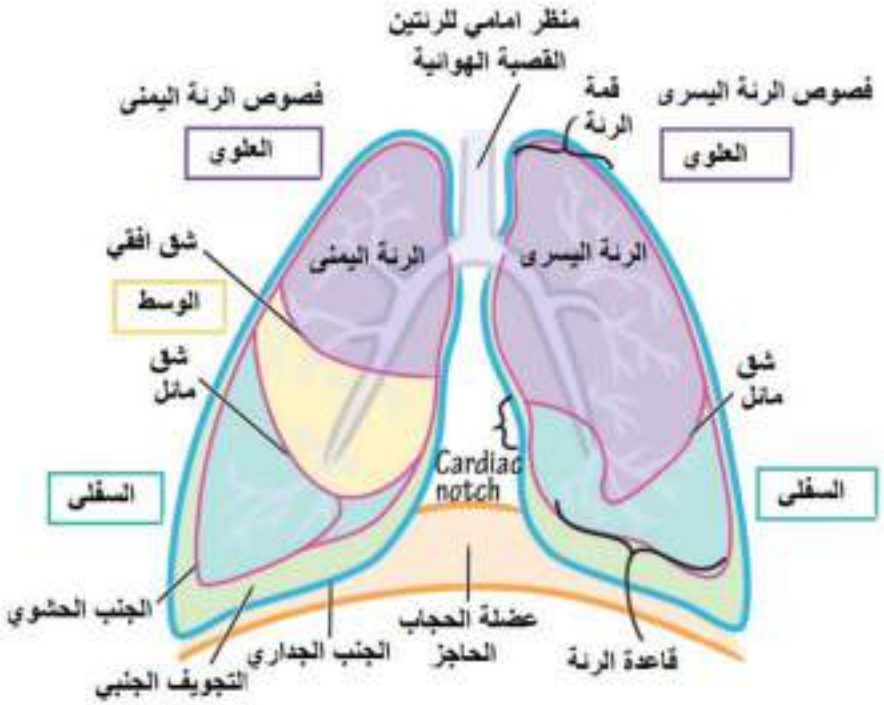
حيث يعمل هذا السائل كمزيت أو كمواد تشحيم ليقلل الاحتكاك بين سطحي غشائي الجنب داخل تجويف الجنب ، مما يسمح بعمل انزلاق أحد غشائي الجنب على الآخر. والشكل (38) يوضح تركيب الرئتين وغشاء الجنب .

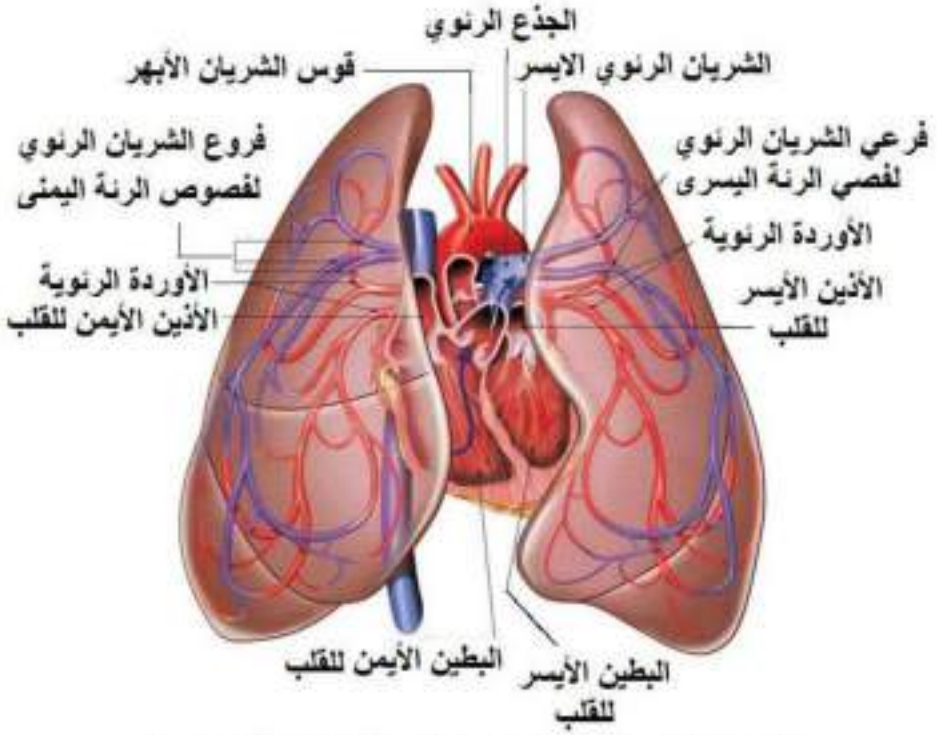


الشكل (38) يوضح تركيب الرئتين وغشاء الجنب

ويكون الضغط في التجويف الجنبي (الضغط داخل الجنب) أقل من الضغط الجوي ويصبح أقل أثناء الشهيق ، مما يتسبب في انتقال الهواء من البيئة أو الهواء الجوي أو المحيط إلى الرئتين.

ثالثا : الأوعية الدموية الرئوية Pulmonary Blood Vessels

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. والشكل (39) يوضح الرئتين والأوعية الدموية الرئوية.



الشكل (39) يوضح الرئتين والأوعية الدموية الرئوية

وظائف الجهاز التنفسي Respiratory System Functions

1- تجهيز جميع أعضاء الجسم بالأوكسجين ((O2)) وتخليصه من ثنائي اوكسيد الكاربون (C(O2)) بطرحه عن طريق الرئتين .

2- المحافظة على التوازن الحامضي – القاعدي .

3- تنظيم درجة حرارة الجسم والمحافظة عليها .

عملية التنفس Breathing

تتضمن عملية التنفس ما يأتي :-

أولاً: التنفس الخارجي : يمثل عملية التبادل الغازي بين هواء الحويصلات والدم .

ثانيا: التنفس الداخلي : يمثل عملية التبادل الغازي بين الدم وخلايا الجسم .

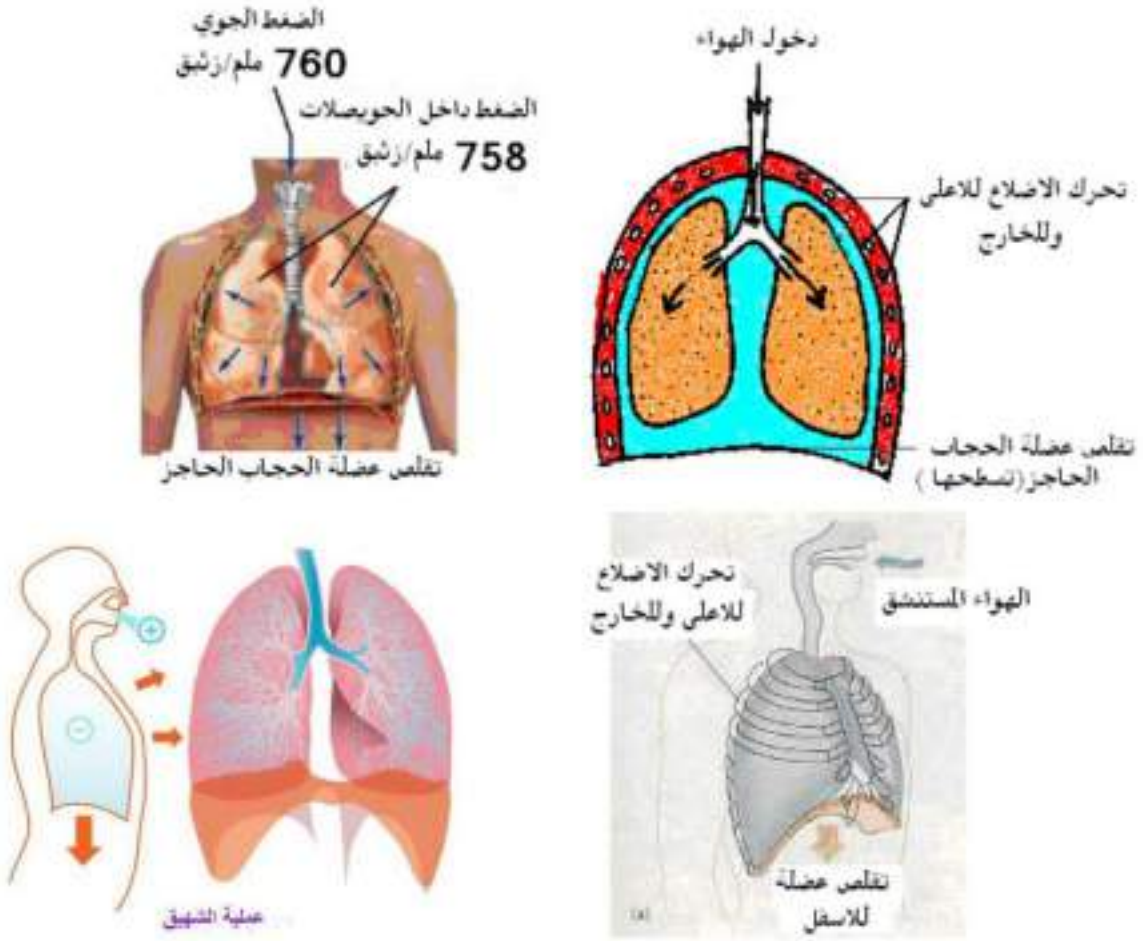
ميكانيكية (آلية) التنفس Mechanic of Breathing

تشمل عملية التنفس على عمليتين متعاقبتين هما :

أولا: عملية الشهيق Inspiration

إن عملية الشهيق في الإنسان هي عملية إيجابية أو نشطة أو فاعلة تحتاج إلى أمر دماغي ومن ثم جهد وانقباض عضلي لإتمامها ، ففي حالة التنفس الهادئ الطبيعي تتقلص العضلات الخارجية بين الأضلاع مسببة حركة الأضلاع وعظم القص إلى الأعلى وإلى الخارج ونتيجة لذلك تزداد 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 عند قاعدة الرئتين والذي يكون عادة حوالي (- 2.5) ملم. زئبق (نسبة إلى الغلاف الجوي) في بداية الشهيق إلى (- 6) ملم/زئبق. ونتيجة لذلك توسع الرئتان لإشغال التجويف الصدري المتوسع وتؤدي هذه العملية إلى انخفاض الضغط داخل الرئة (يعني داخل الحويصلات) بالمقارنة مع الضغط الجوي ، وبذلك يتدفق أو ينتقل الهواء إلى الرئتين ، أما في حالة الشهيق العميق فأن الضغط داخل الجنب قد ينخفض إلى قيمة تتراوح (- 30) ملم/زئبق . والشكل (40) يوضح عملية الشهيق.

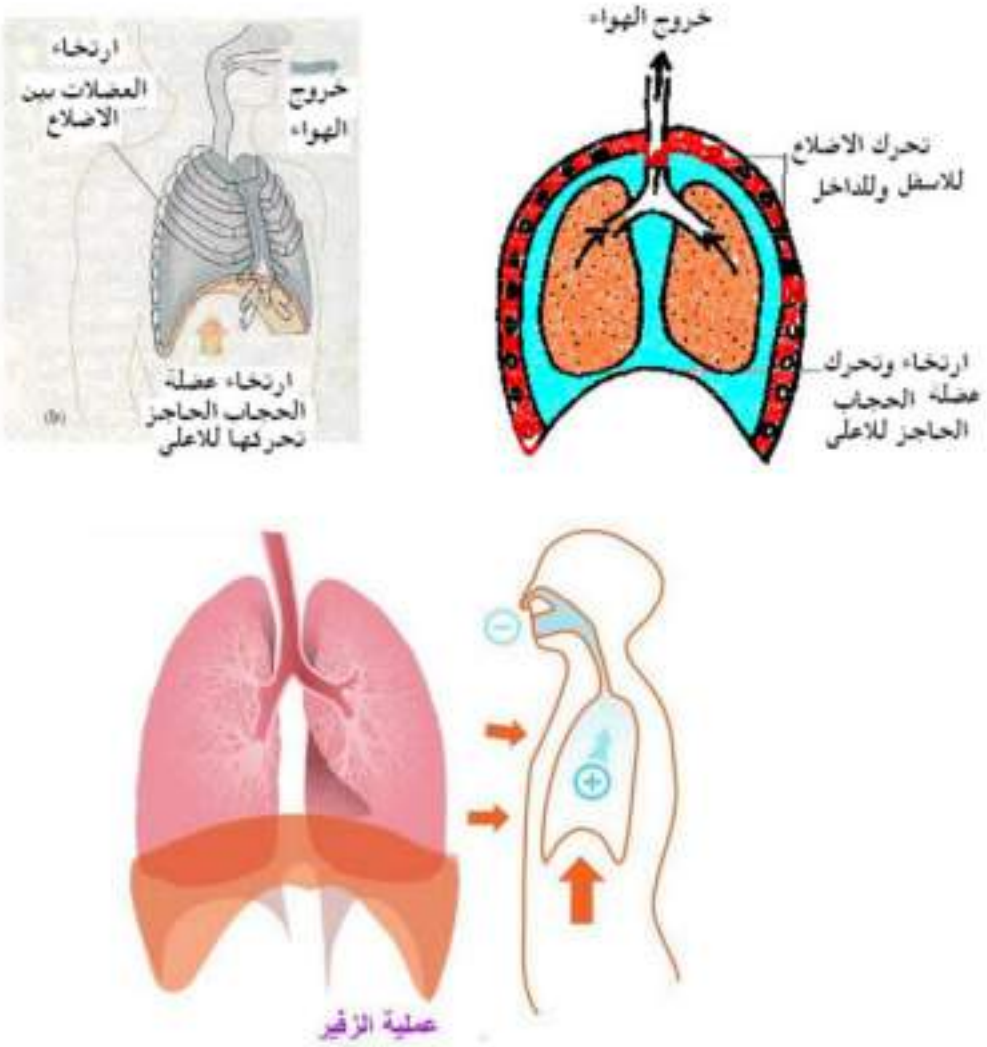


الشكل (40) يوضح عملية الشهيق

عملية الزفير Expiration

إن عملية الزفير هي 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 **(-6)** إلى **(-2)** ملم . زئبق ، وكذلك زيادة الضغط داخل الرئة ويؤدي هذا بالنتيجة إلى خروج الهواء من الرئتين ، وفي حالة الزفير القسري أو الإجباري فأن العضلات الوربية الداخلية بين الأضلاع تتقلص بشكل فعال وتعمل على شد الاضلاع وسحبها إلى الأسفل وإلى الداخل مما يؤدي إلى الانخفاض أو التقليل من حجم التجويف الصدري وكذلك العضلات البطنية أو الموجودة في جدار البطن والتي تشمل المستقيمة البطنية والعضلات المائلة الخارجية مؤدية إلى زيادة الضغط داخل البطن والذي

يساعد في دفع الحجاب الحاجز إلى الأعلى والشكل (41) يوضح عملية الزفير. وتجدر الإشارة الى أن عملية الزفير تصبح عملية فاعلة أو نشطة في حالتين : **الأولى** في حالة الزفير القسري كما يحدث أثناء التمارين البدنية أو الرياضية العالية الشدة والحالة **الثانية** عند وجود صعوبات في التنفس نتيجة تضيّق القصبات الهوائية كما في حالة الربو القصبي.



الشكل (41) يوضح عملية الزفير

يكون وقت الشهيق أطول من وقت الزفير كما نلاحظ توقف عند نهاية الشهيق ويتراوح معدل التنفس عند الرجل السوي **(12-18)** مره/دقيقة ويزداد هذا المعدل في حالات الحرارة والجهد البدني والانفعالات وغيرها من العوامل الأخرى ، ويكون معدل التنفس متزين أكثر لدى النساء مقارنة بالرجال بسبب صغر حجم التجويف الصدري لدى النساء مقارنة بالرجال.

الحجوم والسعات الرئوية Pulmonary Volumes and Capacities

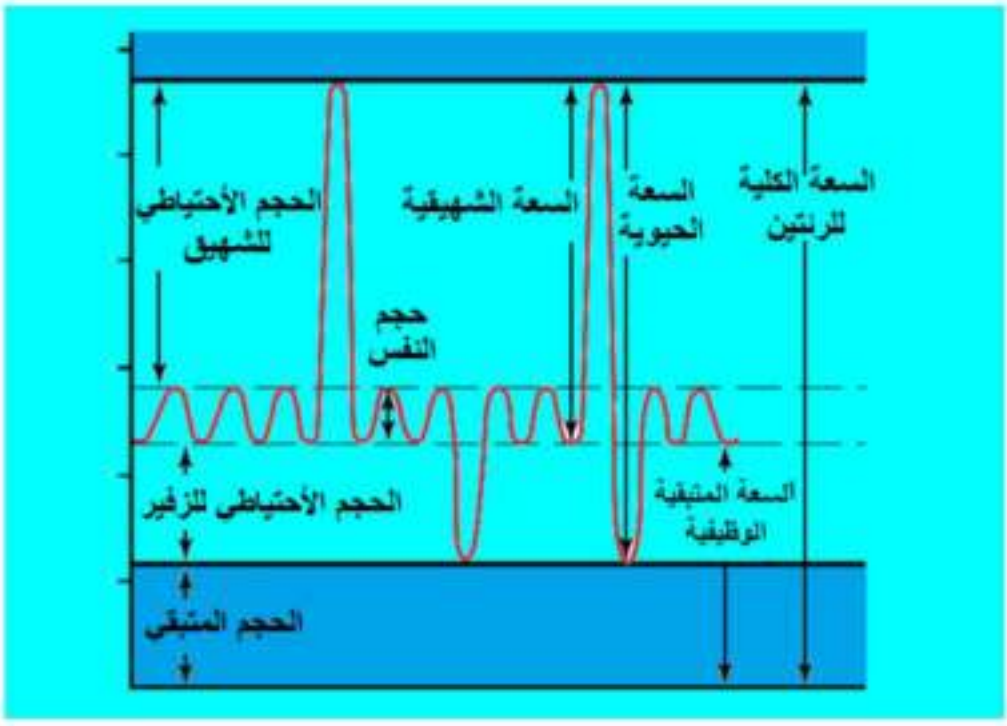
أولا: الحجوم الرئوية Pulmonary Volumes

1- حجم النفس (T V) : يمثل حجم الهواء المأخوذ بعملية الشهيق أو الزفير الاعتيادي وتبلغ القيم النموذجية لهذا الحجم (500) ملليلتر أو نصف **(0.5)** لتر.

