

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira -
Tasdawit Akli Muḥend Ulḥağ - Tubirett -
Institut des Sciences et Techniques
des Activités Physiques et Sportives



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ألكلي محمد أولحاج
- البويرة -

معهد علوم وتقنيات النشاطات الرياضية والبدنية
قسم: التدريب الرياضي.

محاضرات في مقياس

فيزيولوجيا الجهد البدني

محاضرات خاصة بالسداسي الثاني

ماستر 1 تخصص: تدريب رياضي نخبوي

ميدان: علوم وتقنيات النشاطات البدنية والرياضية

إعداد: د. برجم رضوان

السنة الجامعية 2021-2022

معلومات حول المقياس والمطبوعة

اسم المقياس: فيزيولوجيا الجهد البدني
المستوى الدراسي: أولى ماستر.

☐

سنوي

☐

طبيعية المقياس: سداسي

أهداف المقياس:

- معرفة القواعد الأساسية والمعارف النظرية والتطبيقية المرتبطة بالجهاز القلبي الوعائي (الجهاز الدوراني) والجهاز التنفسي.

- معرفة التغيرات الفيزيولوجية المصاحبة للجهد البدني.

عدد المحاور: 04

عدد المحاضرات: 14

عدد الأسابيع: 14

عدد صفحات المطبوعة: 107

عدد المراجع المعتمدة: 22

توضيح: هذه المطبوعة سداسية خاصة بالسداسي الثاني فقط أما المقياس فهو مقياس سنوي



الرقم	المحور	المحاضرة	اسم المحاضرة	الصفحة	الأسبوع
01	الجهاز القلبي الوعائي أو الجهاز الدوراني	محاضرة رقم 01	مهام وظيفة الجهاز القلبي الوعائي	05	الأول
		محاضرة رقم 02	الأوعية الدموية	11	الثاني
		محاضرة رقم 03	الدم	16	الثالث
02	تأثير الجهد البدني على الجهاز القلبي الوعائي	محاضرة رقم 04	الدفع القلبي ونبضات القلب	27	الرابع
		محاضرة رقم 05	تابع الدفع القلبي ونبضات القلب	39	الخامس
		محاضرة رقم 06	الضغط الدموي	47	السادس
		محاضرة رقم 07	تغيرات عامة على الدم	53	السابع
		محاضرة رقم 08	تغيرات عامة لعمل القلب	56	الثامن
03	الجهاز التنفسي	محاضرة رقم 09	تابع: تغيرات عامة لعمل القلب	62	التاسع
		محاضرة رقم 10	مهام وظيفة الجهاز التنفسي	69	العاشر
04	تأثير الجهد البدني على الجهاز التنفسي	محاضرة رقم 11	التهوية الرئوية	78	الحادي عشر
		محاضرة رقم 12	تابع: التهوية الرئوية	84	الثاني عشر
		محاضرة رقم 13	التبادلات الغازية.	93	الثالث عشر
		محاضرة رقم 14	مفهوم ضغط الخاص بالغازات	101	الرابع عشر



المحور الأول: الجهاز القلبي الوعائي أو الجهاز الدوراني

- 1.1- مهام وظيفة الجهاز القلبي الوعائي.
- 2.1- مكوناته.
- 3.1- القلب.
- 4.1- دوران الدم داخل القلب.
- 5.1- جهاز قياس كهربائي للقلب (ECG) L'électrocardiogramme :
 - 6.1- الأوعية الدموية.
 - 7.1- توزيع الدم.
 - 8.1- مسارات الدم في الجسم: الدورة الدموية الكبرى والدورة الدموية الصغرى.
 - 9.1- الدم.

المحور الأول: الجهاز القلبي الوعائي أو الجهاز الدوراني

مهام وظيفة الجهاز القلبي الوعائي

1-تركيب ومكونات الجهاز الدوري :

يتكون من القلب وشبكة من الأوعية الدموية تبدأ بشريان الأورطي وهو أكبر شريان بالجسم ويتفرع من مجموعة من الشرايين الأقل اتساعا حتى تصل إلى الشعيرات الدموية ، وبها تتم أهم وظيفة بالجهاز الدوري وهى تبادل الغازات والمواد الغذائية اللازمة للأنسجة حيث تحصل الأنسجة على طلباتها من الأكسجين والمواد الغذائية والفيتامينات والمعادن والماء، وتتخلص من نواتج التمثيل الغذائي ويتحول الدم من دم شرياني إلى دم وريدي يعود من خلال الأوردة الدموية إلى القلب إلى الجانب الأيمن من القلب وهذا ما يسمى بالدورة الدموية الكبرى ومن البطين الأيمن يتم دفع الدم إلى الرئتين حيث يتم أكسدته ويتم تحويله إلى دم شرياني مرة أخرى يعود إلى الجانب الأيسر من القلب (الأذين الأيسر ثم البطين الأيسر) ومنه يعاد ضخه مرة أخرى إلى الجسم من خلال الدورة الدموية الكبرى.

(الدورة الرئوية / الدورة الدموية الصغرى): هي الدورة ما بين البطين الأيمن إلى الرئتين إلى الأذين الأيسر بهذا الوصف يعمل القلب كمضخة تضخ الدم لجميع خلايا الجسم من خلال الدورة الدموية (الأوعية الدموية) الشرايين والشعيرات والأوردة .

2-الوظائف العامة للقلب والدورة الدموية:

كل الوظائف تعتمد على وجود الدم داخل القلب والجهاز الدوري ومنها:

1-2- وظيفة غذائية:

من خلال الدورة الدموية يتم توزيع الغذاء المختص من الجهاز الهضمي إلى كل خلايا الجسم لتحصل على احتياجاتها من المواد الغذائية المختلفة.

2-2- وظيفة تنفسية:

والمقصود بها أن يقوم الجهاز الدوري بإمداد خلايا الجسم باحتياجاتها من الأكسجين ويرفع منها ثاني أكسيد الكربون.

2-3- وظيفة إخراجية:

وفيها يقوم الجهاز الدوري بسحب نواتج التمثيل الغذائي من خلايا الجسم المختلفة ويوجهها إلى أعضاء الإخراج (الكليتان لتخرجها إلى بول، الجلد يخرجها عرق، رئتين تخرجها زفير)

- حمل الهرمونات في الجسم:

حمل الهرمونات من أماكن إفرازها بواسطة الغدد الصماء إلى أماكن عملها.

- تنظيم درجة حرارة الجسم: الحرارة المفقودة 20 % عمل 80 % حرارة. حيث يدفع بجزء كبير من الدم إلى الجلد للتخلص من الحرارة الزائدة بالجسم في حالة ارتفاع درجة حرارة الجسم عن طريق تمدد الأوعية الدموية الجلدية في حين يسحب كمية كبيرة من الدم من الجلد في حالة التعرض إلى درجات حرارة منخفضة بواسطة انقباض في الأوعية الدموية الجلدية.

-الحفاظ على ثبات الوسط الداخلي :

عن طريق استعاض (استعاض) ما ينقص من عناصر أو مواد وإزالة ما يزيد من هذه المواد.

-التغذية الراجعة:

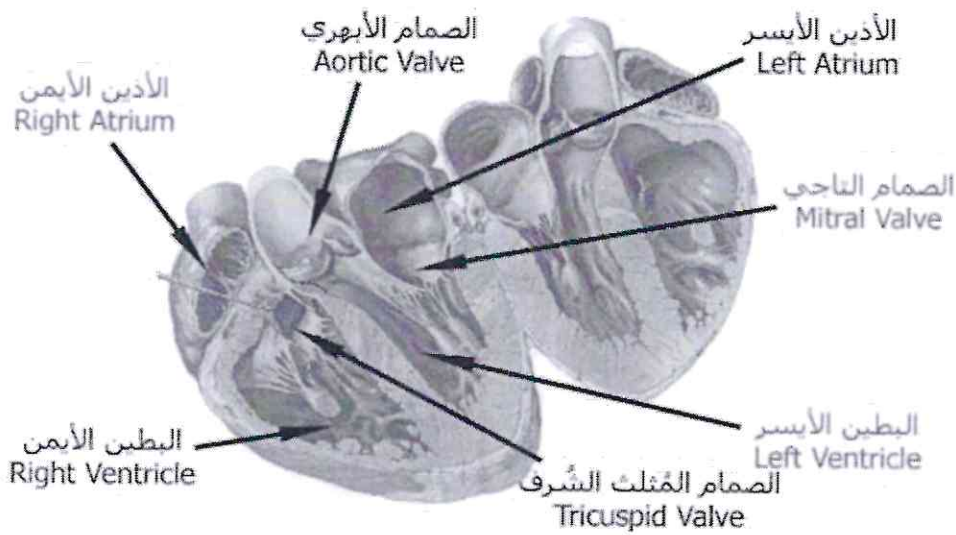
وهذه العملية تلعب دور أساسي في عمل الأجهزة الضابطة حيث تعيد الخلل الوظيفي لأي عضو في الجسم تعيده إلى معدله الطبيعي وهذا يتم عن طريق التغذية الراجعة لمراكز التحكم في هذه الوظائف. (أبو العلا، 1997، ص 86).

3- قلب الإنسان:

أن موقع القلب بعكس الاعتقاد الشائع، لا يقع القلب في الجانب الأيسر من الصدر بل في الوسط، لكن جانبه الأيسر والأكبر يكون ممتدا إلى اليسار. يخفق القلب 100000 خفقة في اليوم وله أداة ناظمة تسمى العقدة الجيبية الأذينية sinoatrial node توجد في الأذنين الأيمن. تتولد إشارات كهربائية من هذه العقدة وتنتشر في البداية في الأذنين، مسببة انقباضهما ودفع الدم إلى البطينين. وبعد فترة تأخر قصيرة تسمح بامتلاء البطينين، تمر الإشارات في البطينين اللذين ينقبضان ويضخان الدم إلى الجسم والرئتين. تعاني هذه الناظمة pacemaker أحيانا من خلل وظيفي يجعل القلب يخفق بشكل أبطأ أو أسرع مما ينبغي، وفي مثل هذه الحالات يمكن تركيب ناظمة اصطناعية من أجل تنظيم سرعة القلب ونظمه.

3-1- صمامات القلب:

ينقسم القلب إلى جانب أيمن وآخر أيسر، كما ينقسم كل من هذين الجانبين إلى حجرة عليا تدعى بالأذين وحجرة سفلى تدعى بالبطين. يعمل الأذنان كحجرتي ملء مؤقت للبطينين اللذين يمثلان حجرتي الضخ الرئيسيتين. يضخ الجانب الأيسر الدم إلى مختلف أنحاء الجسم، ولذلك نجده أكبر من لجانب الأيمن وأقوى. بينما يضخ الجانب الأيمن الدم إلى الرئتين عبر دائرة أقصر (الشكل 01).



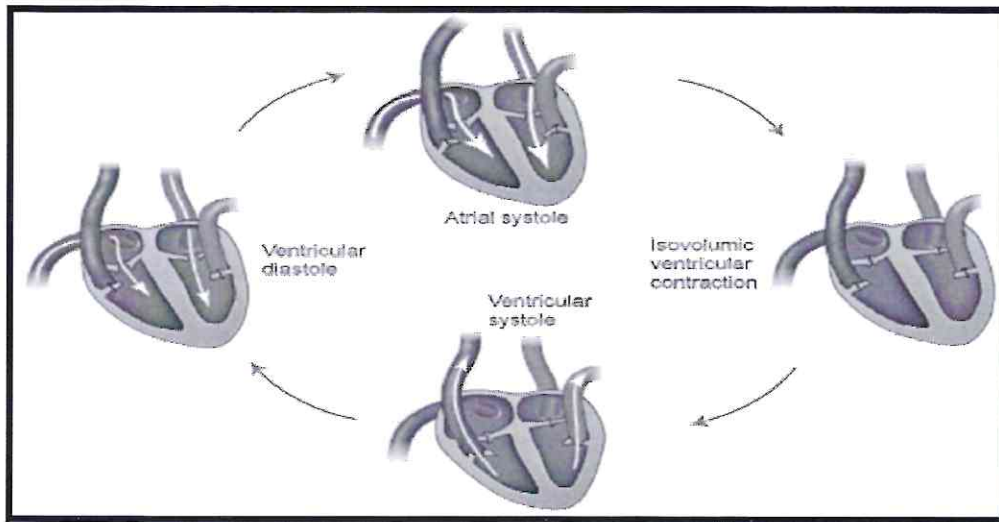
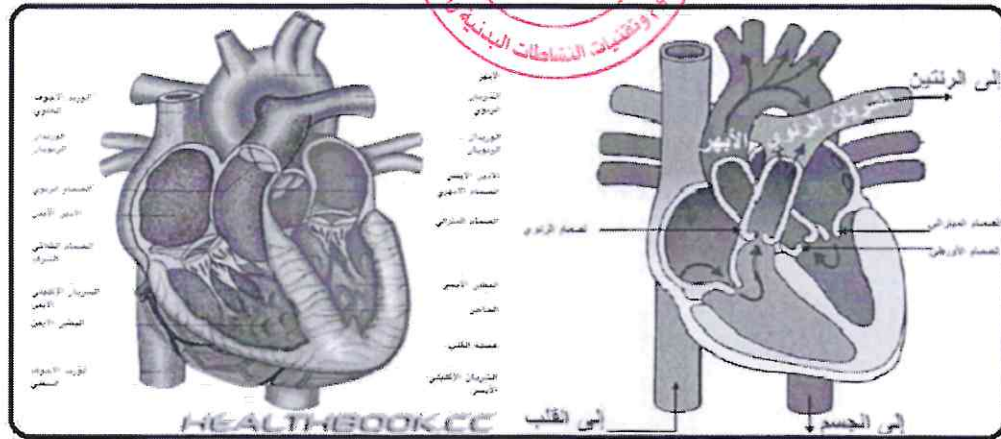
الشكل (01): تشريح القلب.

ولإبقاء جريان الدم في الاتجاه الصحيح، توجد سلسلة من الصمامات الأحادية الاتجاه. يقع الصمام المترالي mitral valve بين الأذين الأيسر والبطين الأيسر، ويقع الصمام الثلاثي الشرف tricuspid valve اذ يلتقي الأذين الأيمن بالبطين الأيمن. يمنع هذان الصمامان رجوع الدم إلى الأذنين عندما ينقبض البطينان. وهناك زوجان آخران من الصمامات يفصلان البطينين عن الشرايين التي يصبان فيها، وهما يمنعان رجوع الدم إلى القلب عند استرخاء الأذنين. يقع الصمام الأبهر aortic valve بين البطين الأيسر والأبهر (أكبر شرايين الجسم). كما يقع الصمام الرئوي بين البطين الأيمن والشريان الرئوي، كما في الشكلين (01-02).



3-2-دورة القلب:

8



الشكل (03): الدورة الدموية في القلب.

3-3- غلاف القلب:

القلب مغلف من الخارج بغلاف رقيق يسمى ما حول القلب أو غشاء التامور pericardium وهذا الغشاء الذي يأخذ شكل كيس يحمي القلب ويحتويه فإذا أصيب بالالتهاب فإن ذلك يمكن أن يعوق حركة الضخ التي يقوم بها القلب وأن يسبب ألما بالصدر. (عثمان، 2009، ص 62).

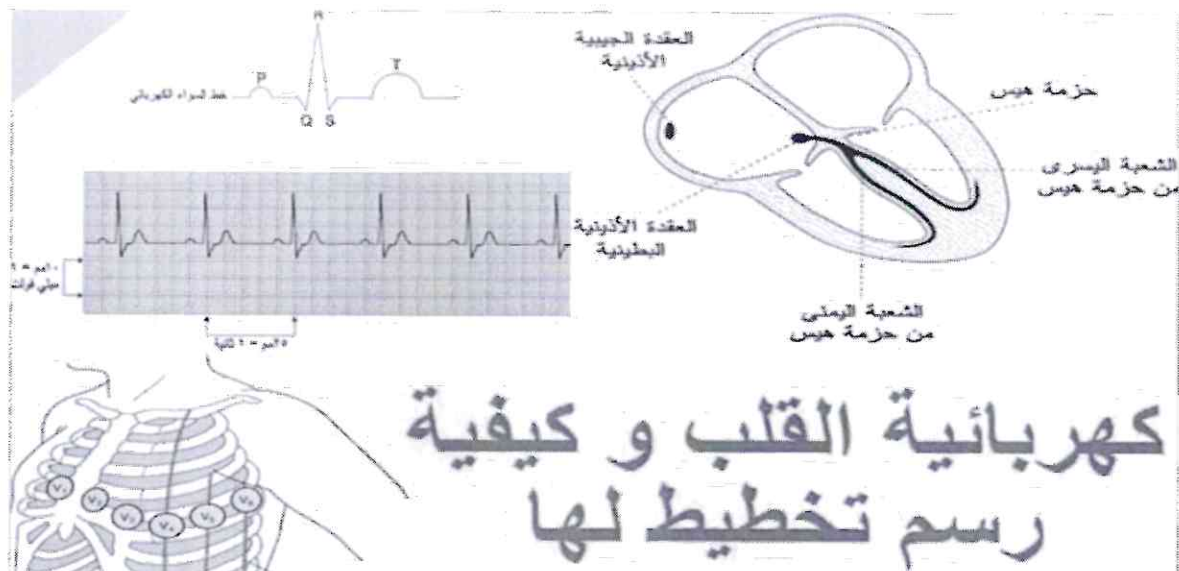
4- الطرق المستخدمة في قياس الحجم القلبية:

هناك عدة طرق مستخدمة في قياس الحجم القلبية وتشمل:

*التصوير الإشعاعي (X-Ray)

– التخطيط القلبي الكهربائي (Electrocardiography)

و كل موجة من هذه الموجات تحدد بزمان معين خاص فيها و يدل على انتظام عمل القلب و الفترات الزمنية بين عملية بداية الاستقطاب في عضلة القلب و زوال الاستقطاب و يتم تحديدها من قبل طبيب مختص من خلال ملاحظة مسافة بين خطوط التخطيط القلبي ، كذلك من خلال ارتفاع هذه الموجات انخفاضها عن الخ الذي يفترض أن تسير عليه و يمكن من خلال قراءة هذه الموجات من قبل طبيب القلب المختص التعرف الأولي على أنه هناك زيادة في حجم القلب بشكل عام من خلال الاختلاف في طول و ارتفاع و زمن هذه الموجات في عملية الكشف عن الامراض القلبية و يليها بعد ذلك استخدام اختبار القلب الصدري ثنائي الأبعاد (Two Dimensional Echocardiography) لتحديد الحجوم القلبية و التغيرات القلبية بشكل أكثر دقة. (سلامة، 2000، ص166).



