعلم البيولوجي الذي يهتم بدراسة ظاهرة الحياة في الكائنات الحية بصورة عامة ، فالكائن الحي عبارة عن وحدة بيولوجية أي ((وحدة بنائية متكاملة مترابطة تتفاعل مكوناتها لتعطي ظاهرة الحياة للكائن الحي)) .
وعلم الفسيولوجي ((هو العلم الذي يهتم بدراسة كيفية حدوث وظائف الكائن الحي المختلفة مثل عمل جهاز الدوران ، جهاز التنفس ، الجهاز العضلي ، الغدد الصم... الخ)) .

وهذا يعني :

* **وصف وظائف الأعضاء في الكائنات الحية ((الإنسان ، الحيوان ، النبات...الخ)) .**
* **شرح وتفسير هذه الوظائف في ضوء القوانين الفيزيائية والكيميائية .**

عليه يمكن تفسير علم الفسيولوجي في ضوء ما تقدم بأنه ((فيزياء وكيمياء الكائنات الحية)) ، ولا يقتصر أن نعرف ما هي وظيفة هذا العضو أو ذاك ، فأن هذا الوصف غير كافي ولكن الأهم أن نفسر كيف يؤدي ذلك العضو تلك الوظيفة ونحاول اكتشاف آلية هذه الوظيفة فضلا عن دراسة العلاقة بين أنشطة أعضاء الكائن الحي والعوامل التي تؤثر على هذه الأنشطة إذ يعتمد علم الفسيولوجي على الفيزيائية والكيميائية والحيوية بالجسم.

ترتبط الفسيولوجية مع العلوم المورفولوجية مثل علم التشريح ، علم الخلية ، علم الأنسجة وارتباطه أيضا مع الكثير من علوم الطب فضلا عن ارتباطه بعلم النفس ليشكل ما يسمى بعلم النفس الفسيولوجي ، تعتمد الدراسات الفسيولوجية على الملاحظة والتجريب للظواهر الحية لوصفها وتقديرها ((نوعا وكما)) أو التعبير عنها في صور رقمية حجميه مع تسجيل النتائج في شكل كتابي أو أفلام... الخ .

من خلال كل ذلك فأن الدراسات الفسيولوجية تهدف أساسا إلى محاولة الإجابة عن الأسئلة الآتية :

1- ما هي الوظيفة ؟
2- كيفية أداء هذه الوظيفة .
3- ما هي العوامل المؤثرة على الوظيفة ؟
4- كيفية اندماج هذه الوظيفة مع الوظائف الأخرى .

من خلال الإجابة على هذه الأسئلة الأربعة يمكن دراسة أية موضوع من موضوعات علم الفسيولوجي .

مثال : لو أخذنا القلب كعضو في جهاز الدوران في جسم الإنسان... نرجع إلى الأسئلة الأربعة سابقة الذكر للإجابة عليها .

1- ضخ الدم إلى جميع أجزاء الجسم لتزويد أنسجة وخلايا الجسم بالأوكسجين والمواد الحيوية... وهذا هو الجواب على السؤال الأول .

2- استقبال الدم الوارد إليه من جميع أجزاء الجسم أثناء فترة ارتخاء عضلة القلب ثم يلي ذلك انقباض عضلته ليدفع الدم مرة أخرى إلى جميع أعضاء الجسم نتيجة لهذا الانقباض ... الجواب على السؤال الثاني .

3- أما العوامل المؤثرة على الوظيفة فهي ما يختص به الفرد ((العمر ، الجنس ، الظروف الحياتية ، الانفعالات ، الرياضة ...الخ.)) وهذا هو الجواب على السؤال الثالث .

4- إن القلب يرتبط بمعظم العمليات الحيوية في الجسم مثل توفير حركة الدم من الأوعية الدموية لكي ينتقل إلى جميع أجزاء الجسم وما يحتاجه من الأوكسجين والغذاء اللازم لإنتاج الطاقة وغيرها ...الجواب على السؤال الرابع .

من خلال ما تقدم شرحه من مفهوم وأهمية الفسيولوجيا ، إن ما يهمنا بالموضوع هو دراسة الإنسان على وفق كل ما ذكر الذي يعد أكبر أعجوبة في بناءهِ وتركيب أجزاءه ووظائف أعضاءه ، إن تركيب هذا الكائن الحي الفريد يتكون من :

1. الخلية : وهي أصغر وحدة بنائية في جسم الإنسان فالدماغ مثلا يحتوي على ((13)) مليار خلية عصبية فهي وحدة بنائية ووظيفية ،حيث يوجد في جسم الإنسان عدة انواع من الخلايا .

2. النسيج : وهو عبارة عن مجموعة من الخلايا تتشابه في التركيب والوظيفة والمنشأ ((أي نشأت كلها من نفس الطبقة الجرثومية في الجنين)) وتوجد في جسم الإنسان أربعة أنواع من الأنسجة ((الطلائية ، الضامة ، العضلية ، العصبية)).

3. العضو : هو ارتباط نسيجان أو أكثر بطريقة خاصة وهذه الأعضاء أكثر تعقيدا من الأنسجة وهي تؤدي الوظائف المختلفة والأنشطة التي يمارسها الإنسان .

هناك دائما نسيج واحد رئيسي هو المسؤول عن أداء العضو لوظيفته بينما تقوم بقية الأنسجة الأخرى بالمساعدة والدعم وعليه هناك نسيج رئيسي واحد وعدة أنسجة ثانوية. مثال: المعدة , فالنسيج الطلائي الذي يكون الغشاء المخاطي للمعدة هو النسيج الرئيسي الذي يؤدي وظيفة الهضم بينما العضلات ، الأعصاب ، النسيج الضام هي أنسجة ثانوية .

4. الجهاز : هو ارتباط مجموعة من الأعضاء وظيفيا والأجهزة أكثر وحدات الجسم تعقيدا ويؤدي كل منها وظيفة معينة أو مجموعة من الوظائف. وأجهزة جسم الإنسان عديدة منها :

1. جهاز القلب والدوران Heart and circulatory system
2. الجهاز التنفسي Respiratory system
3. الجهاز الهضمي Digestive system
4. الجهاز العصبي Nervous system
5. الجهاز الهيكلي Structural system
6. الجهاز التناسلي (التكاثر) Reproductive system
7. الجهاز البولي Urinary system
8. الجهاز الليمفاوي والمناعة Lymphatic system and immunity
9. جهاز الغدد الصماء Endocrine system
10. الجهاز العضلي Muscle Physiology

مثال / يؤدي الجهاز الهضمي وظائف عديدة هي:
- تناول الغذاء وهضمه.
- امتصاص وطرد الفضلات التي لا يمكن هضمها.

هذا هو جسم الإنسان مجموعة من الأجهزة المعقدة يتألف كل منها من عدة أعضاء ، وكل عضو من عدة أنسجة ، وكل نسيج من عدة خلايا ومحصلة هذه الوظائف جميعها تكون ما يسمى بالنشاطات الحيوية للإنسان ((هي الحياة نفسها)).

تقسم الدراسات الفسيولوجية إلى ثلاث أقسام:

1- الفسيولوجيا العامة : وهي تعنى بدراسة الخصائص الأساسية المشتركة بين معظم الكائنات الحية دون التقيد بنوع معين من هذه الكائنات كالحيوان , الإنسان , والنبات وهي دراسة العمليات الحيوية المميزة لكل كائن حي مثل التغذية ، التنفس ، التكاثر...الخ ، فهو يدرس التنفس مثلا كعملية حيوية بصورة عامة وهذا يعتمد على بناء الخلية والتي تتشابه في كثير من الخواص ((خلية أرنب ، سمكة ، ضفدعة)) هي واحدة ومتشابه.

2- الفسيولوجيا الخاصة : ويعنى هذا الفرع بدراسة الخصائص الوظيفية لمجوعة معينة من الحيوان أو النبات مثل فسيولوجيا ((الثديات ، الحشرات ، الأسماك)) , وقد تختص بدراسة نوع واحد ((فسيولوجيا الإنسان مثلا)).

3- الفسيولوجيا المقارنة : وهي دراسة مقارنة الطرق التي تؤدي بها الكائنات الحية وظائف متشابه. مثال : لو أردنا دراسة ظاهرة التنفس فأن الإنسان يتنفس والضفدع يتنفس والاميبيا تتنفس ولكن طريقة تنفس وميكانيكية التنفس تختلف من كائن إلى آخر وعليه فأن الآلية تختلف والأعضاء تختلف .

اختلاف علم الوظائف عن بقية العلوم الحياتية في أنه يتعلق بديناميكية المادة الحية في حين تهتم العلوم الأخرى بالحالة الاستاتيكية . إذ يتم تفسير الحياة ومضارها بمدرستين هما :

المدرسة الحيوية **Vitalistic** , أي وجود طاقة أو قوة حيوية تتحكم بالمادة الحية وهذه القوة كائنة خارج الجزيئات والذرات المكونة للمادة الحية ,

والمدرسة الآلية **Mechanism** , أي وجود أسس مادية لا تتعدى حدود الذرات والجزيئات المكونة للمادة ويتم اللجوء في هذا المفهوم إلى الوسائل الفيزياوية والكيمياوية لفهم معنى الحياة .

* لقد اظهرت الدراسات الحديثة رجاحة اعتقاد المدرسة الالية او الميكانيكية حيث ثبت بان المادة الحية تتبع القوانين الفيزيائية والكيميائية في فعالياتها (فعاليات المادة الحية عبارة عن فعالية الذرات والجزيئات المكونة لها ، كما ان فلسفة هذه المدرسة اكثر واقعية من المدرسة الحيوية واكثر تحفيزاً للبحث والاستقصاء.

أن أقدم فرع في علم الفسلجة هو علم الوظائف البشري Human physiology والذي يختص بدراسة وظائف الجسم البشري بأسره من المكونات الفرعية للخلايا للأجهزة الجسم ونظم الأجهزة , ثم علم وظائف اللبائن Mammalian physiology , بعدها في بداية النصف الثاني من القرن التاسع عشر وبظهور نظرية التطور العضوي Organic evolution للعالم دارون ظهر في الفترة ذاتها علمان للفسلجة هما :

علم الوظائف المقارن Comparative physiology : يبحث في الوسائل المتباينة التي تتبعها الحيوانات المختلفة في اداء وظيفة معينة كالحصول على الاوكسجين والغذاء وطرح الفضلات وغيرها.

وعلم الوظائف العام General physiology : تعترف باختلاف الوسائل التي بواسطتها تؤدي الكائنات الحية وظائفها المتعددة الا انها تؤكد وحدانية القوانين المتحكمة بالمادة الحية .

* اظهرت الابحاث صحة فلسفة علماء الفسيولوجيا العامة ، فمثلاً التنفس الخلوي ((اي تحرر الطاقة من المواد الاولية وتحولها الى Co_2 وماء)) يكون متشابه في جميع الكائنات الحية من الاميبا الى الانسان ، لا شك ان هنالك اختلاف في تفاصيل عملية التنفس لكنها من الضئالة بحيث لا تتناقض مع وحدانية العملية ، ونفس الشي يقال عن انتقال الايعاز العصبي Nerve impulse ، حيث ان طبيعة الايعازات العصبية متشابهة الى حد كبير بغض النظر عن المصدر الذي يكون الليف العصبي .

* لولا صحة النظرية الفسيولوجية العامة لما امكن احراز هذا التقدم في الطب لان اكثر التجارب تجري على الحيوانات ثم تطبق على الانسان.

ثم بظهور النظرية الخلوية Cell theory التي تقول بأن جميع الكائنات الحية تتألف من خلية أو مجموعة خلايا وهذه الخلايا بالإضافة إلى كونها وحدات بنائية هي أيضا وحدات وظيفية ظهر علم الفسلجة الخلوي Cellular physiology الذي يدرس الفعاليات الأساسية للخلايا الحيوانية أو النباتية , وعليه تعتبر الفعاليات الحيوية للكائن الحي أو العضو أو النسيج هي المجموع الكلي لفعاليات الخلايا المكونة لذلك الكائن أو العضو أو النسيج مثلا التنفس (هو مقدار ما يتم استهلاكه من الأوكسجين وطرح ثاني أوكسيد الكاربون) هو مجموع الفعاليات التنفسية لملايين عديدة من خلايا الجسم ، اخيراً قد تدرس الفسلجة عند مستوى التفاعل بين الكائن الفرد والبيئة التي يعيش فيها حيث يسمى علم وظائف الاعضاء البيئي Ecological physiology .

هناك أيضا فروع أخرى لعلم الوظائف أو الفسلجة حيث يتم دراسة مجموعة حيوانية كاملة منها علم فسلجة الحشرات Insect physiology وعلم وظائف أو فسلجة الاسماك Fish physiology بالإضافة إلى علم الوظائف النباتية Plant physiology .

وقد تدرس على مستوى الكائن الحي الفرد الكامل ويسمى علم وظائف الكائن الفرد Organismal ph. .

خصائص الكائنات الحية:

يتميز الإنسان كغيره من الكائنات الحية بصفة الحياة , وهذه الصفة تبدو من خلال عدة عمليات وصفات ، تميز الكائنات الحية من الكائنات غير الحية:

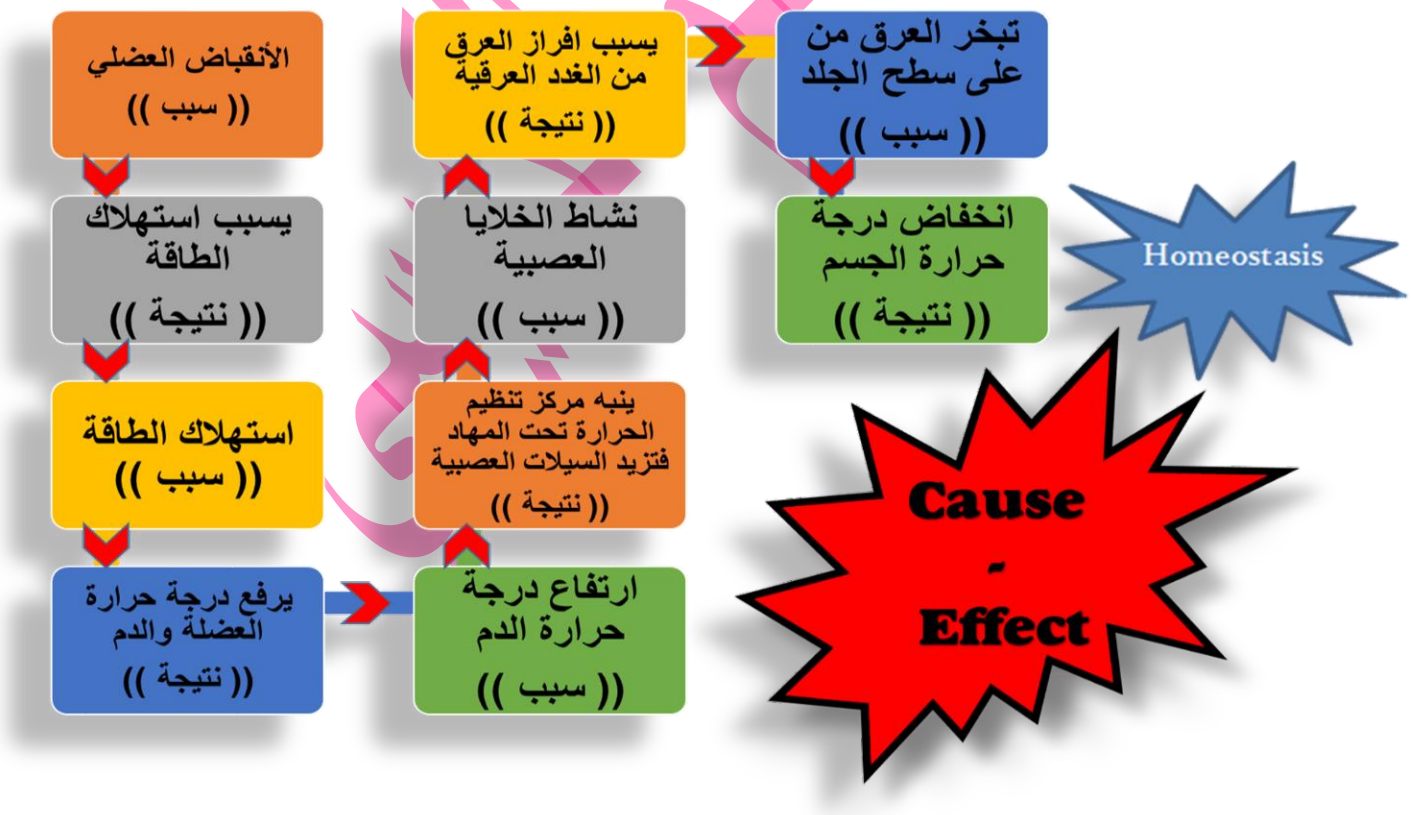
1- **التمثيل الغذائي** : ويشمل كل المراحل التي تبدأ من لحظة تناول الغذاء حتى لحظة التخلص من الفضلات .

2- **النمو** : ويبدأ من بداية تكوين الجنين وينتهي بانتهاء الحياة.

3- **التكاثر والتناسل** : وذلك للمحافظة على النوع , ويتم ذلك بالانقسام في الكائنات الحية البدائية وبالتزاوج في الكائنات الحية الراقية.

4- **الحركة** : وذلك للبحث عن الطعام والدفاع عن النفس , فتتحرك الكائنات الحية وحيدة الخلية والقلب والتنفس لإمداد العضلات بالدم والأوكسجين , أيضا يصاحبه زيادة في نشاط الجهاز الإخراجي للتخلص من الفضلات الزائدة ,

✓ومثل هذه التغيرات والمتفاعلات تنتظم وتترابط عن طريق الجهاز العصبي والجهاز الغدد الصماء , وهذا الاساس في علم وظائف الاعضاء.



طرائق دراسة الفسيولوجيا:

يعتبر علم الفسيولوجيا وعلم الكيمياء الحيوية Biochemistry من العلوم التجريبية Experimental Sciences اي ان نتائجها ومعطياتها Data يتم الحصول عليها من التجارب . بينما تعتبر العلوم الحياتية الاخرى على الاكثر علوم وصفية Descriptive Sciences اي انها تعتمد على الوصف Description والملاحظة Observation الدقيق دون الحاجة الى التجارب .

مثلاً : عندما يدرس عالم التشريح Anatomist عضلة معينة في الجسم فانه يحدد موقعها في الجسم وعلاقتها بالعضلات الاخرى وكيفية استنادها على العظم والاعصاب المتصلة بها والاوعية الدموية المغذية لها وربما يدرس ليف عضلي تحت المجهر ليقف على دقائق تركيب العضلة . اما علماء الفسيولوجيا Physiologist فانه لا يدرس العضلة بمجرد النظر اليها وانما يُعرض العضلة الى ظروف مختلفة ويدرس كيف تتقلص وقوتها ومقدار ما تصرفه من المواد الغذائية والاوكسجين والفضلات الناتجة عن التقلص وعلاقة التقلص بمقدار الحافز ... الخ .

اذاً مهمة عالم الفسيولوجيا معقدة وتحتاج الى نظام معقد من التجارب المعقدة وتحتاج الى مهارة خاصة للعمل وتفسير النتائج ، لذلك جندت كل العبقريات لمساعدة علماء الفسيولوجيا لتصميم اجهزة دقيقة فاصبح مختبر الفسيولوجيا زاخر بكافة الاجهزة والمعدات الالكترونية والميكانيكية . وبمقدور عالم الفسيولوجيا الان ان يضع حيوانا كالجرذ مثلا في جهاز خاص ليسجل ما يستهلكه من اوكسجين وما يطرحه من Co2 بواسطة حركة مؤشرات بدون الحاجة الى تحليل الهواء الداخل او الخارج من الرئتين.

ومن الطرق التقليدية لمعرفة وظائف الاعضاء هي:-

1. استئصال جزء من الكائن الحي كأن يكون نسيج او عضو وملاحظة تأثير فقدانه على فعالية الكائن الحي.
2. استخدام بعض العقاقير الكيمياوية او الوسائل الآلية كربط وعاء دموي وقطع جريان الدم الى عضو معين وذلك لتعطيل عمل العضو مؤقتاً وملاحظة تأثير هذا التدخل في وظيفته.
3. تغيير معدل نشاط العضو وملاحظة رد الفعل في جزء منه او في كله.
4. محاولة التعويض عن العضو بإعطاء الحيوان جرعاً من مفر ا زته مثل الثايروكسين عند استئصال الغدة الدرقية او اعطاء الانسولين عند ا ا زلة البنكرياس.

الوسائل التي تساعد في البحث ودراسة الفسيولوجيا :

اولاً : المجاهر Microscopes : وهي كثيرة ومتنوعة :

1- المجهر المركب Compound M.
2- المجهر ذو الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet M.
3- المجهر المستقطب Polarizing M.
4- المجهر ذو الحقل المظلم Dark-field M.
5- المجهر الالكتروني Electron M.

ثانياً: الكيمياء الحياتية Biochemistry

وهي دراسة التوزيع الطبيعي للانزيمات والمواد الاخرى في المناطق المختلفة من الخلية عن طريق تفاعلات تحدث بين مادة الخلية ومواد تضاف اليها ((الصبغات الحامضية والقاعدية)).

ثالثاً : دراسة الطيف الشمسي Spectroscopy

وهي دراسة مقدار امتصاص المواد للأشعة المرئية عن طريق امرار اشعة فوق البنفسجية ذات اطوال موجية مختلفة خلال اجزاء الخلية وقياس الاشعة الممتصة في كل حالة .

رابعا : النظائر المشعة Radioisotopes

احدث استعمالها في البحوث البايلوجية ثورة عارمة خاصة في مجال الفسيولوجيا والكيمياء الحيوية والوراثة .

خامساً : فصل الاجزاء الخلوية Cell fractionation

يمكن فصل الاجزاء الخلوية عن بعضها البعض وتنقيتها ثم دراستها ، وتتم الطريقة عن طريق مجانستها Homogenization في محلول ثم فصلها بواسطة جهاز الطرد المركزي Centrifuge .

المبادئ الاساسية للفسيولوجيا: Basic principles of physiology

ان من اهم المبادئ الاساسية للفسيولوجيا والذي يعتمد عليه نشاط الكائن الحي هي:

اولاً : تبادل المواد مع المحيط Exchange of Material with the Environment

يتميز الكائن الحي عن محيطه بالنواحي التنظيمية والكيميائية للحصول على مصدر الطاقة والمواد الضرورية لنموه ومستلزمات فعالياته الحيوية ، ومن اجهزة التبادل مع البيئة الخارجية الرئتان والكلية والقناة الهضمية والجلد وهذه الاعضاء تتميز بسعة سطوحها واتصالها بالأوعية الدموية الشعرية ، ويقدر السطح الفعال للأمعاء الدقيقة حوالي **10** امتار مربعة وللرئة **55** متر مربع وللكلية **6** أمتار مربعة.

ثانياً : الأيض Metabolism

يحصل الكائن الحي على الطاقة الضرورية لنموه وترميم اعضائه وانجاز فعالياته الحيوية من الغذاء ويتم تحرير الطاقة عن طريق تفاعلات كيميائية معقدة يتم من خلالها تحطيم الجزيئات الكبيرة الى جزيئات بسيطة او اكسدتها الى ماء وثاني اوكسيد الكاربون وتدعى عملية التقويض هذه بعملية الهدم **Catabolism** كما يقوم الكائن الحي في الوقت نفسه ببناء مواد معقدة من مواد بسيطة تسمى عملية البناء **Anabolism** وتدعى المحصلة النهائية لعمليتي البناء والهدم بالأيض.

ان دارسة الايض في مجال الكيمياء الحياتية يقتصر على التفاعلات الكيمياوية اما في مجال دارسة الجوانب الفسيولوجية فيقتصر دارسة الايض على استهلاك الاوكسجين والغذاء وانتاج ثاني اوكسيد الكاربون وانبعاث الحرارة او نتائج أخرى ، ومن الاجهزة المستخدمة لتحديد معدلات الايض هو جهاز قياس السعرات **Calrlimeters** ، ان الطاقة المتولدة من عمليات الايض لبناء جزيئات ضخمة مثل البروتين تكون عالية اما في عمليات التحويل من غذاء الى طاقة فتتصف بكونها طاقة واطئة وذلك لان معظم الطاقة تتحول الى حرارة بدلاً من طاقة نافعة ، ومن اهم العوامل والنشاطات التي تؤثر في معدلات الايض هي النوم والعمل الشاق والاضطراربات الحاصلة بسبب خلل في الغدد الصم.

ثالثاً : التنسيق الداخلي Internal Co-ordination :

يعتمد التنسيق الداخلي على حجم الكائن الحي ففي الاحياء وحيدة الخلية تكون الحركة العشوائية للمواد كافية لانتقالها بين اجزاء الخلية ، كما تعجل الحركة الدو رانية

Cyclosis عملية التنسيق ، اما في الاحياء ضخمة الاجسام توجد اليات أخرى لتحقيق التنسيق المطلوب بين اعضائها وخلاياها ومن بين هذه الاليات:

أ- وجود جهاز نقل متخصص مثل جهاز الدوران الذي يجلب مواد الى الخلايا ويحمل منها مواداً اخرى ((إذ ينقل جهاز الدوران المواد المنتجة عن الهضم لخزنها على هيئة كلايكوجين في الكبد او لنقل خزين الشحوم الى الخلايا لتوليد الطاقة كما ينظم درجة حرارة الدم ويحمل الفضلات لطرحها خارج الجسم)) .

ب- وجود جهاز للغدد الصم ((الذي يتألف من مجموعة غدد صم تفرز هرموناتها في الدم والذي ينقلها بدوره الى الانسجة والاعضاء المستهدفة فتزيد من نشاطها او تثبطه)) وتتميز الهرمونات بعملها التنسيقي البطيء مقارنة بالجهاز العصبي.

ت- وجود الجهاز العصبي الذي يحمل الرسائل على هيئة سيالات عصبية بين اجزاء الجسم بسرعة فائقة كما يحصل عند الاستجابة على هيئة منعكسات شوكية ، ويحدث التنسيق العصبي في حالات تتطلب سرعة التنفيذ مقابل التنسيق الهرموني الذي قد يستغرق عدة ساعات كما ان الاستجابات للتأثير الهرموني تكون طويلة الامد بينما تكون الاستجابات بواسطة الجهاز العصبي ليس بالأمر السهل وتسبب له انهاكاً لأنها تتطلب توليد سيالات عصبية متكررة ومستمرة لفترات طويلة اي تكون قصيرة الامد .

يشترك الجهاز العصبي وجهاز الغدد الصم بآلية من النوع الثنائي التأثير المتضاد إذ يكون نشاط العضو محصلة إما لتأثير هرمونين متضادين او لتأثير تنبيهين عصبيين متضادين وتسمى هذه الآلية بالدفع والسحب **Push-Pull** وهذه الآلية تكون افضل من استخدام تأثير واحد متدرج يتحكم بنشاط العضو.

رابعاً: الأستتباب Homeostasis:

يرى البايولوجيون أن الحياة عبارة عن نظام متناسق من التفاعلات الكيميائية. وبالطبع فليس كل نظام من التفاعلات الكيميائية يمكن أن يكون حياة . ولكن الحياة لا يمكن أن تكون بدون النظام المتناسق من هذه التفاعلات.

يؤدي تَعرُض الكائن الحي للمثيرات إلى اختلال النظام المتناسق لتفاعلاته الكيميائية ، أي اختلال إتزانه الكيميائي والحيوي الذي كان قائماً قبل تعرضه لهذه المثيرات . وفي هذه الحالة يسعى لاتخاذ استجابة معينة من شأنها أن تُعيد إليه حالة الاتزان السابقة . فتعرُض العين مثلاً للضوء يُغير من الحالة الكيميائية لشبكية العين ، نتيجة سقوط الضوء عليها . وهذا التغير الكيميائي

يتحول إلى تغير كهربائي ، وشحنة كهربائية ينقلها العصب البصري إلى المخ لإتمام عملية الإبصار . ولكن إذا تعرضت العين لضوء مُبهر شديد فإن التغير الكيميائي الناتج يكون شديداً هو الآخر ، إلى حد إحداث الألم ، أو يعرّض شبكية العين لخطر دائم . وفي هذه الحالة يسعى العضو - العين- إلى إزالة الألم في محاولة لاستعادة الاتزان مرة أخرى ، وذلك بغلق جفن العين لإبعاد تأثير الضوء المبهر الذي أدى إلى اختلال الاتزان .

يؤدي تعرض الجلد لمثير مؤلم - وخز إبرة مثلاً - إلى اختلال اتزانه نتيجة ما أحدثه المثير من تغير كيميائي في الخلايا اللمسية الموجودة على سطح الجلد . وهنا ينسحب العضو الذي تعرض للمثير بصورة آلية للابتعاد عن مصدر الألم ، وبالتالي استعادة الاتزان السابق . ومثل هذه العمليات تتم على هيئة الفعل المنعكس الآلي ، الذي لا يتدخل فيه الفرد .

وبشكل عام فإن الكائن الحي في حالة تعرض مستمر للمثيرات ، سواء كانت مثيرات داخلية أو خارجية . وهذا التعرض يؤدي إلى توتر أعضاء الجسم ، فتسعى للتخلص من هذا التوتر ، بحيث تعود إلى حالة الاستقرار مرة أخرى . وتتم عملية إعادة التوازن هذه عن طريق الجهاز العصبي الذاتي ، والحبل الشوكي .

بالتالي يمكن أن نعرف ***عملية الاتزان البيولوجي أو الحيوي*** على أنها العملية التي تعمل على ثبات النشاط الوظيفي للكائن الحي . وتتم هذه العملية من خلال العديد من أنظمة الضبط والسيطرة التي توجد على مستوى الخلايا والأعضاء والأجهزة ، وما يربط كل هذه المستويات من علاقات .

إذن ***فالاتزان البيولوجي أو الحيوي*** : إتزان داخلي يشير إلى ثبات البيئة الداخلية للكائن الحي . فالعوامل الداخلية والخارجية تعمل باستمرار على تغير حالة الكائن وأنسجته وخلاياه وأعضائه . وعلى الرغم من هذا التعرض المستمر فإن وسائل التوافق والتوازن ، وعوامل المقاومة داخل كل من الجهاز العصبي والجهاز الغُدي ، تعمل على بقاء حالة الكائن الحي ثابتة ومستقرة برغم العوامل المتغيرة التي يتعرض لها .

وقد ظهر مصطلح الاتزان الحيوي Homeostasis في أواخر القرن التاسع عشر ، ليُشير إلى مجموعة من العمليات البيولوجية التي تميل للحفاظ على بعض متغيرات الجسم قرب مستوى الثبات .

ولتوضيح هذا المصطلح نتعرض لمفهوم التغذية الرجعية Feedback الذي يُعد أحد المفاهيم الأساسية في علم الضبط والتحكم Cybernetics الذي يعني مجموعة من المفاهيم التي تحكم عمل أي منظومة System تتكون من أجزاء مختلفة ، وتعمل في ترابط وبعلاقات متبادلة . بحيث تتحكم المنظومة في ذاتها ، معتمدة على ما تتبادله أجزاؤها من معلومات تجعل كل جزء فيها يعدل من عمله في ضوء النتائج التي تصل إليها الأجزاء الأخرى أثناء عمل المنظومة التي تهدف في عملها إلى تحقيق هدف معين وهو الاتزان.

للاطلع فقط ويمكن أن نضرب مثالاً على ذلك في المجال الكهربائي وهو الثلاجة المنزلية . فطريقة عملها تعمل وفق منظومة مكونة من مجموعة أجزاء . وهذه الأجزاء

تعمل في تكامل بينها لتنظيم عمل الثلاجة ، وتحقيق هدف ما هو الحفاظ على درجة حرارة الغرفة الداخلية لها . وتتكون الثلاجة من غرفة تبريد ، وماطور ، وجهاز الإحساس بالحرارة (ثرموستات) الذي ينظم العمل . والثلاجة تعمل وتتوقف حسب درجة حرارة غرفة التبريد ، وهي الدرجة التي نحددها سلفاً عن طريق ضبط الثرموستات . وعندما ترتفع درجة حرارة غرفة التبريد عن الدرجة المطلوبة ، يشعر جزء من الثرموستات بهذه الزيادة ، وينقل هذه المعلومة إلى جزء أخر منه ، ينغلق فيتسبب في توصيل الدائرة الكهربائية للموطور . ويقوم الأخير وفق معلومة توصيل الدائرة بالعمل لإعادة درجة غرفة التبريد إلى ما المستوى الذي كانت عليه قبل ارتفاع درجة حرارتها . وعندما تصل درجة الحرارة داخل الغرفة إلى المستوى المطلوب ، تصل المعلومة مرة أخرى إلى الجزء الحساس في الثرموستات ، فينقلها إلى جزء آخر يعمل على فصل الدائرة الكهربائية للموطور ، فيتوقف عن العمل . وهكذا تستمر هذه العملية - دون تدخل منا - حتى تحافظ هذه المنظومة على تحقيق هدفها المتمثل في الوصول بدرجة حرارة غرفة التبريد إلى مستو ثابت لا يتغير .

ويبدو من السابق أننا بإزاء منظومة تدخل لبعض أجزائها معلومات معينة نسميها مُدخَلات Inputs ، وهي المعلومات الخاصة بدرجة حرارة غرفة التبريد . وهذه المعلومات يستقبلها الثرموستات ، فيعطي بدوره معلومات أخرى نسميها مُخرَجات Outputs . والتي تصل إلى الماطور ليبدأ في العمل أو يتوقف. وكل هذا يحدث في دائرة مغلقة تمر بها تغذية الرجعية ، ترتد من الغرفة إلى الثرموستات إلى الماطور . وهذه التغذية تعتمد على المعلومات التي تتبادلها أجزاء المنظومة ، بهدف تثبيت درجة الحرارة . وهي في سبيل ذلك تمر بحالة من عدم الاستقرار تسمح بتذبذب درجة حرارة غرفة التبريد حول مستوى متوسط ، سرعان ما تستعيد بعده الدرجة الثابتة المطلوبة . **الى هنااا للاطلاع فقط**

يفصل غطاء الجسم في الحيوانات بين البيئة الخارجية والبيئة الداخلية ، ومن اهم منجزات التنسيق الداخلي هو تحقيق ثبوت البيئة الداخلية ، وان الكثير من المثبتات كدرجة الحرارة والاس الهيدروجيني للسوائل الجسمية ونسبة كلوكوز الدم او تركيز الايونات تبقى ثابتة ضمن حدود ضيقة وان اي حيود عنها يمكن ان يعبر عن حالة مرضية لذلك مكنت حالة الاستتباب الخلايا من المحافظة على تركيبها الكيمياوي بما يتناسب نشاطها واذا اختل لسبب او لآخر فسرعان ما يعود الى وضعه السابق بفضل **آلية التغذية الاسترجاعية Feedback Mechanism** ..... ***وهذه الآلية تكون على نوعين:-***

أ- تغذية استرجاعية موجبة **Positive F.B.M.**

مثالها: ان انخفاض نسبة مستوى هرمون الاستروجين في الدورة الشهرية تحفز هرمون المحفز للجريبات FSH (Follicle Stimulating Hormone) والذي بدوره يحفز افراز الاستروجين وتكون النتيجة زيادة في تركيز كل من هرموني الاستروجين والهرمون المحفز للجريبات.

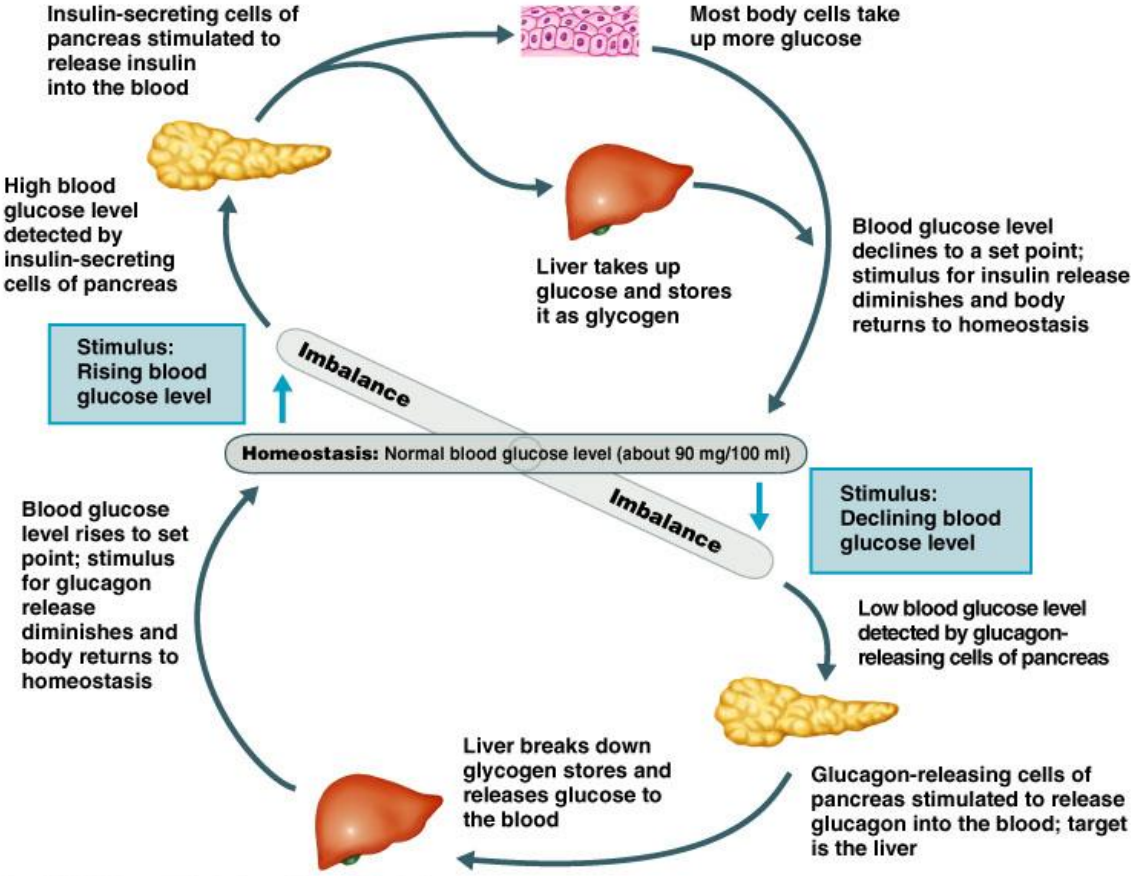
ب- التغذية الاسترجاعية السالبة Negative F.B.M.

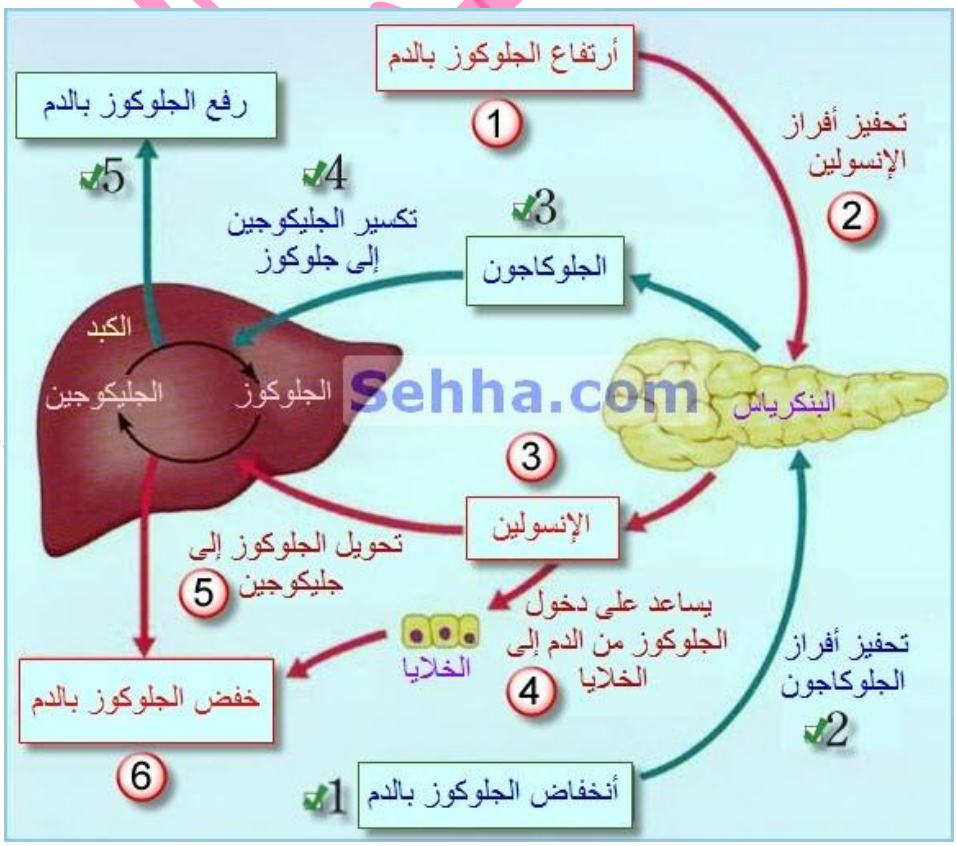
وهذه التغذية تكون أكثر شيوعاً في العمليات الفسيولوجية وتحصل فيها استجابة او رد فعل فسيولوجي فمثلا يعمل هرمون الكلوكاكون الذي يفرزه البنكرياس- بتحويل الكلاكوجين المختزن في الكبد إلى كلوكوز يزيد من مستوى السكر في الدم ، في حالات انخفاض السكر . أما في حالات زيادة مستوى السكر في الدم يقوم البنكرياس بإفراز الإنسولين الذي يعمل على أكسدة الكلوكوز ، وتحويل بعضه إلى كلاكوجين فتتنبه خلايا الكبد لتخزينه . وبهذه الطريقة يظل مستوى السكر ثابتاً في الدم ، وهو الأمر الذي يعد ضرورياً لعمل الجهاز العصبي على نحو سليم .

وبوجود النوعين مع ذلك فإن الجسم لا يستخدمها لأنها ببساطة بدلاً من أن تؤدي إلى تنظيم وتحقيق الثبات الداخلي ، وبالتالي الاستمرار في الحياة ، نجدها تؤدي إلى الموت . فكيف يحدث ذلك ؟ .

إن التغذية الرجعية الموجبة تخلق حلقة مفرغة من الآثار المترتبة على مثير واحد، إنها تسير في اتجاه واحد وليس اتجاهاً دائرياً . ولنضرب مثالاً توضيحياً لهذه التغذية : لو أن أحد الأشخاص نزف كمية كبيرة من الدم (2 لتر أو أكثر) ، فإن هذا النزف - وفقاً للتغذية الرجعية الموجبة - يؤدي إلى نقص كمية الدم في الجسم ، وبالتالي تنقص كمية الدم المتاحة للقلب لضخها ، ومن ثم ينخفض ضغط الدم . وينتج عن هذا الانخفاض نقص كمية الدم المغذية لعضلة القلب ، مما يؤدي إلى ضعف هذه العضلة بشكل متزايد ، فلا تستطيع أن تضخ كمية الدم المطلوبة للأعضاء للقيام بوظائفها . وهكذا تستمر هذه العملية في دائرة مفرغة تنتهي بالموت .

أما في التغذية الرجعية السالبة - وهي التي تحاول استعادة التوازن - فإن نزف الدم ونقص كميته يؤدي إلى تنظيم ضربات القلب وضغط الدم ، وأتساع الأوعية الدموية . وكل هذه الوظائف تسعى للحفاظ على ما تبقى من دم داخل الجسم ، حتى تستطيع بقية الأعضاء القيام بوظائفها . إنها تحاول تقليل نسبة الفاقد من الدم ، أي تحاول الحفاظ على حياة الكائن . وبالطبع فإن هناك حدوداً لهذه العملية تتوقف على مدي ما يفقده الجسم من الدم . وإذا ما تعدت هذه الكمية نطاق قدرة الجسم على الحفاظ على أدائه ، فإن النتيجة تكون الموت أيضاً .





خامساً : التنسيق الخارجي External Co-ordination

تؤثر التغيرات في عوامل البيئة الخارجية على نشاط وسلوك الاحياء لذلك جهز تطور الاحياء بجهاز عصبي واعضاء الحس الخاص لفحص المحيط واستشعار ما يطرأ عليه من تغيرات ، ففي الفقريات تصل المعلومات عن المحيط الخارجي من المستقبلات الى الجهاز العصبي المركزي عبر الالياف العصبية الحسية ويستجيب اليها الحيوان بسيالات عصبية من العصبات المحركة الى المنفذات

((العضلات والغدد)) وتكون الاستجابة على نوعين:

أ- استجابة بسيطة على هيئة منعكسات اذا تمت بمستوى الحبل الشوكي من غير أن يتدخل الدماغ وذلك لكون رد الفعل السريع يجنب الحيوان الخطر ولا يحتاج الى تفكير.

ب- استجابة معقدة تحصل في حالة تدخل الدماغ ويحدث في حالات وسلوكيات غريزية تحسبا لظروف الشتاء كجمع الغذاء او الهجرة الى اماكن مناسبة ، او قد تأخذ الاستجابة شكلاً تكيفياً مثل السبات او نمو الفراء بغزارة او بناء المساكن وتبدل في عادات التغذية والملبس كما يحدث عند البشر.

الدكتور هيثم الكبيسي

علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

فسيولوجيا جهاز الدوران CIRCULATORY SYSTEM

تحتاج خلايا جسم الإنسان إلى أكسجين وغذاء بشكلٍ مستمر للقيام بعملية التنفّس الخلوي **Cellular respiration** في الميتوكندريا **Mitochondria** داخل الخلايا للحصول على الطاقة اللازمة للقيام بالأنشطة المختلفة للخلايا ، ويتولّى الدم عملية النقل **Transportation** للأكسجين والغذاء لجميع الخلايا في جسم الإنسان ، كذلك يأخذ الدم الفضلات لإرسالها لجهاز الإخراج ، ويأخذ ثاني أكسيد الكربون لإخراجه عن طريق الرئتين ، إذ يُعتبر الدم بمثابة حلقة وصل بين أعضاء الجسم المختلفة.