2- الحجم الاحتياطي للشهيق (IRV) : يمثل أقصى كمية من الهواء يمكن أخذها بعملية الشهيق بعد الشهيق الاعتيادي. ومقداره **(2.5 – 3.5)** لتر.

3- الحجم الاحتياطي للزفير (ERV) : يمثل أقصى كمية من الهواء يمكن طرحها بعملية الزفير بعد الزفير الاعتيادي. ومقداره (1 – 1.5) لتر..

4- الحجم المتبقي (RV) : يمثل كمية الهواء المتبقية في الرئتين بعد أقصى زفير. ومقداره **(1.2)** لتر.
وتتغير الحجوم الرئوية تبعاً للعمر والجنس وحجم الجسم ولا سيما الطول . والشكل (42) يوضح الحجوم السعات الرئوية.



الشكل (42) يوضح الحجوم السعات الرئوية

ثانيا: السعات الرئوية Pulmonary Capacities

1- السعة الكلية للرئتين (TLC) : تمثل كمية الهواء الموجود في الرئتين بعد أقصى شهيق .

2- السعة الحيوية (VC) : تمثل أقصى كمية من الهواء يمكن طرحها بهواء الزفير بعد أقصى شهيق.

3- السعة المتبقية الوظيفية (FRC) : تمثل كمية الهواء المتبقية في الرئتين بعد نهاية الزفير الاعتيادي.
4- السعة الشهيقية (IC) : تمثل أقصى كمية من الهواء يمكن أخذها بهواء الشهيق بعد زفير اعتيادي.

حجم الحيز الميت التنفسي Volume of dead space gas

يمثل الحيز الموجود في الممرات التنفسية والذي يحتوي على الهواء الذي لا يتبادل مع الدم في الأوعية الشعرية الرئوية ويبلغ حجم هواء الحيز الميت تقريباً **(150 ملليلتر)**.

الضغوط الجزيئية للغازات Partial Pressures of Gases

إن الضغط الجزيئي لأي غاز هو ذلك الضغط الذي يسلطه هذا الغاز في مزيج من الغازات. يتألف الهواء الجوي من الغازات الآتية (الأوكسجين **((O2)) = 21%** ، ثنائي اوكسيد الكاربون **((C(O2)) = 0.04%** ، النيتروجين **(N_2) = 78%** ، وبقية الغازات الخاملة = **0.92%**. يتراوح الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر **(760)** ملم /زئبق أو **(1جو)**.

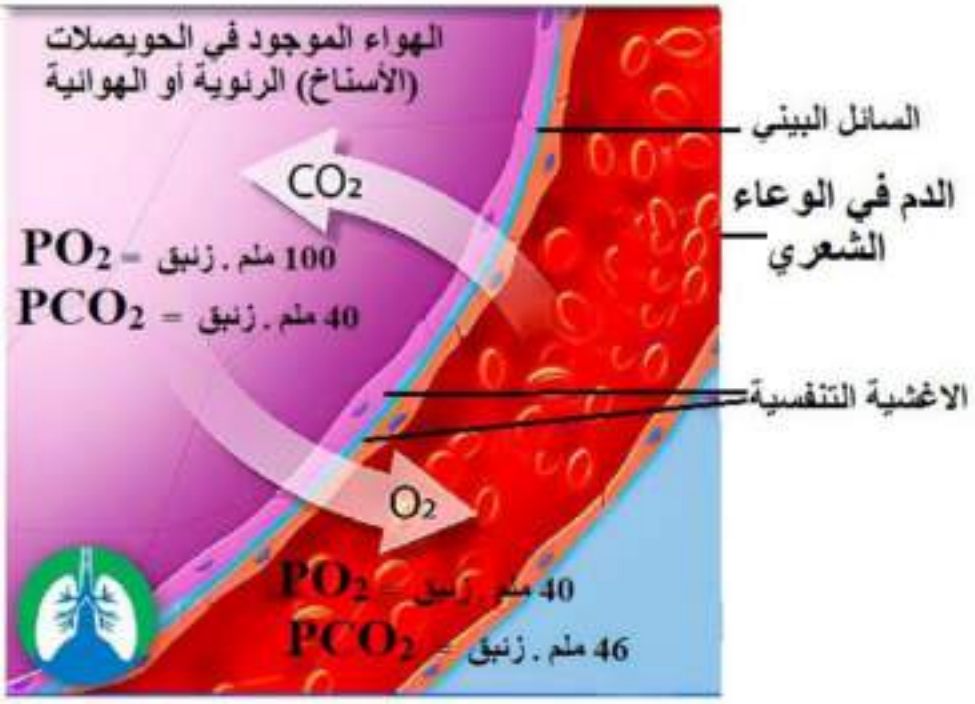
التبادل الغازي Gas Exchange

تتضمن عملية التبادل الغازي نوعين من التبادل إذ يطلق على تبادل الغازات في الرئتين بين هواء الحويصلة الرئوية أو الأسناخ والدم بالتبادل الرئوي أما تبادل الغازات بين الدم وخلايا الجسم فيطلق عليه التبادل النسيجي ، ويعتمد التبادل الرئوي والنسيجي على اختلاف الضغوط الجزيئية للأوكسجين **(P(O2))** ولثنائي اوكسيد الكاربون **(PC(O2))** 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. وفي ما يأتي توضيح للتبادل الرئوي (التنفس الخارجي) والتبادل النسيجي (التنفس الداخلي) .

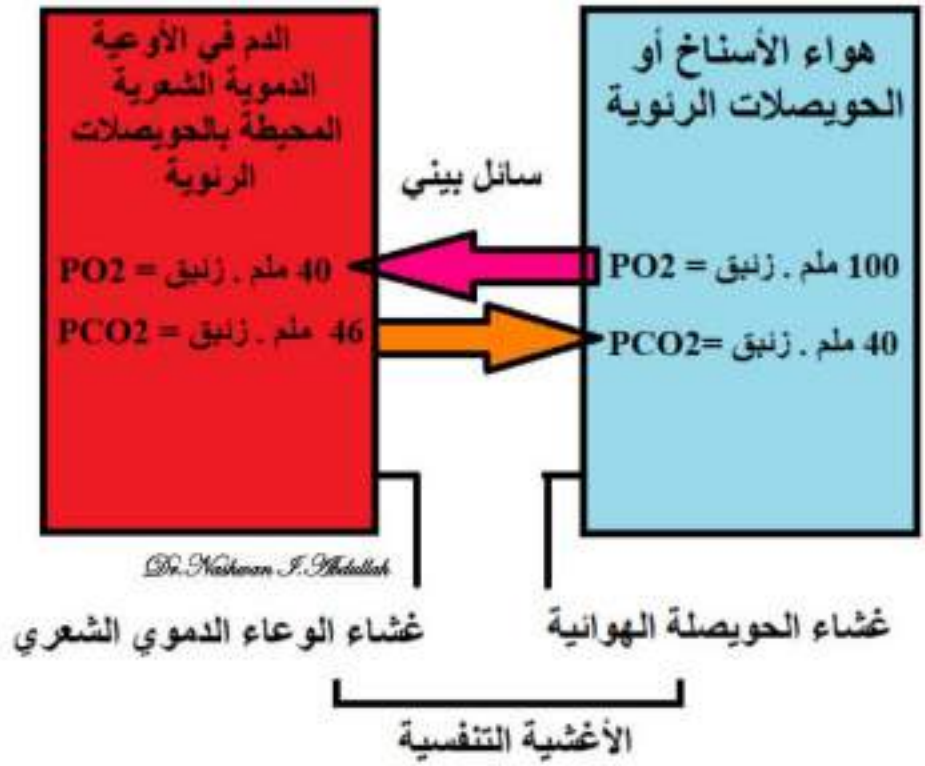
أولا : التبادل الرئوي (التنفس الخارجي) Pulmonary exchange (External Respiration)

وهي عملية تبادل الغازات التي تتم بين الهواء الذي يملأ تجاويف الحويصلات وبين الدم الذي يجري في شبكة الشعيرات الدموية أو الأوعية الدموية الشعرية المحيطة بجدار هذه الحويصلات ، وتتم عملية التبادل الرئوي عندما ينشأ على جانبي الأغشية التنفسية فرق في الضغط الجزيئي لغاز الأوكسجين **(PO2)** وثنائي اوكسيد الكاربون **(PCO2)** في هواء الحويصلات والدم الموجود في الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات الرئوية أو الهوائية وكما يأتي :-

1- يكون الضغط الجزيئي للأوكسجين **(PO2)** في هواء الحويصلات **(100) ملم/زئبق** ولثنائي اوكسيد الكاربون **(PCO2) (40) ملم/زئبق** .
2- يكون الضغط الجزيئي للأوكسجين **(PO2)** في دم الشعيرات الدموية المحيطة بالحويصلات**(40) ملم/زئبق** ولثنائي اوكسيد الكاربون **(PCO2) (46) ملم/زئبق**.
3- وبما أن جزيئات أي غاز تنتشر تبعاً للفرق في ضغطه الجزئي على جانبي الغشاء فأن النتيجة الحتمية هي انتقال الاوكسجين **(O2)** من الحويصلات منطقة الضغط الجزيئي العالي للأوكسجين إلى الدم منطقة الضغط الجزيئي الأقل للأوكسجين ، وانتقال ثنائي اوكسيد الكاربون**(CO2)** من الدم منطقة الضغط الجزيئي العالي لثنائي اوكسيد الكاربون إلى الحويصلات منطقة الضغط الجزيئي الأقل لثنائي اوكسيد الكاربون ، والشكل (43 أ ، ب) يوضح عملية التبادل الغازي بين الدم والحويصلات أو التبادل الرئوي أو التنفس الخارجي.



الشكل (43 أ) يوضح التبادل الرئوي (التنفس الخارجي)



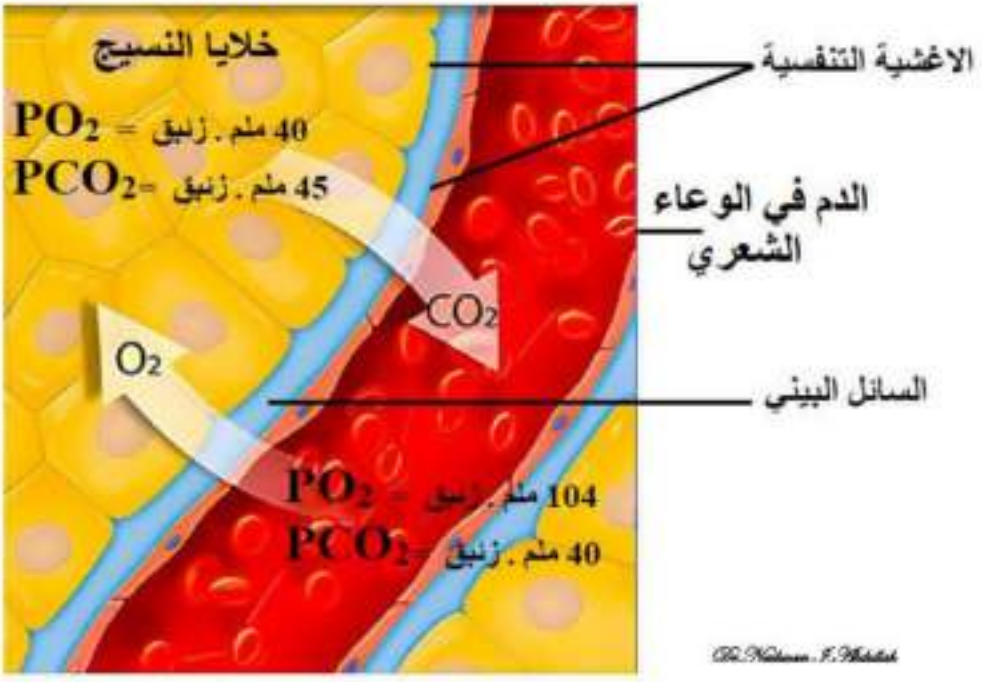
الشكل (43 ب) يوضح التبادل الرئوي (التنفس الخارجي)

وتجدر الإشارة إلى أن أية حالة مرضية تؤدي إلى زيادة السائل البيني الموجود بين الغشائيين (مثل حالة الدم المائي الرئوي) ، أو زيادة في سمك الغشائيين وتحولهما إلى نسيج ليفي يمكن أن تؤثر على عملية التبادل الغازي بين الحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية.

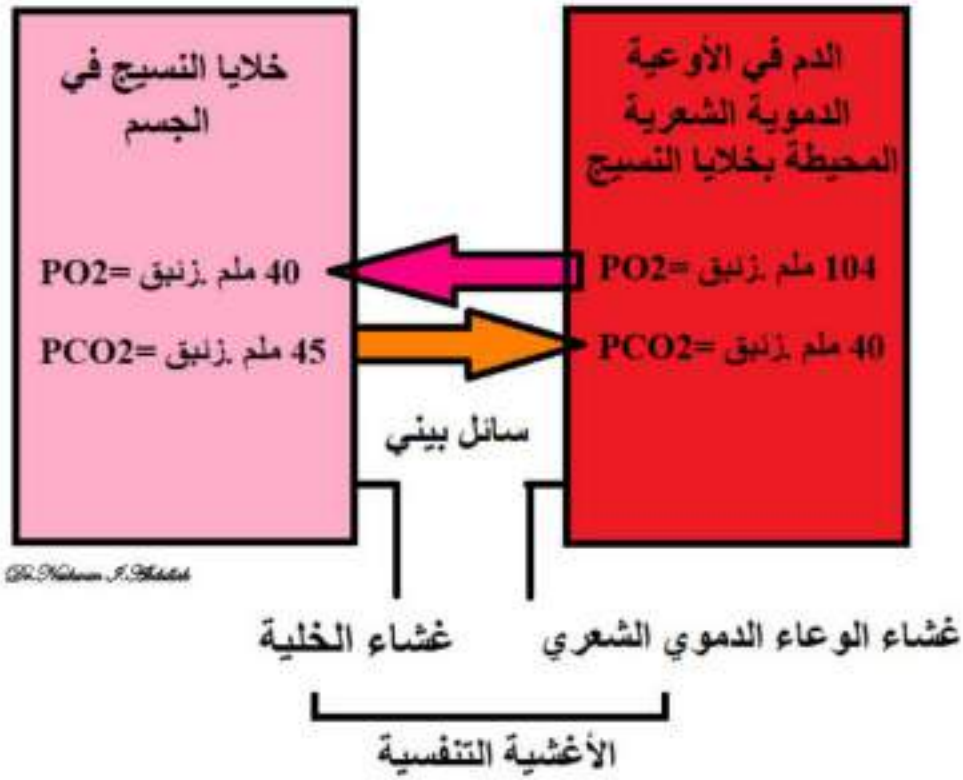
2- التبادل النسيجي (التنفس الداخلي) (Tissue exchange (Internal Respiration)

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

1- يكون الضغط الجزيئي للأوكسجين **(PO2)** في الدم الواصل إلى الشعيرات الدموية المحيطة بخلايا الأنسجة **(104)** ملم/زئبق، بينما يكون لثنائي أوكسيد الكاربون **(PCO2)** **(40)** ملم/زئبق.
2- يكون الضغط الجزيئي للأوكسجين (PO2) في خلايا الأنسجة **(40)** ملم/زئبق ، بينما يكون الضغط الجزيئي لثنائي أوكسيد الكاربون **(PCO2)** **(45)** ملم/زئبق ، وتتم عملية تبادل الغازات تبعاً لفرق الضغط بواسطة الانتشار عبر الجدار الرقيق للشعيرات الدموية حيث ينتقل الاوكسجين **(O2)** من الدم منطقة الضغط الجزيئي العالي للأوكسجين إلى الخلايا منطقة الضغط الجزيئي الواطئ للأوكسجين ، بينما ينتقل ثنائي اوكسيد الكاربون **(CO2)** من الخلايا منطقة الضغط الجزيئي العالي لثنائي اوكسيد الكاربون إلى الدم منطقة الضغط الجزيئي الواطئ لثنائي اوكسيد الكاربون . والشكل (44 أ ، ب) يوضح التبادل النسيجي (التنفس الداخلي).



الشكل (44 أ) يوضح التبادل النسيجي (التنفس الداخلي)



الشكل (44 ب) يوضح التبادل النسيجي (التنفس الداخلي)

العوامل المؤثرة في انتشار الغازات (التبادل الغازي)

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

1- نضوحية الغشاء التنفسي.
2- المساحة السطحية.
3- الضغوط الجزيئية للغازات في الدم والحويصلات والدم وخلايا انسجة الجسم المختلفة.
4- حجم الدم المعرض للحويصلات الرئوية.
5- ذوبان الغازات.

تنظيم التنفس Regulation of Respiration

أولاً: السيطرة العصبية على التنفس (الآلية العصبية) Neural Control of Respiration
ثانيا: السيطرة الكيمياوية على التنفس Chemical Control of Respiration

أولاً: السيطرة العصبية على التنفس (الآلية العصبية) Neural Control of Respiration

هناك آليتين عصبيتين لتنظيم التنفس هما :

1- الجهاز الإرادي : الذي يقع في قشرة المخ ويقوم بإرسال نبضات عصبية عن طريق الخلايا العصبية الحركية التنفسية بواسطة الحزم القشرية الشوكية .

2- الجهاز الذاتي (المركز التنفسي) : الذي يقع في منطقتين في الدماغ هما : الجسر والنخاع المستطيل يتكون المركز التنفسي من مجموعة من الخلايا العصبية الواقعة في الجسر والنخاع المستطيل .

ويتألف المركز التنفسي من أربعة أقسام هي كما يأتي :

أ- **مجموعة الخلايا العصبية الظهرية التنفسية (المركز الشهيقي)** : التي تقع في النخاع المستطيل ويؤدي تحفيزها إلى إحداث عملية الشهيق فقط .

ب- **مجموعة الخلايا العصبية التنفسية البطنية :** التي 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 :** الذي يقع في منطقة الجسر ويعمل على تثبيط أو اعاقة فعالية الشهيق إما من خلال مركز الابينوستيك أو من خلال التأثير المباشر على المركز الشهيقي .