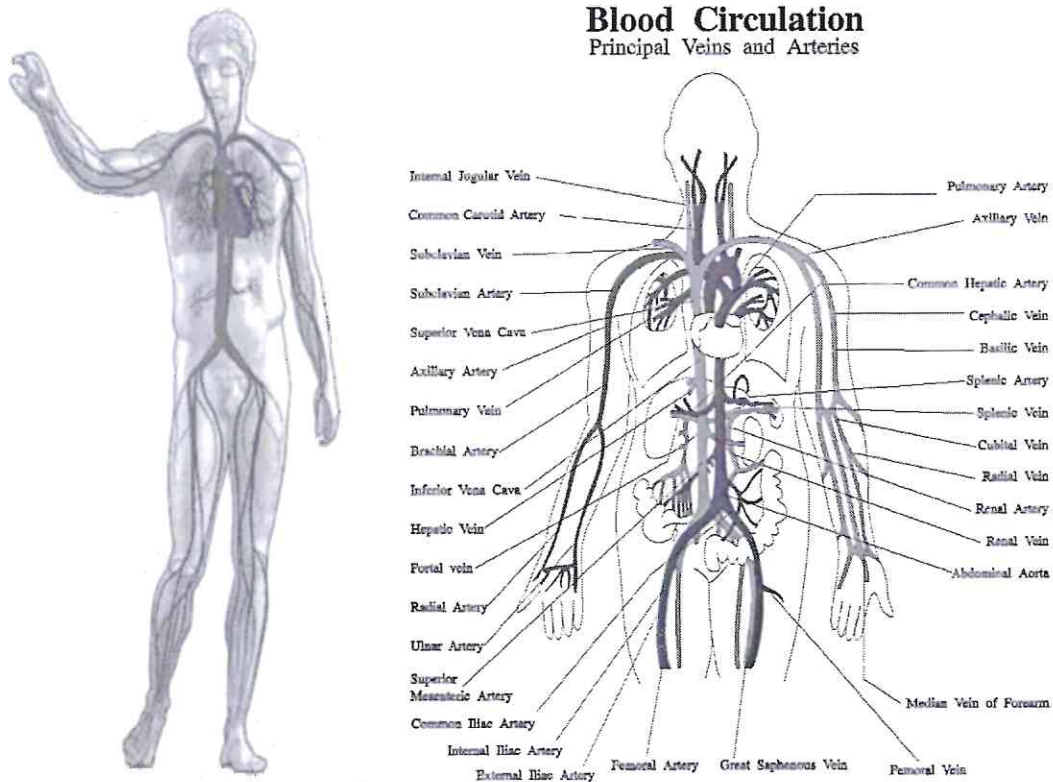
الشكل (04): التخطيط القلبي كهربائي لعضلة القلب.

المحور الأول: الجهاز القلبي الوعائي أو الجهاز الدوراني

الأوعية الدموية.

أولاً: الأوعية الدموية (الشرايين والأوردة):

الشرايين تنقل الدم من القلب إلى الأعضاء وجدارها أكثر سمكا من الأوردة وهي فاغرة، أما الأوردة تورد الدم من الأعضاء إلى القلب وهي رخوة ومرنة جدارها أقل سمكا، بداخلها صمامات تجعل الدم يجري في اتجاه واحد ولا يرجع إلى الوراء.



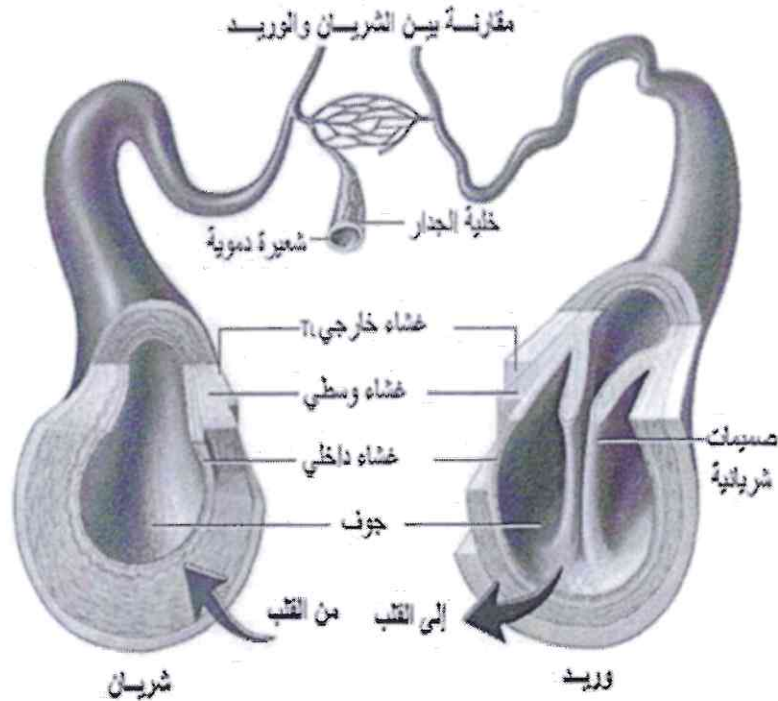
الشكل (05): الجهاز الدوراني عند الإنسان.

الاعوية الدموية (Blood Vessels):

تعمل الاعوية الدموية على نقل الدم من القلب الى جميع خلايا الجسم حيث تقوم بتوصيل المواد والمركبات اللازمة لاستمرار القيام بوظائفها من خلال دورة مغلقة تبدأ من القلب وتنتهي بالقلب وتنقسم الاعوية الدموية الى ثلاث أنواع وهي كالآتي :

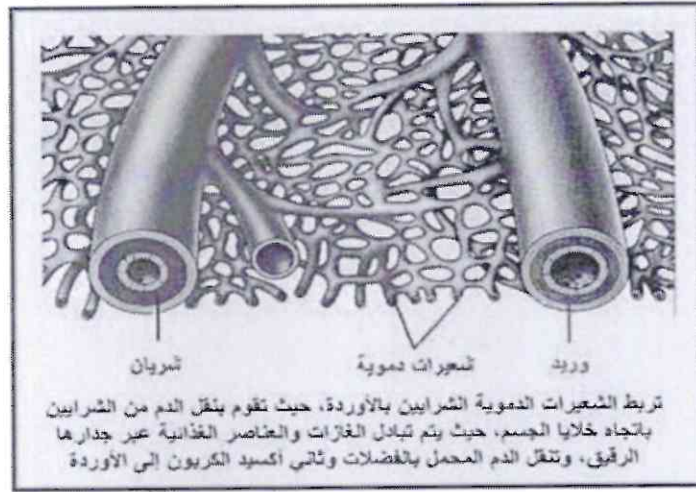
1- الشرايين: هو أكبر الاعوية الدموية وأكثرها مرونة وعضلية وهي دائماً تحمل الدم من القلب بواسطة الشرايين التي تتفرع الى الشريانات ومن ثم يدخل الدم الى الشعيرات الدموية المحيطة لخلايا الجسم المختلفة، والشرايين تحمل دماً مؤكسداً ماعدا شريان واحد يحمل دماً غير مؤكسد وهو الشريان الرئوي الخارج من البطين اليمين إلى الرئتين .

2- الأوردة: وهي التي تقوم بإرجاع الدم من الأنسجة إلى القلب عن طريق وريادات تكبر في الحجم حتى تصبح أوردة تتجمع في الوريد الأجوف العلوي والوريد الأجوف السفلي ومنها تصب في الأذنين الأيمن، وكل الأوردة تحمل دماً غير مؤكسد ماعدا الأوردة الرئوية القادمة من الرئتين والتي تصب في الأذنين الايسر بعد إتمام عملية تبادل الغازات مع الحويصلات الهوائية فهي تحمل دماً مؤكسداً.



الشكل (06): مقارنة بين الشرايين والأوردة.

3-الشعيرات الدموية: عند وصول الدم الى الخلايا تحدث عملية تبادل بينهما فتدخل المواد الغذائية والاكسجين وبنفس الوقت يخرج ثنائي اوكسيد الكربون ومخلفات عملية انتاج الطاقة عن طريق الغشاء الرقيق المكون لجدار هذه الشعيرات الدموية ، والشعيرات الدموية دقيقة جداً لدرجة انها تسمح بمرور كرية دم واحدة .



الشكل (07): الشعيرات الدموية.

ثانيا: أنواع الأوعية الدموية:

هناك خمسة أنواع من الأوعية الدموية:

1. الشرايين :

الشرايين arteries هي أوعية دموية تحمل الدم من القلب إلى الرئتين وإلى جميع أنحاء الجسم. الشرايين تتكون من ثلاث طبقات:

أ- بطانة داخلية

ب- طبقة متوسطة غشائية عضلية.

ج- طبقة خارجية من نسيج ضام

حينما تمر الشرايين خلال الكبد والكليتين فإن الدم يتخلص عندئذ من بعض النفايات وحينما يمر خلال الأمعاء فإنه يلتقط العناصر الغذائية. وينما يسري الدم خلال الجسم فإنه يلتقط أو يعطي مواد مختلفة كثيرة (مثل الهرمونات والعناصر الغذائية).

-الشرايين التاجية (الإكليلية):

سميت بالتاجية لأنها تلف حول القلب مثل التاج أو الإكليل حول الرأس يتفرع الشريانان التاجيان الأيمن والأيسر من الشريان الأورطي. يرسل الأورطي (وهي أكبر شريان بالجسم) الدم إلى الشريان التاجي الرئيسي الأيسر، ويتفرع هذا الوعاء (أي الشريان التاجي الأيسر) إلى فرعين هما الشريان الأمامي الهابط والشريان الدائري. وهذا الفرعان يحملان الدم إلى الأجزاء الأمامية والجانبية والخلفية من القلب. أما الشريان التاجي الأيمن فهو وعاء آخر يتفرع من الشريان الأورطي ويغذي الجانب الأيمن والجزء السفلي من القلب.

2. الشريينات (الشريينات):

إن الشرايين التي يمر من خلال الدم المؤكسد تتفرع وتتفرع وتزداد ضيقاً وتلك الأنابيب الأصغر حجماً تسمى الشريينات.

3. الشعيرات:

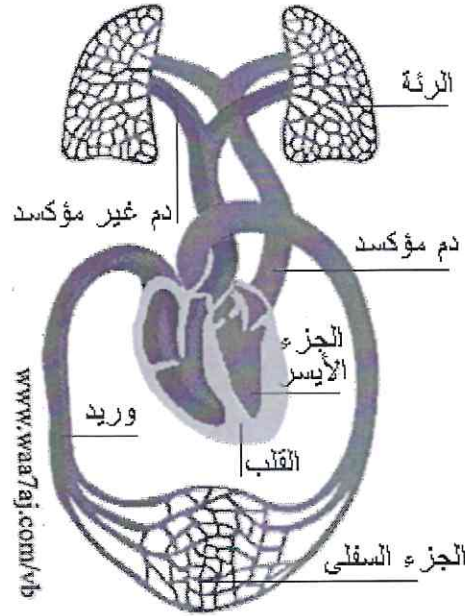
إن هذه الأنابيب الأصغر حجماً التي تسمى بالشريينات تتفرع بدورها وتزداد ضيقاً حتى تصل إلى الأوعية الأصغر حجماً التي تسمى بالشعيرات، حيث تصبح في النهاية أوعية دموية ميكروسكوبية دقيقة والتي تغذي كل نسيج في الجسم تقريباً.

4. الوريدات: بعد أن يمر الدم من خلال الشعيرات فإنه يدخل إلى الوريدات وهي أصغر الأوردة وأضيقتها.

5. الأوردة: ثم يتدفق الدم خلال الأوردة التي يزداد اتساعها وحجمها حتى تصل إلى أضخم وريد بالجسم وهو الوريد الأجوف الذي يدخل الأذين الأيمن للقلب.

والدم في رحلة عودته من أنسجة الجسم خلال الأوردة متجهاً إلى القلب يتحرك بسرعة كثيراً من سرعته عند ضخه خلال الشرايين إلى أنسجة الجسم، إذ يتم دفعه -بدرجة أقل- بقوة انقباض القلب، ولكن بدرجة أكبر بقوة انقباض

العضلات (التي تضغط على جدر الأوردة لدفع الدم فيها) وتوجد صمامات لها اتجاه واحد دخل الأوردة لتمنع الدم من الاندفاع إلى الخلف بعيدا عن القلب بتأثير الجاذبية. (عثمان، 2009، ص 82)



الشكل (08): الشعيرات الدموية.

المحور الأول: الجهاز القلبي الوعائي أو الجهاز الدوراني

الدم

الدم السائل المعقد التركيب وظيفته نقل المواد من وإلى الخلايا، و يتميز بتكوين الجلطة الدموية عندما يحدث نزيف و يتكون الدم من البلازما و خلايا الدم التي تسبح في البلازما و يمثل الدم حوالي 5 % إلى 7.5 % من الوزن الكلي للجسم و حجم الدم ما بين 6.5 لتر في الشخص البالغ الطبيعي و هذه الكمية تكون موزعة في الجسم كالآتي:

- 25 % في الرئتين و الأوعية الدموية (الأوردة الشرايين الرئيسية) أو القلب.
- 25 % في الكبد.
- 25 % في العضلات الإرادية.
- 25 % في باقي أعضاء الجسم و تكون البلازما حوالي 55 % من حجم الدم، و تكون كريات الدم 45 % من حجم الدم.

حركة دوران الدم:

تبدأ رحلة الدم في جهاز الدوران من البطين الأيسر للقلب.

- ينقبض هذا البطين مسببا اندفاع كمية من الدم إلى الأبهر الذي يقوم بتمريره إلى شبكة من الشرايين والأوعية الشعرية التي تصغر شيئا فشيئا.
- ينتقل الدم بعد ذلك إلى أوعية متزايدة الكبر تتجمع مع بعضها مشكلة الأوردة الجوفاء التي تفرغ الدم في الأذين الأيمن.
- ومن هناك يُمرّر الدم إلى البطين الأيمن ويُضخ في الجذع الرئوي ومنه إلى الأوعية الشعرية للرئتين.
- هنا ينحلّ الأكسجين في الدم ويُترَع منه ثاني أكسيد الكربون.
- ينتقل الدم الغني بالأكسجين عبر الوريدين الرئويين إلى الأذين الأيسر ثم إلى البطين الأيسر لكي يبدأ رحلته من جديد.

1. تعريف الدم: (Definition of Blood)

الدم سائل لزج أحمر اللون يجري في الأوعية الدموية ويحمل الغذاء والأكسجين وعوامل مقاومة الأمراض إلى جميع أجزاء الجسم وكذلك ينقل ثاني أكسيد الكربون من جميع أجزاء الجسم إلى الرئتين للتخلص منه. ويحتوي جسم الإنسان البالغ على 5 لترات من الدم تقريباً.

أو هو عبارة عن نسيج سائل أحمر اللون من ضمن أشكال النسيج الضام يجري في داخل الجسم من خلال الأوعية الدموية الأوردة (Venis) والشرايين (Artiers) والشعيرات الدموية (Capillaries) ويتكون الدم من:

أ - البلازما (plasma) ومن خلايا الدم: (Blood cells):

ب - خلايا الدم الحمراء (Red blood cells).

ج - خلايا الدم البيضاء (white blood cells).

د - الصفائح الدموية. (Blood Platelets).

2. وظائف الدم:

يعتبر الدم كوسيط بين الوسط الخارجي والخلايا لأنه ينقل من الرئتين والأمعاء على التوالي ثنائي الأكسجين ومواد القيت نحو الخلايا، وينقل من الخلايا فضلات مثل ثنائي أكسيد الكربون والفضلات البولية نحو الرئتين والكليتين لتطرح خارج الجسم. ومن أهم وظائف الدم:

أ - التنفس: حيث يقوم الدم بنقل الأكسجين من الرئتين إلى الأنسجة بواسطة الهيموجلوبين، ويقوم بنقل ثاني أكسيد الكربون من الأنسجة إلى الرئتين لطرحها خارج الجسم.

ب - التوازن المائي: يقوم الدم بالمحافظة على كمية الماء الموجودة في الجسم وذلك عن طريق إخراج الماء الزائد عبر الكليتين والجلد.

ج - التغذية: يقوم الدم بنقل وتوزيع المواد الغذائية من الجهاز الهضمي إلى جميع أنسجة الجسم.

د - الإخراج: يقوم الدم بتخليص الجسم من المواد السامة والضرارة مثل البولينا عن طريق الكلية.

هـ - نقل إفرازات الهرمونات: حيث يقوم الدم بنقل الهرمونات التي تفرزها الغدد إلى الأنسجة.

- و- حمل و نقل الفيتامينات و المعادن و الغازات.
 - ز- تجلط الدم: يعمل الدم على الوقاية من النزيف بواسطة التجلط فيحافظ على كمية الدم الطبيعية في الجسم .
 - ح- المساعدة في تنظيم الأس الهيدروجيني للأنسجة.
 - ط- المساعدة في المحافظة على ضغط الدم.
 - ي- المساعدة في مقاومة الميكروبات الضارة التي تهاجم الجسم.
 - ك- حمل و نقل الغذاء المدخر من عضو أو نسيج إلى آخر يحتاج هذا الغذاء .
- 3- تركيب الدم :

الدم سائل معقد أحمر اللون يحتوي على من الخلايا و المواد الكيميائية القائمة فيه و يتكون الدم من:

- البلازما حوالي 55 % من حجم الدم.
- خلايا الدم حوالي 45 % من حجم الدم و هي:
- أ- كرات الدم الحمراء و عددها 5.5 مليون في كل 3 ملم في الرجل و 4.8 مليون في كل ملم عند المرأة.
- ب- كرات الدم البيضاء و عددها 4000 إلى 11000 في كل 3مم من الدم.
- ت- الصفائح الدموية و عددها من ربع إلى نصف مليون في كل 3 ملم من الدم. (العلوي، 2014، ص78).

أولا : البلازما (Plasma):

1- تعريفها:

عبارة عن الجزء السائل من الدم ليس لها شكل وتبلغ نسبتها حوالي 54 % من حجم الدم الكلي والنسبة الباقية 46% كريات دموية. وهو سائل بروتيني أصفر اللون يتكون من الماء بصفة أساسية. وتحتوي على كل عوامل التجلط وبروتينات أخرى مختلفة مثل الألبومين والأميونوغلوبولين (الأجسام المضادة) وتقوم البلازما بنقل الغذاء المهضوم إلى جميع أجزاء الجسم، كما تحمل فضلات التمثيل الغذائي إلى الكليتين والرئتين من أجل إخراجها خارج الجسم، كما تسبح في البلازما الخلايا الدموية.

يعتبر سائل قلوي أبيض مصفر في اللون و الأس الهيدروجيني للبلازما من:

- الماء 90 % من حجم البلازما.
- البروتينات الدموية 7 % من حجم البلازما و تشتم الألبومين و الجلوبيولين الفيبرونوجين و البروثومين.
- المواد الغذائية و الهرمونات و المواد المضادة، حوالي 2 % من حجم البلازما.
- الأملاح و الغازات حوالي 1 % من حجم البلازما.

2- وظائف البلازما:

- أ- تدخل في عملية تجلط الدم.
- ب- لها دور في مناعة الدم.
- ج- تساعد في المحافظة على حجم الدم.
- د- تساعد في المحافظة على ضغط الدم.
- هـ- تمثل جزء من لزوجة الجسم.
- و- حمل و نقل الهرمونات مثل الثروكسين و الفيتامينات و مثل فيتامين أ و الغازات مثل ثاني أكسيد الكربون وبعض الأدوية.
- ز- تساعد في تنظيم الضغط الأسموزي للدم.
- ح- تعتبر احتياطي للبروتين تمد به الجسم في حالة المجاعة.
- ط- تساعد في تنظيم الأس الهيدروجيني للدم.
- ي- تساعد في سرعة ترسب كرات الدم الحمراء.
- ك- تقوم بإمداد الجسم بجميع المواد الضرورية للعمليات الحيوية.
- ل- تستقبل مخلفات التمثيل الغذائي من أنسجة الجسم المختلفة و تنقلها إلى أجهزة الإخراج.

ثانيا : الكريات الدموية الحمراء (Red Blood Cells)

1- التعريف:

تعرف كريات الدم الحمراء أيضا بـ (Erythrocytes) وهي عبارة عن كريات دائرية الشكل شديدة التميز ولها غشاء خلوي عادي ولكن ليس بها قنوات وتحتوى على مادة الهيموجلوبين التي تعطي الدم لونه الأحمر، وسيتوبلازم. كما أن

سبب تسميتها بكريات الدم الحمراء بدلا من خلايا الدم الحمراء هو عدم احتوائها على النواة وعلى مكونات الخلية الحية. تشكل حوالي 50% من الدم ومهمتها نقل الأكسجين من الرئتين إلى سائر أجزاء الجسم ونقل ثاني أكسيد الكربون من أجزاء الجسم المختلفة إلى الرئتين، يوجد منها 5 ملايين كرية في المليمتر المكعب من الدم وتعيش كل منها مدة 120 يوما و بعدها تتكسر ليقوم نخاع العظمى بإنتاج كرية أخرى من جديد.