يعرّف *جهاز الدوران* بأنه الجهاز المسؤول عن انتقال الدم في جسم الإنسان ، ويتكوّن بشكل رئيسي من الدم السائل الأحمر الذي يحتوي على أنواع خلايا مختلفة تقوم بوظائف مختلفة في غاية الأهمية ، وينقل الدم الهرمونات والأكسجين والغذاء والغازات الأخرى من وإلى الأعضاء المختلفة ، وينتقل الدم من خلال الأوعية الدمويّة ، وهي عبارة عن أنابيب تتكوّن من عضلات ملساء **Smooth muscles** تقوم بمهمة نقل الدم بين القلب وأجزاء الجسم المختلفة ، وتنقسم إلى الشرايين **Arteries** والأوردة **Veins** والشعيرات الدمويّة **Blood capillaries** .

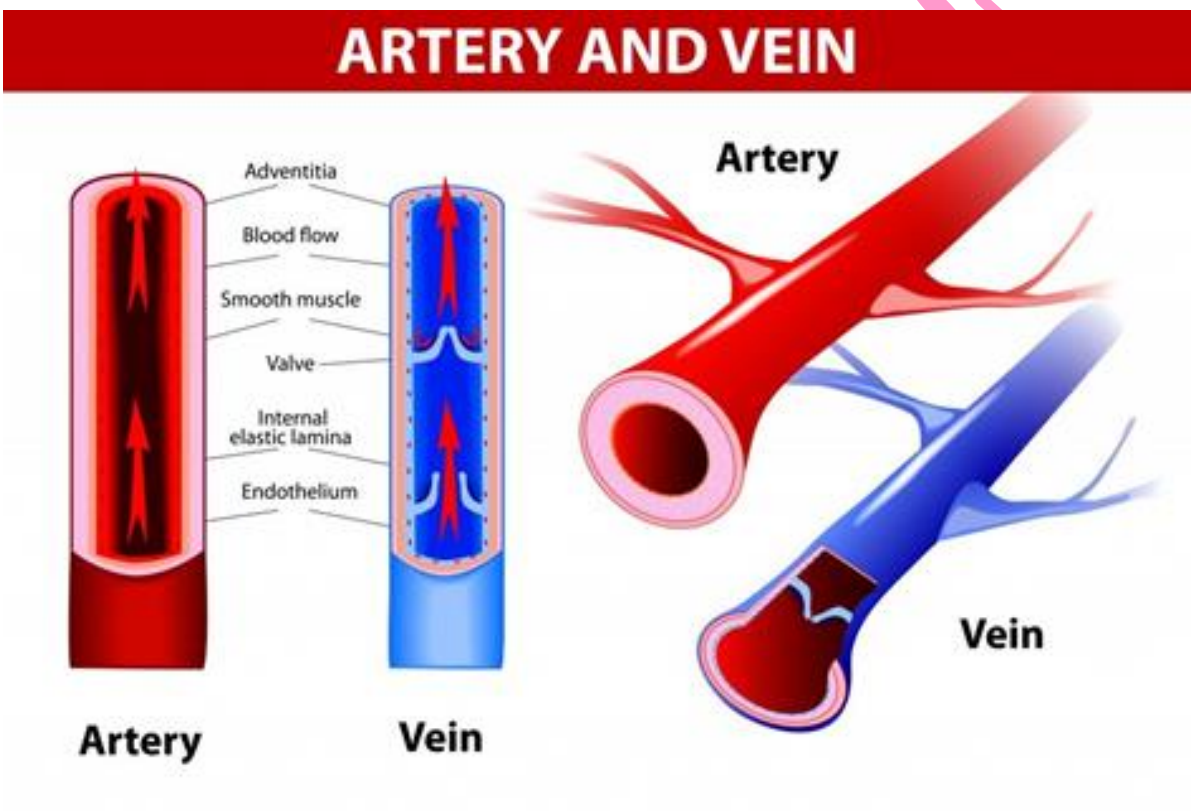
كما يعرف جهاز الدوران أو الجهاز القلبي الوعائي **Cardiovascular system** (*القلب والاوعية الدموية*) هو الجهاز المسؤول عن دوران الدم **Blood** ضمن الجسم باعتبار الدم الحامل الرئيس للأكسجين من الرئة **Lung** إلى سائر أنسجة الجسم ، و ليقوم بعد ذلك بنقل غاز ثاني أكسيد الكربون السام إلى الرئة لطرحه خارج الجسم.

المركز الرئيسي لجهاز الدوران هو عضلة معقدة التركيب تقوم بدور المضخة للدم إلى أنسجة الجسم و إلى الرئتين أيضا ، تدعى هذه المضخة بالقلب **Heart** ((هو عضو عضلي مجوف يدفع الدم ضمن جهاز الدوران بما يشبه عمل المضخة، مشكلا العضو الرئيسي في الجهاز القلبي الوعائي أو ما يعرف بالجهاز الدوراني)) ، يتصل القلب بدوره مع الرئتين و الأنسجة البشرية عن طريق أوعية دموية **Blood vessels**

مؤلفة من انابيب عضلية مرنة لتتحمل ضغط الدم ، يمكن تقسيمها إلى :

- شرايين **Arteries** : مهمتها نقل الدم من القلب إلى الأعضاء المختلفة بما فيها الرئتين.
- أوردة **Veins** تقوم بإرجاع الدم من الأعضاء المختلفة و الرئتين إلى القلب .

♡ اذاً نقطة انطلاق الشرايين هي القلب في حين تنتهي الأوردة في القلب.

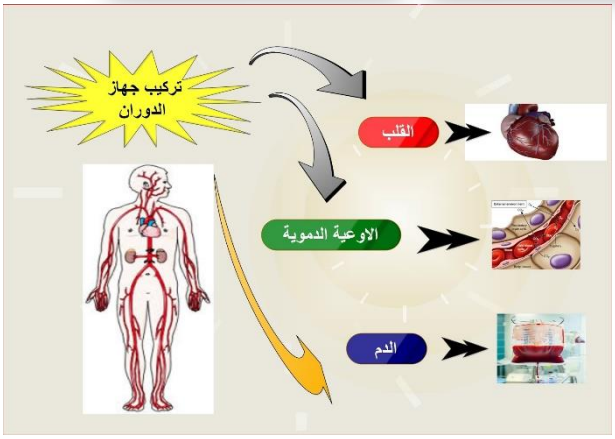


وجهاز الدوران نوعين هما

1) جهاز الدوران المغلق **Circulatory System Closed** : وفيه يجري الدم في اوعية دموية مرتبطة مع بعضها بواسطة الشعيرات الدموية كما في الفقريات والديدان الحلقية.

2) جهاز الدوران المفتوح **Circulatory System Open** : لا يوجد اتصال بين الاوعية الدموية ويصب الدم في تجاويف بين الانسجة تسمى الجيوب **Sinuses** كما في النواعم والمفصليات .

تمتلك جميع اجهزة الدوران في الفقريات صفات ثابتة فالقلب يضخ الدم داخل الشرايين **Arteries** التي تتفرع الى فروع دقيقة تسمى الشرينات **Arterioles** ثم الى الشعيرات الدموية **Blood capillaries** ليتركها الدم الى الوريدات ((الاوردة الصغيرة)) **Venules** ثم الاوردة **Veins** التي تعيده الى القلب من جديد.



يتكون جهاز الدوران الدموي من :

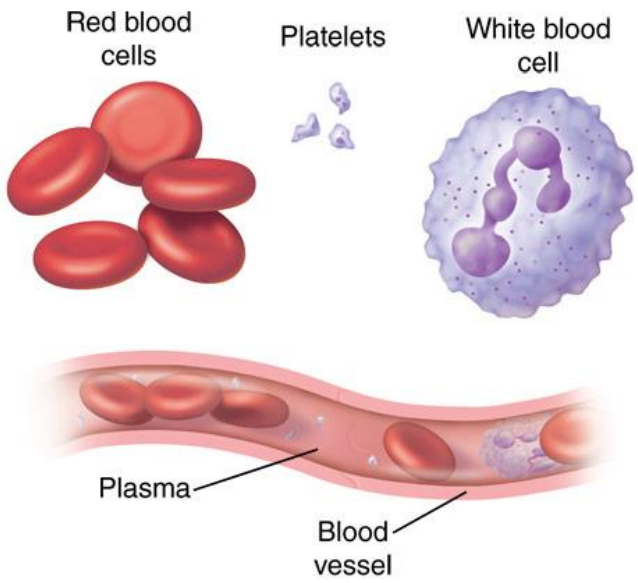
1) الدم Blood

2) الأوعية الدموية Blood vessels :

- ✓ شرايين Arteries
- ✓ واوردة Veins
- ✓ الشعيرات الدموية Blood capillaries

3) القلب Heart

اولاً : الدم THE BLOOD



يُعد الدم سائلاً لزجاً من الانسجة الرابطة Connective Tissues يميل للقاعدية (PH 7.4) ، يُشكل الدم ثمانية بالمئة من كتلة الجسم، فإن كانت كتلة شخص مُعين ستين كيلوغراماً ، فإن 4.8 منها دم ، أي ما يُقارب خمسة لترات ، يتكون من عناصر متشكلة Formed Elements هي الخلايا الدموية (الحمراء والبيضاء) - يتم إنتاجها في النخاع العظمي Bone Marrow للعظم الطويل – والصفائح الدموية ومن مادة بينية Intercellular Matrix سائلة البلازما .

وظائف الدم

1) الدفاع عن الجسم ((الحماية Protection)) : وذلك عن طريق إنتاج الاجسام المضادة Antibodies التي تُحارب الجراثيم ، وتتخلص من الميكروبات المُهاجمة ، والتي تتسبب في الإصابة بالعديد من الأمراض.

2) التوازن المائي في الجسم Water balance in the body : يحفظ الدم توازن الماء في الجسم ، وذلك نقل الماء الزائد من القناة الهضمية ، أو التخلص منه من خلال الجلد على هيئة عرق Sweat ، أو من خلال الكليتين على صورة بول Urine .

3) تنظيم حرارة الجسم Regulate body temperature : من خلال إفراز العرق لترطيب الجلد ، أو من خلال زيادة حرق السكر في الدم من أجل توليد الطاقة ، ورفع درجة حرارة الجسم .

4) التنظيم : Regulation ((تنظيم السوائل الجسمية Water balance تنظيم الشوارد Electrolytes))

5) إيقاف النزيف بواسطة الصفائح الدموية التي تسد طريق الدم بشكل مؤقت بتكوين الخثرة الدموية Clotting ، ثم تُنتج العناصر التي تُساعد على التئام الجروح.

6) إيصال المواد ((النقل Transport)) : مثل الأكسجين، السوائل، المواد الغذائية Nutrients ، الهرمونات Hormones ، الفضلات Wastes ، الفيتامينات Vitamins لكافة أعضاء الجسم ، ثم عودته مُحملاً بثاني أكسيد الكربون، ومُخلفات الغذاء بعد تحوله إلى طاقة في الجسم مع بعض المواد الأخرى التي تُخرجها الخلايا.

✓ تركيب الدم Blood composition

يتركب الدم من مكونين:

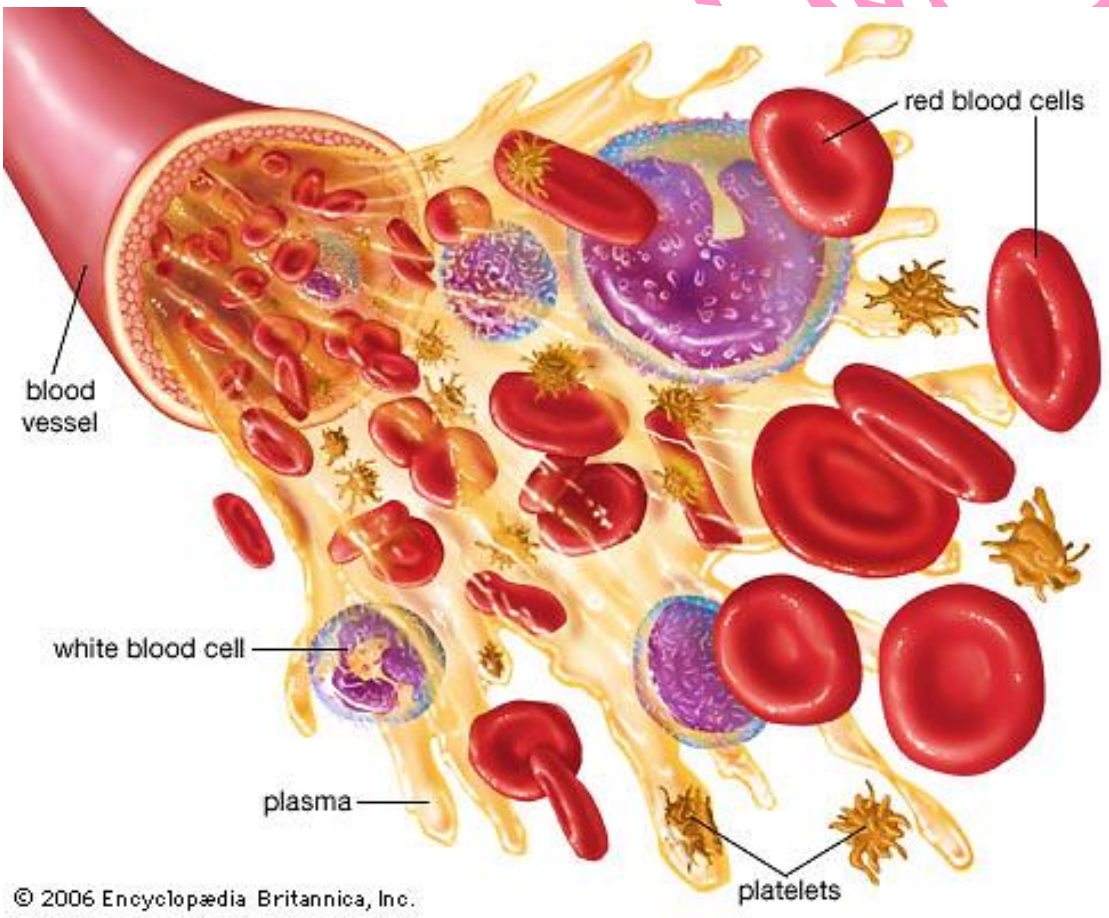
1) العناصر المتشكلة Formed Elements .. وتشمل :

a) كريات الدم الحمراء RBC ((Red Blood Cells)) ((Erythrocytes))

b) خلايا الدم البيضاء WBC((White Blood Cells))

c) واشباه خلايا هي الصفائح الدموية Platelets

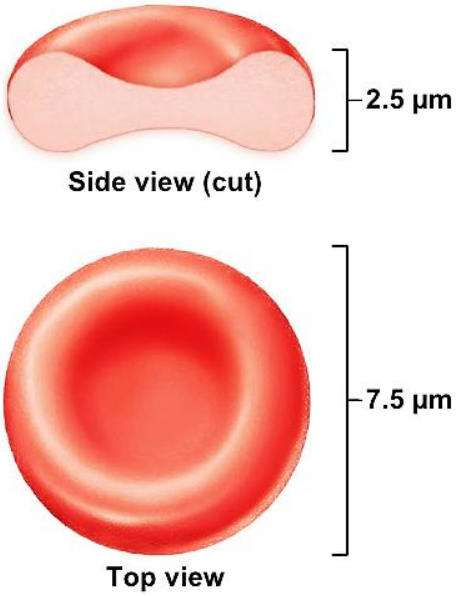
2) البلازما Plasma



وسنتطرق لكل مكون بشيء من التفصيل .....

a) كريات الدم الحمراء RBC ((Red Blood Cells)) ((Erythrocytes))

يبلغ معدل خلايا الدم الحمراء في جسم الانسان (5×10^6 / µl) خلية ، تتكون في نخاع العظم **Bone Marrow** ، قرصية الشكل ، مقعرة الوجهين مما يرفع من مساحة سطح الخلية وزيادة التبادل الغازي ، عديمة النواة مما جعلها غير قادرة على تعويض نفسها ، سمكها عند الحواف **2** مايكرومتر وفي المركز واحد مايكومتر ، اما قطرها حوالي **(8 - 7.5)** مايكرومتر ، تبلغ فترة حياتها **120** يوم فقط ، تفقد تقريباً جميع عضيأتها عند النضج ، غير قادرة على التنفس الهوائي لخلوها من المايتوكندريا وهذا يمنعها من إستهلاك الاوكسجين المنقول الى الأنسجة ، وهي تقوم بالتخمرات غير الهوائية . تحتوي سايتوبلازم الخلية الحمراء بشكل رئيسي على **33 %** هيموكلوبين وهي الصبغة الحمراء التي تعطيها لونها واسمها، يقوم الهيموكلوبين بحمل معظم الاوكسجين وبعض ثاني أوكسيد الكاربون المنقول في الدم ، ولها وظيفتان هي : نقل الاوكسجين من الرئتين الى الأنسجة ، ونقل ثاني أوكسيد الكربون من الأنسجة الى الرئتين بوساطة الهيموكلوبين ، كما ان الغشاء البلازمي للخلايا الناضجة يتكون من **glycolipids, glycoproteins** وهي المحددة لفصيلة الدم ، ووجد نوعين من البروتينات على سطحها الداخلي هي **Actin** و **Spectrin** وهذه الخاصية مهمة للخلايا الحمراء فهي التي تعطيها المرونة والمتانة للمرور خلال الشعريات الدموية التي تكون اقل قطرا من قطر الخلية الحمراء . عند إنتهاء فترة حياتها فان بروتينات الغشاء خاصة **Spectrin** تسوء مما يزيد من هشاشة غشائها الخلوي علما بان الخلية الحمراء لا تستطيع تصنيع الـ **Spectrin** لخلوها من النواة والرايبوسومات ، كما وجد ان بعض الامراض الوراثية تؤثر على بناء هيكل الخلية مما يمنع تكوين الشكل القرصي ويعطي الخلية شكلاً كروياً **Spherocytosis** او بيضوياً **Elliptocytosis** ، وخلايا ذات اشكال كهذه عادة ما تتحلل بسرعة اعلى من المعتاد مسببة فقر الدم **Anemia** ، ويعد الطحال **Spleen** مقبرة **Graveyard** خلايا الدم الحمراء .

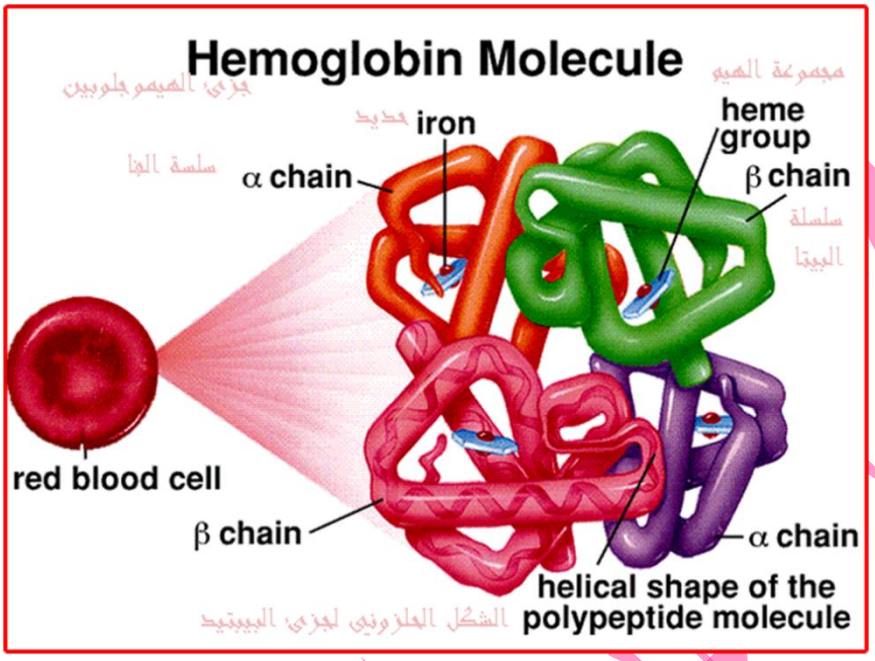


صبغة هيموجلوبين (خضاب الدم) Hemoglobin

تحتوي خلايا الدم الحمراء على هيموجلوبين وهو صبغة حمراء تعطي الخلية لونها الاحمر الفاتح ، وتحتوي الخلية الواحدة على حوالي **(300)** مليون جزء من هيموجلوبين ، يرتبط هيموجلوبين بالاوكسجين عند وجود الاخير بتركيز او بضغط جزئي عالي ثم يقوم بتحريره في الانسجة ذات الضغط الجزئي المنخفض لاوكسجين ، كما يرتبط هيموجلوبين في الانسجة بثاني اكسيد الكربون ويحرره في الرئتين.

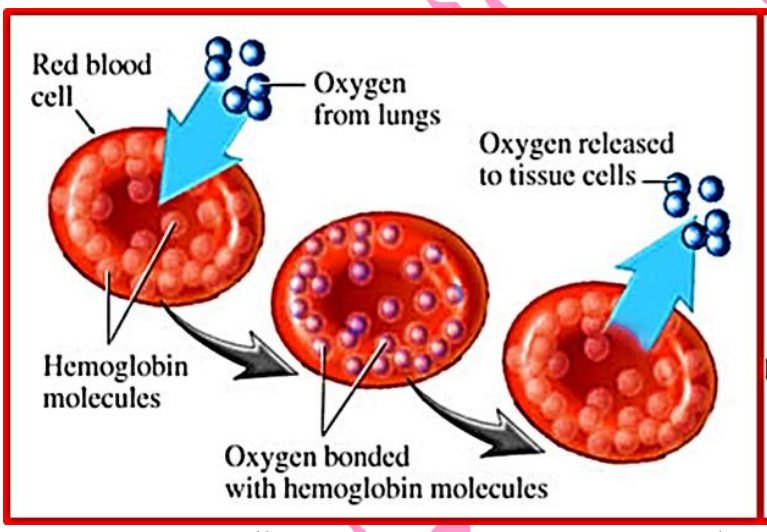
للهيموجلوبين كذلك القدرة على الارتباط بايونات H^+ وبذلك يشكل مادة منظمة لدرجة الاس الهيدروجيني.

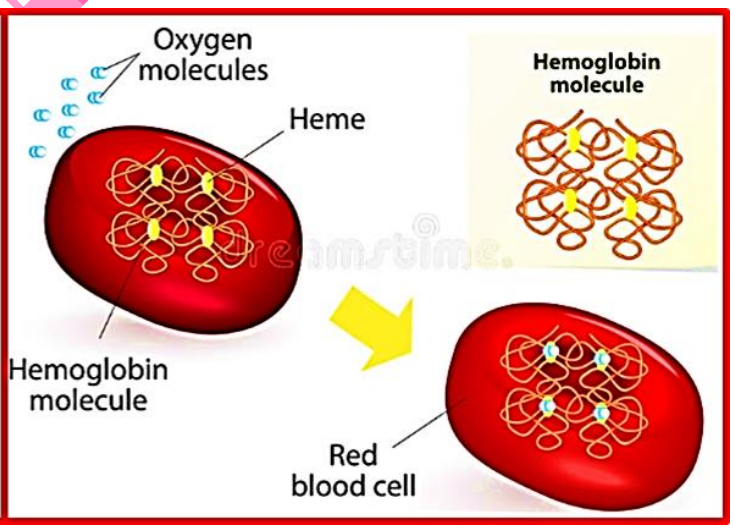
يتكون جزء هيموجلوبين من بروتين يدعى جلوبين **globin** ومن اربع مجموعات هيم **heme** مرتبطة به. يتالف الجلوبين من اربع سلاسل عديدة الببتيد اثنتان منها من نوع **الفا α** واثنتان من نوع **بيتا β** ، ويرتبط بكل سلسلة مجموعة هيم شبه حلقية ، يقع في مركزها ذرة حديد قادرة على الارتباط بجزيء اكسجين (O^+) وهكذا فان جزيء هيموجلوبين الواحد قادر على الارتباط كحد اعلى باربع جزيئات اكسجين.



كم جزيئا من اكسجين يمكن لخلية دم حمراء واحدة ان تحمل حدا اعلى عند الاشباع ؟

يرتبط الاكسجين بهيموجلوبين عند مرور خلايا الدم الحمراء في الرئتين ويكون





الارتباط هشا اذ يشكلان معا مركب اوكسي هيموغلوبين **Oxyhemoglobin** ذي اللون الاحمر الفاقع . وعند وصول الدم الى انسجة ذات ضغط جزئي منخفض الاوكسجين كالعضلات اثناء التمرين يتحلل هذا المركب ويتحرر الاوكسجين تاركا هيموجلوبينا مختزلا **Hemoglobin Reduced** ذا لون احمر داكنا.

يبلغ تركيز هيموغلوبين في دم الرجل 16 ± 2 غرام/100 مللتر وفي دم الانثى 14 ± 2 غرام/100 مللتر وحيث ان كل غرام هيموجلوبين قادر على الارتباط بحوالي 1.34 مملتر من الاكسجين لذا فان قدرة الدم على حمل الاكسجين Oxygen-carrying capacity يمكن حسابها بضرب تركيز هيموجلوبين (بالغرام/100 مللترا من الدم) في قدرة الغرام الواحد على الارتباط باكسجين وهذا يعطي حوالي (20 – 21) مللترا من الاكسجين في كل 100 مللتر من الدم (يعبر عنها عادة بالنسبة المئوية اي (21%)

انواع هيموجلوبين Types of hemoglobin

يوجد عدة انواع من هيموجلوبين :

فالنوع الاول الذي ينتجه الجنين يدعى HbF ، بينما ينتج الشخص اليافع اشكالا مثل (HbA_1 بنسبة 96%) و HbA_2 (نسبته 2%) ، المصابون بفقر الدم المنجلي Sickle cell anemia هيموجلوبين S (HbS) .

تتباين انواع هيموجلوبين تركيبيا في الجزء البروتيني الجلوبين بينما تتباين وظيفيا في قدرتها على الارتباط باكسجين ، فهيموجلوبين F له قدرة عالية على الارتباط باكسجين لكي يمكن الجنين الذي يعيش في ظروف من نقص الاكسجين من اقتناص كمية كافية من اكسجين اثناء مرور الدم القصير في المشيمة .

b) خلايا الدم البيضاء WBC ((White Blood Cells)) ((Leukocytes))

تمتاز خلايا الدم البيضاء بانها وحيدة من بين العناصر المتشكلة التي تحتوي انوية وعضيات اخرى . تمثل اقل من 1% من حجم الدم ويتراوح عددها بين (11,000-4000) خلية في مايكرومتر واحد . تتكون في نخاع العظم Bone Marrow و والغدة الزعترية Thymus gland و الانسجة الليمفية Lymphatic tissues .

تدعى الزيادة في عدد خلايا الدم البيضاء في الدم عن المعدل الطبيعي تكاثر خلايا الدم البيضاء Leukocytosis ، ويعتبر هذا التكاثر فيزيولوجيا عندما يتراوح العدد بين 10,000 الى 20,000 كما في الولادات وحالات الحمل والاضطرابات العاطفية والدورة الشهرية ، ولكنه يصبح مرضيا عندما يزداد العدد الى حوالي 10 اضعاف فما فوق (اي 50,000 / ميكرولتر) ويحدث ذلك بفعل العدوى البكترية والفيروسية والاضطرابات الايضية والهرمونية والحساسية والسرطانات . يؤدي تضاعف خلايا الدم البيضاء بشكل زائد ومرضي الى سرطان الدم الابيض او الوكيميا Leukemia ، من جانب اخر فان نقص خلايا الدم البيضاء بسبب تاثير الادوية السامة او الاشعاعات يدعى مرض اليكوبينيا Leukopenia .

وظائف خلايا الدم البيضاء WBC Functions

بوجه عام تقوم خلايا الدم البيضاء بوظيفة دفاعية ، فهذه الخلايا تصل تيار الدم بعد تكوينها مباشرة غير انها لا تمكث فيه طويلاً بل سرعان ما تتسرب عبر جدران الاوعية الدموية بعملية تدعى القفز **Diapedesis (leaping across)** نحو الانسجة الضامة والليمفية حيث تقوم بوظيفتها الدفاعية والتي تتمثل في تحطيم البكتريا والفايروسات والطفيليات والخلايا السرطانية والسموم وكذلك انتاج الاجسام المضادة وانتاج كثير من الرسل الكيميائية والانزيمات ، وعلى الرغم من ان كل نوع من انواع الخلايا البيضاء الدموية له وظيفة نوعية محددة (جدول رقم 1) فان كل وظيفة تعد ضرورية لاداء وظيفة الدفاع المتكامل في الجسم .

تتسرب الخلايا البيضاء من الدم بفعل عوامل الجذب الكيميائية **Chemotactic factors** والتي تفرزها الميكروبات او الانسجة المتضررةبفعل الاجسام الغريبة في الجسم ، تقوم الخلايا البيضاء بتلاع المواد الغريبة بالبلعمة **Phagocytosis** وتحطيمها بما تفرزه حبيباتها من انزيمات محللة **Hydrolytic enzymes** .

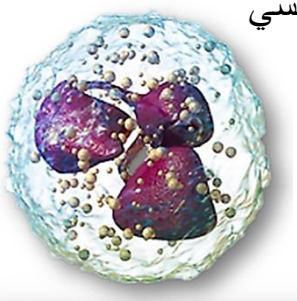
انواع خلايا الدم البيضاء Types of White Blood Cells

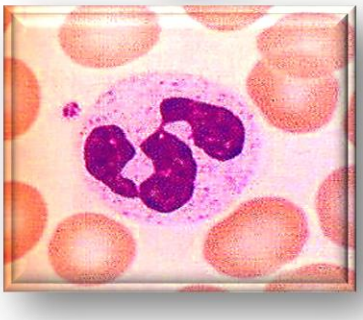
اولاً)) خلايا الدم البيضاء المحبية Granulocytes والتي تحتوي حبيبات سايتوبلازمية وتشمل :

1) الخلايا العدلة Neutrophils :

تدعى الخلايا ذات النواة متعددة الاشكال **Polymorph nuclear Leukocytes** وتشكل **70-60 %** من الخلايا البيضاء وبمتوسط عدد **4150** خلية / **µl** ، تتكون نواتها عادة من **3- 5** فصوص على شكل حرف **C** أو **S** لذلك تدعى الخلايا ذات النواة متعددة الاشكال **Polymorph nuclear Leukocytes** ، يبلغ قطرها **12-9 µm** ، يحتوي السايتوبلازم على حبيبات دقيقة جداً تصبغ بالاصباغ القاعدية والحامضية مما يعطيها لوناً وسطا بين الازرق والاحمر .

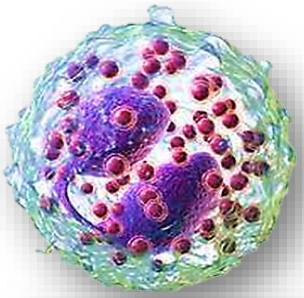
تعتبر الحبيبات اجساما محللة تحتوي على انزيمات محللة مثل **Peroxidase** ، كما تحتوي مواد اشبه ما تكون مضادات حيوية تدعى المدافعات **Defensins** حيث تترتب على هيئة ببتدات طويلة تشكل رؤوس اسهم تصنع ثقوبا في اعشية الخلية المتطفلة وتسبب تمزقها ، اما الانزيمات المحللة فانها تسبب قتل البكتريا والفطريات بعملية تدعى الانفجار التنفسي **Respiratory burst** اذ ان ايض الاوكسجين يسبب انتاج المجموعات الحرة للاوكسجين **Free radicals** و وفوق اكسيد الهيدروجين **(H_2O_2)** وكلها مواد شديدة الفعالية وقاتلة للبكتريا.

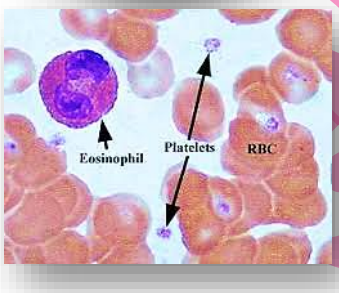




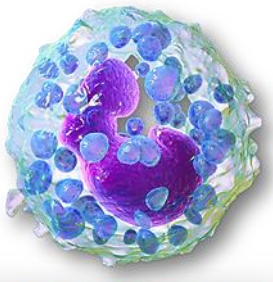
2) الحامضية Eosinophil or Acidophil :

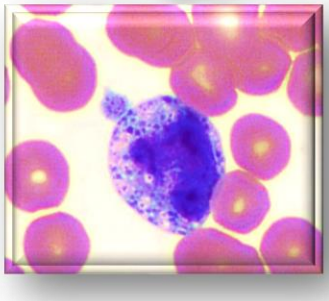
تشكل **2 – 4%** من خلايا الدم البيضاء بمتوسط عدد **165** خلية/**mμ** ، و يبلغ قطرها **10 - 14 μm** ، والنواة لها فصان كبيران مرتبطتان بخيط سميك ،تصطبغ بصبغة الايوسين الحامضية معطية لوناً قرمزياً يميز حبيباتها الكبيرة الخشنة والتي تحتوي على الانيمات المحللة (مثل : **Oxidase , Peroxidase , Phosphatase**) والاخيرة ليس لها القدرة على قتل البكتريا ولكنها تحطم السموم والمواد الغريبة ، كما انها تنشط في حالات الاصابة بالديدان الطفيلية مثل الديدان المفلطحة والاسطوانية ، كون هذه الديدان كبيرة الحجم يجعل امر ابتلاعها بواسطة الخلايا الاكولة امرا صعباً ولكن هذه الخلايا تصب افرازاتها على سطح الديدان مما يسبب هظم طبقاتها الواقية ، ومن الانزيمات المهمة في هذا الهضم بروتين يدعى البروتين القاعدي الرئيسي **Major basic protein (MBP)** . كذلك لهذه الخلايا دور في تقليل حدة تفاعلات الحساسية اذ تقوم بابتلاع معقدات الاجسام المضادة المتكونة اثناء الحساسية وفي ابطال عمل بعض المواد المسببة للالتهابات المفرزة اثناء تفاعل الحساسية.





3) القاعدية Basophil :



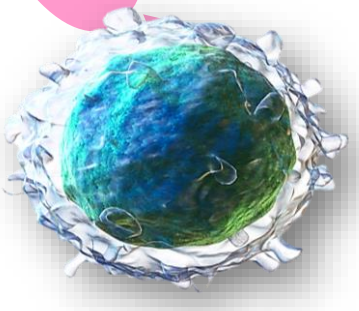


وتشكل 0.5 – 1% من خلايا الدم البيضاء بمتوسط عدد 44 خلية ، يبلغ قطر الخلية 10 – 12 µm ، النواة كبيرة وعلى شكل U او S بسبب احتوائها على تخصرين او ثلاث تخصرات ظاهرة ، وفيرة الحبيبات الخشنة والتي تصطبغ بالصبغات القاعدية مما يعطيها اللون الارجواني الاسود القريب الى اللون البنفسجي الغامق ، تزداد اعدادها في جدري الماء Chicken pox ، السكري Diabetes mellitus ، وظائفها : إفراز الهستامين Histamine والذي يرفع من تدفق الدم الى الانسجة (من الجدير بالذكر ان الهستامين مادة باسطة للاوعية الدموية ويجعلها اكثر نفاذية مما يشكل موقعاً التهابياً وبالتالي جاذب للخلايا البيضاء الاخرى الى موقع الاتهاب) كما تفرز الهيبارين (المادة المانعة للتخثر anticoagulant) والتي تعزز حركة بقية خلايا الدم البيضاء بمنعها التخثر .

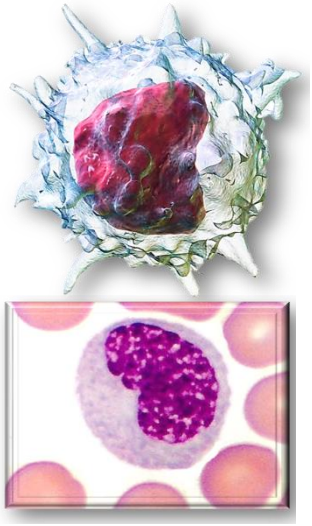
ثانياً) خلايا الدم البيضاء غير المحبية Agranulocyte والتي لا تحتوي حبيبات سايتوبلازمية وتشمل :

1) الخلايا اللمفاوية Lymphocyte

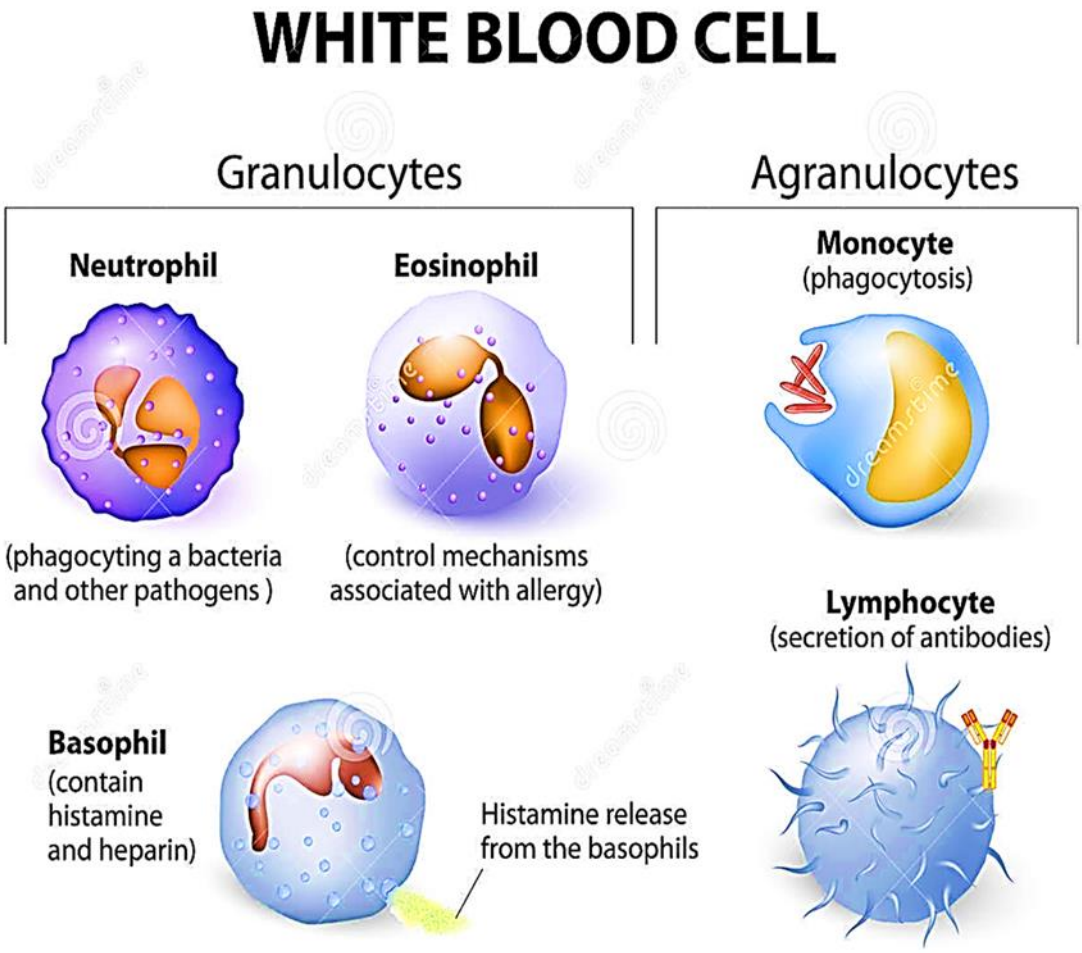
تشكل 20 – 40% من خلايا الدم البيضاء ، بمتوسط عدد 2185 خلية/ ماكروليتر ، تمتاز بوجود النواة كروية في الغالب ذات لون ارجواني داكن وحجم كبير يملا معظم الخلية فيما عدا قليل من السايتوبلازم المحيطي الذي تصطبغ باللون الازرق الباهت ، يوجد عدة احجام من الخلايا الليمفية ويفضل الباحثون تصنيفها الى خلايا ليمفية كبيرة واخرى صغيرة ، والاخيرة هي التي تتواجد بكثرة في تيار الدم ، اما الكبيرة فتتواجد في الانسجة الليمفية ، تصنف الخلايا الليمفية وظيفياً الى نوعين : ✷خلايا ليمفية من نوع B وهذه تتحول الى خلايا بلازمية Plasma cell تفرز الاجسام المضادة Antibodies ، ✷وخلايا ليمفية من نوع T ذات دور في مهاجمة خلايا الجسم المصابة بالفايروسات او الخلايا السرطانية بشكل مباشر .



2) خلايا وحيدة النواة : Monocytes



تشكل من 1 – 6% من خلايا الدم البيضاء ، بمتوسط عدد 456 خليةٌ / ماكْروليتْر تمتاز هذه الخلايا بانها الاكبر حجماً بين الخلايا البيضاء وهي تمتلك نوتة كلوية الشكل على شكل حرف U ، السايتوبلازم يملا جزءا كبيرا من الخلية وهو خالي من الحبيبات وذو لون رمادي الى ازرق ، عند مغادرة الخلايا الوحيدة الدورة الدموية الى الانسجة تتحول الى خلايا ملتهمة كبيرة Macrophages والاخيرة تزداد في اعدادها في حالات العدوى المزمنة مثل عدوى السل الرئوي Pulmonary tuberculosis ، كما انها ذات دور مهم في دفاع الجسم ضد الفايروسات والبكتريا المتواجدة داخل الخلايا ، وكذلك لها دور في تنشيط الخلايا الليمفية لاحداث الاستجابة المناعية .



c) اشباه خلايا هي الصفائح الدموية (خلايا التخثر) Thrombocytes (Platelets)

ليسّت خلايا لكنها قطع من خلايا منتجة للخلايا الكبيرة Megakaryocytes ، يبّلغ قطرها 2-4µm وتمتلك lysosomes, endoplasmic reticulum, golgi complex تكون قادرة على الحركة الاميبية والبلعمة (phagocytosis) تحوي عوامل عديدّة تشترك في وظيفّة الصفائح الدمو ية. في الانسان تّراوح عددها بينّ 150,000 – 350,000 صفيحّة / ماكّروليّر من الدم ، وللصفائح وظائف كثيرّة منها :

تفرز عوامل التخثر والتي تعزز تخثر الدم ، تفرز عوامل التقلص الوعائي Vasoconstrictors والتي تسبب التشنج الوعائي في الاوعيةّ المتهرئة ، تكونّ الخثرة المؤقتة لوقف النزف ، إذابة الخثرة الدمو يةّ ، البلعمة وتحطيمّ البكتريا ، إفراز كيمّاوياّت لجذب العدلات ووحيدّة النواة الى موقع الالتهاب ، إفراز عوامل النمو التي تحفز الانقسام mitosis للـــ Fibroblasts والعضلات الملساء وتساعد في المحافظة على بطانة الاوعيةّ الدمويةّ.

علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

ثبات الدم Hemostasis

يطلق تعبير ثبات الدم على عملية ايقاف النزيف والتي تسمى ايضاً عملية التخثر او (التجلط) Clotting (coagulation) ، السبب في استخدام تعبير ثبات الدم هو ان عملية ايقاف النزيف هي اكثر عمومية من تخثر الدم الذي يعتبر عنصرا واحد من عناصر ايقاف النزيف ، فعند جرح وعاء دموي وتدفق الدم منه تحدث الاستجابات الاتية على التعاقب من اجل وقف هذا النزيف والابقاء على حجم الدم ومكوناته ثابتة ؟؟؟ :

1) حدوث تضيق في الوعاء الدموي المجروح مما يقلل تدفق الدم فيه .
2) تكوين سدادة من الصفائح الدموية Platelets plug في مكان الجرح لايقاف تدفق الدم مؤقتاً .
3) حدوث عملية تجلط الدم (coagulation) Clotting التي تعزز السدادة الصفائحية وتوقف النزيف لفترة اطول ريثما تنمو الانسجة الرابطة التي تغلق الجرح بشكل نهائي .
4) تراجع الجلطة وتحللها لكي لا تؤدي الى اغلاق الوعاء الدموي والى منع تدفق الدم منه بشكل دائم .

تجلط الدم Blood clotting (coagulation)

يطلق مصطلح تجلط الدم على عملية ايقاف نزف وفقدان الدم من الوعاء الدموي عند تعرضه لضرر ما ، وتمر العملية بالخطوات الاتية:

1) التقلص الوعائي (Vascular spasm)

ويتم بتقلص العضلات الملساء لجدار الأوعية الدموية في موقع الجرح لتقليل تدفق الدم عبر الجرح .

2) تكوين سدادة الصفائح الدموية (Platelet plug formation)

يمر بمراحل متعددة :

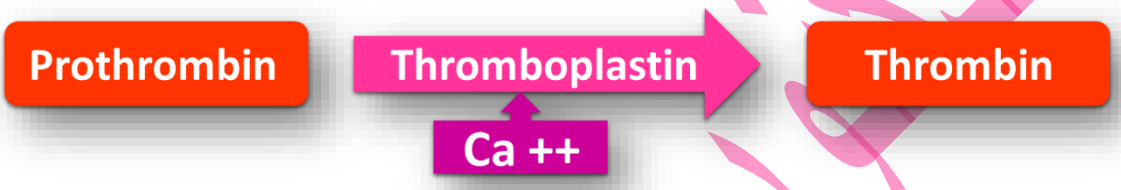
(طور تلامس الصفائح) والتي تبدأ بملامسة الصفائح الدموية للجزء الممزق من الأوعية الدموية ويحدث تغير لهذه الصفائح إذ تكبر في الحجم ولها بروزات عديدة تلامس بعضها البعض

يلي ذلك (طور إطلاق التفاعلات) :حيث تفرز الصفائح جزيئات مصادر للطاقة المخزنة (ATP, AD)

والبروستكلاندين (**Prostaglandin**) الذين ينشطا الصفائح الدموية ، والسيروتنين **Serotonin** فتساعد في تقلص الأوعية الدموية ،والأنزيمات وايونات الكالسيوم وعوامل التجلط **clotting factor** .