د- **مركز الابينوستيك :** الذي يقع في منطقة الجسر ويعمل على تحفيز عملية الشهيق ، وتتم عملية تثبيط أواعاقة فعالية هذا المركز من خلال مركز النيوموتاكسك . والشكل (45) يوضح اقسام المركز التنفسي.



الشكل (45) يوضح اقسام المركز التنفسي

ثانيا : السيطرة الكيمياوية على التنفس Chemical Control of Respiration

هناك ثلاث عوامل كيميائية تعمل على تنظيم التهوية الرئوية وهي كما يأتي :

1- الضغط الجزيئي للأوكسجين **(PO2)** .

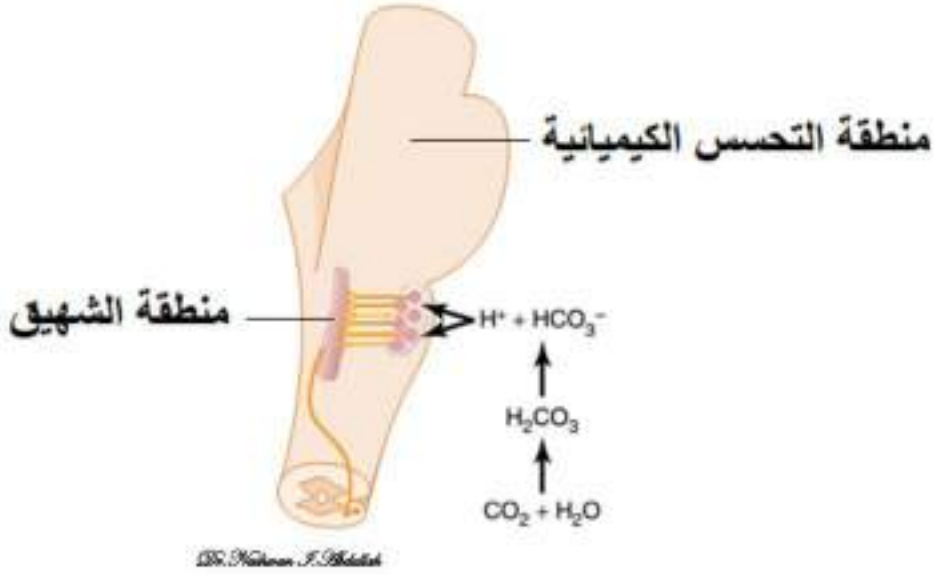
2- الضغط الجزيئي لثنائي أوكسيد الكاربون **(PCO2)** .

3- تركيز أيونات الهيدروجين **(H^+)** .

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

أ- المستقبلات الكيمياوية المركزية Central chemoreceptors

تقع هذه المستقبلات في السطح البطيني للنخاع المستطيل وتكون عالية الحساسية للتغيرات الحاصلة في الضغط الجزيئي لثنائي أوكسيد الكاربون **(PCO2)** وتركيز أيونات الهيدروجين **(H^+)** في الدم . والشكل (46) يوضح المستقبلات الكيمياوية المركزية.



الشكل (46) يوضح المستقبلات الكيمياوية المركزية

ب- المستقبلات الكيمياوية المحيطية Peripheral Chemoreceptors

تتحفز عند انخفاض الضغط الجزيئي للأوكسجين **(PO2)** ، وتكون أكثر حساسية للتغيرات الحاصلة في الضغط الجزيئي للأوكسجين **(PO2))** وأقل حساسية للتغيرات الحاصلة في الضغط الجزيئي لثنائي أوكسيد الكاربون **(PCO2)** وتركيز ايونات الهيدروجين **(H^+)** في الدم. (انظر الشكل (47)). وتتكون المستقبلات الكيمياوية المحيطية من مجموعتين هما كما يأتي :

1- الأجسام السباتية (Carotid Bodies) : التي تقع عند منطقة تفرع الشرايين السباتية العامة .

2- الأجسام الأبهرية (Aortic Bodies) : التي تقع في القوس الأبهري أو قوس الشريان الأبهر .



الشكل (47) يوضح المستقبلات الكيمياوية المحيطية

التهوية الرئوية Pulmonary Ventilation

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 **(6)** لتر/دقيقة ، وإن زيادة عمق التنفس أو معدل التنفس أوكلاهما ستؤدي إلى زيادة تهوية الدقيقة **(VE)** ، وفي حالة التمرين المجهد يزداد معدل التنفس أو عدد مرات التنفس في الدقيقة **(fr)** في الشخص اليافع إلى **(35-45)** نفس / دقيقة والى حوالي**(40-50)** نفس / دقيقة في الذكور الشاب النشطين بدنيًا ، وقد يصل معدل التنفس إلى **(60)** نفس/دقيقة لدى الذكور و **(76)** نفس /دقيقة في الإناث في أثناء التمرين القصوى للتزلج الاولمبي السريع ، ويعد وصول حجم النفس إلى **(2)** لتر/دقيقة أو أكثر من الأمور المألوفة في أثناء التمرين فقد يرتفع حجم النفس **(TV)** إلى حوالي **(3 - 4)** لترات ، ويمكن أن يزيد (حجم النفس **(TV)** لدى رياضيين التحمل الذكور على المستوى الاولمبي عن (5) لترات.

ويمكن حساب التهوية الرئوية كما يأتي :-

التهوية الرئوية = معدل التنفس (مرة / دقيقة) × حجم النفس (ملليلتر أو لتر)

(6) لتر/ الدقيقة = (12) مرة / دقيقة × (500) ملليلتر أو (0.5 لتر)

التهوية الرئوية في أثناء التمرين Pulmonary Ventilation During Exercise

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 ($O2$) وتتراوح ما بين (**20 و 25**) 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 قبل بدء التمرين والسبب المحتمل لهذه الزيادة هي الإشارات الناتجة عن تحفيز القشرة المخية عن توقع الفرد الرياضي لما سيقوم به من عمل عضلي أو ما يسمى بحالة حمى البداية التي تسبق التمرين أو الجهد البدني.

ثانيا: التغيرات في التهوية الرئوية خلال التمرين

هناك تغيران رئيسيات يحدثان في التهوية الرئوية هما ما يأتي :

1- 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 الحسية الموجودة في العضلات والمفاصل نتيجة العمل العضلي .

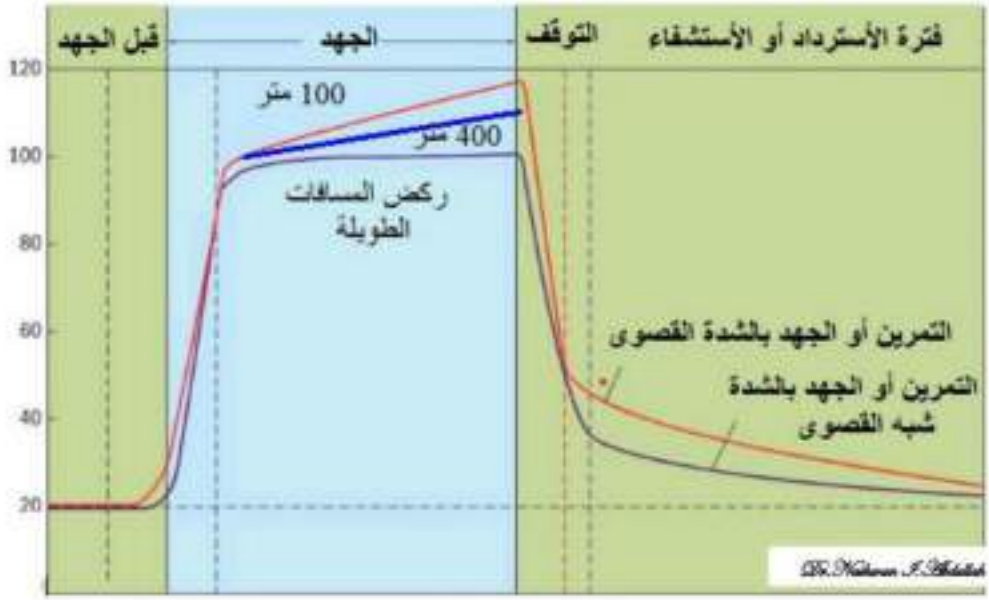
2- يتحول الارتفاع السريع في التهوية الرئوية إلى ارتفاع تدريجي بعد استمرار الفعالية الرياضية ، ويأخذ هذا الارتفاع المستوى الأفقي في التمارين التي تمتاز بالشدة شبه القصوى كما في ركض المسافات الطويلة أما في التمارين التي تمتاز بالشدة القصوى فإن ذلك يعتمد على طول المسافة فكلما قصرت المسافة كان الارتفاع التدريجي إلى الأعلى وكلما زادت المسافة فإن الارتفاع التدريجي يتجه باتجاه اليمين أي يكون أكثر أفقية كما في عدو (**100 متر و 400 متر**) . والشكل (50) يوضح التغيرات التي تحدث في التهوية الرئوية قبل واثناء وبعد الجهد البدني بالشدة القصوى وشبه القصوى.

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

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

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

2- 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 الكاربون باتجاه القيم الطبيعية . والشكل (48) يوضح التغيرات التي تحدث في التهوية الرئوية قبل واثناء وبعد الجهد البدني بالشدة القصوى وشبه القصوى.



الشكل (48) يوضح التغيرات التي تحدث في التهوية الرئوية قبل واثناء وبعد الجهد البدني بالشدة القصوى وشبه القصوى

تهوية الحويصلات Ventilation of the alveoli

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 **(150-200)** مل والذي يؤلف **(30%)** 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)
= 12 مرة / دقيقة X (500 ملليلتر – 150 ملليلتر)
= 4200 ملليلتر/ دقيقة ÷ 1000 = 4.2 لتر / دقيقة

يتضح أن تهوية الحويصلات في أثناء الراحة هي بحدود **(4.2)** 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.

التغيرات الفسلجية الناتجة عن التدريب الرياضي في الجهاز التنفسي

تؤدي تدريبات المطاولة الهوائية إلى حدوث العديد من التكيفات الوظيفية في الجهاز التنفسي وفي ما يأتي تلخيص **للتغيرات الفسلجية الناتجة عن تدريبات المطاولة الهوائية في الجهاز التنفسي** :-

1- زيادة معظم حجوم الرئة (الحجم الاحتياطي للشهيق والزفير والحجم المتبقي والحجم الكلي للرئتين والسعة الحيوية)

2- زيادة كفاءة ومطاولة العضلات التنفسية .

3- زيادة مساحة سطح التبادل الغازي .

4- زيادة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين **(V(O2) max)** .

5- زيادة التهوية الرئوية القصوى وفعاليتها .

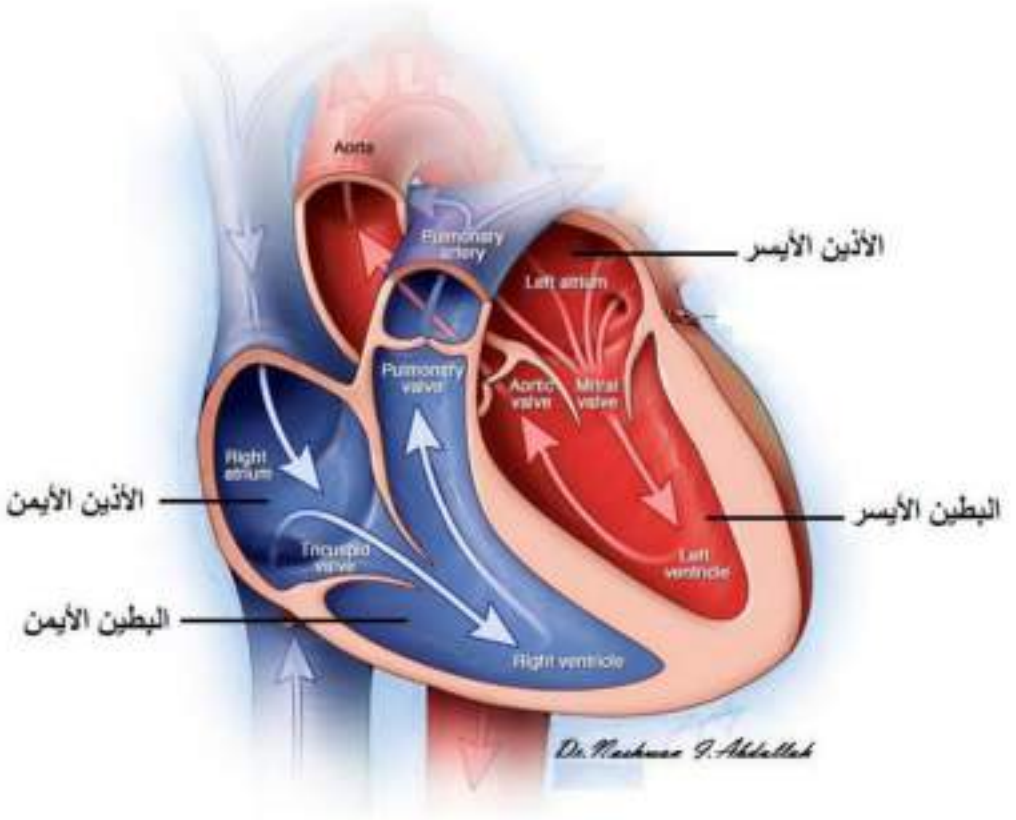
الفصل السادس

الجهاز القلبي الوعائي The Cardiovascular System

يتألف الجهاز القلبي الوعائي من القلب والشرايين والأوردة والأوعية الشعرية. وان وظيفة هذه المنظومة القلبية الوعائية هي التجهيز المستمر لحاجات الجسم من الاوكسجين (O2) والمواد الغذائية الاخرى عن طريق الدم . وفي ما يأتي توضيح لمكونات الجهاز القلبي الوعائي :

القلب The Heart

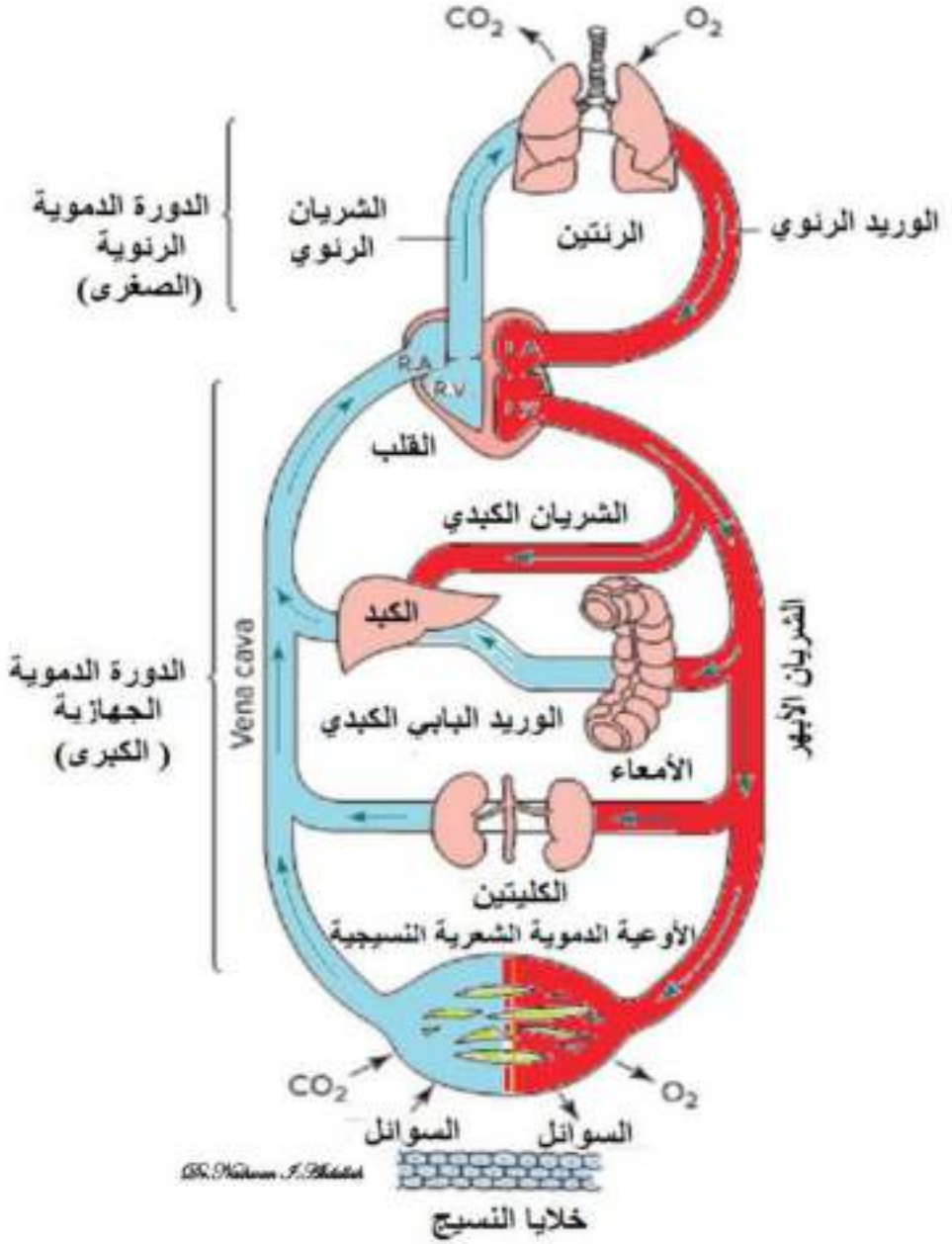
هو عضو عضلي اجوف يوجد في منتصف الصدر بين الرئتين وخلف عظم القص ، ويغلف من الخارج بغلاف رقيق يسمى غشاء التامور(Pericardium) ، حيث يأخذ هذا الغشاء شكل كيس يحمي القلب ويحتويه , ويتألف القلب من اربعة تجاويف اذينين (Atrium) (أيمن وأيسر) وبطينين (Ventricles) (أيمن وأيسر). وظيفته ضخ الدم في الشرايين وعن طريقها الى انحاء الجسم الاخرى كما انه يستقبل الدم العائد عبر الأوردة. يتم فصل الجانب الأيمن من القلب عن الجانب الأيسر بواسطة جدار عضلي يسمى الحاجز بين البطينين ويعمل هذا الحاجز على منع اختلاط الدم بين جانبي القلب الايمن والأيسر ، بينما يتم فصل خلايا عضلة القلب في الأذينين عن خلايا عضلات البطينين أو فصل الأذينين عن البطينين بواسطة طبقة من النسيج الضام الذي لا يسمح بنقل النبضات الكهربائية. وبالتالي ينقبض الأذينين بشكل منفصل عن البطينين. والشكل (49) يوضح تجاويف القلب الأربعة.