2- وظائف كريات الدم الحمراء :

- أ- نقل الأكسجين من الرئتين إلى خلايا الجسم.
 - ب- نقل ثاني أكسيد الكربون من الخلايا إلى الرئتين .
 - ج- تكون جزء من لزوجة الدم.
 - د- الحفاظ على PH الجسم.
- يتأثر عدد كريات الدم الحمراء بالعوامل التالية:
- أ- عمر المريض وجنسه (ذكر أم أنثى)
 - ب- الحالة الغذائية والصحية للشخص.
 - ج- ارتفاع الشخص عن مستوى سطح البحر.
- والنسبة الطبيعية لشخص بالغ من كرات الدم الحمراء (RBC) هي (4-5.2 million/mcl). والنسبة الطبيعية للأطفال (4-5.2 million/mcl). والنسبة الطبيعية للأطفال حديثي (4-5.2 million/mcl). (*)

ثالثا: الكريات الدموية البيضاء : (White Blood Cells)

1- تعريفها:

تعرف أيضا بـ (Leukocytes) وهي مجموعة من الخلايا حبيبة النواة وتختلف عن الكريات الحمراء ببعض الصفات كفقدان اللون الأحمر وكبر حجمها وغيرها وسميت بهذا الاسم لخلوها من الهيموجلوبين. وتعد الخلايا

* المعدل الطبيعي لكريات الدم تختلف طبقا لنوع الشخص الرجال النساء الأطفال.

البيضاء خلايا دفاعية تعمل كخط دفاع في الجسم، إذ تدافع عن الجسم ضد الأمراض وتحارب الجراثيم، ولها أنواع كثيرة يمكن تفريقها عن طريق الشكل ويتراوح عددها بين 4-10 ألف في المليتر المكعب من الدم.

• كرات الدم البيضاء WBC النسبة الطبيعية لشخص بالغ (3.8-10.8 thousand /mcl).

• النسبة الطبيعية للأطفال (4 - 12 thousand /mcl)

• النسبة الطبيعية للأطفال حديثي الولادة (10 - 28 thousand /mcl).

2- وظيفة كريات الدم الحمراء WBC بصفة عامة (Function of WBC) :

هـ - يقوم الـ WBC بعملية الدفاع عن الجسم.

و - محاربة الأجسام الغريبة عن الجسم، و ذلك يساعد في مقاومة العدوى التي يتعرض لها الجسم.

ز - لها علاقة بالحساسية نتيجة لإفراز مادة البستامين

ح - إفراز بعض الهرمونات مثل الهرمون المنشط، للغدة الدرقية طويل المفعول.

ط - تكوين بعض الأجسام المضادة التي تساعد في مقاومة العدوى.

و بذلك يتضح ان الوظيفة الرئيسية لكرات الدم البيضاء هي مقاومة العدوى. (العلوي، 2014، ص 88)

رابعاً: الصفائح الدموية: (PLT)(Blood Platelets)

1- تعريفها:

هي أصغر خلايا الدم وهي أجزاء من سيتوبلازم الخلية الموجودة داخل النخاع العظمي وتعرف بـ (Megakaryocytic) ويطلق عليها أيضا بالخلايا المتجلطة (Thrombocyte) إذ تساعد على تكون الجلطة التي توقف النزيف إذا جرح الإنسان لا سمح الله، عن طريق سد الجرح، وعددها يتراوح بين 150 - 450 ألف في المليتر المكعب ونقصانها يؤدي إلى نزيف قد يؤدي إلى الموت.

2- وظيفة الصفائح الدموية:

1. وقف النزيف حيث تعمل كحاجز أو شبك تلتصق بفتحة الجرح وتمنع النزيف.

2. إفراز بعض المواد الهامة مثل السيروتونين (Serotonin) والأدرينالين (Adrenalin) والهستامين (Histamine) والتي لها دور في انقباضات الأوعية الدموية.



3. إفراز عوامل معينة عوامل التجلط (coagulation factor) المساعدة في تكوين الجلطة.
4. تساعد في عملية البلعمة حيث ترتبط بالميكروبات وبالتالي يتم التهامها بواسطة الخلايا البلعمية.
- 4- البروتينات الدهنية في الدم (دهون ثلاثية):
 1. تخزين الدهون في الجسم على هيئة دهون ثلاثية triglycérides
 2. لا بد من الصيام عن الطعام 12 ساعة على الأقل لعمل التحليل، حيث أن النسبة قد تصل 10 إضعاف مع تناول الطعام و يسمح فقط بالماء.
 3. غالبا يطلب الطبيب التحليل مع الكوليسترول و HDL & LDL من الملاحظ أن زيادة الكربوهيدرات في الطعام تؤثر في نسبة الدهون الثلاثية بالدم بدرجة اكبر من تأثير الدهون في الطعام.
 4. من الملاحظ أن زيادة الكربوهيدرات في الطعام تؤثر في نسبة الدهون الثلاثية بالدم بدرجة أكبر من تأثير الدهون في الطعام.
 5. هناك عادة ارتباط بين زيادة نسبة الدهون الثلاثية، ومرض النقرس والسكر وإدمان الكحول، وقد تزيد النسبة مع الحمل واستخدام حبوب منع الحمل.
 6. تزيد النسبة مع زيادة نشاط الغدة الدرقية وتصلب الشرايين والسمنة وأمراض الكلى والكبد المزمنة و تزيد جدا مع التهاب البنكرياس.
- 5- خضاب الدم:

تركيبة خضاب الدم، اللونين الأحمر والأزرق هما البروتين الذي يشكل خضاب الدم في حين أن اللون الأخضر هو مادة الحديد و التي تكون الهيم (Heme).

خضاب الدم أو الهيموغلوبين بالإنجليزية: (Hemoglobin) هو بروتين محمول داخل خلايا الدم الحمراء. يلتقط الأوكسجين في الرئتين ويسلمه إلى الأنسجة للحفاظ على حياة الجسم. الهيموغلوبين يتكون من بروتينين متماثلين ملتصقان ببعضهما البعض. يجب تواجد كلا البروتينين ليستطيع الهيموغلوبين تحميل وإعطاء الأوكسجين لخلايا الجسم. أحد البروتينين يدعى ألفا، و الآخر بيتا. وقبل الولادة، لا يتم إنتاج بروتين بيتا. لكن يوجد بروتين آخر يحل مكانه يسمى غاما، وهو لا يوجد إلا في طور الجنين، ويعمل كبديل للبيتا إلى وقت الولادة مثل جميع البروتينات، مخططات تصنيع الهيموغلوبين مخزنة داخل الـ دي إن أي DNA (المادة التي تكون الجينات). الإنسان لديه، في

العادة، أربعة جينات للتحكم بتصنيع بروتين ألفا، (سلسلة ألفا). بينما يتحكم جينان آخران بتصنيع سلسلة البيتا. (يوجد أيضا جينين إضافيين للتحكم بإنتاج سلسلة غاما لدى الجنين). يتم إنتاج سلسلة ألفا و بيتا بنفس الكمية، على الرغم من العدد المختلف للجينات. ترتبط سلاسل البروتين تلك بخلايا الدم الحمراء النامية، وتبقى معا طيلة حياة خلية الدم الحمراء. (العلوي، 2014، ص 93)

والنسبة الطبيعية من هيموجلوبين لشخص بالغ (13-16 g/dl) والنسبة الطبيعية للأطفال (11.5 - 15.5 g/dl) والنسبة الطبيعية للأطفال حديثي الولادة (14 - 20 g/dl).

6- إنتاج الهيموغلوبين:

يتطلب إنتاج خضاب الدم أو الهيموغلوبين تنسيق إنتاج الهيم والغلوبين. الهيم Heme هي مجموعة تعويضية prosthetic group يقوم بالمساعدة بالربط القابل للعكس للأوكسجين مع الهيموغلوبين. بينما الغلوبين Globin هو البروتين الذي يحيط ويحمي جزيئة الهيم. أربعة سلاسل من الغلوبين (سلسلتا ألفا وسلسلتا بيتا) تتشكل بصورة تشبه الديدان الملتفة. كل سلسلة من الغلوبين تحتوي مجموعة هيمي صغيرة. في مركز كل مجموعة هيمي توجد نواة من ذرة حديد (Fe). في الشكل الأول في الأعلى يظهر الغلوبين المكون من كل من سلسلتي البيتا باللون البرتقالي وسلسلتي ألفا الحمراء، بينما تظهر جزيئات الهيم باللون الأزرق.

7- تأثير بور:

قدرة الهيموغلوبين على إطلاق الأوكسجين، تتأثر بقيمة مؤشر الحموضة pH، ثاني أكسيد الكربون CO₂، وبالاختلافات في بيئة الرئتين الغنية بالأوكسجين وبيئة الأنسجة قليلة الأوكسجين. قيمة مؤشر الحموضة pH في الأنسجة أقل إلى حد كبير (أكثر حامضية) من الرئتين. يتم توليد البروتونات خلال التفاعل بين ثاني أكسيد الكربون والماء لتشكيل ثنائي الكربونات bicarbonate :



هذه الحموضة المتزايدة تخدم غرضين. أولاً، تضعف البروتونات الرابط بين الهيموغلوبين والأوكسجين، مما يسمح بإطلاق الأوكسجين بصورة سهلة إلى الأنسجة. عند إطلاق ذرات الأوكسجين الأربعة المرتبطة بالهيموغلوبين، يرتبط الهيموغلوبين مع بروتونين. هذا يؤدي لدفع توازن التفاعل نحو الجانب الأيمن من المعادلة. هذا هو ما يعرف بتأثير

بور The Bohr Effect ، وهو حيوي في إزالة ثاني أكسيد الكربون لأن ثاني أكسيد الكربون لا يذوب في مجرى الدم. إنَّ أيونات ثنائي الكربونات لها قابلية للذوبان أعلى بكثير، وعليه يمكن إعادتها إلى الرئتين بعد ارتباطها بالهيموغلوبين. إذا لم يستطع الهيموغلوبين امتصاص البروتونات الزائدة، سينتقل توازن التفاعل إلى يسار المعادلة، ولن يصبح في الإمكان التخلص من ثاني أكسيد الكربون في الرئتين، يعمل هذا التأثير باتجاه عكسي. عند وجود تركيز أوكسجين عالي في الرئتين، فإن ارتباط البروتون يضعف. ويتم إطلاق البروتونات، مما يؤدي إلى نقل توازن التفاعل إلى اليسار، مما يشكل ثاني أكسيد الكربون عديم الذوبان و الذي يطرد من خلال الرئتين. الهيموغلوبين قليل البروتونات له ميل أكبر للاتحاد مع الأوكسجين، و هكذا تستمر دورة نقل الأكسجين و التخلص من ثاني أكسيد الكربون.

8- فصائل الدم:

ينقسم الدم إلى أربع فصائل و ذلك تبعا لنوع مادة الإلصاق الموجودة داخل كرات الدم الحمراء، فقد وجد ان هناك نوعان من مواد الإلصاق توجد داخل الكرات الحمراء و هي أ، ب و يوجد في البلازما أجسام مضادة هي ألفا و بيتا، و فصائل الدم الأربع هي:

- ي- الفصيلة (أ): و يوجد بكرياتها الحمراء مولد الإلصاق (أ) و في بلازما الجسم المضاد (بيتا).
- ك- الفصيلة (ب): و يوجد بكرياتها الحمراء مولد الإلصاق (ب) و في بلازما الجسم المضاد (ألفا).
- ل- الفصيلة (أب): و يوجد بكرياتها الحمراء مولد الإلصاق (أ ب) و لا يوجد في بلازما الجسم المضاد.
- م- الفصيلة (ب): و لا يوجد بكرياتها الحمراء مولد الإلصاق ولكن يوجد في بلازما الجسم المضاد (ألفا و بيتا).

مما سبق يتضح أنه لا تتجمع في دم شخص واحد مادة إلصاق، و الجسم المضاد لها، لان اجتماعهما معا يسبب التصاق الكريات الحمراء مع بعضها البعض، و انسداد الأوعية الدموية و الموت، و يلاحظ ان الفصيلة (أ ب) تستقبل دم من جميع الفصائل الأخرى و لكن تعطي إلا لنفس الفصيلة، و تسمى الفصيلة (أ ب) بالمستقبل العام، اما بالنسبة الأشخاص من الفصيلة (5) فانهم لا يستقبلون دم إلا من نفس فصيلتهم، و لكنهم يعطون باقي الفصائل الأخرى، و تعرف فصيلة (5) باسم المعطي العام.



أنواع فصائل الدم:

تنقسم فصائل الدم إلى مجموعات وأنظمة متعددة اعتمادا على الصفات الوراثية الموجودة على سطح خلايا الدم الحمراء وأهم هذه الفصائل وأشهرها:

$(O^-), (O^+), (AB^-), (AB^+), (B^-), (B^+), (A^-), (A^+)$

وكل فصيلة من هذه الفصائل الثمانية يمكن تقسيمها إلى عدة فصائل أخرى فيما يعرف بالفصيلة الممتدة (phénotype). (ابو العلا، 2000، ص 47).



المحور الثاني: تأثير التمارين البدنية على الجهاز القلبي الوعائي.

1.2-نبضات القلب.

2.2-حجم الدفع القلبي.

3.2-السعة القلبية.

4.2-الضغط الدموي.

5.2-تغيرات عامة على الدم.

6.2-تغيرات عامة لعمل القلب.

المحور الثاني: تأثير التمارين البدنية على الجهاز القلبي الوعائي.

الدفع القلبي ونبضات القلب

1- حجم القلب: (Heart Volume)

يرتبط حجم القلب بشكل عام بحجم الجسم من حيث الطول و الوزن، و يعب عن حجم القلب المطلق من خلال السنتمترات المكعبة، بينما يمثل الحجم النسبي للقلب بذلك الجزء الناتج عن قسمة الحجم المطلق على بعض المؤشرات في قياسات جسم الانسان، و ذلك لأن قيم حجم القلب لدى الأفراد تعتمد على مواصفات الجسمية لديهم.

ويعد حجم القلب أحد المؤشرات للتعرف على القابلية الوظيفية للقلب والدورة الدموية وهو أحد المؤشرات الوظيفية في تقييم هذه القابلية. كما يدل حجم القلب على الكفاية الإنتاجية لعضلة القلب للرياضي، ويلاحظ أن كمية الدم التي يدفعها قلب الرياضي في كل نبضة قلبية تصل إلى ثلاثة أمثال ما يدفعه قلب غير الرياضي وهذا يحصل نتيجة صغر حجم قلب الشخص غير الرياضي مقابل حجم قلب الرياضي.

حيث يعتمد حجم القلب عند الانسان على العوامل التالي:

- وزن الجسم:

حيث كلما زاد وزن الجسم من المفترض زيادة حجم القلب، حيث يرتبط وزن الجسم بحجم القلب بعلاقة طردية و السبب في ذلك حتى يتمكن القلب من تلبية احتياجات الجسم من الدم مقارنة بحجم الجسم.

- طول القامة:

و أيضا يرتبط الطول بحجم القلب بعلاقة طردية حيث زيادة الطول عادة ما يرافقها زيادة في حجم القلب، ليتمكن القلب من توصيل الدم إلى مختلف مناطق الجسم و خاصة البعيدة منها عن القلب.



- مسطح مساحة الجسم:

يعتبر مسطح مساحة الجسم من أهم المتغيرات التي تؤخذ بعين الاعتبار عند دراسة الحجوم القلبية سواء عند الرياضيين أو عند غير الممارسين للنشاط الرياضي، وذلك اعتماداً على ما تم ذكره في متغير الوزن و الطول، حيث يلعب مسطح مساحة الجسم دوراً هاماً في تحديد حجم القلب، وذلك لأن مسطح مساحة الجسم يتطلب عضلة قلب تتناسب مع هذا المسطح لكي توفر له ما يحتاجه من كميات من الدم، وتشير معظم الدراسات إلى أهمية مسطح مساحة الجسم (BSA) كمتغير أساسي له ارتباط وثيق في دراسة حجوم القلبية.

- العمر:

حيث يختلف حجم القلب مع العمر و خاصة خلال مراحل النمو المختلفة التي يمر بها الإنسان، إلى أن يصل إلى مرحلة البلوغ حيث يستقر حجم القلب و يبقى في مستوى شبه ثابت ما لم يؤثر عليه متغير خارجي بالزيادة مثل ممارسة النشاط الرياضي المستمر و المنتظم.

- العمر التدريبي (عدد سنوات ممارسة النشاط البدني):

يعتبر العمر التدريبي من أهم المتغيرات التي تلعب دوراً هاماً في زيادة حجم القلب عند الرياضيين، حيث لا تحدث الزيادة في حجم القلب عند الرياضيين إلا بعد الالتزام بالبرامج التدريبية لفترات طويلة تصل إلى عدة سنوات و إن هذه الزيادة في الحجوم القلبية عادة ما تتناسب مع عدد سنوات ممارسة النشاط الرياضي بالإضافة إلى نوع نشاط الرياضي الممارس

- نوع الرياضة الممارسة:

حيث يلعب نوع الرياضة دوراً بارزاً في تحديد قيمة التغير في حجم القلب، حيث أن ممارسة البرامج الرياضية التي تؤثر على حجم القلب تقسم إلى قسمين:

- برامج الحركة (و تعتمد على الحركة و حد أدنى من بذل جهد) مثل ألعاب الجري و كرة القدم و كرة اليد غيرها.



• برامج الثبات (و تعتمد على جهد و حد أدنى من الحركة) مثل رياضة رفع الأثقال و بناء الأجسام و دفع الجلة و رمي الرمح و غيرها من الألعاب حيث تختلف التغيرات القلبية باختلاف هذه الرياضات و نوع النشاط و نظام انتاج الطاقة المستخدم في هذه الألعاب.

- الجنس (ذكر، أنثى).

- الوراثة: حيث أشارت نتائج الدراسات على مجموعات من التوائم بعد خضوعهم لبرنامج تدريبي تحملي لمدة 20 أسبوع إلى ان التغيرات في القلب المصاحبة للتمارين تعتمد بشكل ما على العامل الوراثي و لم يثبت علميا بعد العلاقة الواضحة بين الوراثة و حجم القلب، حيث يعتبر الأثر الواضح لزيادة الحجم القلبية يعتمد على البيئة الخارجية و تحديدا التدريب الرياضي. (عبد الفتاح، 1997، ص64).

1-1- تضخم القلب:

يختلف حجم القلب الرياضي عن غير الرياضي ظاهرة بالقياس ويظهر على قلب الرياضي تضخم اكبر عما هو عند غير الرياضي. وإن تضخم القلب الرياضي هو تضخم وظيفي يختلف عن التضخم المرضي، وهو ناتج عن ممارسة التدريب الرياضي لفترات طويلة مما يؤدي إلى تحسن في كفاءة القلب والدورة الدموية وينعكس هذا التضخم في اتجاهين:

أ- زيادة حجم الدفع القلبي (C.O.P).

ب- زيادة قابلية انقباض العضلة القلبية.

واستناداً إلى الفعاليات الرياضية والنشاط الذي يقوم به الشخص فإن التضخم في حجم القلب يكون على نوعين:

أ- التضخم الذي يحصل عند ممارسي ألعاب القوى أو الألعاب اللاأوكسجينية أو ألعاب التي تتميز في القوة والسرعة والشدد العالية، إذ يتميز قلب الرياضي الذي يمارس هذه الفعاليات بزيادة في سمك جدار البطين ولا يقابلها زيادة كبيرة في حجم التجايف.

