جامعة الموصل
كلية التربية الرياضية

2000

محاضرات في
مادة الفسلجة

2019 م /1440هـ

المرحلة الثالثة

مكتب الكشكول
للطباعة والاستنساخ

الاسئله
تحاريت
تحاليل
وهمائف

محاضرات مادة الفسلجة للمرحلة الثانية
للعام الدراسي ٢٠٠٨ - ٢٠٠٩

علم الفسلجة وفسلجة الخلية

Dr. Nashwan Ibrahim Abdullah

علم الفسلجة Physiology

هو العلم الذي يهتم بدراسة وظائف الأعضاء الطبيعية في جسم الكائن الحي أو هو العلم الذي يبحث في تحليل الفعاليات الوظيفية للأعضاء المختلفة في جسم الكائن الحي.

التنظيم العضوي لجسم الإنسان

يحتوي جسم الإنسان على بلايين الخلايا وهي عديدة الأنواع ولعل اهم نوع من هذه الخلايا ما نطلق عليه بخلايا الأنسجة التي تكون ما نسميه بالنسيج. والنسيج (Tissue) هو مجموعة خلايا متشابهة في التركيب والوظيفة والمنشأ (أي إنها تنشأ من نفس الطبقة الجرثومية في الجنين). وهناك أربعة أنواع رئيسية من الأنسجة في جسم الإنسان هي الأنسجة الطلائية والضامة والعضلية والعصبية. إن ارتباط نسيجين أو أكثر مع بعضهما يؤدي إلى تكوين ما يدعى بالعضو (Organ). إن مجموع هذه الأجهزة تشكل جسم الإنسان وخلاصة القول أن جسم الإنسان يتكون من مجموعة من الأجهزة المعقدة وان كل جهاز من هذه الأجهزة يتألف من عدة أعضاء وان كل عضو يتألف من عدة أنسجة وان كل نسيج يتألف من عدة خلايا وكما موضح في المخطط الأتي :-

خلية ← نسيج (يتكون من مجموعة من الخلايا) ← عضو (يتكون من مجموعة أنسجة) ← جهاز (يتكون من مجموعة أعضاء) ← الجسم ككل (مجموع الأجهزة في الجسم)

أهمية علم الفسلجة في المجال الرياضي

تتلخص أهمية علم الفسلجة في المجال الرياضي بما يأتي:

١- تقنين حمل التدريب

إن معرفة الاستجابات والتكيفات الوظيفية لأجهزة الجسم المختلفة للأنواع المختلفة من الجهد البدني وللطرائق التدريبية المختلفة في ظروف بيئية متنوعة تمكننا من توظيف هذه المعرفة في تقنين أحمال التدريب المختلفة وحسب خصوصية الفعالية الرياضية وبما يتلاءم وقدرات الرياضي الوظيفية.

مكتب كشكول للطباعة والاستنساخ

٢- تقييم وتقويم العملية التدريبية

يمكن الاستفادة من المؤشرات الوظيفية الميدانية كقياس معدل سرعة النبض ومعدل التنفس وغيرها والمختبرية كقياس مكونات الدم ومتغيرات الجهاز التنفسي والجهاز القلبي الوعائي وغيرها في تقييم مكونات الحمل التدريبي والحالة التدريبية للرياضي وعلى أساسها يمكن تقويم البرنامج التدريبي المعد بالشكل الذي يضمن استفادة الرياضي القصوى من الجرعات التدريبية التي يشتمل عليها البرنامج التدريبي.

٣-الانتقاء الرياضي

إن معرفة الكفاءة الوظيفية لأجهزة الجسم المختلفة من خلال الاختبارات والقياسات الوظيفية تمكننا من التوجيه الأمثل للفرد لممارسة الفعالية الرياضية المناسبة والملائمة لخصائص أجهزته الوظيفية وبالتالي الاقتصاد في الوقت والجهد اللذان يصرفان في إعداد هذا الرياضي.

٤- الوقاية من الإصابات

إن للتقنين الصحيح للحمل التدريبي وفق الأسس الوظيفية والتقييم المستمر له الأثر الايجابي الكبير في تجنيب الرياضي من الإصابات التي قد تنجم عن عدم اعتماد الأسس الفسيولوجية في تخطيط وإعداد البرامج التدريبية المناسبة لقدرات وإمكانيات الرياضي الوظيفية.كذلك يؤدي إلمام المعنيين بالعملية التدريبية بالآليات الوظيفية كآلية التشتيت الحراري وأهمية تعويض الماء و الأملاح والمعادن التي يفقدها الرياضي بعملية التعرق في أثناء التدريب أو المنافسة في الجو الحار إلى وقاية الرياضي من الإصابة بالأمراض الحرارية.

الخلية

تشكل الخلية الوحدة المظهرية والتركيبية للجسم، فهي للكائن الحي بمثابة الجزيئة للمادة. يتكون جسم الإنسان من ملايين الخلايا الحية المتخصصة في الوظيفة والشكل والتركيب والتنظيم المعقد، وتعرف الخلية بأنها اصغر وابسط وحدة منظمة في الجسم وتختلف الخلايا عن بعضها البعض بصورة كبيرة من حيث الشكل والتركيب والوظيفة، فخلايا الدم الحمر مثلا تكون قرصية الشكل بينما تكون خلايا الدم البيض كروية الشكل وتكون الخلايا العصبية ذات أشكال مختلفة منها النجمية او العنكبوتية أو الهرمية الشكل، وقد يكون شكل الخلية اسطوانيا أو مسطحا وقد تكون الخلية بسيطة التركيب أو معقدة التركيب. إن الخلايا تكون على الأغلب صغيرة وتتراوح أقطارها من (١٠ – ١٠٠) مايكروميتر. إن دراسة فسلجة الخلية تتضمن دراسة كافة الظواهر المتعلقة بنمو الخلية وانقسامها والتغيرات الحاصلة في داخل الخلية،

وتتألف الخلية من السايتوبلازم والنواة ويحاط السايتوبلازم بغشاء الخلية أما النواة فتحاط بالغشاء النووي، وتدعى المركبات المختلفة التي تكون الخلية باسم البروتوبلازم. يحتوي سايتوبلازم جميع أنواع الخلايا عددا من التراكيب الصغيرة تدعى عضيات الخلية، وان هذه التراكيب تكون مغطاة بأغشية تتكون بشكل رئيس من الدهون والبروتينات.

غشاء الخلية

يتراوح سمك غشاء الخلية ما بين (٧,٥ – ١٠) نانوميتر ويتألف من طبقتين هما طبقة خارجية وأخرى داخلية حيث تقابل الطبقة الداخلية السايتوبلازم أما الطبقة الخارجية فتقابل الوسط المائي الذي يغمر الخلية. ويظهر الغشاء تحت المجهر الالكتروني كخطين كثيفين بالالكترونات ومفصولين عن بعضهما بفراغ ويحتوي على الدهون والبروتينات والكاربوهيدرات. إن الدهون الرئيسة الموجودة في الغشاء هي الدهون المفسفرة أو الفسفورية و تتألف جزيئة الدهون هذه من جزيئة كليسيرول يتصل بها سلسلتين من الحوامض الشحمية ومجموعة تحتوي على النتروجين (N) والفسفور (P) وتكون هذه الدهون طبقة مزدوجة في الغشاء وتحتوي هذه الطبقة أيضا على الكوليستيرول، أما بالنسبة للبروتينات فهنالك نوعين من البروتينات وهما :- البروتينات التكاملية التي تمتد عبر الغشاء والبروتينات المحيطية التي تقع على سطح الغشاء. إن وجود البروتينات في غشاء الخلية يجعله ذو نضوحية اختيارية أي يسمح بمرور بعض الجزيئات من خلاله ويمنع مرور جزيئات أخرى , كما يحتوي الغشاء على الكاربوهيدرات التي تكون مرتبطة مع البروتينات لتكوين الكلايكوبروتينات و مع الدهون لتكوين الكلايكوليبيدات (الدهون السكرية) ويدعى الغطاء الكاربوهيدراتي الموجود على السطح الخارجي للخلية بإسم الكأس الكاربوهيدراتي. ويكون للبروتينات والكاربوهيدرات الموجودة في غشاء الخلية العديد من الوظائف وهي كما يأتي :-

وظائف بروتينات غشاء الخلية

١- تعمل كبروتينات تركيبية في الغشاء (تدخل في تركيب الغشاء).

٢- تعمل كمضخات تقوم بنقل الايونات بشكل فعال عبر غشاء الخلية.

٣- تعمل البروتينات كحوامل لنقل المواد مع التدرج الكهربائي الكيمياوي او عكسه (أي عكس التدرج الكهربائي الكيمياوي).

٤- تعمل البروتينات كقنوات أيونية تسمح بمرور الايونات من الخلية واليها وهناك قنوات بروتينية تسمح بمرور جزيئات الماء والجزيئات الذائبة في الماء عبر غشاء الخلية.

٥- تعمل البروتينات كمستقبلات ترتبط بمواد معينة مثل الهرمونات والناقلات العصبية بحيث يؤدي هذا الارتباط إلى إحداث تغيرات فسلجية داخل الخلية.

٦- تعمل البروتينات كإنزيمات تحفز التفاعلات الجارية على سطوح الغشاء

٧- تعمل كبروتينات تمييز تشير إلى أن هذه الخلايا تعود إلى الجسم نفسه أو إنها غريبة عنه.

٨- تعمل كبروتينات ارتباط تقوم بربط الخلايا مع بعضها.

وظائف الكاربوهيدرات المرتبطة بالسطح الخارجي للخلية

١- تمنع مرور المواد ذات الشحنات السالبة لأن العديد من الكاربوهيدرات تكون سالبة الشحنة حيث تكسب معظم الخلايا الشحنة السالبة.

٢- تساعد في ربط الخلايا مع بعضها لأن الكأس الكاربوهيدراتي لبعض الخلايا يرتبط بالكأس الكاربوهيدراتي لخلايا أخرى.

٣- يعمل العديد من الكاربوهيدرات ضمن المستقبلات لارتباط الهورمونات كما هو الحال في هورمون الأنسولين.

٤- يدخل قسم من الكاربوهيدرات ضمن التفاعلات المناعية.

السايتوبلازم

هو مادة سائلة غير متجانسة مكونة قالبا للخلية حيث يكون القسم الأعظم من الخلية وينجز معظم عملها ويختلف تركيبه بين الخلايا ذات الوظيفة المتخصصة المختلفة ويحتوي السايتوبلازم على عدد من التراكيب الدقيقة (عضيات) ذات التركيب المنظم والمعقد والتي تلعب دورا حيويا في فعالية الخلية.

عضيات الخلية

يحتوي السايتوبلازم على تراكيب دقيقة تدعى عضيات الخلية وهي كما يأتي :

أولا :- الشبكة الاندوبلازمية

وهي شبكة من الأنابيب الصغيرة والحويصلات المنتشرة في كل مكان من السايتوبلازم وهي على نوعين :

١- الشبكة الاندوبلازمية الخشنة (الحبيبية)

يحتوي السطح الخارجي لهذا النوع من الشبكة الاندوبلازمية على جسيمات حبيبية أو تراكيب صغيرة تتصل به تدعى الرايبوسومات التي تلعب دورا في صنع البروتينات لغرض الاستعمال

الخارجي، كما ان هناك رايبوسومات حرة في السايتوبلازم تكون مسؤولة عن صنع البروتينات للاستعمال الداخلي مثل الهيموكلوبين. ولكون إن هذه الشبكة تكون خشنة السطح فأنها تعطي الخلية بعض أشكال الدعم الميكانيكي.

٢- الشبكة الاندوبلازمية الملساء (اللاحبيبية)

تكون هذه الشبكة خالية من الرايبوسومات , وتعد موقعا لصنع الستيرويدات في الخلايا الفارزة للستيرويدات (نوع من انواع الدهون(الكوليستيرول) لتكوين هورمون الستيروويد في الخلايا البينية للمناسل الذكرية), أما في الخلايا الأخرى كالكبد مثلا فإن الشبكة الاندوبلازمية الملساء تحتوي على الإنزيمات التي تسهم في إزالة سمية العديد من العقاقير والمواد السامة فضلا عن تكوين وخزن الكلايكوجين في خلاياه، ويكون لها دور في الاقتران ألتقلصي – ألتهيجي في العضلة.

ثانيا :- جهاز كولجي

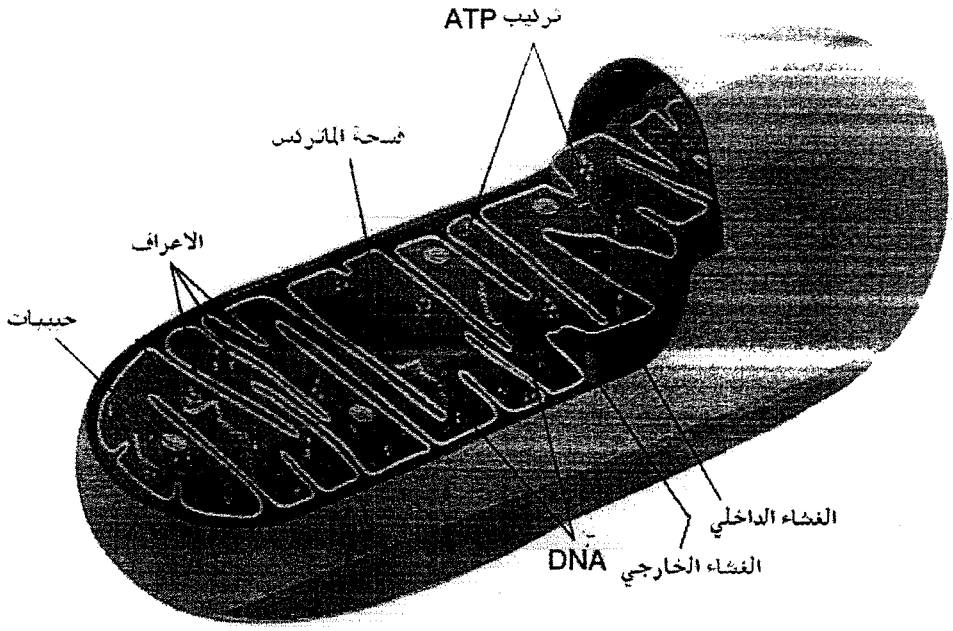
هو تجمع لأكياس محاطة بغشاء تقع عادة قرب نواة الخلية يسهم في جمع و رزم وتوزيع الجزيئات المصنوعة في الخلية إما إلى داخل الخلية بشكل جسيمات حالة أو إلى خارج الخلية بشكل حبيبات إفرازية.

ثالثا :- الجسيمات الحالة (اللايسوسومات)

وهي أجسام بيضوية محاطة بغشاء مزدوج، توجد بأعداد كبيرة خصوصا في خلايا الدم البيضاء والخلايا الملتهمة. تتميز باحتوائها على إنزيمات لها القابلية على تجزئة البروتينات والحوامض النووية والدهون والكاربوهيدرات، كما تقوم الجسيمات الحالة بتجزئة المواد التالفة في الخلية إضافة إلى دورها في هضم الفجوات المحاطة بأغشية والتي تم التهامها من قبل الخلية بعملية الإدخال الخلوي، كما تقوم بتحليل بقايا الخلية عند موتها.

رابعا : - المايتوكوندريا (بيوت الطاقة)

وهي أجسام كروية او بيضوية أو عصوية الشكل تتحرك بصورة دائمية في الخلية الحية وبعد مدة زمنية يتغير شكلها أو قد تختفي تماما. إن أصل المايتوكوندريا غير معروف وترى بصعوبة في المجهر الضوئي، وتتكون المايتوكوندريا من غشاء داخلي وآخر خارجي، يحتوي الغشاء الداخلي على طيات تدعى الأعراف وتدعى الفسحة الموجودة داخل الغشاء الداخلي بفسحة الماتركس، تحتوي هذه الفسحة على الإنزيمات اللازمة لتحويل نواتج الايض (التمثيل الغذائي) الكاربوهيدرات والبروتينات والدهون إلى ثاني اوكسيد الكاربون (Co_2) والماء (H_2O) من خلال دورة كريبس (Kreb's Cycle) ويتحرر من خلال هذه العملية الالكترونات التي يتم نقلها من خلال سلسلة من الإنزيمات التنفسية ويتم في هذه العملية صنع ثلاثي فوسفات الادينوسين (ATP) بعملية تدعى بالفسفرة التأكسدية. وتحتوي المايتوكوندريا على (DNA) لذا فهي على الأقل تساهم في تكوينه، إن للمايتوكوندريا القابلية على التناسخ والاستنساخ متى ما دعت الحاجة إلى ثلاثي فوسفات الادينوسين (ATP) إذ تحتوي المايتوكوندريا على(DNA) الذي يماثل ذلك (DNA) الموجود في النواة والذي يسيطر على عملية الاستنساخ في الخلية وهذا هو الحال أيضا في (DNA) الموجود في المايتوكوندريا.والشكل الأتي يوضح تركيب المايتوكوندريا.



Dr. Nashaan Nashin Abdullah

المايتوكوندريا

خامسا : - المريكزات

يوجد في سايتوبلازم معظم الخلايا تركيب يعرف بالجسم المركزي يقع قرب مركز الخلية وغالبا ضمن مساحة جهاز كولجي، يتألف من مريكزين وان كل مريكز يتكون من أنابيب دقيقة مكونة من ثلاثيات مرتبة بشكل دائرة، يعمل كل مريكز كنقطة تثبيت لألياف المغزل المتصلة بالكروموسومات في أثناء انقسام الخلية.

سادسا : - الجسيمات البيروكسية

يعتقد بان هذه الجسيمات تنشأ من الشبكة الاندوبلازمية الملساء وتوجد بشكل رئيسي في خلايا الكبد والبلعميات الكبيرة وأنواع أخرى من الخلايا، تحتوي هذه الجسيمات على عدد من إنزيمات الأكسدة التي تحفز التفاعل المؤدي إلى أكسدة العديد من المواد التي قد تكون سامة للخلية.

البروتوبلازم

هي المادة الأساسية لبناء الخلية وهي عبارة عن سائل غروي متكون من الماء والأملاح والبروتينات والدهون والكاربوهيدرات. وظيفته القيام بكل الفعاليات الحيوية للخلية كأستلام المنبهات للتغيرات التي تحدث بالبيئة الخارجية سواء كان هذا المنبه كيمياويا أو فيزياويا أو

ميكانيكيا , كما ان للبروتوبلازم القابلية على التقلص من تأثير المنبه وهي في اعلي درجات تطورها في الجهاز العضلي وكذلك في الجهاز العصبي، كما ان للبروتوبلازم القابلية على النمو وإعادة بناء الأنسجة وإنتاج مختلف الإنزيمات والهورمونات، كذلك إجراء عملية التمثيل الغذائي (الايض) والذي ينتج عنه تحرير الطاقة والحرارة من الغذاء في الأنسجة الجسمية.

النواة

وهي كتلة كروية او بيضوية الشكل محاطة بغشاء يسمى الغشاء النووي. وتختلف النوى في الشكل والحجم , وتسيطر على التفاعلات الكيمياوية في الخلية وعلى تكاثر الخلية. وتمتلك جميع الخلايا ما عدا خلايا الدم الحمر والصفائح الدموية على النواة. وتحتوي النواة على الكروموسومات وان كل كروموسوم يتكون من (DNA) (الحامض النووي مزال الأوكسجين) المغطى بالبروتينات ويدعى (DNA) مع البروتينات بالكروماتين وتدعى وحدات الوراثة بالجينات (Genes) وتكون موجودة على الكروموسومات. يقوم (DNA) بنقل الرسالة الوراثية. تحتوي النواة أيضا على النوية , وتكون النوية محاطة بالحامض النووي الرايبوزي (RNA), وتعد موقعا لإنتاج الرايبوسومات.ويعمل (DNA) في النواة على توجيه صنع (RNA) بنوعيه (RNA) الرسول. (mRNA) و (RNA) الناقل (tRNA). وتدعى عملية صنع الـ (RNA) بالاستنساخ بنقل (RNA) إلى السايتوبلازم حيث يستقر (RNA) الرسول على الرايبوسومات لتوجيه صنع البروتينات بعملية تدعى الترجمة أما (RNA) الناقل فيقوم بنقل الحوامض الامينية من السايتوبلازم الى الرايبوسومات لإدخالها في البروتين الجديد. إن النواة تحاط بغشاء نووي يحتوي على ثقوب تسمح بمرور الجزيئات المصنوعة داخل النواة مثل (RNA) إلى السايتوبلازم.

تكاثر الخلية

تتضاعف في عمر الجنين بعد الولادة بعدة سنوات كل خلايا الأنسجة , وتنحصر في بعض خلايا أنسجة الدم والغشاء الرابط والغشاء الظهاري والعظام وخلايا الكبد والبشرة , في حين تفقد خلايا الجهاز العضلي والعصبي خاصية الانقسام أو التكاثر أو التضاعف لأغراض الإعادة والتعويض عند تخصصها , فعند إصابة خلايا إحدى هذين النسيجين بتلف يحل محل الخلايا المصابة نسيج ليفي رابط ليس له القابلية على التقلص كما في الليف العضلي وكذلك الحال بالنسبة لخلايا الجهاز العصبي إذ لا يتم تعويض النسيج العصبي عند تعرضه لأي ضرر.

الطاقة

تعرف الطاقة بأنها القابلية على انجاز شغل وهناك عدة أنواع من الطاقة كالطاقة الكيميائية والميكانيكية والحرارية والضوئية والكهربائية والذرية.وهذه الطاقة لا تفني ولا تستحدث ولكن تتحول من شكل إلى آخر. وتتألف الطاقة الكلية في أي نظام من طاقة كامنة وطاقة حركية وعندما تتحرر الطاقة الكامنة فإنها تتحول إلى طاقة حركية. ومن المفيد الإشارة إلى أن الطاقة التي تستخدمها الألياف العضلية هي من النوع الكيميائي أي أن الطاقة المخزونة في جزيئات كيميائية يمكن أن تتحول إلى طاقة حركية داخل الخلية العضلية. وتدعى الجزيئات الكيميائية التي تستخدمها الخلايا العضلية بثلاثي فوسفات الادينوسين (ATP) التي تحتوي على ثلاث مجموعات من الفوسفات وعند انفصال احدهما عن الجزيئة بواسطة إنزيم معين تتحرر طاقة كيميائية تقدر بـ (٧،٦ سعرة /مول ATP) تستخدم اللويفات البروتينية الموجودة داخل الليف العضلي هذه الطاقة لإحداث التقلص العضلي.

وحدة قياس الطاقة

إن وحدة الطاقة المستخدمة عادة في الفسلجة هي الكيلو سعرة (Kilocalorie) (Kcal) وتعني كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحة من (١٥) إلى (١٦) درجة مئوية وتعرف السعرة الصغيرة بأنها كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة. ومن المعتاد ان تكون القيم الحرارية الفسلجية للمواد الغذائية كما يأتي :-

الكاربوهيدرات (٤) كيلو سعرة /غم من الكاربوهيدرات و (٤) كيلو سعرة /غم من البروتينات و (٩) كيلو سعرة /غم من الدهون.

الدورة البايولوجية للطاقة

إن الطاقة في الكون تنشأ من الشمس وتدعى بالطاقة الشمسية وتقوم صبغة الكلوروفيل الموجودة في النباتات الخضراء بامتصاص الطاقة الشمسية وتحولها إلى طاقة كيميائية كامنة في الكاربوهيدرات من خلال عملية التركيب (البناء) الضوئي وتتضمن هذه العملية إنتاج الكلوكوز من ثنائي اوكسيد الكاربون (Co_2) والماء وتحرير الأوكسجين , ويمكن أن تتحول الكاربوهيدرات في داخل النبات إلى دهون وبروتينات بينما لا تتمكن الكائنات الحية الأخرى وبضمنها الإنسان من بناء المواد الغذائية بل عليها الاعتماد على النباتات وبقية الحيوانات للحصول على موادها الغذائية,ويتمكن الإنسان من الحصول على مواده الغذائية من الأغذية النباتية والحيوانية التي تحوي جزيئاتها على طاقة كيميائية كامنة وبوجود الأوكسجين يقوم الإنسان بتجزئة المواد الغذائية للحصول على الطاقة الكيميائية من خلال عملية التنفس، وإن الهدف الرئيس من التنفس هو الحصول على الطاقة التي يحتاجها الجسم لإنجاز العديد من العمليات الحيوية كالتقلص العضلي وعمل أجهزة وأعضاء الجسم المختلفة والنمو وإدامته وانتقال المواد عبر الأغشية الخلوية.

أنظمة إنتاج الطاقة

هناك ثلاث أنظمة لإنتاج الطاقة في الجسم ,اثنين من هذه الأنظمة الثلاثة تجهز الجسم بالطاقة من دون الحاجة إلى وجود الأوكسجين ويصطلح عليها بنظامي إنتاج الطاقة اللاهوائي والتي تسمى بنظام إنتاج الطاقة الفوسفاجيني (ATP-PC) ونظام تحلل الكلايكوجين اللاهوائي أو نظام حامض اللبنيك (LA) في حين

يتطلب نظام إنتاج الطاقة الثالث إلى وجود الأوكسجين ويصطلح عليه بنظام إنتاج الطاقة الهوائي. إن مصدر الطاقة لوظائف كل الخلايا تتأتى من العمليات الايضية لمختلف المواد الأساسية المخزونة في العضلات مثل الكلايكوجين أو المواد المخزونة في مواقع أخرى في الجسم الانسجة الدهنية والكبد.

وفيما يأتي توضيح لأنظمة إنتاج الطاقة:-

أولا:- النظام الفوسفاجيني ATP-PC

إن مركبات (ATP-PC) تكون مخزونة في العضلة وهي متاحة للاستخدام المباشر أو الآني من قبلها ومن قبل أي خلية في الجسم , ويتم تحرير الطاقة في هذا النظام من خلال تجزئة الـ (ATP) إلى الادينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) و جزيء واحد من الفوسفات غير العضوي (Pi) غير الغني بالطاقة , ويتحرر نتيجة تحلل الـ (ATP) طاقة تقدر ب (٧،٣) كيلو سعرة لكل مول من (ATP). وعندما تتحرر مجموعة فوسفات أخرى من الـ (ADP) فان طاقة إضافية أخرى سوف تتحرر, وتدعى الجزيئة الباقية المتكونة من مجموعة فوسفات واحدة باسم الادينوسين أحادي الفوسفات (AMP). إن تحلل الـ (ATP) يحدث سواء بوجود الأوكسجين أو بعدم وجوده , إن كمية الـ (ATP) المخوزنة في العضلة تكون قليلة وان هذه الحالة توفر آلية حساسة لتنظيم أيض الطاقة في الخلية العضلية إذ أن تركيز الـ (ATP) يتغير بسرعة عند حدوث أي زيادة في أيض الطاقة في الخلية العضلية ويؤدي هذا التغيير بدوره إلى تحفيز عملية تجزئة المواد المخزونة لتوفير الطاقة لإعادة إنتاج الـ (ATP) إذ يتم تجهيز قسم من الطاقة من خلال نقل الطاقة الكيماوية من مركب فوسفات آخر غني بالطاقة يدعى بفوسفات الكرياتين (CP) ويكون تركيز هذا المركب أكثر بثلاث إلى خمس مرات من تركيز الـ (ATP) ولهذا السبب يعد فوسفات الكرياتين المستودع الفوسفاتي الغني بالطاقة إلا انه يوجد بكميات محدودة في الخلايا العضلية أيضا. وكما هو الحال في الـ (ATP) فان تجزئة الآصرة الموجودة بين الكرياتين والفوسفات تؤدي إلى تحرير كمية كبيرة من الطاقة الحرة. ونظرا لكون هذه الطاقة الحرة الناتجة عن تحلل فوسفات الكرياتين (CP) أعلى مما هي عليه في الـ (ATP) لذا فان فوسفات الكرياتين (CP) يعطي فوسفاته مباشرة لـ (ADP) لإعادة تكوين (ATP). إن هذا النظام يوفر الطاقة للجهد العضلي الذي يستغرق لفترة قصيرة ويتميز بالشدة العلية كركض (١٠٠م) والسباحة(٢٥) أو رفع الأثقال أو قذف الثقل وغيرها إذ يحتاج الجهد العضلي في هذه الفعاليات الرياضية إلى مصدر فوري وسريع للطاقة يتم توفيرها من خلال (ATP,CP) المخزونين في العضلات العاملة في أثناء الجهد العضلي وان ما يقرب من (٥ مللي مول) من (ATP) و(١٥مللي مول من CP) تكون مخزونة في كل كغم من العضلة.

ويتميز هذا النظام بما يأتي:-

١- لا يعتمد على عنصر الأوكسجين في تحرير الطاقة.

٢- يتحرر في بداية كل الحركات التي يقوم بها الإنسان بغض النظر عن شدتها وكذلك في الحركات التي تتميز بالشدة العالية لفترة زمنية قصيرة.

٣- يعتمد في تحرير الطاقة على مخزون الخلايا العضلية من المواد الكيماوية (ATP-PC) السريعة التفاعل لإنتاج الـ (ATP) .

٤- إن فترة دوام هذا النظام هي (١٠) ثواني تقريبا في سياق قصير يتميز بالشدة العالية.

٥- إن الطاقة التي يوفرها هذا النظام تكون قليلة جدا مقارنة بأنظمة إنتاج الطاقة الأخرى.

٦- يكون هذا النظام سريع في تحرير الطاقة لأنه لا يعتمد على سلسلة من التفاعلات الكيميائية المعقدة.

وتبين المعادلات والمخطط الآتيين مراحل التفاعل لإنتاج الطاقة في نظام إنتاج الطاقة الأول :

$$\text{الطاقة} \xrightarrow{\text{كرياتين كاينيز}} ATP \qquad ADP + Pi +$$

$$ADP + CP \qquad ATP + C$$

ثانيا:- نظام تحلل الكلايكوجين اللاهوائي (نظام حامض اللبنيك LA)

يعتمد هذا النظام في انتاج الطاقة على تحلل الكلايكوجين المخزون في الخلايا العضلية بغياب الأوكسجين إذ يتحلل بوساطة أنزيمات إلى سكر الكلوكوز الذي يتحلل بدوره إلى حامض البايروفيك منتجا (٢-٣) جزيئات من الـ (ATP). ونتيجة لحدوث هذه العملية بغياب الأوكسجين فسوف يتحول حامض البايروفيل (Pyruvic Acid) الناتج من تحلل الكلوكوز إلى حامض اللبنيك(Lactic Acid) وان أعلى مستوى وأسرع تراكم يصله هذا الحامض هو في حالة التمارين التي تستمر لفترة (٦٠-١٨٠)ثانية.إن تراكم هذا الحامض في العضلة له العديد من التأثيرات الضارة، إذ يؤدي إلى خفض (PH) العضلة أي تصبح بيئة العضلة أكثر حامضية وعادة ما يؤدي تراكمه إلى الإحساس بالألم في الخلايا العضلية العاملة بعد التمرين العالي الشدة. وتؤدي زيادة حامض أللبنيك كذلك إلى تعطيل عمل الإنزيمات داخل الخلية العضلية مما يؤدي إلى تعطيل إنتاج الـ (ATP) إضافة إلى تعطيل عملية التقلص العضلي، وبالرغم من عيوب الآثار الجانبية لحامض أللبنيك إلا أن نظام تحلل الكلايكوجين اللاهوائي أو نظام حامض أللبنيك ينتج عنه مقدار كبير من الطاقة مقارنة بالنظام الفوسفاجيني (ATP-CP) وهو مصدر طاقة مهم للتمرين العالي الشدة وفترة الدوام من(١ -٣) دقائق. كما هو الحال في الركض (٤٠٠) متر أو السباحة لمسافة (١٠٠) ياردة وغيرها من الفعاليات الرياضية التي تقع أزمنة أدائها ضمن تلك الحدود.ومن الجدير بالذكر أن العديد من الدراسات أوضحت بان مستوى حامض أللبنيك في دم الرياضيين المتدربين جيدا والذين يؤدون تمارين تتميز بالشدة العالية وفترة الدوام القصيرة يكون أعلى بـ(٢٠-٣٠%) من الأشخاص غير المتدربين وتحت الظروف نفسها. وربما يعود سبب ذلك إلى الاختلافات في مستوى الدافعية التي تصاحب حالة التمرين، كما أنه من المحتمل أن مخزون الكلايكوجين المتزايد والذي يصاحب حالة التمرين يمكن أن يسهم بشكل كبير في الطاقة من خلال تحلل السكر اللاهوائي ويتميز هذا النظام بما يأتي:-

١- لا يعتمد هذا النظام على عنصر الأوكسجين في تحرير الطاقة.
٢- يؤدي هذا النظام إلى إنتاج حامض أللبنيك.
٣- تعد الكاربوهدرات والكلايكوجين المخزون المصدر الأساسي لإنتاج الطاقة.
٤- يتحرر هذا النظام في الفعاليات ذات الشدة العالية والتي تتراوح مابين (٣٠) ثانية إلى (٣) دقائق.
٥- تكون كمية الطاقة الناتجة من هذا النظام قليلة جدا مقارنة بنظام إنتاج الطاقة الهوائي.
٦- يتطلب إنتاج الطاقة في هذا النظام إلى مجموعة أكثر من التفاعلات الكيميائية مقارنة بالنظام الفوسفاجيني (ATP-CP).