الشكل (49) يوضح تجاويف القلب الأربعة

الدورة الدموية الكبرى أو الجهازية Systemic Circulation

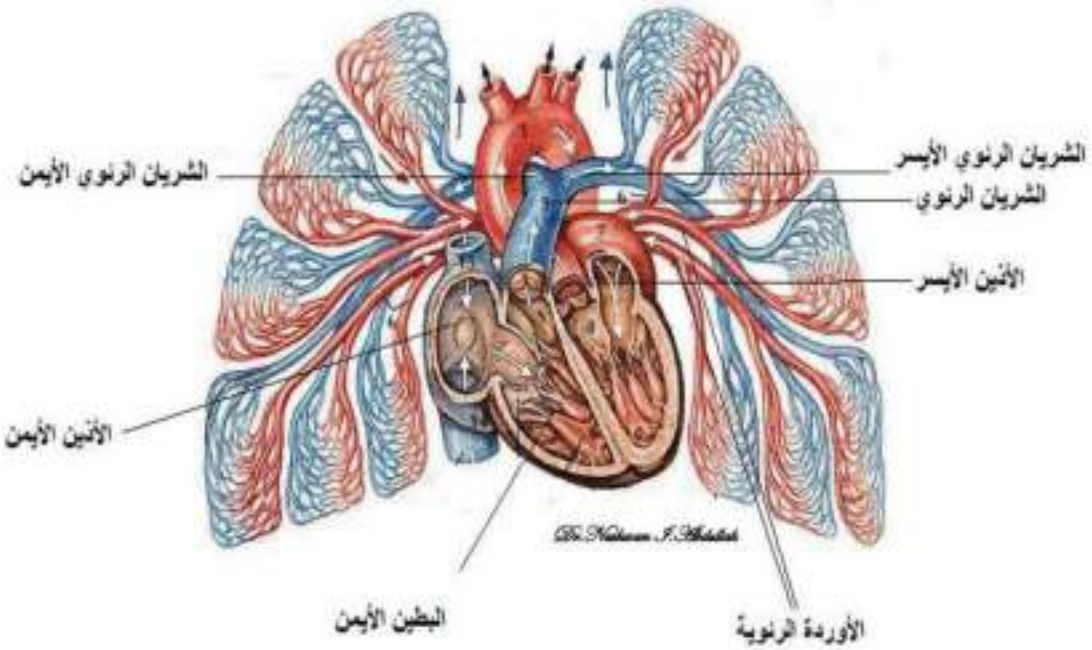
وهي الدورة التي يتم من خلالها تجهيز اجهزة الجسم المختلفة بالأوكسجين (O2) والمواد الغذائية الاخرى . تبدأ هذه الدورة بضخ الدم المحمل بالأوكسجين (O2) من البطين الأيسر نتيجة انقباضه إلى الشريان الابهر الذي يقوم بنقله أو تمريره إلى شبكة من الشرايين والشريانات والاوعية الدموية الشعرية وبعد إتمام عملية التبادل الغازي ينتقل الدم المحمل بثنائي اوكسيد الكاربون (CO2) 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 (50) يوضح الدورة الدموية الجهازية والرئوية.



الشكل (50) يوضح الدورة الدموية الكبرى والصغرى

الدورة الدموية الرئوية (الصغرى) Pulmonary Circulation

وهي الدورة التي يتم من خلالها نقل الدم المحمل بثنائي اوكسيد الكاربون (CO_2) 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. والشكل (51) يوضح الدورة الدموية الرئوية (الصغرى)



الشكل (51) يوضح الدورة الدموية الرئوية (الصغرى)

التغذية الدموية القلبية (الدورة التاجية) Cardiac Blood Supply (Coronary Circulation)

وهي دورة دموية خاصة بعضلة القلب نفسها ، وتعد اقصر دورة دموية ، هدفها التجهيز المستمر لعضلة القلب بكميات كافية من الدم المحمل بالأوكسجين (O_2) 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 (80%) من الدم الذي يغذي الجانب الأيسر والجزء الباقي من الجانب الأيمن للقلب ، والشكل (52 أ ، ب) يوضح الدورة التاجية لتغذية عضلة القلب.

وتتلخص الدورة التاجية بما يأتي :

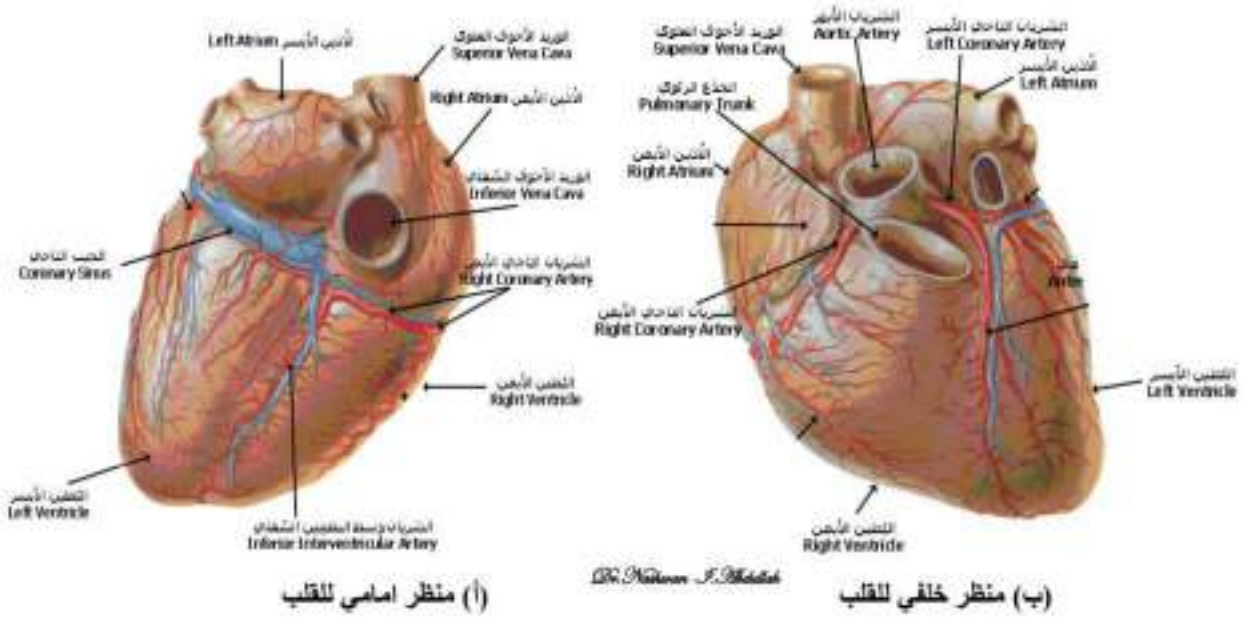
1- تتغذى كل لبغة عضلية من عضلة القلب بالدم عن طريق الشريانات والشعيرات الدموية.

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

3- يصب الجيب التاجي في الأذين الأيمن.

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

5- 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 التي تصب الدم في الأذين الأيمن مباشرة.



(أ) منظر امامي للقلب (ب) منظر خلفي للقلب

الشكل (52 أ ، ب) يوضح الدورة التاجية لتغذية القلب

جهاز التوصيل في القلب Conduction system in the heart

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

1- العقدة الجيبية الأذينية Sinoatrial Node (S – A) Node

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

2- العقدة الأذينية البطينية Atrioventricular Node (A - V) Node

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

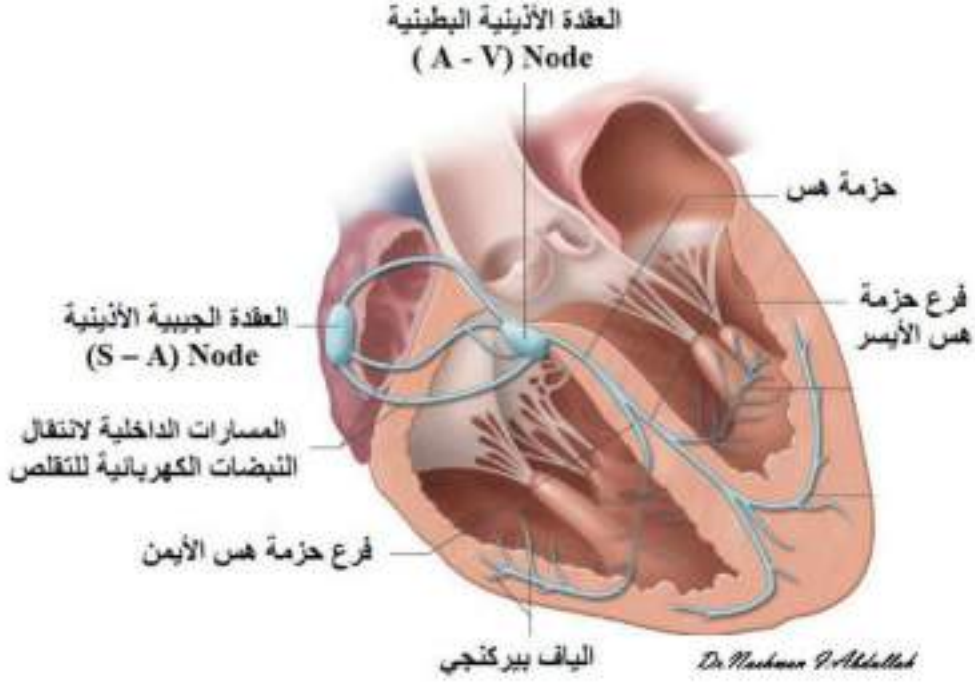
3- حزمة هس Bundle of His

عبارة عن مجموعة من خلايا عضلة القلب المتخصصة في التوصيل الكهربائي كجزء من نظام التوصيل الكهربائي للقلب ، تقوم بنقل النبضات الكهربائية من العقدة الأذينية البطينية (الواقعة بين الأذينين والبطينين) إلى نقطة قمة فروعي حزمة هس اليمنى واليسرى التي تؤدي بعد ذلك إلى ألياف بيركنجي التي توفر التوصيل الكهربائي للبطينين وبالتالي الى انقباضهما. والشكل (53) يوضح جهاز التوصيل في القلب.

وتقسم هذه الحزمة إلى فرعين :

أ- فرع الحزمة الأيمن. Right Bundle of His

ب- فرع الحزمة الأيسر. Left Bundle of His



الشكل (53) يوضح جهاز التوصيل في القلب

4- ألياف أو شبكة بيركنجي Purkinje Fibers

توجد بصورة رئيسية أسفل البطانة الداخلية لكل بطين وتقوم بإيصال النبضات الكهربائية القلبية إلى جميع أجزاء البطينين بسرعة وكفاءة أكبر من أي خلية أخرى في نظام التوصيل الكهربائي للقلب. تسمح ألياف بيركنجي لنظام التوصيل في القلب بإنشاء تقلصات متزامنة في البطينين وهي ضرورية للحفاظ على إيقاع ثابت للقلب.

آلية نبض القلب Heartbeat Mechanism

تتلخص آلية نبض القلب في النقاط الآتية :

1- تنشأ موجة النبض في العقدة الجيبية الأذينية .

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

3- تنتقل هذه الموجة إلى العقدة الأذينية البطينية ثم إلى حزمة هيس وفرعيها الأيمن والأيسر.
4- تنتقل موجة النبض من فرعي حزمة هيس إلى ألياف أو شبكة بيركنجي.
5- تقوم ألياف أو شبكة بيركنجي بنقل 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 ثم يعقبها تقلص البطينين.
والشكل (54) يوضح الية نبض القلب.



الشكل (54) يوضح آلية نبض القلب

آلية تنظيم نبض القلب Mechanism of Regulating the Heartbeat

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 هما:

1- مركز التثبيط القلبي Cardio Inhibition Center

يعمل هذا المركز على تقليل سرعة القلب (النبض) وإضعافه من خلال إرساله لنبضات عصبية إلى العصب التائه أو المبهم أو العاشر (عصب باراسمبثاوي أو اللاودي أو نظير الودي) الذي يتصل بالقلب والذي يعمل عند تحفيزه على إبطاء أو تقليل سرعة القلب وتوصيله. وتنشأ الألياف العصبية الباراسمبثاوية التي تعصب القلب من الخلايا العصبية في مركز التحكم في القلب والأوعية الدموية في النخاع المستطيل وتشكل جزءا من العصب المبهم. عند الوصول إلى القلب تتلامس هذه الألياف مع كل من العقدة الجيبية الأذينية والعقدة الأذينية البطينية (انظر الشكل 55) . وتكون طريقة أو آلية التأثير الباراسمبثاوي (اللاودي أو نظير الودي) على النحو الآتي: -
يؤدي تحفيز الأعصاب الباراسمبثاوية للقلب (العصب التائه أو المبهم أو العاشر الذي يتصل بالقلب) إلى إطلاق الناقل العصبي الأستيل كولين عند النهايات المبهمة ، ويكون لهذا الناقل العصبي تأثيران رئيسيان على القلب هما :
الأول : يقلل من معدل إيقاع العقدة الجيبية الأذينية .
الثاني : يقلل من استثارة ألياف التوصيل للعقدة الأذينية البطينية (A-V) والموجودة بين العضلات الأذينية والعقدة الأذينية البطينية (A-V) الأمر الذي يؤدي إلى إبطاء انتقال النبضات القلبية إلى البطينين ، والنتيجة النهائية هي انخفاض معدل ضربات القلب. لذلك ، يعمل الجهاز العصبي الباراسمبثاوي كنظام كبح لإبطاء معدل ضربات القلب.

وتجدر الأشارة الى أنه يمكن أن تؤدي التغيرات في نشاط الجهاز العصبي الباراسمبثاوي الى زيادة أو نقصان معدل ضربات القلب. على سبيل المثال يمكن أن يؤدي انخفاض نشاط الجهاز العصبي الباراسمبثاوي المجهز للقلب إلى رفع معدل ضربات القلب ، في حين تؤدي زيادة نشاط الجهاز العصبي الباراسمبثاوي المجهز للقلب إلى تباطؤ معدل ضربات القلب.

2- المركز المسرع للقلب Cardio Acceleration Center

يعمل هذا المركز على زيادة سرعة القلب (النبض) وتقويته من خلال تحفيزه للعصب السمبثاوي (الودي) ، إذ يزيد التحفيز أو التنبيه الودي من النشاط الكلي للقلب ويتسبب بشكل أساسي في التأثيرات المعاكسة للقلب مثل تلك الناتجة عن تحفيز العصب المبهم (التائه أو العاشر) وعلى النحو الآتي : -

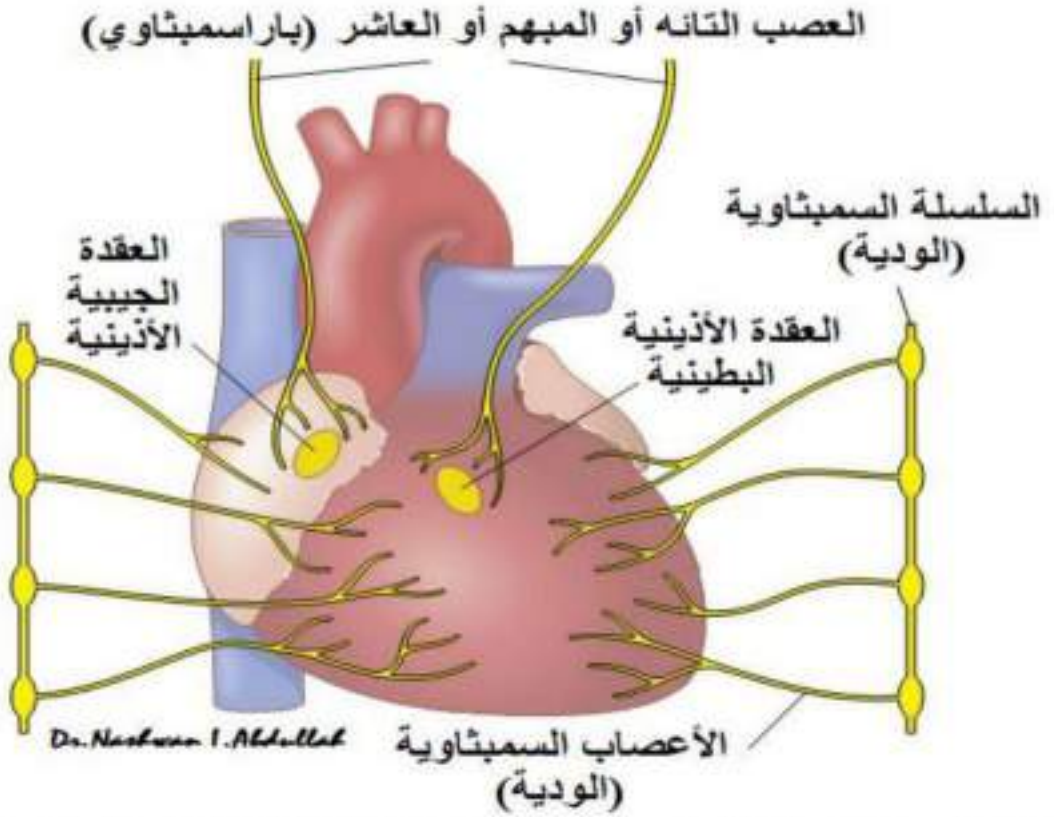
1- يزيد التحفيز أو التنبيه الودي من معدل اطلاق العقدة الجيبية الأذينية ويمكن للتحفيز الأقصى أن يضاعف تكرار أو عدد ضربات القلب الى ثلاث اضعاف تقريبًا.

2- يزيد التحفيز أو التنبيه الودي من معدل التوصيل وكذلك مستوى الاستثارة في جميع أجزاء القلب.

3- يزيد التحفيز أو التنبيه الودي من قوة تقلص عضلة القلب (الأذينين والبطينين) بمقدار الضعف.