ب- التضخم الذي يحصل عند ممارسي الألعاب الأوكسجينية (التحمل) والشدد المتوسطة، إذ يتميز قلب الرياضي الذي يمارس هذا النوع من الفعاليات بزيادة كبيرة في حجم التجايف القلبية (البطين الأيسر) ويقابلها زيادة بسيطة في سمك جدار العضلة القلبية، وينتج عن هذا التضخم ازدياد واضح في كفاءة القلب والدورة الدموية. بينما لا يفسر



سمك جدار العضلة القلبية عند ممارسي ألعاب القوة بأنه زيادة في كفاءة القلب والدورة الدموية لأنه يتصف بقوة ضربات العضلة القلبية.

ويتقلص حجم القلب عند انقطاع التدريب الرياضي أو عدم مزاوله النشاط الرياضي المتخصص أو انخفاض عدد مرات الاشتراك في النشاط الرياضي أو التدريب الرياضي:

1-2- قياس حجم القلب:

توجد عدد من الطرق لقياس القلب منها:

1-بوساطة جهاز (الايكو) و هو جهاز طبي متطور و يمكن بوساطته قياس حجم التجاويف القلبية و سمك الجدار إضافة للخصائص الأخرى للقلب مثل حالة الصمامات و التاج القلبي و غيرها إلا أن هذه الطريقة تعد صعبة لعدم تيسر الجهاز لهذه الأغراض .

2- استخدام الأشعة السينية (X - ray) حيث يلجأ الباحثون لاستخدام هذه الطريقة و تتلخص بتصوير صورتين اشعاعيتين الاولى أمامية للقلب لقياس البعدين الطولي و العرضي و الثانية لقياس عمق القلب.

و باستخدام المعادلة الآتية يستخرج حجم القلب:

$$H.V = 0.4 \times L \times B \times t_{max}$$

حجم القلب = طول × العرض × العمق × النسبة الثابتة (0.04)

حيث أن:

L = البعد الطولي الطول : هو ابعاد نقطة للوريد الأجوف العلوي والوريد الأجوف السفلي وبشكل قطري أي المنطقة المحصورة بين نقطتين قطرياً.

B = البعد العرضي البعد العرضي للقلب = $B_1 + B_2$ و يقاس بإنزال عمود من ابعاد نقطة من نقطة التقاء البطين الأيمن بالحجاب الحاجز B_1 وإنزال عمود معاكس من التقاء الأذين الأيسر بالشريان الابهر ويسمى B_2 .

t_{max} = العمق، العمق (الارتفاع) فنستخرجه من اللقطة الجانبية، اخذ ابعاد أو طول خط أفقي على إن تقاس هذه الأبعاد بالسنتيمتر. (رضوان، 1998، ص 66).

1-3- معدلات حجم القلب:

يبلغ حجم القلب عند الشخص الاعتيادي (760 سم³) و يبلغ عند المرأة (580 سم³) و يبلغ عند الرياضيين (800-900 سم³) و عند رياضي القوة (1200-1300 سم³) و عند بعض رياضي القوة في حالات خاصة (1700 سم³) و يبلغ حجم البطين (250 - 300 سم³) تقريبا.
و يبلغ حجم القلب عند لاعبي كرة السلة (1125 سم³)

1-4- العوامل المؤثرة على زيادة حجم القلب:

- 1- نوع الفعالية الرياضية.
- 2- الخبرة الرياضية (سنوات التدريب)
- 3- الاختصاص الرياضي داخل الفعالية
- 4- وسيلة العملية التدريبية.

جدول (01) قياسات حجم القلب لألعاب رياضية مختلفة حسب آراء عدد من الباحثين:

1098	930 - 1430 سم ³	التجديف
992	880 - 1160 سم ³	مسافات طويلة
977	890 - 1040 سم ³	ركض سريع
910	820 - 1050 سم ³	دراجات
969	740 - 1210 سم ³	كرة اليد
978	810 - 1110 سم ³	رفع الأثقال
837	730 - 940 سم ³	ركض طويل على الجليد
935	800 - 1090 سم ³	الملاكمة

859	700 - 1100 سم ³	أشخاص عاديين
757	560 - 890 سم ³	أشخاص عاديين
785	570 - 1000 سم ³	

الجدول (01): قياسات حجم القلب لألعاب رياضية مختلفة.

1-5- العلاقة بين حجم القلب وهرمون النمو:

يجب أن نفرق بين تناول هذا الهرمون قبل و بعد البلوغ حيث أن صفائح النمو التي تؤدي إلى زيادة الطول تظل في نمو مستمر حتى البلوغ أما بعد البلوغ فلا يمكن لزيادة هرمون داخلي أو تناول هرمون خارجي ان يسبب إضافة في طول العظام و يمكن ان يسبب هذا الهرمون.

أولاً: العلاقة و هي تنتج عن زيادة الهرمون في الجسم قبل البلوغ مما يؤدي إلى زيادة الطول مصحوباً بقوة و صلابة ثم بعد ذلك تؤدي إلى الضعف و الموت.

ثانياً: الأكروميغالي و هو حالة طبية تنتج عن زيادة الهرمون في الجسم بعد البلوغ حيث لا يمكن للعظم أن يزداد في العرض و يبدو في شكل نمو زائد في حجم الكف و القدم و الفك السفلي و الأنف و زيادة في حجم و وزن القلب و الكلى و كل هذا يسير يدا بيد مع القوة و الصلابة التي تنتهي أخيراً بالإجهاد و الضعف و السكر و مشاكل القلب و أخيراً الموت المبكر.

و مع ذلك فإن هذا الكلام بعيد الاحتمال فكما أثبتت الحقائق فمن بين العديد من الرياضيين الذين يستخدمون الهرمون و هناك عدد ضئيل ممن يشكون من كبر حجم اليد و القدم و الفك السفلي و الجمجمة المشوهة و الشفاء الغليظة، ومن خلال هذا فنحن لا ننكر المشاكل التي قد يسببها الهرمون في البالغين و الأصحاء و لكن يجب على الفرد ان يعي كيفية الاستفادة منه بالطرق الصحيحة كي يتسع ذهنه.

- و قد ثبتت الأكروميغالي و السكر و عدم كفاءة الغدة الدرقية و كبر حجم عضلة القلب و ارتفاع ضغط الدم و كبر حجم الكلى ممكن نظريا فقط اذا تم تناول الهرمون لفترات طويلة جدا و لكن في الحقيقة و الواقع يحدث هذا بشكل نادر جدا.

2- حجم الضربة (Stroke volume):

هو حجم الدم الذي يدفعه البطين في الضربة الواحدة ويعتبر هذا المؤشر من المؤشرات المهمة للعمل الوظيفي للقلب وجهاز الدورة الدموية وتزداد أهميته بالنسبة للتدريب الرياضي إذ انه يعكس لنا التطور الحاصل في كفاءة جهاز القلب والدورة الدموية نتيجة للتدريب الرياضي ونخص منه (تدريبات المطاولة) التدريبات الأوكسجينية إذ كلما زاد الدفع القلبي كلما زادت القدرة الهوائية (القدرة على المطاولة) ويمكن تفسير ذلك بأن زيادة حجم الدفع القلبي لنا في زيادة حجم الدم المدفوع إلى الأنسجة بكل ضربة من الضربات ويعني ذلك زيادة في حجم الأوكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والمطلوب خلال الجهد لسد متطلبات الطاقة من الأوكسجين.

أثناء انقباض البطينين يتم اندفاع كمية من الدم من البطين الأيسر و هذه الكمية من الدم تعرف بحجم الضربة، و يرمز لها بالرمز S.V و تعرف حجم الضربة على أنها كمية الدم المدفوعة إلى الدورة الدموية خلال انقباضه واحدة، و تبلغ قيمتها أثناء الراحة عند الإنسان الطبيعي و غير الممارس النشاط الرياضي حوالي 70 مليلتر و تبلغ قيمتها القصوى 200 مليلتر لدى لذكور و 160 مليلتر لدى الإناث الممارسين للأنشطة الرياضية.

وإن القابلية الأوكسجينية عند الرجال أكثر من المرأة لذلك حجم القلب عند الرجال (760) سم³ والنساء (580) سم³ ويزداد حجم القلب عند ممارسة التمارين البدنية فيصل إلى (900) - (1000) سم³ والرياضيين ذوي المستويات العليا (1200) سم³ ويصل في حالات نادرة جداً إلى (1700) سم³ وان التدريب الرياضي يزيد حجم القلب باتجاهين:

- ففي التدريب الأوكسجيني يزداد حجم التجاويف القلبية إلى زيادة النسبة في سمك الجدار (البطين).
- بينما في حالة التدريبات اللاأوكسجينية فتركز زيادة حجم القلب إلى سمك الجدار ولا يناظرها زيادة في حجم التجاويف القلبية، بل العكس، إن الزيادة في سمك الجدار وحجم القلب هي زيادة (غير مرغوب فيها).



و قد اثبتت الأبحاث العلمية أن حجم الضربة يزيد باستخدام التمارين البدنية و أن هناك علاقة ما بين حجم الضربة و نبض القلب و حتى يستطيع القلب أن يدفع كمية الدم المطلوبة لتحقيق عمل ما فإنه يقوم بعمل توازن بين حجم الضربة و نبض القلب و بزيادة أحدهما و نقصان الآخر يمكن الحصول على الكمية المطلوبة و ان زيادة في حجم الضربة مرتبط بالحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين (V_{O2max}) و أن حجم الضربة يصل إلى القمة عندما يساوي V_{O2max} حوالي 40-50% وان الزيادة في حجم الضربة ينتج عن تحسن في تعبئة القلب و الحالة الإنقباضية للقلب و حجم الدم و انخفاض المقاومة في الأوعية الدموية، و أن أفضل التدريبات التي تؤدي إلى زيادة S.V إلى أعلى درجات هي تدريبات التحمل الأوكسجيني، حيث أظهرت نتائج الدراسات دلالة علمية واضحة بزيادة حجم الضربة عند الرياضيين و خاصة لاعبي التحمل و الدراجات و التجديف و عاد ما يصاحب زيادة حجم الضربة اثناء الراحة انخفاض واضح في عدد ضربات القلب في الراحة و يعتمد هذا الانخفاض في عدد ضربات القلب على مقدار الزيادة في حجم لأنه كما ذكرت أن القلب يقوم بضخ كمية تقريبا ثابتة من الدم تبلغ حوالي 5 لتر في الراحة و بالتالي ينخفض نبض القلب في الراحة بالاعتماد على الزيادة في حجم الضربة و ذلك للعلاقة العكسية الواضحة بين حجم الضربة و نبض القلب في الراحة. (الهزاع، 2009، ص 68).

3-معدل ضربات القلب:

هو عدد ضربات القلب في الدقيقة الواحدة، وهو أهم مؤشر بالنسبة للرياضيين كونه سهل القياس ولا يحتاج إلى أجهزة.

ينبض القلب حوالي (100000) مرة في اليوم ليقوم بإيصال الدم إلى أكثر من (6000) كلم من الأوعية الدموية و يوصل من خلالها الغذاء إلى (75 ترليون) خلية في الجسم، و يبلغ مقدار ما يخضه القلب حوالي (2000) جالون من الدم يوميا، و بناء على تقرير جمعية الأطباء الأمريكية فإن الجهد الذي يقوم به القلب في ضخ الدم إلى جميع أجزاء الجسم في اليوم الواحد كفيلا بان يرفع ثقلا قدره (124) طنا.

و يبلغ متوسط عدد ضربات القلب لدى الأصحاء (70-80) ضربة في الدقيقة وقت الراحة لدى غير الممارسين للأنشطة الرياضية، و ان نبض القلب يعتبر مؤشرا على كفاءة الجهاز الدوري التنفسي، حيث يؤدي التدريب المنتظم إلى انخفاض عدد ضربات القلب في الراحة مقارنة بما قبل التدريب، و ان انخفاض عدد ضربات القلب في الراحة عند الرياضيين يعني ان فترة الاستراحة التي تحصل عليها عضلة القلب طويلة جدا مقارنة بغير الرياضيين و ذلك

الانخفاض في عدد ضربات القلب يعود إلى زيادة حجم الضربة (S.V)، الناتجة عن زيادة حجم القلب كتكيف البرامج التدريبية و الاحمال البدنية التي يخضع إليها هؤلاء الرياضيين.

ويتميز نبض الأطفال بالسرعة ويبلغ أكثر من (100) ضربة / دقيقة وذلك لان الطفل قلبه صغير ونشاطه الحركي كبير والتمثيل الغذائي عالٍ، كذلك كبار السن أيضا يكون نبضهم سريع لان كبار السن قلبهم عاجز بأن يوصل كميه كبيره من الدم إلى الجسم ويكون عرضه للإمراض (عجز القلب، تصلب الشرايين).

ويتميز الرياضيون بأنهم ذو معدل نبضي منخفض ويحصل ذلك بسبب كبر الزيادة الحاصلة لحجم القلب والتجاويف القلبية، والدفع القلبي والتدريب الهوائي المستمر من خلال الممارسة للرياضة.

3-1- العوامل المؤثرة على ضربات القلب:

هناك عدة عوامل تؤثر على ارتفاع وانخفاض عدد ضربات القلب وانخفاضها وهي :

- وضع الجسم: تختلف ضربات القلب من حالة الوقوف أكثر مما هو عليه في الجلوس في الدقيقة الواحدة.
- الجنس: تختلف ضربات المرأة عن الرجل حيث المرأة أكثر مما الرجل من نبضات القلب بحوالي (10-50) ضربة في الدقيقة.
- العمر: تختلف ضربات قلب الفرد من مرحلة الولادة إلى مرحلة البلوغ فعند الولادة تكون ضربات القلب عند الطفل (133) نبضة / دقيقة، ويقل في مرحلة البلوغ إلى أن يصل إلى (70 _ 72) نبضة/ دقيقة، ويرتفع في المراحل المتقدمة من العمر (الشيخوخة) وكذلك حالة النبض القصوى تختلف أيضا.
- الوضع الحسي والنفسي: تختلف ضربات القلب عند التعرض إلى مواقف ومشاعر مختلفة مثال ذلك الخوف، الفرح، رد الفعل لمسألة معينة والسبب في ذلك هو عدم انتظام عملية التنفس بشكلها الطبيعي.
- العوامل الجوية والبيئية: تختلف ضربات القلب باختلاف التعرض للبرودة أو الحرارة أو عند العرض لهذه الأجواء نتيجة للاستجابة الوظيفية والفسيولوجية للمناخ الحالة الجوية وقد يكون هناك تأمين لهذه الأجواء بمرور الزمن ومثال ذلك سكان المرتفعات والقطب المتجمد وخط الاستواء.
- ممارسة التمارين الرياضية: يرتفع معدل النبض أثناء ممارسة النشاط البدني و لكن يكون نبض القلب لدى الرياضيين اقل من غيرهم في وقت الراحة.



- تناول الادوية: بعض الأدوية تزيد من معدل النبض مثل (الادريتالين).

3-2- الحالات التي يحدث فيها زيادة في ضربات:

- أ- الجهد البدني أو التمارين البدنية.
- ب- الحالات المرضية: مثل ارتفاع درجة الحرارة وعند أصابه أي جزء من الجسم يسرع الدم لمعالجة هذا الخل فيتم الدفع بشكل أسرع وتزداد ضربات.
- ج- تناول المنبهات: لها تأثير على الجهاز العصبي المركزي والذي يهبط من الباراسمبثاوي ويزيد من السمبثاوي.
- د- الأدوية: استخدام الأدوية ذات الطابع المنبه.
- هـ- الحالة النفسية: القلق، الخوف، الفزع.
- و- النزف الدموي: بسبب سرعة القلب في تعويض الدم الناقص.
- ز- الحالة العاطفية.
- ح- الأطفال.
- ط- الزيادة في إفرازات الغدة الدرقية : عندما تكون هناك زيادة في إفراز هرمون الثايروكسين وهذا يساعد في سرعة زيادة التمثيل الغذائي عندها تزيد عدد ضربات القلب.

3-3- الحالات التي يحدث بها بطيء في ضربات:

- أ- التدريب الهوائي: عند الرياضيين (القدم، المارثون، سباحة طويلة) حيث زيادة حجم التجايف القلبية وبالتالي زيادة في ضخ الدم وهو مؤشر إيجابي.
- ب- المهدئات: استخدام الأدوية كالفاليوم والمورفين.
- ج- النوم والراحة.

ارتفاع المناطق عن سطح البحر. (Westerterp K. Saris W.,1992,p112)



3-4- كيفية قياس ضربات القلب:

1- باستخدام التخطيط الكهربائي: ECG

معدل مجموع 10 نبضات على ورق التخطيط يمثل معدل النبض

حساب أطول نبضة + أقصر نبضة و قسمتها على 2 باستخدام معدل المسافة الزمنية بين ضربتين متتاليتين

$$HR = \frac{6000}{M(R-R)}$$

حيث تمثل R - R مجموع المسافة بين الضربتين

و تمثل M معدل المسافة بين ضربتين.

و تعد هذه الطريقة من أكثر الطرق الدقيقة في قياس HR من الطرق الأخرى.

2- قياس النبض في منطقة الرسغ أو في منطقة الشريان السباتي: و يقع في الجهتين يمين و يسار الرقبة و

يخرجان من الشريان الأبهر لغرض تغذية المخ، و تعد هذه الطريقة من الطرق الشائعة في مجال تدريب

الرياضي إلا ان المختصين يسجلون بعض من العيوب عليها و كما يأتي :

- اندماج النبضات مع بعضها نتيجة لفرق الزمن بين النبضة في القلب و الأعضاء

- حركة الرياضي أثناء الجهد العالي لا تسمح بالقياس الدقيق لمؤشر النبض

3- تقدير شدة المجهود باستخدام نبضات القلب:

يتم احيانا تحديد شدة الجهد الذي يعطي إلى الرياضيين و ذلك بالاعتماد على العلاقات الآتية لاستخراج المعدل المطلوب للنبض.

❖ حساب أعلى معدل للنبض (Maximan HR) (MHR)

الحد الأقصى لضربات القلب = 220 - عمر الرياضي

فإذا كان عمر الرياضي هو 20 عاما يكون:

$$\text{الحد الأقصى لضربات القلب} = 220 - 20 = 200$$

❖ حساب معدل النبض الاحتياطي HRR H.R Reserve



$HR + MHR$ اثناء الراحة = تساوي معدل النبض الاحتياطي HRR

❖ المعدل المطلوب للنبض THR $Target HR$

$$THR = HR + (MRR \times \% \text{ الشدة } \text{الراحة})$$

إذ يكون الحد الأقصى لضربات القلب 200 عند الشدة 100% فإذا كانت الشدة التي يتدرب بها الرياضي الذي عمره 20 عاماً 80% يكون الحد الأقصى لضربات القلب = 160 ضربة/د. وإذا وصل الحد الأقصى لضربات القلب من 150-160 ضربة/د فإن التدريب مستمر ومتوسط 170-180 ضربة/د تحت القصوى. 190-200 ضربة/د تدريب قصوى. (رضوان، 1998، ص 72).

أما بالنسبة لأنظمة الطاقة:

168 ضربة/د فما فوق فإن النظام المستخدم لاهوائي.

168-170 ضربة/د مختلط. 168 ضربة/د فما دون هوائي.

العصبية إلى كل من البطينين الأيمن والأيسر لإعطائهما الأوامر بالانقباض وضخ الدم إلى خارج القلب.