ثالثا:- نظام إنتاج الطاقة الهوائي

إن هذا النظام يختلف عن النظامين اللاهوائيين (النظام الفوسفاجيني ونظام حامض اللبنيك)،إذ يعتمد هذا النظام على وجود الأوكسجين لإنتاج الطاقة الذي يعد عاملا فعالا خلال التفاعلات الكيميائية لإعادة بناء الـ (ATP) والذي يتوفر بكميات كبيرة في الدم أثناء الجهد البدني الخفيف والمعتدل الشدة ولفترة طويلة نسبيا والذي يمكن توفيره من خلال عملية التنفس بعد دقيقتين أو ثلاث دقائق من العمل العضلي المستمر وكذلك من الأوكسجين المخزون في المايكلوبين العضلي. إن عملية إعادة بناء الـ (ATP) تتم في الخلايا العضلية وخلايا الجسم ككل في المايتوكندريا(بيوت الطاقة) والتي تكون في العضلة الهيكلية بالقرب من الليفات العضلية وفي كل مكان في الساركوبلازم. إن التمثيل أو الايض الهوائي يبدأ من نفس الطريق الذي يبدأ منه تحلل الكلايكوجين اللاهوائي وذلك بتكسر أو تجزئة الكلايكوجين إلى كلوكوز ويتلو ذلك تحول الكلوكوز إلى حامض البايروفيك والذي يتم تحويله بوجود الأوكسجين إلى الاستيل كوانزيم ((Acetyl Coenzyme(A) ويدخل في سلسلة من التفاعلات الكيميائية تدعى بدورة كريبس(Krebs Cycle) أو دورة حامض الستريك وسلسلة نقل الالكترونات. وتتضمن دورة كريبس سلسلة من التفاعلات الكيميائية التي ينتج عنها ثنائي أوكسيد الكاربون والماء. وتعرف هذه العملية أيضا بالفسفرة التاكسدية. يستخدم هذا النظام الكاربوهدرات والدهون كمصدر لإنتاج الطاقة. إن الجسم يبدأ في ايض نسبة كبيرة من الكاربوهدرات المخزونة خلال التمرين وان أكسدة جزيئة واحدة من الكلايكوجين في هذا النظام ينتج عنها (٣٨) جزيئة من الـ (ATP). وتبلغ كمية الأوكسجين اللازمة لإنتاج مول واحد من الـ (ATP) حوالي (٣،٥) لتر. ويتميز نظام إنتاج الطاقة الهوائي بما يأتي -:

١- يعتمد على عنصر الأوكسجين في إنتاج الطاقة.
٢- يتحرر هذا النظام في الفعاليات التي تتميز بالشدة الخفيفة والمتوسطة ولفترة زمنية تتراوح مابين (٣) دقائق و(٣) ساعات.
٣- المصدر الأساسي لإنتاج الطاقة في هذا النظام هي الكاربوهدرات والشحوم وتستخدم البروتينات أحيانا.
٤- تكون الطاقة المتحررة من هذا النظام كبيرة.
٥- يحتاج هذا النظام إلى فترة زمنية طويلة لأنه يحتاج إلى سلسلة طويلة من التفاعلات الكيميائية.

تداخل عمل أنظمة إنتاج الطاقة

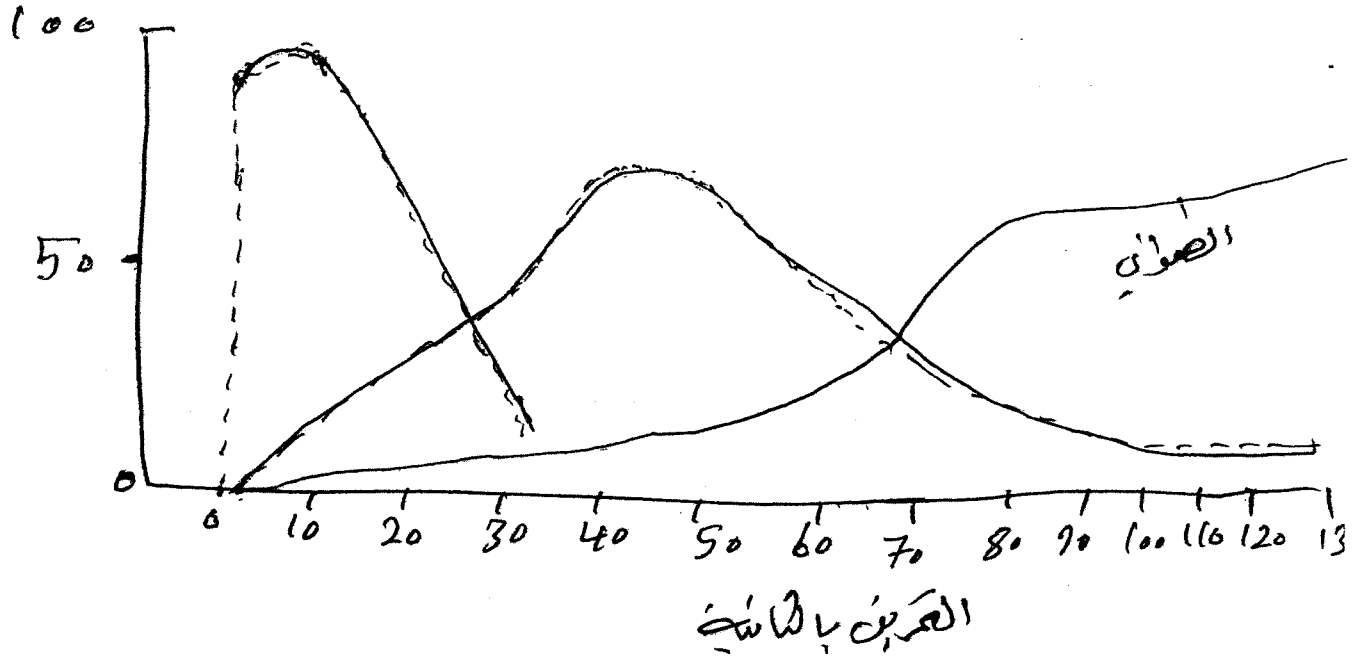
إن معظم الفعاليات الرياضية تعتمد في انجازها على أكثر من نظام واحد ولكن بنسب تختلف من فعالية إلى أخرى وفقا لنوع وشدة وفترة دوام الفعاليات الرياضية الممارسة. وليس هناك نقطة توقيت دقيقة لانتهاء عمل احد الأنظمة من تجهيز الطاقة وبداية النظام الأخر لتجهيز المزيد من الطاقة إلا انه في الواقع يحصل انتقال متدرج من نظام إلى نظام آخر وهذا يعني أن عمل أنظمة إنتاج الطاقة يكون بشكل متداخل إذ أن لكل نظام من هذا الأنظمة قمة لقدرة عمل النظام وإدامة لهذه القدرة فضلا عن قابلية لقدرة النظام، وتشمل قمة قدرة النظام الفترة الزمنية التي يصل فيها نظام إنتاج الطاقة إلى قمة عمله, بينما تمثل إدامة قمة القدرة الفترة الزمنية التي يبقى فيها نظام إنتاج الطاقة بشكل فعال(استمرار القدرة)،أما قابلية نظام الطاقة فتمثل الفترة الزمنية التي تبدأ فيها قدرة الأنظمة بالانخفاض التدريجي لتجهيز الطاقة للنشاط العضلي الممارس.

معدل الايض الأساسي

ويطلق عليه أيضا طاقة التمثيل الأساسي ، ويعرف معدل الايض الأساسي بأنه عدد السعرات الحرارية المطلوبة للمحافظة على الحياة.وكذلك يعرف أيضا على انه الحد الأدنى من الطاقة المطلوبة لإدامة الحياة ويقدر بـ (٦٠%) من الطاقة المستهلكة في اليوم ويختلف تبعا للعمر والجنس ويمكن حسابه من وزن الجسم.والايض يعني أيضا تلك التغيرات التي تحدث في العناصر الغذائية بعد امتصاصها من القناة الهضمية إلى أن تتأكسد داخل الخلية لتعطينا الطاقة والحرارة وفي الواقع فان كل خلية حية تحتاج دائما إلى مادة لبنائها وتحتاج إلى طاقة للحفاظ على حياتها ويتم هذا داخل الخلايا بعمليات أكسدة داخلية ترتبط بعملية التنفس ويتم ذلك بمساعدة إنزيمات خاصة. وتقدر قيمة الطاقة اللازمة للايض الأساسي القاعدي بكيلو سعرة واحد لكل كيلوغرام من وزن الجسم لمدة ساعة واحدة أو (٢٤) كيلو سعرة لكل كيلوغرام من وزنه في اليوم الواحد.وتعد عملية التنفس، وحركة الدورة الدموية، والمحافظة على درجة الحرارة، وعمليات الإخراج والموازنة فيما بين تركيز الأملاح في الجسم والنمو وتكوين الأنسجة في الجسم والحالة النفسية للشخص من العوامل التي تشكل معا مجموع الاحتياجات اليومية من الطاقة أو مصروف الجسم اليومي منها ، وهي تعبر عن الطاقة اللازمة للجسم وهو في حالة الاستقرار والراحة التامة.ويحسب معدل صرف الطاقة لفترة (٢٤) ساعة وتدعى هذه الطاقة معدل طاقة التمثيل (الايض) الأساسي ويعتمد هذا المعدل على حجم الجسم، وتركيبه، وعمر الشخص والجنس والحالة النفسية والهرمونية فهو مرتفع عند الأطفال ومنخفض لدى المتقدمين في السن، وهو اعلي لكل كيلوغرام من وزن الجسم عند قصار القامة وخفيفي الوزن عنه عند طويلي القامة وثقيلي الوزن ضمن عمر معين، ويعد الوزن مؤشرا جيدا لحساب معدل التمثيل الأساسي. وتؤثر الحالة النفسية والهرمونية للشخص على معدل طاقة التمثيل الأساسي. وتنخفض قيمته التمثيل الاساسي في حالة الصيام والمجاعة الطويلة وبتقدم العمر ويعد معدل التمثيل الأساسي اقل قليلا في النساء منه في الرجال.

توازن الطاقة

يعرف توازن الطاقة بأنه عبارة عن التوازن بين كمية السعرات المأخوذة والطاقة المنتجة. وتتم عملية هدم جزيئات الغذاء بأنواعها (الكاربوهيدرات والدهون والبروتينات) الموجودة في الجسم ويقل وزن الكائن عندما يكون مقدار السعرات التي يتضمنها الغذاء الممتص اقل من الطاقة المنتجة ويسمى مثل هذا التوازن بتوازن الطاقة السالب (Negative Balance). وعندما تخزن الطاقة في الجسم ويزداد الوزن تكون في هذه الحالة كمية السعرات التي تم الحصول عليها من الغذاء الممتص أكثر من الطاقة المنتجة بصورة حرارة أو شغل ويدعى هذا التوازن بالتوازن الموجب (Positive Balance). ويمكن تقدير الطاقة الضرورية والواجب استثمارها لاستمرار الحياة ولموازنة الإنتاج الحراري الأساسي عند الإنسان البالغ بحوالي (٢٤٠٠) كيلو سعرة في اليوم.

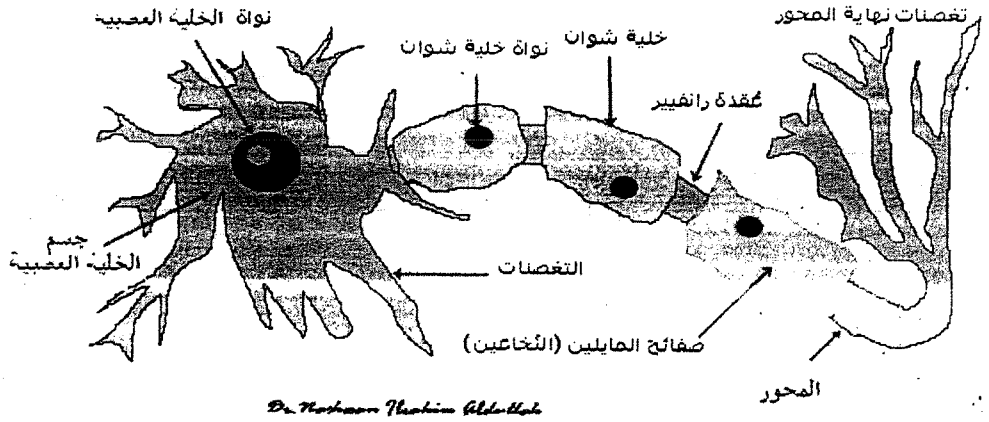

100
50
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
13
الصوان
العمر بالثانية

الجهاز العصبي

وهو شبكة اتصال داخلية في جسم الإنسان تساعده على التواؤم مع التغيرات البيئية المحيطة به، وهو الجهاز الذي ينظم أوجه النشاط المتباين الذي يقوم به أعضاء الجسم المختلفة بالتعاون مع الجهاز ألغدي الصماوي أو الغدد الصم (الهورمونات). ويعد الجهاز العصبي من أهم الأجهزة بالجسم وأكثرها تعقيداً. إن وحدة بناء الجهاز العصبي هي الخلية العصبية (العصبون)

الخلية العصبية

تعد الخلية العصبية خلية متخصصة بلغت أعلى درجات التخصص. ولها خاصيتان أساسيتان هما الاستثارة والتوصيل، فالخلية العصبية قادرة على استقبال المؤثرات الحسية من البيئة الخارجية أو الداخلية ولها القدرة على توصيل النبضات العصبية إلى أجزاء الجسم المختلفة التي تستجيب لتلك المؤثرات وبذلك تعمل الخلية العصبية على التنسيق والتكامل بين نشاطات الأعضاء المختلفة. وتتكون الخلية العصبية من جسم الخلية والزوائد الشجرية والمحور.والشكل الأتي يوضح الخلية العصبية:



يحتوي جسم الخلية على نواة صغيرة بداخلها نويه أصغر وتحاط النواة بالسايتوبلازم ، كما تحتوي أيضا على المايتوكوندريا ومقعد كولجي ويبرز من سطح جسم الخلية العصبية زوائد شجرية تقوم باستقبال النبضات العصبية من الزوائد الشجرية أو محور خلية عصبية أخرى ونقلها إلى جسم الخلية عن طريق مشتبك (Synopsis)، والمشتبك هو عبارة عن موقع أو فضاء عند التقاء الزوائد الشجرية لخلية عصبية أو محور خليه عصبية مع جسم خلية عصبية أخرى، يتم من خلاله نقل النبضة العصبية عن طريق مواد كيماوية تسمى الناقلات العصبية. كالأستايل كولين والأدرينالين (الأينفرين) والنورادرينالين (النورإينفرين) أما محور الخلية العصبية فيعرف بأنه عبارة عن امتداد يخرج من جسم الخلية وينقل النبضات العصبية من جسم الخلية العصبية إلى نهايات المحور المتمثلة بالعقد الأشتباكية.ويكون المحور مغلف من الخارج بصفائح المايلين (النخاعين) وهي عبارة عن مادة عازلة للمحور وضرورية لنقل

النبضات العصبية فيه، تكون الخلايا الدبقية هي المسؤولة عن إنتاج المـايلين فـي الجهـاز العصبي المركزي، بينما تكون خلايا شوان هي المسؤولة عن إنتاجها في الجهـاز العـصبي المحيطي.وتتميز الخلايا العصبية بقابليتها على توليد تغيرات كهربائية في أغشيتها تدعى بجهد الفعل وأن الخلايا العصبية والخلايا العضلية يمثلان الخلايا المتهيجة في الجسم. ويتراوح جهد الغشاء للخلية العصبية في أثناء الراحة (-٧٠) ملي فولت.

التركيب العام للجهاز العصبي

يقسم الجهاز العصبي من حيث التركيب إلى قسمين هما :

١- الجهاز العصبي المركزي

٢- الجهاز العصبي المحيطي

يتألف الجهاز العصبي المركزي من الدماغ والنخاع الشوكي. في حين يتألف الجهاز العصبي المحيطي من الجهاز العصبي الذاتي والجهاز العصبي الجسمي، ويتألف الجهـاز العـصبي الذاتي من الجهاز العصبي السمبثاوي (الودي) والباراسمبثاوي (نظير الودي أو اللاودي)، ويقسم الجهاز العصبي من حيث الوظيفة إلى الجهاز العصبي الجـسمي والجهـاز العـصبي الذاتي، حيث يتولى الجهاز العصبي الجسمي تنظيم نشاطات الأعضاء الإرادية في حين يتولى الجهاز العصبي الذاتي تنظيم نشاطات الأعضاء ألاإرادية.

الجهاز العصبي المركزي

أولاً : الدماغ

يقسم الدماغ إلى الأجزاء الآتية :

١- الدماغ الأمامي

ويتألف من :

أ- المخ ب- المهاد وتحت المهاد

٢- الدماغ الأوسط

٣- الدماغ الخلفي

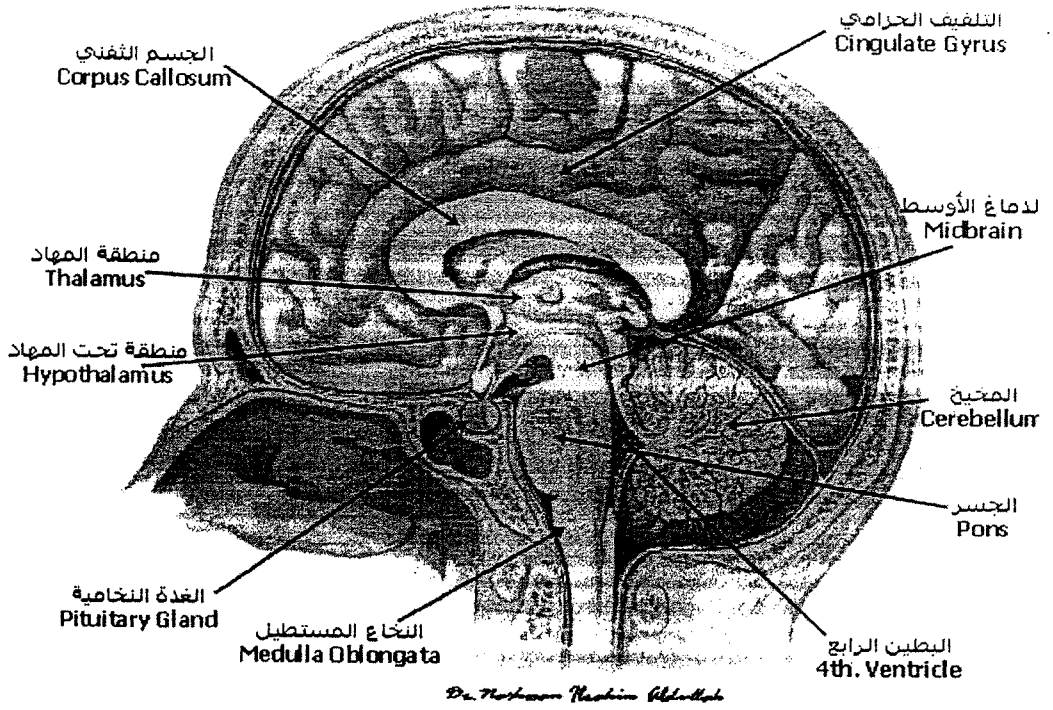
ويتألف من :

١- الجسر (القنطرة) ٢- المخيخ ٣- النخاع المستطيل

ساق الدماغ

يتألف ساق الدماغ مما يأتي :

١-النخاع المستطيل ٢- الجسر ٣- الدماغ الأوسط



الدماغ Brain

وهو اكبر جزء في الجهاز العصبي المركزي ويشغل حيزاً كبيراً من الجمجمة يسمى صندوق الدماغ، ويبلغ وزن الدماغ عند الولادة (٣٥٠) غم، ولكنه يزن في الرجل البالغ حوالي (١٤٠٠) غم، ويقل وزنه قليلاً عند المرأة. وهو مركز التحكم الرئيسي في الجسم، حيث يستقبل المعلومات الواردة من أعضاء الحس عما يجري داخل الجسم وخارجه، ويحللها بسرعة، ويرسل الرسائل الملائمة التي تنظم حركة الجسم ووظائفه، يقوم الدماغ أيضاً بتخزين المعلومات الخاصة بالخبرات السابقة، مما يساعد الفرد على التعلم والتذكر، كما أنه يُعد مصدراً للأفكار والأمزجة والانفعالات. ويحتوي الدماغ البشري على عدد يتراوح بين (١٠) بلايين و(١٠٠) بليون خلية عصبية وكل هذه الخلايا العصبية تكون موجودة خلال الأشهر القليلة الأولى من الولادة وبعد أن يبلغ الشخص عشرين سنة يتعرض إلى فقدان بعض الخلايا العصبية، حيث يموت عدد منها أو يختفي كل يوم وبصفة عامه لا تعوض الخلايا العصبية الميتة خلال حياة الشخص، ولكن الفقد لا يتجاوز (١٠%) من العدد الكلي للخلايا العصبية، طول الحياة.

أغشية الدماغ

تحيط بالدماغ ثلاثة أغشية وظيفتها الوقاية والتغذية وهي من الداخل إلى الخارج – الأم الحنونة أو الحنون والأم العنكبوتية والأم الجافية، ويطلق على هذه الأغشية مجتمعة اسم الأغشية السحائية (السحايا)، وهذه الأغشية هي كما يأتي :

١- **الأم الحنونة (الحنون)** : وهو غشاء دقيق جداً يغلف الدماغ مباشرةً ويتخلل جميع تجاعيده وتنتشر عن طريق هذا الغشاء الأوعية الدموية في الدماغ.

٢- **الأم الجافية** : وهو غشاء ليفي سميك يبطن السطحي الداخلي لعظام الجمجمة.

٣- **الأم العنكبوتية** : وهو غشاء رقيق يفصل بين الأم الجافية والأم الحنون، ويفصل بين الأم العنكبوتية والأم الحنونة فراغ يسمى الفراغ تحت العنكبوتية، ويملأ هذا الفراغ سائل يسمى السائل المخي ألشوكي، ولهذا السائل العديد من الوظائف.

وظائف السائل المخي الشوكي

للسائل المخي ألشوكي العديد من الوظائف منها ما يأتي:

١- المحافظة على الدماغ من الصدمات الخارجية من خلال امتصاص هذا السائل للصدمات التي تعرض لها الرأس.

٢- تنظيم التوازن المائي.

٣- المحافظة على بيئة ايونية ثابتة للدماغ لغرض فعالية الخلايا العصبية.

٤- السيطرة على عملية التنفس ودرجة الحموضية (PH) الأس الهيدروجيني.

المخ

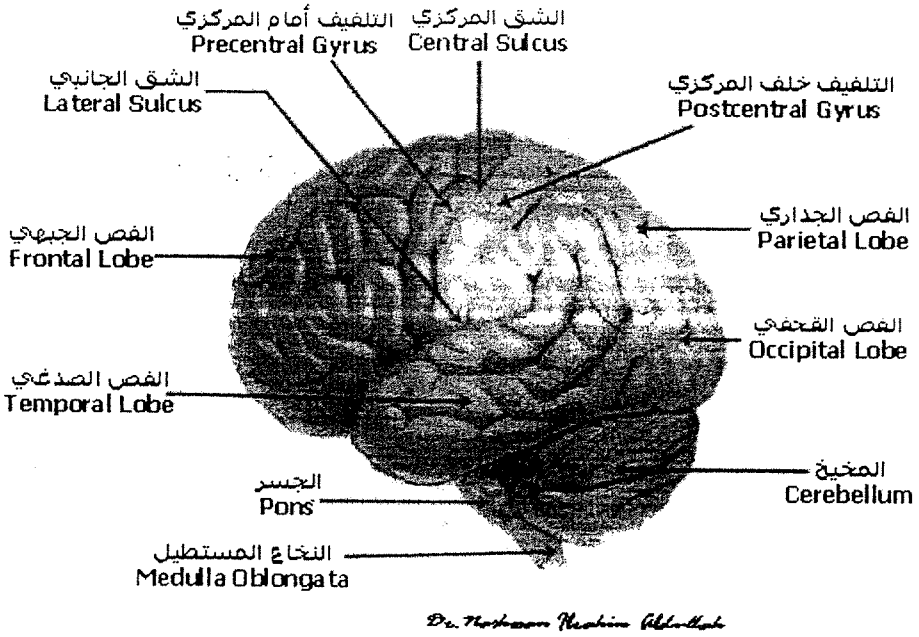
يمثل الجزء الأكبر من الدماغ يقسم إلى قسمين، ويتميز السطح الخارجي للمخ بوجود عدة انثناءات وتعرجات ويتألف المخ من أربعة فصوص وهي :

١- الفص الجبهي (الأمامي)

هو الفص الذي يقع أمام كل من نصفي الكرة المخية، وفوقها يؤدي هذان الفصان دوراً مهما في الإحساس بالحرارة والبرودة واللمس والضغط.

٢- الفص الصدغي

هو الفص الذي يقع في الجانب السفلي في كل من نصفي الكرة المخية يحتوي الفصان الصدغيان على مراكز السمع.



٣- الفص الجداري

هو الفص الاوسط في كل من نصفي الكرة المخية، بين الفص الجبهي (الامامي) والفص القفوي (القذالي) ويحتوي على مركز الحركة.

٤- الفص القفوي (القذالي)

هو الفص الذي يقع في الجزء الخلفي لكل من نصفي الكرة المخية ويحتوي على مركز الأبصار (الرؤية).

يتركب نسيج المخ من طبقيتين أحداهما خارجية وتسمى القشرة و الأخرى داخلية وتمسى النخاع، تتألف الطبقة الخارجية من المادة الرمادية أما الطبقة الداخلية فتتألف من المادة البيضاء، ومن الثابت علمياً أن القشرة هي واحدة من المناطق التي يحدث فيها التكامل أو التنسيق العصبي.

وظائف المخ

ويقوم المخ بالوظائف الآتية :

١- الإحساس الشعوري.

٢- الحركات الإرادية.

٣- التعلم والذاكرة والتفكير.

إن كل من الوظائف الحيوية للمخ يرتبط بمركز خاص يقع في مكان محدد من المخ. وقد تمكن العلماء من رسم خريطة للمخ تحدد موقع هذه المراكز وهي كما يأتي :

١- مركز الإبصار ويقع في الفص القفوي (الخلفي) للمخ.

٢- مركز السمع ويقع في الفص الصدغي للمخ.

٣- مركز الحركة ويقع في الفص الجداري للمخ.

٤- مركز الإحساس بالحرارة واللمس والبرودة والضغط ويقع في الفص الجبهي (الأمامي) للمخ.

وتجدر الإشارة إلى أن لكل حاسة مركزين واحدة على كل من جانبي المخ حيث تسيطر مراكز الفص الأيمن للمخ على الجانب الأيسر من الجسم وعلى العكس بالنسبة للفص الأيسر للمخ الذي يسيطر على الجانب الأيمن من الجسم. إن قشرة المخ تحتوي على طيات تسمى التلافيف، وان فائدة التلافيف هي زيادة المساحة السطحية.

المخيخ

وهو أكبر جزء في الدماغ بعد المخ ويقع في الجهة الخلفية للدماغ أسفل الفص الخلفي للمخ، ويرتبط المخيخ مع ساق الدماغ بواسطة السويقات المخية التي تنقل النبضات من المخيخ وإليه.

وظائف المخيخ

١- حفظ توازن الجسم بالتعاون مع الأذن وعضلات الجسم.

٢- تنظم الحركات الإرادية ويعمل على التنسيق بينهما.

ساق الدماغ

هو الجزء السفلي من الدماغ، الذي يصل الحبل الشوكي بالمخ، ويعد اصغر أجزاء الدماغ ويتألف من النخاع المستطيل والجسر والدماغ الأوسط، وتمر خلال ساق الدماغ الألياف الحسية التي تنقل الإشارات العصبية من الحبل الشوكي إلى أجزاء المخ الأخرى كما تمر فيه الألياف الحركية التي تحمل الإشارات العصبية من المخ إلى النخاع الشوكي بالإضافة إلى ذلك يوجد في ساق الدماغ عدة مراكز انعكاسية ضرورية للحياة يلطق عليها مجتمعة اسم الحيوية وهذه المراكز هي كما يأتي :

١- المراكز التنفسية.

ب- أعصاب حركية تخرج من الحبل الشوكي عن طريق الجذور البطنية.

أقسام الحبل الشوكي

يقسم الحبل الشوكي إلى أربعة مناطق هي كما يأتي :

١- المنطقة العنقية ٢- المنطقة الصدرية ٣- المنطقة القطنية ٤- المنطقة العجزية

وظائف الحبل الشوكي

١- مركز رئيسي للأفعال الأنعكاسية من خلال الطبقية الرمادية الداخلية.

٢- يعمل كناقل موصل للسيالات العصبية من خلال الطبقة الخارجية المادة البيضاء حيث تنقل السيالات العصبية من أجزاء الجسم المختلفة إلى مراكز الدماغ الرئيسية وبالعكس توصل السيالات العصبية من الدماغ إلى أجزاء الجسم المختلفة.

تحت المهاد

هي المنطقة التي تقع في الجزء العلوي من جذع الدماغ تقوم بوظائف عديدة في الجسم.

وظائف تحت المهاد

١- له علاقة بالظواهر الدورية التي تحدث خلال اليوم والتي تخضع لدورة الضوء والظلام.

٢- يلعب دوراً في تنظيم الشهية للطعام، إذ يحتوي تحت المهاد على مركز التغذية ومركز للشبع.

٣- يلعب دوراً في تناول الماء من خلال مستقبلات التناضح الموجودة في الجزء الأمامي لتحت المهاد.

٤- تنظيم وظيفة الغدة النخامية من خلال التأثير الهورموني المثبط والمحفز لتحت المهاد على إفراز هورمونات الفص الأمامي والخلفي للغدة النخامية.

٥- تنظيم درجة الحرارة حيث يلعب تحت المهاد دوراً في تنظيم درجة الحرارة، إذ يؤدي تحفيز الجزء الأمامي لتحت المهاد إلى إحداث توسع وعائي في منطقة الجلد مع حدوث التعرق أما تحفيز الجزء الخلفي فيؤدي إلى حدوث الارتجاف.

القوس الانعكاسي

إن أبسط أنواع النشاط العصبي هو ما نطلق عليه اسم الفعل الانعكاسي ويظهر هذا النشاط على شكل حركة أو إفراز وان أساس الفعل الانعكاسي هو ما يسمى بالقوس الانعكاسي، ولعل أبسط مثال للفعل الانعكاسي هو ما يحدث عندما نلمس فجأة جسماً ساخناً فنلاحظ أن اليد تتحرك بسرعة بعيداً عن الجسم ويتألف القوس الانعكاسي من خمسة أجزاء هي :

١- عضو استقبال (أحد أعضاء الحس).

٢- خلية عصبية حسية.

٢- المراكز القلبية.

٣- المراكز المنظمة للأوعية الدموية.

٤- مراكز البلع والقئ والسعال.

أجزاء ساق الدماغ

يتألف ساق الدماغ مما يأتي :

١- النخاع المستطيل

يقع بين الجسر (القنطرة) والنخاع الشوكي، يحتوي على نوى حركية وحسية لمنطقة البلعوم والفم والرقبة، كما أنه يحتوي على نوى تشترك في السيطرة على الجهاز التنفسي والجهاز القلبي والوعائي كذلك تسيطر على الحركة و وضع الجسم.

٢- الجسر (القنطرة)

هو جزء من ساق الدماغ يربط بين نصفي الكرة المخية، ويصل المخ بالمخيخ، يحتوي على حزم عصبية تسهم في السيطرة على الجهاز التنفسي والجهاز القلبي الوعائي، كذلك تحتوي على نوى لأعصاب تسيطر على الوظائف الحسية والحركية للوجه.

٣- الدماغ الأوسط

وهي المنطقة الوسطي من ساق الدماغ تتألف من تراكيب كروية هي الأكيمات العلوية والسفلية، إذ تكون الأكيمات العلوية مركزاً للمنعكسات البصرية أما الأكيمات السفلية فتعد مركزاً للمنعكسات السمعية.