وإن آلية التأثير السمبثاوي أو الودي تكون على النحو الآتي: -

عند تحفيز الأعصاب السمبثاوية يطلق النورإبينفرين من النهايات العصبية الودية ويحفز النورابينفرين بدوره مستقبلات بيتا (1) الأدرينالية (beta-1 adrenergic) التي تتوسط التأثير على معدل ضربات القلب. إن الطريقة أو الآلية الدقيقة التي يعمل بها التحفيز الأدرينالي بيتا -1 على ألياف عضلة القلب غير واضحة إلى حد ما. والشكل (58) يوضح أعصاب القلب السمبثاوية (الودية) والباراسمبثاوية (اللاودية أو نظير الودي).



الشكل (55) يوضح أعصاب القلب السمبثاوية (الودية) والباراسمبثاوية (اللاودية أو نظير الودي)

تعد الفروع السمبثاوية والباراسمبثاوية للجهاز العصبي الذاتي المتضادة أو المتعاكسة ضرورية للتحكم المتكامل في وظيفة القلب والأوعية الدموية في الجسم. في أثناء الراحة يحافظ مركز التحكم في القلب والأوعية الدموية في النخاع المستطيل على التوازن الطبيعي بين نغمة أو نشاط الجهاز الباراسمبثاوي والنشاط السمبثاوي أو الودي للقلب.

صمامات القلب Heart valves

يوجد في القلب نوعين من الصمامات الأحادية الاتجاه اي تنفتح باتجاه واحد فقط وتنظم سريان الدم عبر القلب وهما كما يأتي :

أولا : الصمامات الاذينية البطينية Atrioventricular Valves

تقع هذه الصمامات بين الأذينين والبطينين ، ووظيفة هذه الصمامات هي منع رجوع الدم من البطينين إلى الأذينين في أثناء انقباض البطينين وذلك 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 :

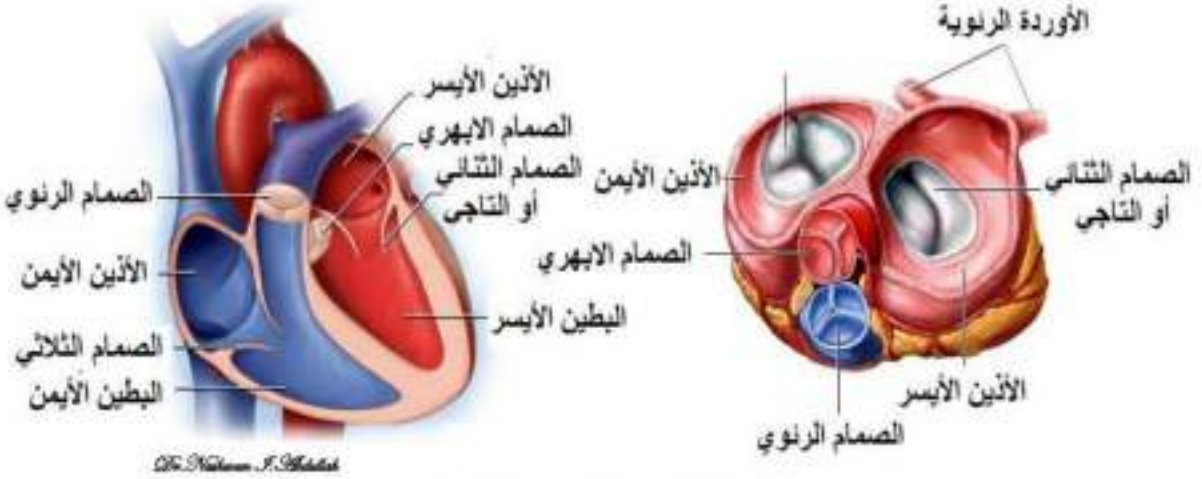
1- الصمام الثاني أو التاجي Mitral valve

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

2- الصمام الثلاثي Tricuspid Valve

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

والشكل (56) يوضح صمامات القلب.



الشكل (56) يوضح صمامات القلب

ثانيا : الصمامات الهلالية Semilunar Valves

تسمى هذه الصمامات أيضا الصمام الابهري (Aortic Valve) والصمام الرئوي (Pulmonary Valve) , حيث يوجد الصمام الابهري في بداية الابهر في حين يوجد الصمام الرئوي في بداية الشريان الرئوي . وتتألف هذه الصمامات من ثلاث طيات . وإن وظيفة هذا النوع من الصمامات هي منع رجوع الدم باتجاه البطينين عند ارتخاء أو انبساط القلب.

أصوات القلب Heart sounds

هناك أربعة أصوات للقلب هي كما يأتي :

1- الصوت القلبي الأول : وهو عبارة عن صوت ناعم ومنخفض ومتطاول قليلاً ، مدته (0.14) ثانية. يسمع أشبه بلفظ كلمة (لُب) (Lub) وان سبب هذا الصوت يعود إلى انغلاق الصمامات الأذينية البطينية أو الصمام الثاني(التاجي) والثلاثي .

2- الصوت القلبي الثاني : وهو عبارة عن صوت قصير عالي التردد (رفيع) ويسمع أشبه بلفظ كلمة (دب) (Dub) ، مدته (0.11) ثانية ويعود سببه إلى انغلاق الصمامات الهلالية أو الصمام الأبهري والرئوي عند انتهاء الانقباض البطيني مباشرة.

3- الصوت القلبي الثالث : يكون هذا الصوت منخفض التردد وربما يحدث هذا الصوت نتيجة الاهتزازات التي يحدثها تدفق الدم أثناء الملء السلبي السريع عند انتقاله من الأذينين إلى البطينين في مرحلة الانبساط البطيني .

4- الصوت القلبي الرابع : يمكن سماع هذا الصوت في حالات كثيرة قبل الصوت القلبي الأول ويحدث نتيجة لتقلص الأذينين وتدفق الدم إلى البطينين خلال المرحلة الأخيرة من الملء السريع للبطين مولداً اهتزازات مماثلة لتلك الموجودة في حالة الصوت القلبي الثالث.

الناتج القلبي The Cardiac Output

يعرف الناتج القلبي (CO) بأنه حجم الدم الذي يضخه كل بطين في الدقيقة الواحدة ويقاس باللتر في الدقيقة. يقل الناتج القلبي في وضع الوقوف مقارنة بوضع الاستلقاء بمقدار (18%) 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 × حجم الضربة القلبية

Cardiac Output (CO) = HR × SV

يتأثر أو يعتمد الناتج القلبي على عاملين هما معدل ضربات القلب بالدقيقة (Heart Rate) (HR) وعلى حجم الضربة القلبية (Stroke Volume)(SV) وفي ما يأتي توضيح لهذين المتغيرين :

اولا: حجم الضربة القلبية Stroke Volume (SV)

وهي حجم الدم الذي يضخه كل بطين في ضربة قلبية واحدة ويبلغ حجم الضربة لدى الإناث (50-70) ملليلتر ولدى الذكور (70-90) ملليلتر ويبلغ لدى الرياضيين من (150-170) ملليلتر ويصل حجم الضربة إلى أقصاه عند الانتقال

من حالة الراحة إلى حالة التمرين أو الجهد البدني بالشدة الشبه القصوى وفي تمرينات المطاولة الهوائية ويصل أعلى حجم للضربة عند الوصول الى الحد أو القيمة القصوى لاستهلاك الأوكسجين (Vo2 max) وكذلك في مرحلة الاستشفاء. ويؤدي التحفيز السمبثاوي (الودي) إلى زيادة قوة تقلص عضلة القلب بينما يؤدي التحفيز الباراسمبثاوي (اللاودي أو نظير الودي) إلى التأثير العكسي على عضلة القلب ويتغير حجم الضربة القلبية تبعا لذلك.

ثانيا : معدل ضربات القلب Heart Rate (HR)

يجهز القلب بأعصاب سمبثاوية (ودية) وأعصاب باراسمبثاوية (لاودية أو نظير الودية) ، يؤدي التحفيز السمبثاوي إلى زيادة معدل ضربات القلب ، بينما يؤدي التحفز الباراسمبثاوي إلى خفض معدل ضربات القلب ومن ناحية أخرى هناك هورمون الابينيفرين (الادرينالين) الذي يؤدي إفرازه من لب الغدة الكظرية الواقعة فوق الكلية إلى زيادة معدل ضربات القلب ، يبلغ معدل سرعة النبض عند الشخص العادي في الراحة (70-90) ضربة/ دقيقة ، في حين يصل لدى الرياضيين (60-70) ضربة/ دقيقة ويصل عند عدائي المسافات الطويلة إلى (40-50) ضربة/ دقيقة. أما لدى الإناث فتكون معدلات النبض أعلى من معدلاتها لدى الذكور.

الناتج القلبي في حالة الراحة Cardiac Output at Rest

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 الشريانات والأوردة. وتبلغ قيمة الناتج القلبي لدى الأفراد المتدربين وغير المتدربين تقريبا (5) لتر/ دقيقة في حالة الراحة . وفي ما يأتي مقارنة لمعدلات الناتج القلبي وضربات القلب وحجم الضربة القلبية للأفراد المتدربين وغير المتدربين (في حالة الراحة) :

الناتج القلبي = معدل ضربات القلب / الدقيقة × حجم الضربة

غير المتدربين: 5000 ملليلتر أو (5) لتر/ دقيقة = 70ضربة/ دقيقة × 71 مل/ ضربة

المتدربون : 5000 ملليلتر أو (5) لتر/ دقيقة = 50 ضربة/ دقيقة × 100 مل/ ضربة

في المعادلة الحسابية اعلاه كانت قيمة الناتج القلبي تقريبا (5) لتر/ د للأفراد المتدربين وغير المتدربين ، وهي ناتج حاصل ضرب معدل ضربات القلب (70) ضربة/ دقيقة وحجم الضربة (71) ملليلتر/ ضربة قلبية. ويكون حجم الضربة لدى الإناث اقل بـ (25%) مما هو عليه لدى الرجال ، ويتراوح ما بين (50-70) ملليلتر / ضربة قلبية في أثناء الراحة. ويرجع سبب هذا الاختلاف في حجم الضربة القلبية بين الجنسين إلى صغر حجم جسم الأنثى بشكل عام مقارنة مع الرجل. ويبلغ معدل ضربات القلب لدى رياضيي المطاولة الأصحاء حوالي (50) ضربة/ دقيقة في أثناء الراحة ، وقد لوحظ لدي قسم منهم ايضا انخفاض في معدل ضربات القلب تحت الـ (40) ضربة/ دقيقة ، وذلك لأن تدريبات المطاولة تؤدي الى حدوث انخفاض نسبي في معدل ضربات القلب في الراحة ، وإن اسباب هذا الانخفاض النسبي في معدل ضربات القلب في الراحة لدى رياضيي المطاولة نتيجة لتدريبات المطاولة هي كما يأتي:

1- التأثير الكبير للناقل العصبي الاستيل كولين الذي يفرز من النهايات العصبية الباراسمبثاوية على العقدة الجيبية الأذينية نتيجة تدريبات المطاولة والذي يعمل على تقليل معدل ضربات القلب في الراحة.

2- الانخفاض في فعالية الأعصاب السمبثاوية الذي قد يترافق مع التأثير الكبير للاستيل كولين نتيجة تدريبات المطاولة في أثناء الراحة ، وبالتالي تقليل معدل ضربات القلب في الراحة.

3- التكييفات الخاصة التي تحدث بعضلة القلب نتيجة تدريبات المطاولة لدى العديد من رياضيي المطاولة من الذكور والإناث كزيادة حجم البطين الأيسر وقوة عضلة القلب الناتجة عن التدريب تؤدي إلى دفع حجم اكبر من الدم في أثناء تقلص القلب وبالتالي تقليل معدل ضربات القلب في الراحة.

4- زيادة نشاط العصب العاشر (العصب المبهم أو التائه) الباراسمبثاوي نتيجة تدريبات المطاولة والذي تؤدي زيادة فعاليته إلى التقليل من ضربات القلب في الراحة.

الناتج القلبي والتمارين الرياضية Cardiac Output and Sport Exercises

يصل الناتج القلبي عند الرياضيين النخبة أثناء التمرين أو الجهد البدني إلى أكثر من 35 لترًا / دقيقة ، وبشكل عام كلما زادت شدة التمرين وزاد مجموع العضلات الكبيرة النشطة أو المساهمة في الجهد البدني كلما ادى ذلك الى زيادة 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. وتعتمد زيادة الناتج القلبي في مثل هذه الفعاليات على زيادة معدل سرعة النبض (100-200) نبضة في الدقيقة وعلى زيادة حجم الضربة (100-170) ملليلتر في وقت واحد وخاصة في التمرينات القصيرة كما في ركض (100) متر، حيث ان فترة العمل تكون قصيرة وتحتاج إلى نقل اكبر كمية من الدم إلى الأطراف. أما في التمرينات والسباقات التي تستغرق فترة أطول من ذلك فتكون زيادة الناتج القلبي لتزويد الجسم بالدم على حساب زيادة معدل سرعة النبض وليس على حجمه. فمثلا في ركض (400) متر التي هي من الفعاليات ذات الشدة القصوى نلاحظ ان في بداية العمل العضلي تحدث زيادة في الناتج القلبي عن طريق الزيادة في عدد ضربات القلب وحجم الضربة القلبية وبعد فترة زمنية يحدث ثبات في حجم الضربة وتستمر الزيادة في عدد ضربات القلب وفي نهاية العمل العضلي ربما يحدث تناقص في حجم الضربة. أما في الفعاليات ذات الشدة المتوسطة مثل ركض (800 متر و 1500 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 الناتج القلبي نتيجة الزيادة 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 (زيادة شدة الجهد) فان الزيادة في الناتج القلبي تكون على حساب زيادة عدد ضربات القلب فقط. بينما في التمارين الرياضية المستمرة والتي يزيد زمن أدائها عن (30) دقيقة وبالشدة شبه القصوى نلاحظ عدم حدوث تغير في الناتج القلبي عند الوصول إلى الحالة الثابتة (Steady State) لكن يحدث تغير في حجم الضربة القلبية وعدد ضربات القلب، إذ يحدث 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.

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 (upright) ، 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.

ضغط الدم الشرياني Arterial Blood Pressure

يمثل ضغط الدم الضغط الذي يسلطه الدم على جدران الأوعية الدموية أو يعني القوة التي يمارسها الدم على جدران الشرايين 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. ويتم قياس ضغط الدم الشرياني باستخدام مقياس ضغط الدم . يبلغ ضغط الدم الطبيعي للذكور البالغين 80/120 ، بينما يميل ضغط الدم للإناث البالغات إلى الانخفاض (70/110) ، تعبر القيمة أو الرقم الأكبر عن قيمة ضغط الدم الانقباضي (هو الضغط الناتج عن خروج الدم من القلب أثناء الانقباض البطيني) ، بينما تعبر القيمة أو الرقم الأقل عن قيمة الضغط الانبساطي (أثناء استرخاء أو انبساط البطين ينخفض ضغط الدم الشرياني ويمثل ضغط الدم الانبساطي). ويتم قياس ضغط الدم بالمليمترات من الزئبق (ملم . زئبق). ويعبر عن ضغط الدم الشرياني بالعلاقة الرياضية الآتية:

ضغط الدم = الناتج القلبي × المقاومة الوعائية

ويسمى الفرق بين ضغط الدم الانقباضي والانبساطي بضغط النبض (Pulse Pressure) وتتراوح قيمته الطبيعية بين 40 و 60 ملم . زئبق. وتعد قراءة ضغط النبض منخفضة عندما تكون أقل من 40 ملم . زئبق ، ويمكن أن يشير ضغط النبض المنخفض إلى انخفاض الناتج القلبي. أما متوسط ضغط الدم الشرياني ((MAP)) Mean Arterial Pressure) فيشير إلى متوسط ضغط الدم الشرياني خلال دورة قلبية واحدة ويتأثر بالناتج القلبي والمقاومة الكلية للأوعية الدموية.

تنظيم ضغط الدم Regulation of Blood Pressure

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 :-

1- مساحة المقطع العرضي (قطر الوعاء الدموي) Cross-Sectional Area (Vessel Diameter)

تؤدي زيادة مساحة المقطع العرضي للأوعية الدموية نتيجة لانبساط العضلات الموجودة في جدران الشرايين إلى التقليل من المقاومة المحيطية وبالتالي إلى انخفاض ضغط الدم ، وعلى العكس تؤدي قلة مساحة المقطع العرضي للأوعية الدموية نتيجة لانقباض العضلات الموجودة في جدران الشرايين إلى زيادة المقاومة المحيطية وبالتالي إلى ارتفاع ضغط الدم . 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 هورمونية.

2- لزوجة الدم Blood Viscosity

هناك علاقة طردية بين لزوجة الدم و ضغط الدم ، إذ كلما زادت لزوجة الدم كلما زادت المقاومة الوعائية وبالتالي زيادة ضغط الدم والعكس صحيح . وجدير بالذكر ان لزوجة الدم الطبيعية تقدر بثلاث أضعاف لزوجة الماء ، بينما تبلغ لزوجة بلازما الدم حوالي 1.5 ضعف لزوجة الماء. إن سبب الاختلاف أو التباين بين لزوجة الدم ولزوجة البلازما مقارنة بلزوجة الماء هو احتواء الدم على أعداد كبيرة من خلايا الدم والصفيحات الدموية ، بينما تكون البلازما خالية من خلايا الدم والصفيحات الدموية.

العوامل المؤثرة في ضغط الدم Factors Affecting Blood Pressure

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 :-

1- العمر : يزداد الضغط كلما تقدم الإنسان في العمر بسبب نقص مطاطية الشرايين.

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

3- الانفعالات النفسية : تؤدي الانفعالات النفسية إلى ارتفاع ضغط الدم عن معدله الطبيعي.

4- النشاط العضلي : يؤدي النشاط العضلي إلى ارتفاع ضغط الدم الانقباضي نتيجة لزيادة الناتج القلبي لتلبية الحاجة المتزايدة للأوكسجين من قبل العضلات النشطة أو المساهمة بالجهد البدني ، ويؤدي كذلك إلى التقليل من المقاومة المحيطية كنتيجة للتوسع الوعائي الذي يحدث في الشريانات في العضلات النشطة . من ناحية أخرى يؤدي الانقباض أو التقلص العضلي المتحرك إلى ارتفاع ضغط الدم الانقباضي بينما لا يتغير ضغط الدم الانبساطي أو يتغير قليلا ، أما الانقباض أو 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 النشطة أو المساهمة بالجهد البدني.

5- 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.