4-1- النبض الإيقاعي للقلب:

يبدأ النشاط الإيقاعي للقلب أو الإيقاع القلبي من مجموعة صغيرة من الخلايا تعمل كمنظم (أو محدد ضابط إيقاع) لمعدل دقات (أو سرعة أو نشاط) القلب، وهذه المجموعة تسمى العقدة الجيبية الأذينية وهي تسمى باختصار العقدة ج.أ. وتوجد العقدة ج.أ. في الأذين الأيمن وهي تنقبض تلقائياً ولكنها تتلقى الأوامر أيضاً من المخ، ويقوم المخ بشكل مستمر بمراقبة النشاط الجسماني، وكمية الأكسجين في الدم، وضغط الدم في الشرايين. فإذا أحس المخ بحاجة الجسم إلى زيادة أو إنقاص معدل دقات القلب أو ما يسمى معدل سرعة القلب، يمكنه أن يرسل إشارة عبر الأعصاب التي تصل إلى العقدة ج.أ. ولكي تجعل العقدة ج.أ. القلب ينبض، فإنها ترسل أولاً إشارة كهربائية تجعل الأذنين ينقبضان، فيضخان الدم إلى أسفل البطينين. ثم تصل الإشارة حينئذ إلى مجموعة أخرى من الخلايا المتخصصة التي تسمى العقدة الأذينية البطينية أو العقدة أ.ب. ومن هذه العقدة تخرج حزم خاصة من الألياف (تسمى فروع الحزمة) وهي تحمل الإشارة.

المحور الثاني: تأثير التمارين البدنية على الجهاز القلبي الوعائي.

تابع: الدفع القلبي ونبضات القلب

الدفع القلبي: (Cardiac out put)

الدفع القلبي و يرمز له بالرمز Q و هو الحجم الكلي للدم الذي يتم ضخه بواسطة البطين الأيسر في الدقيقة، و ببساطة هو حاصل ضرب معدل ضربات القلب HR في حجم الضربة S.V أثناء الراحة و يبلغ متوسط كمية الدم التي يدفعها القلب في كل مرة ضربة من (60 - 80 ملل) من الدم، و لما كان متوسط معدل ضربات القلب حوالي 70 ضربة في الدقيقة فإن معدل حجم الدم الذي يخرج من البطين في الدفع القلبي يساوي حوالي (4.2 - 5.6 لتر/دقيقة) و هذا المتوسط يحدث عادة لدى الفرد البالغ السليم و من المعروف أن كمية الدم في جسم الانسان تدور مرة كل دقيقة و الدفع القلبي هو كمية الدم التي يضخها القلب في الدقيقة الواحدة باللتر أو المليلتر و يتراوح عادة حجم الدفع القلبي ما بين (5 - 6 لتر) و يعتمد الدفع القلبي أيضا على مقدار الدم الوريدي العائد إلى القلب من جميع أجزاء الجسم المختلفة فكلما زاد العائد الوريدي للقلب زاد الدفع القلبي كما يحدث أثناء النشاط الرياضي، و تؤكد الدراسات العلمية على ان الناتج القلبي لا يتغير خلال فترات الراحة، بينما يزيد الناتج القلبي عند ممارسة النشاط الرياضي و خاصة النشاط التحملي و ذلك كنتيجة لزيادة حجم الضربة و عدد ضربات القلب ، و ان هناك اختلاف في نسب توزيع الناتج القلبي على أجهزة الجسم الرئيسية إثناء فترات الراحة و الجهد البدني كما ه موضح في الجدول رقم 02. (عبد الفتاح، 1997، ص68).

أجهزة الجسم المختلفة						الدفع القلبي
القلب	الجهاز الهضمي	العظمي	العضلي	الكلى	الدماغ	
5%	25%	4%	20%	20%	15%	راحة 5 لتر
5%	5%	1%	85%	3%	4%	جهد 25 لتر

الجدول رقم (02): توزيع الدفع القلبي على أجهزة الجسم في الراحة و الجهد البدني.

1. تعريف الدفع القلبي:

هو حجم الدم الذي يضخه القلب في الدقيقة الواحدة ويقاس بالملتر، ويتم استخراجه عن طريق المعادلة التالية:

$$\text{الدفع القلبي (C.O.P)} = \text{معدل ضربات القلب (HR)} \times \text{حجم الضربة (S.V)}$$

فمثلاً: $HR=75$ نبضة في الدقيقة و حجم ضربة = 70 مليلتر لكل ضربة فإن:

$$COP=75 \times 70=5.25L/min$$

الدفع القلبي : هو عبارة عن كمية الدم التي تضخ من كل بطين في الدقيقة مع كل قبضة فلى القلب

الدفعة القلبية في الدقيقة: هي كمية الدم التي تضخ من كل بطين في الدقيقة \times عدد التكرارات.

اذ أن C.O.P هي مختصر Cardiac Out Put (الدفع القلبي)، و S.V هي مختصر Strak Volum (حجم الضربة) و HR هي مختصر Heart Raet (معدل ضربات القلب) حيث أن S.V هي حجم الدم الذي يضخه القلب في الضربة الواحدة. ويبلغ حجم الناتج القلبي لدى الإنسان الاعتيادي وكذلك الرياضي بحدود (5 لتر أي 5000 مللتر) عند الراحة ويبلغ حجم الناتج القلبي لدى غير الرياضيين خلال الجهد (25 لتر/د) وعند الرياضيين (30-40 لتر/د) ويتأتى هذا الفرق نتيجة لحجم التجاويف القلبية لدى الرياضيين وكذلك قوة انقباض العضلة القلبية بينما يعوض غير رياضي هذا النقص بزيادة عدد ضربات القلب عند الجهد الفيزيائي ولذلك فأن هناك علاقة وطيدة بين معدل ضربات القلب بالدقيقة وحجم الضربة. (عبد الفتاح، 1997، ص70).

ونحن نميل في الفيزيولوجيا الرياضية إلى أن الزيادة تكون في حجم الضربة وليس في زيادة معدل ضربات لان زيادة عدد ضربات القلب تؤدي إلى تعب القلب في حالة إعطاء جهد بدني للرياضي فأن رد فعل القلب يكون باتجاهين:

1. بزيادة حجم الدم المدفوع بالضربة الواحدة.

2. بزيادة معدل ضربات القلب.

ونعني بزيادة حجم الدفع القلبي زيادة كمية الأوكسجين (التغذية) الواصلة إلى العضلات القائمة بالجهد.

ولقد أثبتت الدراسات والبحوث بان الزيادة الطارئة على حجم الضربة الواحدة تستمر في الصعود إلى حين الوصول إلى 30% من القابلية الاوكسجينية للرياضي (VO_2max) بينما يستمر معدل ضربات القلب بالزيادة.



ويلعب حجم الدفع القلبي دورا مهما في إعطاء صورة عن تطور الكفاءة القلبية والتي تزداد بشكل مضطرب في حالة ممارسة الألعاب الهوائية (المطاولة) بينما لا نجدها ظاهرة عند ممارسي الألعاب اللاهوائية.

و عادة ما يحسب (لتر/ دقيقة) و يبلغ 5 لتر /د و يصل إلى (36 - 24 لتر/د) في التدريب الرياضي الجيد و تعد هذه الزيادة إحدى النواحي المهمة و الحاسمة في الانجاز الرياضي و يتحدد بمجموعة عوامل منها:

أ- حجم الضربة S.V

ب-معدل ضربات القلب HR

ت-حجم التجايف القلبية

ث-و كذلك قوة انقباض العضلة القلبية و تمددها لدى الرياضي.

و قد وجد ان الزيادة الكبيرة في C.O.P سببها لرئيسي حجم الضربة القلبية أي أن العلاقة طردية بين الدفع القلبي و حجم الضربة القلبية و هذا يوضح الاختلاف بين قلب الرياضي عن غيره حيث لوحظ أن كمية الدم التي يدفعها قلب الرياضي في كل ضربة تصل على ثلاثة أمثال ما يدفعه قلب غير الرياضي الذي يضطر لرفع عدد ضربات القلب للوصول إلى الكمية التي يحتاجها الجسم خلال الجهد.

و في حالة الراحة لا يرتبط حجم الضربة بحجم البطينين (الراحة تعني الانبساط) بل يعتمد على قوة انقباض العضلة القلبية.

يبلغ حجم الدفع القلب عند الانسان الاعتيادي وكذلك الرياضي وقت الراحة (5لتر/د) تقريبا و يزداد هذا المقدار إلى 25لتر/د و قد يصل في بعض الأحيان إلى 30 - 0 لتر/د لذا فإن هناك 70 نبضة في الدقيقة و 70 مليلتر دم مقذوف بكل ضربة للقلب فإن الناتج القلبي 900 مليلتر/دقيقة، هذه القيمة مثالية لشخص بالغ و في حالة الراحة و بالرغم من أن الناتج القلبي قد يصل بحدود 30 لتر/دقيقة أثناء التمرين الشديد.

و يعزى هذا الفرق بين حالتي الزيادة عند الرياضي و غير الرياضي إلى حجم التجايف القلبية و كذلك إلى قوة انقباض العضلة القلبية و تمددها لدى الرياضي، و يتأثر الناتج القلبي بقياسات طول و الوزن و المساحة السطحية.

ان زيادة مقدار الدفع القلبي خلال الجهد البدني تحصل في شكلين:



- 1- زيادة في سرعة معدل و قوة انقباض العضلة القلبية و انخفاض في شدة عضلات الأوعية الدموية الملساء بعد اطلاق هرمون epinephrine في الدم كاستجابة فسيولوجية للإجهاد و يحصل ذلك عند الاشخاص غير الرياضيين أو ممارسي الألعاب الهوائية.
- 2- لنفس السبب الفيزيولوجي الذي ذكره بعد اطلاق هرمون epinephrine في الدم يزداد الدفع القلبي نتيجة لتمدد العضلة القلبية و تجاوزها الواسعة و قوة انقباضها و يظهر ذلك عند رياضي الألعاب الهوائية.

1- وضع الجسم و الدفع القلبي:

عندما يزداد الدفع القلبي في شخص سليم لكن غير مدرب فإن أغلب الزيادة يمكن ان تتسبب لزيادة في معدل نبضات القلب ان تغيير وضع الجسم يرفع نشاط النظام العصبي الودي و ينقص نشاط العصبي نظير الودي و يمكن أن يزداد الناتج القلبي أيضا ، إن معدل نبضات القلب تتفاوت حسب العامل المؤثر فهي تقريبا بين 60 و 180 نبضة في الدقيقة بينما حجم الضربة يمكن أن يتفاوت بين 70 و 120 مليلتر .

2- قياس الدفع القلبي:

يمكن قياس الدفع القلبي باستخدام عدة طرق نذكر منها:

- 1- باستخدام حجم الضربة و معدل ضربات القلب (المعادلة التي سبق ذكرها)
- 2- عند معرفتنا لحجم الأكسجين الذي يحصل عليه الشخص باستخدام المعادلة الآتية:

حجم O_2 بالدقيقة

= الدفع القلبي

حجم O_2 الشرياني - حجم O_2 الوريدي

و قد لوحظ ان الفرق بين نسبة وجود الاكسجين في الأوردة و الشرايين لدى الرياضيين يكون أكبر مما لدى غير الرياضيين و قد يصل لدى الرياضيين إلى 17 % بينما لا يتعدى هذا الفرق لدى غير الرياضيين (11 - 13 %) و هذه النسبة تكون أكبر لدى العدائين بسبب كثرة الاوعية الشعرية الدموية في عضلات الساقين مما يزيد نشاط الدورة الدموية في هذه المنطقة.

3- باستخدام جهاز الأيكو Echo cardiograph



يمكن قياس الدفع القلبي بواسطة جهاز الايكو Echo ويتخلص الجهاز باستخدام دُبذبات فوق الصوتية وتعطي تخطيطاً متميزاً عند اصطدامها بجدران القلب والصمامات وغيرها، ويمكن بواسطتها معرفة حجم التجاويف القلبية وسمك الجدار وطبيعة الصمامات القلبية وكذلك حجم الدفع القلبي. ويستخدم هذا الجهاز بشكل أكثر في تشخيص بعض الأمراض القلبية.

4- باستخدام الطريقة المفتوحة Open method

و هي طريقة القسطرة و تستخدم فيها بعض المعادلات الحسابية باستخدام فرق بين الضغط الدموي الشرياني و الوريدي.

5- تصوير الرنين المغناطيسي Magnetic Resonance Imaging MRI

6- مبدأ Fick

7- طريقة Doppler (رضوان، 1998، ص 73).

4- معدل الدفع القلبي :

في الإنسان البالغ: 70 ملم (سم³) مع كل قبضة (نبضة).

في الدقيقة: 5 لتر / دقيقة = الدفعة القلبية × عدد ضربات القلب.

حجم البطين	حجم الضربة مليلتر	معدل النبض ن/د	الناتج القلبي ل/د	الايسر الحالة
200	120	40	5	رياضي وقت الراحة
220	200	180	36	رياضي أثناء الجهد البدني
130	70	70	5	غير رياضي وقت الراحة
140	120	180	22	غير رياضي أثناء الجهد البدني

الجدول(03): يوضح حجم الضربة و الدفع القلبي و معدل ضربات القلب و حجم البطين الأيسر للرياضيين و غير الرياضيين في حالتَي الراحة و الجهد البدني.

1-العوامل المؤثرة على الدفع القلبي :

يتراوح الدفع القلبي ما بين 4.5 لتر/ دقيقة إلى 35 لتر / دقيقة

1- معدل رجوع كمية الدم الوريدي إلى القلب

2- كفاءة عضلة القلب كمضخة

أولاً: العوامل المؤثرة على عودة الدم الوريدي للقلب :

1- التدرج الطبيعي في ضغط الدم في الجهاز الدوري:

في الشريان الأورطي حوالي 100، في الشرايين المتوسطة 90، عند الشرايين الصغيرة 85

عند الجانب الشرياني للشعيرات 35، عند الجانب الوريدي 15، في الأوردة (صفر)

وفي داخل التجويف الصدري والأذنين الأيمن -2 أو 3-

• تعتبر السالب: هي درجة أقل من درجة الضغط الجوي.

• يعتبر الصفر: هي درجة الضغط الجوي.

2- مركز التنفس أثناء الشهيق:

يزداد رجوع الدم إلى القلب وعند الزفير يقل معدل رجوع الدم إلى القلب.

3- انقباض العضلات الهيكلية والنغمة العضلية:

تساعد على رجوع الدم في اتجاه القلب حيث إنه عند الانقباض يتم عصر ضغط الأوعية الدموية كي تدفع الدم

في اتجاه القلب مما يزيد من معدل رجوع الدم إلى القلب.

وأحياناً تسمى العضلات الهيكلية بالمضخات الطرفية (لأن القلب يسمى المضخة المركزية).

4- معدل اتساع الشرايين والشريينات:

وجد أنه يزداد معدل رجوع الدم إلى القلب كلما اتسع محيط الشرايين والشريينات.

5- نغمة الشعيرات الدموية:

يوجد حوالي 20 % من الشعيرات الدموية مفتوحة ، 80 % مغلقة وهذه النسبة تكاد تكون ثابتة ولكن الشعيرات

تتناوب الوضع مع بعضها البعض



وتتغير نغمة الشعيرات الدموية من عضو إلى عضو حيث يمكن زيادة أو تخفيض كمية الدم الواصل للعضو حسب درجة نشاطه ولكن عند حدوث اتساع شديد للشعيرات والأوعية الدموية لا يتناسب مع حجم الدم ويؤدي إلى انخفاض ضغط الدم وفي معدل رجوع الدم إلى القلب وبالتالي في الدفع القلبي.

6- الجاذبية الأرضية:

وهي تتعارض مع معدل رجوع الدم إلى القلب من أسفل الجسم في حين أنها تساعد معدل الدم في الرجوع الدم من أعلى القلب

7- انقباض مخازن الدم في الجسم:

توجد بعض الأعضاء تحتفظ بجزء من الدم مثل:

الطحال عندما تنقبض الأوعية الدموية في هذه الأعضاء تؤدي إلى زيادة حجم الدم بالجسم وبالتالي معدل رجوع الدم إلى القلب. (رضوان، 1998، ص 75).

2- احتياطي القلب:

الاحتياطي : هو الفرق بين عمل أي عضو وأقصى عمل يقوم به.

احتياطي القلب : 1- هو الفرق بين عمل القلب في الحالة القاعدية وعمل القلب أثناء أقصى معدل وظيفي

: 2- إمكانية القلب في أن يزيد الدفع القلبي من 5 لتر/ دقيقة إلى أقصى دفع قلبي 35 لتر/

دقيقة وهذا يتم أثناء أقصى مجهود رياضي.

- ميكانيكية احتياطي التنفس:

الدفع القلبي = حجم الدفعة × عدد الدفعات في الدقيقة

حوالي (5 لتر/ دقيقة) $500 \text{ سم}^3 = 70 \text{ سم}^3 \times 72 \text{ ضربات / دقيقة}$.

1- زيادة عدد ضربات القلب:

من المعدل الطبيعي 70 إلى أقصى معدل قد يصل إلى 180 أو 200 نبضة / دقيقة.

2- زيادة الدفعة القلبية :

وهذا يحدث من خلال زيادة معدل رجوع الدم الوريدي للقلب عن طريق:

(انقباض العضلات الهيكلية ، زيادة عمق التنفس ، تمدد الشريينات، انقباض مخازن الدم بالجسم)

وهذه العوامل مجتمعة قد تصل إلى زيادة حجم الدفعة القلبية من 70 سم³ إلى 180 سم³

3- تضخم في عضلة القلب (تضخم فيزيولوجي) : حتى يمكنها القيام بهذا المجهود الرياضي .
والحجم الطبيعي للقلب يتراوح ما بين 250 إلى 300 جرام وحجمه تقريباً في حجم قبضة اليد
ولكن بالممارسة الرياضية المقننة قد يزيد حجم القلب ووزنه إلى 500 غرام وهذا يمكنه من أداء هذا المجهود دون
تعب .

-حدود احتياطي القلب:

- 1- احتياطي حدود عدد ضربات القلب:
إذا زاد عن أقصى معدل 200 ضربة / دقيقة سيكون هذا على حساب وقت الانبساط مما يؤثر على قلة الدم
المتجمع في البطين وبالتالي يؤدي إلى قلة حجم الدفعة القلبية
- 2- حدود معدل زيادة رجوع الدم الوريدي للقلب :
ويستطيع القلب أن يدفع أي كمية دم تصل إليه في حدود مطاطية ألياف وإذا تعدت الكمية الحد الأقصى للمطاطية
يؤدي هذا لتمزق في عضلة القلب وبالتالي ضعف في قوة الضخ
- 3- حدود حجم القلب:
تستطيع عضلة القلب أن تزيد من حجمها وبالتالي من كفاءتها ولكن هذا بحدود بحجم الدم في الدورة التاجية حيث
أنه عندما يضخ القلب يحتاج إلى كمية أكبر من الدم تستطيع أن توفره له الدورة التاجية ولكن إذا تضخم بشكل أكبر
لا تستطيع الدورة التاجية توفير المزيد من الدم وعليه يتوقف حجم القلب عند هذا الحد . (السيد، 1993، ص 88).

المحور الثاني: تأثير التمارين البدنية على الجهاز القلبي الوعائي.

الضغط الدموي

1- ضغط الدم Blood Pressure:

يقوم القلب بضخ الدم و تستقبل الأوعية الدموية الدم لتوزيعه على جميع أنسجة الجسم ثم تعود به مرة أخرى إلى القلب استكمالاً للدورة الدموية، و تقوم الشرايين بوظيفة نقل الدم من القلب إلى جميع أجهزة الجسم و نتيجة لانقباض عضلة القلب يندفع الدم في كل مرة من خلال الشرايين، و هذا يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم الشرياني، حيث يعتبر ضخ الدم هو القوة المحركة للدم داخل جهاز من منطقة إلى أخرى، حيث تفيد قوة ضغط الدم هذه هي استمرارية حركة الدم في الأوعية الدموية.