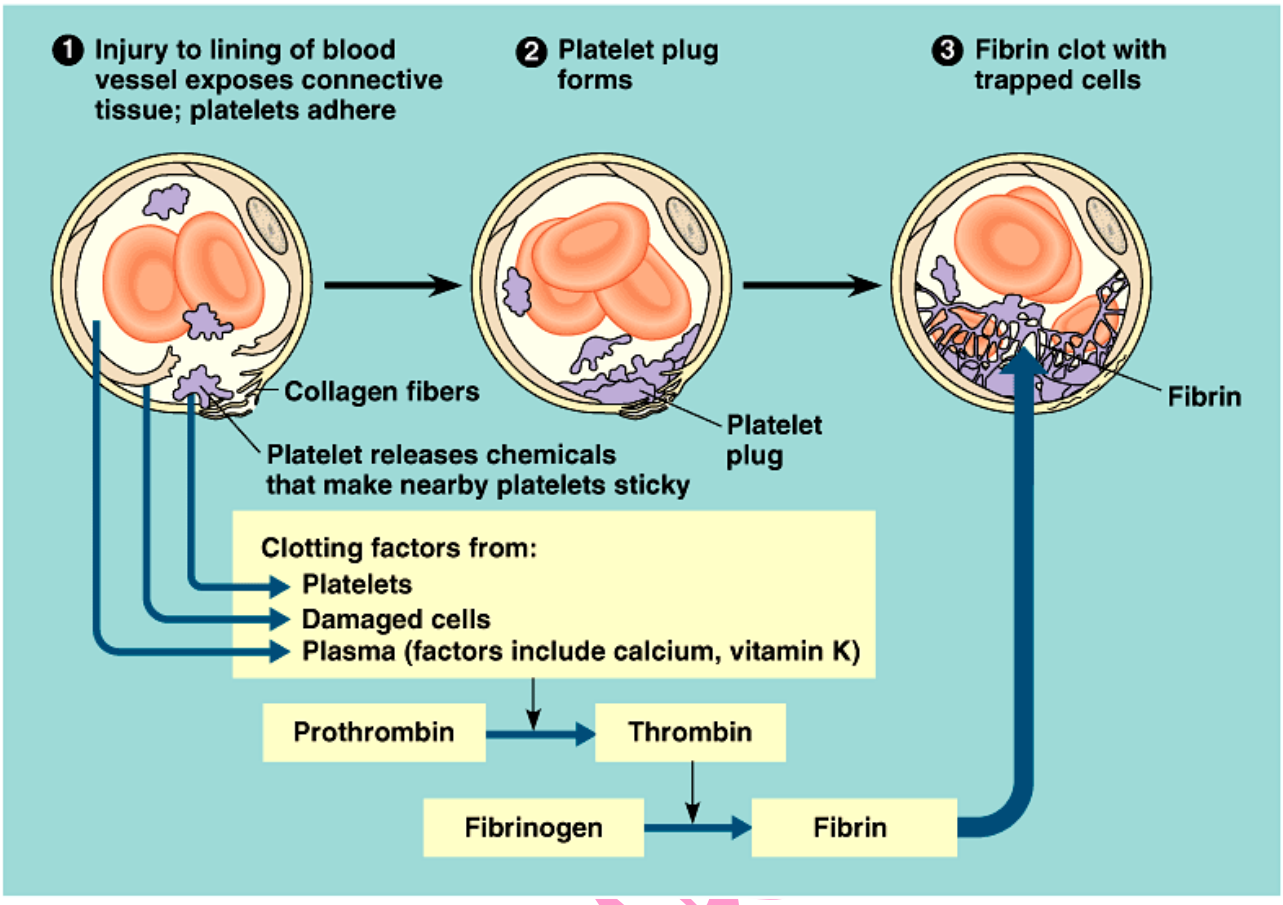
3)تكون الجلطة الدموية : تتكون الية التجلط من سلسلة من التفاعلات الكيميائية ينتج عنها تحويل بروتين - البلازما الفيبرونوجين من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة لتحويلة الى الفيبرين **Fibrin** على شكل ألياف تتشابك مع بعضها . *وكما موضح في ادناه* :

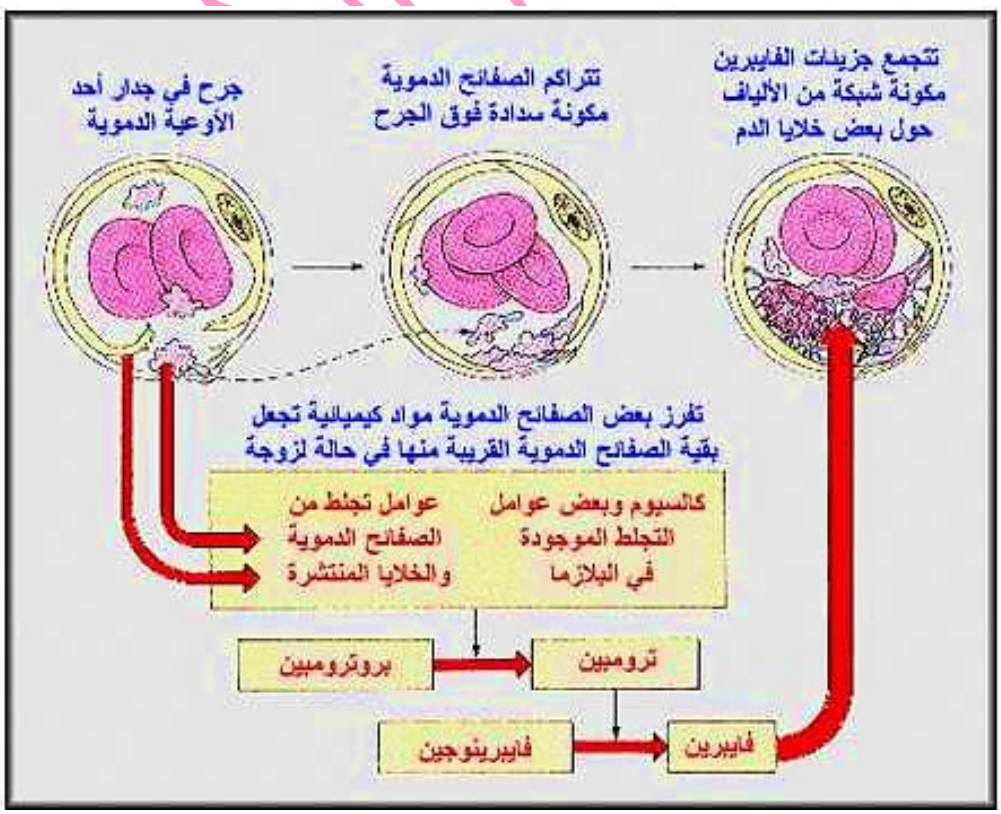
A) يتحول الثرومبين الاولي بوجود انزيم الثرمبوبلاستين وأيوانات الكالسيوم الى انزيم الثرومبين النشط:-



B) يعمل انزيم الثرومبين **Thrombin** على تحويل الفيبرونوجين **Fibrinogen** الذائب الى فيبرين **Fibrin**

وبعد تحول الفايبرينوجين الى فايبرين بشكل خيوط دقيقة متشابكة تتوقف عندها كريات الدم الحمر وباعداد كبيرة ولذلك تاخذ الجلطة اللون الاحمر اما السائل الاصفر الباهت المترشح فانه يمثل مصل الدم وتوجد هناك **15** عامل للتجلط في الدم وإذا فقد احدها يصاب الشخص بنزف الدم . وتحتاج عملية التجلط الى وجود فيتامين **K** .


1 Injury to lining of blood vessel exposes connective tissue; platelets adhere
2 Platelet plug forms
3 Fibrin clot with trapped cells
Collagen fibers
Platelet releases chemicals that make nearby platelets sticky
Platelet plug
Fibrin
Clotting factors from:
Platelets
Damaged cells
Plasma (factors include calcium, vitamin K)
Prothrombin
Thrombin
Fibrinogen
Fibrin


جرح في جدار أحد الأوعية الدموية
تتراكم الصفائح الدموية مكونة سدادة فوق الجرح
تتجمع جزيئات الفايبرين مكونة شبكة من الألياف حول بعض خلايا الدم
تفرز بعض الصفائح الدموية مواد كيميائية تجعل بقية الصفائح الدموية القريبة منها في حالة لزوجة
كالسيوم وبعض عوامل التجلط الموجودة في البلازما
عوامل تجلط من الصفائح الدموية والخلايا المنتشرة
بروثرومبين
ثرومبين
فايبرينوجين
فايبرين

جدول (1) انواع مكونات الدم ووظائفها مميزاتها

الدكتور هيثم الكبيسي

2) البلازما Plasma

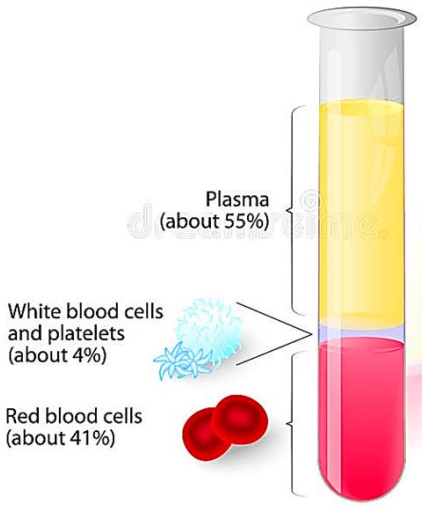
سائل معقد تجري فيه العناصر المتشكلة للدم ، يمكن الحصول عليه باخضاع الدم المضاف له مانع تخثر للطرد المركزي لعدة دقائق فتترسب خلايا الدم ويبقى سائل رائق هو البلازما ، كما يمكن

نوع خلية الدم	قطرها µm	عددها /مايكرولتر من الدم	فترة العمر	الوظيفة
RBC	8-7	4 - 6 مليون	100- 120 يوم	نقل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون
WBC		4-11 الف		
خلايا الدم البيضاء المحببة Granulocytes				
Neutrophils	14-10	7000-3000 بمعدل (4150) خلية	6 ساعات – ايام قليلة	التهام البكتريا والفطريات
Acidophil	14-10	400-100 بمعدل (165) خلية	12-8 يوم	قتل الديدان الطفيلية ، ابطال عمل المواد الالتهابية اثناء تفاعل الحساسية.
Basophil	12-10	50-20 بمعدل (44) خلية	ساعات - ايام قليلة	تحرر الهستامين المسبب للالتهابات ، تفرز هيبارين كمانع تخثر.
غير المحببة Agranulocyte				
Lymphocyte	17-5	3000-1500 بمعدل (2185) خلية	ساعات - سنوات	تعطي الاجسام المضادة ، تبدأ استجابة مناعية ضد الجراثيم داخل الخلايا.
Monocyte	24-14	700-100 بمعدل 456 خلية	اشهر	ابتلاع مسببات المرض
Platelets	4-2	350-150 الف	10-5 أيام	تخثر الدم واغلاق الجروح في الاوعية الدموية

الحصول من الدم على مصل الدم **Serum** الذي يشبه البلازما في تركيبه فيما عدى انه لا يحتوي على عوامل التخثر ، ويتم الحصول على مصل الدم بترك الدم المسحوب يتخثر بشكل طبيعي خلال دقائق يتكون تركيب هلامي يحتوي خلايا الدم بينما يتخلف سائل صافي هو مصل الدم .

البلازما سائل ضارب للصفرة الخفيفة ويتكون وزنياً من **%93** ماء ، **%7** بروتينات ومواد ذائبة اخرى مثل Na^+, K^+, Cl^-, HCO_3^-, Ca_2^+ و كلوكوز واحماض دهنية وجليسرول ، كما تحتوي على غازات مذابة (CO_2, N_2, O_2) وهرمونات وفيتامينات وانزيمات ومخلفات خلوية كالبولينيا وحامض البوليك ومواد غذائية كالاحماض الامينية .

COMPOSITION OF WHOLE BLOOD



يمُكن فصل العناصر الخلوية (العناصر المتشكلة) للدم عن البلازما بوضع الدم في انبوبة اختبار وتعريضُها للطرد المركزي . خلايا الدم الحمراء اكثر كثافة من بلازما الدم تتراص في اسفل الانبوبة وتشكل حوال **%45** من الحجم الكلي و يطُلق عليهُا **Hematocrit** ((نسبة حجم خلايا الدم الحمراء إلى الحجم الكلي للدم)) . الصفائح الدموية وخلايا الدم البيضُاء تكون حلقة لونها **Cream** تدعى **Buffy coat** فوق خلايا الدم الحمراء . أما البلازما فهي في الاعلى ذات لون اصفر شاحب تقدر بحوالي **%55** من الحجم الكلي للدم المسحوب.

البروتينات هي أكثر وفرة مذابة في البلازما تُراوح بينُ **6 - 9** غم / ديسيلتر ، وتلعب أدوار مختلفة تشمل التخثر ، الدفاع ، والنقل .

وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من البروتينات :

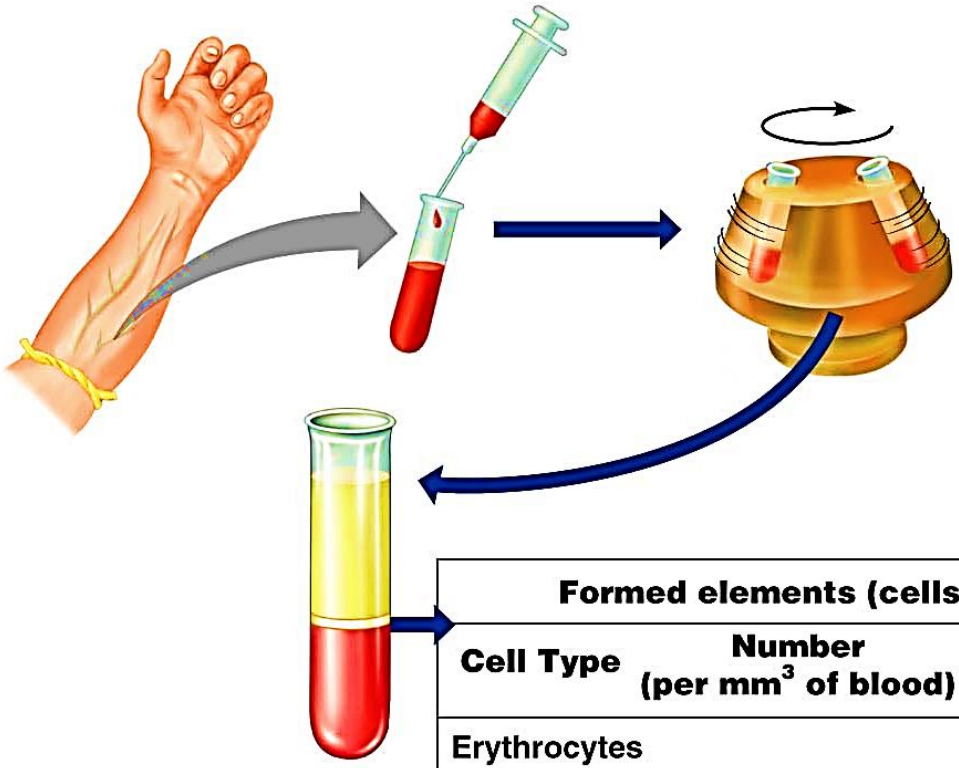
a) *الالبومين* **Albumin** : الاصغر والاوفر حيث يشكل **%60** من كامل بروتينات البلازما لذا فلهو تأثير على لزوجة الدم والازموزية **Osmolarity** ، والتغير في تركيز الالبومين يؤثر بقوة على ضغط الدم ، واالتدفق وتوازن السوائل.

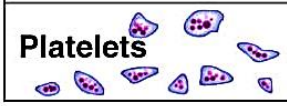
b) *الكلوبيولين* (*البروتينات الكروية*) **Globuli** : يقُسم الى ثلاثة أصناف هي **α** لفا و **β** بيتا و كاما **ϒ** كلوبيولين . وهي تشكل بمجموعها **%40** .

c) *الفايبرينوجين* **Fibrinogen** : وهي مولدات الفايبرين الذائبة **a soluble precursor of fibrin** وهو بروتين لزج يشكل إطار الخثرة الدموية . تشكل اقل من **%1** .

العديدُ من بروتينات البلازما الاخرى لا غنى عنها لكن كميتُها أقل من **%1** من كمية البروتين الكلي . بعض بروتينات البلازما هي إنزيمات تشترك في عمليات تخثر الدم .

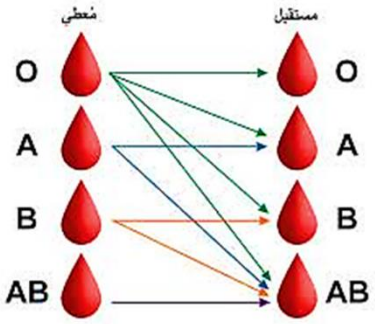
يقوم الكبد بانتاج اكثر من **4** غم من بروتينات البلازما كل ساعة تشمل كل البروتينات الرئيسيةٌ عدا **ϒ globulin** والتي يطلق عليهُا الاجسام المضادة **Antibodies**



Formed elements (cells) 45%		
Cell Type	**Number (per mm^3 of blood)**	**Functions**
Erythrocytes (red blood cells)	4 – 6 million	Transport oxygen and help transport carbon dioxide
Leukocytes (white blood cells)	4000 – 11,000	Defense and immunity
Basophil		
Eosinophil		Lymphocyte
Neutrophil		Monocyte
Platelets 	250,000 – 500,000	Blood clotting

✓ فصائل ((مجموعات)) الدم **Blood Groups** :

يوجد في دم الانسان العديد من مجموعات الدم ، لكن المجموعات الرئيسية منها هي (**A, B, AB, O**) ، يعتمد نظام التصنيف هذا الذي يعدى نظام **ABO** (**ABO system**) على وجود بروتينات سكرية تدعى الانتجينات او المستضدات (مولدات الضد) **Antigens** على السطح الخارجي للغشاء البلازمي لخلايا الدم الحمراء عليه هنالك اربعة فصائل للدم في الانسان هي :



1) صنف الدم **A** : وجود انتجين (مستضد) **A** على سطح غشاء الكرية الحمراء ، مع وجود جسم مضاد **B** (**Anti-B**) في البلازما .

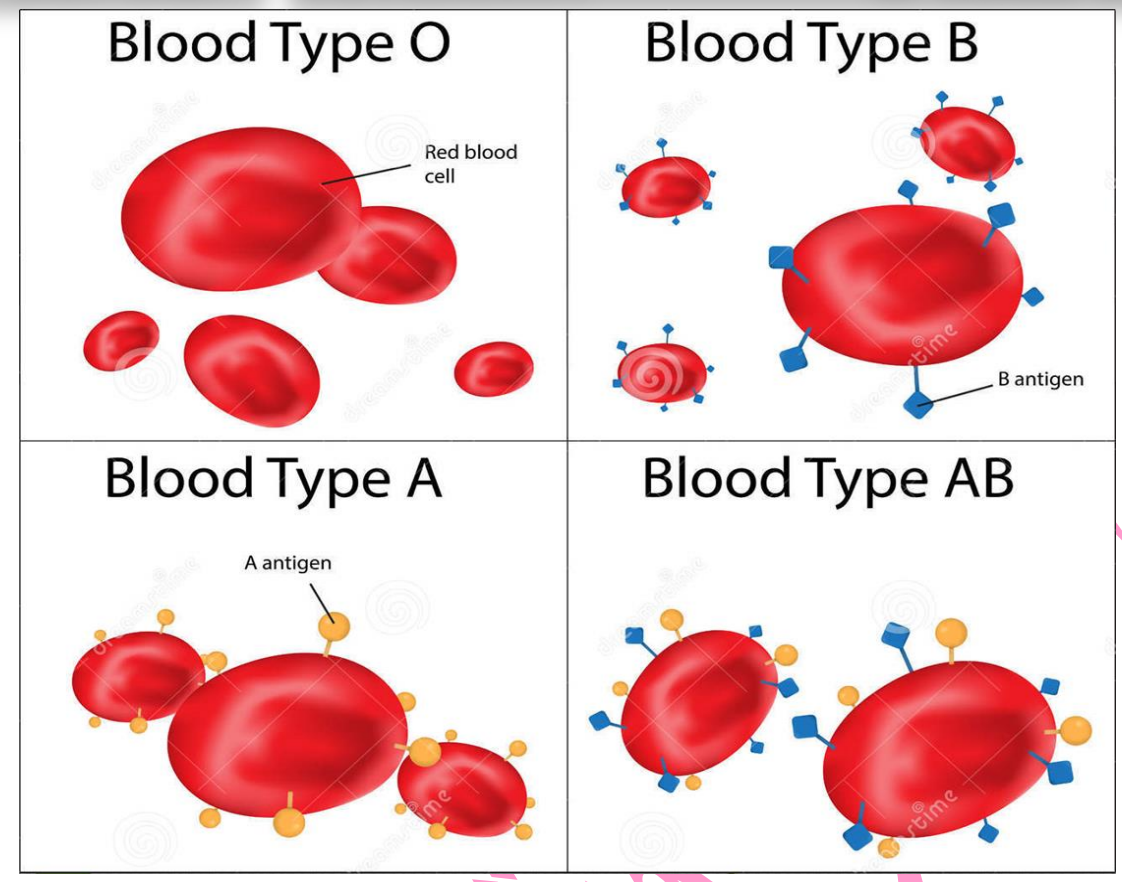
2) صنف الدم **B** : وجود انتجين (مستضد) **B** على سطح غشاء الكرية الحمراء ، مع وجود جسم مضاد **A** (**Anti-A**) في البلازما .

3) صنف الدم **AB** : وجود انتجين (مستضد) **A** و **B** على سطح غشاء الكرية الحمراء ، مع عدم وجود اجسام مضادة . (لذلك يسمى بالمستلم العام)

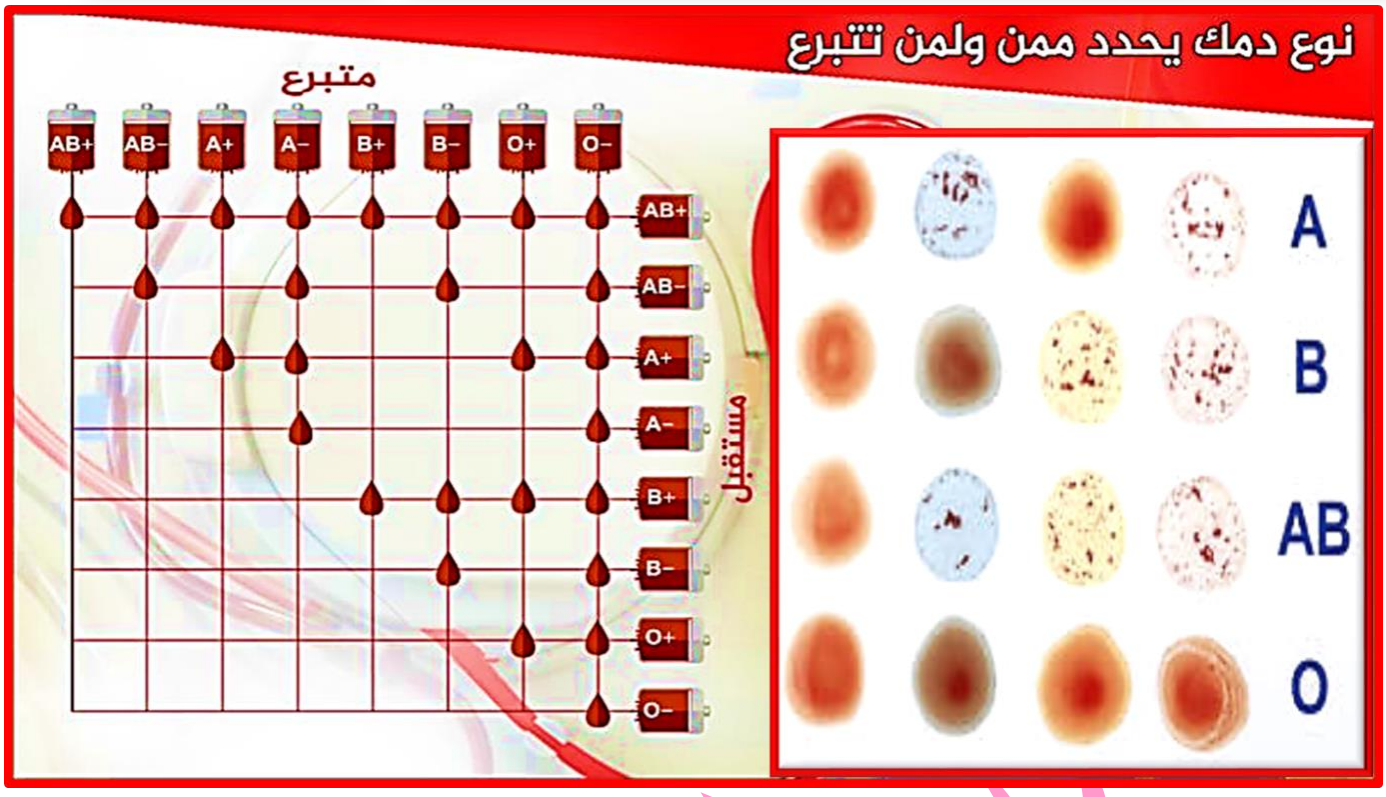
4) صنف الدم **O** : عدم وجود انتجينات (مستضدات) مع وجود اجسام مضادة من نوع **B** و **A** .
(لذلك يسمى بالواهب العام)

✓ تدعى الاجسام المضادة لهذه المستضدات **Antibody** وتوجد بشكل طبيعي في الجسم وتورث ويمكن ان تنتج من التعرض لكريات الدم الحمر.

الدكتور هيثم الكبيسي



	Group A	Group B	Group AB	Group O
Red blood cell type	A	B	AB	O
Antibodies in Plasma	Anti-B	Anti-A	None	Anti-A and Anti-B
Antigens in Red Blood Cell	A antigen	B antigen	A and B antigens	None



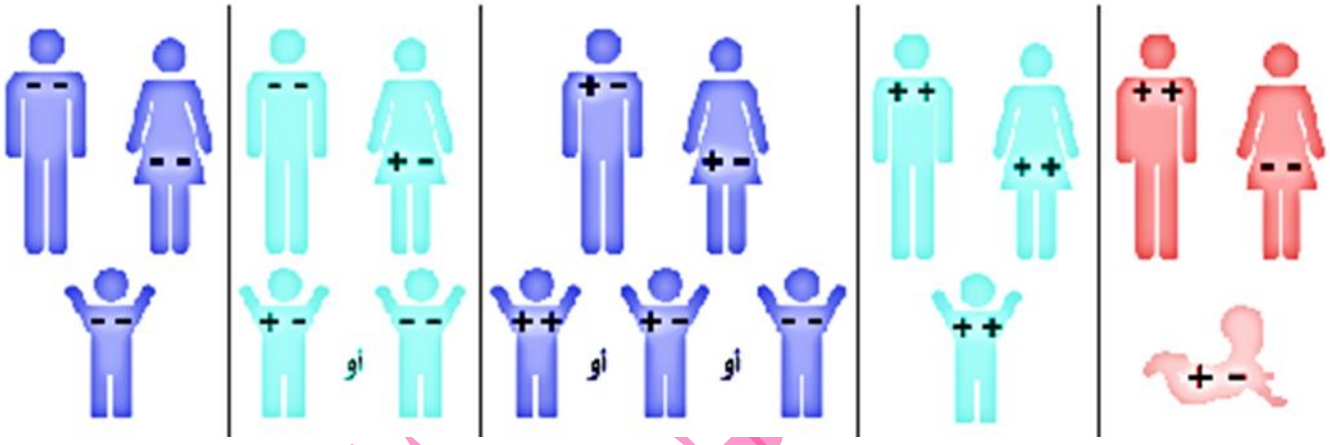
✓ عامل الريزيسي **Rhesus Factor (Rh-Factor)** :

تم اكتشاف هذا العامل أول مرة عام **1940** عند عمل أبحاث على الدم لنوع من القردة يسمى **Rhesus Monkeys** ، وقد اكتشف أن هذا العامل نفسه موجود عند الإنسان . وهو نوع من البروتين يكون موجود على سطح خلايا الدم الحمر ، يطلق عليه ايضاً (مستضد **D–**) (**Antigens-D**) ، وفى حالة وجوده تسمى الفصيلة موجبة العامل (**Rh+**) ، وفى حالة عدم وجوده تسمى سالبة العامل(**Rh-**). وكونه موجبا أو سالبا فذلك لا يعنى أي مشكلة بالنسبة لصحتنا ولكن قد تحدث المشكلة عند الحمل . ؟؟؟؟

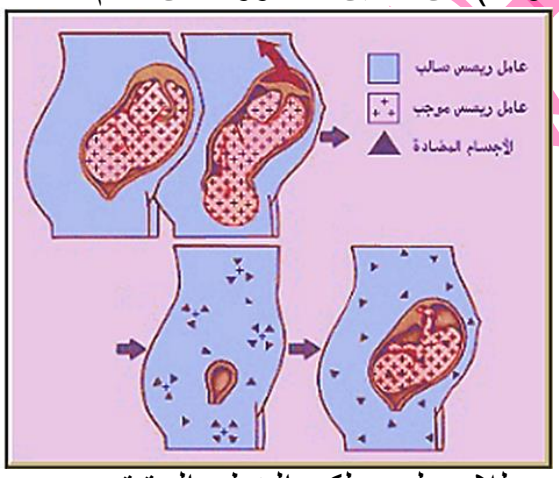
وتسمى الفصيلة حسب نوعها وحسب وجود العامل الريسي أو عدم وجوده ، فمثلا الفصيلة (**A +ve**) أي الفصيلة **A** و العامل الريسي موجب ، والفصيلة (**A -ve**)أي الفصيلة **A** و العامل الريسي سالب وهكذا بالنسبة لكل الفصائل . وفى الأربع أنواع من الفصائل توجد نسبة حوالي **85** بالمائة يطلق عليها موجبة العامل الريسي (**Rh+**) و حوالي **15** بالمائة يطلق عليها سالبة العامل الريسي (**Rh-**).

سالبية هذا العامل لا تسبب اي مشاكل صحية للانسان في حياته الاعتيادية ، لكنها قد تسبب مشاكل في حالة الحمل .. كما موضح في ادناه :

- سيدة موجبة للعامل الريزيسي (Rh+) متزوجة من رجل موجب كذلك (Rh+)النتيجة = حمل أمن .
- سيدة سالبة للعامل الريزيسي (Rh-) متزوجة من رجل سالب كذلك (Rh-)النتيجة = حمل أمن .
- سيدة موجبة للعامل الريزيسي (Rh+) متزوجة من رجل سالب كذلك (Rh-)النتيجة = حمل أمن .
- سيدة سالبة للعامل الريزيسي (Rh-) متزوجة من رجل موجب كذلك (Rh+)النتيجة = حمل خطير .



ما يهمنا الأن هو الحالة الاخيرة التي تؤدي الى حدوث عدم توافق ويرجع ذلك الى قوانين الوراثة ، حيث الجين المسؤول عن وجود العامل الريزيسي هو السائد (الاقوى) من الجين المسؤول عن عدم ظهور عامل الريزيسي ، فأذا وجد الجينان معاً غلب الجين السائد على الجين الضعيف .

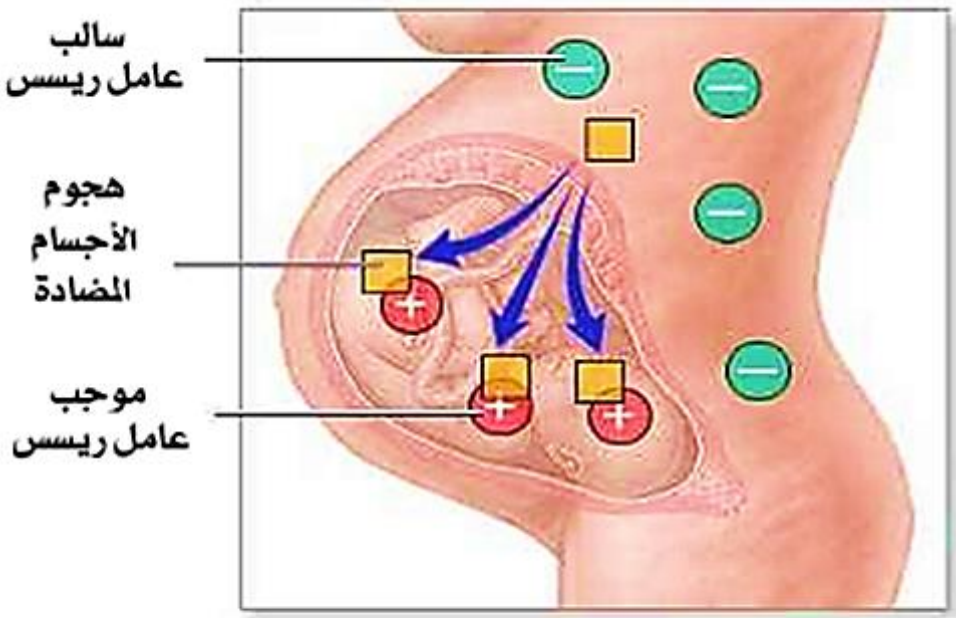


في هذه الحالة تحدث المضاعفات حيث ان دم الجنين يصبح موجب للعامل الريزيسي مكتسباً هذه الصفة من الاب ، في حين ان دم الام يحمل الجين السالب ، فيتعامل الجهاز المناعي لدى الام مع الجنين على انه جسم غريب يجب التخلص منه والقضاء عليه ، وهذا يحدث عندما يختلط دم الام بدم الجنين عند انفصال المشيمة (اي بعد الولادة .

ونظراً لان الجنين قد ولد بالفعل فانه نجا من هجوم الجهاز المناعي للام عليه ، لكن الخطر الحقيقي سيقع اذا ما حدث حمل اخر على الجنين التالي (والذي يكون موجب لعامل الريزيسي كأبيه ايظاً) والذي سيجد الجهاز المناعي للام مستعداً ومتحفزاً للهجوم عليه بمجرد تكوينه (بعد 12 اسبوع من اخصاب البويضة) مسبباً له ما يعرف باسم مرض

تكسير خلايا الدم او (التحلل الدموي للمواليد الجدد **Hemolytic disease of the newborn**) الذي يكون نتيجتها ما يلي :

1) انيميا شديدة للجنين **Severe anemia** .
2) حالة اعياء شديدة للجنين .
3) نزيف بمخ الجنين **Brain bleeding** .
4) وفاة الجنين سواء في الرحم او بعد ولادته .



حالة الخطر : الأب موجب و الأم سالبة عامل ريسس

وللتغلب على هذه المشكلة يتم اتخاذ الاجراءات التالية :

1) اجراء تحليل لعينة دم الام والاب لمعرفة عامل الريزيسي لهما بمجرد اكتشاف الحمل . وبالنسبة للسيدات ذوي (**Rh-**) يمكن عمل تحليل للأجسام المضادة **antibody screen** لمعرفة حدوث تحسس من عدمه .

2) اذا كانت الام سالبة والاب موجب يتم تطعيم الام بالمصل اللازم **Human anti-D immune globulin** بغرض منع التحسس **Desesitization** بالحقن العضلي أثناء الحمل عند الأسبوع ال **28** أو بعد الولادة مباشرة لطفل (**Rh+**) في خلال **72** ساعة من الولادة ، وهذا المستحضر يقوم بتكسير كريات دم الطفل التي تسربت إلى دم الأم من خلال المشيمة والتي تحتوي على(**Rh+**) وذلك قبل أن يكون جهاز المناعة للأم أجسام مضادة للعامل الريسي ، أما عند ولادة طفل (**Rh+**) فليس هناك حاجة لإعطاء هذه المستحضرات

، وتكرر هذه الحقن عند كل ولادة لطفل (Rh+) وأيضا في الحالات التي يمكن فيها أن تتسرب كريات دم الطفل إلى الأم.

هذه المستحضرات لا تفيد الحالات التي حدث لها تحسس للأم وتم بسبب هذا التحسس تكون أجسام مضادة بجسمها ، وهو امن جداً اثناء الحمل ولا خوف منه على الجنين او الام .

3) اذا تم اكتشاف الامر في مرحلة متاخرة من الحمل يتم التعامل مع الجنين بنقل دم سالب له وهو في داخل رحم الام .

الدكتور هيثم الكبيسي

علم الفسلجة (علم وظائف الأعضاء) PHYSIOLOGY

ثانياً : الأوعية الدموية Blood vessels :

1) الشريان Artery : هو أنبوب ذو جدار عضلي سمك قادر على التقلص ينقل الدم من القلب إلى أعضاء الجسم

2) الوريد Vein : هو أنبوب ذو جدار رقيق وغير عضلي يحمل الدم من أجزاء الجسم إلى القلب .

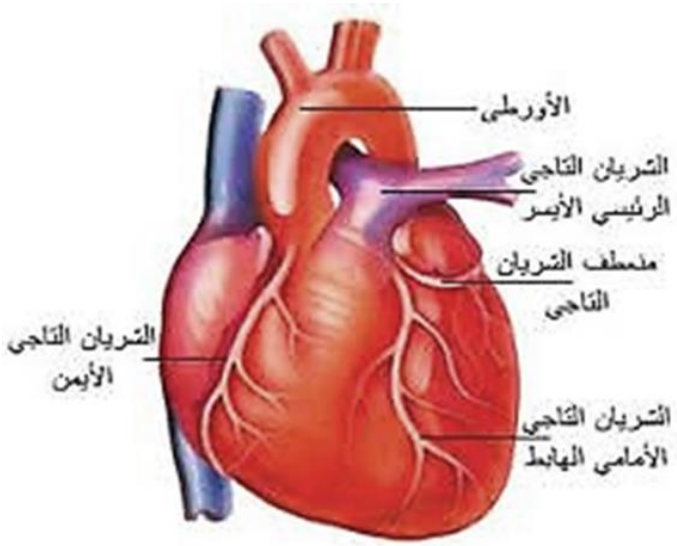
3) الشعيرات الدموية Capillaries : أنابيب رقيقة تتألف من طبقة واحدة من الخلايا الطلائية تسمح بانتشار الغذاء والأكسجين من الدم إلى الخلايا وانتشار ثاني أكسيد الكربون والإفرازات الضارة والفضلات من الجسم إلى الدم.

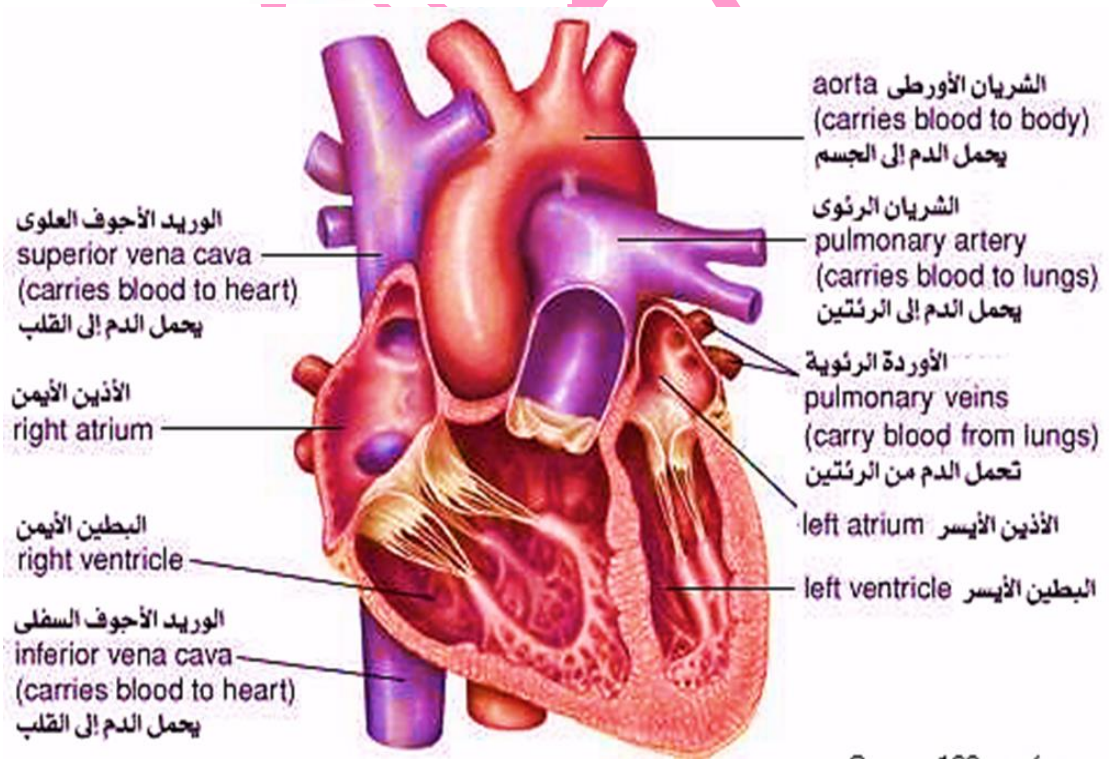
✓ اذاً نقطة انطلاق الشرايين هي القلب في حين تنتهي الأوردة في القلب .

ثالثاً : القلب في الفقريات Vertebrates heart :

القلب عضو عضلي مخروطي الشكل يقع في الصدر يغلفه كيس ليفي قوي يسمى التامور Pericardium ، يقع القلب مائل إلى اليسار في منتصف التجويف الصدري بين الرئتين وقمته في جهة اليسار تمام .. وحجم قلب الإنسان السليم هو تقريب حجم قبضة يده .. أي أن حجم القلب يتناسب تناسب طردي مع حجم الجسم البشرى .. ويتكون القلب من أربع حجرات (Chambers) وهى :

1) البطين الأيمن Right ventricle
2) الأذين الأيمن Right atrium
3) البطين الأيسر Left ventricle
4) الأذين الأيسر Left atrium





وتمتلك قلوب الفقريات نوعين من الصمامات هي:

1) الصمامات الاذينية البطينية (AV) Atrioventricular valves وهي صمامات تفصل بين تجويفي الاذين والبطين في كل جهة وتسمح بجريان الدم من الاذين الى البطين وتمنع عودته عند تقلص البطينيين .

يتالف الصمام الاذيني البطيني الايمن من ثلاث شرف ويسمى الصمام ثلاثي الشرف Tricusped ، فيما يتالف الصمام الاذيني البطيني الايسر من شرفتين ويسمى ثنائي الشرف Bicusped ويسمى كذلك صمام مترالي Mitral valve .

تتصل حافات الشرف بحبال قوية رفيعة تسمى نياط القلب او الحبال الوترية Chordae tendinae والتي تتصل نهاياتها بنتوءات عضلية على سطح البطين الداخلي والتي تسمى العضلات الحليمية Papillary muscles ووظيفة هذه الحبال الويرية هو في منع تداخل حافات الشرف للصمامات اثناء التقلص البطيني .

2) الصمامات الهلالية (نصف قمري) Semilunar valves وهي صمامات تفصل بين تجويف البطين الايمن و الشريان الرئوي ومابين البطين الايسر والشريان الابهر وهما يمنعان عودة الدم من البطينين الى الشريانين عند انبساط البطينان واتخفاض الضغط فيهما.

الاصوات القلبية Heart sound

1) الصوت الاول او الانقباضي **First or Systolic sound** : وينشا من انسداد الصمام الاذينية البطينية وهو يحدد بداية الانقباض البطيني .

2) الصوت الثاني او الانبساطي **Secound or Diastolic sound** : وينشا من انسداد الصمامات الهلالية وهو يحدد نهاية الانقباض البطيني وبداية الانبساط البطيني.