الحبل الشوكي

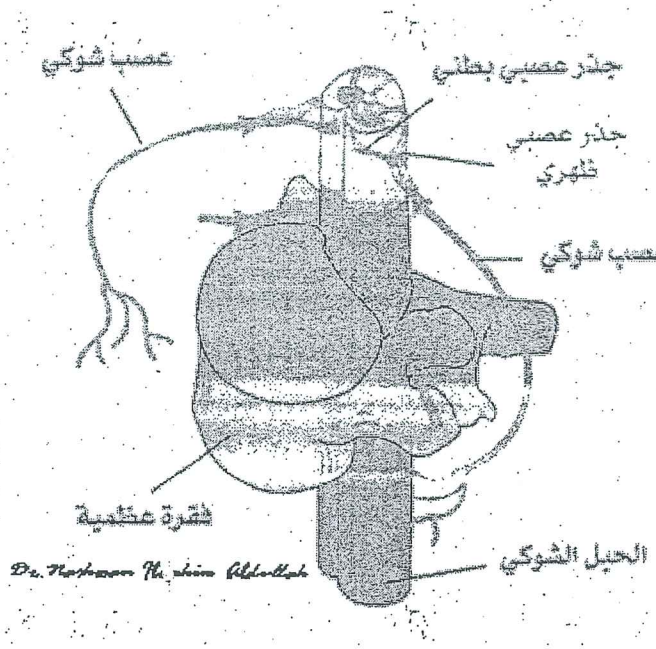
هو جزء الجهاز العصبي المركزي الذي يمتد داخل القناة الشوكية، وهي قناة توجد داخل الفقرات على طول العمود الفقري، يبدأ الحبل الشوكي من النخاع السمتطيل في الدماغ ويمتد على نهاية الثلثين العلويين من العمود الفقري، يبلغ طول الحبل الشوكي (٤٥) سم ويكون مجوفاً من الداخل لوجود قناة ضيقة فيه تسمى القناة المركزية يجري فيها السائل المخي الشوكي، ويغطي الحبل الشوكي نفس الأغشية الثلاثة التي تغلف الدماغ وهي الأم الحنون والأم الجافية والأم العنكبوتية، يحتوي الحبل الشوكي على منطقة مركزية تشبه الحرف (H) باللغة الإنكليزية وتدعى بالمادة الرمادية، أما المنطقة المحيطة فتمثل المادة البيضاء. تحتوي المادة الرمادية على أجسام الخلايا العصبية أما المادة البيضاء فتتألف من الألياف العصبية النازلة من الدماغ إلى الحبل الشوكي والألياف الصاعدة إلى الدماغ وتخرج من الحبل الشوكي أعصاب شوكية تحتوي على ما يأتي :-

أ- ألياف حسية تدخل إلى الحبل الشوكي عن طريق الجذور الظهرية.

٣- خلية عصبية رابطة.

٤- خلية عصبية حركية.

٥- عضو استجابة (مثل عضلة أو غدة).



فمثلاً عندما نلمس جسماً ساخناً فإن الجلد يعتبر عضو الاستقبال لآن نهايات الأعصاب المنتشرة في الجلد تتأثر بالحرارة وهذه النهايات هي تفرعات ليفية عصبية حسية، تنشأ سيالات عصبية في هذه النهايات ثم تنقل خلال الليفة الحسية إلى جسم الخلية الحسية الموجودة في العقد العصبية الشوكية الواقعة في طريق الجذر الظهري للعصب الشوكي ثم تنتقل السيالات العصبية عبر محور الخلية الحسية إلى القرن الظهري للمادة الرمادية في الحبل الشوكي، تنتقل السيالات العصبية إلى جسم الخلية الرابطة عن طريق الزوائد الشجرية للخلية العصبية ومنها عبر محور هذه الخلية إلى زوائد الشجرة العصبية الحركية الموجودة في القرن البطني للمادة الرمادية وأخيراً تنتقل السيالات العصبية من جسم الخلية العصبية الحركية إلى محورها وعبر هذا المحور تنتقل إلى تفرعاته النهائية التي تتصل بألياف عضلة الذراع الأمر الذي يؤدي إلى تقلص عضلات الذراع والتي تكون في هذه الحالة كعضو استجابة وبالتالي حركة اليد وابتعادها عن الجسم الساخن كاستجابة للمؤثر.

الجهاز العصبي المحيطي

يتكون الجهاز العصبي المحيطي مما يأتي :-

١- الأعصاب المحيطية الحركية

والتي تنشأ من الحبل الشوكي وتغذي العضلات الإرادية في الجسم.

٢- الأعصاب المحيطة الحسية

والتي تحمل الإحساس بجميع أنواعه من ألم وضغط ولمس وحرارة وكذلك الأحاسيس العميقة والإحساس بالموضع الى الدماغ عن طريق الحبل الشوكي.

٣- الأعصاب القحفية

وهي جزء من الجهاز العصبي المحيطي كالعصب الشمي والبصري والمحرك للعين والوجهي واللساني البلعومي والمبهم وغيرها.

٤- الجهاز العصبي الذاتي(المستقل)

الذي يجهز العضلات اللاإرادية مثل عضلة القلب والرئتين والجهاز الهضمي وكذلك الغدد الصم وجدران الأوعية الدموية ويتألف من الجهاز العصبي السمبثاوي (الودي) والجهاز العصبي الباراسمبثاوي (اللاودي).

الجهاز العصبي الذاتي

ينظم هذا الجهاز النشاطات التي لا تقع تحت إرادة الإنسان، حيث يسيطر هذا الجهاز على الوظائف الحشوية اللاارادية في الجسم إذ أنه يساعد في تنظيم الضغط الشرياني وحركة المعدة والأمعاء و افرازاتها وبقية الفعاليات الحيوية الأخرى، وتكون طبيعة سيطرة هذا الجهاز هي سيطرة انعكاسية بحيث يطلق على هذه النشاطات اسم الأفعال الانعكاسية للأحشاء ويطلق على أجزاء الجهاز العصبي التي تنظم هذه النشاطات الانعكاسية اللاإرادية اسم الجهاز العصبي الذاتي، ويطلق على الأعضاء التي تستجيب لهذه الأفعال الانعكاسية اسم أعضاء الاستجابة الذاتية أو الانعكاسية، ويتكون الجهاز العصبي الذاتي من جزئين هما :

١- **الجهاز العصبي السمبثاوي (الودي).**

٢- **الجهاز العصبي الباراسبمثاوي (نظير الودي أو اللاودي).**

يتواجد الجزء الودي من الجهاز العصبي الذاتي بشكل رئيس في المنطقتين الصدرية والقطنية،بينما يتواجد الجزء النظير الودي في جذع الدماغ وفي المنطقة العجزية. ويتكون كل جزء من هذه الأجزاء من مجموعة من العقد العصبية والأعصاب وتعرف العقد العصبية بأنها عبارة عن تجمع لأجسام خلايا عصبية خارج الجهاز العصبي المركزي.

وظائف الجهاز العصبي السمبثاوي (الودي)

١-توسع حدقة العين ورفع الجفن العلوي.
٢-زيادة سرعة ضربات القلب وقوتها.
٣-التقليل من سرعة التنفس ويسبب ارتخاء عضلات الشعب الهوائية.
٤-يسبب ارتخاء عضلات الأمعاء وانقباض عضلاتها العاصرة.
٥-يسبب ارتخاء عضلات المثانة وانقباض عضلاتها العاصرة.
٦-انقباض عضلات حويصلة الصفراء.
٧-تنبيه عضلات الرحم.
٨-انقباض عضلات الأوعية الدموية ولهذا السبب يرتفع ضغط الدم فيها.
٩-تنبيه بعض غدد الجلد وانقباض عضلات جذور الشعر.
١٠-تنظيم إفراز هرمون الأبينفرين (الأدرينالين) من خلال تنبيه الغدة الكظرية.
١١-يقلل من إفراز العصارات الهاضمة.

وظائف الجهاز العصبي الباراسمبثاوي (نظير الودي)

١- قبض حدقة العين وخفض الجفن العلوي.
٢- يقلل من سرعة ضربات القلب.
٣- يزيد من سرعة التنفس مع قبض عضلات الشعب الهوائية.
٤- يغذي اللسان بألياف للتذوق وألياف لإفراز اللعاب.
٥- قبض المرئ والمعدة والأمعاء الدقيقة.
٦- ارتخاء عضلات حويصلة الصفراء.
٧- تغذية الغدة اللعابية.
٨- قبض عضلات المثانة مع ارتخاء عضلاتها العاصرة.
٩- ارتخاء عضلات القولون.
١٠-زيادة إفراز العصارات الهاضمة.

الجهاز العضلي

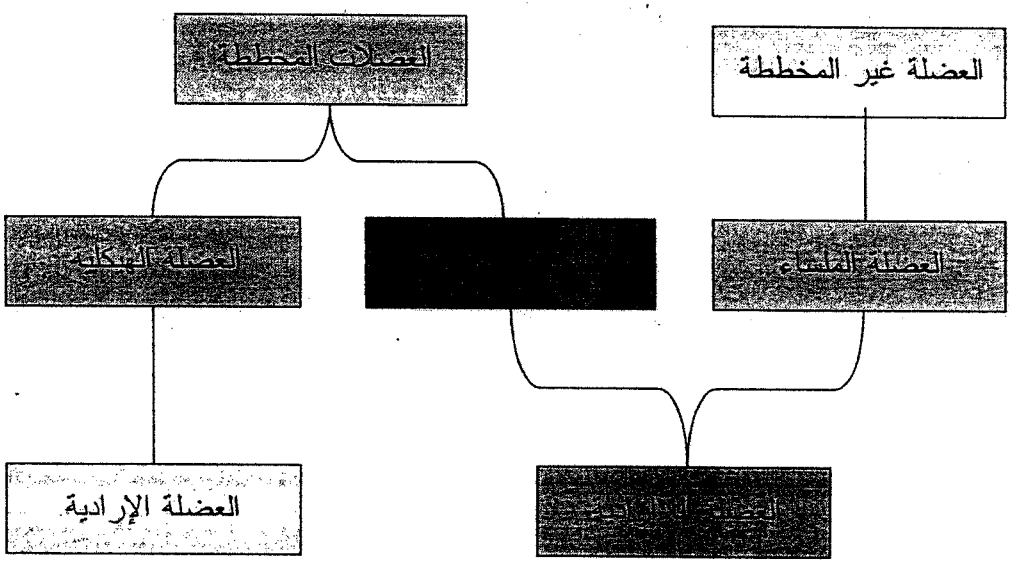
تقسم العضلات في الإنسان إلى ثلاثة أنواع بالنسبة إلى تركيبها وبالنسبة إلى عملها وهذه الأنواع هي كما يأتي:

أولاً: العضلات المخططة الإرادية (العضلات الهيكلية).

ثانياً: العضلات الملساء الغير الإرادية (غير مخططة).

ثالثاً: العضلة القلبية (مخططة لاإرادية).

وتشكل العضلات الهيكلية حوالي (٤٠%) من وزن الجسم لدى الرجال و(٣٢%) لدى النساء، بينما تشكل العضلات الملساء والعضلة القلبية أكثر من (١٠%) من وزن الجسم. والمخطط الأتي يوضح تصنيف العضلات في الجسم نسبة إلى تركيبها وعملها:

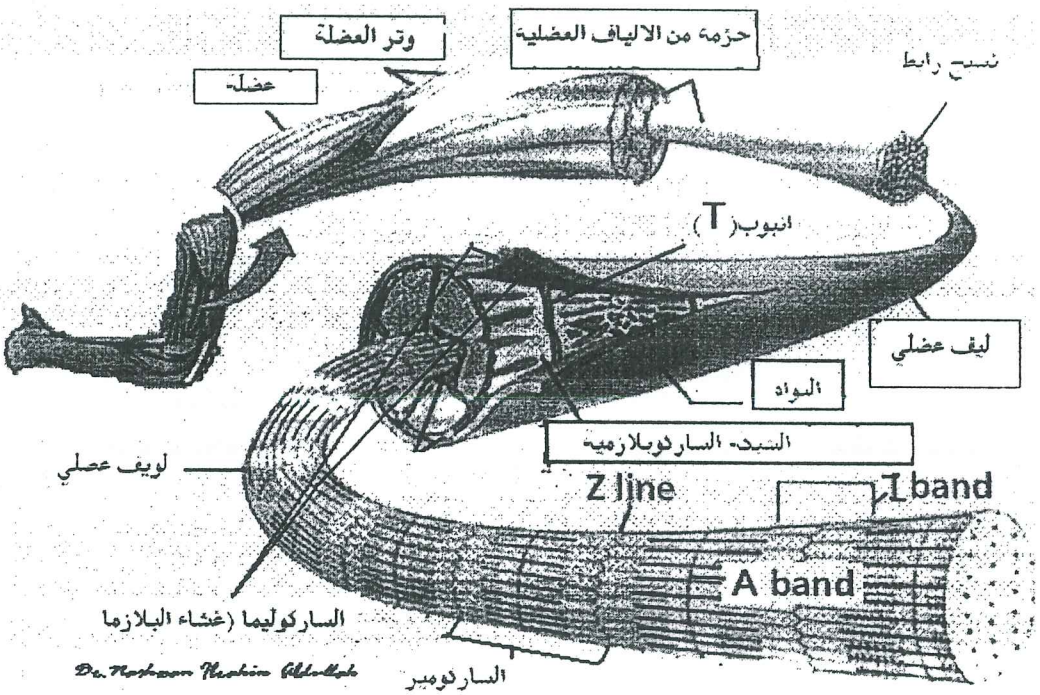


مخطط يوضح تصنيف العضلات في الجسم نسبة الى تركيبها وعملها

اولاً: العضلات الهيكلية(العضلات المخططة الإرادية)

تتكون هذه العضلات من عدد كبير من الالياف العضلية ويكون الليف العضلي محاطاً بغشاء البلازما العضلي او الساركوليما (**Sarcolemma**)، ويتكون الليف من عدد كبير من التراكيب الخيطية المتوازنة تعرف بالليفات العضلية (**Myofibrils**)، ويمكن مشاهدتها تحت المجهر الضوئي، وتنقسم هذه الليفات او اللويفات الى خيوط (**Filaments**) عضلية وهي بدورها تتكون من بروتينات لها القدرة على التقلص، وتتجمع هذه الليفات على شكل مجاميع

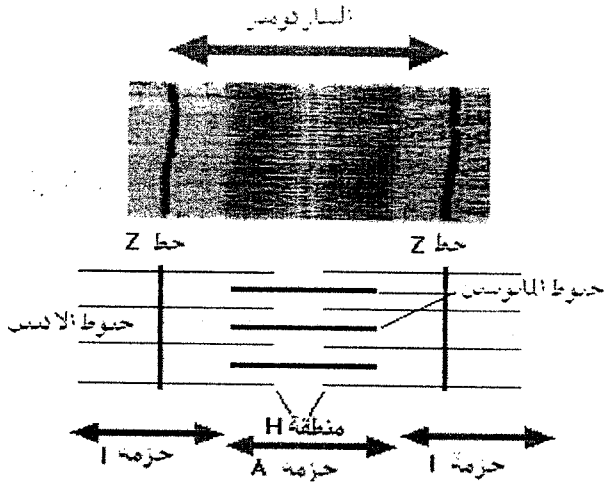
مكونة من (٤) الى (٢٠) ليفة او اكثر، وتنفصل كل مجموعة عن بعضها البعض بواسطة فسح، وتكون هذه الفسح مملوءة بالسايتوبلازم العضلي او الساركوبلازم (Sarcoplasm)، ويحتوي الساركوبلازم على الشبكة الساركوبلازمية.

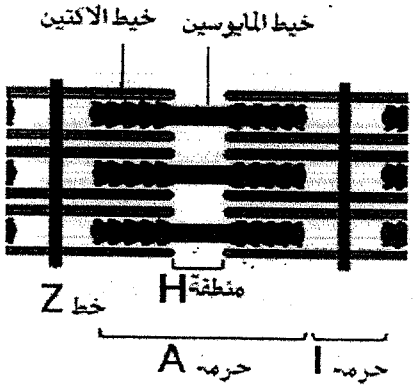


وعند فحص الليفات العضلية في العضلة الهيكلية تحت المجهر الضوئي نجد ان كل ليف يتكون من مناطق مضيئة متبادلة مع مناطق معتمة وتبدو المناطق المضيئة متجانسة ضوئياً ويطلق عليها حرف (I) (I Band)، في حين تبدو المناطق المعتمة غير متجانسة ضوئياً ويطلق عليها او يرمز لها بالحرف (A) (A Band) ويقطع خط معتم وسط كل شريط مضيء ويطلق عليه اسم او رمز (Z).كما يلاحظ عندما تكون العضلة في حالة ارتخاء وجود منطقة مضيئة نسبياً في منتصف الشريط المعتم يطلق عليها منطقة (H)، وتمثل المنطقة

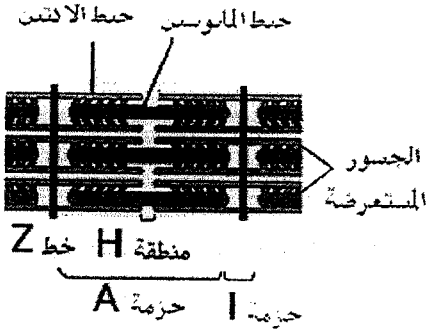
مختبر كشكول للطباعة والاستنساخ

المحصورة بين خطي (Z) متجاورين وحدة التركيب لليف العضلي يطلق عليهـا مـصطلح الساركومير (Sarcomere).الشكل الأتي يوضح الساركومير في حالتي الارتخاء والتقلص.





الساركومير في حالة الارتخاء العضلي



الساركومير في حالة التقلص العضلي

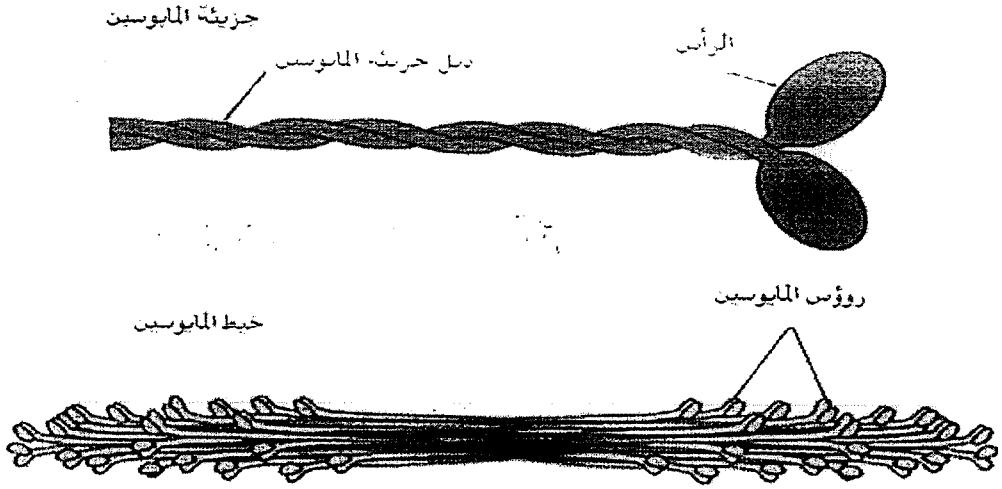
البروتينات العضلية

يكون معظم البروتين في الالياف العضلية على اربعة انواع هي كما يأتي:

١. المايوسين

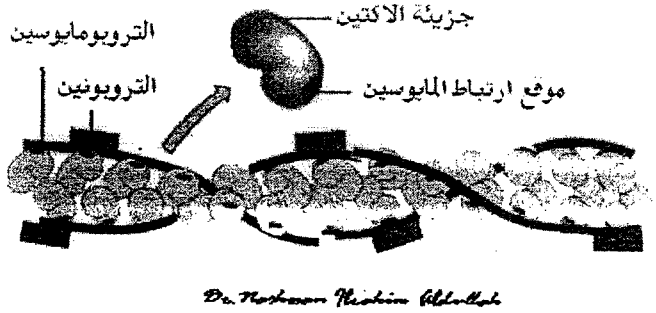
وهو خيط بروتيني عريض يتكون من سلسلتين ثقيلتين واربعة سلاسل خفيفة تـشكل خيطـاً متحلزناً ذات نهاية رأسية مزدوجة وذيلاً، ويبلغ قطره (١٢) الـى (١٨) نـانوميتر وطولـه (١,٦) مايكروميتر، ويؤلف المايوسين نصف مجموع البروتين الليفي، ويحتوي على امتدادات عرضية تدعى الجسور المستعرضة (Cross-Bridges) وتسمى ايضاً رؤوس المايوسـين، وتحتوي هذه الرؤوس على موقع لارتباط الاكتين (Actin-Binding Site) وموقع تحفيزي يعمل على تجزئة (ATP) وذلك لان رؤوس المايوسين تعمل كانزيم يدعى الادينوسين ثلاثي

الفوسفاتيز (ATPase)، ان هذه الرؤوس تعمل كجسور مستعرضة ترتبط بجزيئات الاكتين. والشكل الأتي يوضح تركيب خيوط المايوسين.



٢ - الاكتين

وهو خيط بروتيني رفيع له تركيب خيطي يشبه الى حد ما سلسلة المسبحة او يأخذ شكل حلزون مزدوج، ويتكون الخيط الرفيع من شريطين من الاكتين يلتفان معاً بنمط حلزوني، يبلغ قطره (٥) الى (٨) نانوميتر ويبلغ طوله (١) مايكروميتر. ان هذا البروتين لايمتلك خاصية التقلص. والشكل الأتي يوضح خيط الأكتين.

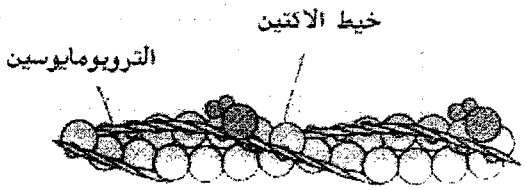


Dr. Nehaan Nadim Abdullah

٣ - التروبومايوسين

هو بروتين ليفي يؤلف (٢,٥%) تقريباً من البروتين الليفي للعضلة، يوجد هذا البروتين في الاخدود الواقع بين سلسلتي جزيئات الاكتين، ولايملك القدرة على التقلص. وظيفته تثبيط

الاتصال بين الاكتين والمايوسين من خلال تغطية مواقع ارتباط المايوسين الموجودة على الاكتين عندما تكون العضلة في حالة ارتخاء أو انبساط.والشكل الأتي يوضح بروتين التروبومايوسين.



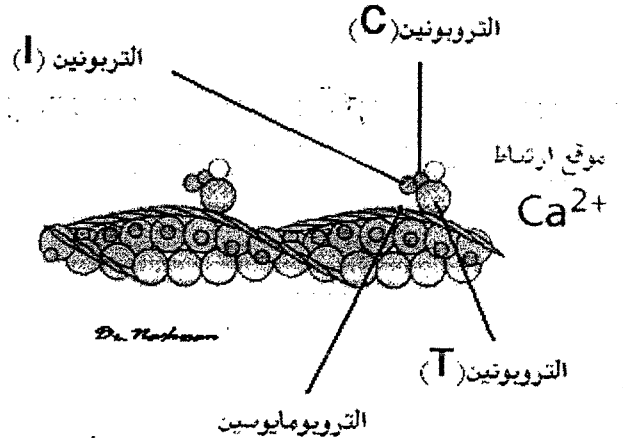
٤- التروبونين

وهو معقد من ثلاث وحدات او جزيئات بروتينية كروية، يرتبط بالتروبومايوسين والاكتين. وهذه الوحدات او الجزيئات هي كما يأتي:

أ- **التروبونين (T):** يشير الحرف (T) إلى التروبومايوسين، يرتبط هذا التروبونين بالتروبومايوسين.

ب- **التروبونين (I):** يشير الحرف **(I)** الى كلمة مثبط، اذ يثبط هذا التروبونين التفاعل بين الاكتين والمايوسين.

ج- **التروبونين (C):** يشير الحرف **(C)** الى كلمة الكالسيوم حيث يحتوي هذا التروبونين على مواقع لارتباط ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) التي تعمل على بدء عملية التقلص.

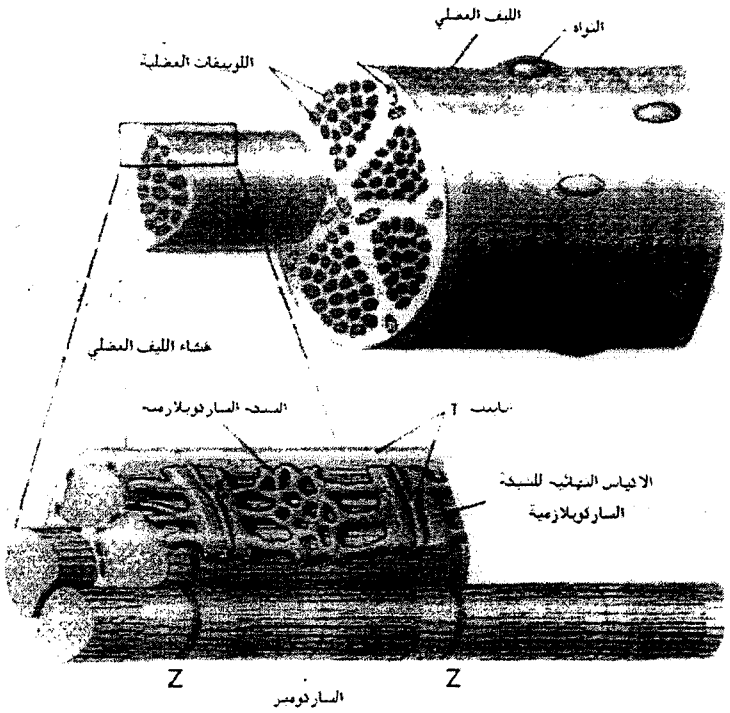


الجهاز العضلي الانيبيبي

وهو عبارة عن سلسلة من الحويصلات والانيبيبات الدقيقة التي تحيط باللوييفات العضلية ويتألف الجهاز العضلي الانيبيبي مما يأتي:

١. الجهاز المستعرض (الانيبيبات المستعرضة) T-System

وهو انيبيبات غشائية تنشأ من غلاف الليف العضلي وينتج منه وتمتد هذه الانيبيبات عمودياً وبشكل عميق في الليف العضلي عند نقطة الاتصال مابين الحزمة (A) و (I) في اللوويفات العضلية، وتكون الانيبيبات (T) على اتصال بالسائل المحيط بالليف العضلي، لذا تعد هذه الانيبيبات بمثابة امتدادات داخلية لغشاء الليف العضلي وبذلك تكون وظيفتها هي نقل النبضة العصبية (موجة جهد الفعل) المنتشرة على غشاء الليف العضلي الى جميع اللوويفات الموجودة في الليف العضلي.



٢. الشبكة الساركوبلازمية

وهي عبارة عن شبكة من الانابيب والاوعية تمتد بشكل طولي وتحيط بكل لوويف عضلي، وتشبه الشبكة الاندوبلازمية لبقية الخلايا وتحتوي الشبكة الساركوبلازمية على اكياس لخزن ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) تسمى الاكياس النهائية.

أنواع الألياف العضلية

تصنف الالياف العضلية استناداً الى خصائصها التقلصية والايضية وعلى النحو التالي:

١. الالياف العضلية السريعة التقلص (الالياف البيضاء)

تحتوي الألياف العضلية السريعة التقلص أو الألياف البيضاء على مستويات عالية من انـزيم (ATPase المايوسين) الذي يرتبط بقابلية هذه الالياف على توليد طاقة سـريعة لتقلـصات سريعة وقوية وأن سرعة تقلص هذه الالياف يعادل ضعف سرعة تقلص الاليـاف العـضلية البطيئة التقلص. وتعتمد الالياف العضلية السريعة التقلص بشكل كبير على نظام تحليل السكر (Glycolylic System) لنقل الطاقة. وقد سميت هذه الالياف ايضاً بالياف (FG). وتنشط الألياف العضلية السريعة التقلص في فعاليات السباقات السريعة والقصيرة الأمد (فترة الـدوام القصيرة) وكذلك مهمة أيضا في بعض الفعاليات الرياضية مثل كرة السلة وكرة اليد وغيرها والتي تحتاج في بعض الأوقات إلى طاقة سريعة يتم تجهيزها من خـلال المـسار الايـضي اللاهوائي.

٢- الألياف العضلية البطيئة التقلص (الالياف الحمراء)

يقوم هذا النوع من الالياف العضلية بتوليد الطاقة لانتاج او تخليق (ATP) من خلال نظـام إنتاج الطاقة الهوائي الطويل الامد نسبياً (فترة الدوام الطويلة). وتتميز هذه الالياف بمـستوى منخفض من فعالية انزيم (ATPase) وسرعة تقلص بطيئة، وتكون كفاءتها في تحليل السكر اقل تطوراً مما هي عليه في الالياف السريعة، وتحتوي الألياف البطيئة علـى العديـد مـن المايتوكوندريا، وتراكيز عالية من انزيمات الماتوكوندريا اللازمة لادامة الايض الهوائي، لذا فان الالياف البطيئة التقلص تتلائم مع التمارين الهوائية التي تستمر لفترة طويلة.وتدعى هـذه الألياف بألياف (SO) لسرعتها البطيئة في التقلص واعتمادها الكبير على الايض التأكـسدي وعلى العكس من الالياف العضلية السريعة التقلص التي تصاب بالاعياء بسرعة فان الالياف البطيئة متكيفة للفعاليات التي تستمر لفترة طويلة من الزمن.إن أغلبية العضلات الهيكلية لجسم الانسان تحتوي على مزيج من الالياف العضلية السريعة والبطيئة التقلص، وهناك عـضلات يسيطر عليها نوع واحد من الالياف العضلية فعلى سبيل المثال تحوي العضلة الاخمصية على (٢٥-٤٠%) من الالياف العضلية البطيئة التقلص اكثر من أي عضلة اخرى في عـضلات الرجلين، اما العضلات ذات الرؤوس الثلاثة العضدية فتحتوي على نسبة (١٠-٣٠%) اكثر من الالياف العضلية السريعة التقلص من أي عضلة في الذراعين.وهناك العديد من البـاحثين يصنف الالياف العضلية البطيئة التقلص ضمن الياف النوع الاول (Type I) بينما تـصنف الالياف العضلية سريعة التقلص ضمن الياف النـوع الثـاني(Type II) وعنـدما يتمـرن الشخص بمستويات هوائية ولاهوائية قريبة من الشدة القصوى (كما فـي ركـض المـسافات المتوسطة او السباحة او في حالة كرة السلة او الهوكي او كرة القدم) فان مثل هذا الـشخص يحتاج الى طاقة هوائية ولاهوائية بحيث ينشط كلا النوعين من الالياف العضلية.ويوجد نـوع

ثانوي من الالياف السريعة في الانسان، ويتميز هذا النوع بسرعة التقلص مع كفاءته النامية بشكل معتدل لتقل الطاقة الهوائية واللاهوائية. وتسمى هذه الالياف بالياف النوع الثاني (أ) **(Type II A)** كما وافترض وجود نوعين آخرين هما النوع الثاني (ب) **(Type II B)** والنوع الثاني (جـ) **(Type II C)**.وان للنوع الثاني (ب) كفاءة لاهوائية كبيرة اما النوع الثاني (جـ) فيعد من الالياف النادرة غير المتمايزة. وقد لوحظ ان الرياضيين المتفوقين في فعاليات المطاولة تكون الالياف العضلية البطيئة التقلص هي السائدة في عضلاتهم العاملة في مثل هذه الفعاليات.أما في الفعاليات التي تتميز بسرعة الاداء فان الالياف العضلية السريعة التقلص تكون هي السائدة لدى الرياضيين الممارسين لهذه الفعاليات الرياضية، بينما في حالة الفعاليات الرياضية كركض المسافات المتوسطة فان هناك نسبة مئوية متساوية تقريباً من نوعي الالياف العضلية لدى الرياضيين الممارسين من الرجال والنساء لمثل هذه الفعاليات الرياضية.

الاعضاء الحسية الذاتية للعضلة

إن عمل العضلة يكون مسيطر عليه بشكل جيد عن طريق التفاعل مابين نشاط الاعصاب الحركية التي تنقل الايعاز العصبي لانقباض العضلة والمستقبلات الحسية التي تستقبل الاحساسات عن طبيعة الانقباض العضلي من حيث مقدرته وسرعته وزوايا العمل على مفاصل الجسم من العضلات والاوتار والمفاصل وتنتقلها الى النخاع ألشوكي.وتحتوي العضلة على نوعين من هذه المستقبلات او الاعصاب الحسية هي كل من عضو كولجي الوتري الموجود في وتر العضلة **(Golgi Tendon Organs)(GTO)** والمغازل العضلية **(Muscle Spindles)** واللذان يقعان في العضلة والاوتار والمحافظ الليفية للمفاصل. وتقوم هذه الاعصاب الحسية العضلية باعطاء تغذية حسية راجعة الى الدماغ عن حركة ووضع العضلات والمفاصل. وتكون المغازل العضلية مرتبة بشكل متواز مع الالياف العضلية، وتتألف من عدة الياف مغزلية صغيرة وتتصل نهايات العصب بالاغمدة المحيطة بالالياف العضلية، وتكون المغازل العضلية مسؤولة مراقبة مطاطية وطول العضلة وكذلك بدء الانقباض العضلي لتقليل المط في العضلة في اثناء تقلص العضلة.فعند رفع الثقل من على الارض فان بداية الرفعة تكون بحدوث مط في العضلة نتيجة مقاومة الثقل وبناءاً على درجة الشد الواقعة على العضلة تقوم المغازل العضلية بارسال معلومات عن درجة القوة المطلوبة.

اما عضو كولجي الوتري فهو مستقبل حسي يقع ضمن اوتار العضلات ويتصل بها على التوالي وظيفته التحسس للشد في معقد الوتر-العضلة **(Muscle-Tendon Complex)** وهو شكل من اشكال آليات الحماية وذلك للوقاية من الاصابات العضلية فعندما يبلغ الشد العضلي مستويات تنذر بخطر اصابة العضلة فان عضو كولجي الوتري يتحفز ويثبط

الانقباض عن طريق تحفيز مجموعة العضلات المضادة لتقليل قوة التقلص العضلي.نستخلص مما تقدم ان المغزل العضلي يتمدد عندما تسترخي العضلة ويصبح في حالة الارتخاء عندما تتقلص العضلات وعلى العكس من ذلك فان عضو كولجي الوتري يتمدد عند تقلص العضلة وهكذا فان الفعالية التي يولدها عضو كولجي الوتري تتناسب مع كمية القوة التي تولدها العضلة بينما تكون فعالية المغزل العضلي متناسبة مع كمية التمدد المطبق على العضلة.