يعرف ضغط الدم بأنه الضغط الجانبي على جدران الأوعية الدموية الناشئ عن مرور الدم فيها و مقارنة جدران لأوعية لمروره و يعرف أيضا بأنه القوة الذي يطبقها الدم على سطح جدران الشرايين و هو ينتج عن قوتين الأولى هي قوة ضخ القلب للدم في الشرايين و الثانية هي قوة مقاومة الشرايين لجريان الدم (المقاومة المحيطة للأوعية الدموية) إن مجموع الضغوط المختلفة و في أماكن مختلفة من النظام الوعائي الدموي و كذلك في دوري انقباض القلب و راحته تسمى بضغط الدم.

يحافظ الجسم على قيم ضغط الدم عن طريق تفاعلات معقدة بين القلب و الأوعية الدموية (الأوردة و الشرايين) و الجهاز العصبي و الكليتين و مجموعة من الهرمونات كرد فعل على محرضات مختلفة.

تتغير قيمة الضغط الدموي خلال اليوم فتكون في حده الأدنى خلال النوم و ترتفع عند الاستيقاظ و عند الانفعالات و التوتر و الجهد العضلي.

في عام 1733 أجرى العالم البريطاني ستيفن هالز Stephen Hales تجربة لقياس قوة الدم وهذا بعزل شريان فخذ الحصان و ربط أحد طرفيه بينما ربط الطرف الثاني بأنبوب زجاجي ارتفاعه 9 قدم و ارتفع الدم في الأنبوب إلى 8 قدم و ثلاث بوصات مؤكداً بأنه واقع تحت توتر معين أو ضغط في شريان المسدود و في تجربة مماثلة على وريد

لم يرتفع عمود الدم إلا قدم و قد كانت هذه التجربة الأساس الذي بنيت عليه صناعة أجهزة فحص و قياس ضغط الدم الشرياني عند البشر.

و يلاحظ أن الدم يتدفق بشدة عند قطع شريان و يعني هذا الارتفاع في الضغط بينما يسيل بهدوء و بطئ عندما يقطع وريد و يعني هذا انخفاض ضغطه. (Westerterp K. Saris W.,1992, p65.)

إن هدف القلب ايصال الدم إلى العضلات و جميع أنسجة و أعضاء الجسم الأخرى و هذا يعتمد على:

- 1- انقباض العضلة القلبية.
- 2- ضغط كافي لإيصال الدم إلى جميع أطراف الجسم.
- 3- مقاومة جدران الأوعية الدموية لمرور الدم التي تتميز بالخاصية المطاطية.
- 4- و تعد هذه الخاصية عامل في عدم رفع الضغط الدموي.
- 5- يرتفع ضغط الدم نتيجة لعدد من الأمراض منها.
- تصلب الشرايين.
- ارتفاع نسبة الكوليسترول في الدم (الخثار الإكليني) أزمة قلبية.
- عدم كفاية الصمام الأبهر.

2-الضغط الانقباضي و الانبساطي:

إن ضغط الدم لا يبقى ثابتا ضمن الشرايين، و لكنه يتبدل مع استمرار انقباض عضلة القلب فعندما ينقبض القلب دافعا الدم من البطين الأيسر عبر الشرايين الكبيرة تتسع جدران هذه الشرايين و هذا يسمى الضغط بالضغط الانقباضي (Systolic Pressure) ومع انبساط القلب و استرخائه تعود جدران الشرايين للوضع الطبيعي و هذا لا يعني أن الدم المتدفق ينقطع تماما من الشرايين و إنما تكون كمية الدم المتدفقة كمية أقل من الوضع السابق و حتى يحدث هذا الجريان في أثناء انبساط القلب و استرخائه فان الشرايين تقوم بدرجة معينة من التشنج لتضغط على الدم و تؤمن استمرار جريانه و هذا الضغط يسمى بالضغط الانبساطي (Diastolic Pressure) و لمساعد على تشنج هذه الشرايين هو وجود الألياف العضلية التي تمتاز بالمطاطية في الطبقة المتوسطة من الشرايين و التي تكسبها المطاطية و بالتالي مساعدة الدم على استمرار جريانه.



إن قيمة الضغط الانقباضي في الانسان الطبيعي حوالي 120 ملم زئبق و قيمة الضغط الانبساطي عند الشخص الطبيعي حوالي 80 ملم زئبق و الفرق ما بين الضغطين يسمى بضغط النبض (Pulse Prssure) و عادة ما يسجل ضغط الدم على شكل كسر يكون فيه الضغط الانقباضي مقسوما على الضغط الانبساطي على النحو التالي:

120 ملم زئبق الضغط الانقباضي (Systolic Pressure)

80 ملم زئبق الضغط الانبساطي (Diastolic Pressure)

2-1- الضغط الانقباضي: Systolic Pressure

يتولد في لحظة انقباض العضلة القلبية (البطين) و دفع الدم خلال الشرايين إلى جميع انحاء الجسم مضافا إليه مقاومة جدران الشرايين لمرور الدم.

يؤخذ التشخيص و أغلب قرارات المعالجة اعتمادا على مصا لدم الانقباضي و ذلك لأن ازدياد الضغط الانقباضي يرتبط بزيادة المقاومة الوعائية المحيطية أما ارتفاع الضغط الانبساطي فيعكس زيادة في مدى الناتج القلبي و/أو مدى تصلب الاوعية الكبيرة.

يبلغ معدل لضغط الانقباضي عند الشخص السليم 120 - 10 ملم زئبقي mmHg و يمكن أن يكون أقل أو أكثر قليل للزيادة و النقصان وفقا للعوامل الآتية.

1- الجهد البدني حيث يرتفع بزيادة النبض أو بتسليط جهد بدني و بتخفيض الانبساط في حالة الجهد المتحرك أما عند الجهد الثابت فيرتفع الضغطين الانقباضي و الانبساطي معا و ينخفضان في مدة الاستشفاء.

2- الحالة النفسية كما في حالة الانزعاج و القلق.

1- زيادة نسبة الأملاح في الدم.

2- تقدم العمر نتيجة لتصلب الشرايين.

3- ازدياد نسبة الكوليسترول في الدم.

4- تناول بعض الأدوية و المواد التي تؤثر على الجهاز العصبي المركزي .CNS

5- الهرمونات مثل هرمون الكورتيزون الذي يؤدي إلى حبس السوائل في الجسم.

6- تناول الغذاء و السوائل بكميات كبيرة.

2-2- الضغط الانبساطي: Diastolic Pressure

يتولد نتيجة لارتخاء العضلة القلبية (البطين) و انقباض الأذنين و دفع الدم إلى البطين و غلق الصمام الأبهر.

يبلغ الضغط الانبساطي عند الشخص السليم (70 - 80 mmHg) و يتميز بأنه أكثر استقرارا و لا يتأثر بالعوامل الخارجية مثل الجهد البدني و الحالة النفسية.

يرتفع الضغط الانبساطي بسبب عدد من الأمراض مثل مرض في الكلى أو عيب في الشريان الكلوي كما يرتفع بسبب عدم كفاية الصمام الأبهر.

يسمى الفرق بين الضغطين الانقباضي و الانبساطي بضغط النبض (Pulse - Pressure) و يمكن الاستفادة من هذه العلاقة في استخراج الناتج القلبي كما سابقا في موضوع الناتج القلبي، كما يمكن الاستفادة في التدريب الرياضي من علاقات أخرى باستخدام ضغط الدم مثل (معدل الضغط الشرياني).

يتأثر ضغط الدم بعوامل أخرى مثل العمر و الجنس و الوزن و رصيد الجسم و يزداد الضغط الانقباضي أثناء التدريب و قد يصل إلى 175 ملم زنبقي بينما لا يزداد الضغط الانبساطي إلا بشكل بسيط. (أبو العلا، 1993، ص89).

3-العوامل المؤثرة على ضغط الدم:

1- ممارسة التدريب الرياضي بشكل منتظم مما يحسن من كفاءة القلب و الدورة الدموية و زيادة حجم الناتج القلبي و هذا ما نلاحظه عند الرياضيين بشكل عام حيث يكون معدل الضغط الانقباضي لديهم يتراوح بين (100 - 120 ملم زنبقي) و بشكل خاص عند ممارسي الألعاب الأكسجينية.

2- ينخفض الضغط الانقباضي عند المرأة بسبب الاختلافات الفيزيولوجية لصغر القلب و مقدار الدم أثناء الدورة الشهرية.

3- ينخفض خلال لراحة النفسية و النوم و النزف الدموي (نقص حجم الدم).

4- في حالة الصدمة العصبية Neurogenic shock

5- في حالة الصدمة الكهربائية.

4-التأثيرات الفيزيولوجية للجهد البدني على ضغط الدم:

إن للتمارين البدنية أثرا فعالا و واضحا على ضغط الدم بكلا القياسين الانقباضي و الانبساطي، و قد دلت التجارب العلمية على أن التمارين البدنية تساعد على هبوط الضغط بالنسبة لأولئك الأشخاص الذين يعانون من إفراط في ارتفاع ضغطهم ، كما أن ممارسة التدريبات البدنية قد أثبتت فاعليتها بناء على دراسات التي أوضحت أنه يمكن أن تتخذ كأسلوب وقائي من أجل تجنب ارتفاع ضغط الدم قبل أن تظهر أعراضه على الإنسان .

و تشير نتائج الدراسات العلمية إلى أن ممارسة التمارين البدنية تؤدي إلى تقليل ضغط الدم حتى بالنسبة للأشخاص من ذوي الضغط الطبيعي، كما أن ضغط الدم لدى الرياضيين يكون عادة أقل من غير الرياضيين في وقت الراحة، و يعتبر ضغط الدم غير المرتفع و عدد نبضات القلب في الراحة من المؤشرات الفيزيولوجية على حالة التدريب الجيدة، بينما يشير البعض الآخر إلى أنه في حالة الراحة قد لا تبدو فروق في ضغط الدم لدى المدربين و غير المدربين من الأفراد الأصحاء و إنما تظهر الفروق في حالة المجهود البدني، حيث يوجد فروق بسيطة بينهما في قيم الضغط الشرياني و لصالح المدربين منهم.(Westerterp K. Saris W.,1992, p67.)

ومن هنا نستطيع القول ان ممارسة الأنشطة البدنية والرياضية و تحديدا الأنشطة الهوائية الأوكسجينية (المشي، الهرولة، السباحة، الدراجات) تعمل على الوقاية من الإصابة بالارتفاع ضغط الدم بشكل عام ، كما تعمل على انخفاض ضغط الدم لدى الأشخاص المصابين بارتفاع ضغط الدم البسيط، و لم تثبت الدراسات العلمية بعد تأثير الممارسة الرياضية على ضغط الدم في وقت الراحة لدى الأشخاص أصحاب ضغط الدم الطبيعي.

و يشير الجدول رقم (04) إلى متوسط ضغط الدم لدى مجموعة من الرياضيين في الألعاب الرياضية المختلفة في وقت الراحة.



اسم المؤلف: بروجم رضوان

الاسبوع رقم: 06

المحاضرة رقم: 06

الباحث و السنة	نوع الرياضة	ضغط الدم الانقباضي	ضغط الدم الانبساطي	الجنس
سلامة 2000	رياضيين	120	65	ذكور
	غير رياضيين	130	67	
سليم و سيد 1992	كرة القدم	128	70	
	لاعب الجودو	123	72	

الجدول رقم (04): ضغط الدم لدى مجموعة من الرياضيين و غير الرياضيين في وقت الراحة.

المحور الثاني: تأثير التمارين البدنية على الجهاز القلبي الوعائي.

تغيرات عامة على الدم.

1-سريان الدم (Blood Klow)

إن سرعة تدفق الدم إحدى العوامل الضرورية لثبات البيئة الداخلية بمختلف أجزاء الجسم، حيث تسهل عملية التخلص من فضلات التمثيل الغذائي و تنظم درجة حرارة الجسم و إمداد الأنسجة العاملة بالمواد الغذائية و بصفة خاصة الأوكسجين.

و ان زيادة احتياج العضلات أثناء المجهود البدني للأوكسجين نتيجة زيادة الطلب عمليات تمثيل الغذائي لها في عمليات توليد الطاقة و الوقود و لتوفير هذا يجب زيادة سريان الدم إلى هذه العضلات و التي تتم عن طريق الزيادة في ضخ الدم (الدفع القلبي) و كذلك عن طريق اعادة توزيع الدم من الأعضاء غير النشطة إلى الأعضاء النشطة و تدفق الدم Blood Klow في الأوعية الدموية يرتبط ارتباطا طرديا مع الضغط في نهاية و بداية هذه الأوعية و يرتبط عكسيا مع مقاومة هذه الأوعية الدموية.

2-تأثير الجهد البدني على الدم:

أولا: التغيرات المؤقتة:

و هي تغيرات تحدث بصفة مؤقتة كاستجابة للنشاط الرياضي، ثم يعود الدم إلى حالته الطبيعية في وقت الراحة و هذه التغيرات تشمل:

- 1-زيادة حجم الدم الدائر نتيجة لانقباض الطال و انتقال بعض السوائل من الجسم إلى الأوعية الدموية.
- 2-زيادة عدد كرات الدم الحمراء الناتج عن انقباض الطحال و دفع كمية من الدم غنية في كرات الدم الحمراء .
- 3-زيادة عدد كرات الدم البيضاء .
- 4-نقص الأس الهيدروجيني للدم نتيجة لزيادة حمض اللاكتيك.

5- زيادة فاعلية المنظمات الحيوية الموجودة في الدم للمحافظة على الأس الهيدروجيني.

6- زيادة كمية الهيموجلوبين، لزيادة السعة التنفسية للدم.

7- نقص قابلية الهيموجلوبين على الاتحاد مع الأكسجين حتى يستطيع الأكسجين ان ينتقل إلى الأنسجة بسهولة.

ثانيا: التغيرات التي تتميز بالاستمرارية:

تغيرات تحدث في الدم نتيجة لانتظام في التدريب الرياضي لفترة معينة، مما يؤدي إلى تكيف الدم لأداء النشاط الرياضي لفترة طويلة و تشمل هذه التغيرات زيادة حجم الدم و زيادة الهيموجلوبين، و نترات الدم الحمراء لزيادة السعة التنفسية للدم، حتى يستطيع تغذية العضلات العاملة بكمية الأكسجين اللازمة للنشاط العضلي لفترة طويلة.

3- التكيفات الفيزيولوجية للجهد البدني على الدم:

لا تقصر التكيفات القلبية عند الرياضيين على تحسن حجم ووظائف القلب، بل بتحسن أيضا كفاءة الدم الذي يعتبر هو الناقل الأساسي للغذاء و الأكسجين للعضلات العاملة، حيث تؤدي ممارسة النشاط البدني والرياضي وخاصة الأنشطة الهوائية الأوكسجينية إلى حدوث التكيفات الفيزيولوجية التالية:

1- زيادة حجم الدم مع التمرين المستمر.

2- زيادة معدل انتاج الكرات الحمراء.

مع الاشارة إلى أن زيادة في خلايا الدم الحمراء ربما تسهم أيضا في زيادة حجم الدم و لكن هذه الزيادة لا تكون متناسبة، فعندما تظهر الزيادة في خلايا الدم الحمراء فأن حجم البلازما يزيد عادة بنسبة أكبر، و على الرغم من الزيادة الفعلية في عدد خلايا الدم الحمراء فأن الهيموكريت Hematocrit أي النسبة بين خلايا الدم الحمراء و حجم الدم الكلي تنخفض و يلاحظ أن الهيموكريت ينخفض بالرغم من وجود زيادة طفيفة في خلايا الدم لحمراء، و بالنسبة لرياضيين يمكن أن ينخفض الهيموكريت إلى حد الذي يظهر معه الشخص و كأنه لديه فقر دم، أي فقر الدم في الصلة بين تركيز خلايا الدم الحمراء و الهيموغلبين.

3- زيادة نسبة الهيموغلبين الموجودة في العضلات و بالتالي زيادة كفاءة العضلة على الحصول على الأكسجين.

4- زيادة عدد الشعيرات الدموية و تفتح أكبر للشعيرات الدموية في العضلات المدربة.



- 5- يقل سريان الدم بسبب ارتفاع كفاءة الدم على حمل كميات أكسجين أكبر نتيجة للتكيف الفسيولوجي فيعمل على توصيل كميات أكسجين أكبر من خلال كميات دم قليلة.
- و تحدث الزيادة في حجم الدم من خلال زيادة حجم بلازما الدم و ذلك عن طريق:
- 1- ان الجهد البدني يزيد من إفراز الهرمون المضاد للأبالة (ADH) و كذلك هرمون الديسترون (Aldosterone) و هذا يدفع الكلى للإبقاء على الماء مما يزيد من بلازما الدم.
 - 2- التدريب يزيد من كمية بروتينات البلازما و خصوصا (الألبومين) و كما هو معروف أن بروتينات البلازما هي الأساس في ضغط الدم الأسموزي. (Westerterp K. Saris W.,1992, p98.)

المحور الثاني: تأثير التمارين البدنية على الجهاز القلبي الوعائي.

تغيرات عامة لعمل القلب

قلب الرياضي:

يقصد بالقلب الرياضي تلك الزيادة الفيزيولوجية في القلب والناجمة عن تأثير التمارين البدنية، وبتعريف آخر هو قدرة وكفاءة القلب لدى الرياضيين علي تحمل التدريب الرياضي. ومن أهم مؤشرات ارتفاع الحالة الوظيفية لعضلة القلب هي :

1- بطئ معدل القلب.

2- انخفاض ضغط الدم.

3- تضخم القلب.

بالرغم من ان المؤشرات الثلاثة تعتبر مؤشرات فسيولوجية ايجابية الا ان ارتفاع الحالة التدريبية للرياضي نتيجة التدريب والتكيف الفسيولوجي لا يصاحب دائما ظهور جميع هذه التغيرات على العكس من ذلك فقد تكون هذه التغيرات مؤشرات لحدوث تغيرات باثولوجية (مرضية) في عضلة القلب مما يجعل السؤال ما زال مطروحا (هل ظاهرة تضخم القلب ايجابية أم سلبية) .

1-بطئ معدل القلب:

ظاهرة بطئ معدل القلب حتى (40) ضربة/د تعتبر اكثر المؤشرات المعبرة عن ارتفاع الحالة الوظيفية للقلب.

سرعة الفحص الطبي الدقيق لتجنب اي تأثيرات سلبية للتدريب في حالة ما يكون معدل القلب (30-40) ضربة/د.

وليس شرطا ان يكون هناك ارتباطا بين بطئ معدل القلب والحالة التدريبية واتضح ان حوالي ثلث الرياضيين الذين لديهم بطئ معدل القلب لم يتكيفوا بشكل جيد مع حمل التدريب وظهرت عليهم سرعة التعب والارق وفقد الشهية وغيرها.

2- تضخم عضلة القلب:

ليس حتماً أن تكون ظاهرة تضخم عضلة القلب مؤشراً للقلب الرياضي، التشخيص الدقيق لتضخم القلب يكون عن طريق الأشعة المقطعية . أمكن لمعظم الرياضيين في الأنشطة الرياضية في أنشطة التحمل تحقيق مستويات رياضية عالية دون حدوث ظاهرة تضخم القلب .

نسبة حدوث تضخم القلب لدى الرياضيين في أنشطة تتراوح ما بين (17-50%) من نتائج إحدى الدراسات . واكتشف هينشن ظاهرة القلب الرياضي حيث وجدها لدى (26) رياضياً من بين (37) من متسابقين الانزلاق على الجليد.

3- أسباب تضخم القلب:

1- قد تحدث إصابة القلب مرضياً عند التدريب أو المنافسة بالرغم من وجود بؤر عدوى اللوزتين أو الانفلونزا أو نزلة في المسالك التنفسية .