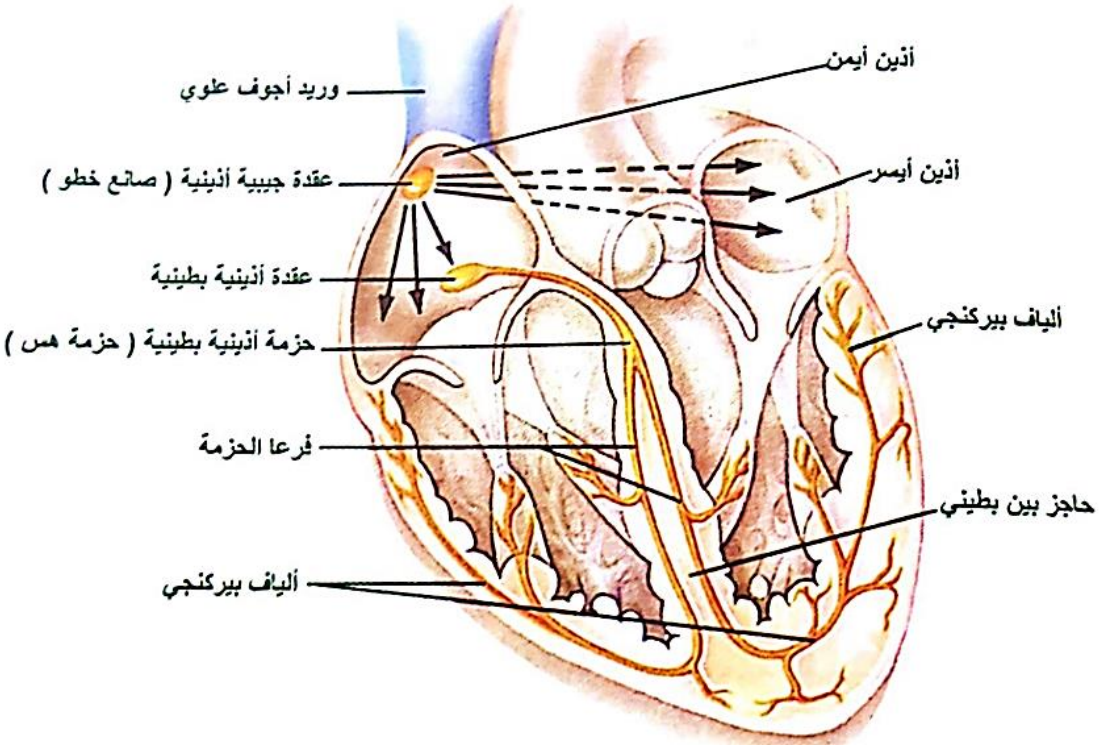
منظم والخطى The pacemaker

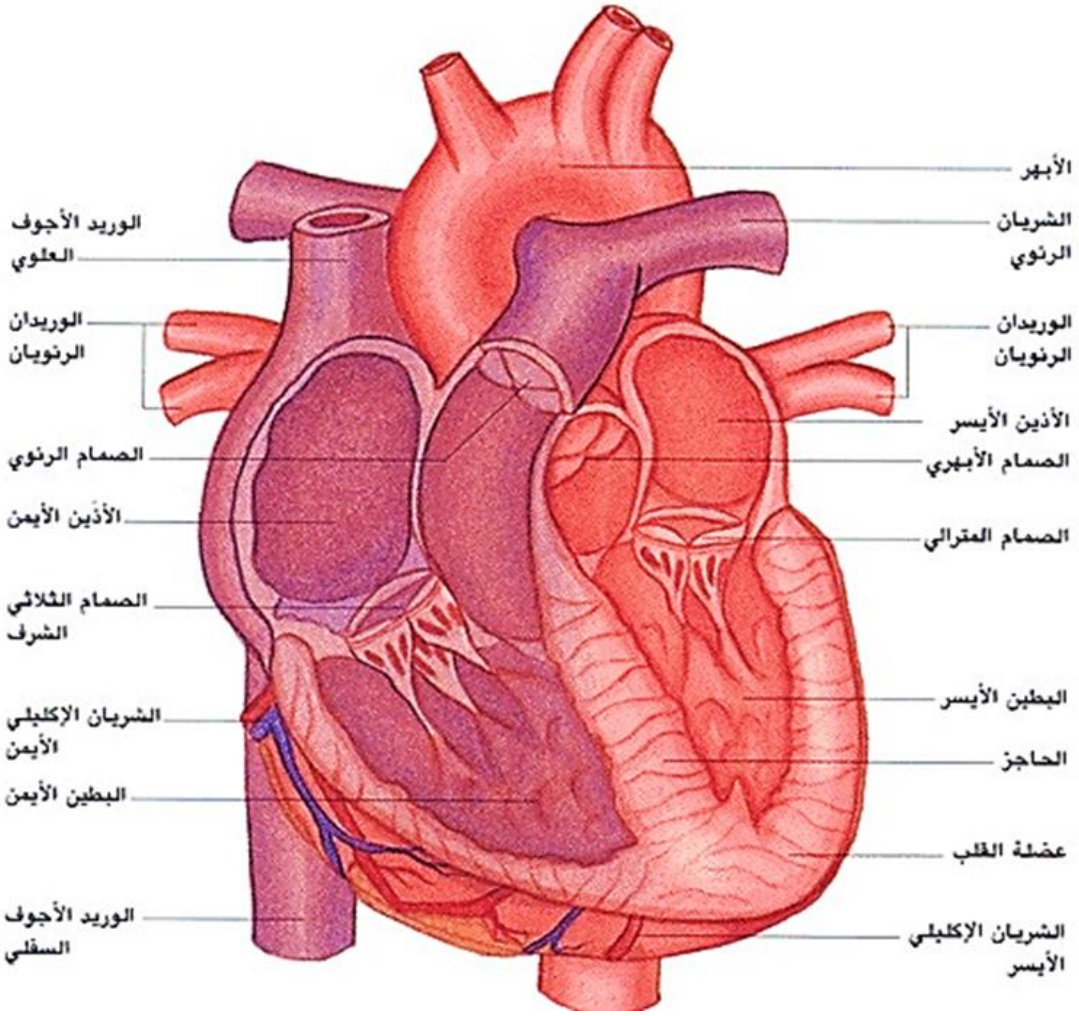
تتضمن جميع القلوب انواع من الخلايا قادرة على الفعالية التلقائية Spontaneous activity اي قادرة على اصدار فعالية القدح بمعدل ثابت دون تدخل اي مصدر داخلي المنشا وهي تحفز القلب على التقلص لحدوث النبض ، واذا توقفت لاي سبب تحل محلها خلايا اخرى تسمى منظم الخطى الكامن Latent pacemaker . ان خلايا منظم الخطى هي اما عصبية كما في اللافقريات او خلايا عضلية محورة كما في الفقريات .

انتقال التهيج داخل عضلة القلب:

تبدا شرارة القدح في منظم الخطى من خلية واحدة تبدا منها موجة زوال الاستقطاب لتنتقل الى الخلايا المجاورة وباتجاه واحد فقط.

يقع منظم الخطى في العقدة الكيسية الاذينية(**SA**) Sino Atrial node والتي هي كتلة من الخلايا في جدار الاذين الايمن وتنتشر موجة التهيج الى كلا الاذينين بشكل موجات متحدة المركز ثم تنتقل بعدها الى العقدة الاذينية البطينية(**AV**) Atrioventricular node الواقعة اعلى البطين الايمن وبهذا تكون الموجة قد انتقلت الى البطينين ومنهما وعبر الياف صغيرة تسمى الياف الملتقى ثم الى الالياف العقدية التي ترتبط بالياف انتقالية ترتبط بالحزمة الاذينية البطينية Atrioventricular Bundle او حزمة هس Bunble of His التي تتفرع لفرعين امامي وخلفي والتي تجتمع مع الياف اخرى في جدار البطين تسمى الياف بيركنجي Purkinije fibers.



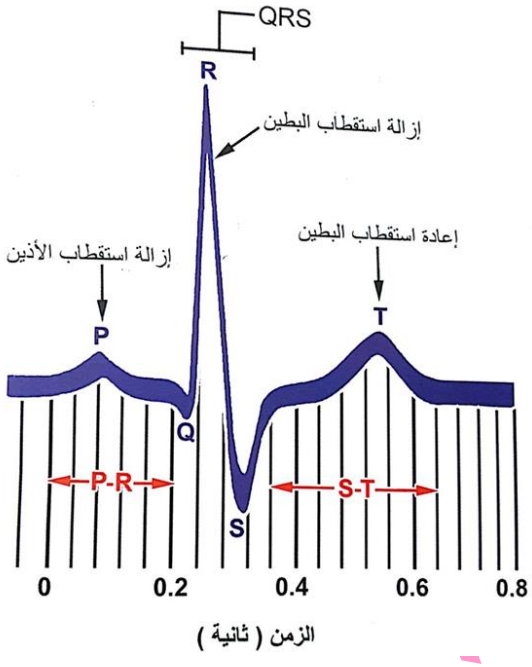

الأبهر
الشريان الرئوي
الوريد الأجوف العلوي
الوريدان الرئويان
الوريدان الرئويان
الأذين الأيسر
الصمام الرئوي
الصمام الأبهري
الأذين الأيمن
الصمام المترالي
الصمام الثلاثي الشرف
البطين الأيسر
الشريان الإكليلي الأيمن
الحاجز
البطين الأيمن
عضلة القلب
الوريد الأجوف السفلي
الشريان الإكليلي الأيسر

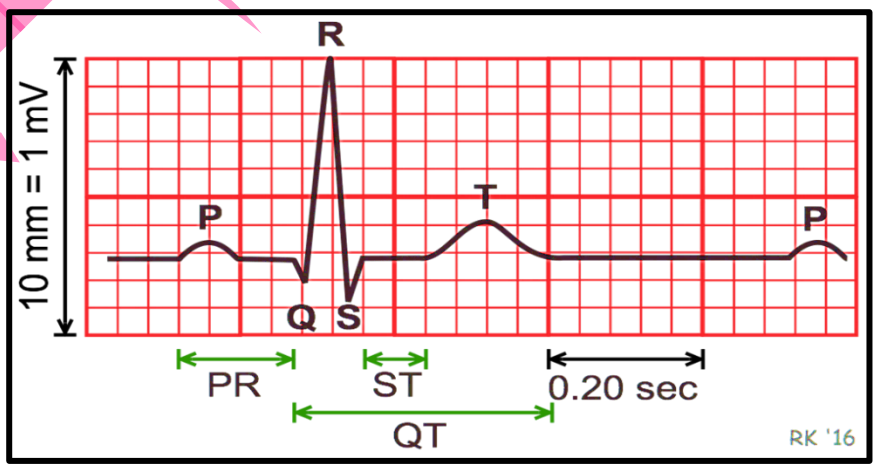
الحوادث الكهربائية المرافقة لنبض القلب :

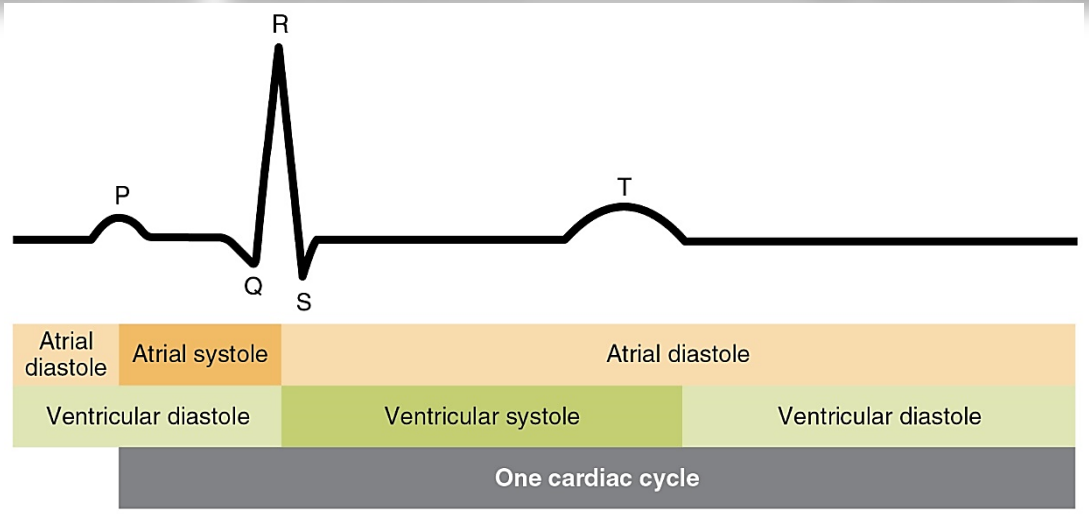
ترتبط عملية تكوين وانتشار موجة زوال الاستقطاب او الايعاز مع التغيرات في الجهد الكهربائي للغشاء ، ويمكن تلخيص الحوادث الكهربائية المصاحبة لنبض القلب بكونها موجة التقلص العضلي التي تسري من العقدة الكيسية تسبقها ببضع ملي ثانية موجة من الجهد الكهربائي .

ويعتبر الانفباض هو زوال استقطاب ويعود الاستقطاب خلال الانبساط وعند تسجيل النشاط الكهربائي للقلب بجهاز تخطيط القلب ECG: Electrocardiography ، وتظهر موجة النبض مؤلفة من ثلاث موجات اساسية هي :

- ✓ موجة : **P** ..... زوال استقطاب الاذينين
- ✓ موجة : **QRS** ..... زوال استقطاب البطينين
- ✓ موجة : **T** ..... عودة استقطاب البطينين

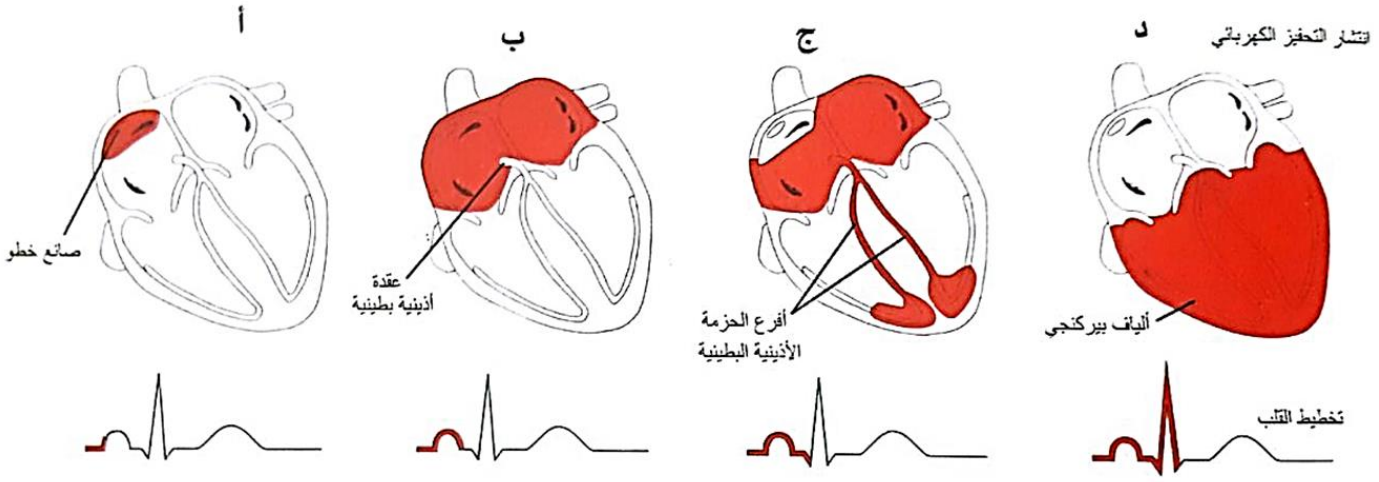






الحوادث الالية المرافقة لنبض القلب

زوال الاستقطاب المنتظم والمتعاقب للقلب يؤدي الى تغييرات في الضغط والحجم داخل تجاويف القلب والشرايين المرتبطة به . عند زوال استقطاب الاذين موجة (**P**) يتقلص الاذين دافعا كمية من الدم الى البطين وهذا يؤدي الى زيادة الضغط والحجم داخل البطين ، تتحرك موجة زوال الاستقطاب الى البطين (**QRS**) والتي تؤدي الى تقلصه وهذا التقلص يتسبب في غلق الصمام الاذيني البطيني وارتفاع الضغط داخل البطين وحين يتساوى الضغط في البطين مع الضغط في الشريان الابهر فان الصمام الهلالي ينفتح ليتحرك الدم من البطين الى الشريان لحين انخفاض الضغط داخل البطين وبالتالي غلق الصمام الهلالي وعندها ينفتح الصمام الاذيني البطيني مرة ثانية وهكذا تستمر الدورة القلبية .



ضغط الدم Blood pressure

هو الضغط الذي تسلطه كمية من سائل الدم على جدران الاوعية الدموية التي تحتويها ، ضغط الدم يولده الناتج القلبي الذي يعتمد على كل من معدل نبض القلب وقوة انقباضه وعلى المقاومة لتدفق الدم ، اذ ان الزيادة في معدل نبض القلب او قوة انقباضه والزيادة في المقاومة تؤدي جميعها الى زيادة ضغط الدم وتمثل المعادلة التالية هذه العلاقة :

ضغط الدم = الناتج القلبي × المقاومة الخارجية

بعبارة اخرى ينشا ضغط نتيجة انقباض جدران البطينين العضلية عند ضخ الدم ويعرف طبياً بانه الضغط داخل الشرايين الجهازية التي تشمل الشريان الابهر وتفرعاته . ويعرف وظيفيا بانه الضغط في تجاويف القلب الاربعة عند الانقباض والانبساط وفي داخل الشرايين والاوردة والاوعية الدموية الشعرية .

العوامل المؤثرة على ضغط الدم

1) الناتج القلبي Cardiac output : وهو كمية الدم التي يضخها البطين الايسر الى الشريان الابهر ومنه الى مختلف اجزاء الجسم وكمية الدم التي يضخها البطين الايمن الى الرئتين بواسطة الشريان الرئوي . ان ارتفاع هذا النتاج فوق الحد الطبيعي يؤدي الى انفجار الاوعية الدموية وحدوث نزف داخلي اضافة الى اجهاد القلب .

2) المقاومة المحيطية Peripheral resistance : يرتفع الضغط الشرياني كثيرا بسبب المقاومة التي يواجهها الدم عند اجتيازه الاوعية الدموية الضيقة (الشريانات + الاوعية الدموية الشعرية) تعتمد المقاومة على لزوجة الدم وطول الوعاء الدموي وقطره ، ويتناسب الضغط طرديا مع المقاومة ومع طول الوعاء ولزوجة الدم وعكسيا مع نصف قطر الوعاء ، ولان طول الوعاء هو ثابت تقريبا فلا يعد عاملا مهما اما قطر الوعاء فهو العامل الاهم للاسباب الاتية:

a) تتناسب المقاومة والضغط عكسيا مع نصف القطر .

b) قابلية الشريانات والاوعية الدموية على تغيير اقطارها من (4 - 5) اضعاف وبهذا يمكن ان تتغير المقاومة مئات المرات وهي قابلية تقع تحت السيطرتين العصبية والهرمونية

3) لزوجة الدم Blood viscosity : وتعتمد لزوجة الدم على نسبة كريات الدم الحمر فترتفع اللزوجة بزيادة عدد هذه الكريات كما في مرض فرط الكريات Polycythemia .

قيم ضغط الدم الطبيعية والمرضية لعمر 18 سنة فما فوق

ضغط الدم	انقباضي	انبساطي
أمثل	اقل من 120	اقل من 80
طبيعي	اقل من 130	اقل من 85
طبيعي عالي	139 – 130	89 – 85
مرتفع / مرحلة اولى	159 – 140	99 – 90
مرتفع / مرحلة ثانية	179 – 160	109 – 100
مرتفع / مرحلة ثالثة	اكثر من 180	اكثر من 110

د. هيثم الكبيسي

MUSCLE SYSTEM الجهاز العضلي

تشكل العضلات حوالي نصف كتلة الجسم تقريباً ، الانقباض العضلي في الإنسان هو المسئول عن الكلام وتناول الأشياء والتصنيع وأداء احتياجات افرد اليومية.... الخ. تلعب العضلات دورا مهما في استجابة الحيوان وتلائمه مع المحيط الخارجي لكونها وسائل لتحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة ميكانيكية ، وقد يكون هذا التلائم بحركة الجسم كله أو عضو منه.

العضلات **Muscles** هي اماكن تحويل الطاقة الكيمياوية الى شغل ميكانيكي ولذلك فهي تلعب دور مهم كعضو استجابة يساهم في تكيف الجسم لمتغيرات المحيط الخارجي.

تعتبر الحركة واحدة من اهم مميزات الاحياء وتقترن بعالم الحيوان وبواسطتها يتمكن من الحصول على الغذاء والدفاع عن النفس او الابتعاد عن الخطر وللتكاثر . ولا تقتصر الحركة على الاحياء المتقدمة فخاصية التقلص تعتبر من خواص البروتوبلازم اذ نلاحظ ان غشاء الخلية يتحرك الى الداخل عند انقسامها وكذلك حركة والاسواط والاهداب وهذه جميعها امثلة على حركة الاحياء الاولية.

♡ وظائف العضلات العامة General Functions of Muscle :

1) احداث الحركة Movement :

يسبب انقباض العضلات المختلفة نوعين من الحركة :

A) حركة موضعية **Local** : كحركة العين في محجرها مما يمكنها التوجه نحو الاشياء التي نريد رؤيتها دون الحاجة الى تحريك الراس ، او كحركات العنق التي توجه الراس بالاتجاهات المختلفة .

B) حركة انتقالية **Locomotive** : تساعدنا على الانتقال من مكان لاخر او على تغيير وضع الجسم للحفاظ على التوازن .

2) الحفاظ على وضع الجسم Posture Maintenance :

تعمل كثير من عضلات الجسم بشكل مستمر للحفاظ على وضع الجسم ثابتاً مستقراً ، فمثلاً هنالك مجموعة من عضلات العنق تبقى في حالة انقباض جزئي للابقاء على وضع الراس عمودياً اعلى الراس ، كذلك اثناء الجلوس فان توازن الجسم على المقعد الذي نجلس عليه يتم من خلال انقباض جزئي لمجموعات من العضلات في الظهر والاوراك والارجل .

تدعى حالة الانقباض الجزئي لعضلة وان بدت للوهلة الاولى بانها في حالة انبساط بـــ (توتر العضلة **Tone**) وهي تنتج من تنشيط مستقبلات شد تسبب منعكسات تحدث في النخاع الشوكي ،

بالاضافة لوظيفة الحفاظ على الوضع فان توتر العضلة يجعل العضلات متماسكة وصحية ومستعدة للانقباض حال تنبيهها .

3) تثبيت المفاصل Joint Stabilization :

تفتقر بعض المفاصل الى وجود سطوح تمفصلية متكاملة وكذلك الى وجود انسجة داعمة للمفصل ، لهذا فان هكذا مفاصل تفتقر الى الثبات الضروري لعملها الامر الذي يجعلها عرضة للتمزق والاصابة عند تعرضها لقوة ما ، فمفصل الركبة Knee joint مثلا قادر على تحمل الكثير من الضغط العمودي ولكنه حساس جدا للصدمات الافقية او الجانبية او الحركات الالتوائية ، لذلك تقوم العضلات اثناء شدها للعضام المحيطة بمفصل الركبة بتثبيت المفصل واعطائهِ دعماً ، الحال ينطبق كذلك على مفصل الكتف Shoulder joint .

4) توليد الحرارة والحفاظ على درجة حرارة الجسم Heat Generation :

تستهلك العضلات عند انقباضها طاقة كيميائية على هيئة **ATP** ، وحيث ان العضلات لا تستهلك هذه الطاقة **100%** فان قسما من هذه الطاقة **(ATP)** يتبدد على هيئة حرارة تنتشر في الانسجة المحيطة بالعضلات فترفع درجة حرارة الدم . وعلى الرغم من هذا يسبب لنا شعورا بالضيق في الايام الحارة لكنه مرحب به وضروري في الايام شديدة البرودة ، اذ ان هذه الحرارة تسبب ارتفاع درجة حرارة الجسم لتعويض عن الحرارة المفقودة عن طريق سطح الجسم الى الوسط الخارجي .

يعتبر الارتجاف **Shivering** الذي يصيبنا عندما يكون الجو باردا الية فسيولوجية تنقبض خلاله بعض عضلات الجسم المخططة مما يسبب تبدد في طاقة الـــ **ATP** وبثها في الجسم على هيئة حرارة تعيد درجة حرارة الجسم الى قيمتها الطبيعية او تمنع حدوث مزيد من الانخفاض فيها .

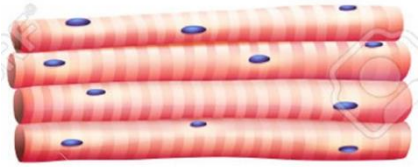
♡ انواع العضلات Types of muscle :

ان من الامور التي يسرت للجهاز العصبي السيطرة على الحركة هو تنوع العضلات واختلاف استجابتها بما يناسب وظائف الاعضاء. فعضلات الاطراف القوية والسريعة لايمكن ان تحل محل عضلات الامعاء وتؤدي نفس وظيفتها في تحريك الطعام، كذلك فان عضلة القلب تمتلك خاصية التقلص الذاتي النسقي فهي لاتحتاج الى سيالة عصبية متواصلة للتقلص .

✚ تقسم العضلات في الفقريات الى ثلاثة انواع هي:

1) العضلات الهيكلية (المخططة) Strited (Skeletal) Muscles :

تشكل الجزء الاكبر من العضلات في الجسم وسميت بالهيكلية نظرا لارتباط معظمها بالهيكل العظمي **Skeleton** ولهذا السبب هي قادرة بالتأزر مع عظام الهيكل ومع الجهاز العصبي على احداث الحركة الموضعية والانتقالية .



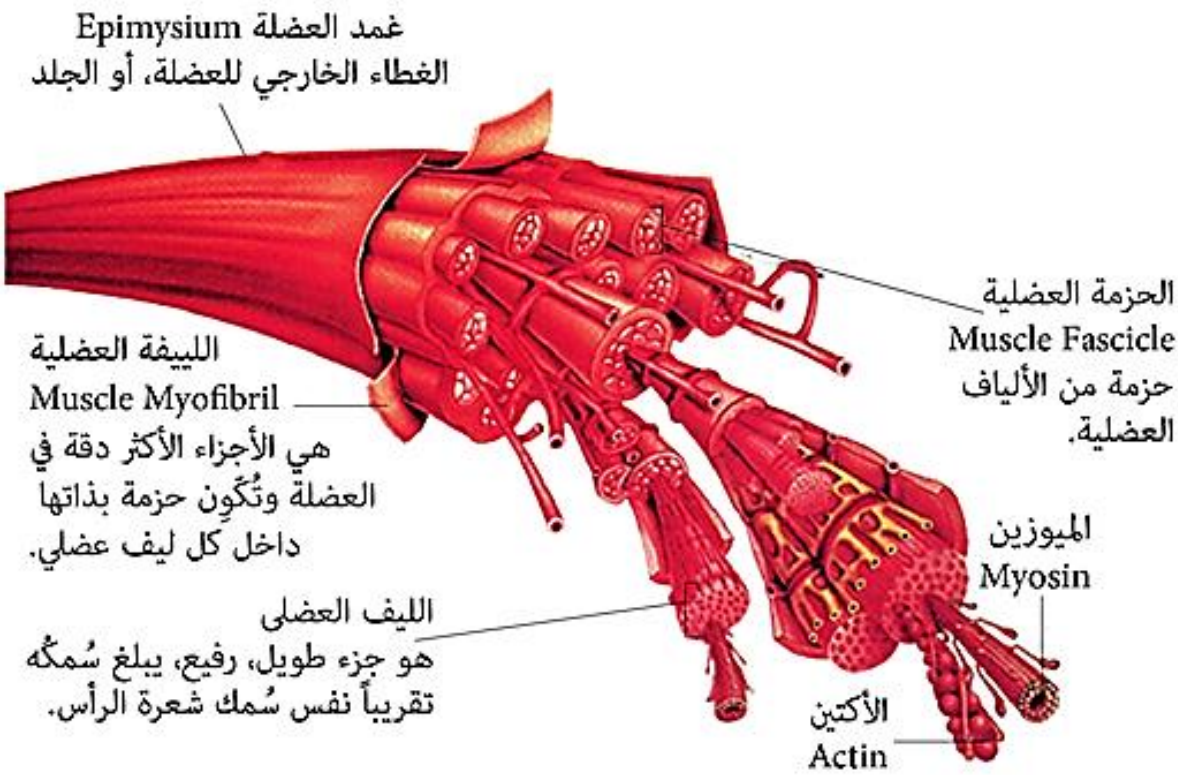
Skeletal muscle

تدعى عضلات ارادية **Voluntary Muscles** لان الجهاز العصبي المركزي عموما والدماغ تحديدا يعبر عن ارادته او عما يفكر فيه عن طريق التحكم بها والايعاز لها بالانقباض .

تمتاز بما يلي:

1) الياف اسطوانية متعدد الانوية .
2) عضلات قوية وتتصل بالعظام .
3) مزودة بالياف عصبية جسمية Somatic nerve fibers .
4) تعد الاكثر تخصصا بين العضلات .
5) ارادية اي - ان تقلصها يقع تحت ارادة وسيطرة الفرد لانها مجهزة باعصاب قشرية شوكية اي انها تخضع لسيطرة المرتكز القشرية الدماغية، فهي لا تستغني عن التزود العصبي وبهذه الصفة فانها تختلف عن باقي انواع العضلات .
6) تصاب بالشلل والضمور عند قطع او تلف اعصابها.
7) كما تمتاز بانها ذات تقلص سريع وقوي عصبي المنشا وانها تتعب بسرعة .
8) تسمى بالعضلات الحمراء وذلك لغناها بمادة الميوكلوبين Myoglobin التي تعطيها اللون الأحمر.
9) توجد في العديد من الأماكن في الجسم مثل عضلات الوجه والفم واللسان والبلعوم.

10) تتكون العضلة المخططة من مجموعة كبيرة من الليفات العضلية المخططة Striated Myofibers المتوازية والتي تظهر بالمقطع الطولي على شكل تخطيطات طولية, في حين تظهر بالمقطع العرضي على شكل حزم متعددة يتخللها السايتوبلازم العضلي, ونتيجة لاتحاد الحزم العضلية الأولية مع بعضها يتشكل حزم عضلية كبيرة تتحد مع بعضها وتشكل عضلة مخططة تحاط بنسيج ضام متين يسمى صفاق العضلة Epimysium .



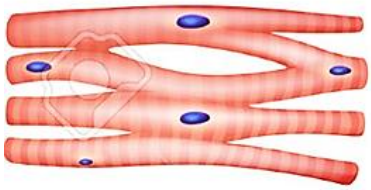
2) العضلات القلبية Cardiac Muscles :

توجد في القلب حيث يؤدي انقباضها الى ضخ الدم في الدورة الدموية ، وهي عضلة لا ارادية ذات تقلص عضلي المنشا ، وتتصف بخاصيتين هما النسقية اي انها تتقلص وتنبسط بالتعاقب ، وخاصية التوصيلية والتي تعني ان الياقها المتفرعة والمتشابكة تيسر انتقال جهود الفعل انتقالا كهربائيا ليعم النشاط الكهربائي كامل العضلة . وبالمقارنة مع العضلات الهيكلية فان تقلص العضلة القلبية يستغرق وقتا اطول .

تمتاز بما يلي:

1) خلاياها حاوية على تخطيطات طولية وعرضية مندمجة مع بعضها البعض مكونه ما يعرف بالمندمج Syncytium .

2) لا ارداية مزودة بالياف عصبية من الجهاز العصبي الذاتي .



Cardiac muscle

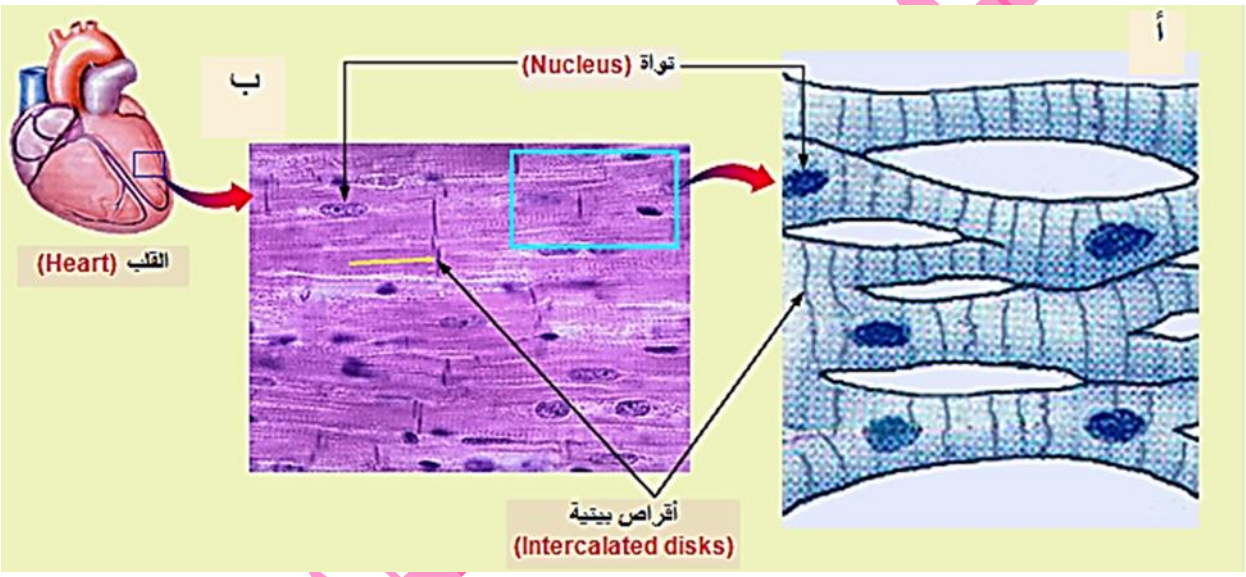
3) اكثر تخصصا من العضلات الملساء

4) تظهر إيقاعات سريعة تقلصيه وانبساطية تنتشر خلال جميع كتلة العضلات .

5) غالبا ما تكون هذه الألياف متفرعة ، وتحتوي على نواة واحدة بيضوية الشكل تتخذ في مركز الخلية وتوجد قرب احد أقطابها جهاز كولجي واضح وحولها يوجد العديد من المايتوكوندريا وبعض القطرات الشحمية, وحبيبات الكلايكوجين .

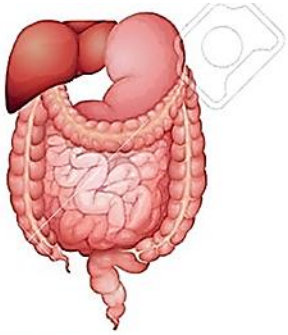
6) تلتصق مع بعضها طوليا بواسطة أقراص أسمنتية لاصقة تعى الاقراص البينية **Intercalated disk** .

7) ان من الملاحظات المهمة ان جهد الفعل الذي يسبق تقلص عضلة البطين يختلف عن جهد الفعل في الليف العصبي او العضلي الهيكلي فهو يستمر لفترة اطول (مئات الملي ثانيية) في طور النزول من الذروة الى جهد الراحة وهذه المدة تمكن العضلة من التقلص بكامل اليافها وبذلك يتقلص البطين قطعة واحدة ، ويتبع كل جهد فعل للبطين فترة عصيان طويلة نسبيا تجعل البطين بعيدا عن الوقوع في حالة التقلص المستمر التي تسمى التكزز **Tetany** . وتتيح



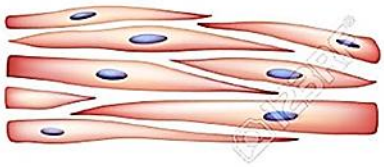
له فرصة الامتلاء بالدم .

3) العضلات الملساء Smooth Muscles :



توجد عادة على هيئة طبقات تحيط بالاعضاء والانابيب المجوفة كالقناة الهضمية والممرات التنفسية والاجهزة البولية والتناسلية والاوعية الدموية وهي قادرة بسبب وجودها في جدران هذه التراكيب على التحكم بتدفق المواد المار فيها .

تدعى كذلك عضلات حشوية **Visceral**
غير مخططه **Unstriated**
ولا أردية **Inroluntary**



Smooth muscle

وتتميز بما يلي:

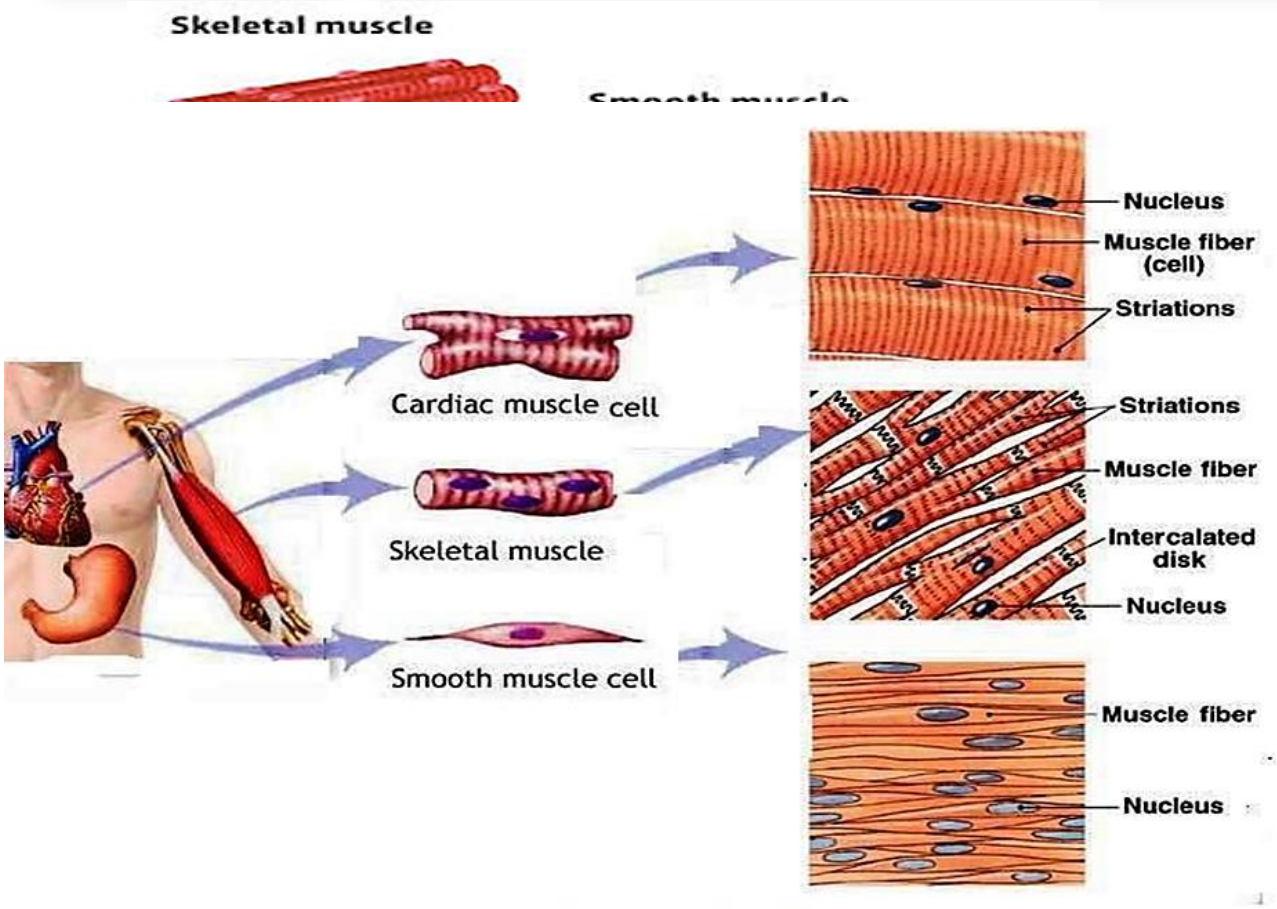
1) الياف مغزلية تحوي نواة مركزية .
2) خالية من التخطيطات العرضية الا انها تحوي تخطيطات طولية **غير واضحة** .
3) لا ادرية ومزودة بالياف عصبية ذاتية ودية ونظير الودية .
4) تعد الاقل تخصصا **Least specialazied**
5) لها ايقاعات بطيئة تقلصية وانبساطية .
6) تظهر بأشكال مختلفة طولية ، دائرية ، أو الشكلين معا كما هو الحال في الأمعاء وقد تظهر بمستويات مختلفة طولية وعرضية ومائلة كما هو الحال في المثانة.

يمكن تقسيمها الى نوعين :

A) العضلات الملساء الوحدوية : في القناة الهضمية والحالبين والمثانة وهي لا ارادية مجهزة باعصاب من الجهاز العصبي الذاتي .

B) العضلات الملساء متعددة الوحدات : في جدران الاوعية الدموية وقزحية العين . تتقلص العضلات الملساء للوحدة المفردة وتسترخي معًا ، حيث تثير النبضات العصبية خلية عضلية واحدة فقط ، ويتم تمرير ذلك إلى خلايا أخرى من خلال تقاطعات الفجوة. بمعنى آخر ، تعمل العضلات الملساء الوحدوية كوحدة واحدة من السيتوبلازم مع العديد من النوى. من ناحية أخرى ، تمتلك العضلات الملساء متعددة الوحدات إمدادات عصبية منفصلة لتمرير الإشارات إلى خلايا عضلية منفصلة لتعمل بشكل مستقل.

تتمتع العضلات الملساء بخاصيتي التنسيقية والتوصيلية مثل العضلات القلبية ، اما دور الاعصاب المجهزة لها
فيقتصر على تنظيم نشاطها لانها عضلات لا ارادية .



types of muscle fibre

تشريح العضلة الهيكلية:

تتألف العضلة الهيكلية من آلاف من الألياف العضلية Fiber Muscles الاسطوانية ، يتكون الليف العضلي من اندماج عدد من الخلايا العضلية مع بعضها في الأدوار الجنينية ، لذا فانه يحتوي على عدد كبير من النوى.

يحيط بالليف العضلي غشاء رقيق يدعى الساركوليما Sarcolemma وهو مملوء بمادة هلامية هي الساركوبلازما Sarcoplasm (سايتوبلازم الليف العضلي)

توجد في الساركوبلازما الآلف من تراكيب خيطية تدعى الليفات العضلية Myofibrils وهي خيوط دقيقة بروتينية تمتد بين نهايتي الليف العضلي بشكل طولي بموازاة محور الليف العضلي وتتجمع بشكل حزم ويبلغ قطر الحزمة الواحدة 1 - 2 مايكروميتر ويجري بينها الساركوليما ، تمثل الآلية الانقباضية في هذه الخلايا - أي أنها المسؤولة عن انقباض الخلايا العضلية.

عند فحص الالياف العضلية الهيكلية تحت المجهر الضوئي نجد ان كل ليف يتميز الى نمط منتظم من مناطق منيرة واخرى معتمة تقطع الليفات بالعرض .

تبدو المناطق **المنيرة** متجانسة ضوئيا ولذلك تسمى الاشرطة المتجانسة ضوئيا **(I-band)** Isotropic band ، بينما تبدو المناطق **المعتمة** غير متجانسة ضوئيا **(A-band)** Anisotropic band .

ولكون هذه الاشرطة المنيرة والمعتمة في اي ليف عضلي تقع بجانب اقراص اخرى في ليف اخر لذلك تبدو العضلة وكانها مخططة فتسمى بالعضلات المخططة (الهيكلية والقلبية هي عضلات مخططة).

يزود العضلة عصب من ألياف حسية وأخرى حركية. تتصل الألياف الحسية بالمغازل العضلية Muscles spindles وهي تحمل الايعازات العصبية الواردة من العضلة إلى الجهاز العصبي المركزي. أن وظيفة المغازل العضلية والألياف العصبية الحسية هو نقل المعلومات حول مقدار التمدد في العضلات الهيكلية إلى الجهاز العصبي المركزي الذي بدور يصدر الايعازات العصبية خلال الألياف العصبية الحركية لكي تتقلص العضلة بالمقدار المناسب. تتصل نهايات الألياف العصبية الحركية بأغشية الألياف العضلية بواسطة الاندماج العضلي العصبي Myoneural junction.

يتصل الليف العصبي الواحد بواسطة تفرعات محوره بعدد كبير من الألياف العضلية ويدعى الليف العصبي الواحد والألياف العضلية المتصلة به بالوحدة الحركية Motor unit وهي الوحدة الوظيفية في العضلة وفعالية العضلة هي مجمل فعاليات وحداتها الحركية .

لقد كشف المجهر الالكتروني ان كل ليف عضلي (ساركوليما) مكون من نوعين من الخيوط هي:

1) الخيوط السميكة Thick filaments : بقطر **100** انكستروم.
2) الخيوط الدقيقة filaments Thin : بقطر **40 - 50** انكستروم.

وان كلا النوعين من الخيوط تتواجد في المنطقة المعتمة فيما يقتصر وجود الخيوط الدقيقة على المنطقة المنيرة .

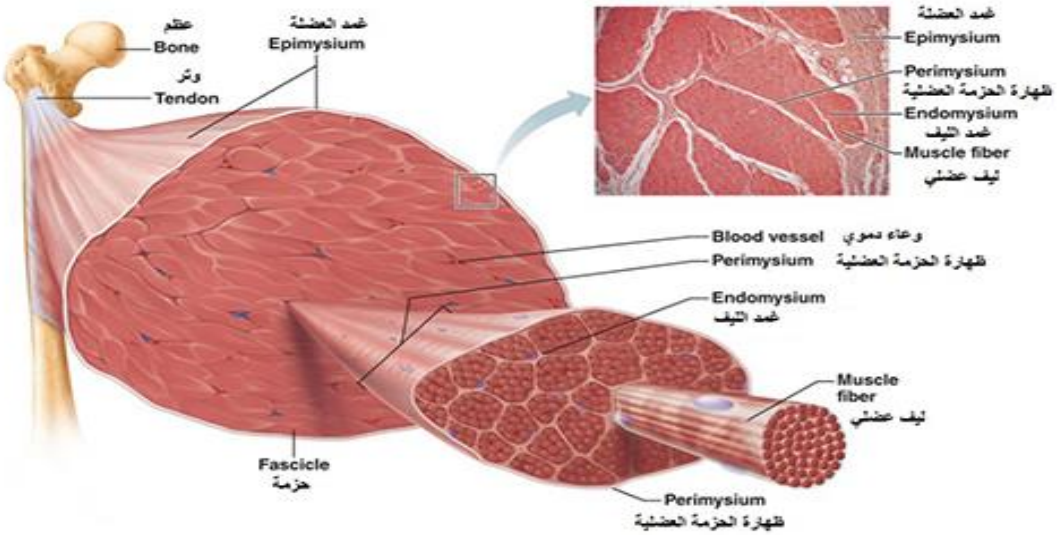
✓كما لوحظ وجود شريط منير نسبيا وسط كل منطقة **معتمة** اطلق عليه **(H-band).**

✓كما ويقطع خط معتم ومتعرج كل منطقة **منيرة** يدعى خط **(Z- LINE).**

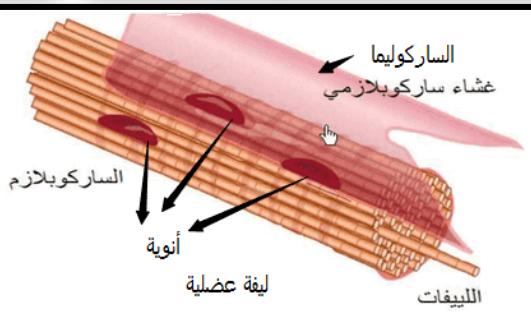
✓تسمى المنطقة المحصورة بين خطي **Z** متجاورين باسم وحدة التركيب لليف العضلي Sarcomere .

✓كذلك بينت الدراسات ان هناك نوع ثالث من الخيوط العضلية يبرز من الخيوط السميكة على مسافات منتظمة وتمتد باتجاه الخيوط الدقيقة وقد سميت هذه الخيوط بالجسور العرضية Cross bridge وهي تؤدي دور مهم في عملية الانزلاق للخيوط الدقيقة اثناء التقلص العضلي .