آلية التقلص العضلي

لقد ظهرت كثير من النظريات القديمة التي تفسر ظاهرة التقلص العضلي واكثرها غير قابلة للتصديق لذلك تم الغاؤها باستثناء النظرية الانزلاقية (الانزلاق الليفي) التي قدمها كل من هوكسلي وهانسون (**Hhoxly & Hanson**) عام ١٩٥٤ وهي نظرية مقبولة لانها قادرة على شرح عملية القصر في طول العضلة، إذ تنص هذه النظرية على ان قصر العضلة ينتج عن انزلاق خيوط الاكتين لتتقارب مع بعضها البعض خلال المسافات البينية لأجزاء خيوط المايوسين بمساعدة الجسور المستعرضة الموجودة على خيوط المايوسين، فعندما تتحرر الطاقة الكيميائية تتحول الى طاقة حرارية وميكانيكية، تتحرك الجسور المستعرضة الى الداخل باتجاه المايوسين وتجذب معها خيوط الاكتين المتشابكة بها مما يؤدي الى قصر الليف العضلي. ان عملية الانزلاق تعتمد على وجود بروتينات أخرى غير الاكتين والمايوسين هي بروتيني التروبومايوسين والتروبونين.

وفيما يأتي توضيح للآلية العامة والجزئية للتقلص العضلي:

الآلية العامة للتقلص العضلي

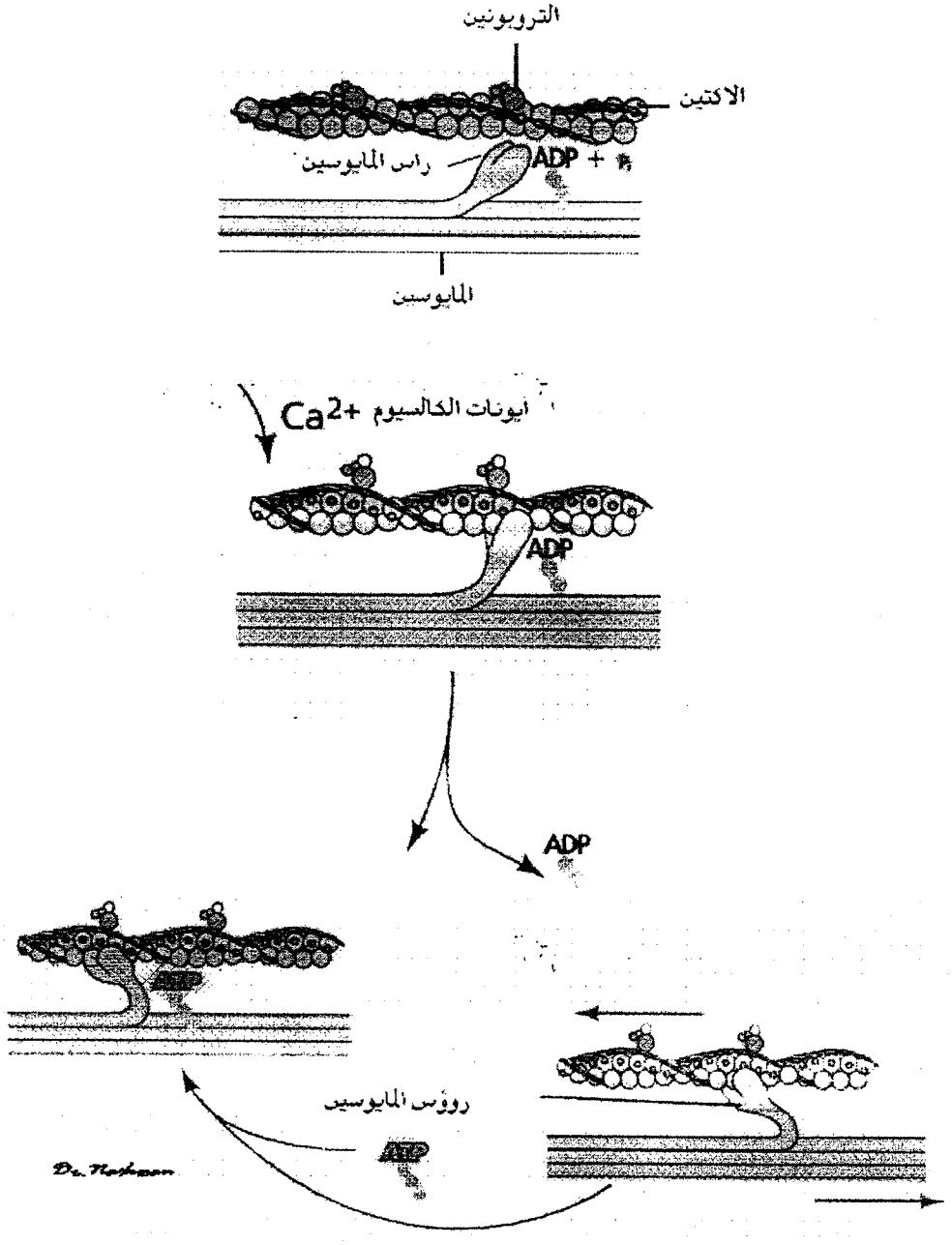
تتلخص الآلية العامة للتقلص العضلي بالنقاط الاتية:

١. تنتقل النبضة العصبية (جهد الفعل) على طول العصب الحركي الى نهايته على الالياف العضلية.
٢. تحرير الاستيل كولين في منطقة الاتصال العصبي العضلي.
٣. ارتباط الاستيل كولين بالمستقبلات النيكوتينية الموجودة على الصفيحة الحركية النهائية.
٤. انفتاح قنوات الصوديوم ذات البوابات ودخوله الى داخل الليف العضلي.
٥. تكوين جهد فعل الصفيحة الحركية النهائية.
٦. تكوين جهد فعل في اغشية الالياف العصبية.
٧. نقل جهد الفعل الى جميع اللوبيفات من خلال جهاز (**T**).

٨. تحرير ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) من الاكياس النهائية للشبكة الساركوبلازمية.

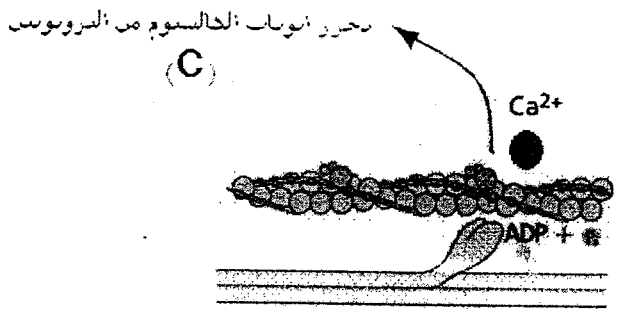
٩. ارتباط ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) مع التروبونين (C) ثم تكشف مواقع ارتباط المايوسين الموجودة على الاكتين.

١٠. تكوين الجسور المستعرضة بين الاكتين والمايوسين ثم انزلاق الاكتين على المايوسين وحدوث عملية التقلص.



وتتلخص الية الانبساط العضلي بالنقاط الاتية:

١. تحرر ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) من التروبنين (C).
٢. ضخ ايونات الكالسيوم (Ca^{+2}) بشكل فعال الى الاكياس النهائية للشبكة الساركوبلازمية.
٣. توقف الارتباط بين الاكتين والمايوسين



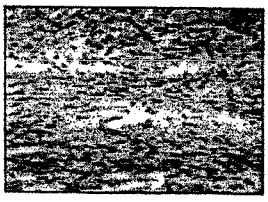
ثانياً: العضلات الملساء (غير اردية، غير مخططة)

أ- تكون العضلة الملساء خالية من التخطيطات العرضية وتكون الشبكة الساركوبلازمية ضعيفة التكوين.
ب- تحتوي العضلة الملساء على الاكتين والمايوسين والتروبومايوسين ولكنها لا تحتوي على التروبونين.
ج- تحتوي العضلة الملساء على القليل من المايتوكوندريا.
د- تعتمد احتياجاتها الايضية بدرجة كبيرة على عملية تحليل السكر.

أنواع العضلات الملساء

١. العضلة الملساء الحشوية

أ- تتقلص بشكل ذاتي ولاتعتمد على الاعصاب.
ب- يوجد هذا النوع في جدران الاحشاء الداخلية مثل الامعاء والرحم والحالبين.



العضلة الملساء

٢. العضلة الملساء متعددة الوحدات

ا- تعتمد على الأعصاب في تقلصها ونادراً ما تتقلص ذاتياً.

ب- تتكون من الياف ملساء تعمل بشكل مستقل عن الالياف الملساء الاخرى.

ج- يوجد هذا النوع في العضلات المحركة للشعر والعضلات الموجودة في قزحية العين

ثالثاً: العضلة القلبية (مخططة، لاارادية)

أ- تكون عضلة القلب مخططة لاارادية.

ب- ترتبط خلاياها العضلية مع بعضها في مواقع تسمى الاقراص البينية.

ج- تتقلص العضلة القلبية بصفتها وحدة متكاملة ويكون تقلصها عضلي المنشأ.

د- تتصف بخاصيتين هما: النسقية أي انها تتقلص وتنبسط بالتعاقب، اما الخاصية الثانية فهي التوصيل.

ه- تستغرق وقتا أطول في تقلصها مقارنة بالوقت الذي تستغرقه العضلات الهيكلية.

العضلة القلبية

التغيرات المصاحبة للتقلص

أولا: التغيرات الكيميائية المصاحبة للتقلص العضلي

تتطلب عملية التقلص العضلي طاقة، يكون مصدر هذه الطاقة بعض المواد الكيمياوية التي توجد في العضلة ومن اهمها ثلاثي فوسفات الادينوسين **(ATP)** اذ يؤدي تحللها الى اطلاق طاقة كبيرة تستخدمها العضلة في تقلصها. وتتمكن فقط رؤوس المايوسين (الجسور العرضية) من تحليل (ATP)، حيث ثبت انه يعمل كانزيم **(ATPase)** وفي الوقت نفسه يؤدي دور البروتين القادر على التقلص بواسطة اتحاده مع الاكتين وتكوين الاكتومايوسين، فضلاً عن ذلك تعد ايونات الكالسيوم **(Ca^{+2})** والمغنيسيوم ايضاً أساس لهذه العملية حيث يعمل كل منهما على تنشيط انزيم **(ATPase)** الضروري لتحلل **(ATP)** وتحرير الطاقة اللازمة للتقلص العضلي، وتكون الطاقة المتحررة عن انشطار **(ATP)** هي طاقة كيميائية تتحول إلى طاقة ميكانيكية.

ثانياً: التغيرات الحرارية في العضلة

أنواع الحرارة المتولدة في العضلة

١. **حرارة السكون:** وهي الحرارة المتولدة اثناء الراحة والتي تمثل المظهر الخارجي الذي يعكس العمليات الايضية الجارية في الخلايا.

٢. **الحرارة الابتدائية أو الشروعية:** ويتضمن هذا النوع من الحرارة مايأتي:

أ- **حرارة التنشيط:** وهي الحرارة المتولدة في اثناء التقلص العضلي.

ب-**حرارة القصر:** يعود سببها الى حدوث تغيرات في تركيب العضلة في اثناء عملية قصر العضلة. او عبارة عن الحرارة المتولدة نتيجة لحدوث تغيرات في تركيب العضلة في اثناء عملية القصر.

٣. **حرارة الاستعادة:** وهي الحرارة المتولدة من عمليات الايض التي تعيد العضلة الى حالة ماقبل التقلص.

الوحدة الحركية

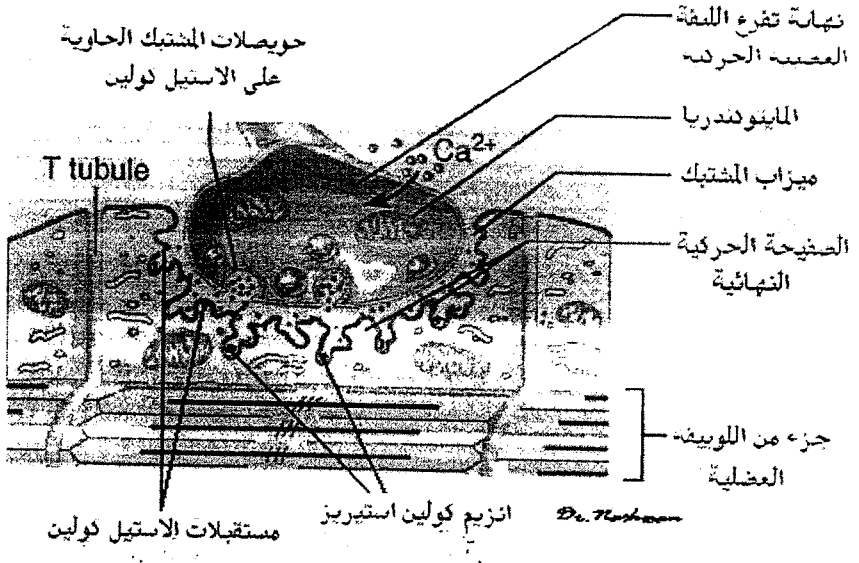
الوحدة الحركية هي ارتباط وحدة عصبية مع وحدة عضلية. اذ ان كل الالياف في الوحدة الحركية تتصل بالعصب المحرك نفسه كوحدة واحدة. ولايعتمد عدد الالياف العضلية التي تتصل بالعصب المحرك المفرد على حجم العضلة ولكن يعتمد على اساس عمل العضلة (توافق ودرجة الدقة)لذلك يختلف عدد الالياف العضلية في الوحدة العضلية من وحد لاخرى، ففي الوحدات الحركية الصغيرة التي تحرك العين نجد ان الوحدة تكون مؤلفة من (٥) خمسة او (٦) ستة الياف عضلية فقط. بينما نجد ان العدد في الوحدات الحركية الكبيرة مثل وحدات عضلات الظهر يصل الى (١٥٠) ليفة عضلية وفي عضلات الساق قد يصل الى (١٩٠٠) ليفة عضلية.ومن البديهي انه كلما قل عدد الالياف العضلية في الوحدة الحركية كلما كانت الحركة الناتجة سريعة ودقيقة ولكن ينقصها القوة، وكلما زاد العدد كلما كانت الحركة الناتجة قوية. وتزيد قوة انقباض العضلة كلما زاد عدد الوحدات الحركية التي يتم اثارتها، وتصل قوة انقباض العضلة الى حدها الاقصى عندما يتم اثارة جميع الوحدات الحركية المكونة للعضلة.

قانون الكل او لاشيء

نقصد بهذا لاقانون هو اما ان تستجيب كل الالياف العضلية في الوحدة الحركية او لاتستجيب، أي ان هذا القانون ينطبق على الوحدة الحركية ولاينطبق على العضلة ككل، اذ يمكن ان يتقلص عدد من هذه الوحدات الحركية في العضلة بينما لاتتقلص وحدات حركية اخرى في نفس العضلة لذلك ينطبق هذا القانون على الوحدة الحركية فقط.

الاتصال العصبي العضلي

يدعى الاتصال بين نهايات الليف العصبي والليف العضلي اسم الاتصال العصبي العضلي. والصفيحة الحركية النهائية هي جزء غشاء الليف العضلي الواقع تحت نهاية الليف العصبي. والاتصال العصبي العضلي هو نوع خاص من المشتبك تنتهي فيه الليفة العصبية المتصلة بالعضلة على شكل فروع صغيرة تنتشر على سطح الليفة العضلية تسمى ميزاب المشتبك (Synaptic Gutter) كما في الشكل، ويوجد في هذه الحفرة انزيم خاص يدعى كولين استيريز يساعد على تحليل مادة الاستيل كولين التي تلعب دوراً هاماً في نقل النبضة العصبية من الليفة العصبية الى الليفة العضلية. وعندما تصل النبضة العصبية إلى الفروع الصغيرة تتحرر مادة الاستيل كولين عند نهايات هذه الفروع وتمر هذه المادة بالانتشار عبر غشاء الليفة العضلية الى داخلها وتبدأ بالتأثير على الغشاء، واذا تحررت هذه المادة بكمية كافية تؤدي الى ازالة استقطاب الغشاء وبذلك يتولد نبضة عصبية في الليفة العضلية نفسها، وتحدث هذه العملية في الوقت نفسه في جميع الالياف العضلية المكونة للوحدة الحركية، ولذا تنقبض هذه الالياف جميعها في وقت واحد. ويبدأ بعد ذلك انزيم كولين استيريز في مهاجمة الاستيل كولين وتحليله مسبباً بذلك اعادة الاستقطاب للغشاء مرة اخرى وانبساط الألياف العضلية.والشكل الأتي يوضح المشتبك والاتصال العصبي العضلي.



الاتصال العصبي العضلي والمشتبك

التعب

هو عبارة عن هبوط وقتي في المقدرة على الاستمرار في اداء العمل.

أشكال التعب

يظهر التعب العضلي بأشكال عدة منها:

١- انخفاض إنتاجية العمل.

٢- بطء الحركة.

٣- فقدان الدقة والتوافق والإيقاع الحركي.

٤- اشراك عضلات إضافية في العمل.

٥- خلل في الارتخاء العضلي.

٦- اختلاف التوافق الحركي بين نوع النشاط والحالة الوظيفية لأجهزة الجسم.

مواضع التعب

قد يكون موضع التعب في احد المناطق الآتية:

١- الجهاز العصبي المركزي

يحدث عندما يستمر العمل العضلي لفترة طويلة ويتميز بصعوبة اداء المهارات لساعات طويلة.

٢- **منطقة الاتصال العصبي العضلي (منطقة الاتصال بين العصب والليف العضلي)**

يحدث في الأنشطة التي تتميز بالسرعة والقوة المميزة بالسرعة.

٣- العضلة

يحدث التعب في العضلة في أثناء العمل العضلي الذي يتطلب أداء الوحدات الحركية البطيئة ومن دون تركيز كبير للجهاز العصبي.

أسباب التعب

١- تراكم الفضلات أو المواد الناتجة عن العمل العضلي مثل حامض اللبنيك.

٢- استنفاذ المواد اللازمة للطاقة مثل (ATP) و (Cp) والكلايكوجين.

٣- حدوث تغيرات في الحالة الفيزيائية للعضلة مثل تغير خاصية النفاذية في الخلية العضلية.

٤- اختلال التنظيم والتوافق من مستوى الخلية حتى تنظيمات الأجهزة الحيوية سواء كانت محيطية أم مركزية.

الفرق بين الاجهاد والانهاك والإعياء

الاجهاد: هو الحالة التي تحصل نتيجة تحميل الرياضي اكثر من قابلية تحمله، ويؤدي الاجهاد الى زيادة درجة التعب عن الفرد.

الانهاك: وهو الوصول الى حالة التعب المفرط وعدم القدرة على مواصلة العمل بصورة جيدة وينتج عنه ضعف في قابلية الاداء الحركي.

الاعياء: وهو عدم القدرة على اداء أي عمل وقد يؤدي الاعياء الى فقدان الوعي، والاعياء هو آخر مراحل التعب.

تأثير التدريب الرياضي على الجهاز العضلي

إن التكيفات الوظيفية تختلف باختلاف نوع التدريب الرياضي الممارس وعلى هذا الاساس تصنف التكيفات والتغيرات الوظيفية في العضلة والناتجة عن التدريب كما يأتي:

اولاً: التغيرات الوظيفية المرافقة لتدريبات القوة في العضلة الهيكلية

١- التضخم العضلي ويعزى الى التغيرات الآتية:

أ- زيادة عد وحجم اللوييفات في كل ليف عضلي.

ب- زيادة الطاقة الكلية للبروتينات المتقلصة وخصوصاً في خيوط المايوسين.

ج- زيادة قوة الانسجة الرابطة والاوتار والاربطة.

٢- الزيادة في تركيز الكرياتين والكرياتين فوسفات (Cp) و (ATP) والكلاويكوجين في العضلة.

٣- زيادة نشاط انزيمات تحويل (ATP) مثل انزيم المايوكاينيز وانزيم الكرياتين فوسفوكاينيز.

ثانياً: التغيرات الوظيفية المرافقة لتدريبات المطاولة (الهوائية) في العضلة الهيكلية

تؤدي التدريبات الهوائية المنتظمة الى حدوث التغيرات الهامة الآتية في العضلة الهيكلية:

١- زيادة مخزون العضلات من المايوكلوبين.

٢- زيادة عدد وحجم المايتوكوندريا.

٣- زيادة قابلية العضلة على اكسدة الكلايكوجين.

٤- زيادة مخزون الكلايكوجين العضلي.

٥- زيادة القابلية القصوى لاكسدة الكاربوهدرات.

٦- زيادة قابلية اكسدة الدهن المخزون في العضلات والنسيج الدهني في الجسم.

٧- زيادة تراكيز الانزيمات المهمة في المايتوكوندريا وخصوصاً انزيمات دورة كريبس (Kerbs Cycle) ونظام نقل الالكترونات التي تشترك في اعادة انتاج ثلاثي فوسفات الادينوسين (ATP) عن طريق الايض الهوائي.

٨- زيادة النسبة المئوية لمساحة الالياف العضلية الحمراء البطيئة التقلص.

الجهاز التنفسي

يتألف الجهاز التنفسي مما يأتي :-

١- المجاري التنفسية وتشمل:

أ- التجويف الأنفي .

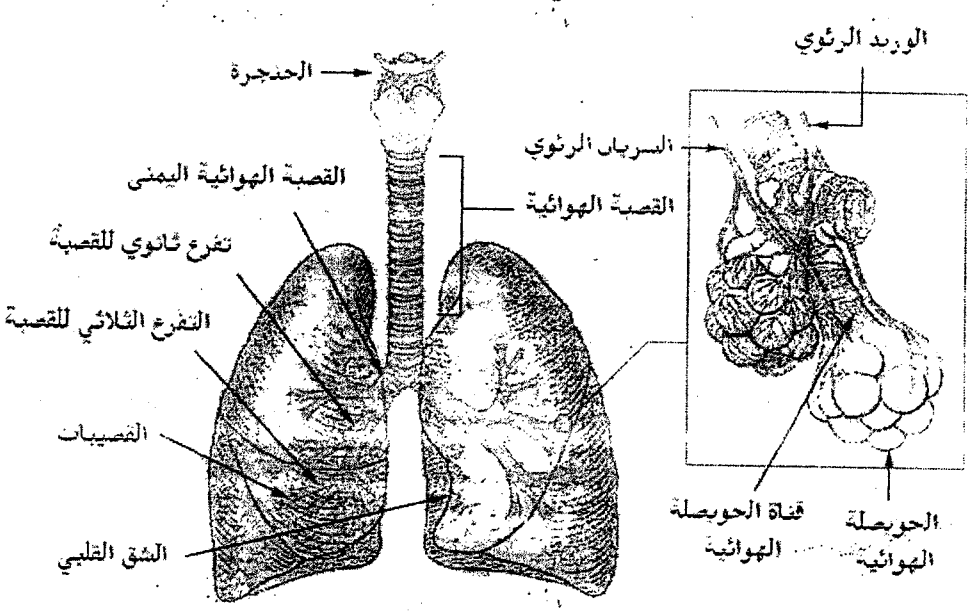
ب- البلعوم .

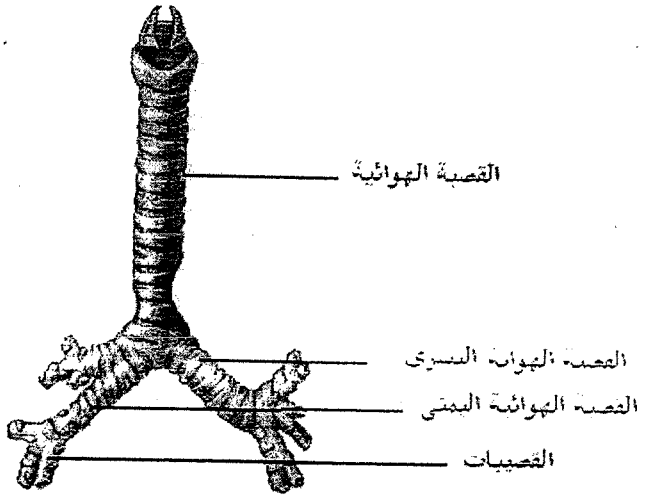
ج- الحنجرة .

د- الرغامي .

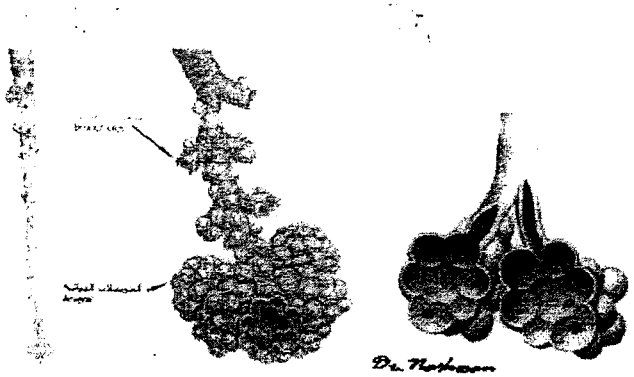
ه- القصبات الهوائية اليمنى واليسرى .

و- القصيبات .





ز- الحويصلات الهوائية (الاسناخ) .



الحويصلات الهوائية(الرئوية)

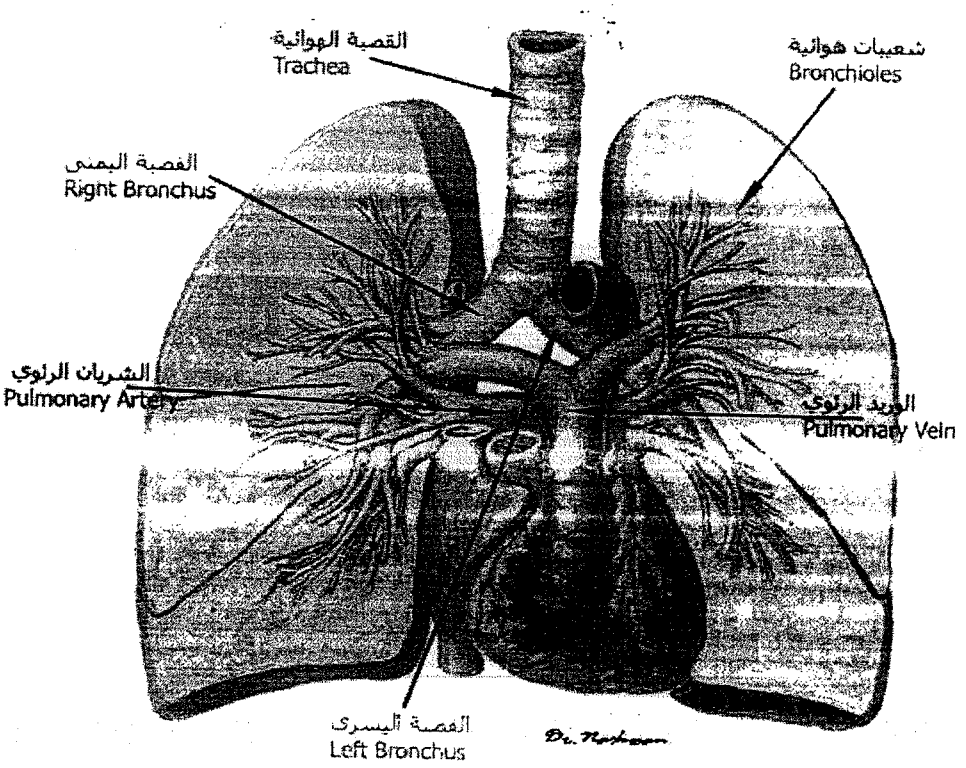
٢- الرئتان

إن كل رئة هي عبارة عن عضو مخروطي الشكل قمتها إلى الأعلى وقاعدتها إلى الأسفل ، وتتشابه الرئتان من حيث التركيب والوظيفة . وتكون الرئة اليسرى أصغر من الرئة اليمنى التي تتكون من ثلاثة فصوص بينما تتكون الرئة اليسرى من فصين ، وتحاط كل رئة بغشاء رقيق بما يشبه الكيس يسمى بغشاء الجنب الذي يتألف من طبقتين هما الجنب ألحشوي الذي يمثل الطبقة الداخلية التي تحيط وتلتصق بالسطح الخارجي للرئة ويتحرك مع سطح الرئة عند دخول وخروج الهواء ، أما الطبقة الثانية فهي الجنب ألجداري التي تمثل الطبقة الخارجية التي تبطن السطح الداخلي لتجويف القفص الصدري ويكون هذا الغشاء أسمك من الجنب ألحشوي ولا يتحرك مع الرئة أثناء التنفس ويفصل بين غشائي الجنب تجويف يسمى بالتجويف ألجنبي ويغطى غشاء الجنب بطبقة رقيقه من سائل يفرز من قبل خلاياهما حيث يعمل هذا السائل كمزيت ليقلل الاحتكاك بين سطحي غشائي الجنب داخل تجويف الجنب .

٣- الأوعية الدموية الرئوية

يخرج الشريان الرئوي من البطين الأيمن وينقسم إلى قسمين يدخل كل منهما إلى رئة ويسير محاذياً للقصبة الهوائية ويتفرع مثل تفرعها حتى ينتهي في محيط الحويصلات الهوائية(الأسناخ) فيشكل حولها شبكة من الأوعية الدموية الشعرية الغزيرة لذا فإن نسيج الحويصلات يحتوي على أكبر إمداد دموي في الجسم ، وينتج عن اجتماع الشعيرات

فروع وريدية تتلاقى فتشكل وريدين في كل رئة وتخرج الأوردة الرئوية الأربعة وتصب في القلب في الأذين الأيسر .



الرئتين والأوعية الدموية الرئوية

عملية التنفس

تتضمن عملية التنفس ما يأتي :-

أولاً:- التنفس الخارجي

يمثل عملية التبادل الغازي بين هواء الحويصلات والدم .

ثانياً:- التنفس الداخلي

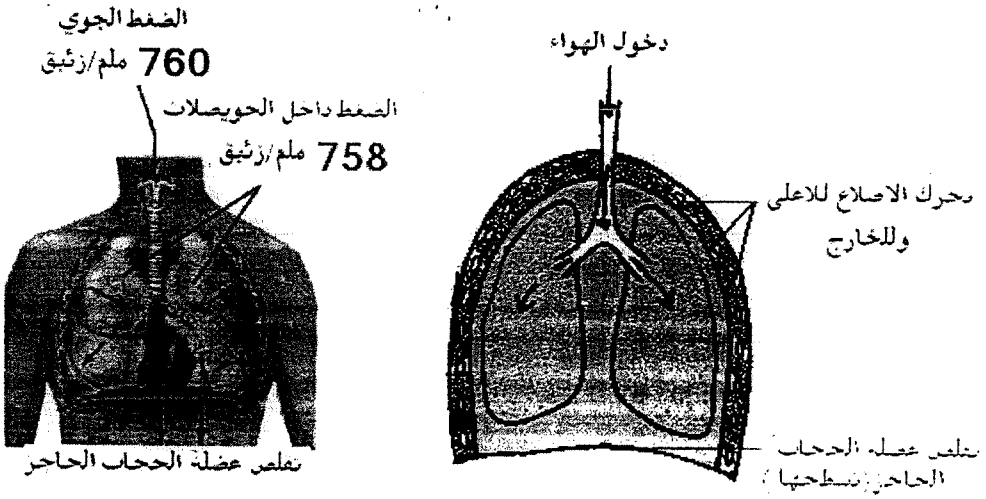
يمثل عملية التبادل الغازي بين الدم وخلايا الجسم .