2- زيادة استخدام الاحمال التدريبية التنافسية بدون تخطيط مناسب .

3- زيادة الاحمال التدريبية المصاحبة ايضاً بأحمال ذهنية مثل التدريب اثناء الامتحانات .

4- الظروف الاخرى المختلفة التي تزيد الاصابة بتضخم القلب .

5- سوء تخطيط الاحمال التدريبية .

6- الاجهاد او التدريب الزائد .

4- الوقاية من تضخم القلب:

1- الاهتمام بصفة خاصة بالرياضيين الذين لديهم حالة تضخم القلب الفسيولوجي للوقاية من تحولها الى حالة مرضية .

2- يمكن التدريب والممارسة للرياضة لسنوات طويلة دون اكتشاف تضخم عضلة القلب لذا يلزم التأكيد على استخدام الأشعة المقطعية في فحص القلب الدوري لدى الرياضيين .



3- اعطاء الرياضة فرصة كافية من الوقت للشفاء الكامل بعد الإصابات المرضية قبل السماح له بالتدريب او المنافسة .

4- علاج يؤر العدوى المزمنة اول بأول .

5- التخطيط السليم لحمل التدريب .

6- تجنب وصول الرياضي الى حالة الاجهاد أو التدريب الزائد.

7- الاهتمام بالإحماء الجيد قبل اداء الاحمال البدنية العالية .

8- التدرج في حمل التدريب خلال استمرارية عملية التدريب وعدم استخدام الوثبات الكبيرة في زيادة حمل التدريب.

9- تطوير برامج اعداد المدربين وكليات التربية الرياضية بزيادة الساعات الدراسية للمناهج العلمية للعلوم البيولوجية المرتبطة بصحة الرياضي . (الروبي، 2007، ص125).

5-علاقة حجم القلب ببعض المؤشرات:

1- يدل حجم القلب على الكفاءة الانتاجية.

2- ارتباط حجم القلب بالوزن.

3- يرتبط حجم القلب بحجم الجسم فالأفراد ذوي الطول الفارع يختلف حجم القلب لديهم عن القصار.

4- يرتبط حجم القلب بنوع الفعالية أو النشاط الرياضي المزاول.

5- يرتبط حجم القلب بحجم القلب بعلاقة موجبة مع الحد الاقصى لاستهلاك الأوكسجين.

6- يرتبط حجم القلب بزيادة التدريب الرياضي.

7- يرتبط حجم القلب بعدد الضربات القلبية بعلاقة عكسية ، وبحجم الضربة بعلاقة طردية.

8- يرتبط حجم القلب بالعمر فالأشخاص الذين تزيد أعمارهم عن (18-20) سنة يعتمد على وزنهم وطولهم

6-معدلات حجم القلب:

يبلغ حجم القلب عند الشخص الاعتيادي (760 CM^3) ويبلغ عند المرأة (580 CM^3) ويبلغ عند الرياضيين ($900-800 \text{ CM}^3$) ، وعند رياضي القوة ($1200-1300 \text{ CM}^3$) وعند رياضي القوة في حالات خاصة (1700 CM^3) ويبلغ حجم البطين تقريباً ($250-300 \text{ CM}^3$).

يبلغ حجم القلب لدى لاعبي كرة السلة ($1125 \pm 30.8 \text{ CM}^3$) .

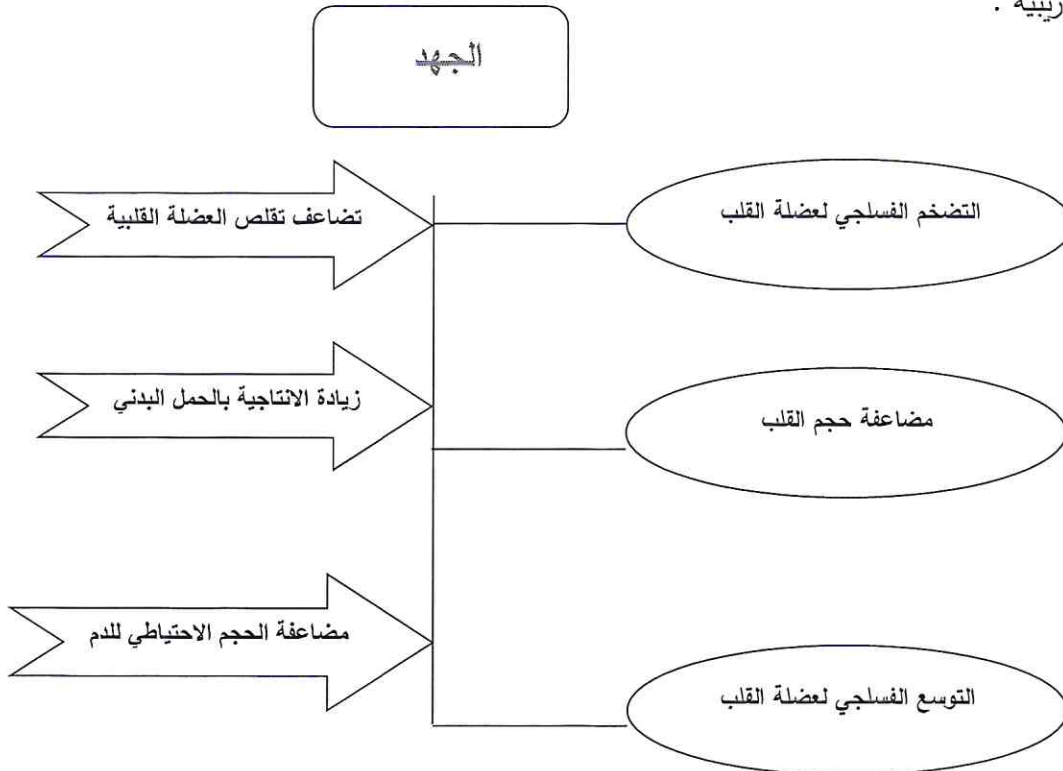
7-العوامل المؤثرة على زيادة حجم القلب:

1- نوع الفعالية الرياضية .

2- الخبرة الرياضية (سنوات التدريب) .

3- الاختصاص الرياضي داخل الفعالية .

1- وسيلة العملية التدريبية .



الشكل (09): تأثير الجهد البدني على حجم القلب ونتاجيته.

8-صفات النبض القلبي:

1- عدد النبضات: عند تساوي عدد نبضات القلب وانتظامها تساعد على معرفة حجم ما يضخه القلب في الدقيقة الواحدة ، وكذلك من قوة وكفاءة اوعية القلب الدموية التي تؤثر على كفاءة العضلة القلبية .

2- قوة النبض: تعين قوة النبض ضغط الدم وحالة جدار الاوعية الدموية .

3 سرعة النبض: عودة النبض الى الحالة الطبيعية بعد الانتهاء من التدريب والمدة الزمنية التي يستغرقها للرجوع الى حالة ما قبل الجهد وتكيف جهازي القلب والدوران مظاهر تبين سرعة عودة النبض وعلامة مميزة للأجهزة الوظيفية للجسم .

9-أسباب تسارع ضربات القلب:

1- الجهد البدني: كلما زاد الجهد كلما كان رد فعل القلب على هذه الزيادة زيادة في النبض وتستمر هذه الحالة لحين وصول النبض الى الحد الاقصى ويختلف من شخص الى اخر ويثبت عند هذا الحد حتى في حالة زيادة الجهد وتسمى هذه الحالة بالحالة الثابتة (Steady State) .

2- النزيف الدموي.

3- الحالة المرضية.

4- التسمم بالغدة الدرقية (Thyrototoxicosis).

5- الحالة النفسية (Psychological State).

6- الحالة العاطفية (Emotional State).

7- الادوية (Drugs).

10-أسباب بطئ ضربات القلب:

1- البطء الذي يحصل نتيجة لتحسن القابلية الوظيفية للقلب كما يحصل عند الرياضيين.

2- خمول الغدة الدرقية.

3- النوم.

4- المهدئات.

11- عدم انتظام ضربات القلب: Sinus Arrhythmia

يعني عدم الانتظام حصول اختلاف بين الفترات الزمنية لضربتين متتاليتين و يرمز له (AR-R) و يقاس بثانية.

يظهر أيضا عدم انتظام خلال الدورة التنفسية فيختفي وقت الشهيق و يظهر وقت الزفير و يسمى بعدم الانتظام التنفسي.

و يتم التحكم بالانقباضات القلبية من خلال مؤثرات كهربائية يكون مصدرها الجزء الاعلى من الأذين الأيمن للقلب عن طريق نوع من الخلايا الخاصة تعرف باسم خلايا العقدة الجيبية الأذينية و هي المنظم الطبيعي للقلب و التي ترسل بدورها شبكة من نبضات القلب الكهربائية بطريقة منتظمة فيتم انقباض الأذين الأيمن و الأيسر في وقت واحد دافعين الدم إلى البطين الأيمن و الأيسر و عند امتلائهما يقومان بدورها مرة اخرى يدفع إلى الشريان الرئوي و الشريان الأورطي لتوصيل الدم إلى الرئتين و بقية أجزاء الجسم و هذه العملية تتكرر مع كل نبضة قلب.

ففي حالة الراحة يكون معدل نبضات القلب للكبار من 60 - 80 نبضة بالدقيقة بينما في الاطفال فيكون من 80 - 110 و قد يزداد هذا الرقم من 100 نبضة بالدقيقة للكبار في بعض حالات الاجهاد او الانفعال النفسي فأتثناء التمارين الرياضية مثلا تزداد حاجة عضلات الأرجل و الأذرع لكميات أكثر من الدم و للاستجابة لهذا المطلب يستجيب القلب الطبيعي أوتوماتكيا بزيادة عدد نبضاته في الدقيقة.

و في بعض الأحيان لا تكون استجابة القلب بصورة ملائمة كأن تكون السرعة بطيئة جدا او سريعة أكثر من اللازم أو غير منتظمة و أحيانا لا تنتقل النبضات الكهربائية بشكل صحي للجزء السفلي من القلب هذه الحالة تسمى (حركة قلبية قليلة الضربات) و في أي من هذه الأحوال تقل قدرة القلب على ضخ الدم إلى كافة أنحاء الجسم و هذا يؤدي إلى بعض الأعراض مثل التعب و الإعياء فقدان الوعي و في هذه الحالة يقوم الطبيب باختيار أفضل سبل العلاج

و يكون الحل الأمثل هو زراعة منظم لضربات القلب. (Westerterp K. Saris W.,1992, p125.)

المحور الثاني: تأثير التمارين البدنية على الجهاز القلبي الوعائي.

تابع: تغيرات عامة لعمل القلب

القلب والجهد البدني:

أولاً: تأثير الجهد البدني علي حجم القلب:

القلب الرياضي هو قدرة وكفاءة القلب لدي الرياضيين الأبطال علي تحمل التدريب الرياضي خلال المستويات العالية الشدة ويحدث نتيجة لعملية الارتخاء والتطويل لألياف القلب ويعتبر العالم هنش هو الذي لاحظ هذه الزيادة في معدل مقاييس القلب لديهم عام 1899، لذلك يعتبر عدم النمو الكافي لحجم ووظيفة القلب من المشاكل السلبية علي الكفاءة وبالخصوص للأنشطة التي تعتمد علي التحمل "القلبي" الدوري التنفسي. وحجم القلب يعني كفاءة إنتاجية القلب "عدد مرات وحجم الضربة" للرياضيين كما يرتبط حجم القلب بطول وقصر الأبطال. **حجم القلب المطلق** هو مقدار السنتمرات المكعبة **حجم القلب النسبي** هو قسمة الحجم المطلق علي الوزن والطول ولها معادلات لحساب الحجم النسبي. وثبتت بالأشعة زيادة حجم القلب لممارسي النشاط الرياضي عن غيرهم .

وترتبط زيادة حجم القلب المطلق والنسبي بعدة أسباب أهمها:

- نوع النشاط الرياضي الجري والسباحة مسافات طويلة كرة السلة وذلك لحاجتهم لاستهلاك كمية كبيرة من الأوكسجين أثناء الأداء.
- العمر التدريبي كلما زاد ازداد الحجم للقلب.
- وتلاحظ الزيادة لحجم القلب من خلال 4-5 شهور من التدريب المنتظم للاعب التحمل بينما للاعب السرعة وإن حدثت فإنها لا تبدو واضحة.

1- أسباب زيادة حجم القلب للرياضيين فيزيولوجيا:

نتيجة النشاط الحركي يزداد حجم القلب وتم ملاحظتها علي الأفراد الذين يقومون بأعمال بدنية عالية الشدة عن الأفراد ذوى الأعمال العادية.

أسباب زيادة حجم القلب فيزيولوجيا:

- زيادة اتساع تجويف القلب.



• زيادة حجم عضلة القلب.

• الزيادة في اتساع التجويف وحجم العضلة للقلب وهو الأهم.

2- اتساع تجويف القلب فيزيولوجيا:

كلما زاد اتساع تجويف القلب زادت إنتاجية القلب، ويمكن تقسيم الدم الموجود بالبطين لحظة الانبساط 3

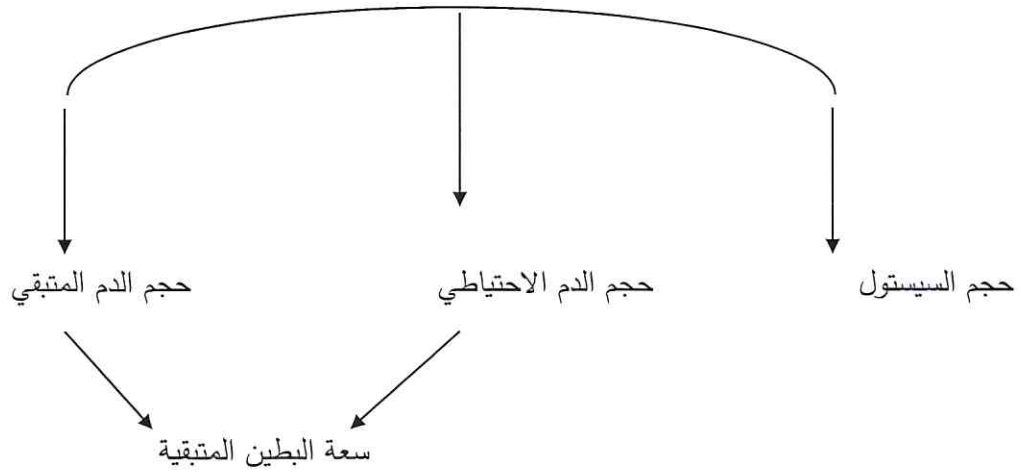
أجزاء تكون السعة الانبساطية له وتشمل:

• حجم السيستول وهو الدم الذي يدفع بكل ضربة.

• حجم الدم الاحتياطي.

• حجم الدم المتبقي.

الدم بالبطين لحظة الانبساط :



لاحظ يمكن لحجم الدم الاحتياطي أن يشارك مع السيستولي أثناء الجهد البدني فقط. (السيد، 1993، ص96).

ثانيا: تأثير الجهد البدني علي الدفع القلبي:

1- تأثير الجهد البدني علي ديناميكية القلب:

يؤدي التدريب المنتظم لحدوث تغيرات فسيولوجية بالجسم ككل وتظهر من خلال تكيف الجهاز الدوري علي

شكل الاقتصاد في الجهد بالراحة والعمل العضلي، ويعتبر الدفع القلب هو حجم الدم المدفوع خلال دقيقة.

ونتيجة الجهد البدني تحدث تغيرات في عضلة القلب وتشمل:

• ازدياد الضغط داخل التجويف.

• ارتخاء عضلة القلب.

• ازدياد حجم تجويف البطين.

• ازدياد سعة البطين الانبساطية.

ويعتبر الحجم الإضافي الاحتياطي هو الفرق بين سعة البطين أثناء العمل وأثناء الراحة.

الجهد البدني يؤدي لنقص النغمة العضلية الانبساطية نتيجة تأثير الجهاز العصبي اللاإرادي علي عضلة

القلب بالراحة فيزداد ارتخاء عضلة القلب وتزيد سعة البطين الانبساطية من 5-10% ويزداد طول الألياف بعضلة

القلب نتيجة نشاط البروتين مما يعمل علي حدوث الاتساع الوظيفي في القلب.

ونتيجة لعملية الارتخاء والتطويل لألياف القلب يتشكل "القلب الرياضي" مع زيادة سمك ألياف القلب وبناء

عليه يحدث التضخم الوظيفي للقلب.

التغيرات التي تحدث في القلب نتيجة التدريب بالترتيب:

• ارتخاء عضلة القلب يؤدي لزيادة سعة حجم البطين الانبساطية.

• تطويل عضلة القلب يؤدي لزيادة طول ألياف عضلة القلب.

• زيادة سمك الليفة العضلية للقلب.

لاحظ أنه لا تحدث هذه التغيرات معا ولكن أي زيادة في حجم القلب هذا يعني حدوث الارتخاء والتطويل وخصوصاً

للاعبي التحمل.

لاحظ أنه نتيجة الارتخاء وزيادة سمك ألياف يزداد حجم القلب للاعبي رفع الأثقال.

2- تأثير الجهد البدني علي الدفع القلبي للرياضيين:

يتساوى الدفع القلبي للرياضيين وغير الرياضيين في الراحة وهناك عوامل تؤثر علي الدفع القلبي ومنها:

• **الدفع القلبي للرياضيين طوال القامة** وقت الراحة ثبت من خلال الدراسات العلمية أن الدفع القلبي يزداد

نتيجة زيادة حجم الضربة ومعدل القلب أكبر لديهم، وذلك راجع لزيادة التمثيل الغذائي في الراحة ومن خلال

زيادة حجم CO₂ ثاني أكسيد الكربون بالزفير ويزداد استهلاك الأوكسجين O₂.

• **الدفع القلبي والعمر للرياضيين** يتضح من خلال الدراسات العلمية أن الدفع القلبي من سن 17 ولغاية سن

20 متقارب بينما كان أقل للفئات من سن 29 سنة. أما بالنسبة للناشئين لم يتضح تأثيرها علي الراحة

وكذلك الذين انقطعوا عن التدريب. (أبو العلا، 1993، ص 95).



ثالثا: الدفع القلبي وبعض العوامل الفيزيولوجية:

- الدفع القلبي ومعدل القلب تعتبر ممارسة التدريب الرياضي من العوامل التي تؤدي إلي البطء في إيقاع القلب، ويلاحظ أنه كلما زاد مسطح الجسم زاد معدل القلب والعكس صحيح، كذلك يلاحظ أنه كلما زادت كمية الدم خلال الضربة هذا يدل علي الانخفاض في ضربات القلب والعكس.
- الدفع القلبي والفرق بين الشرياني والوريدي ل O_2 و CO_2 لم تثبت وجود علاقة بين الدفع القلبي وبين الشرياني والوريدي لهما.
- الدفع القلبي وأوضاع الجسم المختلفة يعتبر وضع الجسم الأفقي هو أفضل وضع لحساب الحجم العادي للدفع القلبي فهو يقل في الوضع الرأسي عن الأفقي أثناء الراحة، أما عند أداء الجهد البدني فهو يزيد في الوضع الرأسي عن الأفقي.
- الدفع القلبي ودرجة حرارة البيئة والجسم يزيد سريان الدم في الشعيرات الدموية بالجلد للتخلص من الحرارة عن طريق التعرق مما يضطر الجسم لزيادة الدفع القلبي لتعويض التعرق، لذلك كلما زادت درجة الحرارة زاد الدفع القلبي ويكون علي حساب حجم الضربة.