6- الجنس : يشار إلى أن الضغط الانقباضي والانبساطي يكون عادة اقل في النساء مقارنة بالضغط الدموي لدى الرجال حتى عمر (45) سنة.

تأثير التمارين الرياضية في ضغط الدم Effect of exercise on blood pressure

ضغط الدم والتمرين

1- 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 .

2- 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 (14-16) ملم / زئبق او (140-160) ملم / زئبق . وقد ينخفض الضغط الانقباضي تدريجيا

في حالة الاستمرار بالتمرين ذو المعدل الثابت وذلك نتيجة لتوسع الشريانات وانخفاض المقاومة لجريان الدم ، ويبقى الضغط الانبساطي غير متغير نسبيا في أثناء هذا النوع من التمرين.

3- التمرين المتدرج الشدة Incremental Exercise

يؤدي التمرين المتدرج أو المتزايدة الشدة المتحرك أو الديناميكي إلى زيادة الطلب على توصيل الدم لدعم عمليات التمثيل أو الايض الغذائي في العضلات النشطة. وتتم تلبية هذا الطلب عادةً من خلال الارتفاع أو الزيادة في الناتج القلبي الأمر الذي يؤدي الى زيادة ضغط الدم الانقباضي وذلك لان ضغط الدم الشرياني يزداد خطيا مع زيادة الناتج القلبي وان أقصى زيادة لضغط الدم في أثناء التمرين تلاحظ في أثناء انقباض القلب, بينما يزداد الضغط الانبساطي بنسبة **(12%)** خلال المرحلة الكاملة للتمرين . ويلاحظ في حالة التمرين القصوى لرياضيي المطاولة زيادة الضغط الانقباضي إلى قيمة تتراوح **(200)** ملم/زئبق , وتعود هذه الزيادة إلى نتاج القلب الكبير لدى هؤلاء الرياضيين مقارنة بغيرهم من الرياضيين الآخرين .

ضغط الدم والتمارين التي تؤدى بالذراع وبالأرجل

تؤدي التمارين التي تؤدى بالذراعين إلى زيادة ضغط الدم الانقباضي والانبساطي ومعدل ضربات القلب 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 ، لذلك تنعكس هذه المقاومة المحيطية المرتفعة اثناء تمرينات الذراع في ارتفاع ضغط الدم (لأن الناتج القلبي × المقاومة = الضغط) على العكس من مجموعة العضلات الأكبر للساقين إذ كلما اتسعت الأوعية المقاومة (الشرايين) ، لذلك تنعكس هذه المقاومة المحيطية المنخفضة في انخفاض ضغط الدم . هذا بالإضافة إلى أن الزيادة الكبيرة نسبيًا في ضغط الدم أثناء عمل الذراع تعود إلى تضيق الأوعية الدموية التي تزود مجموعات العضلات غير النشطة أثناء عمل الذراع . أما تفسير ارتفاع معدل ضربات القلب فيرجع إلى زيادة التدفق العصبي السمبثاوي (الودي) للقلب أثناء عمل الذراع مقارنة بتمرين الساق . ومن الواضح أن التمارين التي تؤدى بالذراعين تمثل 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.

تأثير التمارين الرياضية في عضلة القلب

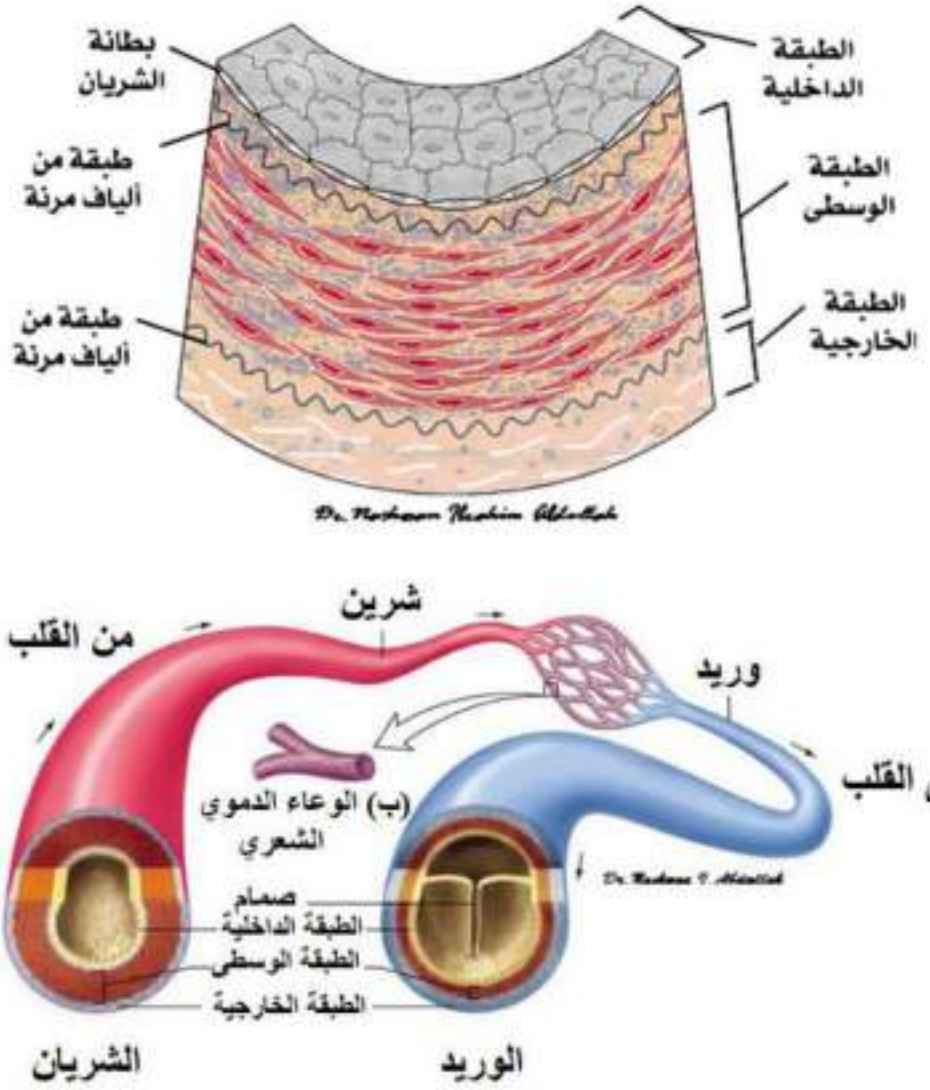
1- زيادة تضخم عضلة القلب , حيث تنتج هذه الزيادة عن زيادة حجم تجويف البطين مع بقاء السمك الطبيعي لجدار عضلة القلب .
2- زيادة حجم الضربة القلبية.
3- زيادة قوة تقلص عضلة القلب.
4- انخفاض معدل ضربات القلب في حالة الراحة.
5- زيادة قدرة عضلة القلب على استخلاص الأوكسجين من الدم واستخدامه.
6- زيادة كثافة الأوعية الدموية الشعرية في العضلة القلبية.
7- زيادة قدرة عضلة القلب على أكسدة كميات كبيرة من حامض اللبنيك خلال التمارين.
8- زيادة عدد وحجم المايتوكوندريا في عضلة القلب.
9- زيادة كفاءة نقل الدم من خلال الأوعية الدموية.

الأوعية الدموية Blood Vessels

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

أولا : الشرايين Arteries

تمتاز الشرايين بسمك ومرونة وقوة جدرانها . تقوم بنقل الدم تحت ضغط أعلى بكثير من الضغط في الأوردة والشعيرات الدموية ، ولا تتغذى الشرايين الكبيرة في جسم الإنسان من الدم الجاري فيها وإنما تجهز جدران هذه الشرايين بدم يغذيها بواسطة شرايين دقيقة تجهز هذه الشرايين الكبيرة. 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 هو من قوة الدفع التي تحصل من جراء دفع الدم بتأثير تقلصات البطينين. ويعد الشريان الابهر من أهم الشرايين في الدورة الدموية .يطلق مصطلح الشريانات 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 الشريانات الجهاز العصبي الذاتي. والشكل (57) يوضح الوعاء الدموي الشعري وسمك وطبقات الشريان والوريد.



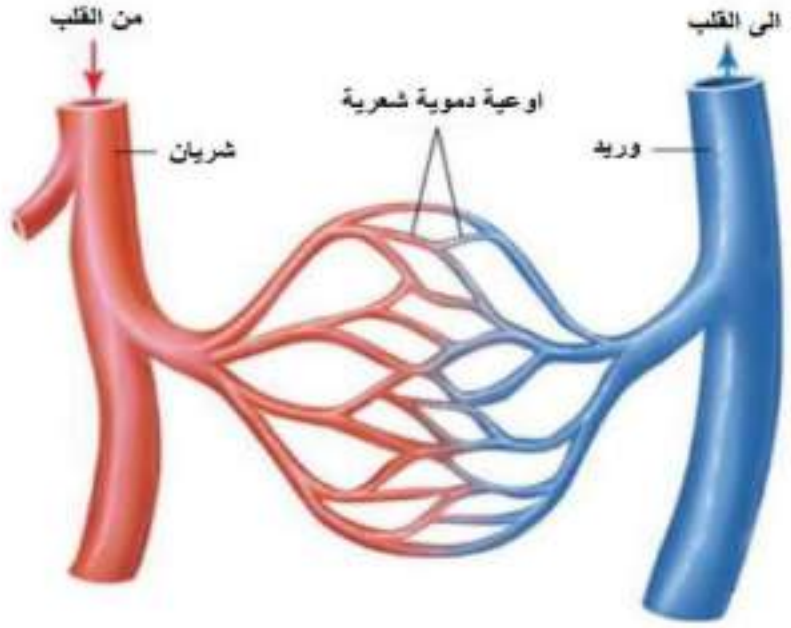
الشكل (57) يوضح الوعاء الدموي الشعري وسمك وطبقات الشريان والوريد

ثانيا : الأوردة Veins

تتميز الأوردة برقة جدرانها واحتوائها على الصمامات التي تمنع رجوع الدم ، ويكثر وجود هذه الصمامات في أوردة الأطراف السفلى . وترافق الأوردة كل شريان كبير في الجسم . ويتم تنظيم جريان الدم في الأوردة من خلال العضلات التي تحيط 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 الصدري . وتتأثر الأوردة بالعوامل الكيمياوية والعصبية والهورمونية. وتقوم الأوردة بدور فاعل في دوران الدم وسيره باتجاه القلب من أنحاء الجسم المختلفة.

ثالثا: الأوعية الشعرية الدموية Capillary Vessels

تكون الأوعية الدموية الشعرية شبكة كبيرة تربط ما بين الشريانات والأوردة ويتكون جدارها من طبقة واحدة من النسيج البطاني فقط أو من الطبقة الطلائية الداخلية فقط وتتقلص وتتوسع بفعل مطاطية الغشاء البطاني لها ، والغشاء البطاني هو غشاء شفاف يسمح بتنافذ السوائل والغازات والمواد الغذائية من خلاله حيث يحصل التبادل ما بين الدم والأنسجة . ولهذا تعد الأوعية الدموية الشعرية أهم جزء في الجهاز الوعائي وذلك 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 (البشرة). والشكل (58) يوضح الأوعية الشعرية الدموية.



الشكل (58) يوضح الأوعية الشعرية الدموية

ويعتمد توسع أو تضيق الغشاء البطاني للأوعية الدموية الشعرية على حجم الدم الواصل إليها من الشريانات الصغيرة وعلى التأثير المباشر لبعض المواد مثل الحوامض ومادة الهستامين والاستيل التي تعمل على توسع الأوعية الدموية الشعرية ، في حين تعمل المواد القلوية وهورمون الابينيفرين (الادرينالين) ومادة البترين على تضيق الأوعية الدموية الشعرية. ويؤدي ارتفاع درجة حرارة الجسم الى توسيع الأوعية 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.

الفصل السابع

السوائل الجسمية والدم Body fluids and blood

أولا: سوائل الجسم Body fluids

يحتوي جسم الإنسان البالغ على (40) لتر من السوائل الجسمية منها (25) لتر توجد داخل خلايا الجسم مؤلفة السائل داخل الخلايا (Intracellular Fluid) ، وظيفة هذا السائل هي الاسهام في جميع التفاعلات الكيميائية الداخلية الضرورية للحياة لكونه مذيب للمواد. إما الـ (15) لتر الباقية فتكون موجودة خارج الخلايا ويدعى هذا الجزء من السوائل، السوائل خارج الخلايا (Extracellular Fluid) ويمثل هذا السائل المحيط الداخلي للجسم لذلك وظيفة هذا السائل هي المساعدة في جميع الوظائف الحيوية لإبقاء بيئة داخلية ثابتة نسبياً للخلايا والمواد الناقلة من الخلايا وإلى داخلها. يوجد حوالي (3) لتر من السائل خارج الخلايا في الدم على صورة بلازما وإما الباقي (12) لتر فتوجد خارج الأوعية الدموية بين الخلايا ويطلق عليه اسم السائل البيني أو السائل الخلالي (Interstitial Fluid) إضافة إلى السوائل الخاصة مثل السائل العيني والمفصلي والسائل المخي الشوكي واللمف. يكون الماء نسبة تقدر بـ (40% - 60%) من وزن الجسم ، في حين يؤلف نسبة (65%-75%) من الوزن العضلي ، إن محتوى الجسم من الماء يختلف تبعاً لما يأتي:-

اولا : المحتوى الدهني (Fat) في الجسم فالأشخاص ذوي الأجسام البدينة يمتلكون محتوى مائي اقل من النحفاء، وذلك لاحتواء اجسام الاشخاص ذوي الأجسام البدينة على محتوى دهني اكبر مقارنة بالنحفاء.

ثانيا : الجنس : تمتلك النساء محتوى مائي أقل مما هو عليه في الرجال بسبب النسبة العالية للشحم في أجسامهن.

ثالثا : العمر : يختلف حجم السائل وانتشاره في الجسم تبعاً للعمر فيقل المحتوى المائي كلما تقدم الإنسان في العمر وذلك لفقدان الكتلة العضلية الطبيعي الذي يحدث مع التقدم في السن و / أو عدم الحركة (هي عملية طبيعية تحدث للجميع بمرور الوقت). كما يكون حجم السائل في خارج الخلايا في الأطفال حديثي الولادة والصغار اكبر مما هو عليه في البالغين.

رابعا : النمط الجسمي : يحتوي النمط العضلي على محتوى مائي اكبر من النمط المكتنز ، اي يوجد ماء في العضلات الخالية من الدهون أكثر مما يوجد في الأنسجة الدهنية وذلك لان الماء يشكل نسبة (65%-75%) من الوزن العضلي.

السوائل الجسمية والجهد البدني أو التمرين Body Fluids and Physical Effort or Exercise

تؤدي ممارسة التمارين الرياضية التي تتميز بفترة الدوام الطويلة إلى زيادة معدل الايض من (4) إلى (20) مرة أكثر من معدل الايض في حالة الراحة وذلك لدعم تقلص العضلات الهيكلية. ويتم إطلاق ما يقرب من 70٪ إلى 90٪ من هذه الطاقة على شكل حرارة وينتج عن اطلاق هذه الطاقة ارتفاع بدرجة حرارة مركز الجسم التي يجب تشتيتها للمحافظة على الاتزان الحراري لبيئة الجسم. وهذا يعني أن عملية التشتيت الحراري تزداد في حالة التمرين في البيئات الحارة وينتج عن عملية التشتيت 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 أثناء التمرين لما لحالة الجفاف من تأثيرات هامة على وظائف أجهزة الجسم المختلفة وبالتالي على قابلية الرياضي على أداء التمرين والإنجاز. لذلك يجب تعويض السوائل والأملاح المفقودة لأنها تقلل من خطر الإجهاد الحراري الناتج عن البيئة الحارة والرطوبة النسبية العالية والحرارة الناتجة عن عملية الأيض وتحافظ على وظائف الجسم الطبيعية وتحافظ على مستويات الأداء والإنجاز. **القاعدة العامة هي:** إذا كنت

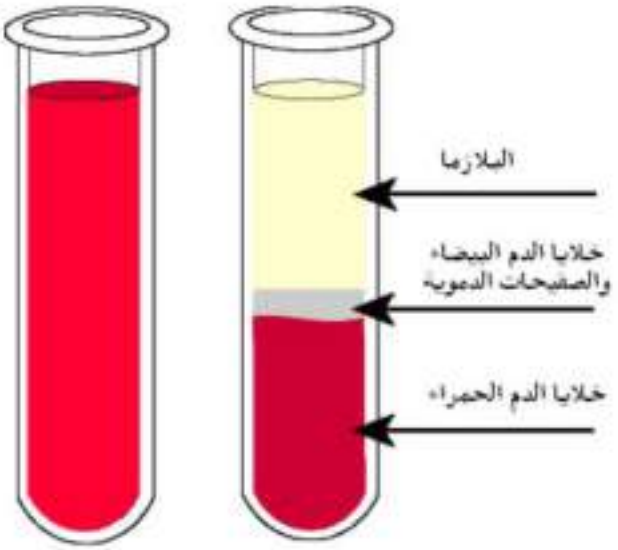
تتعرق فأنت بحاجة إلى شرب السوائل. والشكل (59) يوضح الاجهاد الحراري وفقدان أو تشتيت الحرارة اثناء الجهد البدني.



الشكل (59) يوضح الاجهاد الحراري وفقدان أو تشتيت الحرارة اثناء الجهد البدني

ثانياً: الدم Blood

وهو من الأنسجة الرابطة السائلة المعقدة التركيب، يتألف من (45%) عناصر خلوية (خلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفائح الدموية) و(55%) بلازما الدم (انظر الشكل (60))، ويشكل الدم المحيط الداخلي للجسم والذي يتميز بالثبوتية على الرغم من تبدل المحيط الخارجي. يبلغ إجمالي حجم الدم الطبيعي في الدورة الدموية حوالي (8٪) من وزن الجسم ، إذ يتراوح حجم الدم في الأشخاص البالغين ما بين (4.5 - 5.5) لتر لدى الإناث و (5 - 6) لتر لدى الذكور.