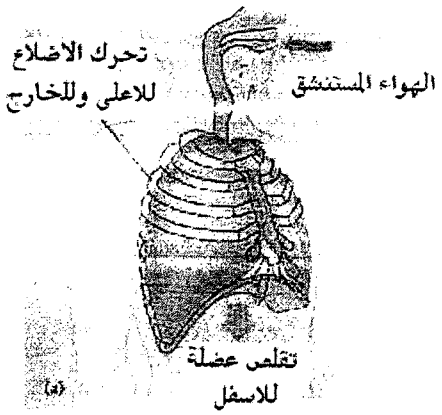
ميكانيكية (آلية) التنفس

تشمل عملية التنفس على عمليتين متعاقبتين هما :

١- عملية الشهيق

إن الشهيق عملية إيجابية ، ففي حالة التنفس الهادئ الطبيعي تتقلص العضلات الخارجية بين الأضلاع مسببة حركة الأضلاع وعظم القص إلى الأعلى وإلى الخارج مؤدية إلى زيادة سعة الصدر من الأمام للخلف وجانباً كما يتقلص الحجاب الحاجز مؤدياً إلى زيادة

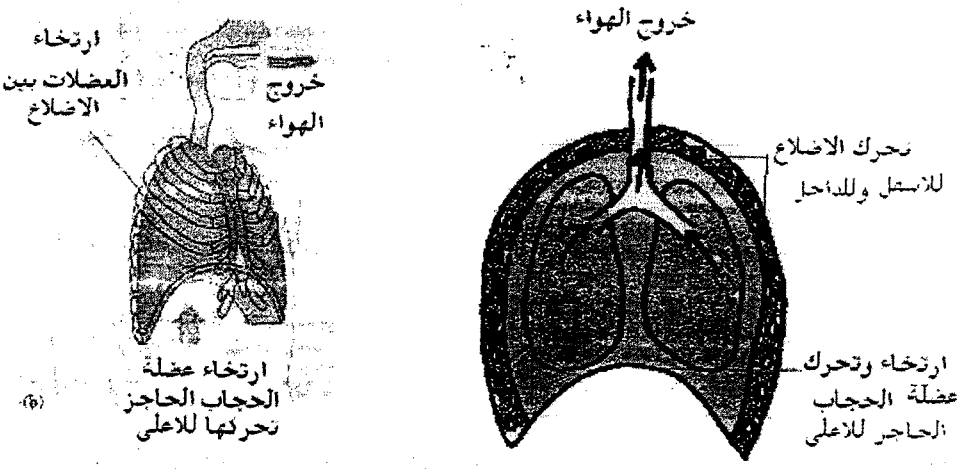




سعة الصدر عمودياً أو طولياً ويؤدي تقلص هذه العضلات وسعة الصدر إلى انخفاض الضغط داخل الجنب من (-٢) إلى (-٦) ملم/زئبق (أي ٧٦٠-٢ ، ٧٦٠-٦) .وتتوسع الرئتان لإشغال التجويف الصدري المتوسع وتؤدي هذه العملية إلى انخفاض الضغط داخل الرئة (يعني داخل الحويصلات) بالمقارنة مع الضغط الجوي ، وبذلك ينتقل الهواء إلى الرئتين ،أما في حالة الشهيق العميق فأن الضغط داخل الجنب قد ينخفض إلى قيمة تتراوح (-٣٠) ملم/زئبق .

٢- عملية الزفير

إن الزفير عملية سلبية تحدث نتيجة لارتخاء العضلات الخارجية بين الأضلاع والحجاب الحاجز مما يؤدي إلى صغر أو قلة حجم التجويف الصدري وبالتالي زيادة الضغط داخل الجنب من (-٦) إلى (-٢) ملم/زئبق ، وكذلك زيادة الضغط داخل الرئة ويؤدي هذا بالنتيجة إلى خروج الهواء من الرئتين ، وفي حالة الزفير ألقسري أو الإجباري فأن العضلات الداخلية بين الأضلاع قد تتقلص بشكل فعال وكذلك العضلات البطنية مؤدية إلى زيادة الضغط داخل البطن والذي يساعد في دفع الحجاب الحاجز إلى الأعلى .



يكون وقت الشهيق أطول من وقت الزفير كما نلاحظ توقف عند نهاية الشهيق ويتراوح معدل التنفس عند الرجل السوي (١٢-١٨) مره/دقيقة ويزداد هذا المعدل في حالات الحرارة والجهد البدني والانفعالات وغيرها من العوامل الأخرى ، ويكون معدل التنفس عند المرأة أكثر لدى النساء مقارنة بالرجال بسبب صغر حجم التجويف الصدري لدى النساء مقارنة بالرجال.

الحجوم والسعات الرئوية

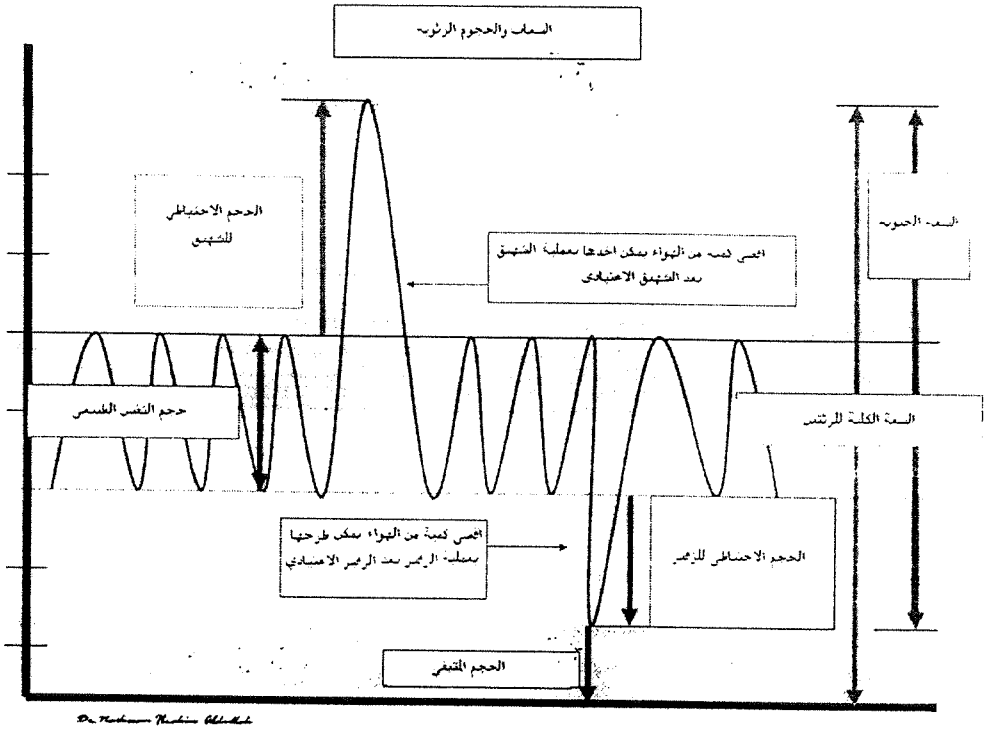
أولا: الحجوم الرئوية

١- حجم النفس الطبيعي (T V)

يمثل حجم الهواء المأخوذ بعملية الشهيق أو الزفير الاعتيادي ويبلغ هذا الحجم (٠,٥) لتر.

٢- الحجم الاحتياطي للشهيق (IRV)

يمثل أقصى كمية من الهواء يمكن أخذها بعملية الشهيق بعد الشهيق الاعتيادي (٢,٥ - ٣,٥) لتر.



٣- الحجم الاحتياطي للزفير (ERV)

يمثل أقصى كمية من الهواء يمكن طرحها بعملية الزفير بعد الزفير الاعتيادي (١ - ١,٥) لتر.

٤- الحجم المتبقي (RV)

يمثل كمية الهواء المتبقية في الرئتين بعد أقصى زفير (١,٢) لتر .

إن الحجوم الرئوية تتغير تبعاً للعمر والجنس وحجم الجسم ولا سيما الطول .

ثانيا:السعات الرئوية

١- السعة الكلية للرئتين (TLC)

تمثل كمية الهواء الموجود في الرئتين بعد أقصى شهيق .

السعة الكلية للرئتين (TIC) = حجم التنفس الطبيعي + الحجم الاحتياطي للزفير + الحجم المتبقي

٢- السعة الحيوية (VC)

تمثل أقصى كمية من الهواء يمكن طرحها بهواء الزفير بعد أقصى شهيق.

السعه الحيوية (VC) = حجم التنفس الطبيعي + الحجم الاحتياطي للزفير + الحجم الاحتياطي للشهيق

٣- السعة المتبقية الوظيفية

تمثل كمية الهواء المتبقية في الرئتين بعد نهاية الزفير الاعتيادي.

السعة المتبقية الوظيفية(FRC) = الحجم الاحتياطي للزفير+ الحجم المتبقي

٤- السعة الشهيقية

تمثل أقصى كمية من الهواء يمكن أخذها بهواء الشهيق بعد زفير اعتيادي.

السعة الشهيقية (IC) = حجم النفس الطبيعي + الحجم الاحتياطي للشهيق

٥- الحيز الميت التنفسي

يمثل الحيز الموجود في الممرات التنفسية والذي يحتوي على الهواء الذي لا يتبادل مع الدم في الأوعية الشعرية الرئوية (١٥٠ مل) .

الضغوط الجزيئية للغازات

إن الضغط الجزيئي لأي غاز هو ذلك الضغط الذي يسلطه هذا الغاز في مزيج من الغازات . يتألف الهواء الجوي من الغازات الآتية (الأوكسجين (O_2) = ٢١% ، ثنائي اوكسيد الكربون (CO_2) = ٠,٠٤% ، النيتروجين (N_2) = ٧٨% ، وبقية الغازات الخاملة = ٠,٩٢%.يتراوح الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر (٧٦٠) ملم /زئبق (١جو). ويمكن حساب الضغط الجزيئي لأي غاز كما يأتي :-

الضغط الجزيئي = الضغط الجوي x النسبة المئوية لذلك الغاز

١٠٠

التبادل الغازي

تتضمن عملية التبادل الغازي نوعين من التبادل إذ يطلق على التبادل الغازات في الرئتين بين هواء الحويصلة والدم بالتبادل الرئوي أما تبادل الغازات بين الدم وخلايا الجسم فيطلق عليه التبادل النسيجي ، ويعتمد التبادل الرئوي والنسيجي على اختلاف الضغوط الجزيئية للأوكسجين ولثنائي اوكسيد الكربون بين هواء الحويصلات الرئوية والدم في الشعيرات الدموية الرئوية في التبادل الرئوي أما في التبادل النسيجي فيعتمد على الضغط الجزيئي لكلا الغازين بين خلايا الجسم والدم في الشعيرات الدموية المحيطة بخلايا الجسم.

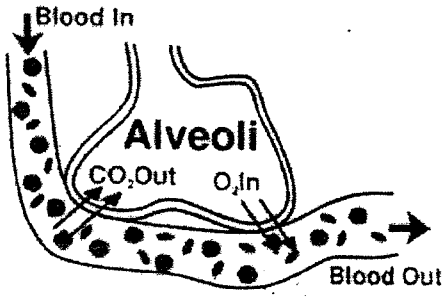
١. التبادل الرئوي (التنفس الخارجي)

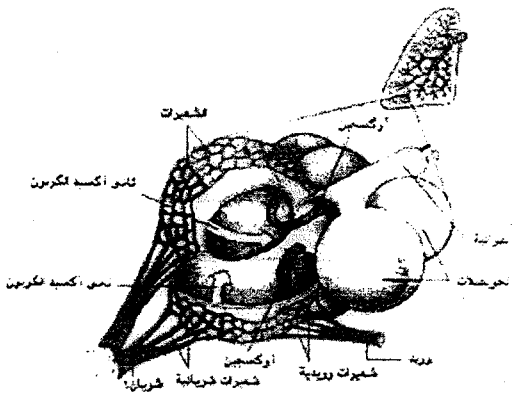
وهي عملية تبادل الغازات التي تتم بين الهواء الذي يملأ تجاويف الحويصلات وبين الدم الذي يجري في شبكة الشعيرات الدموية المحيطة بجدار هذه الحويصلات ، وتتم هذه العملية بواسطة الانتشار خلال غشائيين رقيقين يفصلان هواء الحويصلات عن الدم ، ويوجد بين هذين الغشائيين سائل بيني، ويطلق على الغشائيين والسائل البيني اسم الأغشية التنفسية. تتم عملية التبادل الرئوي عندما ينشأ على جانبي هذين الغشائيين فرق في الضغط الجزيئي لغاز الأوكسجين (PO٢) ثنائي اوكسيد الكربون (PCO٢) ، في هواء الحويصلات ودم الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات وكما يأتي :-

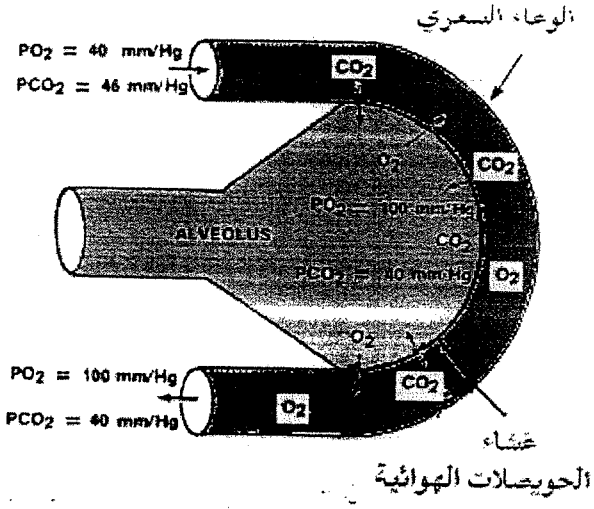
١- يكون الضغط الجزيئي للأوكسجين (PO٢) في هواء الحويصلات (١٠٠) ملم/زئبق ولثنائي اوكسيد الكربون (PCO٢) (٤٠)ملم/زئبق .

٢- يكون الضغط الجزيئي لل(PO٢) في دم الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات(٤٠) ملم/زئبق ولثنائي اوكسيد الكاربون(PCO٢) (٤٦) ملم/زئبق.

وبما أن جزيئات أي غاز تنتشر تبعاً للفرق في ضغطه الجزئي على جانبي الغشاء فأن النتيجة الحتمية هي انتقال الاوكسجين (O٢) من الحويصلات إلى الدم وثنائي اوكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات ، والشكل الأتي يوضح عملية التبادل الغاز بين الدم والحويصلات.

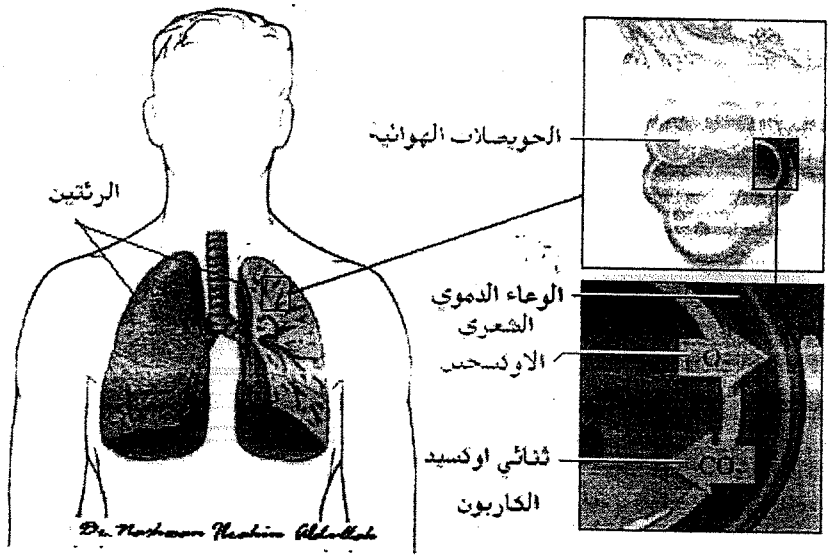






عملية التبادل الغازي بن الدم والحويصلات

وتجدر الإشارة إلى أن أية حالة مرضية تؤدي إلى زيادة السائل البينـــي الموجـــود بـــين الغشائيين (مثل حالة الدم المائي الرئوي) ، أو زيادة في سمك الغشائيين وتحولهمـــا إلـــى نسيج ليفي يمكن أن تؤثر على عملية التبادل الغازي بين الحويصلات والشعيرات الدموية.



٢- التبادل النسيجي (التنفس الداخلي)

وهي عملية تبادل الغازات بين الدم وخلايا الجسم وهي عكس العملية التي تحـــدث فـــي الرئتين ، حيث تكون الضغوط الجزيئية للغازات كما يأتي :-

١- يكون الضغط الجزيئي للأوكسجين (PO_2) في الدم الواصل إلى الشعيرات الدموية المحيطة بخلايا الأنسجة (١٠٤) ملم/زئبق،بينما يكون لثنائي أوكسيد الكربون (PCO_2) (٤٠) ملم/زئبق

٢- يكون الضغط الجزيئي للأوكسجين (PO_2) في خلايا الأنسجة (٤٠) ملم/زئبق ، بينما يكون الضغط الجزيئي لثنائي أوكسيد الكربون (PCO_2) (٤٥) ملم/زئبق ، وتتم عملية تبادل الغازات تبعاً لفرق الضغط بواسطة الانتشار عبر الجدار الرقيق للشعيرات الدموية حيث ينتقل الاوكسجين من الدم إلى الخلايا بينما ينتقل ثنائي اوكسيد الكربون من الخلايا إلى الدم .

العوامل المؤثرة في انتشار الغازات (التبادل الغازي)

هناك خمسة عوامل تؤثر في انتشار الغازات هي كما يأتي :-

١- نضوحية الغشاء التنفسي. ٢- المساحة السطحية.

٣- الضغوط الجزيئية للغازات في الدم والحويصلات.

٤- حجم الدم المعرض للحويصلات الرئوية.

٥- ذوبان الغازات.

تنظيم التنفس

أولاً: السيطرة العصبية على التنفس (الآلية العصبية) .

ثنائياً: السيطرة الكيمياوية على التنفس .

أولاً: السيطرة العصبية على التنفس (الآلية العصبية)

هناك آليتين عصبيتين لتنظيم التنفس هما :

١. الجهاز الإرادي الذي يقع في قشرة المخ حيث يرسل نبضات عصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية التنفسية بواسطة الحزم القشرية الشوكية .

٢. الجهاز الذاتي (المركز التنفسي) يقع في منطقتين في الدماغ الجسر والنخاع المستطيل يتكون المركز التنفسي من مجموعة من الخلايا العصبية الواقعة في الجسر والنخاع المستطيل .

ويتألف المركز التنفسي من أربعة أقسام هم كما يأتي :

أ- **مجموعة الخلايا العصبية الظهرية التنفسية (المركز الشهيقي)**

تقع في النخاع المستطيل ويؤدي تحفيزها إلى إحداث عملية الشهيق فقط .

ب-مجموعة الخلايا العصبية التنفسية البطنية

تقع في النخاع المستطيل ويؤدي تحفيز قسم من هذه الخلايا إلى إحداث عملية الشهيق ، أما تحفيز القسم الأخر فيؤدي إلى إحداث عملية الزفير وتعمل هذه الخلايا في حالات النشاط التي تستلزم مستويات عالية من التهوية الرئوية .

ج- مركز النيوموتاكسك

يقع في منطقة الجسر ويعمل على تثبط فعالية الشهيق إما من خلال مركز الابينوستيك أو من خلال التأثير المباشر على المركز ألشهيقي .

د- مركز الابينوستيك

يقع في منطقة الجسر ويعمل على تحفيز عملية الشهيق ، وتثبط فعالية هذا المركز من خلال مركز النيوموتاكسك .

ثانيا : السيطرة الكيمياوية على التنفس

هناك ثلاث عوامل كيميائية تنظيم التهوية الرئوية هي :

١. الضغط الجزيئي للأوكسجين (PO_2) .

٢. الضغط الجزيئي لثنائي أوكسيد الكربون (PCO_2) .

٣. تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) .

إن تأثير هذه العوامل يتم من خلال نوعين من المستقبلات الكيمياوية وهي كما يأتي :

أ- المستقبلات الكيمياوية المركزية

تقع في السطح البطيني للنخاع المستطيل وتكون عالية الحساسية للتغيرات الحاصلة في ثنائي اوكسيد الكربون (CO_2) في الدم أو تركيز أيونات الهيدروجين (H^+) .

ب-المستقبلات الكيمياوية المحيطية

تتحفز عند انخفاض الضغط الجزيئي للأوكسجين (PO_2) ، حيث تكون أكثر حساسية للتغيرات الحاصلة في (PO_2) وأقل حساسية للتغيرات الحاصلة في (PO_2) وتركيز ايونات الهيدروجين (H^+) ، وتكون من مجموعتين :

١. الأجسام السباتية التي تقع عند منطقة تفرع الشرايين السباتية العامة .

٢. الأجسام الأبهرية التي تقع في القوس الأبهري .

التغيرات الفسلجية الناتجة عن التدريب الرياضي في الجهاز التنفسي

يؤدي التدريب الرياضي وبخاصة تدريبات المطاولة الهوائية إلى حدوث العديد من التكيفات الوظيفية في الجهاز التنفسي وهي كما يأتي :

١. زيادة معظم حجوم الرئة (الحجم الاحتياطي للشهيق والزفير والحجم المتبقي والحجم الكلي للرئتين والسعة الحيوية) .
٢. زيادة كفاءة ومطاولة العضلات التنفسية .
٣. زيادة مساحة سطح التبادل الغازي .
٤. زيادة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين (**Vo٢ max**) .
٥. زيادة التهوية الرئوية القصوى وفعاليتها .

التهوية الرئوية

تمثل كمية الهواء المأخوذة بعملية الشهيق في الدقيقة الواحدة وتسمى أيضاً بتهوية الدقيقة (**Minute Ventilation**) (**VE**) ، وتتراوح التهوية الرئوية في حالة التنفس الهادئ في أثناء الراحة (٦) لتر/دقيقة ، وإن زيادة عمق التنفس أو معدل التنفس أوكلاهما ستؤدي إلى زيادة تهوية الدقيقة (**VE**) ، وفي حالة التمرين المجهد يزداد معدل التنفس في الشخص اليافع إلى (٣٥-٤٥) نفس / دقيقة ، وقد يصل معدل التنفس إلى (٦٠) نفس/دقيقة لدى الذكور و (٧٦) نفس /دقيقة في الإناث في أثناء التمرين القصوى للتزلج الاولمبي السريع ، ويعد وصول حجم النفس الطبيعي إلى (٢) لتر/دقيقة أو أكثر من الأمور المألوفة في أثناء التمرين ، ويمكن حساب التهوية الرئوية كما يأتي :-

التهوية الرئوية = معدل التنفس X حجم النفس الطبيعي

٦ لتر/ الدقيقة = ١٢ مرة/دقيقة X ٥٠٠ مل (٠,٥ لتر)

التهوية الرئوية في أثناء التمرين

إن الفعالية البدنية تؤثر على استهلاك الأوكسجين وتكوين ثنائي أوكسيد الكربون ، ففي أثناء التمرين تنتقل كميات كبيرة من الأوكسجين (O_2) من الحويصلات إلى الدم الوريدي الراجع إلى الرئتين ، كما وأن كميات معينة من ثنائي أوكسيد الكربون (CO_2) تنتقل من الدم إلى الحويصلات ، لذا تزداد التهوية الرئوية للمحافظة على التراكيز المناسبة للغازات في

الحويصلات لمواجهة عمليات التبادل المتزايدة في الأوكسجين (O_2) وثنائي أوكسيد الكربون(CO_2) ففي حالة التمرين الخفيف والمعتدل ذو المعدل الثابت تزداد التهوية بشكل خطي مع استهلاك الأوكسجين (O_2) وتتراوح ما بين (٢٠ و ٢٥) لتر من الهواء لكل لتر من الأوكسجين المستهلك ، وبهذه الطريقة من تنظيم التهوية تحدث تهوية كاملة للدم ، وذلك لبقاء الضغط الجزيئي للأوكسجين (PO_2) ولثنائي أوكسيد الكربون (PO_2) في الحويصلات قرب قيم الراحة. وبشكل عام نجد أن التهوية الرئوية تزداد بزيادة استهلاك الأوكسجين وزيادة إنتاج ثنائي أوكسيد الكربون في الدقيقة الواحدة خلال العمل أو النشاط العضلي .

التغيرات التي تحدث في التهوية الرئوية أثناء التمرين

أولاً: التغيرات في التهوية الرئوية قبل بدء التمرين

تحدث زيادة في التهوية الرئوية ، ولا يكون لهذه الزيادة علاقة بالتمرين ، والسبب المحتمل لهذه الزيادة هي الإشارات الناتجة عن تحفيز القشرة المخية عن توقع الفرد الرياضي لما سيقوم به من عمل عضلي (حالة حمى البداية).

ثانياً: التغيرات في التهوية الرئوية خلال التمرين

هناك تغيران رئيسيات يحدثان في التهوية الرئوية هما ما يأتي :

١. بعد بدء التمرين تحدث زيادة سريعة في التهوية خلال الثواني الأولى من بدء التمرين ومن المحتمل أن تكون هذه الزيادة ناتجة عن الإشارات العصبية التي تنشأ من المستقبلات الموجودة في العضلات والمفاصل نتيجة العمل العضلي .

٢. يتحول الارتفاع السريع في التهوية الرئوية إلى ارتفاع تدريجي بعد استمرار الفعالية الرياضية ، ويأخذ هذا الارتفاع المستوى الأفقي في التمارين التي تمتاز بالشدة شبه القصوى كما في ركض المسافات الطويلة أما في التمارين التي تمتاز بالشدة القصوى فإن ذلك يعتمد على طول المسافة فكلما قصرت المسافة كان الارتفاع التدريجي إلى الأعلى وكلما زادت المسافة فإن الارتفاع التدريجي يتجه باتجاه اليمين أي يكون أكثر أفقية كما في عدو (١٠٠ متر و ٤٠٠ متر) .

ثالثاً: التغيرات في التهوية الرئوية في فترة الراحة (استعادة الشفاء)

يحدث خلال فترة الراحة (استعادة الشفاء) التغيرين الرئيسيين الآتيين :

١. يحدث انخفاض مفاجئ في التهوية الرئوية بعد توقف التمرين مباشرة بسبب توقف الإشارات العصبية القادمة من المستقبلات العضلية والمفصلية .

٢. يحدث انخفاض متدرج بطئ بعد الانخفاض المفاجئ في التهوية الرئوية إلى أن يصل إلى القيمة التي كانت عليها في أثناء الراحة ويكون سبب هذا التغير هو التناقص في المنبهات الكيميائية الناتجة عن تناقص إنتاج ثنائي أوكسيد الكربون باتجاه القيم الطبيعية .

تهوية الحويصلات

وهي حجم الهواء الواصل إلى الحويصلات في الدقيقة الواحدة ، وتكون كمية الهواء الواصلة إلى الحويصلات أقل من التهوية الرئوية بسبب وجود الحيز الميت ، وبالتالي لا يسهم في عملية التبادل الغازي مع الدم ، إن هذا الهواء يملأ الأنف والفم والقصبة الهوائية وبقية أجزاء الجهاز التنفسي ، ويتراوح حجم هذا الهواء في الأشخاص الأصحاء (١٥٠-٢٠٠) مل والذي يؤلف (٣٠%) من حجم النفس الطبيعي في أثناء الراحة. ويمكن حساب تهوية الحويصلات كما يأتي :-

تهوية الحويصلات في الراحة = معدل التنفس x (حجم النفس الطبيعي – حجم الحيز الميت)

= ١٢ مرة / دقيقة X (٥٠٠ مللتر – ١٥٠ مللتر)

= ٤,٢ لتر / دقيقة

يتضح أن تهوية الحويصلات في أثناء الراحة هي بحدود (٤,٢) لتر من الهواء تعمل على تهوية الحويصلات في كل دقيقة ، وفي حالة التمارين الرياضية الخفيفة تبقى نسبة التهوية للحويصلات ثابتة تقريباً ، بينما في حالة التمارين الرياضية المجهدة يلاحظ حدوث زيادة غير متناسبة في تهوية الحويصلات ، وعند قيام الأفراد الأصحاء بمثل هذه التمارين قد تزداد نسبة التهوية كثيراً لضمان تهوية الدم الوريدي الراجع بالشكل المناسب ، ويلاحظ في حالات معينة أن جزءاً من الحويصلات قد لا يعمل بشكل مناسب في عملية التبادل الغازي نتيجة لانخفاض إرواء الدم (الدم المار في الأوعية الدموية الشعرية) أو عدم كفاية التهوية نسبة لحجم الحويصلات.

السوائل الجسمية والدم

أولا: سوائل الجسم

إن جسم الإنسان البالغ يحتوي على (٤٠) لتر من السوائل الجسمية منها (٢٥) لتر توجد داخل خلايا الجسم مؤلفة السائل داخل الخلايا (Intracellular Fluid) يسهم هذا السائل في جميع التفاعلات الكيميائية الداخلية الضرورية للحياة لكونه مذيب للمواد. إما الـ (١٥) لتر الباقية فتكون موجودة خارج الخلايا ويدعى هذا الجزء من السوائل، السوائل خارج الخلايا (Extracellular Fluid) ويمثل هذا السائل المحيط الداخلي للجسم وبذلك فهو يساعد في جميع الوظائف الحيوية لإبقاء بيئة داخلية ثابتة نسبياً للخلايا والمواد الناقلة من الخلايا وإلى داخلها. يوجد حوالي (٣) لتر من السائل خارج الخلايا في الدم على صور بلازما وإما الباقي (١٢) لتر فتوجد خارج الأوعية الدموية بين الخلايا ويطلق عليه اسم السائل البيني (السائل الخلالي) (Interstitial Fluid) إضافة إلى السوائل الخاصة مثل السائل العيني والمفصلي والسائل المخي الشوكي واللمف. إن الماء يكون نسبة تقدر بـ (٤٠%-٦٠%) من وزن الجسم، في حين يؤلف نسبة (٦٥%-٧٥%) من الوزن العضلي، إن محتوى الجسم من الماء يختلف تبعاً للمحتوى الدهني (Fat) في الجسم. فالأشخاص ذوي الأجسام البدينة يمتلكون محتوى مائي اقل من النحفاء. وتمتلك النساء محتوى مائي أقل مما هو عليه في الرجل بسبب النسبة العالية للشحم في أجسامهن. كما يختلف حجم السائل وانتشاره في الجسم أيضا تبعاً للعمر فيقل المحتوى المائي كلما تقدم الإنسان في العمر، كما يكون حجم السائل في خارج الخلايا في الأطفال حديثي الولادة والصغار اكبر مما هو عليه في البالغين.

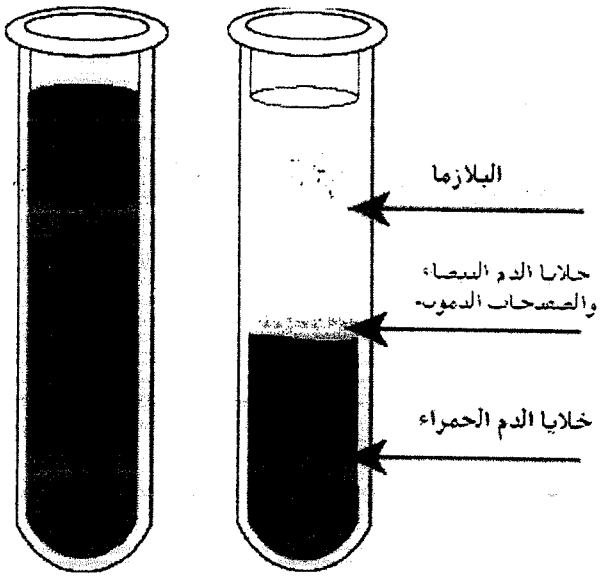
السوائل الجسمية والتمرين

تودي ممارسة التمارين الرياضية التي تتميز بفترة الدوام الطويلة إلى زيادة معدل الايض من(٤) إلى (٢٠) مرة أكثر من معدل الايض في حالة الراحة وينتج عن هذه الزيادة ارتفاع بدرجة حرارة مركز الجسم التي يجب تثبيتها للمحافظة على الاتزان الحراري لبيئة الجسم، وتزداد عملية التثبيت الحراري في حالة التمرين في البيئات الحارة، وينتج عن عملية التثبيت الحراري فقدان كمية كبيرة من ماء الجسم عن طريق عملية التعرق(**Sweating**) وإن عدم تعويض السوائل المفقودة سوف يعرض جسم الرياضي إلى حالة من الجفاف لذا يصبح من الضروري تعويض السوائل والأملاح المفقودة بعملية التعرق لما لحالة الجفاف من

تأثيرات هامة على الوظائف الفسلجية لأجهزة الجسم المختلفة وبالتالي على قابلية الرياضي على أداء التمرين والإنجاز.

ثانياً: الدم

وهو من الأنسجة الرابطة السائلة المعقدة التركيب، يتألف من(٤٥%) عناصر خلوية(خلايا الدم والصفائح الدموية) و(٥٥%) بلازما الدم، ويشكل الدم المحيط الداخلي للجسم والذي يتميز بالثبوتية على الرغم من تبدل المحيط الخارجي، ويتراوح حجم الدم في الأشخاص البالغين مابين(٤،٥-٥،٥) لتر لدى الإناث و(٥-٦) لتر لدى الذكور. يضاف إلى الدم في كل لحظة مواد كثيرة ومختلفة من القناة الهضمية على شكل مواد مهضومة، كما يضاف الأوكسجين(O_2) من الرئتين، وهورمونات وغيرها من المواد، وتزال منه أنواع مختلفة من المواد على شكل فضلات بوساطة الكليتين مع البول أو ثنائي اوكسيد الكاربون(Co_2) بوساطة الرئتين، وعلى الرغم من الإضافة إلية والطرح منه يبقى الدم محافظا على تركيبه ومكوناته وخواصه.