✓تتواجد داخل السايتوبلازم العضلي منظومة من النبيبات تمثل الشبكة الاندوبلازمية الداخلية تعرف بالجهاز النبيبي العضلي ويسمى الجزء العرضي منها انبوب **(T - tube) .**



د. حيدر هيثم الكبيسي



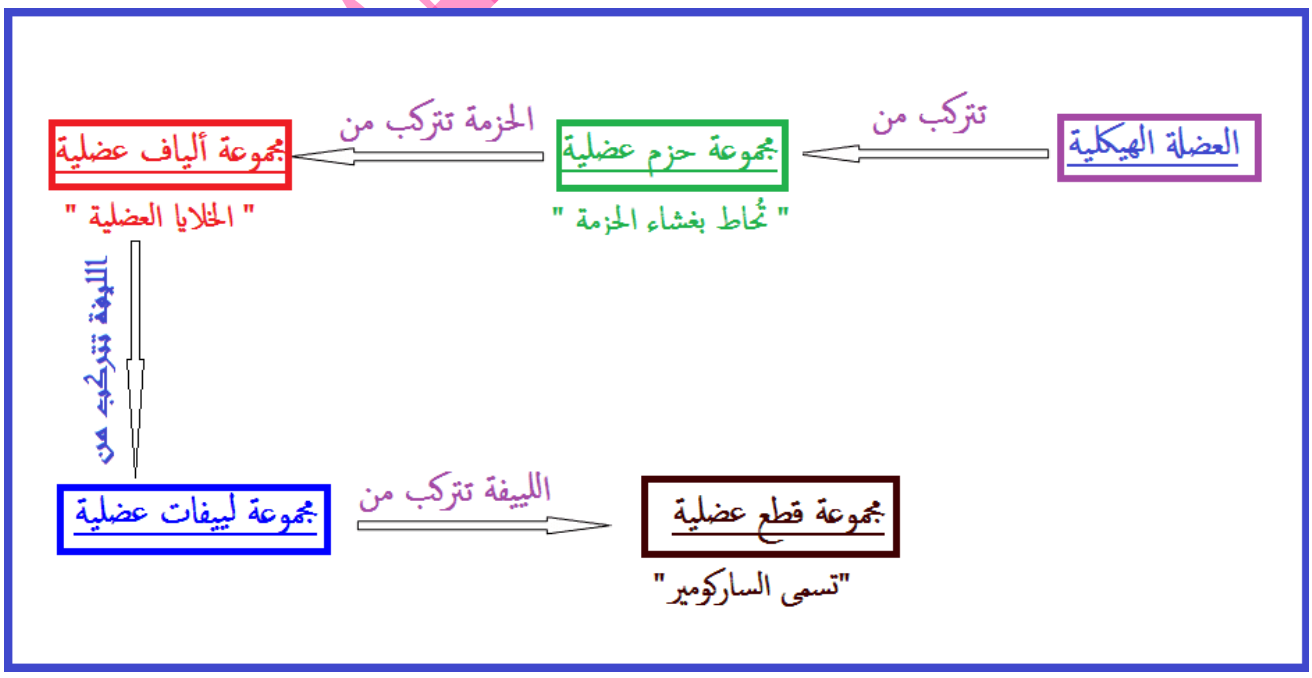
الليفة العضلية
(الخلية العضلية)
خيوط رفيعة متماسكة مع بعضها وتتكون من

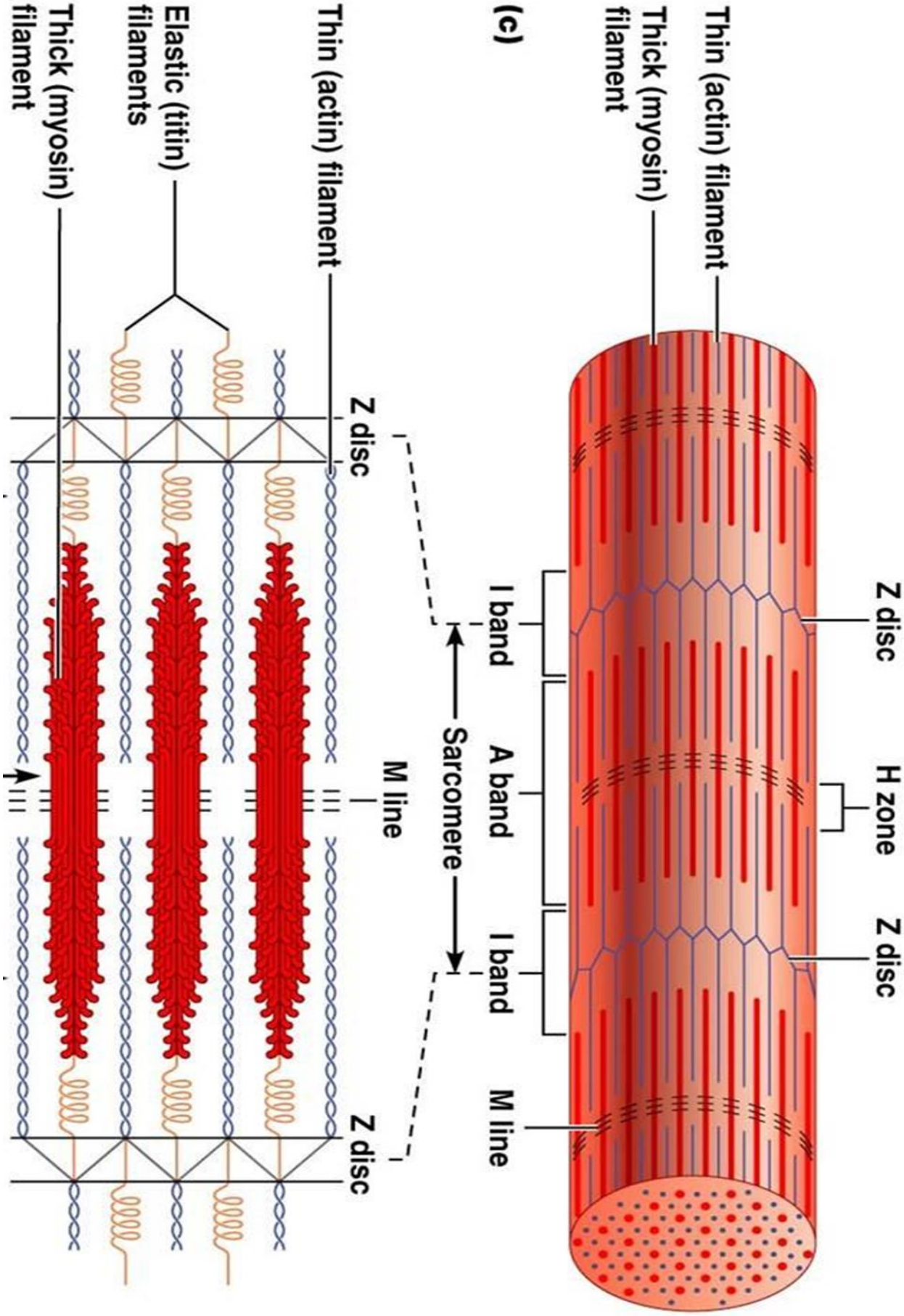
① **البروتوبلازم**
المادة الحية
وتشمل

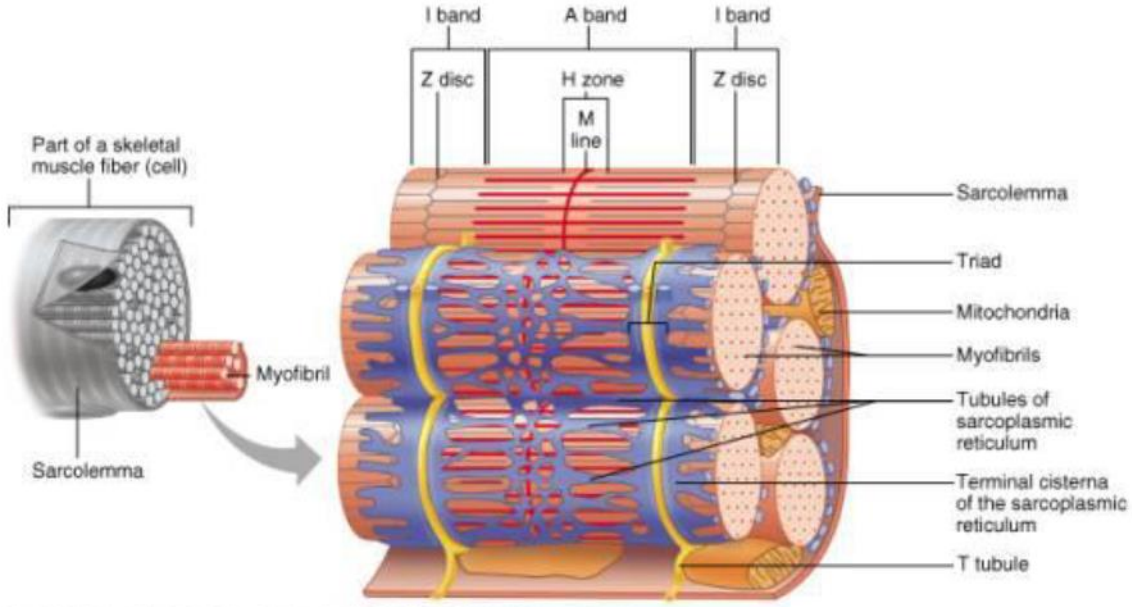
- **الساركوبلازم** (وهو سيتوبلازم الخلية العضلية)
- **عدد من الأنوية** تتخذ مواقع محيطية فى الليف

② **الساركوليما**
(وهو غشاء الخلية العضلية المحيط بالساركوبلازم)

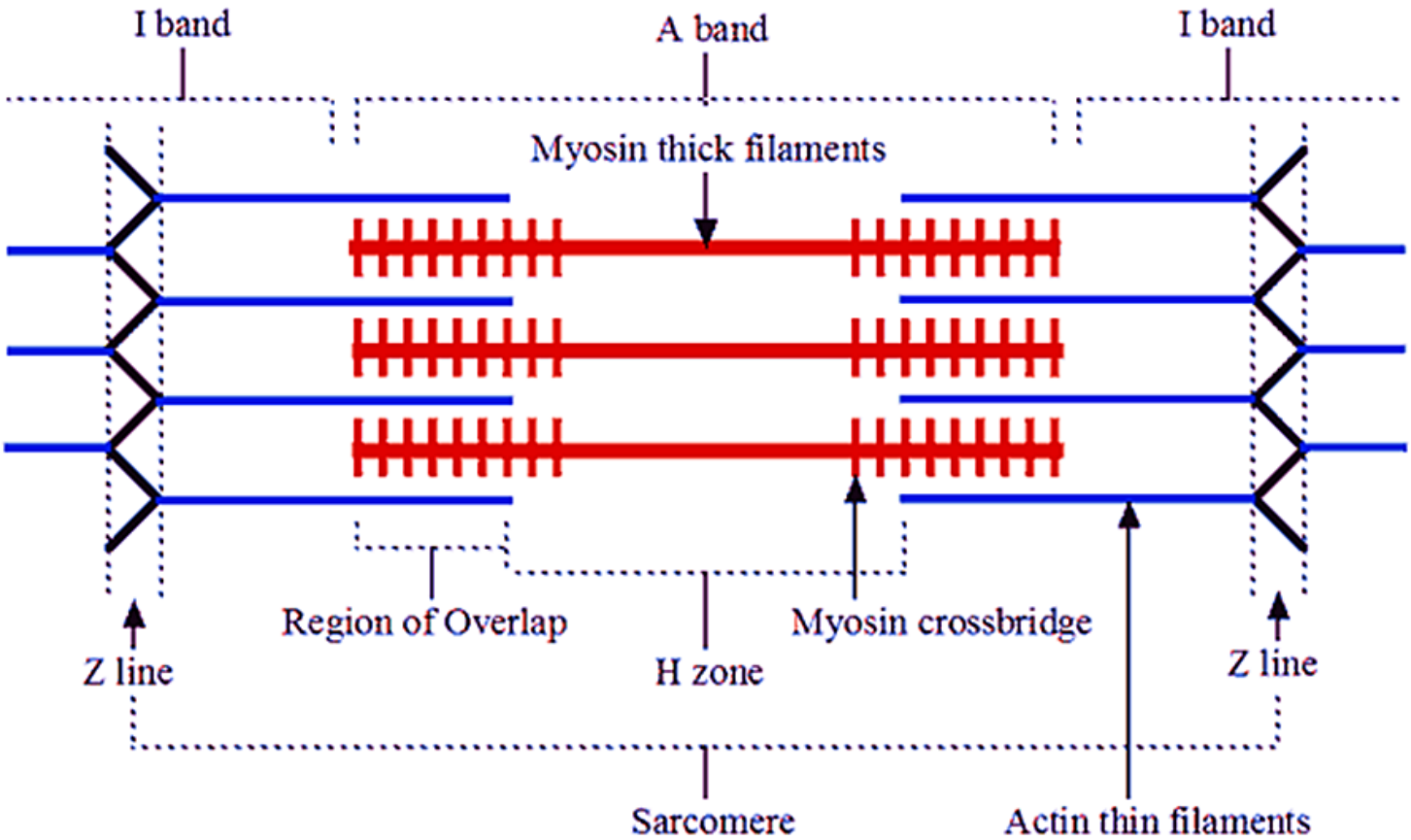
③ من ألف إلى ألفين ليفة عضلية
مرتبة طولياً وموازية للمحور الأصلى للعضلة
(موجودة فى الساركوبلازم)




Thin (actin) filament
Thick (myosin) filament
Z disc
H zone
Z disc
I band
A band
I band
M line
Sarcomere
(c)
Thin (actin) filament
Elastic (titin) filaments
Thick (myosin) filament
Z disc
M line
Z disc



Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.



MUSCLE SYSTEM الجهاز العضلي

بروتينات الليفات العضلية:

يوجد في الليفات العضلية اربعة انواع من البروتينات هي:

1) المايوسين Myosin :

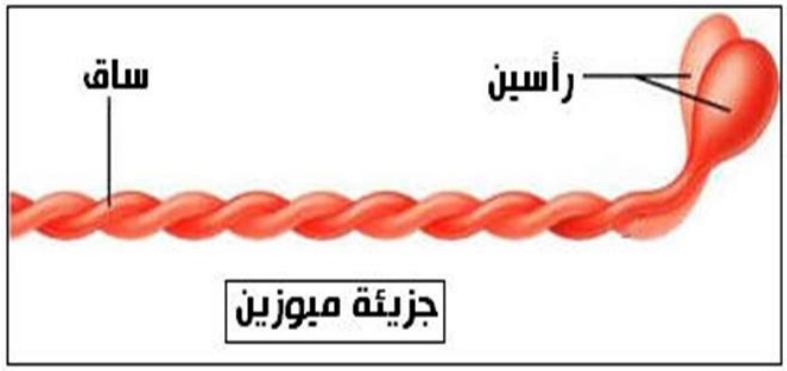
a) يؤلف نصف مجموع البروتين الليفي ، وهو المكون للخيوط السميكة داخل الليف العضلي وكذلك الجسور العضلية .

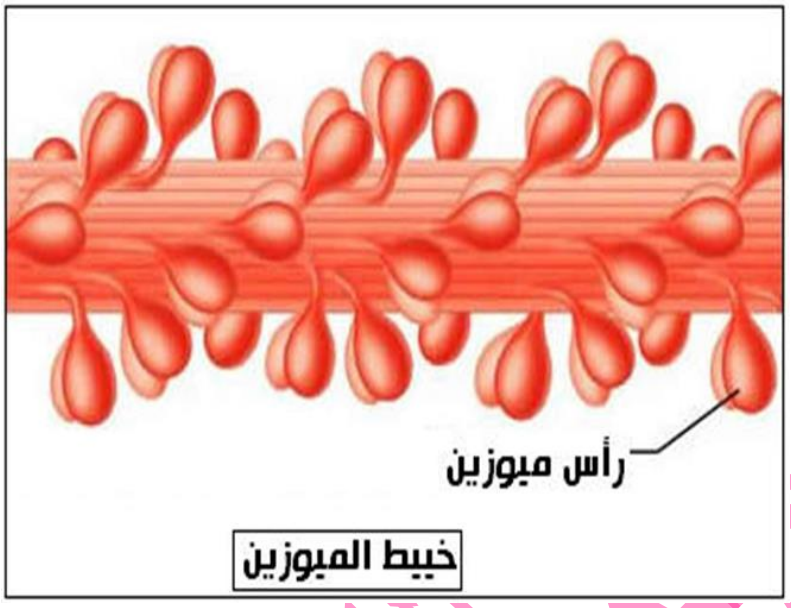
b) تتالف جزيئة المايوسين من عدة سلاسل ببتيدية تشكل خيطا حلزونيا ذو نهاية راسية مزدوجة وذيل .

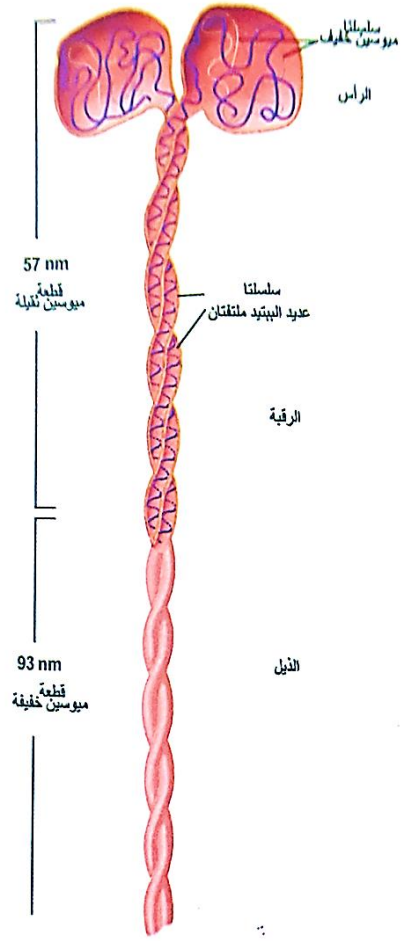
c) يمكن ان تنفصم هذه الجزيئة باستخدام انزيم التربسين الى جزيئتين ، جزء امامي يضم الراس وقليل من الذيل ويسمى الميرومايسين الثقيل (Hmm) Heavy meromysine .

d) وجزء ثاني يمثل بقية الجزيئة يسمى الميرومايسين الخفيف (Lmm) Light meromysine .

e) يرتبط ال ATP مع المايوسين وان القدرة على دفع التفاعل تعود الى الجزء الثقيل Hmm اي انه يعمل بمثابة انزيم .

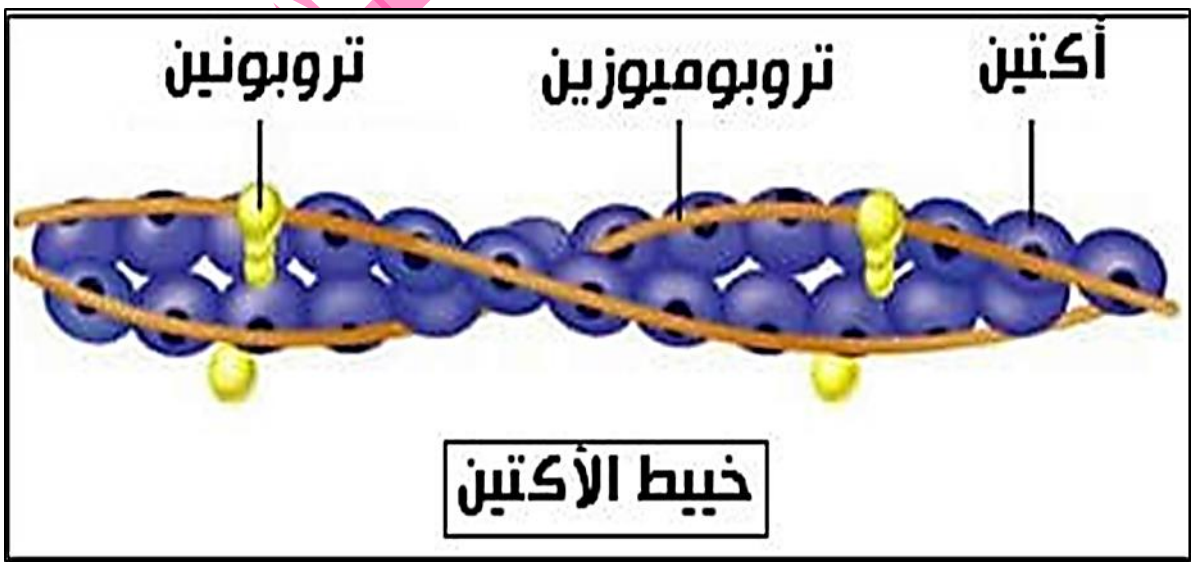




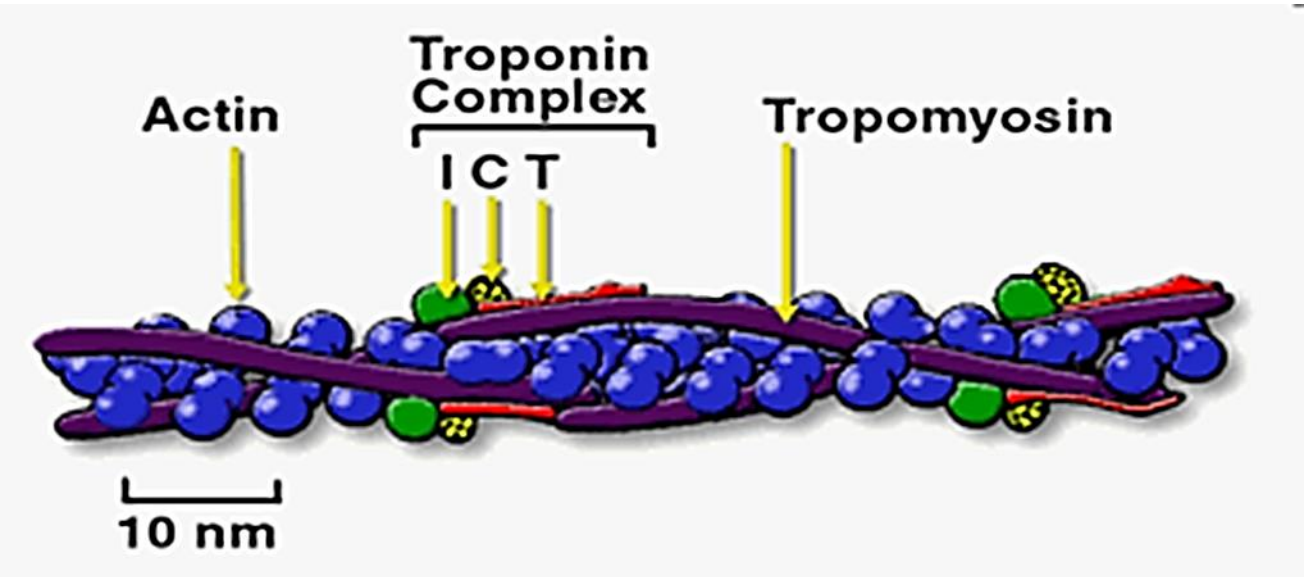


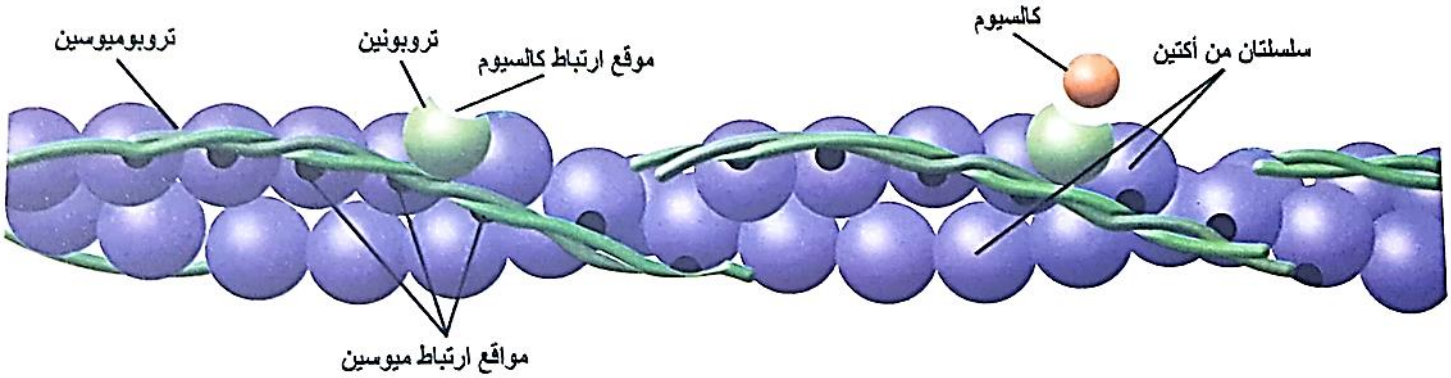
2) الأكتين **Actin** :

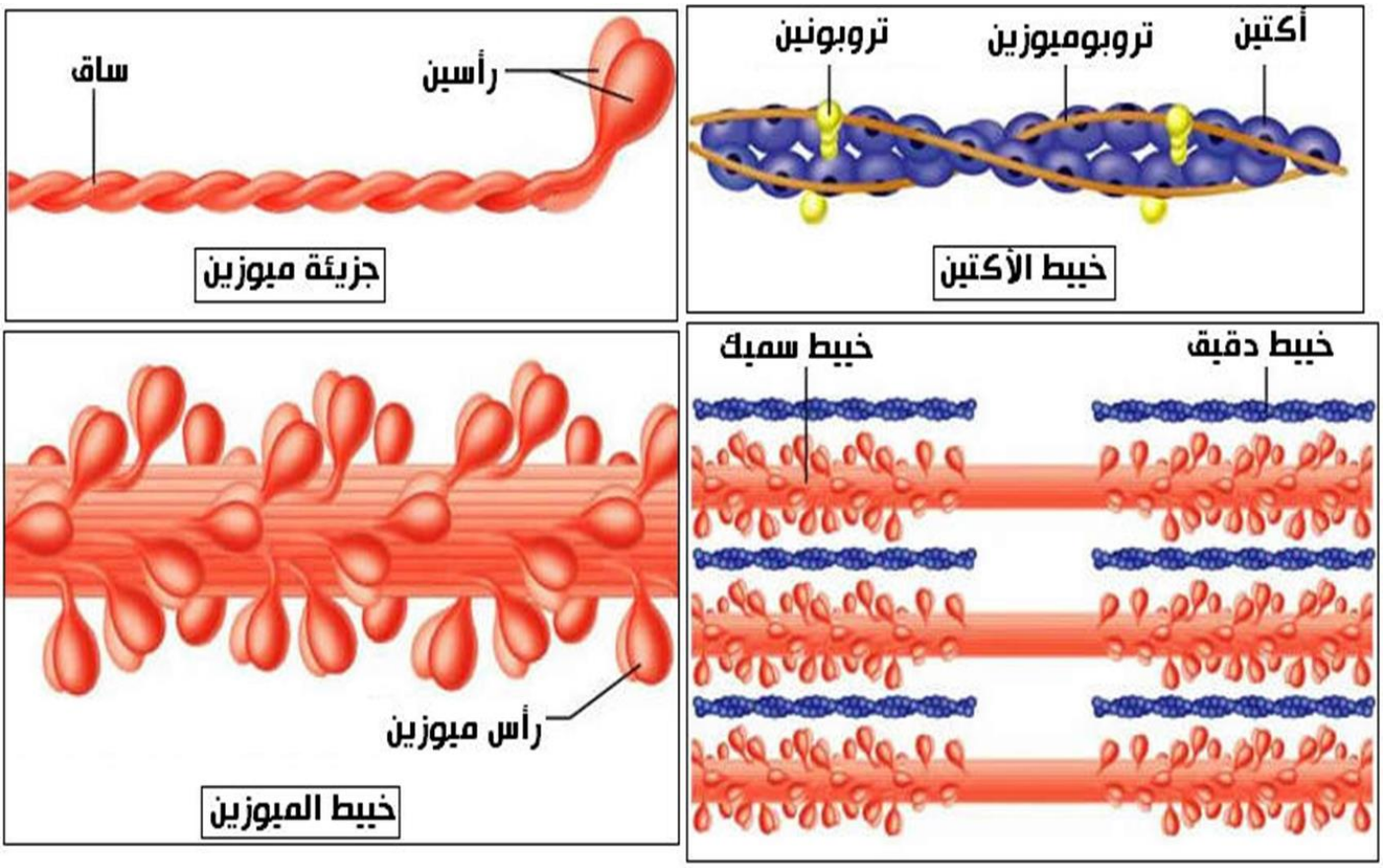
a) هو بروتين حلزوني مزدوج (يتكون من جزيئات كروية مجتمعة مع بعض ، يوجد على كل جزئ واحد مواقع نشطة لارتباط رؤوس المايوسين) .



b) عند ازالته تختفي الخيوط الدقيقة وكذلك المناطق المنيرة مما يدل على انه المكون الاساسي للخيوط الدقيقة .







3) **التروبومايسين Tropomyosin** :

a) بروتين ليفي خيطي (قضيبي الشكل) يتمركز في ثنايا حلزون الاكتين .

b) يلتف كل اثنان من خيوط التروبومايسين حول خيط الاكتين المزدوج السابق الذكر ليعطيانه دعما وصلابة .

c) في حالة انبساط العضلة تغطي خيوط التروبومايسين مواقع ارتباط المايوسين الموجودة على جزيئات الاكتين الكروية فلا يتمكن المايوسين من الارتباط بالاكتين (الخطوط الرفيعة) .

d) مما سبق وظيفة التروبومايسين هي الدعم وكذلك وظيفة تنظيمية Regulatory .

4) **التروبونين Troponin** :

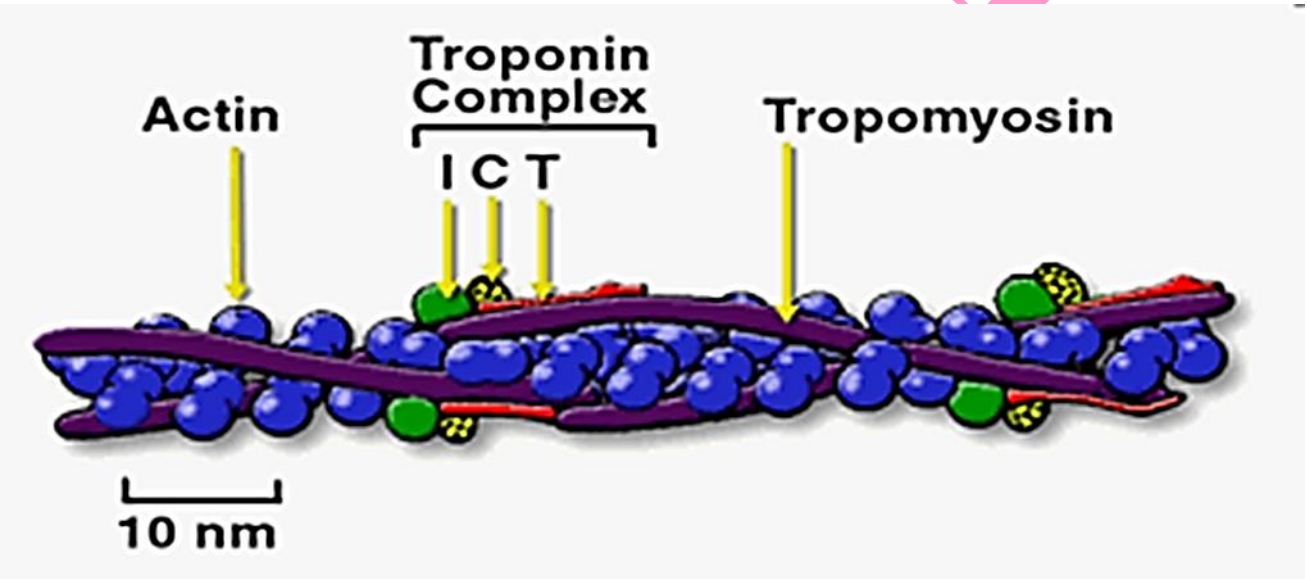
هو معقد من ثلاث جزيئات بروتينية كروية تقع في اخاديد حلزون الاكتين ... **وكما يلي** :

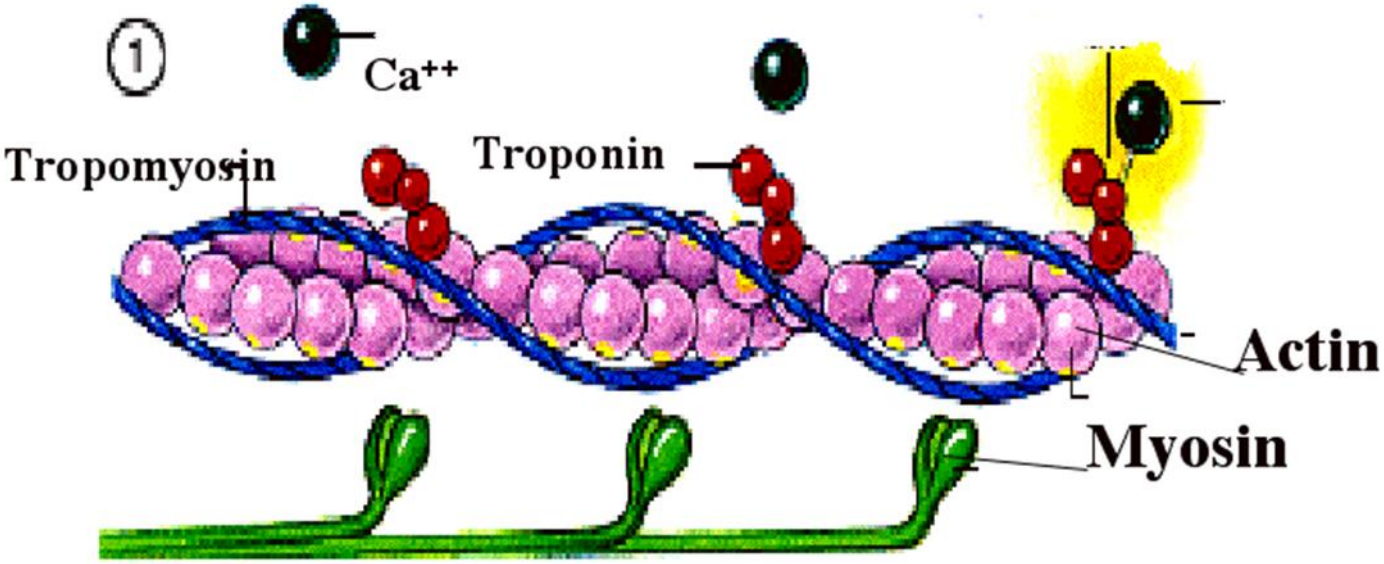
a) **TnI**: وهي مثبطة Inhibitory ، حيث انها ترتبط بجزيئات الاكتين وتساعد في استقرار التروبومايسين على مواقع ارتباط المايوسين (تغطيها) وبذلك تمنع الاتصال وبهذا تثبط الانقباض العضلي .

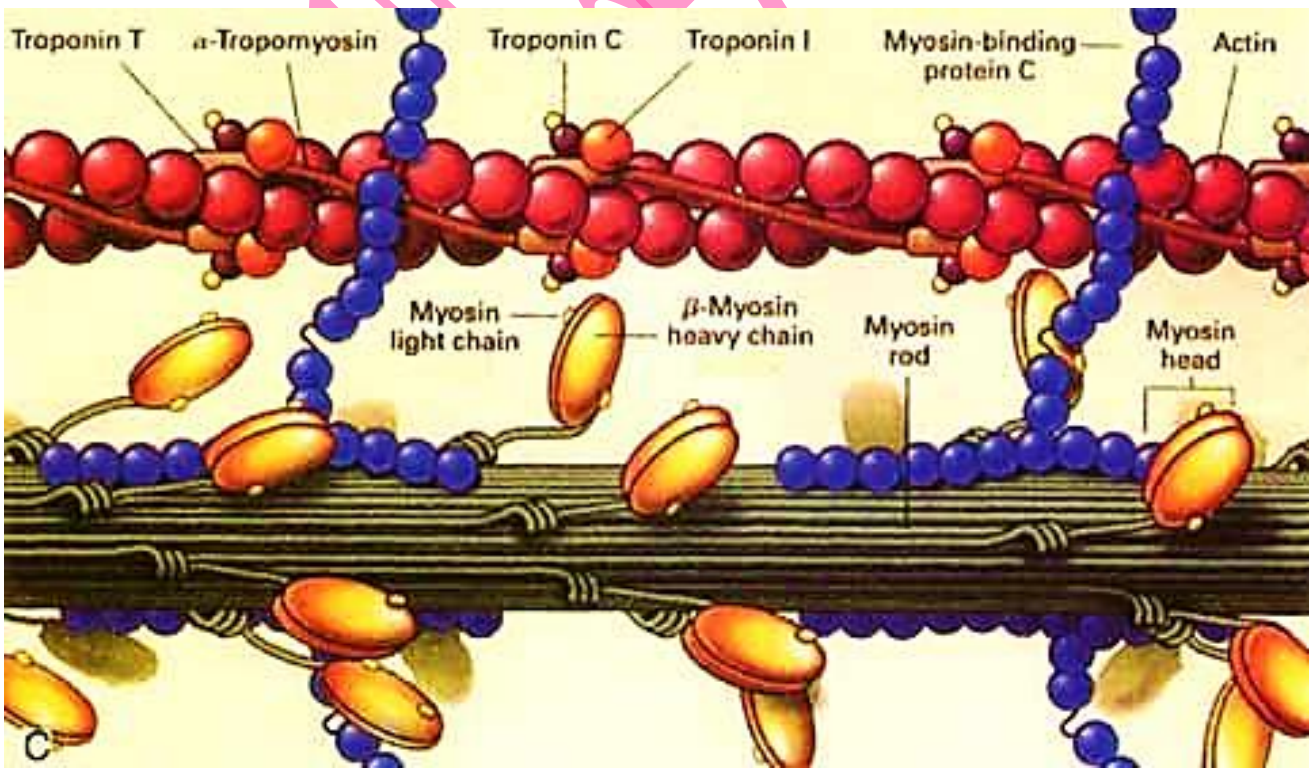
b) **TnT** : وهي ترتبط التروباميسين وتساعد في تثبيته بموقعه على الاكتين (تثبيت ودعم) .

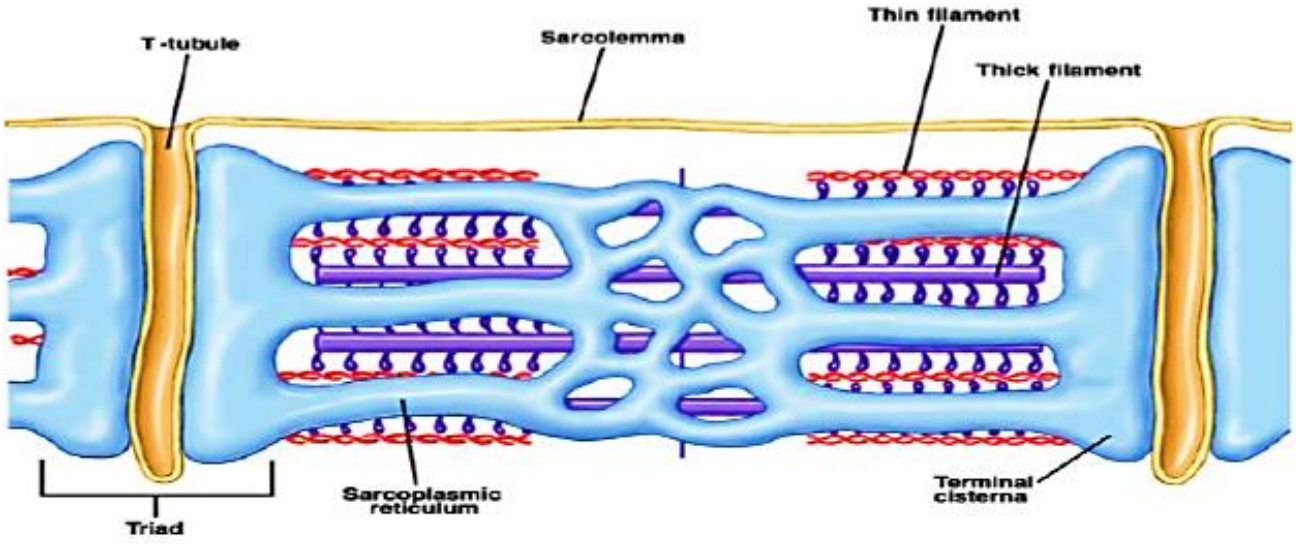
c) **TnC** : تعمل على الارتباط بايوني كالسيوم Ca^{+2} ، مما ينشطها ويجعلها قادرة على الارتباط بايوني كالسيوم اخرين ليصبح مجموع ايونات الكالسيوم المرتبط بجزيء **TnC** اربع ايونات .

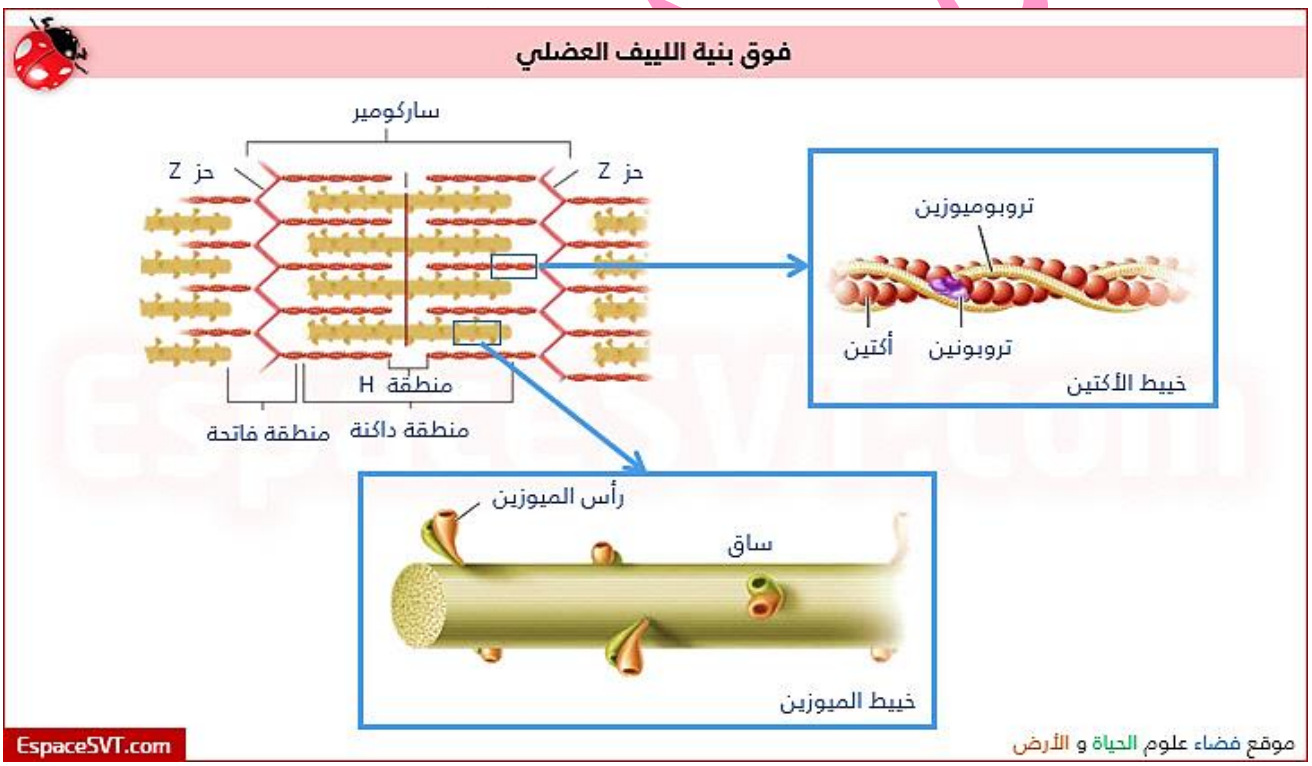
- **ارتباط TnC مع اربع ايونات كالسيوم يحدث تغيير في شكل معقد التروبونين مما يعمل على ازاحة التروبوماسين جانبا عن موقع ارتباط المايوسين الموجود على خيط الاكتين ، الامر الذي يسمح لراس المايوسين بالارتباط بالاكتين وبالتالي حودث عملية انزلاق الخيوط على بعضها وبالتالي حدوث عملية الانقباض .**




1
Ca++
Tropomyosin
Troponin
Actin
Myosin


Troponin T
α-Tropomyosin
Troponin C
Troponin I
Myosin-binding protein C
Actin
Myosin light chain
β-Myosin heavy chain
Myosin rod
Myosin head


T-tubule
Sarcolemma
Thin filament
Thick filament
Sarcoplasmic reticulum
Terminal cisterna
Triad


فوق بنية الليف العضلي
ساركومير
حز Z
حز Z
منطقة H
منطقة فاتحة
منطقة داكنة
تروبوميوزين
أكتين
تروبونين
خيط الأكتين
رأس الميوزين
ساق
خيط الميوزين
EspaceSVT.com
موقع فضاء علوم الحياة و الأرض

خطوات التقلص العضلي

ان اكثر النظريات قبولا لتفسير الية التقلص العضلي (**Sliding filament theory**) هي نظرية الانزلاق الخيطي . ويعزى فيها التقلص الى انزلاق وتحرك خيوط الاكتين فوق خيوط المايوسين باتجاه المنطقة المعتمة وبما ان الخيوط الدقيقة (الاكتين) متصلة مع خيوط **(Z)** فانها عندما تنزلق تجذب معها خيوط

(Z) فيقصر الليف ، وهي نظرية العالم المجري(سنت جيورجي).

نظرية الانزلاق الخيطي Sliding filament theory :

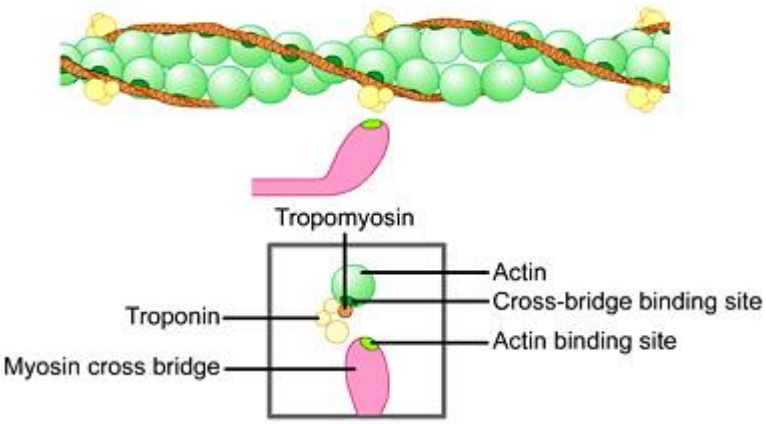
يمكن تلخيص هذه النظرية بالخطوات التالية :

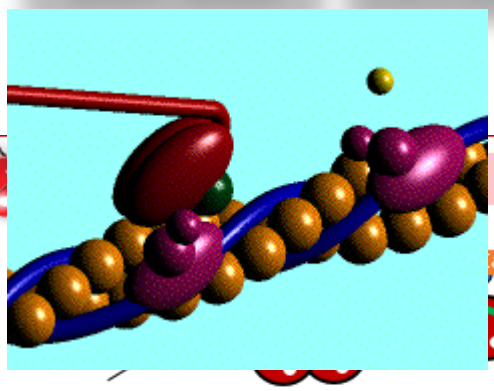
1) تكون خيوط الاكتين والمايوسين موازية لبعضها وتمتد الجسور العرضية نحو خيوط الاكتين ولكنها لاترتبط مع المواقع الفعالة في الاكتين لكون هذه المواقع مغطاة ببروتين التروبومايسين.