الشكل (60) يوضح مكونات الدم

يضاف إلى الدم في كل لحظة مواد كثيرة ومختلفة من القناة الهضمية على شكل مواد مهضومة ، كما يضاف الأوكسجين (O2) من الرئتين والهورمونات وغيرها من المواد وتزال منه أنواع مختلفة من المواد على شكل فضلات بوساطة الكليتين مع البول أو ثنائي اوكسيد الكاربون(CO2) بوساطة الرئتين ، وعلى الرغم من الإضافة إلية والطرح منه يبقى الدم محافظا على تركيبه ومكوناته وخواصه. ويكون الدم أكثر لزوجة من الماء بعدة مرات كما ذكرنا سابقا في موضوع ضغط الدم ان لزوجة الدم الطبيعية تقدر بثلاث أضعاف لزوجة الماء ، بينما تبلغ لزوجة بلازما الدم حوالي 1.5 ضعف لزوجة الماء.

مكونات الدم Blood Components

1- العناصر الخلوية للدم وتشمل:-

أ- خلايا الدم الحمراء (RBCs)

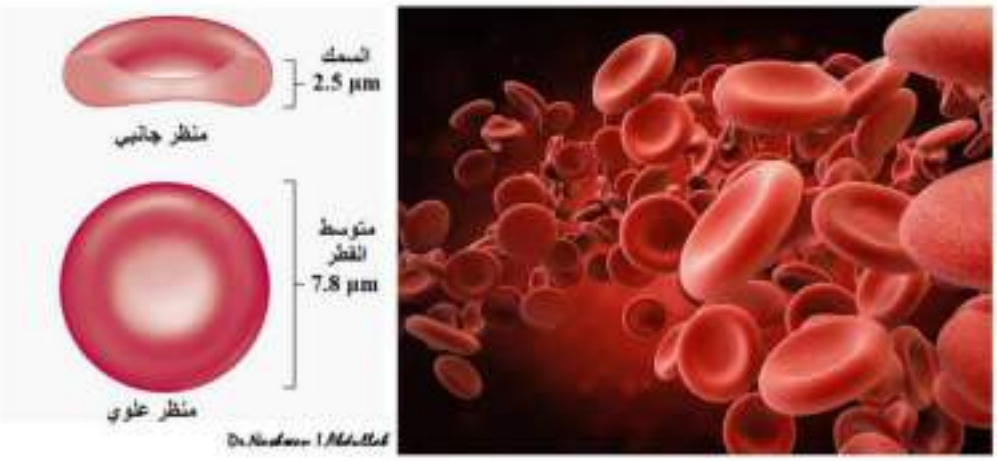
ب- خلايا الدم البيضاء (WBCs)

ج- الصفيحات الدموية Platelets

2- البلازما Plasma

أ- خلايا الدم الحمراء Erythrocyte or Red Blood Cells (RBCs)

خلايا الدم الحمراء الطبيعية هي عبارة عن أقراص مقعرة الوجهين بتراوح متوسط قطرها حوالي (7.8 µm) ميكرومتر (انظر الشكل(61)). ويوفر الشكل المقعر لهذه الخلايا أقصى سطح لتبادل الغازات . تكون خلية الدم الحمراء الناضجة خالية من النواة والحامض الرايبوزي (RNA) ومعقد كولجي والمايتوكوندريا وبقية العضيات الأخرى. تتراوح فترة حياة الخلية الحمراء أربعة أشهر أو (120) يوم ، ويختلف عدد خلايا الدم الحمراء بين الذكور والإناث ، إذ يبلغ متوسط عدد خلايا الدم الحمراء الطبيعي عند الرجال (5.4) مليون / ميكرولتر و (4.8) مليون / ميكرولتر عند النساء أو الإناث الأصحاء ، ويكون لدى الأشخاص الذين يعيشون على ارتفاعات عالية أعداد أكبر من خلايا الدم الحمراء.



الشكل (61) يوضح شكل خلية الدم الحمراء ومتوسط قطرها وسمكها

وظيفة خلايا الدم الحمراء Function of Red Blood Cells (RBCs)

إن الوظيفة الرئيسة لخلايا الدم الحمراء هي نقل غازات التنفس فهي تقوم بنقل معظم الأوكسجين من الرئتين 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 Hemoglobin

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 (14-18) غم/100 مليلتر من الدم ، بينما تتراوح هذه الكمية لدى الإناث (12- 16)غم/100مليلتر من الدم . وهناك عدة إشكال من الهيموكلوبين 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.

إنتاج خلايا الدم الحمراء Production of Red Blood Cells

يبدأ إنتاج جميع خلايا الدم ومن بينها الخلايا الحمراء قبل أن يرى الإنسان نور الحياة. بل إن إنتاج الخلايا يبدأ مع تكون الجنين البشري في رحم إمه وعلى النحو الآتي:-

1- يتم إنتاج خلايا الدم الحمراء ذات النواة البدائية في الأسابيع الأولى من حياة الجنين من خلية تعرف باسم (مولدة خلايا الدم) التي توجد في كيس الصفار أو المح الذي يتغذى منه الجنين.

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

3- يتم إنتاج 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(**20**) 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(**20**) 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 Regulating Red Blood Cell Production

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

تحطم خلايا الدم الحمراء Red Blood Cells Destroyed

تتحطم خلايا الدم الحمراء المسنة لاسيما في الكبد والطحال بواسطة البلعميات الكبيرة ، إذ يتجزأ الهيموكلوبين في هذه العملية إلى الهيم والكلوبين ثم يتجزأ الهيم إلى الحديد ومادة تعرف بالبيليفيردين والتي يتحول معظمها إلى مادة البيليروبين التي يتم إطلاقها في الدم ثم إزالتها من الجسم عن طريق إفرازها عبر الكبد إلى الصفراء ، أما الحديد فيعاد استعماله لصنع هيموكلوبين جديد.

تأثير التدريب الرياضي في حجم الدم وخلايا الدم الحمراء Effect of Sports Training on Blood Volume and Red Blood cells

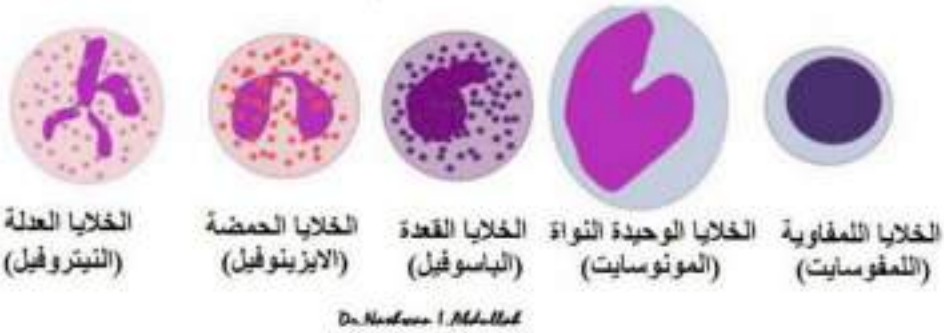
تؤدي تدريبات المطاولة إلى زيادة حجم الدم حيث تتراوح الزيادة ما بين (20% - 25%) لدى الذكور والإناث وفي كل الأعمار. ويزداد حجم البلازما في الأسبوع الثاني إلى الرابع من التدريب ويعتقد أنه السبب في زيادة حجم الدم. إلا أن الزيادة في حجم الدم يبدو أنها لا تكون على حساب زيادة حجم البلازما فقط وإنما أيضا على 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 نتيجة تدريبات المطاولة يعود إلى ما يأتي:-

1- الزيادة في الهورمون المضاد للابالة والالدوستيرون اللذان يزيدان من احتباس السوائل من خلال آلية أعادة امتصاص السوائل بواسطة الكليتين.
2- الزيادة في بروتينات البلازما كالألبومين والتي تؤدي بدورها إلى زيادة السحب الاوزموزي وبالتالي الاحتفاظ بالسوائل في الدم .

أن زيادة حجم البلازما نتيجة التدريب الرياضي يقود إلى حدوث انخفاض طفيف جدا في النسبة المئوية لخلايا الدم الحمراء إلى حجم الدم (نسبة خلايا الدم الحمراء لكل 100 ملليلتر 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 انخفاض 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 المساهمة أو النشطة 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 اي يكون التكيف في حجم الدم مؤقت يتراجع بعد التوقف عن تدريبات المطاولة.

ب- خلايا الدم البيضاء White Blood Cells (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.



الشكل (62) يوضح انواع خلايا الدم البيضاء

يتراوح عددها ما بين (4000 - 11.000) خلية بيضاء لكل ميكروليتر من الدم. وتقوم خلايا الدم البيضاء بوظيفة الدفاع عن الجسم من خلال عملية البلعمة للأجسام الغريبة ومن خلال استجابات مناعية متخصصة ، إذ تعمل هذه الخلايا معًا وتزود الجسم بدفاعات قوية ضد الأورام والالتهابات الفيروسية والبكتيرية والطفيلية. يمكن تصنيف الأنواع الرئيسية لخلايا الدم البيضاء إلى مجموعتين : خلايا الدم البيضاء الحبيبية وخلايا الدم البيضاء اللاحبيبية. تشمل الخلايا الحبيبية الخلايا العدلة (النتروفيل) والخلايا الحمضة (الايزينوفيل) والخلايا القعدة (الباسوفيل) ، بينما تتكون الخلايا اللاحبيبية من الخلايا الليمفاوية (اللمفوسايت) والخلايا الوحيدة النواة (المونوسايت) (انظر الشكل (62)). وفي ما يأتي توضيح لأنواع خلايا الدم البيضاء :-

أولاً: خلايا الدم البيضاء الحبيبية Granular White Blood Cells

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:-

1- الخلايا العدلة (النيتروفيل) Neutrophil

وهي خلايا بلعمية نشطة وتشكل أغلب خلايا الدم البيضاء في الإنسان ، تتراوح نسبتها (50% - 70%) من خلايا الدم البيضاء. ومن اهم وظائفها ما يأتي:-

أ- تمثل الخط الدفاعي الأول ضد الجراثيم.

ب- تقوم بإزالة المخلفات الخلوية.

2- الخلايا الحمضة (الايزينوفيل) Eosinophils

وهي خلايا بلعمية متحركة تحتوي على حبيبات سايتوبلازمية ، تحتوي هذه الحبيبات على إنزيمات حالة وعلى بروتين يدعى البروتين الأساسي الذي يقضي على تأثير الهيبارين ، وتشكل نسبة (1% - 4%) من مجموع العدد الكلي لخلايا الدم البيضاء ، ويبقى هذا النوع من الخلايا في الدورة الدموية فترة أطول من خلايا النيتروفيل ، 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.

3- الخلايا القعدة (الباسوفيل) Basophils

وهي خلايا حبيبية غير بلعمية تؤدي وظيفتها من خلال إطلاق النشاط الدوائي من الحبيبات السايتوبلازمية التي تحتوي على الهيبارين والهستامين وتشكل نسبة (صفر- 1%) 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.

ثانيا: الخلايا البيضاء اللاحبيبية Non-Granular White Cells

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

1- الخلايا اللمفاوية (اللمفوسايت) Lymphocytes

وهي خلايا بيضاء لا حبيبية تكون نواتها مدورة وقليلة السايتوبلازم (انظر الشكل (71)) تشكل الخلايا الليمفاوية حوالي (20- 40%) من المجموع الكلي لخلايا الدم البيضاء ، وهي خلايا التأثير الرئيسة للجهاز المناعي. وتكون على نوعين:

أ- الخلايا اللمفاوية (T Cells)

وتنقسم الخلايا اللمفاوية (T) إلى عدة أنواع هي : **الخلايا اللمفاوية (T) المساعدة والخلايا اللمفاوية (T) المثبطة والخلايا اللمفاوية (T) السامة والقاتلة والخلايا اللمفاوية (T) الذاكرة.**

ب - الخلايا اللمفاوية (B Cells)

تنقسم الخلايا (B) إلى الخلايا اللمفاوية (B) المتخصصة لتكوين خلايا البلازما والخلايا 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 اللمفاوية (B) فهي تقوم بتكوين الأجسام المضادة في الدم.

2- الخلايا وحيدة النواة (المونوسايت) Monocytes

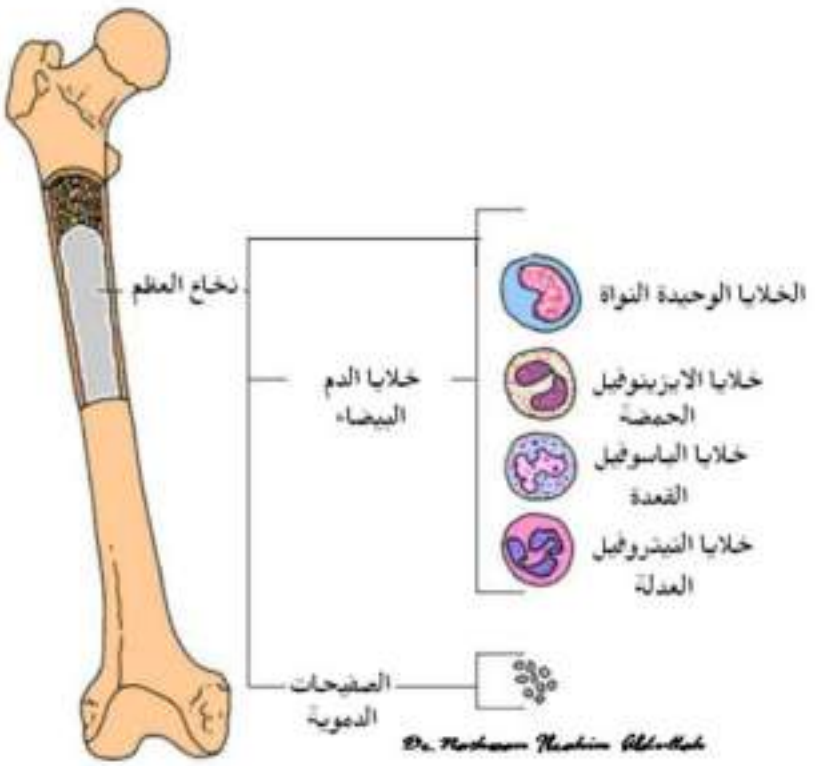
وهي خلايا بلعمية تكون نواتها ثنائية الفصوص وهي أكبر خلايا الدم البيضاء وتشكل نسبة (4% - 8%) من المجموع الكلي لخلايا الدم البيضاء. ووظيفة هذه الخلايا هي ما يأتي :-

أ- تحطيم الفايروسات وبقية العوامل التي تؤذي الجسم.

ب- تساعد على إزالة الخلايا الميتة من الأنسجة ومجرى الدم.

تكوين خلايا الدم البيضاء Formation of White Blood Cells

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. والشكل (63) يوضح تكوين بعض خلايا الدم البيضاء والصفيحات الدموية.



الشكل (63) يوضح تكوين بعض خلايا الدم البيضاء والصفيحات الدموية

فترة حياة خلايا الدم البيضاء The Life Span of a White Blood Cell

1- تتراوح فترة حياة خلايا الدم البيضاء الحبيبية بعد تحررها من نخاع العظم (4-8) ساعات في الدم ومن (4-5) أيام في الأنسجة. وإن هذه الفترة تقصر إلى بضع ساعات في حالة الإصابة الشديدة للأنسجة وذلك لقيامها بوظيفتها في موقع الإصابة ثم تحطمها.

2- تكون فترة بقاء الخلايا الوحيدة النواة قصيرة في الدم إذ تتراوح ما بين (10- 20) 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.

3- تتراوح فترة حياة الخلايا اللمفاوية لأسابيع أو لأشهر وحتى لسنوات ، إذ تعتمد فترة حياتها على حاجة الجسم لها.

خلايا الدم البيضاء والتمرين White Blood Cells and Exercise

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 ، توزيعها 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 وكذلك نوع الانقباض العضلي وكما يأتي:-

1- تكون الزيادة في خلايا الدم البيضاء المحببة في أعلى مستوياتها نتيجة التمرينات التي تستمر لفترة طويلة وتتميز بالشدة المرتفعة.

2- يكون تمرين المطاولة العالي الشدة مصحوبا بزيادة العدد الكلي لخلايا الدم البيضاء بعد انتهاء التمرين مباشرة وبحدود (50%-100%).

3- يكون للتمرين العالي الشدة ولفترة قصيرة تأثير على زيادة خلايا الدم البيضاء تستمر لمدة (30) دقيقة تقريبا.

4- يكون للتمرين أو الجهد البدني المتوسط الشدة تأثيرات ايجابية ، إذ ينتج عنه زيادة في خلايا الدم البيضاء (الخلايا العدلة (النيتروفيل)) قد تصل إلى مرتين ونصف إضافة إلى زيادة قابليتها الوظيفية وبخاصة قابلية القتل لخلايا النيتروفيل والبلعميات الكبيرة.

5- يؤدي التمرين أو الجهد البدني المتوسط الشدة إلى زيادة تعبة خلايا النيتروفيل التي ينتج عنها تعزيز النشاطات البلعمية.

6- لم يلحظ أي تغير في خلايا الدم البيضاء بعد التمرينات القصير الدوام والمنخفضة الشدة.

7- يكون لنوع الانقباض العضلي تأثيرا في 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.

8- قد تستمر الزيادة في خلايا الدم البيضاء نتيجة التمرين أو الجهد البدني بالارتفاع حتى بعد التوقف عن التمرين وأحيانا تبقى مرتفعة إلى أكثر من(24)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.