مكونات الدم

١- العناصر الخلوية للدم وتشمل:-

أ- خلايا الدم الحمراء (RBCs)

ب- خلايا الدم البيضاء (WBCs)

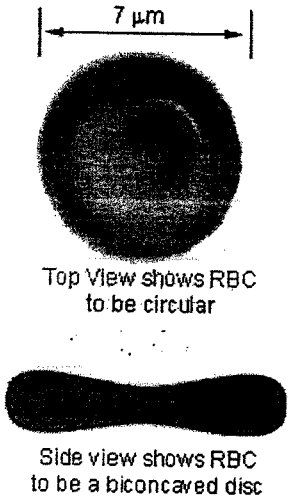
ج- الصفيحات الدموية

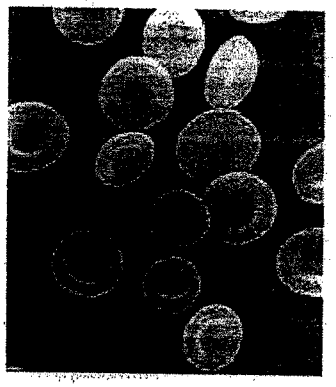
٢- البلازما

خلايا الدم الحمراء (RBCs)

وهي عبارة عن أقراص مقعرة الوجهين يتراوح قطرها(٨،٥) مايكرومتر، ويوفر الشكل المقعر لهذه الخلايا أقصى سطح لتبادل الغازات، وتكون خلية الدم الحمراء الناضجة خالية من النواة والحامض الرايبوزي(RNA) ومعقد كولجي والمايتوكوندريا وبقية العضيات الأخرى.

تتراوح فترة حياة الخلية الحمراء أربعة أشهر أو(١٢٠) يوم،ويختلف عدد خلايا الدم الحمراء بين الذكر والأنثى حيث يبلغ عددها في الذكور(٥) مليون خلية حمراء في كل ملليمتر مكعب من الدم، بينما يبلغ عددها لدى الإناث(٤،٨) مليون خلية حمراء في كل ملليمتر مكعب من الدم ويزيد عدد هذه الخلايا في دم الطفل الحديث الولادة حيث يبلغ(٦) مليون خلية حمراء في كل ملليمتر مكعب من الدم.





وظيفة خلايا الدم الحمراء

إن الوظيفة الرئيسة لخلايا الدم الحمراء هي نقل غازات التنفس فهي تقوم بنقل معظم الأوكسجين من الرئيتين إلى خلايا الجسم، كما تقوم بنقل جزء من ثنائي اوكسيد الكاربون من الأنسجة إلى الرئتين، وتقوم خلايا الدم الحمراء بهذه الوظيفة من خلال أو بسبب احتوائها على صبغة الهيموكلوبين أو(اليحمور) أو (خضاب الدم) (**Hemoglobin**).

الهيموكلوبين

وهي عبارة عن صبغة حمراء ناقلة للأوكسجين. ويتكون الجزء الواحد من الهيموكلوبين من جزء بروتيني يسمى الكلوبين الذي يرتبط بأربعة جزيئات من الهيم المحتوي على الحديد. وتتراوح الكمية الطبيعية للهيموكلوبين لدى الذكور(١٤-١٨)غم/١٠٠ مل من الدم، بينما تتراوح هذه الكمية لدى الإناث(١٢-١٦)غم/١٠٠مل من الدم. وهناك عدة إشكال من الهيموكلبين إلا أن الطبيعي منها شكلان هما: هيموكلوبين الشخص البالغ(**HbA**) والهيموكلوبين الجنيني(**HbF**) ويكون لهذا الشكل من الهيموكلوبين ألفة كبيرة للأوكسجين بالمقارنة مع هيموكلوبين الشخص البالغ.

تكوين(تكون) خلايا الدم الحمراء

يبدأ تكوين جميع خلايا الدم، ومن بينها الخلايا الحمراء قبل أن يرى الإنسان نور الحياة. بل أن تكون الخلايا يبدأ مع تكون الجنين البشري في رحم أمه وعلى النحو الأتي:-

١- تتكون خلايا الدم الحمراء في الأسابيع الأولى من حياة الجنين من خلية تعرف باسم (مولدة خلايا الدم) التي توجد في محفظة أو كيس المح الذي يتغذى منه الجنين.

٢- تتكون خلايا الدم الحمراء في أثناء الثلاث أشهر الوسطية من الحمل من الكبد والطحال.

٣- تتكون خلايا الدم الحمراء في أثناء الشهر الأخير من الحمل وبعد الولادة من نخاع العظم، حيث يقوم نخاع العظم لجميع العظام بتكوين خلايا الدم الحمراء حتى سن(٢٠) سنة وبعد ذلك يقتصر تكوين خلايا الدم الحمراء على نخاع العظم الموجود في بعض العظام كالجمجمة والفقرات وعظم القص والأضلاع وعظام الحوض ويعود سبب ذلك إلى أن نخاع العظام الطويلة يصبح دهنيا ولا يكون خلايا دم الحمراء بعد سن(٢٠) سنة.إن نخاع العظام يستمر في تكوين خلايا الدم الحمراء إلى أخر عمر الإنسان وإن كان النشاط الإنتاجي يتناقص مع التقدم في العمر. وتجدر الإشارة إلى أن الخلية الحمراء الناضجة تنشأ في نخاع العظم من خلية تدعى الخلية الجذعية المزنشيمية.

تنظيم تكوين خلايا الدم الحمراء

إن تكوين خلايا الدم الحمراء في نخاع العظم يخضع لتأثير هرمون الايرثروبويتين(**Erythropoietin**) الذي يقوم بتنظيم تكوين خلايا الدم الحمراء. ويعرف الأيرثروبويتين بأنه عبارة عن هرمون كلايكوبروتيني يقوم بتنظيم تكوين خلايا الدم الحمراء ويفرز بشكل رئيسي من الكلية. والسؤال كيف يقوم هذا الهرمون بعملية تنظيم تكوين خلايا الدم الحمراء؟ يؤدي نقص الأوكسجين في الأنسجة إلى تحفيز تكون هذا الهرمون من الكلية، يقوم هذا الهرمون بعد إفرازه بالتأثير على الخلايا الجذعية المزنشيمية الموجودة في نخاع العظم مؤديا إلى تخصصها لتكوين خلايا الدم الحمراء.

تحطم خلايا الدم الحمراء

تتحطم خلايا الدم الحمراء المسنة لاسيما في الكبد والطحال بواسطة البلعميات الكبيرة،حيث يتجزأ الهيموكلوبين في هذه العملية إلى الهيم والكلوبين ثم يتجزأ الهيم إلى الحديد ومادة تعرف بالبيليفيردين والتي يتحول معظمها إلى مادة البيليروبين التي يتم طرحها في الصفراء،أما الحديد فيعاد استعماله لصنع هيموكلوبين جديد.

خلايا الدم البيضاء (WBCs)

وهي خلايا صغيرة تحتوي على نواة ولا تحتوي على صبغة الهيموكلوبين لذلك تبدو شفافة وبيضاء اللون وهي أقل وفرة وأكبر من خلايا الدم الحمراء. توجد في الدم والسائل اللمفاوي وتتحرك حركة اميبية تعمل على التهام الميكروبات. يتراوح عددها مابين (٤٠٠٠-١٠،٠٠٠)

خلية بيضاء لكل ملليمتر من الدم. وتقوم خلايا الدم البيضاء بوظيفة الدفاع عن الجسم من خلال عملية البلعمة للأجسام الغريبة ومن خلال استجابات مناعية متخصصة. وهناك نوعين من خلايا الدم البيضاء هما كما يأتي:-

أولاً: الخلايا البيضاء الحبيبية

تتميز هذه الخلايا باحتواء سايتوبلازمها على حبيبيات خاصة، وتكون متماثلة في الحجم ويتم التفريق بين أنواعها الثلاثة من خلال قابليتها للصبغ ودرجة تحببها ومظهر نواتها وهذه الأنواع هي كما يأتي:-

١- الخلايا العدلة(النتروفيل)

وهي خلايا بلعمية نشطة وتشكل أغلب خلايا الدم البيضاء في الإنسان حيث تتراوح نسبتها(٥٠%-٧٠%) من خلايا الدم البيضاء. ومن اهم وظائفها ما يأتي:-

أ- تمثل الخط الدفاعي الأول ضد الجراثيم.

ب-تقوم بإزالة المخلفات الخلوية.

٢- الخلايا الحمضة(الايزينوفيل)

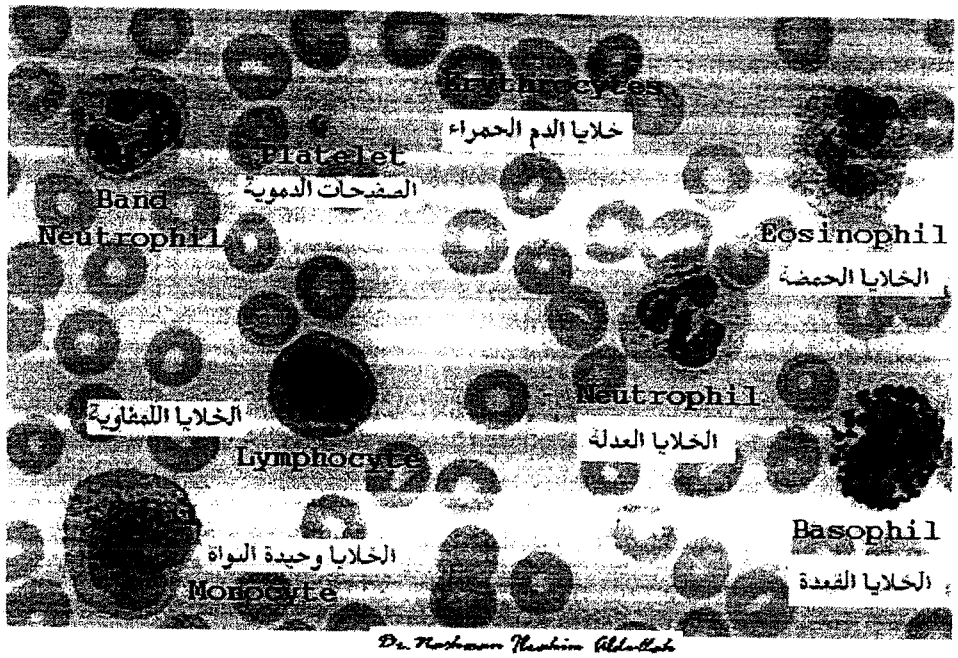
وهي خلايا بلعمية متحركة تحتوي على حبيبات ساتوبلازمية تحتوي على إنزيمات حالة وعلى بروتين يدعى البروتين الأساسي الذي يقضي على تأثير الهيبارين، وتشكل (١%-٤%) من

مجموع العدد الكلي لخلايا الدم البيضاء، ويبقى هذا النوع من الخلايا في الدورة الدموية فترة أطول من خلايا النتروفيل،لكنها اقل كفاءة منها في عملية البلعمة.

ومن أهم وظائف هذا النوع من الخلايا ما يأتي:

ا- مهاجمة الطفيليات وقتلها.

ب- تساهم في حالات الحساسية وتحطم وتلتهم معقدات المستضد والجسم المضاد.



انواع خلايا الدم البيضاء

٣- **الخلايا القعدة (الباسوفيل)**

وهي خلايا حبيبية غير بلعمية تؤدي وظيفتها من خلال إطلاق النشاط الدوائي من الحبيبات السايتوبلازمية التي تحتوي على الهيبارين والهستامين وتشكل نسبة (صفر_١%) من المجموع الكلي لخلايا الدم البيضاء.ومن أهم وظائفها ما يأتي:

ا- تقوم بتحرير الهيبارين الذي يعمل على منع تخثر الدم.

ب- تقوم بتحرير الهستامين الذي يعمل عى توسيع الاوعية الشعرية الدموية.

ثانياً:الخلايا البيضاء اللاحبيبية

تتميز هذه الخلايا بعدم احتواء سايتوبلازمها على حبيبات خاصة وتشمل ما يأتي:

١- **الخلايا اللمفاوية (اللمفوسايت)**

وهي خلايا بيضاء لا حبيبية تكون نواتها مدورة وقليلة السايتوبلازم،وهي خلايا التأثير الرئيسة للجهاز المناعي.وتكون على نوعين: الخلايا اللمفاوية(**T Cells**) والخلايا اللمفاوية(B Cells) وتنقسم الخلايا اللمفاوية (T) إلى الأنواع التالية:-

ا- الخلايا اللمفاوية (T) المساعدة.

ب- الخلايا اللمفاوية (T) المثبطة.

جـ- الخلايا اللمفاوية (T) السامة والقاتلة.

د- الخلايا اللمفاوية (T) الذاكرة.

وفي حين تقسم الخلايا (B) إلى ما يأتي:-

ا-الخلايا اللمفاوية (B) المتخصصة لتكوين خلايا البلازما.

ب-الخلايا اللمفاوية (B) الذاكرة.

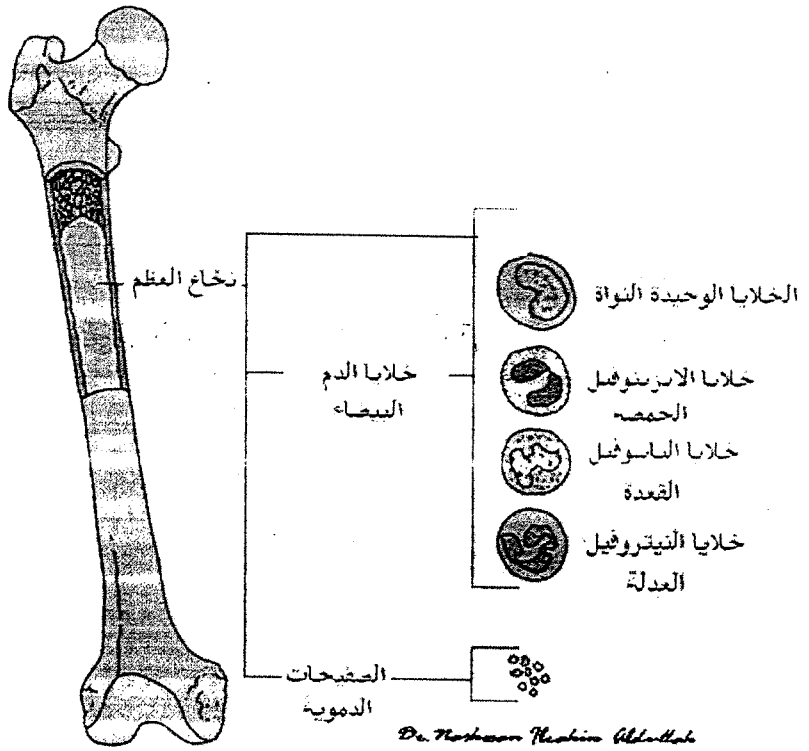
أن وظيفة الخلايا اللمفاوية (T) هي تحطيم الخلايا الجسمية المصابة بالفايروسات والخلايا السرطانية،وتكون مسؤولة عن رفض الأجزاء المزروعة في الجسم أما وظيفة الخلايا اللمقاومة (B) فهي تقوم بتكوين الأجسام المضادة في الدم.

٢- الخلايا وحيدة النواة (المونوسايت)

وهي خلايا بلعمية تكون نواتها دائرية وهي أكبر خلايا الدم البيضاء وتشكل نسبة (٤%-٨%) من المجموع الكلي لخلايا الدم البيضاء.ووظيفة هذه الخلايا هي تحطيم الفايروسات وبقية العوامل التي تؤذي الجسم.

تكوين خلايا الدم البيضاء

تتكون الخلايا العدلة والحمضة والقعدة والخلايا وحيدة النواة في نخاع العظم،



أما الخلايا اللمفاوية فتتكون في الأعضاء اللمفاوية مثل العقد اللمفاوية والطحال والتوثة (الغدة الزعترية) واللوزتين.

فترة حياة خلايا الدم البيضاء

١- تتراوح فترة حياة خلايا الدم البيضاء الحبيبية بعد تحررها من نخاع العظم (٤-٨) ساعات في الدم ومن (٤-٥) أيام في الأنسجة.وأن هذه الفترة تقتصر إلى بضع ساعات في حالة الإصابة الشديدة للأنسجة وذلك لقيامها بوظيفتها في موقع الإصابة ثم تحطمها.

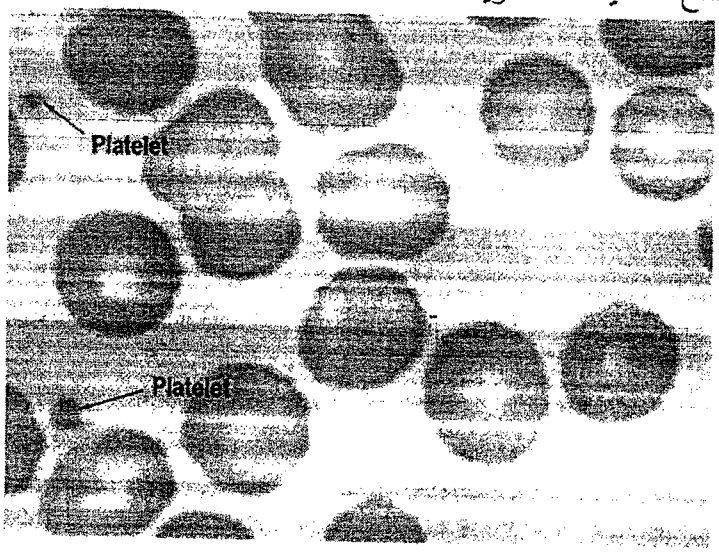
٢- تكون فترة بقاء الخلايا الوحيدة النواة قصيرة في الدم إذ تتراوح ما بين (١٠-٢٠) ساعة تنتقل بعدها إلى الأنسجة حيث تنتفخ ويكبر حجمها وتصبح بشكل بلعميات نسيجية كبيرة،تبقى هذه البلعميات لأشهر وحتى لسنوات ما لم تتحطم نتيجة لقيامها بوظيفتها البلعمية.

٣- تتراوح فترة حياة الخلايا اللمفاوية لأسابيع أو أشهر وحتى لسنوات حيث تعتمد فترة حياتها على حاجة الجسم لهذه الخلايا.

الصفيحات الدموية

وهي عبارة عن أقراص بيضوية أو دائرية (وهي ليست خلايا حقيقية) يتراوح قطرها (٢-٤) مايكرومتر وتكون خالية من النواة وتتكون في نخاع العظم من خلايا تدعى خلايا النواء الكبيرة.يتراوح عدد الصفيحات الدموية في الدم ما بين (١٥٠٠٠-٣٥٠٠٠) صفيحة

دموية لكل مايكرولتر من الدم، وظيفتها تلعب دورا مهما في عملية تخثر الـــدم.والـــشكل الأتي يوضح الصفيحات الدموية.



الصفيحات الدموية

البلازما

وهي الجزء السائل من الدم يميل إلى الاصفرار ويتألف من جميع المكونـــات باســـتثناء خلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفيحات الدموية، وتتألف البلازما من مـــواد عـــضوية وغير عضوية ذائبة في الماء وتحتوي على بروتينات تشمل كل من الألبومين (الـــزلال) والكلوبيولين والفايبرينوجين. وتشكل حوالي (٥٥%) من حجم الـــدم.ويعـــرف المـــصل (Serum) بأنه عبارة عن بلازما أزيل منها بروتين (الفايبرينوجين) وعدد مـــن عوامـــل التخثر.

وظائف بروتينات البلازما

١- سحب الماء إلى الدم وذلك من خلال الضغط الاوزموزي الذي تسلطه عبر جدار الوعاء الشعري.

٢- تساعد في المحافظة على ضغط الدم الطبيعي في خلايا إسهامها في لزوجة الدم.

٣- تساعد في تنظيم التوازن ألحامضي _ القاعدي.

٤- توفير الأجسام المضادة من خلال الكلوبولينات كاما.

٥- تقوم بنقل المواد الغذائية مثل الكالسيوم والدهون والحديد الفيتامينات وكذلك نقل الهرمونات مثل هرمون الثايروكسين وكذلك الإنزيمات والعقاقير والبيليروبين.

وظائف الدم

يقوم الدم بالوظائف الآتية:-

١- وظيفة النقل حيث يقوم الدم بنقل المواد الآتية:

أ- نقل المواد الغذائية المهضومة والممتصة من القناة الهضمية.

ب-نقل الأوكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم.

جـ- نقل الفضلات مثل ثاني اوكسيد الكاربون واليوريا وحامض اليوريك إلى أعضاء الإبراز (الكلية بشكل رئيسي).

د- نقل المعادن والإنزيمات والفيتامينات والهرمونات.

هـ- نقل الحرارة من الأنسجة الأكثر فعالية إلى الأنسجة الأقل فعالية أو إلى الجلد والرئتين والتخلص منها.

و- نقل الماء الزائد عن حاجة الجسم إلى أعضاء الإبراز.

٢- الدفاع عن الجسم ضد الإصابات من خلال تكوين وتحرير الأجسام المضادة والإنزيمات ومواد أخرى وكذلك من خلال عملية البلعمة.

٣- تنظيم الأس الهايدروجيني (PH) وذلك من خلال التنظيم الكيماوي للحوامض والقواعد وكذلك من خلال نقل المواد الحامضية والقاعدية إلى أعضاء الإبراز.

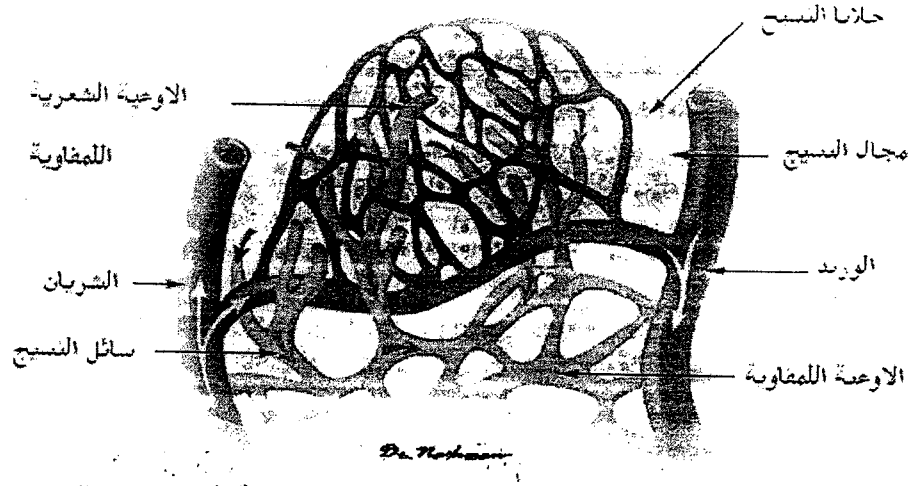
تخثر الدم

تعرف بأنها العملية التي يتم بواسطتها تحويل الدم من حالة سائلة إلى حلة شبه صلبة من خلال تكوين الخثرة وهي رد فعل هام ضد النزف.

اللمف

وهو عبارة عن سائل مائي يشبه الدم إلا انه يختلف عنه بعدم احتوائه على خلايا الدم الحمراء ولهذا فهو عديم اللون وشفاف تقريبا ويحتوي اللمف على خلايا بيضاء معظمها خلايا لمفية وعدد قليل منها خلايا دم بيضاء حبيبية , ويتراوح عدد الخلايا اللمفية من(١٠٠٠ الى ٢٠٠٠٠) في المليمتر المكعب الواحد ويشبه اللمف بلازما الدم في التركيب حيث يحتوي على معظم مكوناته لكن بتراكيز مختلفة حيث يكون تركيزها في اللمف (٤،٩%) في حين يكون تركيزها في بلازما الدم (٧%) ويكون اللمف قادر على التجلط(التخثر) وذلك لاحتوائه على بروتين الفايبرينوجين, غير أن الجلطة المتكونة تكون عديمة اللون لعدم احتواء اللمف على الخلايا الحمراء. **من أين ينشأ اللمف ؟** ينشأ اللمف من الدم ويعود في النهاية إلى الدم, حيث تقوم الأوعية الشعرية اللمفاوية بأخذ السوائل المنتشرة من الأوعية الدموية الشعرية والتي لم يعاد امتصاصها مرة أخرى, وحالما يدخل السائل النسيجي إلى الأوعية اللمفاوية يطلق عليه اللمف وترتبط الأوعية الشعرية اللمفاوية مع بعضها لتكوين الأوعية اللمفاوية التي تندمج قبل دخولها إلى إحدى القناتين (القناة الصدرية والقناة اللمفاوية اليمنى) حيث تكون القناة اللمفاوية الصدرية اكبر من القناة اللمفاوية اليمنى وتكون القناة اللمفاوية الصدرية المسؤولة عن نقل

اللمف القادم من الأطراف السفلى والبطن والذراع الأيسر والجانب الأيسر من الرأس والعنق وتدخل القناة



الأوعية اللمفاوية والأوعية الشعرية اللمفاوية في نسيج الجسم

الصدرية إلى منطقة الوريد تحت الترقوي الأيمن،ويقع هذان الوريدان في منطقة الكتف بعدها يرتبطان مع الوريد الأجوف العلوي الذي يصب في القلب ويدور اللمف باتجاه واحد فقط فهو يبدأ بالشعيرات اللمفية ثم ينتقل إلى الأوعية اللمفية الصغيرة منها ثم الكبيرة وأخيرا يتجمع في القناتين اللمفيتين الكبيرتين (القناة الصدرية والقناة اللمفاوية اليمنى) اللتان تصبان محتواهما من اللمف في الجهاز الوريدي للدم. ويطلق على هذه الأحداث مصطلح دوران اللمف. وهكذا نرى أن مصير اللمف هو أن يعود في النهاية إلى الدم. ويزداد نشاط المضخة اللمفية عند القيام بأي نشاط عضلي وبالعكس يقل نشاطها عند الراحة ولهذا تزيد سرعة جريان اللمف عند القيام بنشاط عضلي وقد تصل إلى عشرة أمثال المعدل الطبيعي وقد يكون ارتفاع ضغط النسيج هو المسؤل إلى حد كبير عن زيادة سرعة جريان اللمف عند القيام بنشاط عضلي.

كيف يتحرك اللمف داخل الجهاز اللمفي

يتحرك اللمف داخل الجهاز اللمفي نتيجة لما يأتي:-

١- نتيجة الضغط الواقع على الوعاء اللمفي من أي مصدر كان فان اللمف ينعصر في كلا الاتجاهين ولكنه يتحرك باتجاه واحد فقط بسبب وجود الصمامات.

٢- نتيجة انقباض العضلات التي تولد ضغطا على الأوعية اللمفاوية في الأنسجة المحيطة بالعضلات.

٣- يتولد أيضا الضغط على الأوعية اللمفاوية بمجرد الضغط على الجلد من الخارج أو أي حركة للإطراف أو الأنسجة, الأمر الذي يودي إلى تحرك اللمف ودفعه باتجاه نقطة دخوله في الدورة الدموية.

٤- نتيجة الضغط السالب في القفص الصدري وزيادة حجم هذا القفص في أثناء عملية الشهيق حيث تؤديان إلى توسيع القناة اللمفية الصدرية وبالتالي سهولة دخول اللمف من الأوعية اللمفاوية.

٥- نتيجة للضغط السائل البيني أو ضغط النسيج حيث كلما زاد هذا الضغط عن الحد الطبيعي زاد اندفاع السائل البيني في الشعيرات اللمفية وبالتالي زادت سرعة جريان اللمف.

تأثير التدريب على حجم الدم وخلايا الدم الحمراء

تؤدي تدريبات المطاولة إلى زيادة حجم الدم حيث تتراوح الزيادة ما بين (٢٠%-٢٥%) لدى الذكور والإناث وفي كل الأعمار. ويزداد حجم البلازما في الأسبوع الثاني إلى الرابع من التدريب ويعتقد أنه السبب في زيادة حجم الدم. إلا أن الزيادة في حجم الدم يبدو أنها لا تكون على حساب زيادة حجم البلازما فقط وإنما أيضا على حساب الزيادة في عدد خلايا الدم الحمراء. غير أن زيادة حجم البلازما هو المساهم الأكبر في زيادة حجم الدم مقارنة بزيادة عدد خلايا الدم الحمراء.وتجدر الإشارة إلى أن زيادة حجم البلازما وعدد خلايا الدم الحمراء لا تكون تناسبية ويعتقد أن سبب زيادة حجم البلازما يعود إلى الزيادة في الهرمون المضاد للابالة والالدوستيرون اللذان يزيدان من احتباس السوائل من خلال آلية أعادة امتصاص السوائل بواسطة الكليتين إضافة إلى أن التمرين يسبب زيادة في بروتينات البلازما كالألبومين والتي بدورها تؤدي إلى زيادة السحب الاوزموزي وبالتالي الاحتفاظ بالسوائل في الدم. أن زيادة حجم البلازما نتيجة التدريب الرياضي يقود إلى احدث انخفاض طفيف جدا في النسبة المئوية لخلايا الدم الحمراء إلى حجم الدم (نسبة خلايا الدم الحمراء لكل ١٠٠ مل من الدم) وان زيادة النسبة المئوية لخلايا الدم الحمراء تكون خطرة لأنها تسبب زيادة لزوجة الدم لذا فان انخفاضها سوف يؤدي إلى انخفاض لزوجة الدم وكذلك إلى سهولة جريان الدم في الدورة الدموية. ويبدو أن انخفاض النسبة المئوية لخلايا الدم الحمراء لا تتسبب في إنخفاض تركيز الهيموكلوبين لأننا في الحقيقة نجد أن تركيز الهيموكلوبين لدى رياضيي المطاولة يكون أعلى من المستويات الطبيعية وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة سعة نقل الأوكسجين لتلبية حاجة العضلات العاملة في أثناء التمرين. ومن الجدير بالملاحظة أن التكيف في حجم الدم والذي يتم اكتسابه بعد جرعات تدريبية قليلة فقط يتراجع أو يرتد بسرعة في حالة الانقطاع عن تدريبات المطاولة.

خلايا الدم البيضاء والتمرين

يمكن تحديد استجابات وتكيفات خلايا الدم البيضاء للأنواع المختلفة من التمارين الرياضية.إذا تؤدي التمرينات البدنية إلى إحداث تغيرات عميقة في أعداد وتوزيع خلايا

الدم البيضاء وتوزيعها إلى أكثر من أربعة مرات مقارنة بوضع الراحة. وترتبط هذه الزيادة بشدة التمرين أو الجهد البدني وفترة دوامه (استمراره) ومستوى اللياقة البدنية للفرد. وتتشابه استجابات خلايا الدم البيضاء للجهد أو التمرين البدني بين الرياضيين من الرجال والنساء. وتختلف استجابات خلايا الدم البيضاء تبعا لشدة التمرين أو الجهد البدني وفترة دوامه واستمراره. إذا تكون الزيادة الناتجة في خلايا الدم البيضاء المحببة في أعلى مستوياتها نتيجة التمرينات التي تتميز بالشدة المرتفعة وتستمر لفترة طويلة. في حين يكون تمرين المطاولة العالي الشدة مصحوبا بزيادة العدد الكلي لخلايا الدم البيضاء بعد انتهاء التمرين مباشرة وبحدود (٥٠%-١٠٠%) ويكون للتمرين العالي الشدة ولفترة قصيرة تأثير على زيادة خلايا الدم البيضاء تستمر لمدة (٣٠) دقيقة تقريبا. ويكون للتمرين أو الجهد البدني المتوسط الشدة تأثيرات ايجابية في خلايا الدم البيضاء إضافة إلى زيادة القابلية الوظيفية لها. إذا ينتج عنه مقدار وافر من الزيادة قد تصل إلى مرتين ونصف بعد تمرين المطاولة المتوسط الشدة وان السبب الرئيسي لهذه الزيادة هو نتيجة لزيادة خلايا النيتروفيل , إضافة إلى أن هذا النوع من التمرين أو الجهد يزيد من القابلية الوظيفية لخلايا الدم البيضاء وخاصة قابلية القتل لخلايا النيتروفيل والبلعميات الكبيرة إضافة إلى زيادة تعبئة خلايا النيتروفيل التي ينتج عنها تعزيز النشاطات البلعمية ولم يلحظ أي تغير في خلايا الدم البيضاء بعد التمرينات القصير والمنخفضة الشدة.إن لنوع الانقباض العضلي تأثيرا على خلايا الدم البيضاء إذا يكون عدد خلايا الدم البيضاء أعلى بعد التدريبات البدنية بالانقباضات العضلية اللامركزية. إذا ظهر أن الخلايا اللمفاوية (T) والخلايا وحيدة النواة (المونوسايت) تتمركز في الألياف العضلية الهيكلية أثناء الانقباضات العضلية اللامركزية. أ، الزيادة من خلايا الدم البيضاء نتيجة التمرين (الجهد) البدني قد تستمر بالارتفاع حتى بعد التوقف عن التمرين وأحيانا تبقى مرتفعة إلى أكثر من (٢٤) ساعة بعد أداء التمارين الرياضية والتدريبات البدنية وتختلف سرعة عودة خلايا الدم البيضاء إلى مستوى الراحة بعد التمرين البدني وفقا لفترة دوامه (استمراره) إذا تكون سرعة عودتها بعد التمارين التي تستمر لفترة طويلة أبطأ مقارنة بسرعة عودتها بعد التمارين التي تستمر لفترة قصيرة وهناك بعض الآراء التي ترى أن التغيرات التي تحدث في خلايا الدم البيضاء خاصة في الخلايا اللمفاوية هي نتيجة للتغير في توزيع الخلايا وليس إنتاج خلايا جديدة. وعلى أية حال تعد التغيرات الأنفة الذكر في خلايا الدم البيضاء نتيجة الجهد البدني هي تغيرات مؤقتة تعود إلى مستوياتها خلال (٢٤) ساعة أو أكثر. وأخيرا لم تؤدي برامج التدريب القصيرة المدى باستخدام التمرينات والانقباضات العضلية القصوى إلى أي تغير يذكر في زيادة خلايا الدم البيضاء لدى الأفراد الغير متدربين.