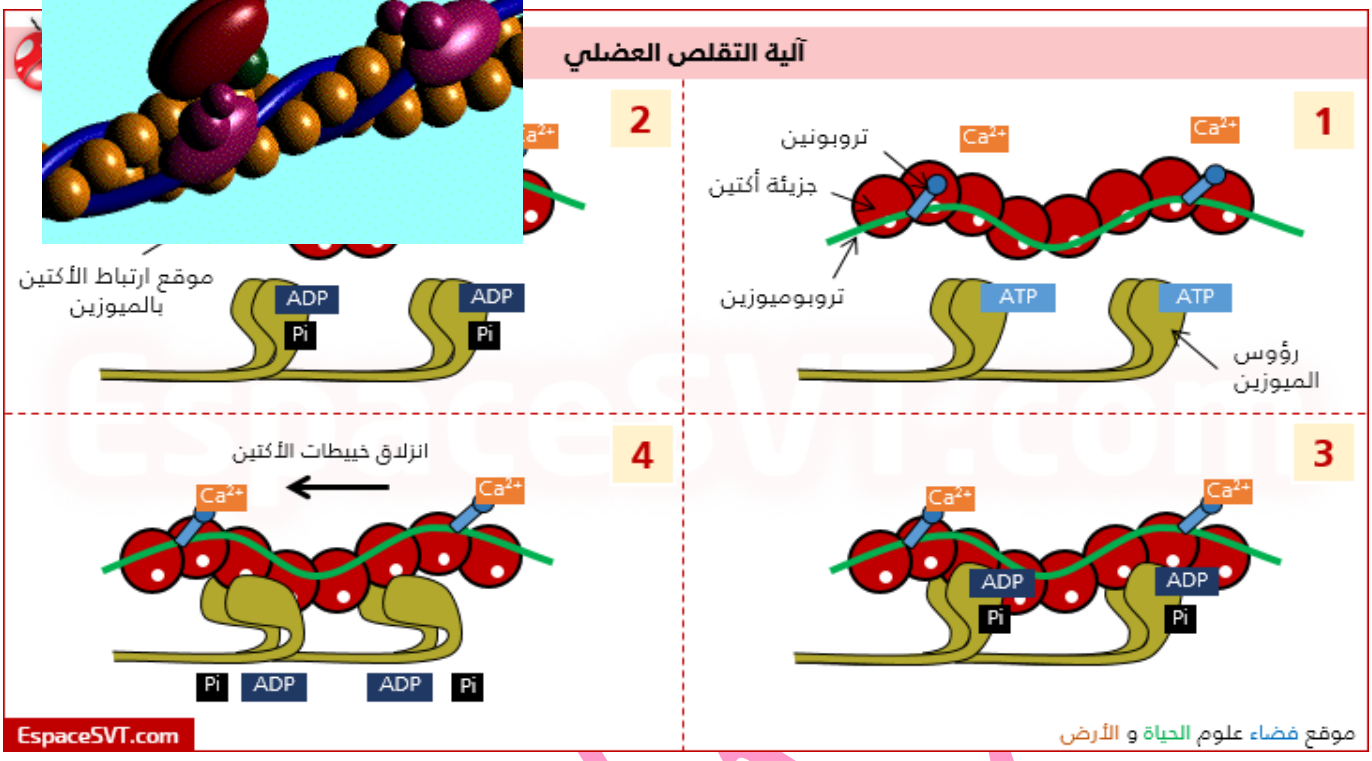
2) عند تنبيه العضلة الهيكلية يسري جهد الفعل في غشاء الليف العضلي الى الداخل عن طريق انبوب **T** حتى يصل الى نبيبات الشبكة الساركوبلازمية فيتسبب في تحرر ايونات الكالسيوم **Ca^{+2}** والتي ستتحد مع بروتين التروبونين **TNC** والذي سيعاني تغيرا في شكله مما يجعله يقوم بازاحة التروبونين **TNI** من مكانه وسحب التروبومايوسين فتتكشف المواقع الفعالة على خيط الاكتين فيحدث الارتباط بين رؤوس الجسور العرضية وخيط الاكتين.

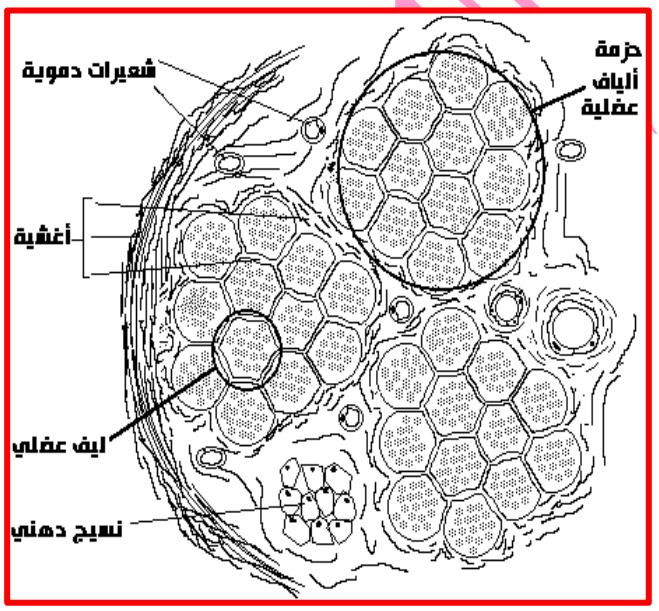
3) يمتلك راس الجسر العرضي العديد من المواقع الفعالة القادرة على الارتباط مع الاكتين ، وبعد الاتصال يقوم راس الجسر العرضي بالانتقال من موقع لاخر على طول خيط الاكتين وفي نفس الوقت يدور حول نفسه فيولد شدا في الجسر وينتقل هذا الشد الى الخيط السميك (المايوسين) فيسحب خيط الاكتين وينزلق فوق خيط المايوسين ساحبا معه خطي **Z** المرتبطة اصلا بخيوط الاكتين فيقصر الليف العصبي وتختفي المناطق المنيرة وهذا هو **التقلص .**

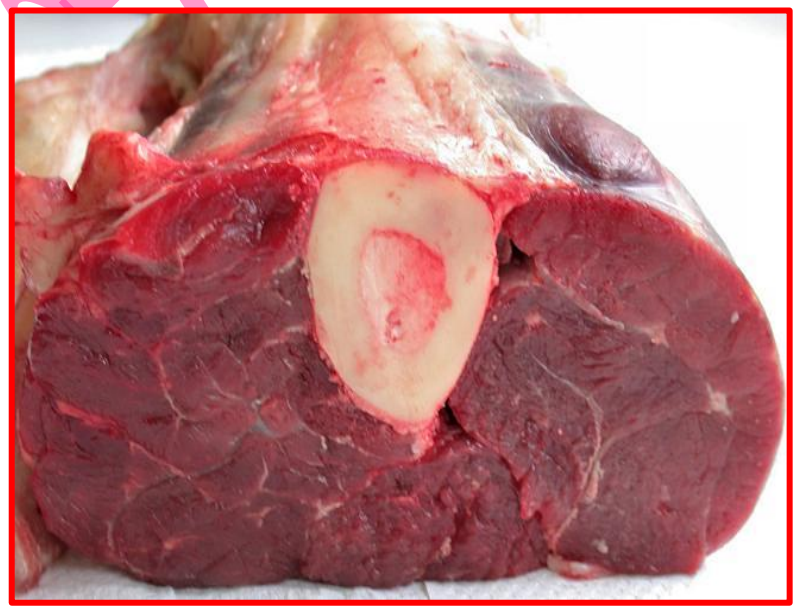
4) ولكي يحدث **الانبساط** العضلي وتستعيد العضلة طولها الاصلي ، يتحلل مركب - **ATP** لتوفير الطاقة لفك ارتباط الجسر مع الاكتين ليعود الراس حرا من جديد ، كما تعود ايونات الكالسيوم الى داخل نبيبات الشبكة الساركوبلازمية تاركة بروتين التروبونين **TNC** ليعود الى شكله الاصلي فيرجع التروبونين بكل انواعه والتروبومايوسين الى مواقعها الاصلية قبل التقلص ليمنعا راس الجسر العرضي من الارتباط بخيط الاكتين فتعود بالنتيجة خيوط الاكتين الى سابق وضعها وتظهر المناطق النيرة من جديد ويستعيد الـــ **Sarcomere** طوله الاصلي وتعود العضلة الى حالة الانبساط.

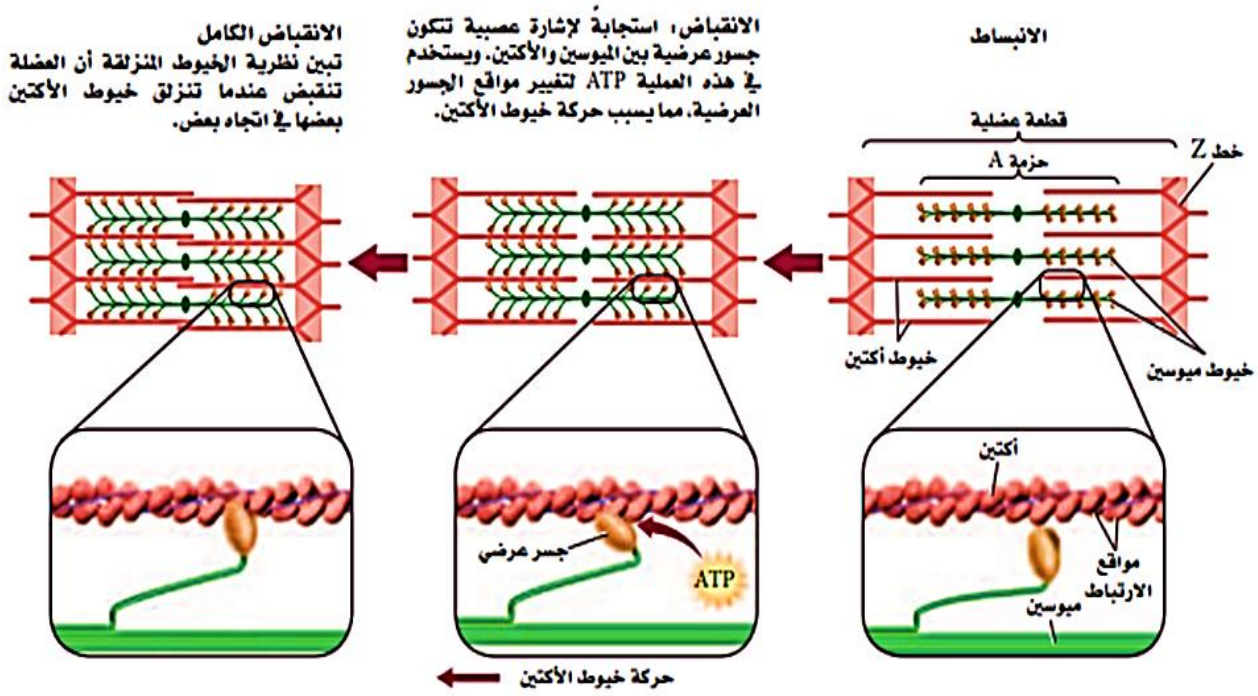




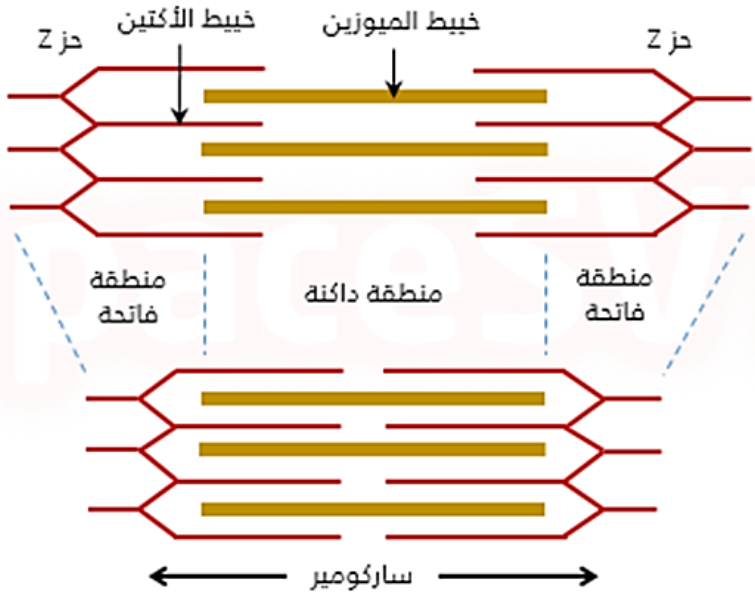

آلية التقلص العضلي
1
تروبونين
جزيئة أكتين
تروبوميوزين
رؤوس الميوزين
ATP
ATP
2
موقع ارتباط الأكتين بالميوزين
ADP
Pi
ADP
Pi
3
ADP
Pi
ADP
Pi
4
انزلاق خيطات الأكتين
Pi
ADP
ADP
Pi
EspaceSVT.com
موقع فضاء علوم الحياة و الأرض


شعيرات دموية
حزمة ألياف عضلية
أغشية
ليف عضلي
نسيج دهني



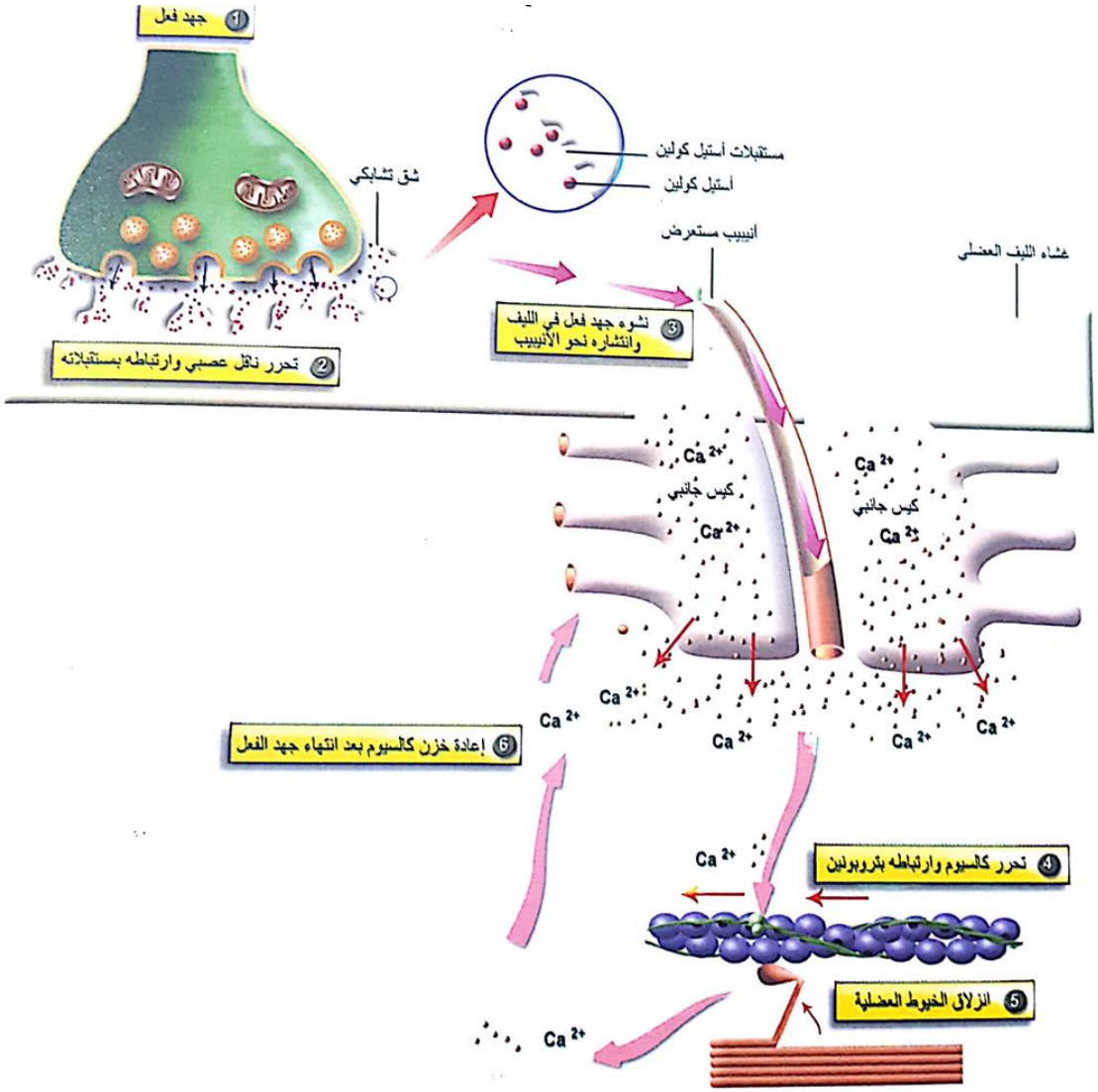


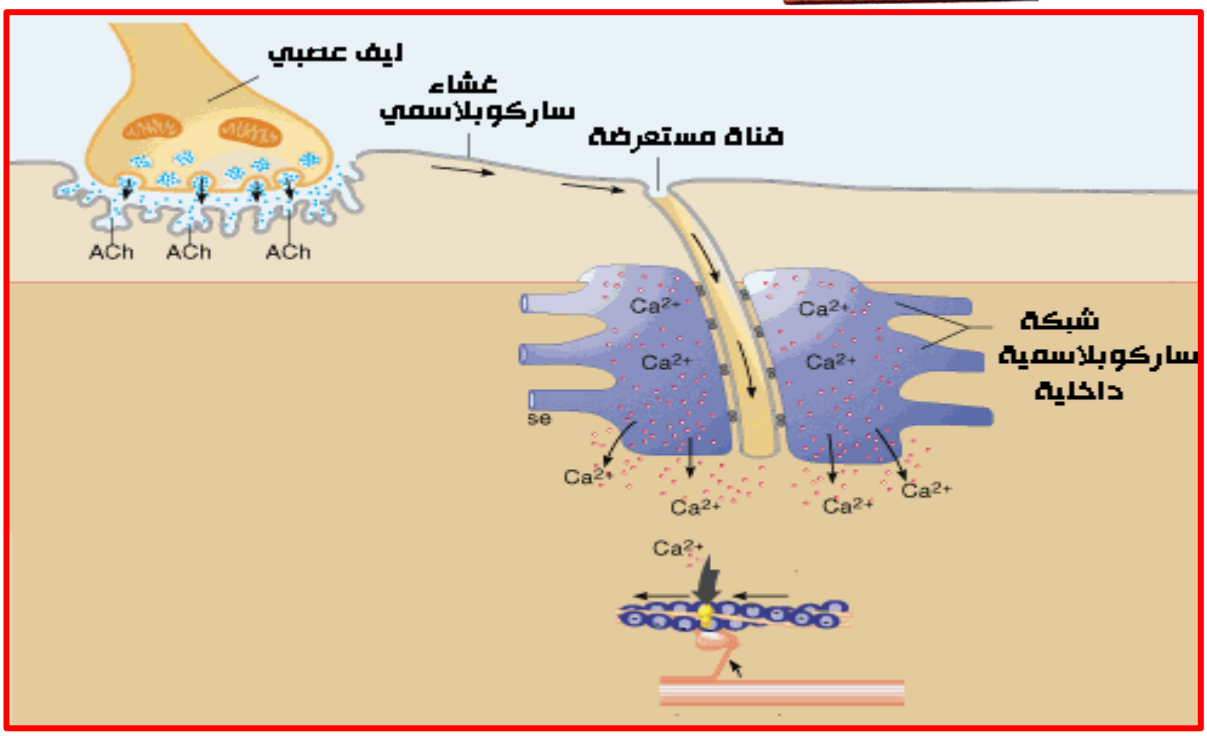
المظهر الميكانيكي للتقلص العضلي على مستوى الساركومير



ليف عضلي في حالة راحة

ليف عضلي في حالة تقلص


1 جهد فعل
شق تشابكي
مستقبلات أستيل كولين
أستيل كولين
أنبيب مستعرض
غشاء الليف العضلي
2 تحرر ناقل عصبي وارتباطه بمستقبلاته
3 نشوء جهد فعل في الليف وانتشاره نحو الأنبيب
كيس جانبي
Ca 2+
6 إعادة خزن كالسيوم بعد انتهاء جهد الفعل
4 تحرر كالسيوم وارتباطه بتروبولين
5 انزلاق الخيوط العضلية


ليف عصبي
غشاء ساركوبلاسمي
قناة مستعرضة
ACh
Ca2+
شبكة ساركوبلاسمية داخلية

مصادر الطاقة اللازمة للتقلص العضلي :-

1- الكلايكوجين ونسبته **1%** .

2- فوسفات الكرياتين ونسبته **0.5 %** .

3- ثالث فوسفات الادينوسين **ATP** ونسبته **0.025** % .

هذه المواد الثلاث هي مصادر الطاقة لعملية التقلص العضلي ،

يعتبر **ATP** المصدر الفوري للطاقة الضرورية لعملية التقلص كما هو الحال في جميع الأفعال الحيوية الأخرى . اذ يتحلل هذا المركب انزيميا بفعل الـــ (Hmm) Heavy meromysine الى ADP وفوسفات غير عضوية وتتحرر كمية من الطاقة كما في المعادلة :

بما أن كمية **ATP** في العضلة ضئيلة جدا لذا فان فوسفات الكرياتين الذي يوجد بكميات اكبر هو احتياطي ثاني للطاقة الفورية ، ولكن كميته في العضلة محدودة أيضا الأمر الذي يؤدي إلى نفاذ هذه المادة بعد عدد من التقلصات ، لذلك يتوجب على العضلة ايجاد مصدر بديل للطاقة وهذا يحدث عن طريق فسفرة **ADP** بواسطة فوسفات الكرياتينCP ، توجد فوسفات الكرياتين الغنية بالطاقة في عضلات الفقريات واللافقريات وهي لا تمنح طاقتها مباشرة في عملية التقلص ولكنها تمنحها الى جزيئة ال **ATP** محولة اياها الى **ADP** بوجود الانزيم Creatin phosphokinase ، كما في المعادلة :

كما ويمكن اعادة بناء مركب **ATP** بواسطة اتحاد جزيئتين من **ADP** لوجود انزيم Myokinase ،

كما في المعادلة :

أما الكلايكوجين فنسبته عالية في العضلات فضلا عن تكون كمية جديدة منه باستمرار من الكلوكوز الذي يحمله الدم إلى العضلات.

تتحرر كمية كبيرة من الطاقة بتمثيل الكلوكوز في عملية التنفس الخلوي, يستهلك قسم منها في تكوين **ATP** الذي بدوره يزود بدوره الطاقة التي تساعد على تكوين فوسفات الكرياتين.

أنواع التقلص العضلي Muscle contraction :

مهمة العضلات هو إنتاج الشد ، و طرق إنتاج الشد معروفة بالتقلص العضلي و المهام الرئيسية للتقلص العضلي هي:

* الاحتفاظ بالهيئة (الشكل).
* تحريك الجسم.
* إنتاج حرارة الجسم.

يوجد طريقتين رئيسيتين للتقلص العضلي:

1) **التقلص متساوي (ثابت) الطول Isometric contraction** : وفيه لايحدث تغيير في طول العضلة وانما يزداد الضغط او التوتر بداخلها (تثبت نهايتي العضلة و لا يوجد تحريك للمفصل) كما هو الحال عند فشل العضلة في رفع ثقل معين .
2) **التقلص متغير الطول Isotonic contraction** : ويحدث تغير في طول العضلة بنشاطها العضلي لإنتاج قوة معينة .

العجز الاوكسجيني: Oxygen debt

عندما تكون كمية الاوكسجين التي تحصل عليها العضلات قليلة وغير كافية لصنع الـــ ATP في دورة كربس والسلسة التنفسية فان حامض البايروفي Pyruvic acid يختزل الى حامض اللبني Lactic acid ، وفي حالة الاستمرار في هذه الحالة من نقص الاوكسجين يتجمع الحامض اللبني (الاكتيك) ويزداد تركيزه في العضلات ، وتدعى ظاهرة الايض اللاهوائي وتراكم حامض الاكتك بالعجز الاوكسجيني ، اذ ان سبب هذا التراكم لحامض الاكتيك (لان هذا الحامض يحتاج الى اوكسجين بكمية وفيرة لاكمال اكسدته الى ماء و CO_2 او لتحويله الى كلايكوجين .

الإعياء Fatigue :

اذا تحفز العضلة بصورة مستمرة لفترة من الزمن فانها سرعان ما تعجز عن القيام بالتقلص على الرغم من استمرار التحفيز وتدعى هذه الحالة بالإعياء اسبابه :-

1- تركم الفضلات مثل حامض اللبنيك في الالياف العضلية .

2- نقصان الكلايكوجين والكلوكوز .

3- نفاذ المركبات الفوسفاتية ذات الطاقة العالية مثل ATP.

4- نقصان الاوكسجين .

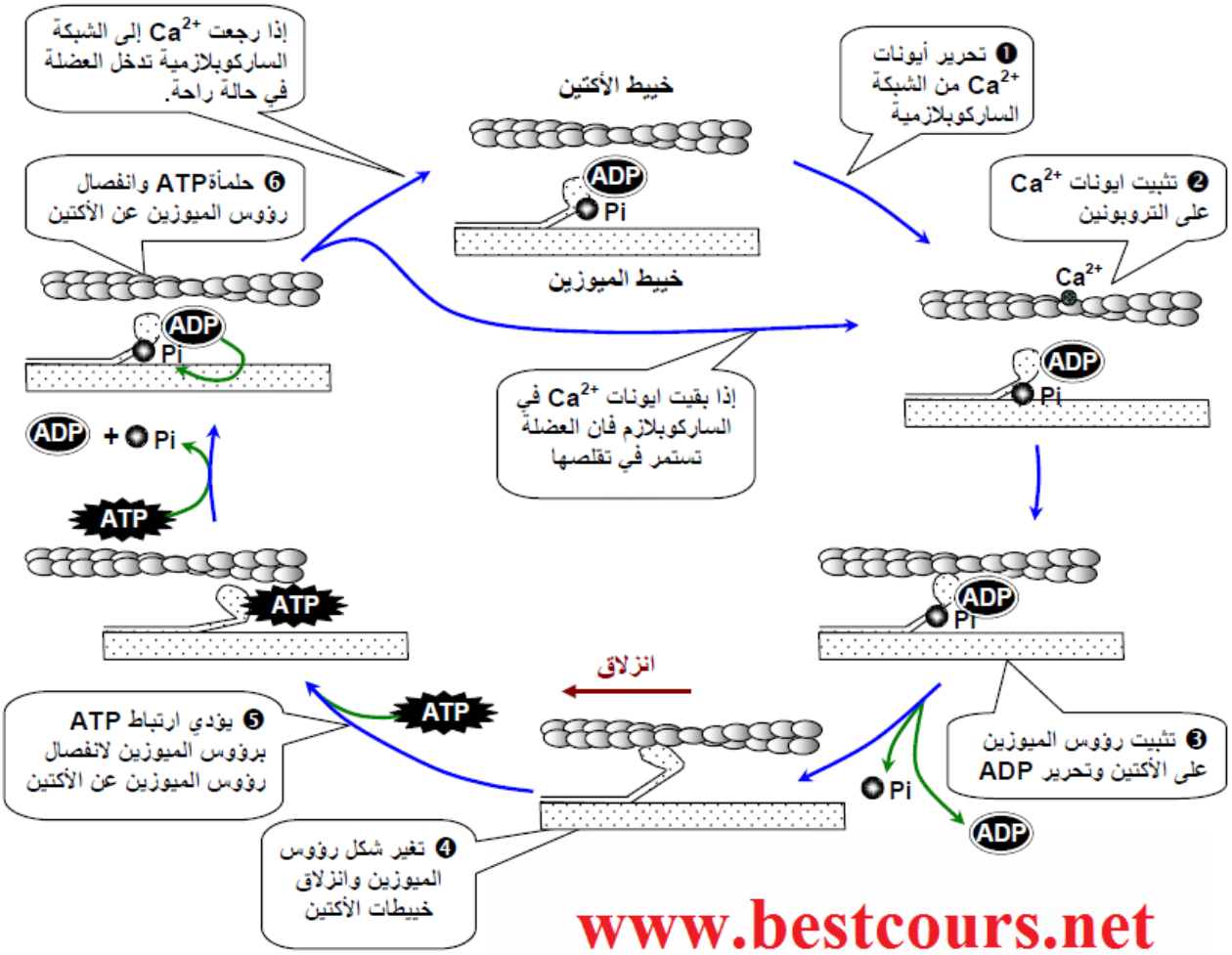
5- نفاذ مادة الاستيل كولين عند الاندماج العضلي العصبي .

- ويزول الاعياء بترك العضلة بدون تحفيز لمدة من الزمن .

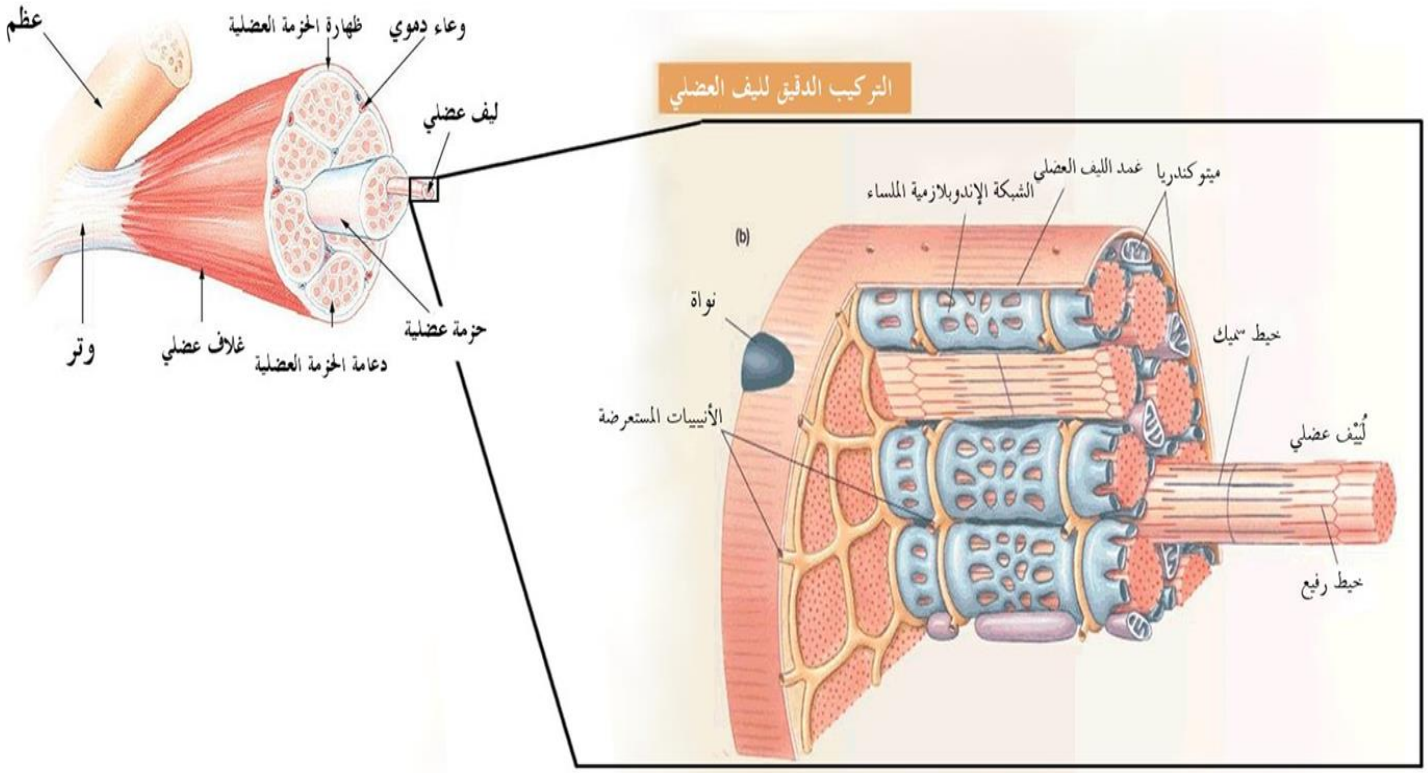
الدكتور هيثم الكبيسي

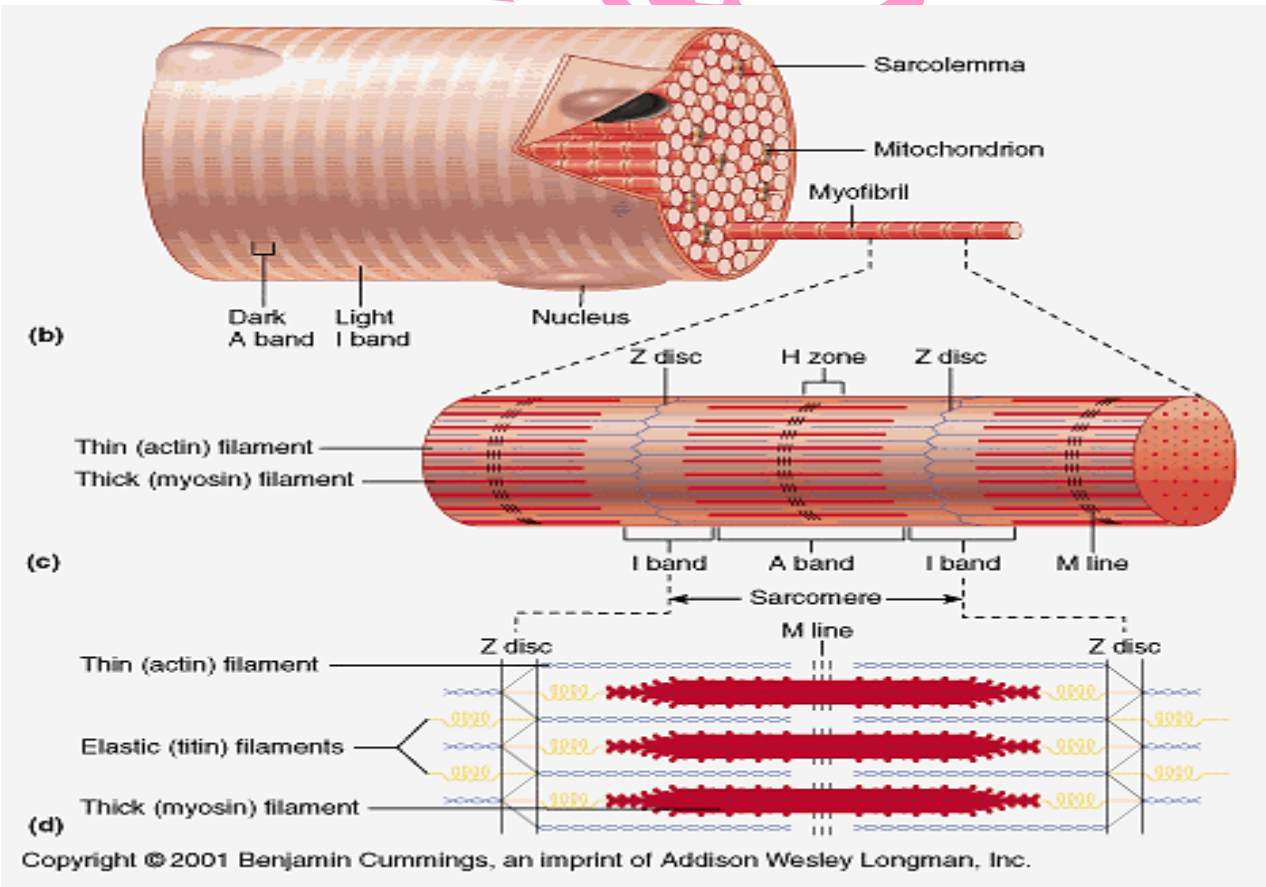
الوثيقة 16: خطاطة تبين التفاعل بين خيطات الميوزين والأكتين خلال التقلص العضلي.

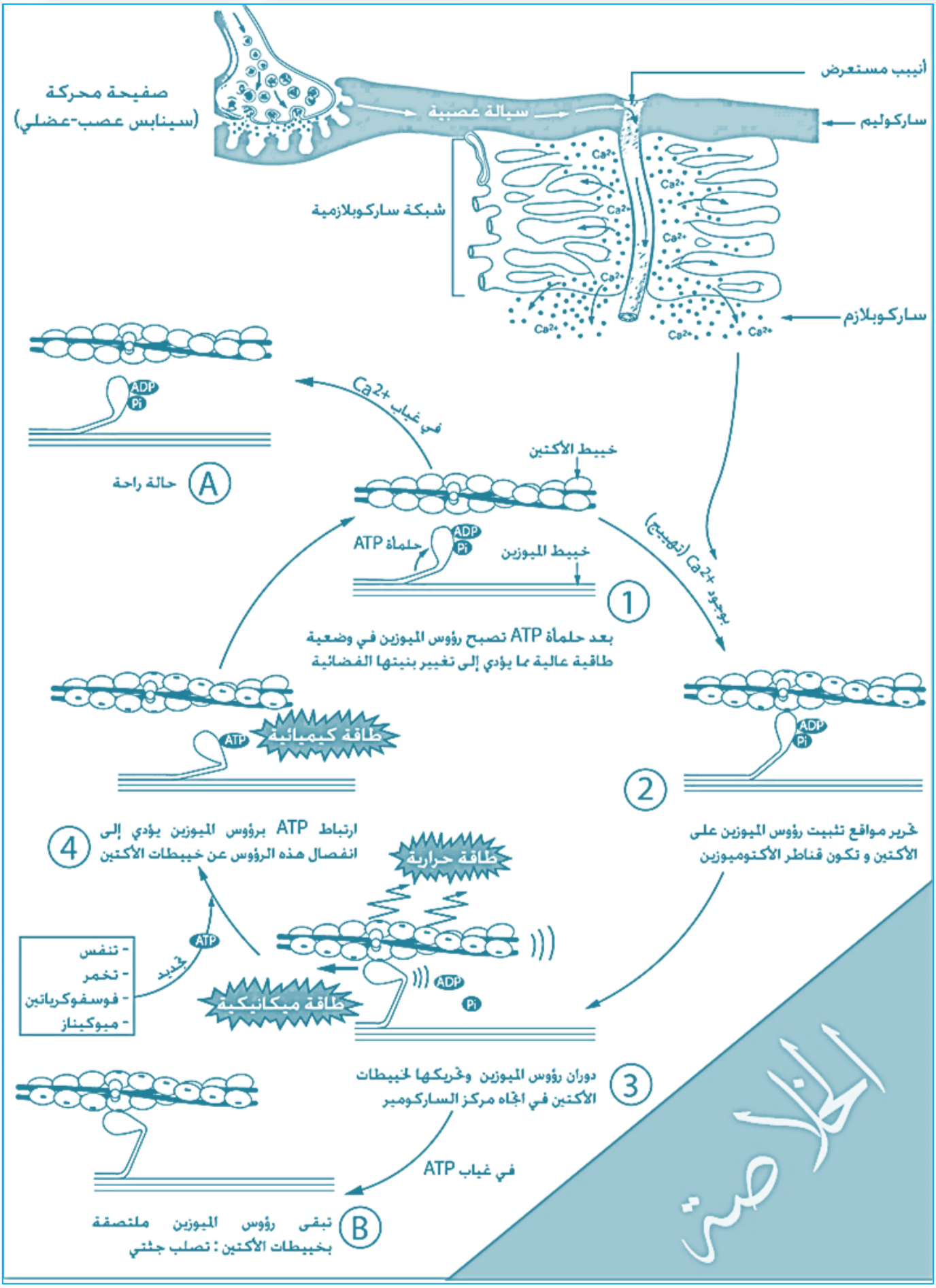
حول الخطاطة التالية إلى نص تفسر من خلاله آلية التقلص العضلي.

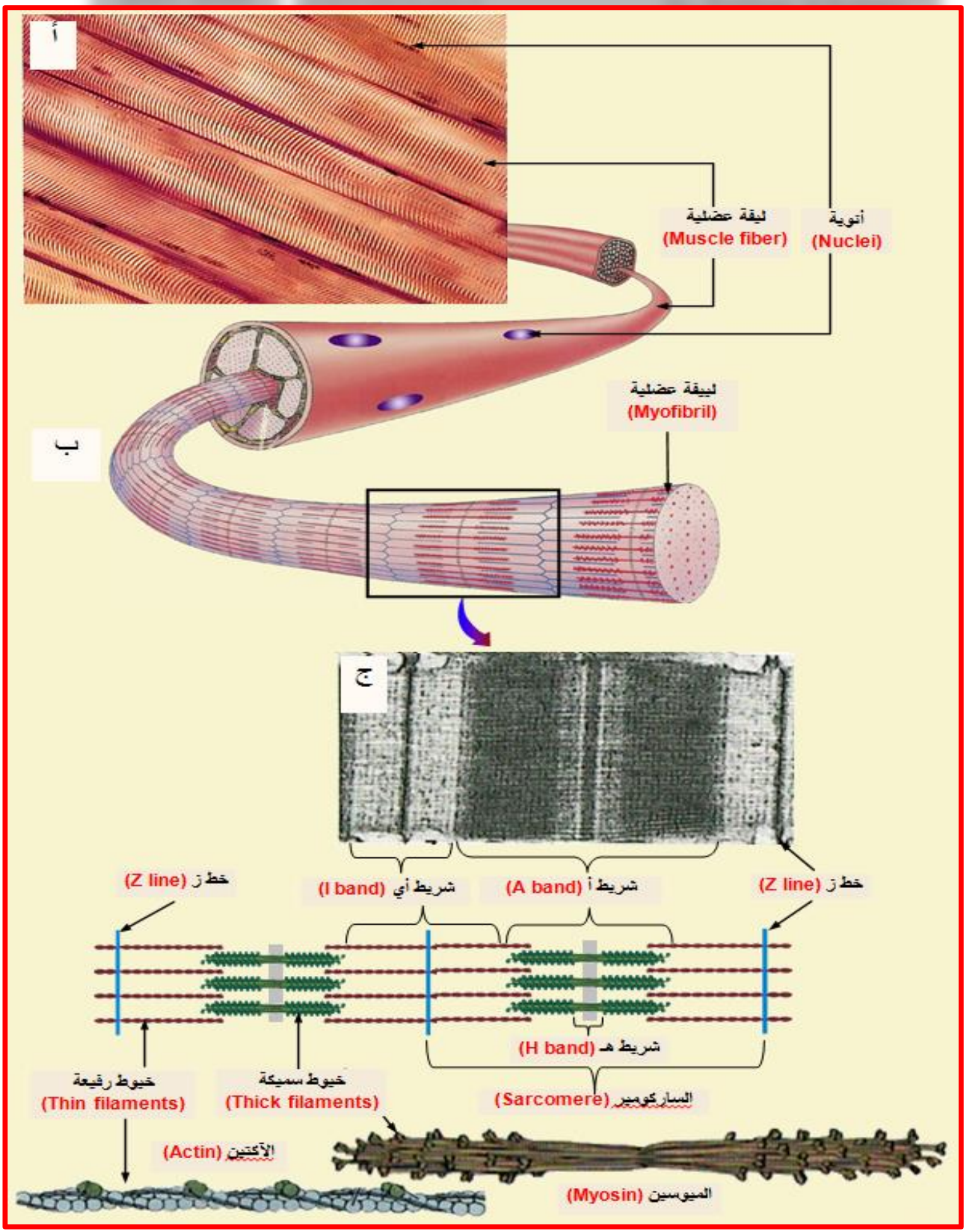


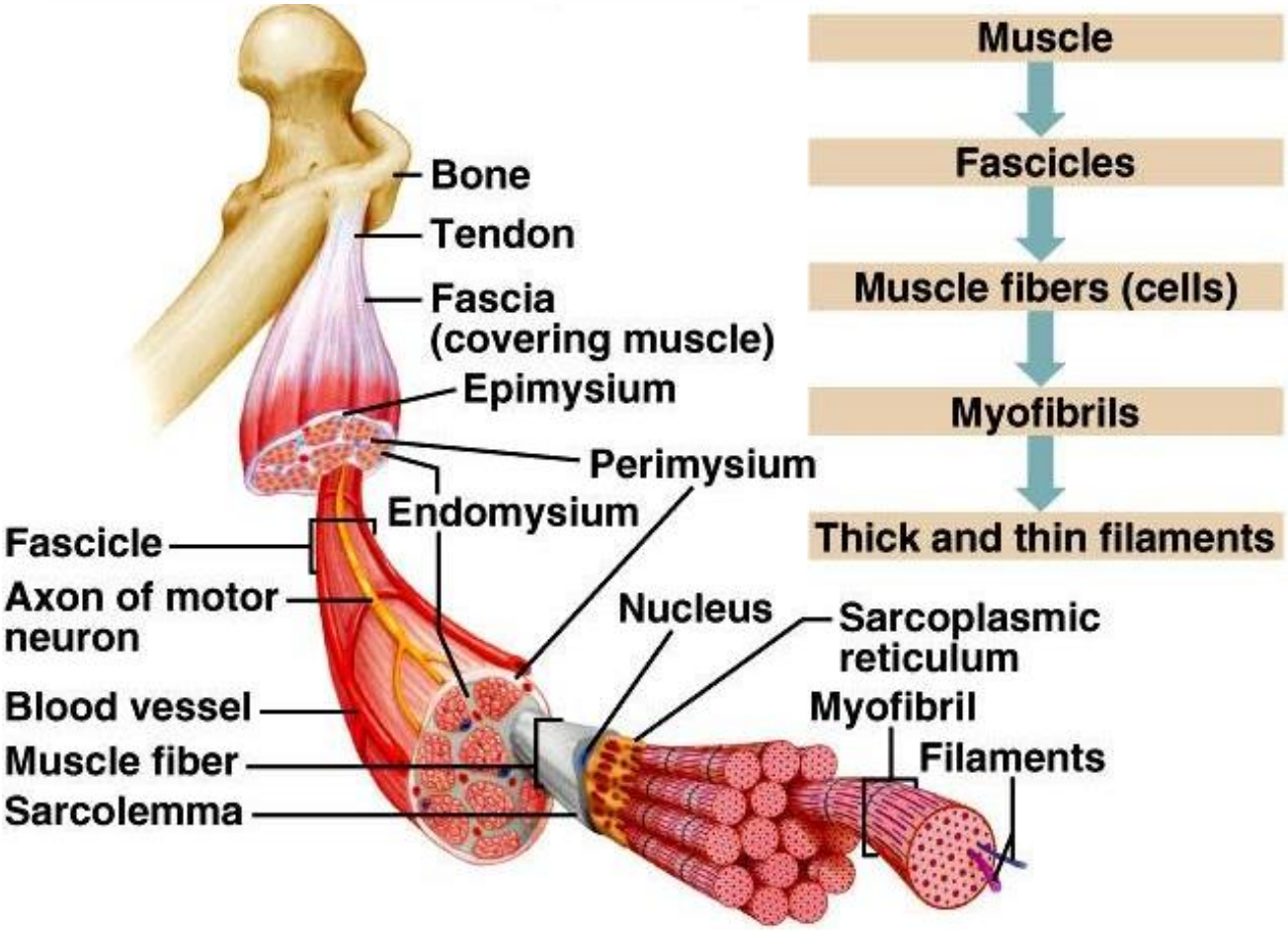
www.bestcours.net


عظم
ظهارة الحزمة العضلية
وعاء دموي
ليف عضلي
وتر
غلاف عضلي
دعامة الحزمة العضلية
حزمة عضلية
التركيب الدقيق لليف العضلي
(b)
الشبكة الإندوبلازمية الملساء
غمد الليف العضلي
ميتوكندريا
نواة
خيط سميك
الأنيبيات المستعرضة
لُيْف عضلي
خيط رفيع


Sarcolemma
Mitochondrion
Myofibril
Dark A band
Light I band
Nucleus
(b)
Z disc
H zone
Z disc
Thin (actin) filament
Thick (myosin) filament
(c)
I band
A band
I band
M line
Sarcomere
M line
Z disc
Z disc
Thin (actin) filament
Elastic (titin) filaments
Thick (myosin) filament
(d)
Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.