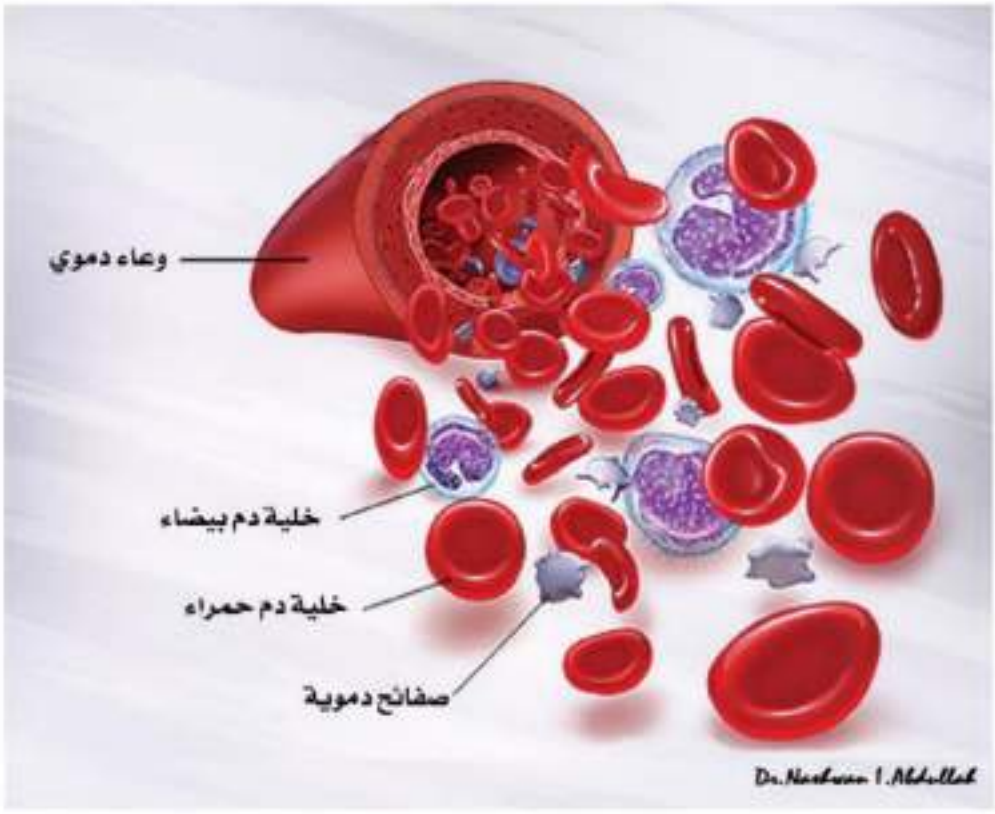
9- وهناك بعض الآراء التي ترى أن التغيرات التي تحدث في خلايا الدم البيضاء خاصة في الخلايا اللمفاوية هي نتيجة للتغير في توزيع الخلايا وليس إنتاج خلايا جديدة.

10- تعد التغيرات الأنفة الذكر في خلايا الدم البيضاء نتيجة الجهد البدني هي تغيرات مؤقتة تعود إلى مستوياتها خلال (24) ساعة أو أكثر.

11- لم تؤدي برامج التدريب القصيرة المدى باستخدام التمرينات والانقباضات العضلية القصوى إلى أي تغير يذكر في عدد خلايا الدم البيضاء لدى الأفراد الغير متدربين.

ج- الصفيحات الدموية Platelets

وهي عبارة عن أقراص بيضوية أو دائرية (وهي ليست خلايا حقيقية) يتراوح قطرها (2- 4) مايكرومتر وتكون خالية من النواة وتتكون في نخاع العظم من خلايا تدعى خلايا النواء الكبيرة. يتراوح عدد الصفيحات الدموية في الدم ما بين (15000- 35000) صفيحة دموية لكل مايكرولتر من الدم ، وظيفتها تلعب دورا مهما في عملية تخثر الدم. والشكل (64) يوضح الصفيحات الدموية.



الشكل (64) يوضح الصفيحات الدموية

البلازما plasma

وهي الجزء السائل من الدم غني بالبروتين يميل إلى الاصفرار ويتألف من جميع المكونات باستثناء خلايا الدم الحمراء والبيضاء والصفيحات الدموية ، وتتألف البلازما من مواد عضوية وغير عضوية ذائبة في الماء وتحتوي على بروتينات يتم تصنيع غالبيتها بواسطة الكبد. وتشمل كل من الألبومين (الزلال) والكلوبيولين والفايبرينوجين. وتشكل حوالي (55%) من حجم الدم. ويعرف المصل (Serum) بانه عبارة عن بلازما أزيل منها بروتين (الفايبرينوجين) وعدد من عوامل تخثر الدم.

وظائف بروتينات البلازما Functions of Plasma Proteins

1- سحب الماء إلى الدم وذلك من خلال الضغط الاوزموزي الذي تسلطه عبر جدار الوعاء الشعري.
2- تساعد في المحافظة على ضغط الدم الطبيعي في خلايا إسهامها في لزوجة الدم.
3- تساعد في تنظيم التوازن الحامضي _ القاعدي.
4- توفير الأجسام المضادة من خلال الكلوبولينات كاما.
5- تقوم بنقل المواد الغذائية مثل الكالسيوم والدهون والحديد الفيتامينات وكذلك نقل الهورمونات مثل هورمون الثايروكسين وكذلك الإنزيمات والعقاقير والبيليروبين.

وظائف الدم Functions of Plasma

يقوم الدم بالوظائف الآتية:-

1- 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 ثنائي اوكسيد الكاربون واليوريا وحامض اليوريك إلى أعضاء الإبراز (الكلية بشكل رئيسي).
د- نقل المعادن والإنزيمات والفيتامينات والهورمونات.
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.

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

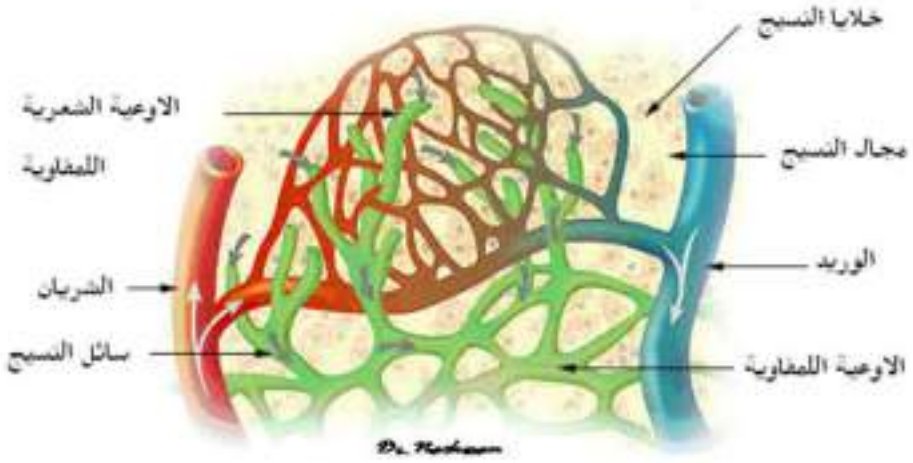
3- تنظيم الأس الهايدروجيني (PH) وذلك من خلال التنظيم الكيماوي للحوامض والقواعد وكذلك من خلال نقل المواد الحامضية والقاعدية إلى أعضاء الإبراز.

تخثر الدم Coagulation

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 Lymph

اللمف 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 دم بيضاء معظمها خلايا لمفاوية وعدد قليل من خلايا الدم البيضاء الحبيبية يتم جمعه من الأنسجة وإعادته إلى مجرى الدم من خلال العديد من الأوعية المجهرية التي تسمى الشعيرات الدموية اللمفاوية التي تخترق جميع أنسجة الجسم تقريبًا. ويشبه اللمف بلازما الدم في التركيب حيث يحتوي على معظم مكوناته لكن بتراكيز مختلفة حيث يكون تركيزها في اللمف (4.9 %) في حين يكون تركيزها في بلازما الدم (7%) . ويكون اللمف قادر على التجلط (التخثر) وذلك لاحتوائه على بروتين الفايبرينوجين ، وتكون الجلطة المتكونة عديمة اللون لعدم احتواء اللمف على خلايا الدم الحمراء. **من أين ينشأ اللمف** ؟ ينشأ اللمف من الدم ويعود في النهاية إلى الدم ،إذ 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 (انظر الشكل (65)) 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 الصدرية إلى منطقة الوريد تحت الترقوي الأيمن ، ويقع هذان الوريدان في منطقة الكتف بعدها يرتبطان مع الوريد الأجوف العلوي الذي يصب في القلب .



الشكل (65) يوضح الأوعية اللمفاوية والأوعية الشعرية اللمفاوية في نسيج الجسم

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 المسؤول إلى حد كبير عن زيادة سرعة جريان اللمف عند القيام بنشاط عضلي.

حركة اللمف داخل الجهاز اللمفي

يتحرك اللمف داخل الجهاز اللمفي نتيجة لما يأتي:-

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

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

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

4- 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.

5- 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.

الفصل الثامن

الغدد الصم والهورمونات Endocrine glands and hormones

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 ، والتي يكون لها دور رئيسي في تنظيم فسيولوجيا النمو والتكاثر فضلا عن ضروريتها 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 الغدي الصماوي من العديد من الغدد الصم التي تقوم بإفراز الهورمونات التي يتم توزيعها أو إيصالها إلى الخلية الهدف بواسطة الدورة الدموية.

الهورمونات Hormones

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 الهورمونات في مجرى الدم والتي يكون لها تأثيرات خاصة على نشاط الخلايا أو الأنسجة أو المناطق الأخرى لتحفيز تغيرات كيماوية تؤدي إلى استجابة أحد اعضاء الجسم لتلك التغيرات. ويطلق على الخلية أو النسيج أو المنطقة الواقعة تحت تأثير فعل الهورمون بالخلية أو النسج أو المنطقة الهدف. وتكون استجابة الجهاز الهورموني بطيئة غير أن تأثيره يستمر لمدة طويلة إذا ما قورن بتأثير الجهاز العصبي. وتعد الهورمونات من أجهزة السيطرة الرئيسية المسؤولة عن تنظيم وتنسيق العديد من نشاطات خلايا وأنسجة الجسم المختلفة. وتصنف الهورمونات حسب تركيبها الكيمياوي إلى **هورمونات ببتيدية** تتكون من حومض أمينية كهورمون النمو والانسولين وغيرها من الهورمونات ، ولا يستطيع هذا النوع من الهورمونات من المرور عبر غشاء الخلية وانما ترتبط بمستقبلات توجد على غشاء الخلية. أما النوع الثاني فهو **الهورمونات الستيرويدية** كهورمون التيستوستيرون والكورتيزول وغيرها من الهورمونات. تتكون هذه الهورمونات من الكوليستيرول. وتتمكن هذه الهورمونات من الانتشار عبر غشاء الخلية وترتبط بمستقبلاتها الموجودة في سايتوبلازم الخلية.

الغدد الصم في الجسم Endocrine glands in the body

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

أولا:- الغدة النخامية The pituitary gland

تكون هذه الغدة من فصين أو جزئيين هما:-

1-هورمونات الفص الأمامي(الغدي)

ا- هورمون النمو ب- هورمون البرولاكتين (هورمون الحليب) جـ - الهورمون المحفز لقشرة الغدة الكظرية
د- الهورمون المحفز للغدة الدرقية هـ- الهورمون المحفز للجريبات و- الهررمون اللوتيني ز- الهورمون المحفز لخلايا الميلانين .

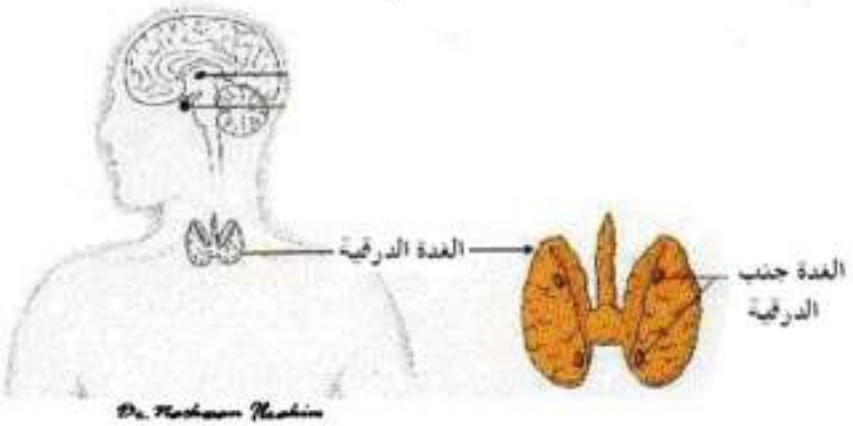
2- هورمونات الفص الخلفي (العصبي) للغدة النخامية

ا- هورمون معجل الولادة ب- الهورمون المضاد للابالة



ثانيا:- الغدة الدرقية Thyroid gland

1- هورمون الثايروكسين 2- هورمون الثايرونين ثلاثي اليود

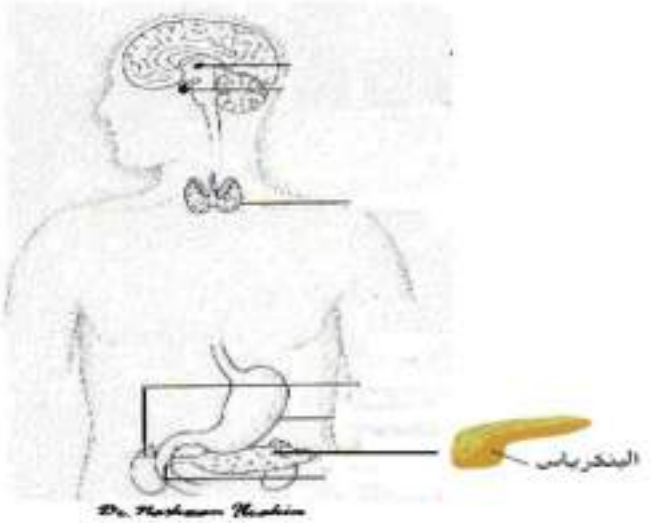


ثالثا:- الغدة جنب الدرقية Parathyroid gland

1- هورمون الكالستونين 2- هورمون الباراثورمون

رابعا:- هورمونات البنكرياس Pancreatic hormones

1- هورمون الأنسولين 2- هورمون الكلوكاكون



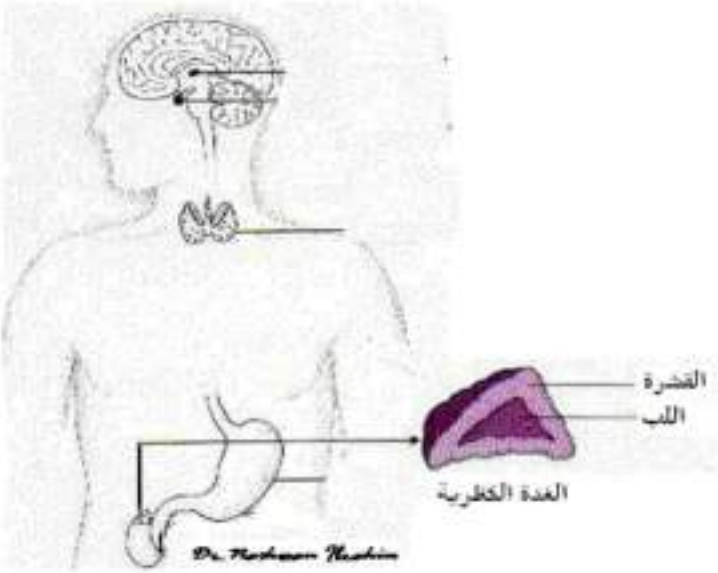
خامسا:- الغدة الكظرية (الغدة فوق الكلية) Adrenal gland (gland above the kidney)

1- هورمونات لب الغدة الكظرية

أ- هورمون الابينيفرين ب- هورمون النورابينيفرين

2- هورمون قشرة الغدة الكظرية

ا- هورمون الكورتيزول ب-هورمون الالدوستيرون



سادسا:- هورمونات المبايض

1- هورمون الاستروجين 2- هورمون البروجستيرون

سابعا:- الخصيتين

1- هورمون التيستوستيرون

وظائف الهورمونات التي تفرزها الغدد الصم خلال التمرين

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

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

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

3- تحفيز معدل ضربات القلب وقوة تقلص العضلة القلبية.

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

استجابات بعض الهورمونات للتمرين (الجهد البدني)

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

1- استجابات هورمون التيستوستيرون للتمرين

أ- تؤدي جرعة تمرين المقاومة إلى حدوث زيادة هامة في تركيز هورمون التيستوستيرون فوق مستويات الراحة لدى الذكور.
ب- ينخفض مستوى هذا الهورمون كلما طالت فترة دوام التمرين وفي فترة استعادة الشفاء بعد التمرين.
ج- إن الآثار الفسيولوجية النافعة أو الضارة التي تنتج عن انخفاض هذا الهورمون سواء أكانت من جراء طول فترة دوام التمرين أو في مرحلة استعادة الشفاء بعد التمرين غير معروفة لحد الآن.

2- استجابات هورمون الأنسولين والكلوكاكون للتمرين

أ- يؤدي التمرين إلى خفض تراكيز هورمون الأنسولين في الدورة الدموية.
ب- يكون الانخفاض في تراكيز هورمون الأنسولين كبيرا عندما تكون فترة التمرين طويلة.
ج- تنخفض مستويات هذا الهورمون خلال التمرين بالشدة المتوسطة ، في حين لا تنخفض مستوياته عندما يكون التمرين بالشدة القصوى (90%) من الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين (Vo_2 max).
د- يرتفع مستوى هورمون الكلوكاكون استجابة للجهد البدني نتيجة لانخفاض مستوى الكلوكوز ليعمل على رفع مستواه مرة ثانية.

2- استجابات هورمونات الكاتيكولامين (هورموني الابينيفرين والنورابينيفرين)

أ- تؤدي تمرينات المطاولة والمقاومة الى حدوث ارتفاع في تراكيز الكاتيكولامين (هورموني الابينيفرين والنورابينيفرين).
ب- تكون شدة وفترة دوام التمرين المحددان الأوليان لاستجابة الكاتيكولامين. حيث تكون الفترة القصيرة من الركض السريع (بضع ثواني) بالشدة القصوى كافية لرفع تراكيز كل من هورموني الابينيفرين والنورابينيفرين.
ج- توجد اختلافات أو فروق في استجابات الكاتيكولامين خلال التمرين أو الجهد البدني الذي يتميز بالشدة الأقل من القصوى إذ يبدو أن استجابات الكاتيكولامين تعتمد على فترة دوام التمرين في هذا المستوى من الشدة.

3- استجابات الهورمونات الأنثوية للتمرين

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

4- استجابات الهورمونات المنظمة لسوائل الجسم

أ- تزداد تراكيز او مستويات الهورمون المضاد للابالة والالدستيرون نتيجة للجهد البدني.
ب- تكون استجابة هذين الهورمونيين متشابهه لدى الرجال والإناث.
ج- تعد شدة التمرين المنبه أو الحافز الفعال لإفراز الهورمون المضاد للابالة والالدستيرون ، إذ لوحظ أن هنالك استجابة كبيرة وهامة لهذين الهورمونيين نتيجة للجهد البدني العالي الشدة مقارنة بالجهد البدني المنخفض الشدة.