التوازن ألحامضي القاعدي

يعد التوازن ألحامضي- القاعدي واحداً من آليات التنظيم الداخلي المهمة ويشير هذا الاصطلاح إلى تنظيم تركيز ايونات الهيدروجين في المحلول. ويمكن تعريف الأس الهيدروجيني (PH) بأنه اللوغاريتم السالب لتركيز أيونات الهيدروجين فكلما تزداد أيونات الهيدروجين ينخفض الأس الهيدروجيني (PH) ويصبح المحلول أكثر حامضية.وتدعى المواد التي تتفكك وتحرر ايونات الهيدروجين (H^+) باسم الحوامض، إما المركب الذي يمكن أن يأخذ ايون هيدروجين (H^+) فيدعى بالقاعدة, ويشير مصطلح الدرء أو التنظيم إلى التفاعلات التي تقلل من التغيرات الحاصلة في تركيز ايون الهيدروجين، أما المواد الكيمياوية التي تسهم في منع هذه التغيرات فتدعى بالدارئات أو المنظمات (Buffers)، ولابد من تنظيم التوازن ألحامضي- القاعدي للسوائل الجسمية ضمن حدود ضيقة وذلك للحساسية العالية لعمليات الايض لتركيز ايون الهيدروجين. وتتراوح قيمة (PH) الدم أو قيمة الأس الهيدروجيني (٧,٤)، وان زيادة الأس الهيدروجيني فوق (٧,٤) يدعى بالقلاء (Alkalosis) ويكون ذلك نتيجة لانخفاض تركيز ايونات الهيدروجين، إما زيادة تركيز ايونات الهيدروجين فتؤدي إلى حالة تدعى بالحماض (Acidosis).ويتألف نظام الدارئ من حامض ضعيف ومن ملح ذلك الحامض، فمثلاً دارئ البيكاربونات يتألف من حامض ضعيف (حامض الكاربونيك) أما ملح ذلك الحامض هو (بيكاربونات الصوديوم).

آليات تنظيم التوازن ألحامضي- القاعدي

توجد آليات لتنظيم التوازن ألحامضي- القاعدي في الجسم وهي كما يأتي:

أولاً: الدارئات الكيمياوية

وتتضمن دارئات البيكاربونات والفوسفات والبروتينات وتمثل الخط الأول في المحافظة على التوازن ألحامضي- القاعدي للبيئة الداخلية للجسم.

ثانياً: الدارئات الفسلجية

وتتضمن التهوية الرئوية ودور الكلية والدم.وهي كما يأتي :

١. دور الدم في تنظيم التوازن ألحامضي- القاعدي

يحتوي الدم على الأزواج الدارئة مثل البيكاربونات وبروتين البلازما والهيموكلوبين والفوسفات الدارئة. حيث تتفاعل هذه المواد مع حامض قوي لتستبدله بحامض ضعيف نسبياً، وتتفاعل مع قاعدة قوية لتستبدلها بقاعدة ضعيفة نسبياً وعلى هذا الأساس يتذبذب (PH) الدم وبذلك تحافظ المواد الدارئة على عدم حدوث تغيرات كبيرة في (PH) الدم.

٢- دور عملية التنفس في تنظيم التوازن ألحامضي- القاعدي

عند حدوث زيادة في تركيز ايونات الهيدروجين (H^+) في السوائل خارج الخلايا والبلازما فإنها ستؤثر مباشرة على المركز التنفسي حيث تحفزه مسببة زيادة في تهوية الحويصلات، حيث يؤدي هذا التغير إلى خفض الضغط الجزئي لثنائي اوكسيد الكربون (PCO_2) في الحويصلات وبالتالي التخلص من ثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2) من الدم، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض (CO_2) في البلازما وبالتالي تسهيل ارتباط ايون الهيدروجين مع ايون البيكاربونات ونتيجة لذلك ينخفض تركيز ايونات الهيدروجين في البلازما.

٣- دور الكلية في تنظيم التوازن ألحامضي- القاعدي

تلعب الكلية دوراً حيوياً ومهماً في تنظيم التوازن ألحامضي- القاعدي، حيث يعد طرح ايونات الهيدروجين بواسطة الكلية ذو أهمية كبيرة بالرغم من أن هذه الآلية تستغرق وقتاً أطول بالمقارنة مع دور الدارئات الكيمياوية والتهوية الرئوية (التنفس) ويتلخص دور الكلية فيما يأتي:

يمكن السيطرة على الحموضة من خلال سلسلة من التفاعلات الكيمياوية المعقدة في خلايا الانيبيات الكلوية والمتضمنة حدوث تغيرات في كميات الامونيا وأيونات الهيدروجين المطروحة في البول وكميات القاعدة والكلوريد البيكاربونات الممتصة.

تأثيرات التمرين والتدريب في تنظيم الأس الهيدروجيني (PH)

يصبح تنظيم الأس الهيدروجيني أكثر صعوبة في حالة التمارين التي تتميز بالشدة العالية والتي تحدث فيها زيادة في تركيز أيونات الهيدروجين وتكوين حامض أللبنيك ، ويلاحظ بشكل عام وجود علاقة خطية بين حامض أللبنيك في الدم والأس الهيدروجيني للدم (PH) في حالة الراحة وفي المستويات المختلفة من التمرين.وعند وصول (PH) إلى (٧) يعاني العديد من الأفراد من حالة الغثيان والصداع والدوخة مع ألم في مجموعة العضلات العاملة في التمرين وذلك نتيجة لزيادة تراكم حامض أللبنيك فيها في أثناء التمرين العالي الشدة سواء أكان هذا التمرين ركض أو ركوب دراجات أو سباحة. وأن ارتفاع هذا الحامض في العضلات العاملة يؤدي إلى انخفاض قيمة (PH) فيها وهذا هو السبب وراء التعب الموضعي والشعور بالألم في العضلات العاملة. وتؤدي البرامج التدريبية المعدة لتطوير نظام الطاقة اللاهوائي إلى تحسين قابلية التنظيم أو الدرء في العضلة، حيث تتكيف العضلة وتزداد قابليتها على تحمل تراكيز عالية من حامض أللبنيك. إذ أن الدارئات كالبيكاربونات وفوسفات العضلة ترتبط بأيونات الهيدروجين(H^+) المتزايدة من حامض أللبنيك من أجل المحافظة على التوازن ألحامضي- القاعدي ضمن بيئة العضلات العاملة وبالتالي تمنع عملية الدرء هذه من حدوث الألم و التعب العضلي الموضعي وكذلك تمكن الرياضي من التدريب مع وجود تراكيز عالية

من حامض أللبنيك في العضلات العاملة. وقد وجد أن التغيرات في قابلية الدرء تـزداد بعـد الانضمام لبرنامج تدريبي للتمارين التي تتميز بالشدة العالية لمدة (٨) أسابيع علـى الدراجـة الثابتة.

الجهاز القلبي الوعائي

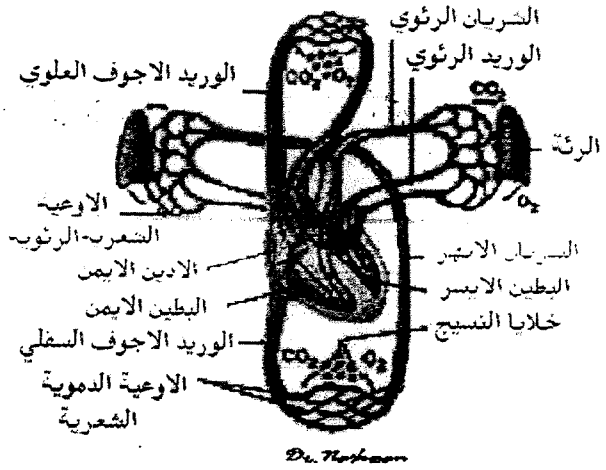
يتألف الجهاز القلبي الوعائي من القلب والشرايين والأوردة والأوعية الشعرية . وان وظيفة هذه المنظومة القلبية الوعائية هي التجهيز المستمر لحاجات الجسم من الاوكسجين والمواد الغذائية الاخرى عن طريق الدم . وفيما يأتي توضيح لمكونات الجهاز القلبي الوعائي: -

القلب

هو عضو عضلي اجوف يوجد في منتصف الصدر بين الرئتين وخلف عظم القص , ويغلف من الخارج بغلاف رقيق يسمى غشاء التامور. حيث يأخذ هذا الغشاء شكل كيس يحمي القلب ويحتويه , ويتألف القلب من اذينين (أيمن وأيسر) وبطينين (أيمن وأيسر) . وظيفته ضخ الدم في الشرايين وعن طريقها الى انحاء الجسم الاخرى كما انه يستقبل الدم العائد عبر الأوردة.والشكل الأتي يوضح تجاويف القلب.

الدورة الدموية الكبرى

وهي الدورة التي يتم من خلالها تجهيزاجهزة الجسم المختلفة بالاوكسجين والمواد الغذائية الاخرى . تبدأ هذه الدورة بضخ الدم المحمل بالاوكسجين من البطين الأيسر نتيجة انقباضه إلى الشريان الابهر الذي يقوم بنقله أو تمريره إلى شبكة من الشرايين والشرينات والاوعية الشعرية وبعد إتمام عملية التبادل الغازي ينتقل الدم المحمل بثنائي اوكسيد الكاربون إلى أوعية متزايدة الكبر تتجمع مع بعضها مشكلة الأوردة التي تنقل الدم من أجزاء الجسم المختلفة عبر الوريد الأجوف الأعلى والأسفل إلى الأذين الأيمن ثم إلى البطين الأيمن الذي يؤدي انقباضه إلى ضخ الدم إلى الرئتين.والشكل الأتي يوضح الدورة القلبية الجهازية والرئوية.



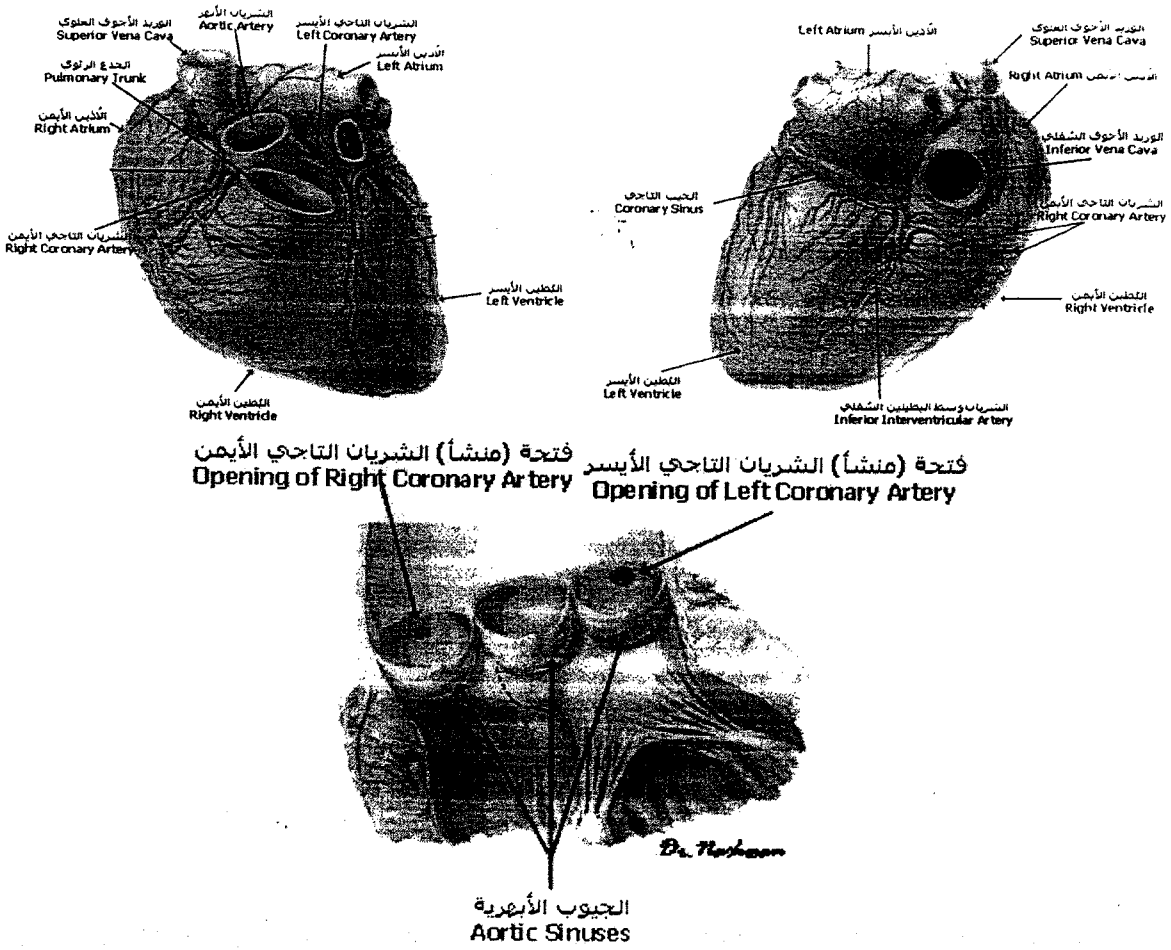
شكل يوضح الدورة الدموية الكبرى والصغرى

الدورة الدموية الصغرى

وهي الدورة التي يتم من خلالها نقل الدم المحمل بثنائي اوكسيد الكاربون من البطين الأيمن للقلب إلى الرئتين , إذ يؤدي انقباض البطين الأيمن إلى ضخ الدم إلى الشريان الرئوي الذي ينقله الى الرئتين حيث تجري عملية التبادل الغازي ويتشبع بالأوكسجين عائداً عبر الأوردة الرئوية إلى الأذين الأيسر ومنه إلى البطين الأيسر للقلب , وهذا يتم ضخه مرة أخرى عبر الابهر ومنه إلى جميع أجزاء الجسم المختلفة وهكذا تعاد الدورة الدموية الكبرى.

التغذية الدموية القلبية (الدورة التاجية)

وهي دورة دموية خاصة بعضلة القلب نفسها , وتعد اقصر دورة دموية يتم من خلال هذه الدورة التجهيز المستمر لعضلة القلب بكميات كافية من الدم المحمل بالأوكسجين والمواد الغذائية لكي تتمكن من القيام بوظيفتها, ويتم ذلك بواسطة الشريانين التاجيين الأيمن والأيسر اللذان ينشئان من الشريان الابهر بعد خروجه من البطين الأيسر. حيث يغذي الشريان التاجي الأيمن جزءاً من الجانب الأيمن من القلب بينما ينقل الشريان التاجي الأيسر حوالي (٨٠%) من الدم الذي يغذي الجانب الأيسر والجزء الباقي من الجانب الأيمن للقلب .



وتتلخص الدورة التاجية بما يأتي :

١- يتم تغذية كل ليفة عضلية من عضلة القلب عن طريق الشرينات والشعيرات الدموية.

٢- تقوم الوريدات والأوردة بإعادة الدم من الألياف العضلية القلبية إلى الجيب التاجي الموجود في الأخدود التاجي بين الأذينين والبطينين.

٣- يصب الجيب التاجي في الأذين الأيمن.

٤- تقوم الأوردة القلبية الأمامية الموجودة على السطح الأمامي للبطين الأيمن بتجميع الدم العائد وصبه مباشرة في الأذين الأيمن.

٥- يتجمع معظم الدم العائد عن طريق الشريان التاجي الأيسر في الجيب التاجي , بينما يتجمع معظم الدم العائد من الشريان التاجي الأيمن في الأوردة القلبية الأمامية.

جهاز التوصيل في القلب

ينشا نبض القلب في جهاز داخل جهاز القلب يسمى بجهاز توصيل القلب ويتألف من التراكيب الآتية :

١-العقدة الجيبية الأذينية

وهي كتلة صغيرة من النسيج العضلي (٢٠ x ٢ ملم) توجد في جدار الأذين الأيمن بالقرب من موقع اتصال الوريد الأجوف العلوي بالأذين اليمن وتسمى هذه العقدة منظم خطى القلب.

٢-العقدة الأذينية البطينية

وهي كتلة من الخلايا المتخصصة في جدار الأذين الأيمن عند أسفل الحاجز الذي يفصل بين الأذينين .

٣-حزمة هيس

تقسم هذه الحزمة إلى فرعين :

أ- فرع الحزمة الأيمن.

ب-فرع الحزمة الأيسر.

٤-ألياف أو شبكة بيركنجي

توجد بصورة رئيسية أسفل البطانة الداخلية لكل بطين.

آلية نبض القلب

تتلخص آلية نبض القلب في النقاط الآتية :

١-تنشأ موجة النبض في العقدة الجيبية الأذينية .

٢-تنتشر موجة النبض إلى الأذينين مما يؤدي بعدها إلى تقلص الأذينين.

٣-تنتقل هذه الموجة إلى العقدة الأذينية البطينية ثم إلى حزمة هيس وفرعيها.

٤-تنتقل موجة النبض من فرعي حزمة هيس إلى ألياف أو شبكة بيركنجي التي بدورها تنقل موجة النبض من قاعدة القلب إلى قمته من خلال الحجاب الحاجز الذي يفصل بين البطينين ثم من القمة إلى القاعدة عن طريق جدار البطينين الأيمن والأيسر , يعقبها تقلص البطينين.

آلية تنظيم نبض القلب

بالرغم من أن مصدر نبض القلب هو الجهاز العصبي الخاص بعضلة القلب نفسها إلا أن هذا الجهاز لا يلعب دوراً رئيسيا في تنظيم نبض القلب وإنما يتم تنظيم نبض القلب من خلال مركزان عصبيان قلبيان يوجدان في النخاع المستطيل للدماغ هما:

١-مركز التثبيط القلبي

يعمل هذا المركز على تقليل سرعة القلب (النبض) وإضعافه من خلال إرساله لنبضات عصبية إلى العصب التائه الذي يتصل بالقلب والذي يعمل عند تحفيزه على تقليل سرعة القلب واضعافه.

٢- المركز المسرع للقلب

يعمل هذا المركز على زيادة سرعة القلب (النبض) وتقويته خلال تحفيزه للعصب السمبثاوي (الودي) حيث يؤدي تحفيزه الى سرعة نبض القلب .

صامات القلب

يوجد في القلب نوعين من الصمامات الأحادية الاتجاه تنظم سريان الدم عبر القلب هما:

أولا : **الصمامات الاذنية البطينية**

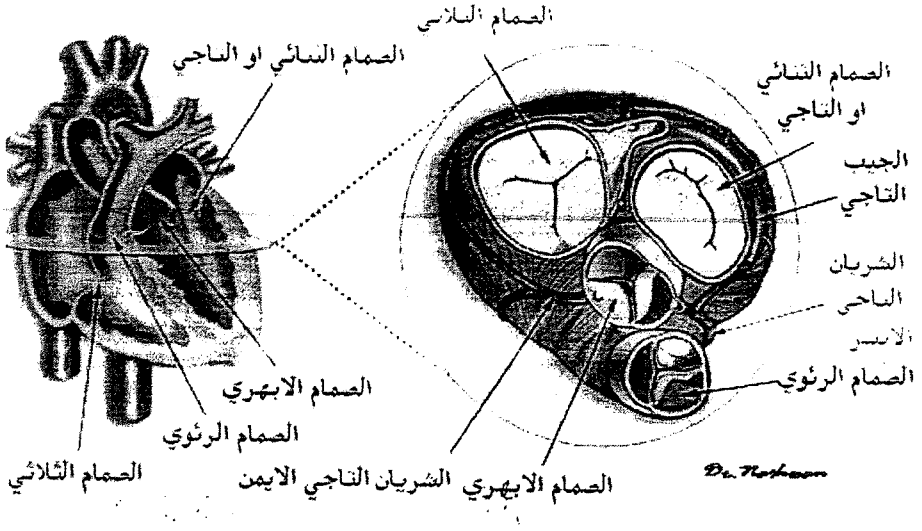
تقع هذه الصمامات بين الأذينين والبطينين , ووظيفتهما منع رجوع الدم من البطينين إلى الأذينين في أثناء انقباض البطينين , بسبب وجود الحبال الوترية التي تمنع انقلاب الصمام باتجاه الأذينين عند تقلص البطينين إذ ترتبط هذه الحبال بالعضلات الحلمية التي ترتبط بالجدار الداخلي للبطين . وهذه الصمامات على نوعين هما :

١-**الصمام الثنائي أو التاجي**

يوجد هذا الصمام بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر ويتألف من طيتين أو مصراعين.

٢-الصمام الثلاثي

يوجد هذا الصمام بين الأذين الأيمن والبطين الأيمن ويتألف من ثلاث طيات أو ثلاث مصاريع.



ثانيا : الصمامات الهلالية

تسمى هذه الصمامات أيضا الصمام الابهري والصمام الرئوي , حيث يوجد الصمام الابهري في بداية الابهر في حين يوجد الصمام الرئوي في بداية الشريان الرئوي .

وتتألف هذه الصمامات من ثلاث طيات . وتكون وظيفة هذا النوع من الصمامات هي منـــع رجوع الدم باتجاه البطينين عند ارتخاء أو انبساط القلب.

أصوات القلب

هناك أربعة أصوات للقلب هي كما يأتي :

١-**الصوت القلبي الأول:** وهو عبارة عن صوت منخفض متطاول قليلاً . يسمع أشبه بلفظ كلمة **(لُب) (Lub)** وان سبب هذا الصوت يعود إلى انغلاق الصمام الثنائي والثلاثي .

٢-**الصوت القلبي الثاني:** وهو عبارة عن صوت قصير عالي التردد (رفيع) ويسمع أشبه بلفظ كلمة **(دب) (Dub)** ويعود سببه إلى انغلاق الصمامات الابهرية والرئوية عد انتهاء الانقباض ألبطيني مباشرة.

٣-**الصوت القلبي الثالث:** يكون هذا الصوت منخفض التردد وربما يحدث هذا الصوت نتيجة الاهتزازات التي يحدثها تدفق الدم عند انتقاله من الأذينين إلى البطينين .

٤-**الصوت القلبي الرابع:** يمكن سماع هذا الصوت في حالات كثيرة قبل الصوت القلبي الأول ويحدث نتيجة لتقلص الأذينين وذلك بسبب تدفق الدم إلى البطينين مولداً اهتزازات مماثلة لتلك الموجودة في حالة الصوت القلبي الثالث.

المخطط الكهربائي للقلب (ECG)

إن المخطط الكهربائي للقلب هو تسجيل التغيرات الكهربائية الناتجة عن موجات زوال الاستقطاب وعودة الاستقطاب في الأذينين والبطينين .

يتألف نظام التخطيط الكهربائي للقلب من المكونات الآتية :

١- القلب الذي يمثل المولد الكهربائي

٢- السوائل الجسمية التي تمثل الموصل لهذه الكهربائية.

٣- أسلاك كهربائية يتم ربطها في مواقع معينة على سطح الجسم مع جهاز التخطيط الكهربائي للقلب وتسمى هذه الأسلاك بأقطاب التسجيل (Leads).

٤- جهاز تسجيل التخطيط الكهربائي للقلب يعمل على الكشف عن التغيرات الكهربائية ثم يعمل على تضخيمها وتسجيلها.

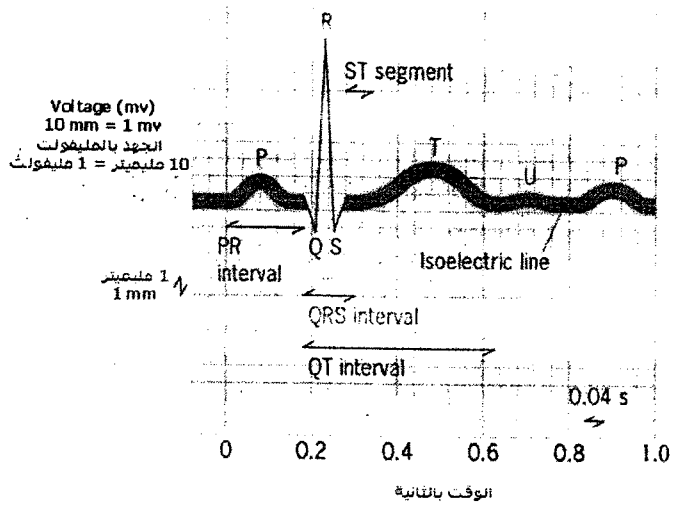
إن المخطط الكهربائي الطبيعي للقلب يتميز بوجود موجات ذات انحرافات موجبة وأخرى سالبة تخضع لموجات زوال الاستقطاب وعودة الاستقطاب في القلب وهذه الموجات هي كما يأتي :

١- **الموجة (P)** : تمثل هذه الموجة زوال الاستقطاب في الأذينين , تتراوح قوتها (٠،٢ – ٠،٣) ملي فولت وزمنها حوالي (٠،٠٨) من الثانية ولا يزيد عن (٠،١٢) من الثانية.

٢- **المعقد (QRS)** : يمثل هذا المعقد زوال الاستقطاب البطيني , تبلغ قوها (١) ملي فولت . وزمنها تبعا لسرعة القلب (٠،٠٦–٠،١٠) من الثانية ولا تزيد عن (٠،١٢) من الثانية.

٣- **الموجة (T)** : تمثل هذه الموجة عودة الاستقطاب البطيني وتبلغ قوتها (٠،٣) ملي فولت , وزمنها (٠،١٦) من الثانية .

٤- **الموجة (U)** : تمثل هذه الموجة عودة الاستقطاب في العضلات الحلمية.



الناتج القلبي

يعرف بأنه حجم الدم الذي يضخه كل بطين في دقيقة واحدة ويعتمد الناتج القلبي على معدل ضربات القلب (HR) وحجم الضربة القلبية (SV).

إن الناتج القلبي يقل في وضع الوقوف عن وضع الاستلقاء بمقدار (١٨%) لذلك يكون وضع الاستلقاء هو أفضل وضع لقياس الناتج القلبي حيث لا يوجد تأثير للجذب الأرضي .

ويمكن حساب الناتج القلبي من خلال المعادلة الآتية :

الناتج القلبي = معدل ضربات القلب x حجم الضربة

Cardiac Output (CO) =SV x HR

إن الناتج القلبي يتأثر أو يعتمد على عاملين هما معدل ضربات القلب (HR) وعلى حجم الضربة القلبية (SV) وفيما يأتي توضيح لهذين المتغيرين :

١- حجم الضربة القلبية (SV)

وهي حجم الدم الذي يضخه كل بطين في ضربة قلبية واحدة ويبلغ حجم الضربة لدى الإناث (٥٠-٧٠) مللتر ولدى الذكور (٧٠-٩٠) مللتر, ويبلغ لدى الرياضيين من (١٥٠-١٧٠) مللتر, ويصل حجم الضربة إلى أقصاه بالانتقال من الراحة إلى الشدة الشبه القصوى وفي تدريبات المطاولة الهوائية ويصل أعلى حجم للضربة عندما تصل القيمة القصوى لاستهلاك الأوكسجين (Vo_2 max) وكذلك في مرحلة الاستشفاء. ويؤدي التحفيز السمبثاوي إلى زيادة قوة تقلص عضلة القلب بينما يؤدي التحفيز الباراسمبثاوي إلى التأثير العكسي على عضلة القلب ويتغير حجم الضربة القلبية تبعا لذلك.

٢- معدل ضربة القلب (HR)

يجهز القلب بأعصاب سمبثاوية (ودية) وأعصاب باراسمبثاوية (نظيرالودية أو لاودية) إذ يؤدي التحفيز السمبثاوي إلى زيادة معدل ضربات القلب , بينما يؤدي التحفز الباراسمبثاوي إلى خفض معدل ضربات القلب, من ناحية أخرى هناك هرموني الابينيفرين (الادرينالين). إذ يؤدي إفراز هذا الهرمون من لب الغدة الكظرية الواقعة فوق الكلية إلى زيادة ضربات القلب, يبلغ معدل سرعة النبض عند الشخص العادي في الراحة (٧٠-٩٠) ضرة/دقيقة في حين يصل لدى الرياضيين (٦٠-٧٠) ضربة/دقيقة, ويصل عند عدائي المسافات الطويلة إلى (٤٠-٥٠) ضربة/دقيقة. أما لدى الإناث فتكون معدلات النبض أعلى من معدلاتها لدى الذكور. وأقصى نبض يمكن أن يصله الرياضي في أثناء الجهد البدني هو (٢٤٠) نبضة/دقيقة.

الناتج القلبي في حالة الراحة

توجد تغيرات كبيرة في الناتج القلبي في أثناء الراحة. إذ يتأثر الناتج القلبي بالحالات الانفعالية التي تؤدي إلى تغيير الإشارات العصبية الصادرة من القشرة المخية إلى الأعصاب المسرعة

لعمل القلب وكذلك الأعصاب المؤثرة على الشرينات و الأوردة. ويبلغ قيمة الناتج القلبي لدى الأفراد المتدربين وغير المتدربين تقريبا (٥)لتر/د. فإذا كان معدل ضربات القلب (٧٠)ضربة/دقيقة فان حجم الضربة سيكون(٧١)مل/ضربة قلبية. ويكون حجم الضربة في الإناث اقل بـ(٢٥%) مما هو عليه لدى الرجال، ويتراوح ما بين(٥٠-٧٠)مل/ضربة قلبية في أثناء الراحة. ويرجع هذا الاختلاف بين الجنسين إلى صغر حجم جسم الأنثى بشكل عام مقارنة مع الرجل. وتؤدي تدريبات المطاولة إلى التأثير الكبير للاستيل كولين على العقدة الجيبية الأذينية، لاسيما وان هذا الناقل العصبي يفرز من النهايات العصبية الباراسمبثاوية والذي يعمل على تقليل ضربات القلب وقد يترافق مع هذا التأثير انخفاض في فعالية الأعصاب السمبثاوية في أثناء الراحة . وقد يكون هذا إلى حد ما تفسيرا للانخفاض النسبي في معدل ضربات القلب إلى جانب التفسير المتعلق بالتكييفات الخاصة بعضلة القلب لدى العديد من رياضيي المطاولة من الذكور والإناث. ويبلغ معدل ضربات القلب لدى هؤلاء الرياضيين حوالي (٥٠) ضربة/دقيقة في أثناء الراحة، ومع ذلك فقد لوحظ انخفاض معدل ضربات القلب تحت (٤٠)ضربة/دقيقة في حالة رياضيي المطاولة الأصحاء. وفيما يأتي مقارنة لمعدلات الناتج القلبي وضربات القلب وحجم الضربة للأفراد المتدربين وغير المتدربين (في حالة الراحة) :

الناتج القلبي= ضربات القلب X حجم الضربة

غير المتدربين: ٥٠٠٠ مل = ٧٠ضربة/دقيقة×٧١ مل/ضربة

المتدربون : ٥٠٠٠ مل = ٥٠ ضربة/دقيقة×١٠٠ مل/ضربة

إن تدريبات المطاولة تؤدي إلى زيادة نشاط العصب العاشر (العصب المبهم أو التائه) وهو عصب باراسمبثاوي، تؤدي زيادة فعاليته إلى التقليل من ضربات القلب، كما أن قوة عضلة القلب الناتجة عن التدريب تؤدي إلى دفع حجم اكبر من الدم في أثناء تقلص القلب.

الناتج القلبي والتمارين الرياضية

بشكل عام كلما زادت شدة التمرين وزاد مجموع العضلات الكبيرة العاملة فان ذلك يحدث زيادة في الناتج القلبي.ويمكن أن نلحظ حدوث زيادة سريعة في الناتج القلبي في التمرينات اللاهوائية وذلك لسد احتياج المجاميع العضلية الكبيرة المشاركة من الطاقة والتي يتم نقلها من قبل الدم. ويعتمد الناتج القلبي في مثل هذه الفعاليات على زيادة معدل سرعة النبض (١٠٠-٢٠٠) نبضة في الدقيقة وعلى زيادة حجم الضربة(١٠٠-١٧٠) مللتر في آن واحد وخاصة في التمرينات القصيرة كما في ركض (١٠٠) متر، حيث آن فترة العمل تكون قصيرة وتحتاج

إلى نقل اكبر كمية من الدم إلى الإطراف. أما في التمرينات والسباقات التي تستغرق فترة أطول من ذلك فيكون تزويد الجسم للدم على حساب معدل سرعة النبض وليس حجمه. فمثلا في ركض (٤٠٠) متر التي هي من الفعاليات ذات الشدة القصوى نلاحظ ان في بداية العمل العضلي يحدث زيادة في الناتج القلبي عن طريق الزيادة في عدد ضربات القلب وحجم الضربة وبعد فترة زمنية يحدث ثبات في حجم الضربة وتستمر الزيادة في عدد ضربات القلب أو يحدث ثبات في حجم الضربة القلبية وفي نهاية العمل العضلي ربما يحدث تناقص في حجم الضربة.أما في الفعاليات ذات الشدة المتوسطة مثل ركض (٨٠٠ متر و ٥٠٠ متر) والفعاليات الرياضية المستمرة ضمن هذه الأزمنة مثل فعاليات التجديف والدراجات والتي تمتاز نوعا ما بالشدة المتوسطة نلاحظ في هذه الفعاليات جميعا حدوث زيادة في حجم الضربة القلبية وعدد ضربات القلب في بداية الفعالية ، وتستمر هذه الزيادة لتلبية احتياجات الجهاز العضلي بهذه الطريقة وإذا حدث تغير في متطلبات الطاقة فان الزيادة في الناتج القلبي تكون على حساب زيادة عدد ضربات القلب.بينما في التمارين الرياضية المستمرة والتي يزيد زمن أدائها عن (٣٠) دقيقة وبالشدة شبه القصوى . نلاحظ عدم حدوث تغير في الناتج القلبي عند الوصول إلى الحالة الثابتة (**Steady State**) لكن يحدث تغير في حجم الضربة وعدد ضربات القلب، ويحدث انخفاض في حجم الضربة مع حدوث زيادة في عدد ضربات القلب، اذ تكون العلاقة عكسية بين حجم الضربة القلبية وعدد ضربات القلب بهدف المحافظة على قيمة الناتج القلبي في حالة ثبات في مثل هذا النوع من الفعاليات الرياضية.وخلاصة القول أن اكبر ناتج قلبي يكون عندما يعمل الرياضي بشدة (٤٠%) من القيمة القصوى لاستهلاك الأوكسجين.