صفيحة محركة
(سينابس عصب-عضلي)
سيالة عصبية
أنيبب مستعرض
ساركوليم
شبكة ساركوبلازمية
ساركوبلازم
Ca^{2+}
في غياب Ca^{2+}
خيبط الأكتين
حالة راحة
A
ADP
Pi
حلماة ATP
خيبط الميوزين
1
بعد حلماة ATP تصبح رؤوس الميوزين في وضعية طاقية عالية مما يؤدي إلى تغيير بنيتها الفضائية
بوجود Ca^{2+} (تهييج)
طاقة كيميائية
ATP
2
تحرير مواقع تثبيت رؤوس الميوزين على الأكتين و تكون قناطر الأكتوميوزين
4
ارتباط ATP برؤوس الميوزين يؤدي إلى انفصال هذه الرؤوس عن خيبطات الأكتين
طاقة حرارية
طاقة ميكانيكية
تجديد
- تنفس
- تخمر
- فوسفوكرياتين
- ميوكيناز
3
دوران رؤوس الميوزين وتحريكها لخيبطات الأكتين في اتجاه مركز الساركومير
في غياب ATP
B
تبقى رؤوس الميوزين ملتصقة بخيبطات الأكتين : تصلب جثتي
الخلاصة


أ
ليفة عضلية
(Muscle fiber)
أنوية
(Nuclei)
ب
ليفة عضلية
(Myofibril)
ج
خط ز (Z line)
شريط أي (I band)
شريط أ (A band)
خط ز (Z line)
شريط هـ (H band)
خيوط رقيقة
(Thin filaments)
خيوط سميكة
(Thick filaments)
الساركومير (Sarcomere)
الآكتين (Actin)
الميوسين (Myosin)



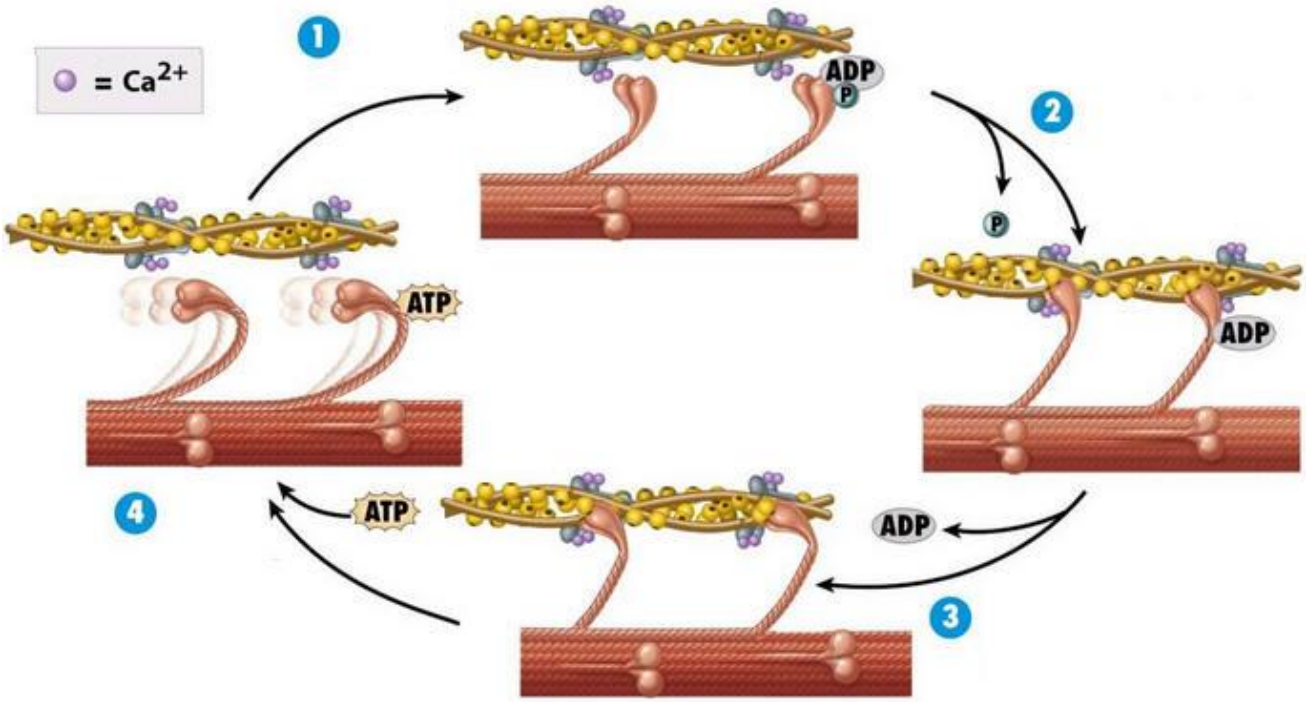
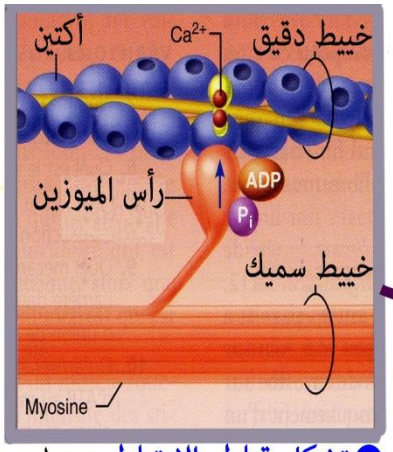
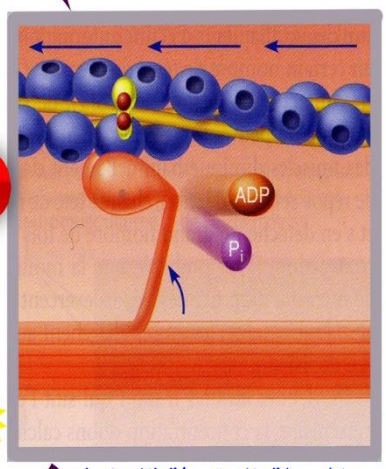


Figure 10-7 Principles of Anatomy and Physiology, 11/e
© 2006 John Wiley & Sons

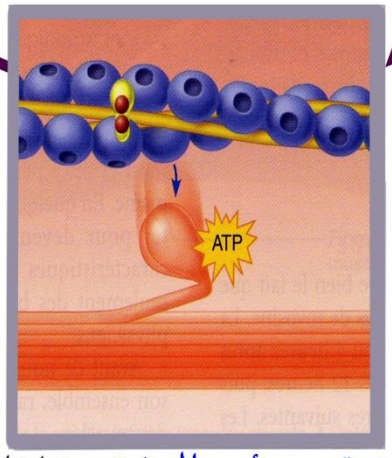
مراحل آلية التقلص العضلي



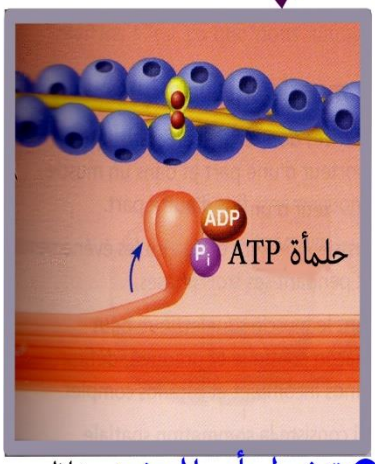
1 تشكل قناطر الارتباط: ترتبط الميوزين ذات طاقة عالية بالأكتين مشكلة قناطر مستعرضة



2 المرحلة النشيطة(الدفع): تحرير ADPوPi ودوران رأس الميوزين وينطوي آخذا المستوى الطاقي الضعيف، يمكن لخيطات الأكتين الانزلاق نحو مركز الساركومير.



3 تحرير رؤوس الميوزين: بعد ارتباط ATP بالميوزين، تصبح الرابطة بين الميوزين والأكتين ضعيفة وبذلك تنفصل رؤوس الميوزين عن الأكتين(كسر القناطر المستعرضة



4 تنشيط رأس الميوزين: خلال حلمأة ATP إلى ADPو Pi، يأخذ رأس الميوزين من جديد شكله الغني بالطاقة التي كان يتميز به خلال مرحلة الدفع

RESPIRATORY SYSTEM الجهاز التنفسي

يعتمد وجودنا على أجهزة تزود اجسامنا بالطعام والماء والهواء ، التي بدونها لا نستطيع الاستمرار في الحياة . واذا ما حرمنا من الطعام لمدة اسابيع فإننا نبقى على قيد الحياة وبدون ماء قد نبقى على قيد الحياة بضعة ايام ، ولكن الحياة تتوقف خلال دقائق اذا حرمنا من الهواء.

ان بلايين الخلايا في اجسامنا تحتاج الى الطاقة للقيام بواجباتها ، ولإطلاق هذه الطاقة من الجزئيات المعنية لابد من توفر الاوكسجين . ان جزيئات الطاقة تحتوي ذرات الكاربون وعند احتراق تلك الجزيئات بوجود الاوكسجين تطلق طاقة ويتكون ثنائي اوكسيد الكاربون . وعليه تحتاج خلايانا الى آلية لتزويدها بالأوكسجين وتخليصها من ثنائي اوكسيد الكاربون ، ويتم ذلك من خلال الجهاز التنفسي .

✸ التنفس Respiration:

التنفس بمعناه الواسع هو التبادل الغازي بين الكائن الحي والمحيط الخارجي ويتميز بأخذ الاوكسجين وطرح ثنائي اوكسيد الكاربون , وتستطيع الكائنات الحية الصغيرة ان تحصل على كفايتها من الأوكسجين بأخذه من المحيط عن طريق سطح الجسم العام بعملية الانتشار كما انها تتخلص من ثنائي أوكسيد الكاربون بنفس الطريقة ويرجع ذلك الى صغر الحجم وكبر نسبة السطح الى الحجم , في حين الكائنات الحية ذات الحجم الاكبر تحتاج الى جهاز تنفس واخر للدوران لضمان تبادل كافي للغازات بين ا لكائن والمحيط ووصول كميات كافية من الاوكسجين الى الانسجة .

❖ يشمل مفهوم التنفس عدة عمليات هي:

1) **التهوية Ventilation** : او ما تسمى بالحركات التنفسية التي تسبب دخول الاوكسجين O_2 الى الرئتين بعملية الشهيق Inspiration وخروج ثاني اوكسيد الكاربون Co_2 الى الهواء الجوي بعملية الزفير Expiration.

2) **التبادل الغازي Gas Exchange** : بين الهواء الخارجي والدم اذ يحمل الدم بالاوكسجين ويخلص من ثاني اوكسيد الكاربون .

3) **نقل الغازات Gas Transport** : نقل الغازات الموجودة في الدم الى الانسجة .

4) **التنفس الخلوي Cellular Respiration** : استخدام الاوكسجين ضمن سلسلة من التفاعلات الايضية المعقدة لتحطيم جزيئات الغذاء الموجودة في الخلايا مثل الكلوكوز واطلاق الطاقة منها وتحرير ثاني اوكسيد الكاربون .

❖ بعض العلماء صنفوا العمليات السابقة باسلوب اخر كالاتي:

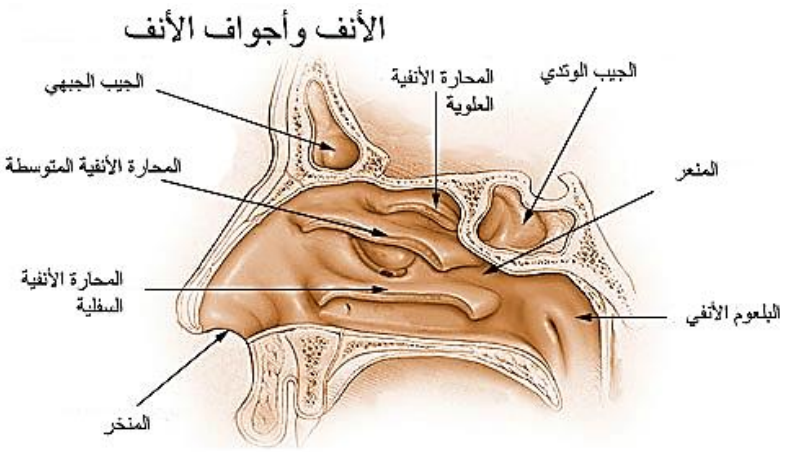
1) **التنفس الخارجي External respiration** : هو عملية التبادل الغازي بين الدم والمحيط الخارجي (الهواء أو الماء) .

2) التنفس الداخلي **Internal respiration** : هو عملية التبادل الغازي بين الدم وخلايا الجسم .

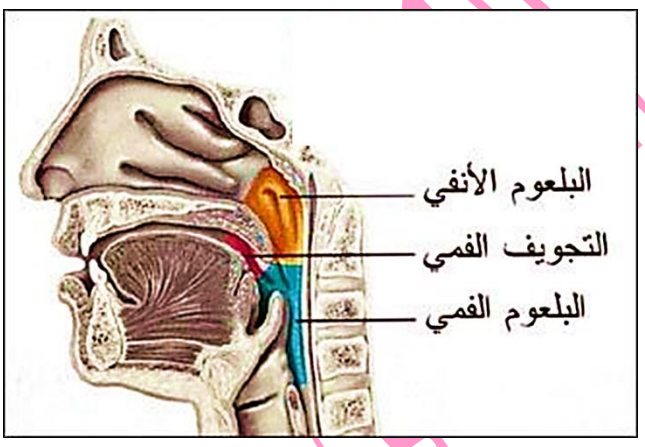
3) التنفس الخلوي **Cell respiration** : هو ما يحدث داخل الخلايا من تحرر الطاقة من المواد الغذائية بعملية الهدم الغذائي ويشتمل على العديد من الخطوات التي تشترك فيها انزيمات تنفسية ومساعدات انزيمات .

مكونات الجهاز التنفسي **Respiratory components** :

الاعضاء المكونة للجهاز التنفسي هي :

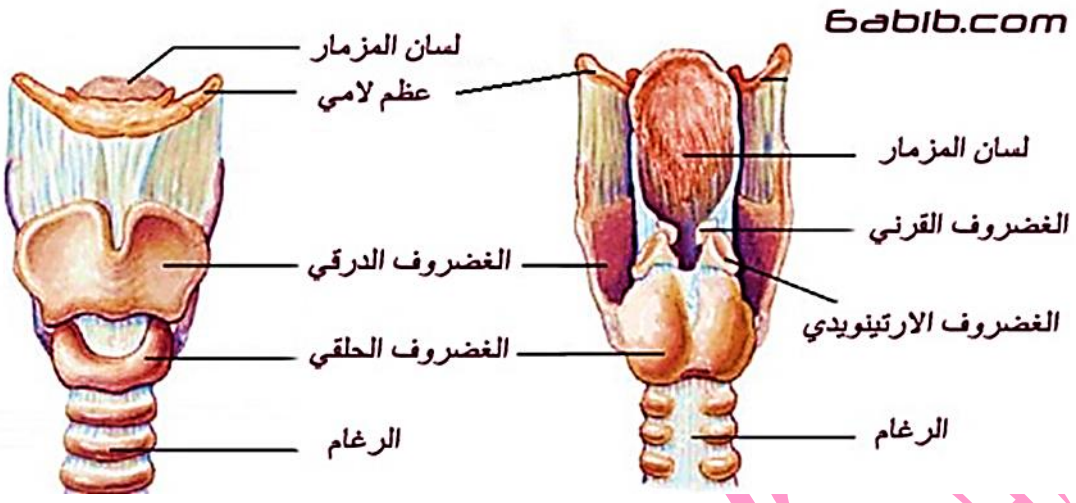


1) الانف Nose : ينقسم الأنف الى جزء أيسر وآخر أيمن يفصل بينهما حاجز غضروفي في جزئه الأمامي وعظمي في جزئه الخلفي . يدخل الهواء الى الانف من خلال فتحتين تسميان المنخرين (فتحتين منخر خارجية External Nares و فتحتين منخر داخليتين Internal Nares) ، وجود تجويف انفي كبير يمتد اعلى الفم ويفتح في هذا التجويف فتحات ضيقة تسمى جيوب جار انفية (الجيوب) Paranasal Sinuses عددها اربعة جيوب ، يعمل الانف على تنقية الهواء من الغبار والشوائب بواسطة الشعر. وتقوم الأهداب التي تغطي سطح الغشاء المخاطي في الانف بتوزيع المادة المخاطية على سطح البطانة حيث تلتقط الفضلات. ويوجد تحت بطانة الانف شبكة من الاوعية الدموية التي تساعد في تدفئة الهواء الداخل ، بالاظافة الى الوظائف غير التنفسية كالشم وتفخيم الصوت .



2) البلعوم **Pharynax** : قمع عضلي يمتد حوال **13** سم من التجويف البلعومي (المنعر Choanae) الى الحنجرة وله ثلاث مناطق : بلعوم انفي Nasopharynx ، بلعوم فمي Oropharynx و بلعوم حنجري Laryngopharynx .

3) الحنجرة Larynx : او صندوق الصوت voice box حجرة غضروفية حوالي **4** سم طولا تحتوي على لسان المزمار Epiglottis الذي يمنع الغذاء والماء من الدخول الى الممرات التنفسية بالاضافة الى وظيفتها في تكون الاصوات .



4) القصبة الهوائية (الرغامي) Trachea : يبلغ طولها حوالي **12** سم وقطرها **2.5** سم :

جدار القصبة يتركب من ثلاث طبقات

I. طبقة مخاطية Mucous layer
II. تحت مخاطية ذات غدد دهنية Under mucous with fatty glands
III. غضروفية Cartilaginous layer : تتكون من مجموعة من الغضاريف الحلقية Cartilage يتراوح عددها بين **(16 – 20)** حلقة شبيهة بحرف **C** الانكليزي حيث تتجه نحو الخلف باتجاه المريء لتسمح له بالتمدد قليلا باتجاه الفصبة الهوائية اثناء ابتلاع الطعام . تغلق فتحة الغضاريف بواسطة عضلات ملساء عرضية تشكل معا عضلة الرغامي Trachealis muscle يخالجها بعض الالياف المرنة .

يؤدي تقلص العضلة الرغامية الى ضيق في قطر الرغامي مما يسرع هواء الزفير الخارج من خلاله وبالتالي يساعد على اخراج المخاط من الرغامي بسرعة تزيد عن **160** كم/ساعة ، كما يحدث كذلك عند العطس والسعال .

وظيفة الحلقات الغضروفية تتمثل في دعم الرغامي ليبقى مفتوحا بشكل مستمر فلا ينخسف نحو الداخل ، لكن هذه الحلقات الغضروفية لا تقوى احيانا على مقاومة الضغط الشديد عليها (كما لا تقوى على ذلك غضاريف الحنجرة) اثناء محاولات الخنق بالقبض على الرقبة او اثناء سقوط اجسام ثقيلة على الصدر والرقبة .

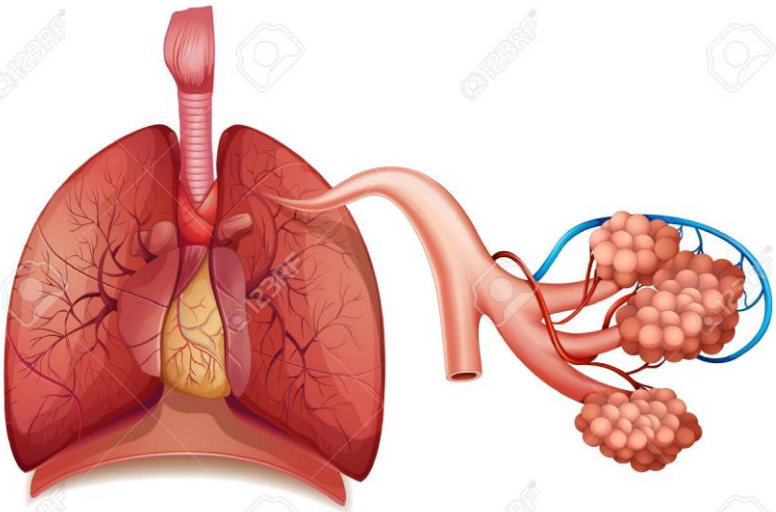
تتكون الطبقة المخاطية من نسيج طلائي عمادي كاذب مهدب ، وتؤدي حركة الاهداب الى احداث تيار صاعد للافرازات المخاطية للغدد الموجودة في الطبقة تحت المخاطية يدفع معه ما يعلق بالمخاط من غبار وجراثيم واجسام غريبة نحو الحنجرة فالبلعوم حيث تبتلع او تخرج على هيئة بصاق .

يفُرز المخاط بواسطة خلايا كوبلت Gobelt cells فيصُطاد المخاط معظم الجزيئات المستنشقة اكبر من **2** ملم , كما ان خلايا الكلوبيولين المناعي تقوم بقتل كثير من الاحياء المجهرية المستنشقة بعملية التنفس Breathing .

من الجدير بالذكر ان احدى مضار التدخين تكمن في انه يسبب شللا لاهداب الطبقة المخاطية مما يجعل المخاط يتحرك نحو الاسفل بفعل الجاذبية الارضية حيث يتراكم بالرئتين ، يحدث هذا التراكم تهيجاً في القصبات مما يعطي منعكس القحة المميزة للمدخنين (قحة المدخنين Cough smokers)

تتفرع القصبة الهوائية الى :

A) قصبة الهوائية (الشعب الهوائية) اولية يمنى Primary Right Bronchi



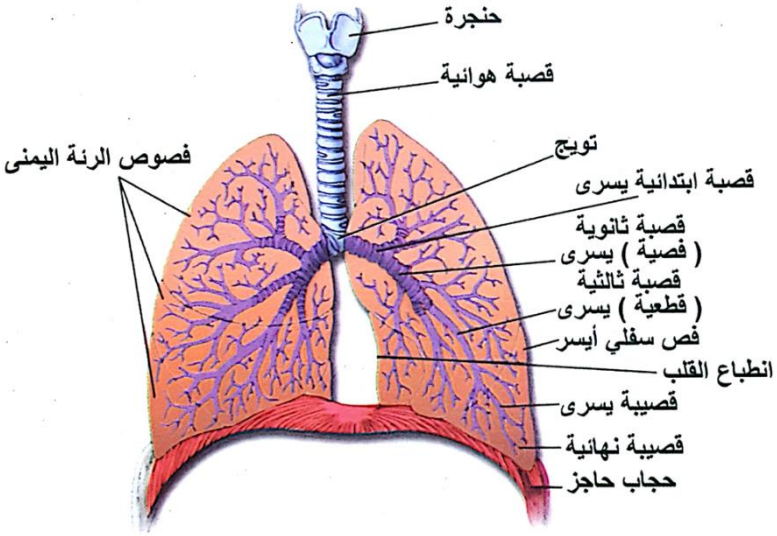
B) قصبة الهوائية (الشعب الهوائية) اولية يسرى Primary Left Bronchi

تدخل كل قصبة اولية الرئة Lung الموالية لها عند منطقة تدعى السرة Hilus ، وتكون القصبة الاولية اليمنى اقصر واوسع واشد ميلاً من اليسرى لذلك فان احتمال دخول الاجسام الغريبة الى الرئة اليمنى يكون اعلى عند ابتلاع هذه الاشياء دون قصد .

تتفرع كل قصبة اولية الى قصبات ثانوية الهوائية (الشعب الهوائية) Secondary Bronchi (فصية Lobar) كل منها يدخل الى فصوص الرئة وهي ثلاثة للرئة اليمنى واثنان للرئة اليسرى .

تتفرع القصبات الثانوية الى قصبة ثالثة Tertiary والاخيرة تتفرع مرة اخرى الى 23 جيلا او فرع من الممرات التنفسية التي يقل قطرها عن (1) مليمتر تدعى القصيبات Bronchioles ، اما القصيبات التي يقل قطرها عن 0.5 ملم تدعى قصيبات نهائية Terminal Bronchioles والتي تتنتهي بالحويصلات الهوائية Alveoli .

يعطي نمط تفرع القصبات المشار اليها اعلاه شكلا شبيها بالشجرة المقلوبة ذات الجذع الواحد الذي يمثله الرغامي لذلك تدعى شجرة قصبية Bronchial Tree .

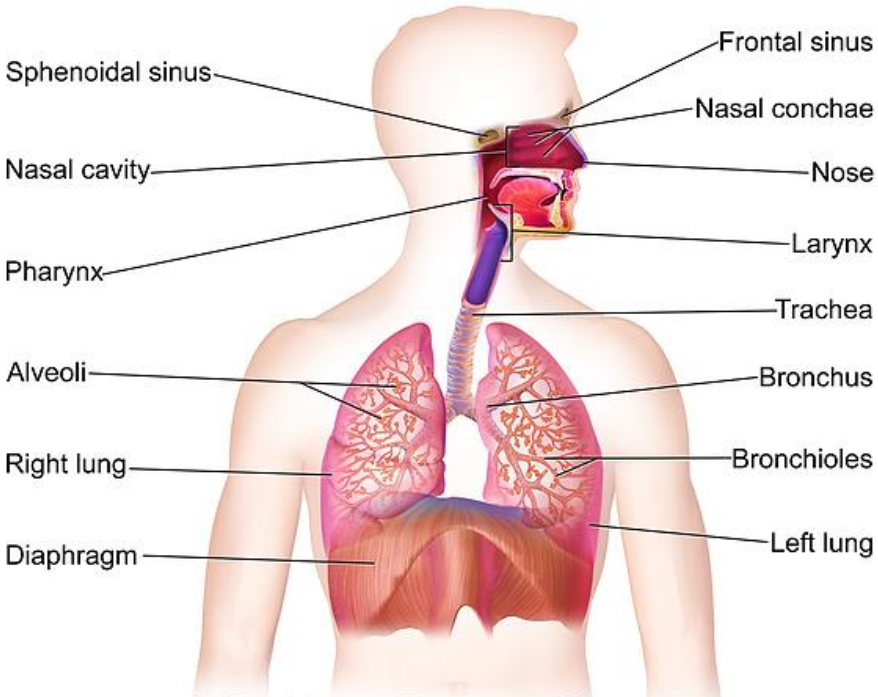


5) الرئتين Lungs : تتكون الرئتين من نسيج اسفنجي Spongy parenchyma يحتوي على التفرعات القصبية ، تزن معا حوالي واحد كيلو غرام ، شكلها مخروطي ولها قمة تصل حتى عظم الترقوة Wishbone في العلى وقاعدة واسعة مقعرة قليلا تستقر فوق الحجاب الحاجز Diaphragm ، الرئة اليسرى اصغرا حجما من اليمنى ربما بسبب ميل القلب نحو الجانب الايسر وبسبب وجود القلب يوجد على جانبها القريب من خط المنتصف للجسم تقعر خفيف يدعى انطباع القلب Cardiac impression ، تقسم الرئة اليسرى الى فصين بينما اليمنى تقسم الى ثلاثة فصوص .

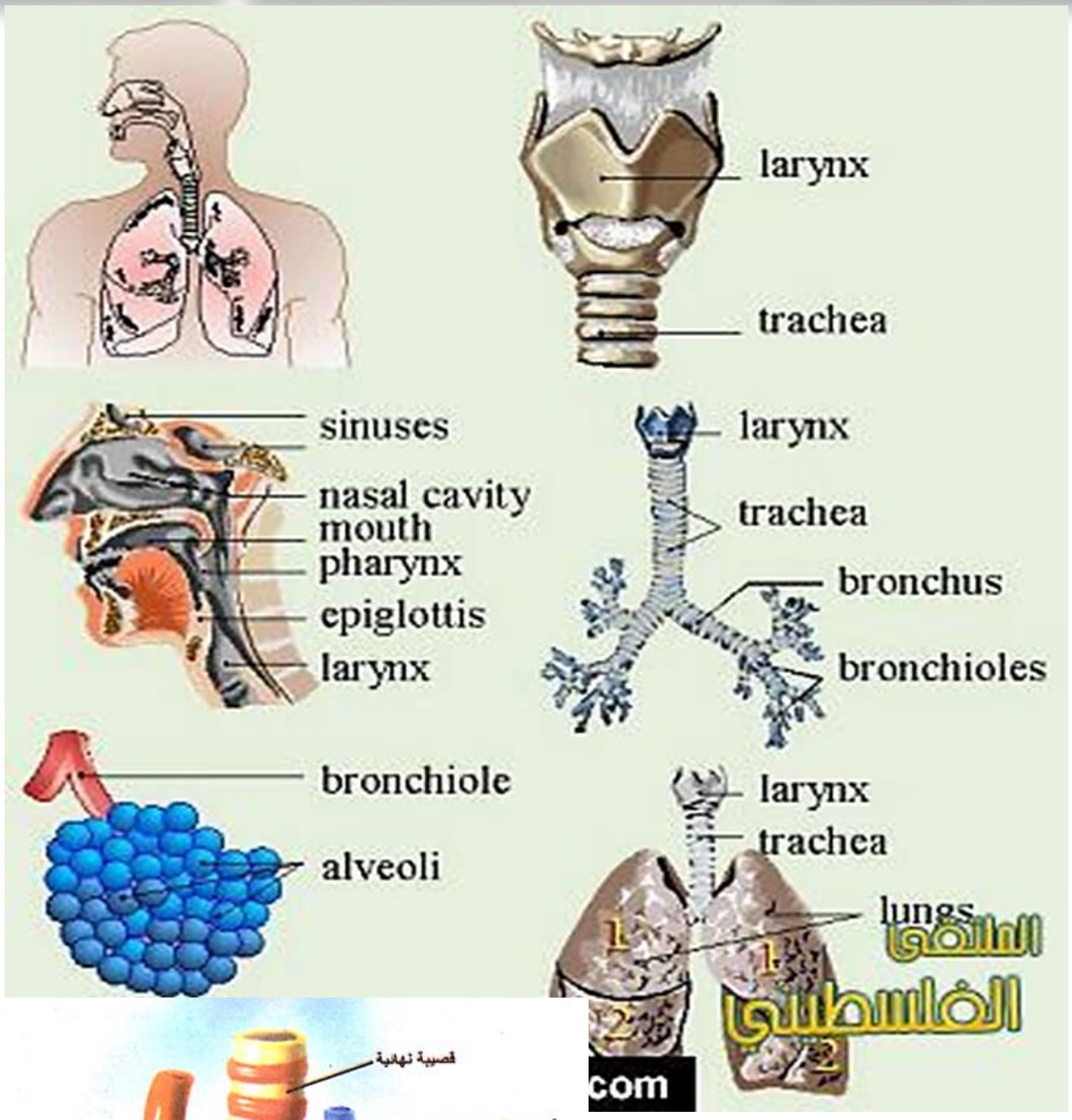
تدعى مجمل مكونات الجهاز التنفسي بالقناة التنفسية Respiratory canal ويمكن تقسيم الاخيرة الى قسمين :

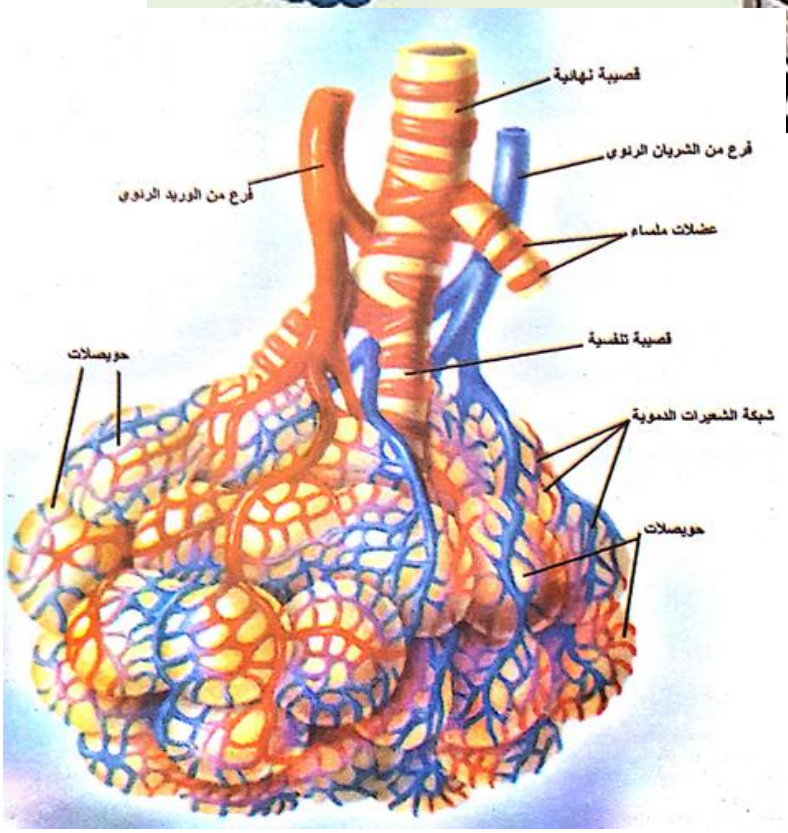
القناة التنفسية العليا upper respiratory tract وتشمل كل من (الانف ، البلعوم ، الحنجرة) القناة التنفسية السفلى Lower respiratory canal وتشمل (القصبة الهوائية ، الرئتين) .

كل من الانف والبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية وصولا الى الرئتين تسمى قسم التوصيل للجهاز التنفسي Conducting Part والذي يعمل على ايصال الهواء الى القسم الفعال Effective part من الجهاز التنفسي والمتمثل بالحويصلات الهوائية Alveoli .



The Respiratory System

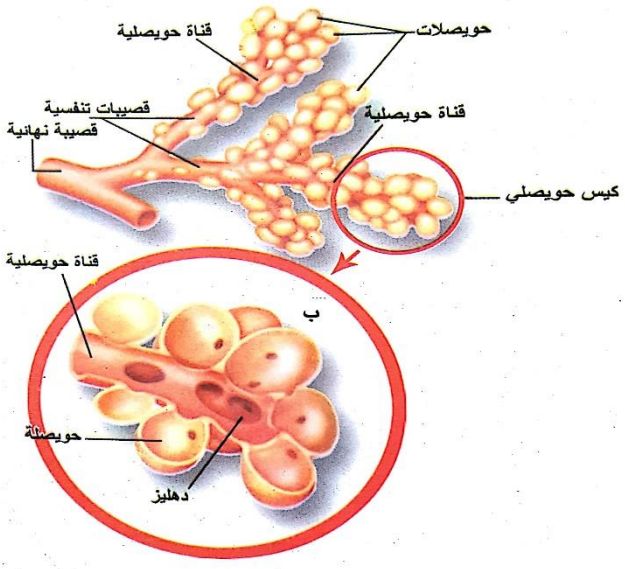

larynx
trachea
sinuses
nasal cavity
mouth
pharynx
epiglottis
larynx
larynx
trachea
bronchus
bronchioles
bronchiole
alveoli
larynx
trachea
lungs
com


قصبية نهائية
فرع من الشريان الرئوي
فرع من الوريد الرئوي
عضلات ملساء
قصبية تنفسية
حويصلات
شبكة الشعيرات الدموية
حويصلات

Respiration in human تنفس في الانسان

يكون التنفس في الانسان عن طريق الرئتين المشتقة من القناة الهاضمة اذ تتكون في الادوار الجنينية على شكل انتفاخ خارجي من قاعدة البلعوم وتمتاز الرئتين بقوام اسفنجي لاحتوائها على عدد كبير من التجاويف الصغيرة التي تعرف بالحويصلات alveoli والحويصلة هي الوحدة الوظيفية في الرئة اما بقية التراكيب فهي لإيصال الهواء او الدم اليها .

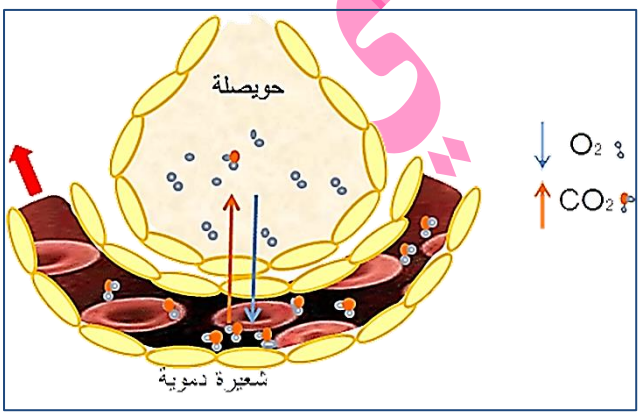
تقع الرئتين في التجويف الصدري وتتكون الرئة اليمنى كما مر سابقا من ثلاثة فصوص في حين تتكون الرئة اليسرى من فصين ويجهز كل فص من هذه الفصوص تجهيزاً هوائياً ودموياً خاصا بها ,



تحاط الرئتين بغشاء مصلي مزدوج يعرف Serous membrane او غشاء الجنب pleura ويعرف الغشاء الذي يحيط بالرئتين بغشاء الجنب الاحشائي visceral pleural في حين يعرف الغشاء المصلي المبطن لتجويف القفص الصدري بغشاء الجنب الجداري parietal pleural ويطلق على الفسحة بين الطبقتين بالتجويف الجنبي Pleural cavity وتكون مملوءة بسائل انزلاقي لمفاوي يفرزه غشاء الجنب يسمى سائل الجنب Pleural fluid يعمل على منع احتكاك الغشائيين الجنبين خلال عملية الشهيق التي تتمدد فيها الرئتين .

يدخل الهواء الى جسم الانسان من خلال فتحتي المنخرين اللذين يعملان على تصفية وترطيب وتعديل درجة حرارة الهواء الداخل من خلالهما و يمر الهواء بالبلعوم والحنجرة والقصبة الهوائية والقصيبات التي تنتهي بفروع ادق تشكل في نهايتها جيوباً تعرف بالجيوب السنخية وتتسع جدران هذه الجيوب مكونة ما يعرف بالاسناخ (اكياس حويصلية) Alveolar sacs التي يبلغ عددها **300 - 500** مليون حجيرة في كلا الرئتين ويبلغ قطر الواحدة حوالي **0.2** ملم وتحاط بجدار مكون من صف واحد من الخلايا الظهارية المسطحة (الحرشفية) يغطية سائل خاص يعمل على جعل السطح رطباً دائماً وتغذيه من الخارج شبكة الاوعية الدموية الشعرية وتبلغ مساحة جدران الاسناخ المتاخمة للاوعية الشعرية حوالي **75** متر مربع ، وهذه المساحة تزيد عن مساحة الجسم بحوالي **40** مرة تقريبا .

اللقاء بين الهواء والدم:



يتم تبادل الاوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون عن طريق الانتشار عبر أغشية حوصلات الرئة وأغشية الشعيرات الدموية . يسمى مكان اللقاء بين الدم والهواء بالغشاء التنفسي وهو يتكون من :

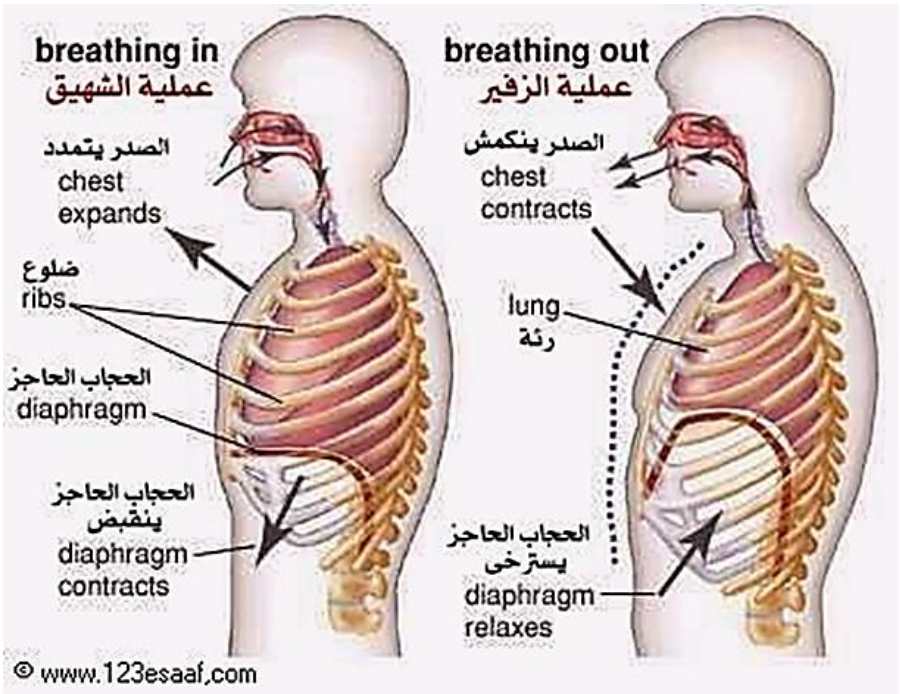
1) غشاء الحوصلة الرئوية المتشكل في نسيج طلائي حرشفي بسيط (من طبقة خلوية واحدة) .
2) غشاء الشعيرة الدموية المتشكل من نسيج طلائي حرشفي بسيط (من طبقة خلوية واحدة).
3) غشاء قاعدي خارج كل من الغشاءين المذكورين .

وتجدر الملاحظة هنا الى ان سمك هذا الغشاء لا يتجاوز **0.0005** ملم ويوجد في جدار هذا الغشاء خلايا أكولة وخلايا ليفية وخلايا عضلية وألياف مرنة وخلايا حوصلية كبيرة تمنع انهيار حوصلات الرئة .

التهوية في الانسان (الحركات التنفسية) Ventilation:-

يقصد بالتهوية ventilation هو تجدد الهواء في الحويصلات الهوائية ويتم ذلك بعملتي الشهيق Inspiration والزفير Expiration .

الشهيق هو عملية ايجابية يصرف فيها جهد من قبل العضلات التنفسية وهي العضلات ما بين الاضلاع Intercostal muscles والحجاب الحاجز Diaphragm والعضلات البطنية ، ونتيجة التقلص العضلات ما بين الاضلاع تتخذ الاضلاع وضعاً افقياً بعد ان كانت مائلة الى الاسفل قليلاً وكذلك تتقدم نهاياتها الى الامام ويؤدي ذلك الى توسع القفص الصدري ومما يزيد من هذا التوسع هو تقلص عضلات الحجاب الحاجز واتخاذ هذا العضو وضعاً مستوياً بعد ان كان محدباً الى الاعلى ، ويؤدي توسع القفص الصدري الى انخفاض الضغط في تجاويف الجنب pleural cavity وبالتالي الى انخفاض الضغط داخل الحويصلات الرئوية فيدخل الهواء الى الرئتين لتغلب الضغط الجوي على الضغط داخل الحويصلات الهوائية .



اما الزفير فهو عملية سلبية تتم نتيجة لارتخاء العضلات التنفسية ورجوع الاضلاع والحجاب الحاجز الى وضعها الاول .

الممرات التنفسية العليا والـحويصلات الرئوية تعمل اكثر من كونها ممر هوائي , فهي تلعب دور مهم في تكييف الهواء قبل وصوله الى الحويصلات الرئوية ويتمثل هذا التكيف بثلاث نقاط هي :

1) تدفئة الهواء الى **30** مْ ولهذا فأن درجة حرارة الجسم المركزية لا تتغير , ولا يحدث اي ضرر للحويصلات في حالة برودة الهواء .
2) اضافة بخار الماء لحين وصول رطوبة الهواء الى **100 %** ولهذا لا يحدث جفاف للطبقة الطلائية .
3) ترشح المواد الغريبة ولهذا فأن كل من الفايروسات ، البكتريا , الجزيئات الكبيرة غير العضوية لا تصل الى الحويصلات الرئوية .

RESPIRATORY SYSTEM الجهاز التنفسي

♡ حجوم وسعات الرئتين Volume and capacity of the lungs:-

يبلغ حجم الهواء الذي يدخل الى الرئتين ويخرج منهما اثناء التنفس الاعتيادي (الراحة) حوالي **500 سم³** ويدعى هذا بالحجم المتناوب (TV) Tidal Volume ولكن بإمكان الانسان ان يدخل كمية اضافية من الهواء الى الرئتين تقدر حوالي **2500 سم³** اثناء الشهيق العميق بعد الشهيق الاعتيادي وتدعى هذه الكمية من الهواء بالحجم الشهيقي الاحتياطي (I RV) (Inspiratory Reserve Volume)

وكذلك يستطيع الانسان ان يطرح كمية اضافية من الهواء يبلغ حجمها **1500 سم³** عند القيام بعملية زفير عميق بعد زفير اعتيادي ويدعى هذا بالحجم الزفيري الاحتياطي (ERV) Expiratory Reserve Volume .

♣ مما تقدم يمكن احتساب الاتي:

سعة الشهيق Inspiratory Capacity = الحجم الموجّي (المتناوب) + حجم الشهّق القصري

I.C = 500 + (بفرض 2500) = 3000 سم3

سعة الزفير Expiratory Capacity = الحجم الموجّي + حجم الزفّير القصري

E.C = 500 + 1500 = 2000 سم3

يبلغ حجم الهواء الداخل الى الرئتين والخارج منها حوالي **4500 سم³** اثناء مزاولة الرياضة والاعمال الشاقة ويدعى هذا بالسعة الحيوية (VC) Vital Capacity للرئتين والتي هي مقياس لسلامة الرئتين اذ تقل هذه السعة في عدد من المصابين بأمراض الجهاز التنفسي . (حجم الهواء الداخل الى الرئتّن والخارج منها باعمق شهّيق مستطاع واقوى زفّير مستطاع) وخاصة اثناء مزاولة الرّياضة والاعمال الشاقة)

فهّي تمثل مجموع ما تقدم 4500 = (ERV +IRV + TV) سم3

تبقى كمية من الهواء في الحويصلات حتى بعد اعمق زفير ممكن وتقدر بحوالي **1300 سم³** ويدعى هذ بالحجم المتخلف (RV) Residual Volume وعلى هذا فان حجم الهواء الكلي الذي يمكن ان تستوعبه الرئتان هو السعة الحيوية والحجم المتبقي اي حوالي ستة التار ويعرف هذا بالسعة الرئوية الكلية (TC) Total capacity .

جزء من الهواء الداخل الى الرئتين لا يصل الى الحويصلات الهوائية وانما يملأ المجاري التنفسية كالمنخرين والقصبة الهوائية والقصيبات وبالنظر لعدم تخصص جدران هذه الاعضاء للتبادل الغازي فان هذا الجزء من الهواء لا يشترك في تزويد الدم بالأوكسجين لذا يدعى بالحيز الميت (DS) Dead space و تقدر قيمته حوالي **150 سم³** .

اي انه اثناء التنفس الهادئ يتجدد حوالي **350 سم³** من هواء الحويصلات الرئوية والبالغ **3500 سم³** على الرغم من ان الحجم المتناوب هو **500 سم³** .

اثناء مزاولة الرياضة العنيفة يتجدد اكثر من اربعة التار من هواء الحويصلات البالغ حوالي ستة التار

التبادل الغازي في الرئتين وفي الانسجة :

هناك نظريتين لتفسير التبادل الغازي وهما :

النظرية الفيزيائية : والتي تعرف بنظرية الانتشار حيث تفسر التبادل الغازي حسب التباين في ضغوط الغازات وهذه النظرية هي المعول عليها في تفسير هذه الظواهر حتى الآن .

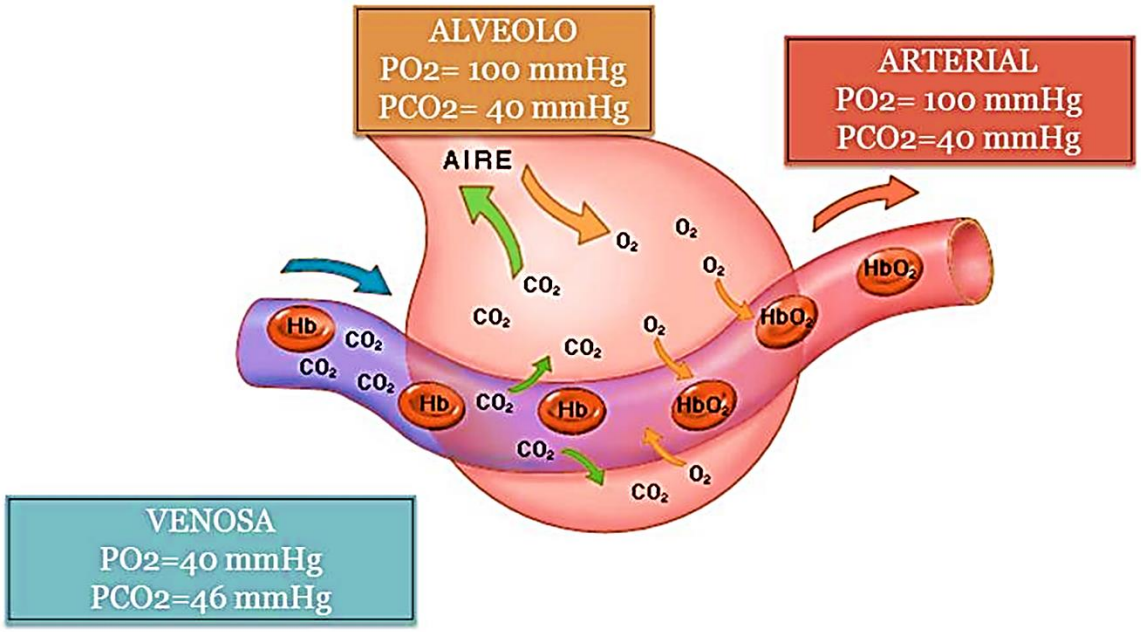
النظرية الإفرازية : وحسب هذه النظرية فان خلايا بطانة الرئتين الطلائية تفرز الأوكسجين من الحويصلات إلى الدم في الأوعية الدموية الرئوية ولكن هذه النظرية لم تؤكد حتى الآن .

يبلغ PO_2 حوالي **40** ملم زئبق و PCO_2 حوالي **46** ملم زئبق في الدم الوارد الى الرئتين (الدم الوريدي) وبما ان PO_2 و PCO_2 في هواء الحويصلات يبلغان عادة **104** ملم زئبق و **40** ملم زئبق على التوالي لذا فان هناك زيادة في PO_2 من الهواء الوارد الى الدم وزيادة في PCO_2 بالاتجاه المعاكس .

يحدث تدفق الهواء عندما يكون هناك ضغط انحدار ادنى Down Pressure Gradient فتدفق الهواء يشبه تدفق الدم حيث ينتقل من منطقة مرتفعة بالضغط الى منطقة منخفضة الضغط ، وبفعل حركة الصدر خلال عمليةٌ التنفس تخلق حالات ضغطية متغيرة داخل الرئتين ، وبذلك ينتقل O_2 من الحويصلات الى الدم CO_2 من الدم الى الحويصلات بعملية الانتشار البسيطة وعملية الانتشار هذه سريعة لان السطح الذي يحدث خلاله واسع جداً كما ان سمك الغشاء الفاصل بين هواء الحويصلات والدم لا يتجاوز خليتين وكنتيجة لهذين العاملين يتم توازن سريع من الهواء والدم بالرغم من ان الفترة الزمنية التي يستغرقها مرور الدم خلال الرئتين هي اقل من ثانية واحدة وعلى هذا فان PO_2 و PCO_2 في الدم الذي يترك الرئتين (الدم الشرياني) هما **104** و **40** ملم زئبق على التوالي

اما في الانسجة فيحدث العكس اي ان الاوكسجين ينتقل من الدم الى الانسجة لان PO_2في الدم اعلى منه في الانسجة والحالة معكوسة بالنسبة لثاني اوكسيد الكاربون .

ان قيمة كل من PO_2 و PCO_2 في الانسجة غير معروفة لصعوبة قياسها من جهة ولأنها دائمة التغير من الجهة الاخرى وهي تعتمد على درجة فعالية الانسجة .



نقل الغازات بواسطة الدم

إن من أهم وظائف الدم هو نقل كل من الأوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون بين الأعضاء التنفسية والأنسجة . لقد تكيف الدم لأداء هذه الوظيفة فهو يحتوي على الكريات الحمراء المملوءة بالهيموكلوبين السريع الاتحاد بغاز الأوكسجين . تتألف جزيئة الهيموكلوبين من جزئين بروتيني يدعى الكلوبين Globin وجزء لا بروتيني يدعى هيم Heme وهذا الأخير يتألف من أربعة من حلقات البايرول Pyrole rings يوجد في وسطها الحديد .

إن دماء الحيوانات على درجات مختلفة من الكفاءة في نقل هذين الغازين ودم الفقريات أكثرها قدرة على ذلك . لا يحتوي الدم إلا على كمية ضئيلة جدا" من غاز النيتروجين بالرغم من أن هذا الغاز يؤلف نسبة عالية من الهواء والسبب في ذلك هو عدم حاجة الانسجة لهذا الغاز وبالتالي عدم تكيف الدم لنقله هذا من جهة ومن الجهة الاخرى هو أن قابلية ذوبان هذا الغاز في الدم واطئة .

نقل الاوكسجين:

باستطاعة الدم حمل كمية كبيرة من الأوكسجين بالرغم من أن قابلية ذوبانه في الماء واطئة جدا" ويرجع السبب في ذلك إلى وجود الهيموكلوبين الذي يتحد بسهولة مع الأوكسجين . هذا الاتحاد راجع وسريع ولهاتين الخاصيتين أهمية حيث يستطيع الهيموكلوبين أن يتحد مع الأوكسجين في الرئتين بنفس السهولة التي يستطيع معها التحلل منه في الانسجة .

يوجد الهيموكلوبين بشكلين في الدم هما الهيموكلوبين المختزل **Hb** والهيموكلوبين المؤكسج **HbO_2** . تختلف نسبة هذين النوعين من الهيموكلوبين في الدم وتعتمد على كمية الأوكسجين المتوفر . إذا عرض الدم لمدة كافية إلى الهواء فنه يتشبع بالأوكسجين وفي هذه الحالة يكون **98%** من الأوكسجين باتحاده مع الهيموكلوبين وأما **2%** الباقية فهو بشكل ذائب في المصل ، حسب المعادلة ادناه:

$$Hb + O_2 \leftrightarrows HbO_2$$

وهذا التفاعل يكون سريع وراجع لكي يستطيع الهيموكلوبين ان يتحد مع O_2 في الرئتين بسهولة ويتحلل منه في الانسجة بسهولة . ان كل غرام من Hb له قابلية الاتحاد بـــ 1.34سم^3 من O_2 ،

اي لو فرضنا ان معدل الهيموكلوبن هو 15 /100 سم^3 من الدم فانه سيتمكن من حمل

15×1.34= 20.1 سم3 من الاوكسجين / 100سم3من الدم

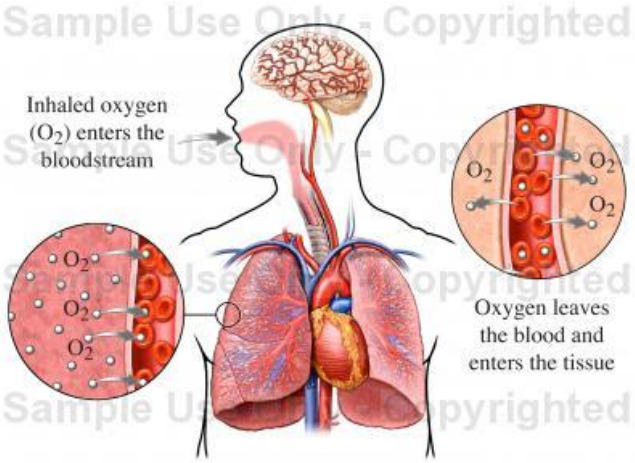
ويطلق على 20.1سم^3 بسعة الاوكسجين للدم Oxygen capacity of blood وتعني كمية الاوكسجين التي يحملها الدم عندما يكون الضغط عالي جداً وعندما يكون الهيموكلوبين مشبعاً بالأوكسجين .

تتأثر قابلية اتحاد الأوكسجين بالهيموكلوبين بعدة عوامل أهمها كمية ثنائي اوكسيد الكاربون ودرجة الحرارة . فوجود كمية كبيرة من CO2 يقلل من الاتحاد وانخفاض CO_2 في الدم يزيد من هذا الاتحاد وتدعى هذه الظاهرة بتأثير بوهر (بور) Bohr Effect . و لتأثير بور أهمية وظيفية فهو يساعد في الرئتين على اتحاد O_2 مع Hb وفي الانسجة على تحلل HbO_2 إلى Hb و O_2 بسهولة . أما ارتفاع درجة الحرارة فإنها تقلل من قابلية اتحاد O_2 مع Hb والعكس بالعكس . ولهذا التأثير أهميته الوظيفية أيضا" فعند قيام الانسجة بفعاليات عالية ترتفع درجة حرارتها قليلا" وهذا يساعد على تحلل HbO_2 وبالتالي تزود الانسجة بكمية إضافية من الأوكسجين ، أما عند برودة الانسجة فقد يكون تحرر الأوكسجين من الهيموكلوبين غير كاف لاحتياجات الخلايا . وهذا ما يحدث فعلا" عندما تصاب الأصابع بالانجماد Frost فتموت أنسجة الأصابع اختناقا" .

نقل ثنائي اوكسيد الكاربون :

ان كمية CO_2 في الدم اعلى من كمية O_2 فيه وتبلغ كمية CO_2في الدم الوريدي 53 سم^3/100 سم3 من الدم وفي الدم الشرياني 48 سم^3/ 100 سم^3 وخلال مرور الدم في الانسجة يكتسب كل 100سم^3 منه 5 سم^3 من CO_2ويفقد المقدار ذاته عند مروره خلال الرئتين .

ويبلغ PCO_2 في الدم الشرياني **40** ملم زئبق وفي الدم الوريدي **46** ملم زئبق .



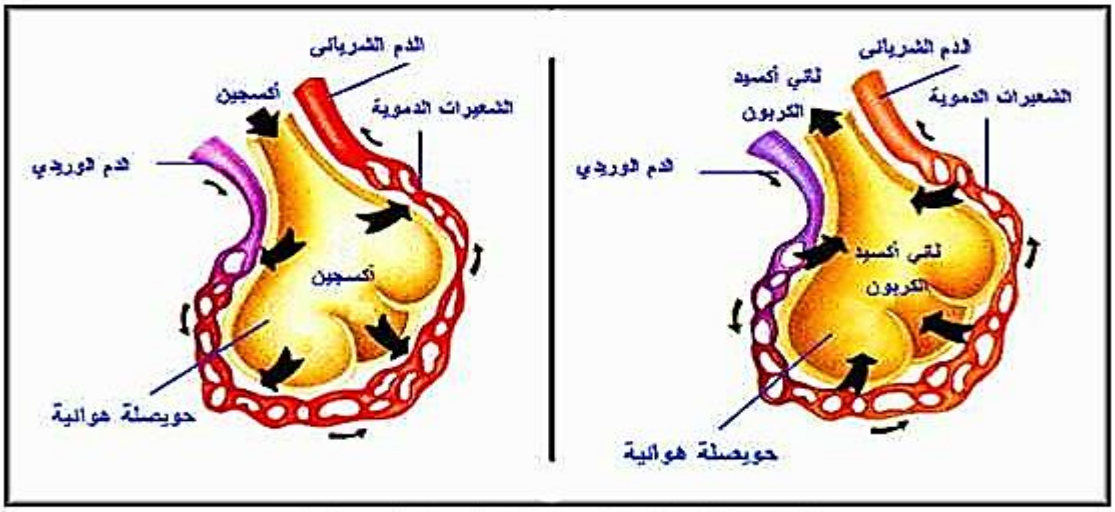
يوجد ثنائي اوكسيد الكاربون في الدم بأربعة اشكال هي :-

1) ذائب في الدم ذوباناً طبيعيا وتبلغ نسبته حوالي **4%**من الكمية الكلية
2) متحد مع الماء مكونا حامض الكاربونيك H_2CO_3 ونسبته لا تتجاوز **1%.**
3) مكونا بيكاربونات وهذه تنتج من تأين H_2CO_3 الى HCO_3^- و H^+ ان البيكاربونات تشكل حوالي **65%** من الموجود في الدم .
4) متحد مع الهيموكلوبين وبروتينات الدم الاخرى والنسبة هي **30%** ويتم الاتحاد بين CO_2ومجموعة NH_2 الموجودة في البروتين ويدعى المركب الناتج بالكاربأمينات وتتميز باحتواءها على المجموعة الكيميائية الكاربامين **NHCOOH** .

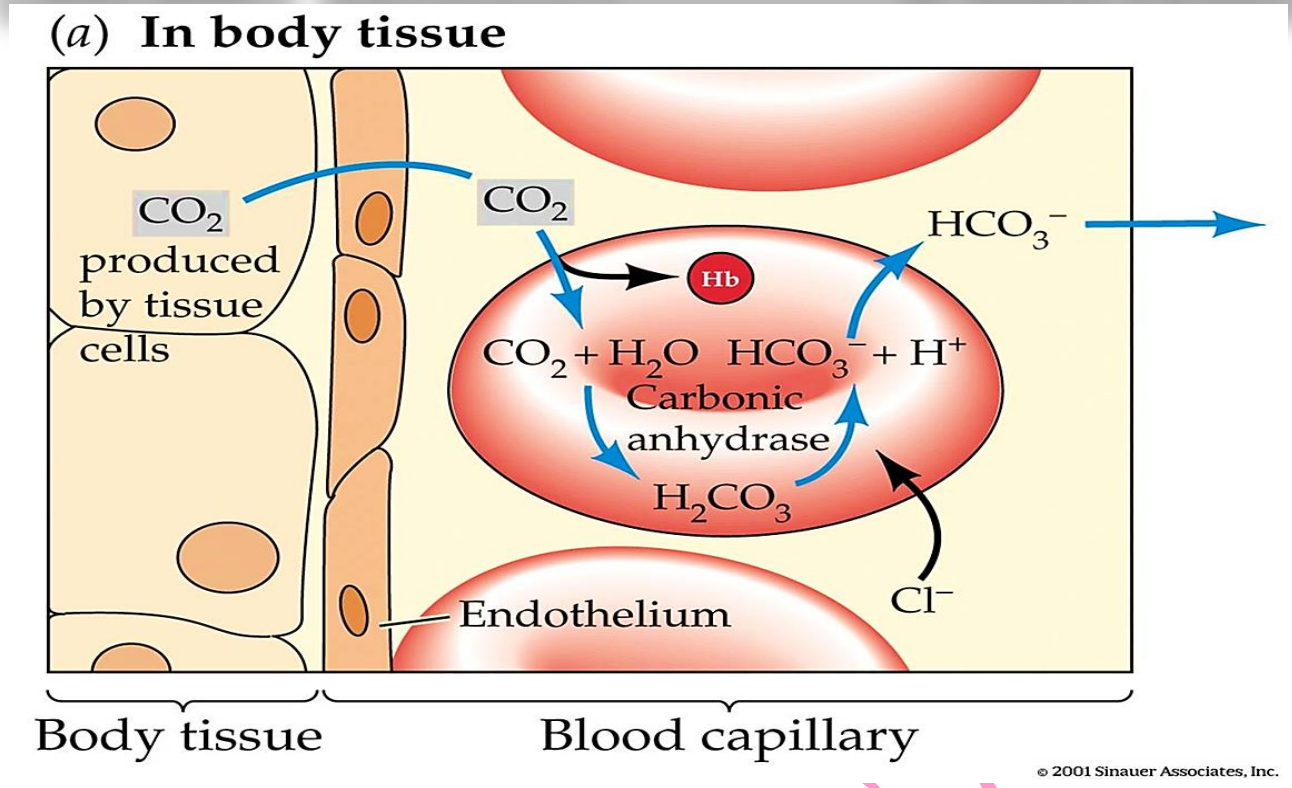
ان معظم CO_2 ينتقل في الدم على شكل بيكاربونات ناتجة من اتحاد CO_2مع H_2O وتكوين H_2CO_3 ومن ثم يتحلل الاخير الى HCO_3 و **H** .

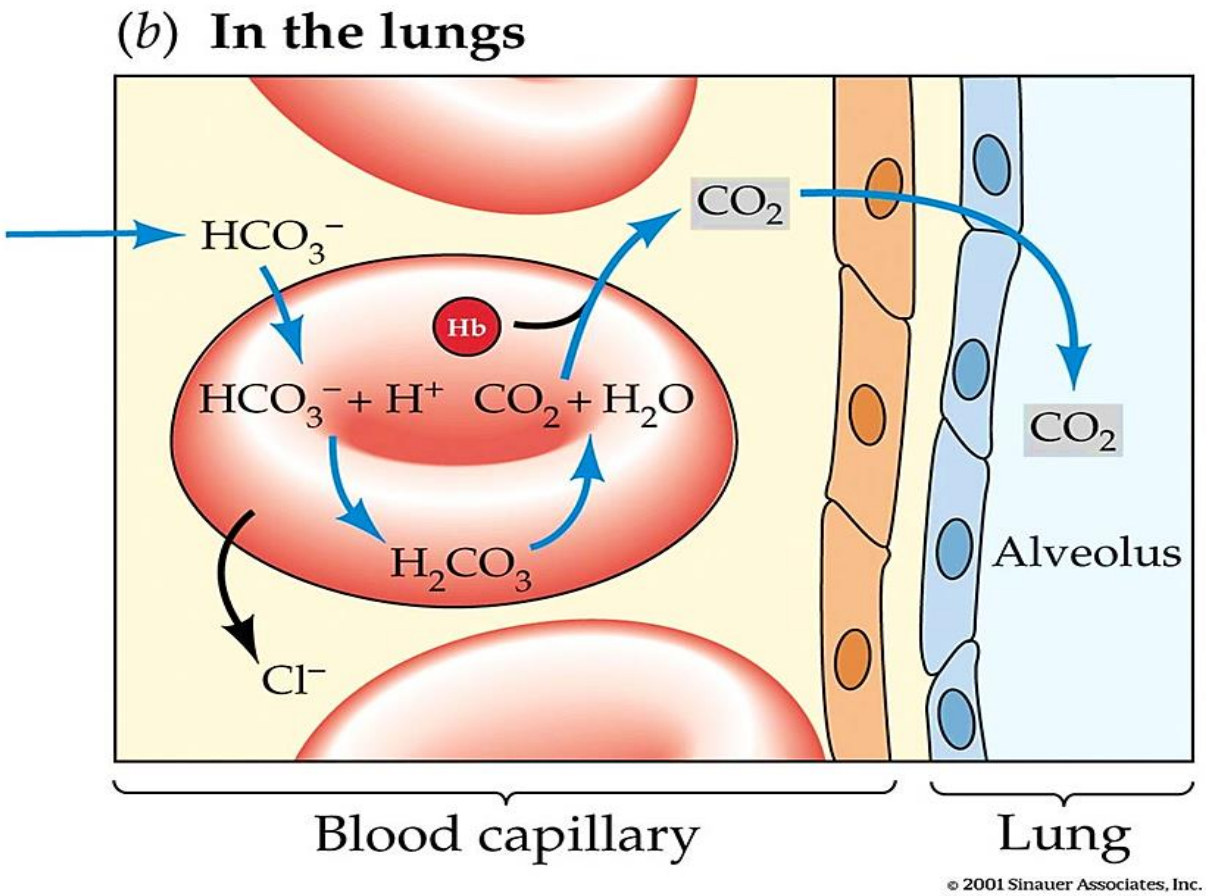
ان اتحاد CO_2 مع H_2O عملية بطيئة جدا الا اذا توفر انزيم خاص يعرف Carbonic anhydrase ويكاد هذا الانزيم معدوما في المصل ولكنه يوجد بكميات كافية في الكريات الحمراء لذا فان هذه التفاعلات تحدث داخل هذه الكريات وينتج من هذا التفاعل ايونات الهيدروجين التي يجب ان تزال من الدم والا ادى ذلك الى زيادة حموضة الدم .

ويتم ازالة بعض ايونات الهيدروجين بواسطة الهيموكلوبين والجزء الاعظم بواسطة Buffers اخر من الدم كما ان جزء اخر منها يتم طرحه بواسطة الكليتين .



تبادل الغازات في الحويصلات الهوائية في الرئة


(a) In body tissue
CO_2 produced by tissue cells
CO_2
Hb
HCO_3^-
$CO_2 + H_2O$ $HCO_3^- + H^+$
Carbonic anhydrase
H_2CO_3
Cl^-
Endothelium
Body tissue
Blood capillary
© 2001 Sinauer Associates, Inc.


(b) In the lungs
HCO_3^-
Hb
CO_2
$HCO_3^- + H^+$ $CO_2 + H_2O$
H_2CO_3
Cl^-
CO_2
Alveolus
Blood capillary
Lung
© 2001 Sinauer Associates, Inc.

انواع التبادل الغازي

1- التبادل الرئوي Pulmonary exchange: هو عبارة عن تبادل غازات CO_2 , O_2 بين الاسناخ والاوعية الدموية الشعيرية المتاخمة لها وتتم هذه العملية بسرعة فائقة ويعود ذلك الى :

أ- المساحة السطحية الكبيرة

ب- رقة الغشاءين اللذان يفصلان بين هواء الاسناخ والدم

ت- وجود الفرق الكبير بين ضغط غازي O_2 , CO_2 على جانبي غشاء التبادل .

2- التبادل النسيجي Exchange histological: يحدث بين الاوعية الدموية الشعيرية والخلايا .

3- التنفس الخلوي Cellular respiration: يشمل عمليات التحلل السكري ودورة كربس وسلسلة الفسفرة الفوسفاتية .

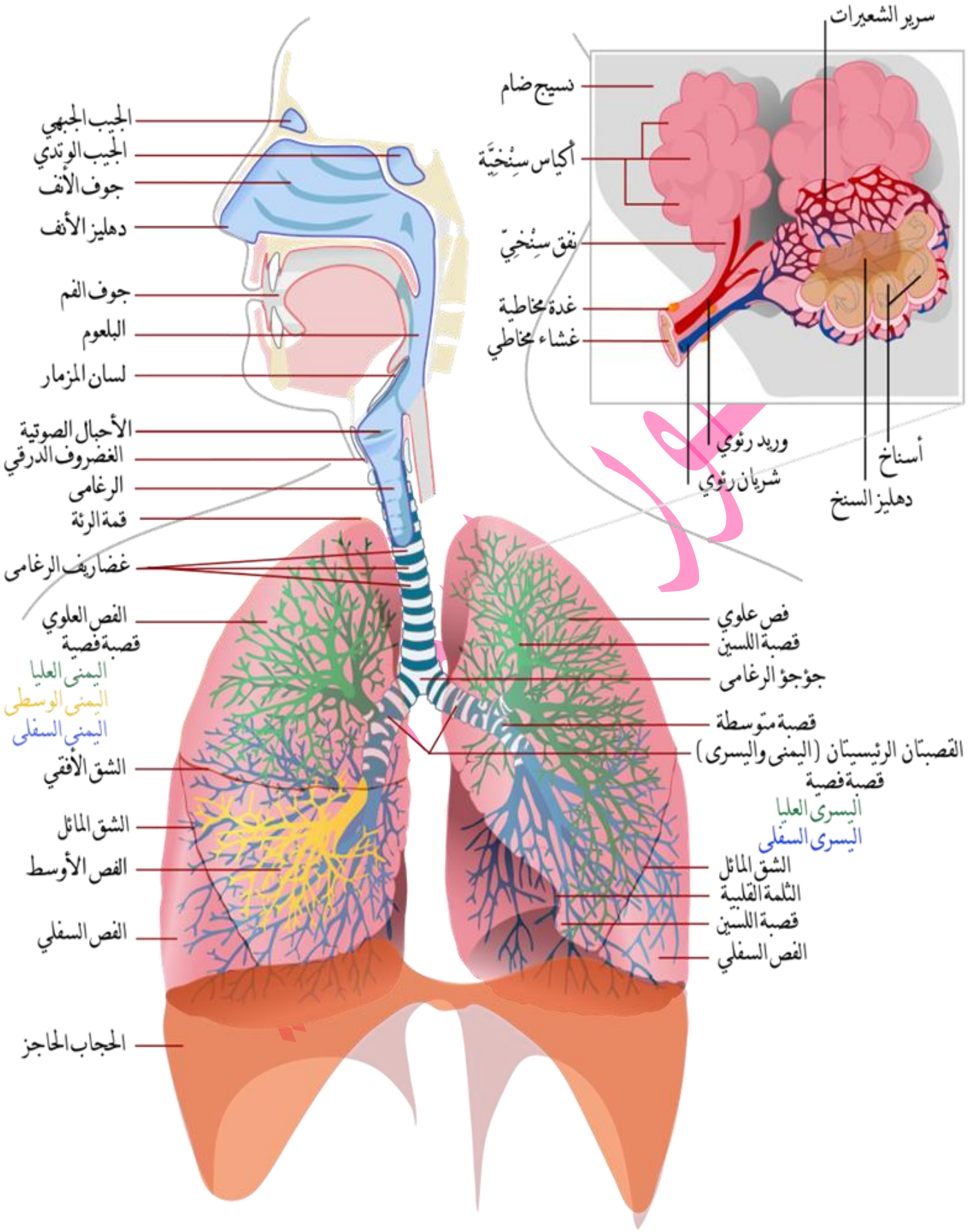
تنظيم عملية التنفس Regulation of Respiration :

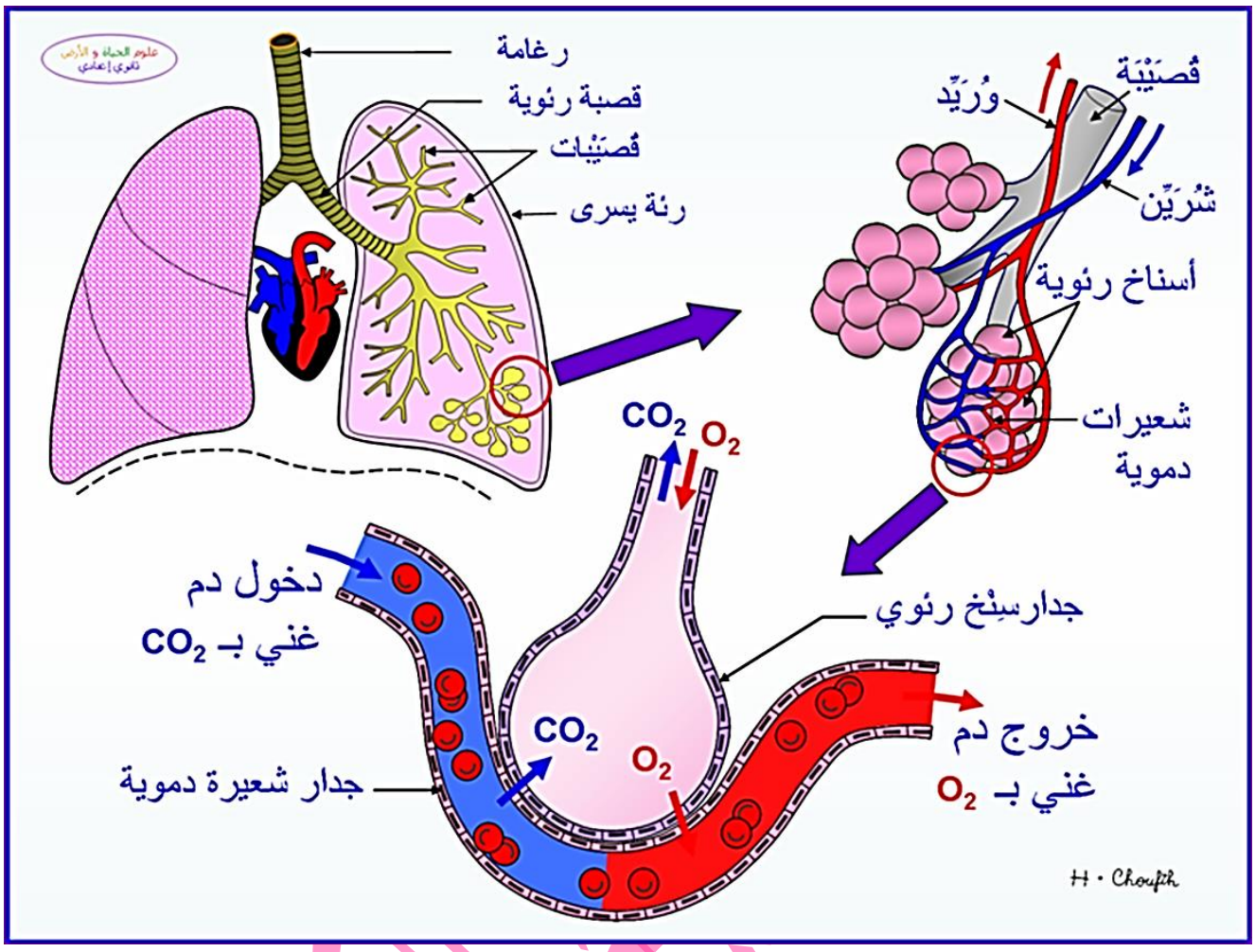
عملية التنفس (الشهيق , الزفير) عملية لا ارداية ذاتية بدليل انها تستمر بانتظام اثناء النوم وفقدان الوعي الا انه يمكن ان تتكيف من حيث المعدل العمق تبعاً لاحتياجات الجسم فالحجم الدقيقي Minute Volume قد يتضاعف 30 مرة في نهاية ركضة المائة متر بالمقارنة بحالة الراحة ويكون هذا التكيف في غاية الدقة بحيث تبقى الضغط الجزئي لغاز الاوكسجين PO_2 في الحويصلات الهوائية ثابت بحدود 100ملم زئبق .

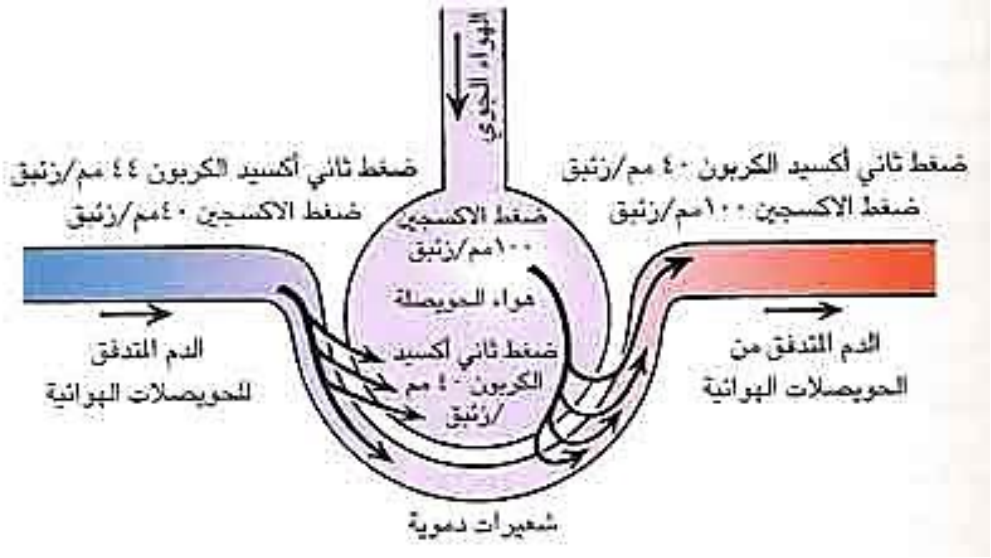
يوجد نوعان من التنظيم في العملية التنفسية هما :

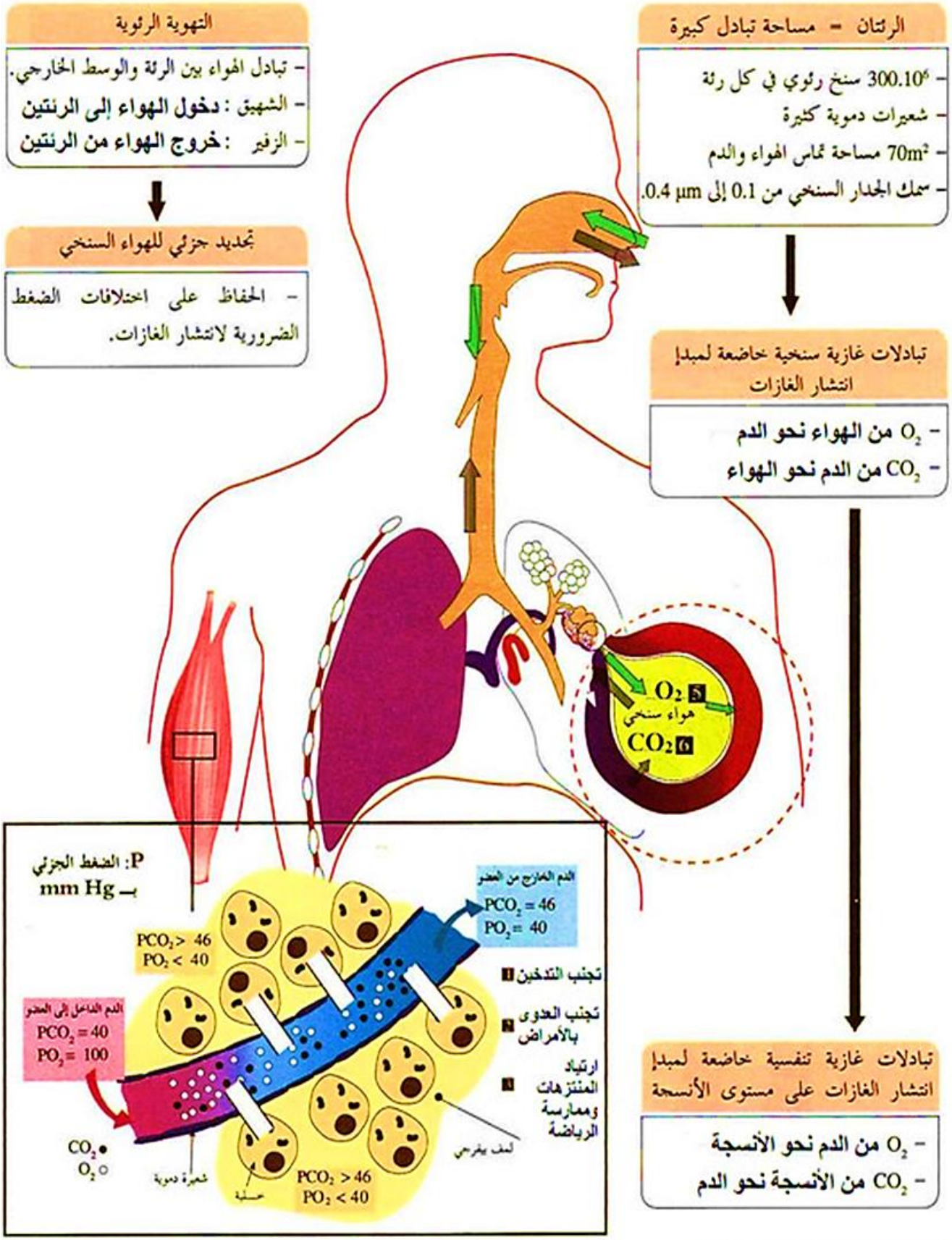
1) التنظيم العصبي ويعد تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في الدم أهم عامل في عملية التنظيم حيث يتأثر نشاط المركز التنفسي بايعازات عصبية واردة إلى النخاع المستطيل عن طريق فرع العصب التائه الوارد من الرئتين فأثناء الشهيق تتمدد الرئتان فيسري سيل من الايعازات العصبية في العصب التائه إلى المركز التنفسي وهذه الايعازات مثبطة للمركز التنفسي .

2) التنظيم الكيميائي ويتم بواسطة مستلمات كيميائية محيطية واخرى مركزية . فعند تنفس هواء يحتوي من ثنائي اوكسيد الكاربون فيرتفع تركيز هذا الغاز في كل من هواء الحويصلات وفي الدم الشرياني وهذا الارتفاع يحفز المستلمات الكيميائية والمحيطية مما يؤدي إلى زيادة نشاط الحركات التنفسية فارتفاع معدل التهوية وبالتالي انخفاض تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون في كل من الحويصلات الهوائية والدم الشرياني فتعود الحركات التنفسية إلى وضعها الاعتيادي .

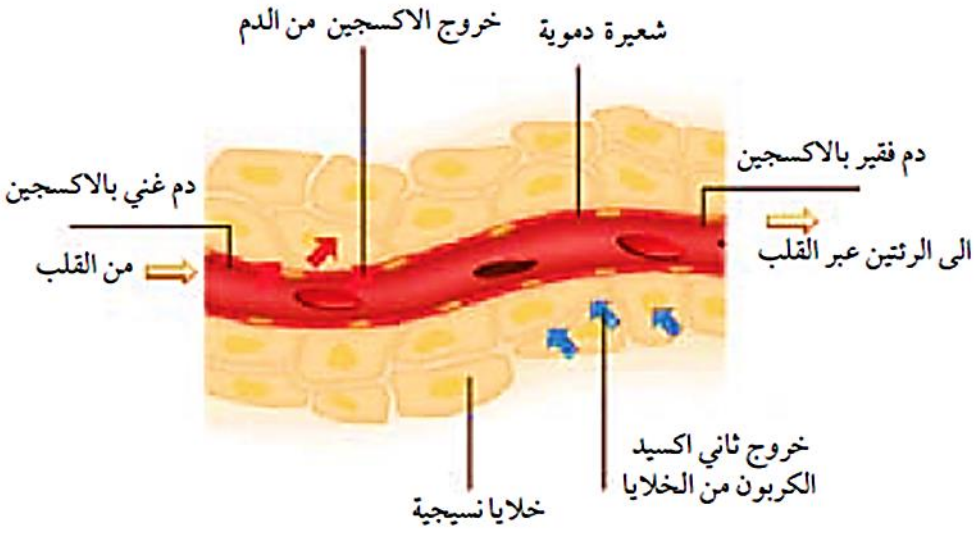

سرير الشعيرات
نسيج ضام
أكياس سِنْخيَّة
نفق سِنْخِيّ
غدة مخاطية
غشاء مخاطي
وريد رئوي
شريان رئوي
أسناخ
دهليز السنخ
الجيب الجبهي
الجيب الوتدي
جوف الأنف
دهليز الأنف
جوف الفم
البلعوم
لسان المزمار
الأحبال الصوتية
الغضروف الدرقي
الرغامى
قمة الرئة
غضاريف الرغامى
الفص العلوي
قصبة فصية
اليمنى العليا
اليمنى الوسطى
اليمنى السفلى
الشق الأفقي
الشق المائل
الفص الأوسط
الفص السفلي
الحجاب الحاجز
فص علوي
قصبة اللسين
جؤجؤ الرغامى
قصبة متوسطة
القصبتان الرئيسيتان (اليمنى واليسرى)
قصبة فصية
اليسرى العليا
اليسرى السفلى
الشق المائل
الثلمة القلبية
قصبة اللسين
الفص السفلي


رغامة
قصبة رئوية
قُصَيْبات
رئة يسرى
قُصَيْبَة
وُرَيِّد
شُرَيِّن
أسناخ رئوية
شعيرات دموية
CO_2 O_2
دخول دم غني بـ CO_2
جدار سِنْخ رئوي
CO_2
O_2
خروج دم غني بـ O_2
جدار شعيرة دموية
H. Chouffi

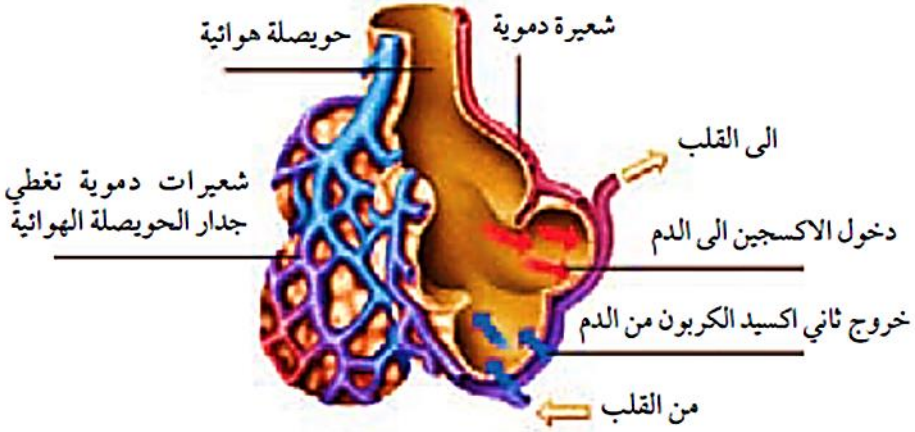
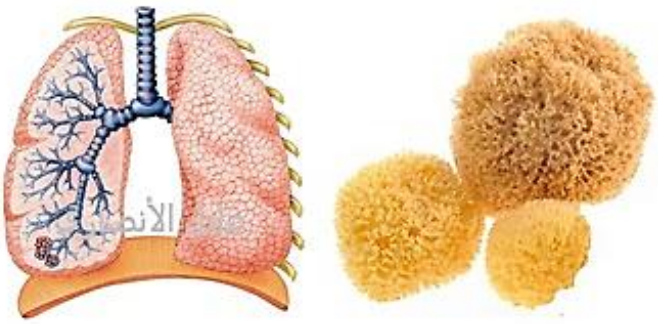

الهواء الجوي
ضغط ثاني أكسيد الكربون ٤٠ مم/زئبق
ضغط الاكسجين ١٠٠مم/زئبق
ضغط ثاني أكسيد الكربون ٤٤ مم/زئبق
ضغط الاكسجين ٤٠مم/زئبق
ضغط الاكسجين ١٠٠مم/زئبق
هواء الحويصلة
ضغط ثاني أكسيد الكربون ٤٠ مم/زئبق
الدم المتدفق للحويصلات الهوائية
الدم المتدفق من الحويصلات الهوائية
شعيرات دموية



الوثيقة 10 خطاطة عامة للتنفس عند الإنسان



الشكل (٢٦) : تبادل الغازات بين الدم والأنسجة



الشكل (٢٧) : تبادل الغازات بين الدم والهواء