تأثير التدريب في معدل ضربات القلب في أثناء التمرين

توجد علاقة خطية بين معدل ضربات القلب واستهلاك الأوكسجين لدى المتدربين وغير المتدربين عند أدائهم لأي تمرين بالوضع العمودي ، ونلحظ زيادة في معدل ضربات القلب بسرعة لدى غير المتدربين عند زيادة شدة التمرين,بينما تكون الزيادة في معدل ضربات القلب لدى رياضيي المطاولة (المتدربين) بمعدل اقل مقارنة بغير المتدربين، ونتيجة لذلك فان الرياضي ذو الاستجابة القلبية الوعائية الجيدة للتمرين سيقوم بالمزيد من العمل وبقيمة عالية من القيمة القصوى لاستهلاك الأوكسجين قبل الوصول إلى المعدل الأقل من الأقصى لضربات القلب بالمقارنة مع الأفراد غير المتدربين، فعلى سبيل المثال عند الوصول إلى استهلاك اوكسجيني مقداره (٢)لتر/دقيقة فان معدل ضربات القلب للرياضي ستكون اقل بـ(٧٠)ضربة/دقيقة عند الأفراد غير المتدربين، وعلى أية حال يكون الناتج القلبي متماثل تقريبا وان الاختلاف يكمن في حجم الضربة القلبية.

ضغط الدم

يمثل ضغط الدم الضغط الذي يسلطه الدم على جدران الأوعية الدموية ويعتمد ضغط الدم على الناتج القلبي والمقاومة المحيطية، وتمكن المقاومة المحيطية في الشريانات وذلك لاحتوائها على العضلات الملساء إذ يؤدي تقلص هذه العضلات إلى تضييق هذه الأوعية وزيادة المقاومة أما ارتخاء أو انبساط هذه العضلات فيؤدي إلى توسيع الأوعية وقلة مقاومتها للدم المار فيها.

ويعبر عن الضغط بالعلاقة الرياضية التالية:

ضغط الدم = الناتج القلبي X المقاومة الوعائية

تنظيم ضغط الدم

إن العاملان المهمان اللذان يتحكمان في ضغط الدم واللذان يعملان في جسم الإنسان جنبا إلى جنب هما الناتج القلبي والمقاومة المحيطية الناتجة من الأوعية الدموية والتي تشتمل على ما يأتي :-

١- مساحة المقطع العرضي (قطر الوعاء الدموي)

تؤدي زيادة مساحة المقطع العرضي للأوعية الدموية نتيجة لانبساط العضلات الموجودة في جدران الشرايين إلى التقليل من المقاومة المحيطية وبالتالي إلى انخفاض ضغط الدم, بينما تؤدي قلة مساحة المقطع العرضي للأوعية الدموية إلى تأثير معاكس لما ذكر آنفا. كما تؤدي زيادة طول الوعاء الدموي إلى تأخر الدم في مساره خاصة إذا كان الوعاء ضيق وبالتالي إلى زيادة المقاومة المحيطية ونتيجة لذلك يزداد ضغط الدم.إن الآليات التي تتحكم في زيادة أو انخفاض المقاومة المحيطية هي آليات عصبية و هرمونية.

٢- لزوجة الدم

هناك علاقة طردية بين لزوجة الدم و ضغط الدم , اذ كلما زادت لزوجة الدم كلما زادت المقاومة الوعائية وبالتالي زيادة ضغط الدم والعكس صحيح . وجدير بالذكر ان لزوجة الدم تقدر بثلاث أضعاف لزوجة الماء.

العوامل المؤثرة في ضغط الدم

هناك عوامل عديدة تؤثر في ضغط الدم بعضها يؤدي إلى ارتفاعه والبعض الأخر يؤدي إلى انخفاضه عن معدله الطبيعي ومن بين هذه العوامل ما يأتي :-

١- **العمر** : حيث يزداد الضغط كلما تقدم الإنسان في العمر بسبب نقص مطاطية الشرايين.

٢-**وضع الجسم** : حيث تكون قيمة الضغط الدموي أعلى في وضع الجلوس والوقوف مقارنة بقيمة الضغط في وضع الاستلقاء على الظهر.

٣-**الانفعالات النفسية** : حيث تؤدي الانفعالات النفسية إلى ارتفاع ضغط الدم عن معدله الطبيعي.

٤-**النشاط العضلي** : يؤدي النشاط العضلي إلى ارتفاع ضغط الدم الانقباضي نتيجة لزيادة الناتج القلبي لتلبية الحاجة المتزايدة للأوكسجين من قبل العضلات العاملة , ويؤدي كذلك إلى التقليل من المقاومة المحيطية كنتيجة للتوسع الوعائي الذي يحدث في الشرينات . من ناحية أخرى يؤدي التقلص العضلي المتحرك إلى ارتفاع ضغط الدم الانقباضي بينما لا يتغير ضغط الدم الانبساطي أو يتغير قليلا, أما التقلص العضلي الثابت فيؤدي إلى رفع كل من ضغط الدم الانقباضي والانبساطي . إن تفسير الاختلاف في استجابات ضغط الدم بين الانقباضين العضليين الثابت والمتحرك هو كون متطلبات إنفاق الطاقة في الانقباض أو التقلص العضلي المتحرك تكون تقريبا اكبر وهي المسؤولة عن تغيرات الضغط , بينما يكون إنفاق الطاقة في الانقباض العضلي الثابت صغيراً, لذا فان التأثيرات تكون نتيجة لمنعكس عصبي ينشا من العضلة الفعالة.

٥-**درجة الحرارة** : يؤدي انخفاض درجة حرارة الجسم إلى ارتفاع ضغط الدم نتيجة لزيادة الناتج القلبي وزيادة المقاومة المحيطية نتيجة للتقلص الوعائي , بينما يؤدي ارتفاع درجة حرارة الجسم إلى خفض الضغط الدموي بآلية معاكسة لما يحدث عند انخفاض درجة حرارة الجسم.

٦-**الجنس** : يشار إلى أن الضغط الانقباضي والانبساطي يكون عادة اقل في النساء مقارنة بالضغط الدموي لدى الرجال حتى عمر (٤٥) سنة.

تأثير التمارين الرياضية في ضغط الدم

ضغط الدم والتمرين

١ - التمرين الثابت

يؤدي مثل هذا النوع من التمارين إلى زيادة المقاومة لجريان الدم وبالتالي إلى حدوث زيادة كبيرة وسريعة في ضغط الدم مع زيادة في عبء العمل على القلب ويمكن أن يكون هذا النوع من التمرين مؤذيا أو ضارا للأشخاص الذين يعانون من أمراض القلب والأوعية الدموية .

٢ - التمرين المتحرك ذو المعدل الثابت

في حالة الفعاليات العضلية النسقية كما في الهرولة الخفيفة والسباحة وركوب الدراجات , حيث يؤدي توسع الأوعية الدموية في العضلات العاملة إلى زيادة جريان الدم خلال أجزاء كبيرة من الأوعية الدموية المحيطية . كما وان التقلص والارتخاء المتعاقب للعضلات نفسها

سيوفر قوة ضخ لدفع الدم خلال الأوعية الدموية وإعادته إلى القلب . وتؤدي زيادة جريان الدم في حالة التمرين النسقي المعتدل إلى زيادة الضغط الانقباضي بسرعة في الدقائق الأولى من التمرين بعدها يستقر الضغط على مستوى (١٤-١٦) ملم / زئبق او (١٤٠-١٦٠) ملم / زئبق . وقد ينخفض الضغط الانقباضي تدريجيا في حالة الاستمرار بالتمرين ذو المعدل الثابت , وذلك نتيجة لتوسع الشرينات وانخفاض المقاومة لجريان الدم. ويبقى الضغط الانبساطي غير متغير نسبيا في أثناء هذا النوع من التمرين.

٣- التمرين المتدرج

يوضح الشكل العلاقة بين ضغط الدم (الانقباضي والانبساطي ومعدل الضغط) ونتاج القلب في أثناء تمرين متزايد الشدة (متدرج الشدة). إذ يلاحظ أن ضغط الدم الشرياني يزداد خطيا مع نتاج القلب وان أقصى زيادة لضغط الدم في أثناء التمرين تلاحظ في أثناء انقباض القلب, بينما يزداد الضغط الانبساطي بنسبة (١٢%) خلال المرحلة الكاملة للتمرين . ويلاحظ في حالة التمرين القصوى لرياضيي المطاولة زيادة الضغط الانقباضي إلى قيمة تتراوح (٢٠٠) ملم/زئبق , وتعود هذه الزيادة إلى نتاج القلب الكبير لدى هؤلاء الرياضيين.

تمارين الذراع والتمارين التي تؤدى بالأرجل

تؤدي التمارين التي تؤدى بالذراعين إلى زيادة ضغط الدم الانقباضي والانبساطي بدرجة أعلى مقارنة بالتمارين التي تؤدى بالأرجل . ومن المحتمل أن الكتلة الصغيرة لعضلات الذراع وأوعيته الدموية ستوفر مقاومة اكبر لجريان الدم مقارنة بالكتلة العضلية الكبيرة للأرجل وأوعيتها الدموية , لذا يحتاج جريان الدم في الذراعين في أثناء التمرين إلى ضغط انقباض اكبر. ومن الواضح أن هذا الشكل من التمرين يمثل جهدا على الجهاز القلبي الوعائي وذلك لزيادة عمل القلب بشكل ملحوظ لذلك ينبغي على الأشخاص المصابين باضطرابات وظيفية في الجهاز القلبي الوعائي أن يمارسوا التمارين التي تستلزم مجاميع عضلية كبيرة من العضلات كالمشي وركوب الدراجة والركض على العكس من التمارين المرتبطة بكتلة محدودة من العضلات مثل استعمال المطرقة.

متوسط الضغط الشرياني : هو عبارة عن مجموع متوسط الضغطيين الانقباضي والانبساطي حيث يكون المجموع (١٠٠) **ملم/زئبق)**

ضغط النبض : عبارة عن الفرق بين الضغط الانقباضي والضغط الانبساطي

تأثير التمارين الرياضية في عضلة القلب

١- زيادة تضخم عضلة القلب , حيث تنتج هذه الزيادة عن زيادة حجم تجويف البطين مع بقاء السمك الطبيعي لجدار عضلة القلب.

٢- زيادة حجم الضربة القلبية.

٣- زيادة قوة تقلص عضلة القلب.

٤- انخفاض معدل ضربات القلب.

٥- زيادة قدرة عضلة القلب على استخلاص الأوكسجين من الدم واستخدامه.

٦- زيادة كثافة الأوعية الدموية الشعرية.

٧- زيادة قدرة عضلة القلب على أكسدة كميات كبيرة من حامض أللبنيك خلال التمارين.

٨- زيادة عدد وحجم المايتوكوندريا في عضلة القلب.

٩- زيادة كفاءة نقل الدم من خلال الأوعية الدموية.

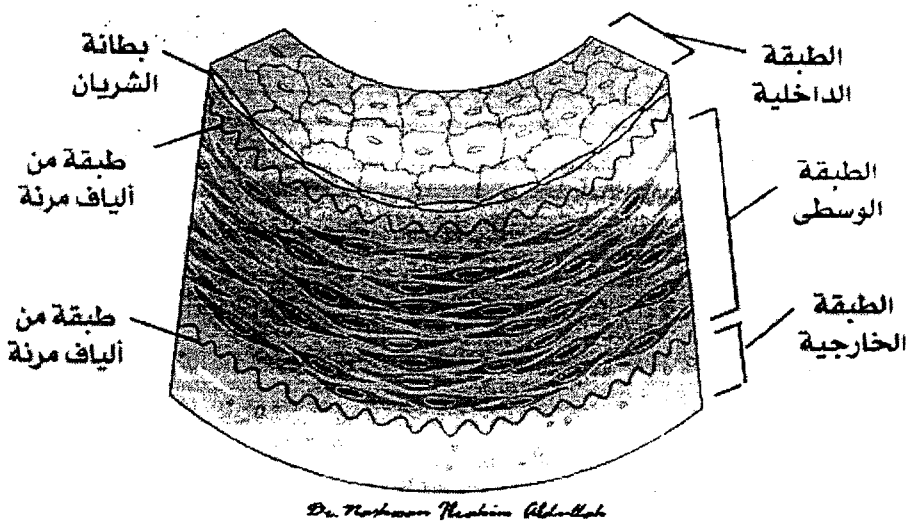
الأوعية الدموية

تتألف الأوعية الدموية من الشرايين والأوردة والشبكة الشعرية الدموية التي تربط ما بين الشرايين والأوردة.

أولا : الشرايين

تمتاز الشرايين بسمك ومرونة وقوة جدرانها . تقوم بنقل الدم تحت ضغط أعلى بكثير من الضغط في الأوردة والشعيرات الدموية وتجهز جدران الشرايين الكبيرة في جسم الإنسان بدم يغذيها بواسطة شرايين دقيقة أي أنها لا تتغذى من الدم الجاري فيها. وتقوم الشرايين بنقل الدم من القلب إلى أنسجة وأعضاء الجسم المختلفة. ويسير الدم في الشرايين بتأثير تغيراتها الفاعلة والمنفعلة , فالتأثير الفاعل هو بالارتداد المطاطي لجدرانها والتأثير المنفعل من قوة الدفع التي تحصل من جراء دفع الدم بتأثير تقلصات البطينين. ويعد الشريان الابهر من أهم الشرايين في الدورة الدموية .يطلق مصطلح الشرينات على نهاية الشرايين الكبيرة بعد تفرعها إلى شعب دقيقة حيث تسبق الأوعية الدموية الشعرية , ويتم عن طريقها إيصال الدم الشرياني إلى كافة

أنسجة الجسم المختلفة وينظم قطر الشرينات الجهاز العصبي الذاتي.والشكل الأتـــي يوضـــح جدار احد الشرايين.



جدار احد الشرايين

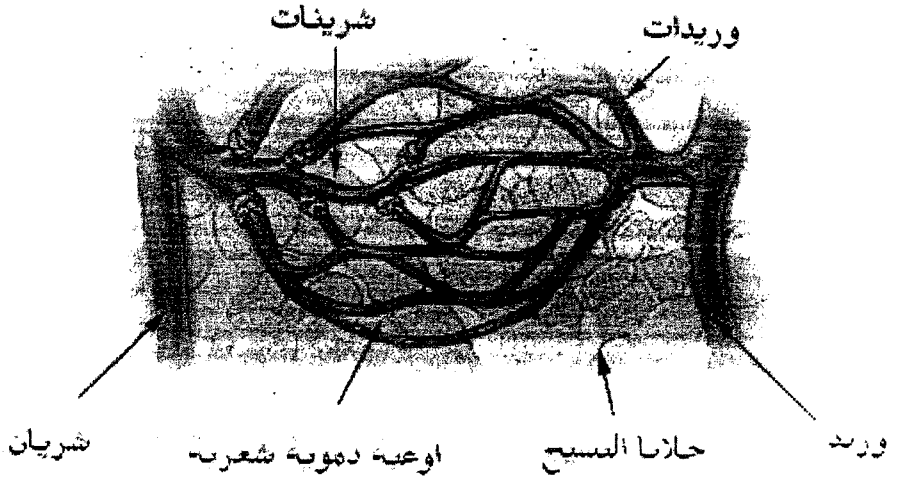
ثانيا : الأوردة

تتميز الأوردة برقة جدرانها واحتوائها على الصمامات التي تمنع رجوع الدم والتـــي يكثـــر وجودها أي الصمامات في أوردة الأطراف خاصة في الأطراف السفلى . وترافق الأوردة كل شريان كبير في الجسم . ويتم تنظيم جريان الدم في الأوردة من خلال العضلات التي تحـــيط بمجرى الوريد . ويسير الدم في الوريد باتجاه القلب بتأثير عمل العضلات الهيكلية في الجسم وبتأثير الضغط السالب الموجود بداخل تجويف القلب الأيمن وفي داخل القفص الـــصدري . وتتأثر الأوردة بالعوامل الكيمياوية والعصبية والهرمونية وتقوم بذلك بدور فاعل فـــي دوران الدم وسيره باتجاه القلب من أنحاء الجسم المختلفة.

ثالثا: الأوعية الشعرية الدموية

تكون الأوعية الدموية الشعرية شبكة كبيرة تربط ما بين الشرينات والأوردة ويتكون جدارها من طبقة واحدة من النسيج البطاني فقط أو من الطبقة الطلائية الداخلية فقط, وتتقلص وتتوسع بفعل مطاطية الغشاء البطاني لها, وهو غشاء شفاف يسمح بتنافذ السوائل والغازات والمـــواد الغذائية من خلاله حيث يحصل التبادل ما بين الدم والأنسجة , ولهذا تعد أهم جزء فـــي هـــذا

الجهاز لأن الهدف الحقيقي من دوران الدم يتحقق في منطقة الشعيرات الدموية حيث يتم تبادل الغازات والمواد ما بين الدم وخلايا الجسم . وتنتشر شبكة الأوعية الدموية الشعرية في كل أجزاء الجسم ما عدا الطبقة السطحية للجلد.والشكل الأتي يوضح الأوعية الشعرية الدموية.



ويعتمد توسع أو تضيق الغشاء البطاني للأوعية الدموية الشعرية على حجم الدم الواصل إليها من الشرينات الصغيرة ويكون للجهاز العصبي تأثير على سير الدم في الشبكة الشعرية الدموية فضلا عن التأثير المباشر لبعض المواد مثل الحوامض ومادة الهستامين والاستيل التي تعمل على توسعها في حين تعمل المواد القلوية وهرمون الابينيفرين (الادرينالين) ومادة البترين على تضيق الأوعية الدموية،ويكون للحرارة تأثيرا موسعا للأوعية الدموية الشعرية على العكس من البرودة التي تؤدي إلى تضيقها أو تقلصها . وتتوقف كثافة الشبكة الشعرية الدموية في أي نسيج على درجة حاجة النسيج إلى الأوكسجين.

الغدد الصم والهرمونات

يتكون الجسم من الملايين من الخلايا التي يجب أن تعمل بانتظام ليبقى الجسم معافى. وتقع مهمة تنسيق عمل هذه الخلايا على عاتق الغدد الصم المنتشرة في داخل الجسم. التي يكون لها دور رئيسي في تنظيم فسيولوجيا النمو والتكاثر فضلا عن ضرورتيها في المحافظة على صحة جسم الإنسان، وسميت بالغدد الصماء لعدم وجود قنوات تنقل إفرازاتها , أي أنها تفرز محتوياتها إلى الدم مباشرة. ويعرف علم الغدد الصم بأنه العلم الذي يدرس عمل الغدد الصم وتأثيراتها في الجسم ولابد من الإشارة هنا إلى أن الجهاز العصبي يشترك مع الغدد الصم في تنسيق وظائف الجسم المختلفة. ويتألف الجهاز ألغدي الصماوي من العديد من الغدد الصم التي تقوم بإفراز الهرمونات التي يتم توزيعها أو إيصالها إلى الخلية الهدف بواسطة الدورةالدموية.

الهرمونات

تعرف بأنها مواد كيماوية تفرز من الغدد الصم أو من خلايا متخصصة مباشرة إلى المجرى الدموي وبكميات دقيقة , تعمل على أحداث استجابات فسيولوجية , فهي تبطئ أو تعجل الوظائف الحيوية من خلال نشاطها البيولوجي العالي مما يؤدي إلى تحسين وتنظيم وظائف خلايا الجسم لإدامة محيط داخلي ثابت (الاتزان البدني) والتي تنتج من الاستجابة المتناسقة لمختلف أنسجة الجسم لأي تغير سواء أكان في المحيط الداخلي أو المحيط الخارجي،إذ تؤدي هذه التغيرات (الداخلية والخارجية) إلى تغيير تركيز الهرمونات في مجرى الدم والتي يكون لها تأثيرات خاصة على نشاط الخلايا أو الأنسجة أو المناطق الأخرى لتحفيز تغيرات كيماوية تؤدي إلى استجابة العضو لتلك التغيرات..ويطلق على الخلية أو النسيج أو المنطقة الواقعة تحت تأثير فعل الهرمون بالخلية أو النسج أو المنطقة الهدف.وتكون استجابة الجهاز الهرموني بطيئة غير أن تأثيره يستمر لمدة طويلة إذا ما قورن بتأثير الجهاز العصبي. وتعد الهرمونات من أجهزة السيطرة الرئيسية المسؤولة عن تنظيم وتنسيق العديد من نشاطات خلايا وأنسجة الجسم المختلفة. وتصنف الهرمونات حسب تركيبها الكيماوي إلى هرمونات ببتيدية تتكون من حوامض أمينية كهرمون النمو والانسولين وغيرها ولا يستطيع هذا النوع من الهرمونات من المرور عبر غشاء الخلية وانما ترتبط بمستقبلات توجد على غشاء الخلية. أما النوع الثاني فهو الهرمونات الستيرويدية كهرمون التيستوستيرون والكورتيزول وغيرها من الهرمونات. تتكون هذه الهرمونات من الكوليستيرول. وتتمكن هذه الهرمونات من الانتشار عبر غشاء الخلية وترتبط بمستقبلاتها الموجودة في سايتوبلازم الخلية.

الغدد الصم في الجسم

يوجد في الجسم العديد من الغدد الصم وفيما يأتي أهم هذه الغدد والهرمونات التي تفرزها:-

أولا:- الغدة النخامية

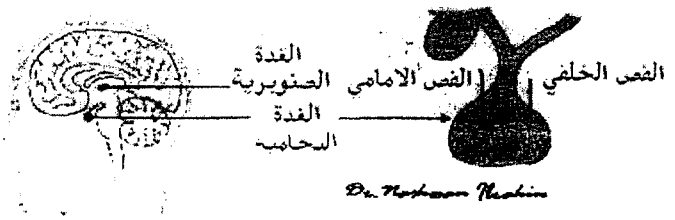
تكون هذه الغدة من فصين أو جزئيين هما:-

١-هرمونات الفص الأمامي(ألغدي)

ا- هرمون النمو ب- هرمون البرولاكتين (هرمون الحليب)

جـ - الهرمون المحفز لقشرة الغدة الكظرية د- الهرمون المحفز للغدة الدرقية

هـ- هرمون محفز الجريبات و- الهررمون اللوتيني ز- الهرمون الحفز لخلايا الميلانين



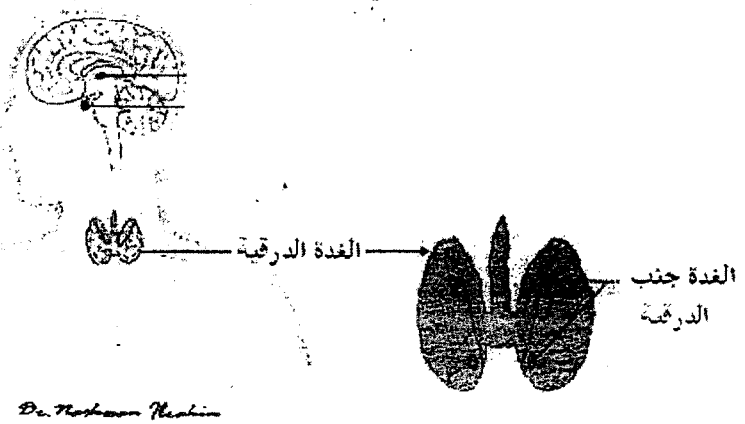
٢- هرمونات الفص الخلفي (العصبي) للغدة النخامية

ا- هرمون معجل الولادة ب- الهرمون المضاد للابالة

ثانيا:- الغدة الدرقية

١-هرمون الثايروكسين

٢-هرمون الثايرونين ثلاثي اليود



ثالثا:- هرمونات الغدة جنب الدرقية

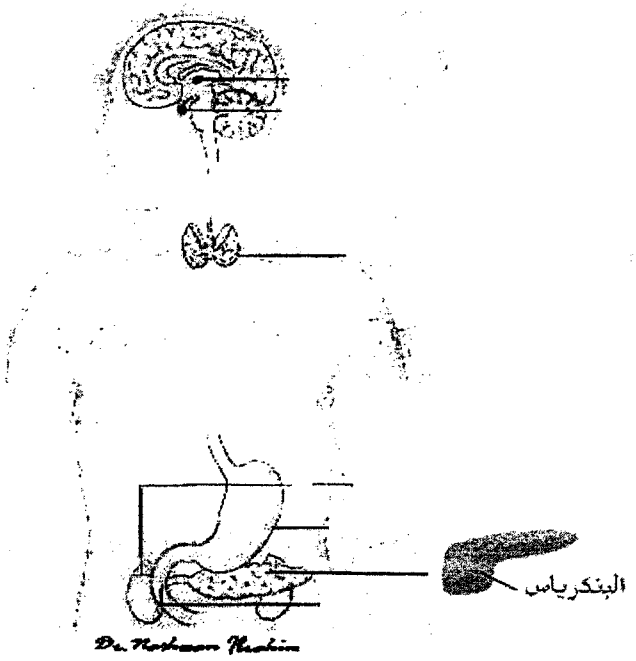
١- الكالستونين

٢- البارا ثورمون

رابعا:- هرمونات البنكرياس

١- هرمون الأنسولين

٢- هرمون الكلوكاكون



خامسا:- الغدة الكظرية (الغدة فوق الكلية)

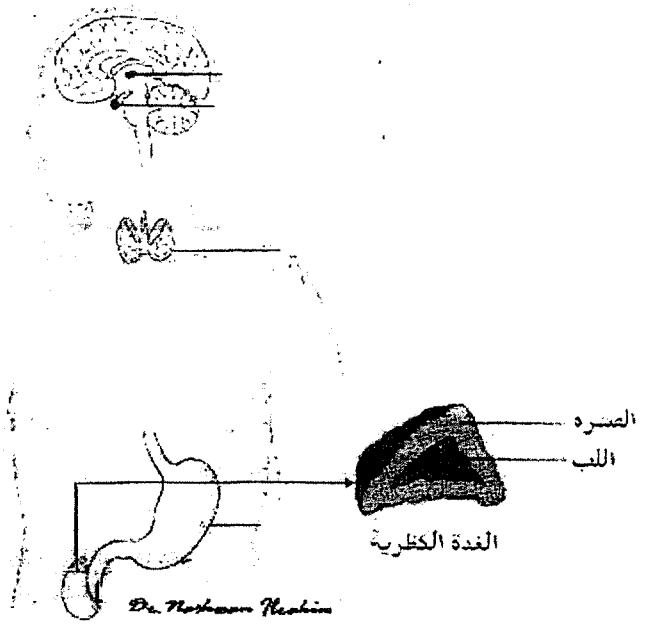
١- هرمونات لب الغدة الكظرية

أ- هرمون الابينيفرين

ب- النورابينيفرين

٢- هرمون قشرة الغدة الكظرية

١- هرمون الكورتيزول



ب-هرمون الالدوستيرون

سادسا:- هرمونات المبايض

١- هرمون الاستروجين

٢- هرمون البروجستيرون

سابعا:- الخصيتين

- هرمون التيستوستيرون

وظائف الهرمونات التي تفرزها الغدد الصم خلال التمرين

يكون للهرمون العديد من الوظائف خلال التمرين وهي كما يأتي:-

١- المحافظة على المواد الأساسية للطاقة كتحريك الدهون من مواقع خزنها في الجسم واستقرار الكلوكوز في الدورة الدموية. واستهلاك كلوكوز الدم من قبل الخلايا العضلية.

٢- السيطرة على توازن السوائل والأملاح لأجل استقرار نضوحية أو نفوذية الدم.

٣- تحفيز معدل ضربات القلب وقوة تقلص العضلة القلبية.

٤- تنظيم نشاط الأوعية الدموية المحيطية للسيطرة على جريان الدم وتوزيعه.

استجابات بعض الهرمونات للتمرين (الجهد البدني)

يؤدي التمرين (الجهد البدني) إلى حدوث استجابات مختلفة ومتنوعة للهرمونات و وتختلف طبيعة هذه الاستجابات من هرمون إلى أخر وفيما يأتي استعراض لاستجابات بعضا من هذه الهرمونات.

١- استجابات هرمون التيستوستيرون للتمرين

تؤدي جرعة تمرين المقاومة إلى حدوث زيادة هامة في تركيز هرمون التيستوستيرون فوق مستويات الراحة لدى الذكور.وينخفض مستوى هذا الهرمون كلما طالت فترة دوام التمرين وفي فترة استعادة الشفاء بعد التمرين وإن الآثار الفسيولوجية النافعة أو الضارة التي تنتج عن انخفاض هذا الهرمون سواء أكانت من جراء طول فترة دوام التمرين أو في مرحلة استعادة الشفاء بعد التمرين غير معروفة لحد الآن.

٢- استجابات هرمون الأنسولين للتمرين

يؤدي التمرين إلى خفض تراكيز هرمون الأنسولين في الدورة الدموية وعندما تكون فترة التمرين طويلة يكون هنالك انخفاض كبير في تراكيز الأنسولين. كما تنخفض مستويات هذا الهرمون أيضا خلال التمرين ذو الشدة المتوسطة في حين لا تنخفض مستوياته عندما يكون التمرين بالشدة القصوى (٩٠%) من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين (Vo_2 max) ويرتفع مستوى هرمون الكلوكاكون استجابة للجهد البدني نتيجة لانخفاض مستوى الكلوكوز ليعمل على رفع مستواه مرة ثانية.

٢- استجابات هرمونات الكاتيكولامين

تظهر تمرينات المطاولة والمقاومة ارتفاعا في تراكيز الكاتيكولامين. ان الشدة وفترة دوام التمرين يكونان المحددان الأوليان لاستجابة الكاتيكولامين. حيث تكون الفترة القصيرة من الركض السريع (بضع ثواني) بالشدة القصوى كافية لرفع تراكيز كل من هرموني الابينيفرين والنورابينيفرين. وتوجد اختلافات (فروق) في استجابات الكاتيكولامين خلال الجهد البدني (التمرين) الذي تتميز بالشدة الأقل من القصوى إذ يبدو أنها تعتمد على فترة دوام التمرين في هذا المستوى من الشدة.

٣- استجابات هرمونات الغدة الدرقية للتمرين

إن استجابات الغدة الدرقية ال(T_4,T_3) للتمرين غير محسومة إذ وجد بان مستوياتها تزداد أو لا تغيير عن مستويات الراحة خلال التمرين في شدد متنوعة

كذلك لوحظ أن تأثير التمرين لم يكتشف حتى بعد عدة أيام من انتهاء جرعة التمرين.

٤- استجابات الهرمونات الأنثوية للتمرين

يؤدي الجهد البدني إلى زيادة مستوى الهرمونات الأنثوية وهما كل من الاستروجين والبروجستيرون وهذا بدوه يؤثر في تغيير عملية الحيض خاصة في الفعاليات الرياضية التي يستمر فيها الجهد لفترة زمنية طويلة.

٥-استجابات هرمونات الغدة جنب الدرقية للتمرين

لا يكون للجهد الخفيف والمتوسط الشدة أي تأثير على هرموني الباراثرمون والكاليستونين، في حين لوحظ في بعض الدراسات أن هنالك زيادة في تلك الهرمونات في الجهد البدني الذي يميز بالشدة العالية.

٦- استجابات الهرمونات المنظمة لسوائل الجسم

أن تراكيز اومستويات الهرمون المضاد للابالة والالدستيرون تزداد نتيجة للجهد البدني وأن استجابة هذين الهرمونيين متشابهه لدى الرجال والإناث. وتعد شدة التمرين المنبه أو الحافز الفعال لإفراز الهرمون المضاد للابالة والالدستيرون , إذ لوحظ أن هنالك استجابة كبيرة وهامة لهذين الهرمونيين نتيجة للجهد البدني العالي الشدة مقارنة بالجهد البدني المنخفض الشدة.

مكتب كشكول

للطباعة
و الاستنساخ
سحب pdf

سحب خرائط
ملازم دراسية
تجليد فني

موصل ـ المجموعة الثقافية
مقابل باب الرئاسة

الكشكول

Al Kshkool

للإستنساخ

- محاضرات جامعية
- تجليد فني
- سحب pdf
- ريزو
- استنساخ ملون

* كبس هويات
* ملازم دراسية
* سبايرول
* طباعة
* طباعة وسحب البحوث والاطاريح

0771 330 9033

موصل ـ المجموعة الثقافية ـ مقابل باب رئاسة الجامعة

kashkool.office@gmail.com