رابعا: الدفع القلبي والكفاءة البدنية:

تعتبر الكفاءة البدنية هي مقدرة الفرد علي أداء عمل عضلي بشدة مرتفعة لفترة طويلة، ومن المعروف أن الكفاءة البدنية ترتفع إذا كانت كفاءة الجهاز الدوري عالية ويتم معرفة ذلك من خلال قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين VO_{2max} ، لذلك نستطيع القول بأن زيادة مستوى الكفاءة البدنية تنعكس علي زيادة حجم الضربة وانخفاض معدل القلب.

خامسا: الدفع القلبي والإعداد البدني للرياضيين:

يعتبر الجهاز الدوري هو المسئول عن توصيل الأكسجين للعضلات العاملة وخصوصاً في أنشطة التحمل، أما أنشطة القوة والسرعة فهو لا يرتبط به بشكل كبير، وبناء علي ذلك يمكن القول بأن الفورمة الرياضية ترتبط بزيادة الدفع القلبي في الراحة مع زيادة حجم الضربة وانخفاض معدل القلب.

1- الدفع القلبي ودرجات شدة الحمل البدني المختلفة ثبت بان هناك علاقة ارتباطيه بين كل من الدفع القلبي واستهلاك الأوكسجين فعند زيادة أحدهما يزداد الآخر وهو زيادة سعة الدم الأوكسجينية وسرعة سريان الدم وبالتالي استهلاك الأوكسجين.



2- الدفع القلبي عند أداء الحمل الأقصى يعتبر الدفع القلبي عند الإناث أقل من الرجال بدءاً من سن 13-14 ويشمل حجم الضربة والحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين، لذلك يزداد حجم الدفع القلبي بحوالي 9 و5 مرة.

سادسا: حجم الضربة للرياضيين:

من أهم أسباب سرعة سريان الدم هو زيادة حجم الدم في كل ضربة وتكون زيادة حجم الدفع علي حساب انخفاض معدل القلب وبالتالي تقل الطاقة المبذولة، ويرتبط حجم الضربة بحجم البطينين في الانقباض وكذلك بقوة الانقباض.

سابعا: معدل القلب للرياضيين:

من خلال ما سبق يتضح أنه كلما زادت الكفاءة البدنية قل معدل القلب عند الرجال 70 ض/ق بحوالي 5 لتر/ق وعند النساء 75 ض/ق ويزيد معدل القلب وفق زيادة شدة الحمل. (أبو العلا، 1993، ص102).

العوامل المؤثرة علي معدل القلب:

- التوتر الانفعالي.
- ارتفاع درجة حرارة الجسم والبيئة.
- التدخين.
- النشاط الرياضي المعتدل في حال التوتر.
- يستخدم في تقنين الحمل وفترة الاستشفاء وتحديد شدة الحمل.
- معادلة كارفونين 1975 لتحديد شدة التدريب
- معدل القلب = معدل القلب بالراحة + 60% (أقصى معدل للقلب - معدل القلب بالراحة)
- أقصى معدل للقلب = العمر - 220 أو 225

ظاهرة بطء معدل القلب : إذا قل معدل القلب عن 60ض فهذا يسمى بطء القلب وتظهر بالخصوص عن لاعبي التحمل الجري والسباحة .

ظاهرة سرعة معدل القلب : إذا زاد معدل القلب عن 90ض فهذا يسمى سرعة معدل القلب .

العوامل المؤثرة علي سرعة معدل القلب:

- وضع الجسم من الوقوف يزيد معدل القلب عن الرقود.



- في حالة زيادة العامل النفسي يزداد معدل القلب.
- في حالة زيادة العمل العضلي يزداد معدل القلب.
- العمر والجنس.

تكيف عضلة القلب للجهد البدني:

تكيف عضلة القلب نتيجة لتعرضها للجهد بشكل منتظم و لأوقات طويلة، وهو يمثل التحسن في كفاءة القلب الوظيفية و يقسم التكيف إلى:

التكيف الحاد: وهو التغيرات التي تحدث مباشرة كرد فعل للضغوط الناتجة من التدريب و يتمثل ذلك بازدياد عدد الضربات في الدقيقة خلال الجهد البدني و كذلك زيادة حجم الضربة.

التكيف المزمن: وهو التغيرات الوظيفية التي تحدث و تثبت نتيجة الانتظام في برامج تدريب معينة لفترات طويلة و تتمثل في توسيع تجاويف القلب و ازدياد قوة العضلة القلبية و زيادة حجم القلب الوظيفي.

ان الرياضيين المتدربين جيدا يكون عدد ضربات القلب لديهم قليلا نسبة إلى أشخاص غير المدربين وقت الراحة و قد تصل إلى 40 ن/د أو أقل للأبطال راكضي المسافات الطويلة و الماراتون.

تسارع و تباطؤ النبض:

أظهرت الدراسات ان هناك معدل (Rang) ثابت لعدد ضربات القلب في الدقيقة حيث يبلغ عند الانسان الاعتيادي من (60 – 85 ن/د) و إذا زاد عن (90 ن/د) يتصف بأنه في حالة تسارع (Tacky Cardio) أما إذا انخفض دون (60 ن/د) فيتصف بأنه في حالة تباطؤ (Tacky Cardio) و من الملاحظ أن الرياضيين يتميزون ببطء في عدد ضربات القلب في الدقيقة الواحدة و قد يصل النبض إلى (40 – 50 ن/د) أو أقل ، و يعد هذا البطء مؤشر ايجابي عن تحسن قابلية القلب الوظيفية لزيادة حجم التجاويف القلبية و حجم الدم المدفوع من القلب بالضربة الواحدة و بالتالي بالدقيقة الواحدة. (رضوان، 1998، ص55).



المحور الثالث: الجهاز التنفسي الجانب التشريحي والوظيفي

1.3. وظائف الجهاز التنفسي وأهم أعضائه.

2.3. مكوناته:

- الأنف.

- القنوات التنفسية: القصبة الهوائية و الشعب الهوائية.

- الرئتين والحوصلات الهوائية.

- الحجاب الحاجز.

المحور الثالث: الجهاز التنفسي الجانب التشريحي والوظيفي

مكونات الجهاز التنفسي ووظائفه

الجهاز التنفسي:

أن من أهم خصائص الكائن الحي هو التنفس وبخلافه يموت الكائن الحي ولم يعد كائن حي. والجهاز التنفسي هو من أهم وأبرز أجهزة الجسم الحيوية من خلاله يتم التبادل الغازي للجسم، فمن وظيفة الجهاز الأساسية هي إيصال الأوكسجين إلى الدم ومن ثم إلى خلايا وأنسجة الجسم لاستخدامه في العمليات الأيضية، والتخلص من ثاني أكسيد الكربون. هو الجهاز المسؤول عن تبادل الغازات في جميع أجزاء الجسم، إذ يقوم بتزويد خلايا الجسم بالأوكسجين الضروري لأنشطتها، ويخلصها من ثاني أكسيد الكربون. وتعد الرئتان العضوين الرئيسيين للتنفس، وهما تركيبان مرنان داخل تجويف الصدر. تحتوي كل رئة على ملايين الأكياس أو الغرف الهوائية تسمى الأسناخ (الحويصلات)، وتوجد شبكة من الأوعية الدقيقة تسمى الشعيرات الدموية بين جدران كل حويصلة. وهناك تركيبات أخرى هامة للجهاز التنفسي، وهي جدار الصدر والحجاب الحاجز. يشتمل جدار الصدر على الضلوع التي تشكّل قفصاً يحمي تجويف الصدر والعضلات التي بين الضلوع. ويتكون الحجاب الحاجز من ملاءة من العضلات على شكل قُبّة تفصل بين تجويفي الصدر والبطن. ولأجل شرح فزيولوجية هذا الجهاز لابد أن نتعرف على أهم مكوناته أو مورفولوجية.

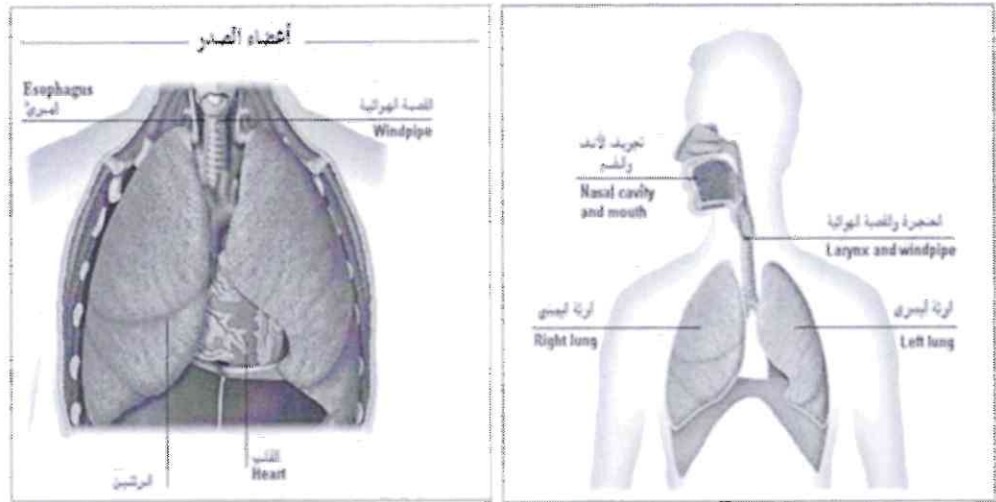
أهمية الجهاز التنفسي:

إن للتنفس ما لنبض القلب ودوران الدم من أثر حيوي مباشر في الحفاظ على الحياة إذ إن إمداد خلايا الجسم بالأوكسجين إمداداً مستمراً غير منقطع أبداً له أهميته في قيام كل خلية من خلايا الجسم بوظائفها.

إن توقف دورة الأوكسجين في الجسم لمدة لا تتجاوز الدقائق الم معدودة نتيجة للاختناق مثلاً مات الإنسان إذ أن مركز التنفس في المخ لن يعود إلى استئناف عملية التنفس بعد توقفها، ولكن التنفس الصناعي قد ينجح أحياناً - إذا لم تكن مدة ذلك التوقف قد تجاوزت حدودها المعقولة - في استعادة حركات التنفس الطبيعية واستمرار الحياة.

مكونات الجهاز التنفسي:

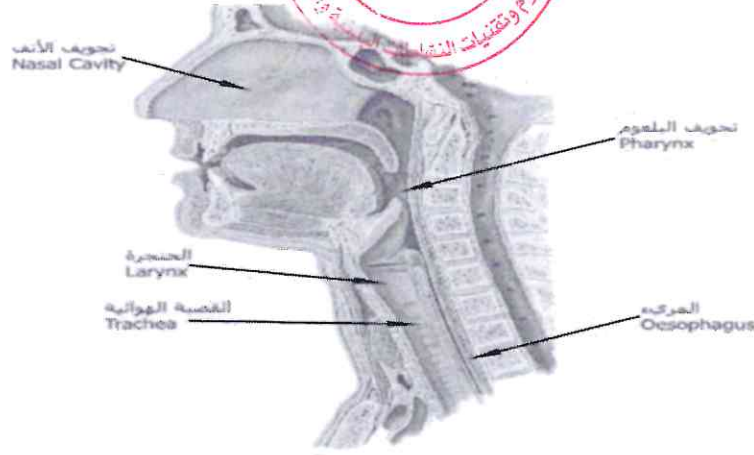
إذ يبدأ الجهاز التنفسي من فتحة الأنف، تجويف البلعوم، الحنجرة، القصبة الهوائية والشعب الهوائية ثم الحويصلات الهوائية، ولكل جزء له خاصية معينة سوف نتطرق لها بإيجاز.



الشكل (10): الجهاز التنفسي

1. الأنف (Nose):

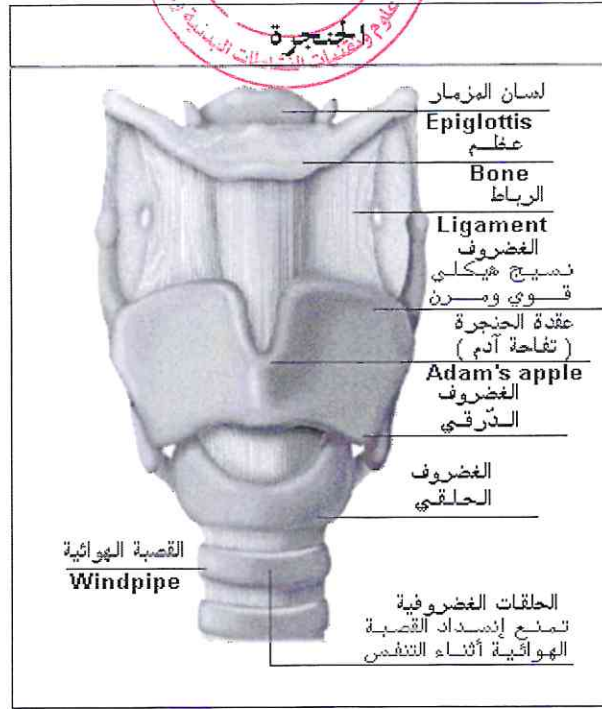
الكل يعرف أن الأنف ليس فقط لمرور هواء التنفس، وإنما أيضا المسؤول عن حاسة الشم، والأنف له وظيفة أساسية لترطيب الهواء الداخل إلى الرئتين وأيضاً منع الحبيبات الصغيرة جداً العالقة في الهواء من المرور، حيث أنها تلتصق بالغشاء المخاطي المبطن بالتجويف الأنفي. كما في شكل (11).



الشكل (11): مدخل الجهاز التنفسي

2. الحنجرة (Larynx) :

تعتبر بوابة الجهاز التنفسي وفيها الحبال الصوتية (Vocal Cords)، التي تستقبل مرور الهواء من الرنة لإصدار الأصوات المختلفة، وتعرف غالبا بصندوق الصوت لأنها تحتوي على الاوتار الصوتية، ولها ثلاثة وظائف أساسية : تنقي القصبة الهوائية حتى الرئتين، تمنع دخول الغذاء لاجتناب الاختناق وذلك بوجد نتوء لحمي متحرك فوق الحنجرة أو زائدة لحمية (Epiglottis) وهذه الزائدة لها أهمية خاصة في تغطية فتحة الحنجرة أثناء البلع لمنع دخول الطعام إلى الحنجرة أو القصبة الهوائية. أما الوظيفة الثالثة هي وجود الغضروف الدرقي هو ابرز غضروف في الحنجرة، إذ يربط القصبة الهوائية بقوة. كما في شكل (12).

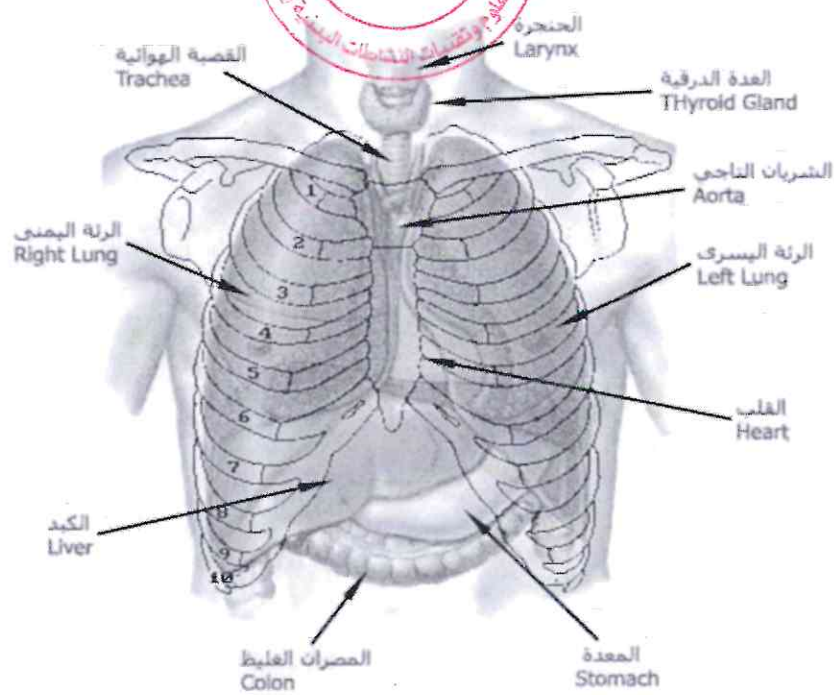


الشكل (12): الحنجرة

3. القصبة الهوائية (Trachea):

يعتقد البعض أن القصبة الهوائية هي فقط عبارة عن أنبوب لمرور الهواء إلى الرئة ولكن في الحقيقة القصبة الهوائية لها تركيب يمكنها من أداء وظيفة معينة، فدار القصبة الهوائية يتكون من غضاريف عديدة، ولكن هذه الغضاريف تغطي فقط الجزء الأمامي من القصبة الهوائية أما الجزء الخلفي من الجدار فيتكون من عضلات وليس غضاريف، وهذا التكوين يسمح للقصبة الهوائية بأن تكون صلبة ومفتوحة للسماح بمرور الهواء، وفي نفس الوقت يعطيها مرونة بحيث يسمح للجزء العضلي فيها بالانقباض، وهذه الخاصية ضرورية جدا لوظيفتين مهمتين وهما:

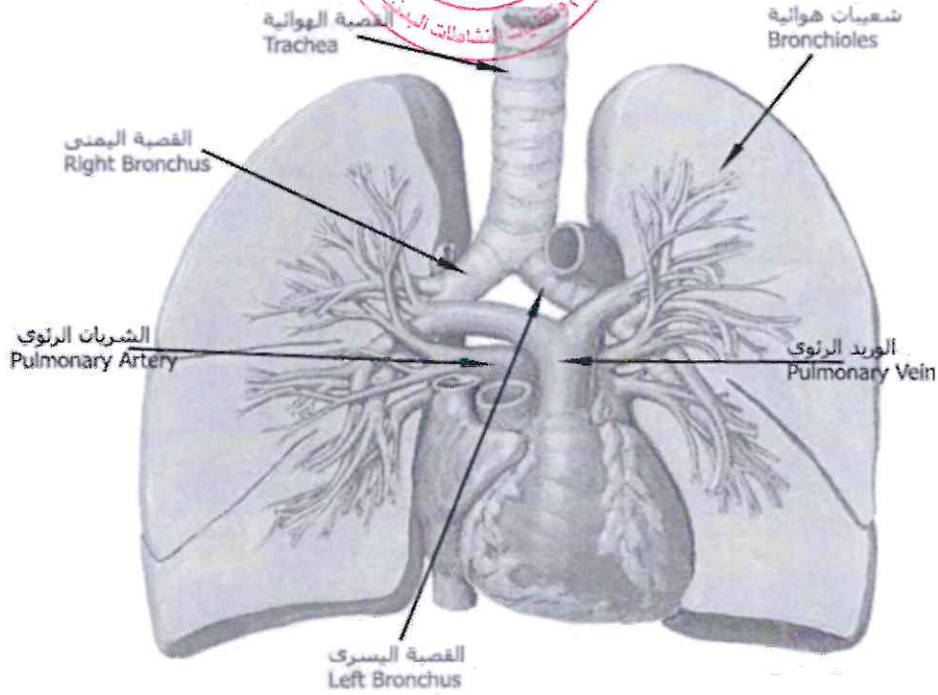
- إصدار الأصوات المختلفة حيث انقباض القصبة الهوائية ضروري لخلق تيار من الهواء الخارج من الرئة يمكن الحبال الصوتية من إصدار الصوت.
- الكحة، الكل يعلم أن الكحة مزعجة نوعا ما، ولكن لها فائدة مهمة في مساعدة الشخص على التخلص من البلغم أو الإفرازات الضارة التي قد تتكون في الرئة، ولولا خاصية القصبة الهوائية المرنة لما تمكن الإنسان من أن يكح بشكل فعال.



الشكل (13): الجهاز التنفسي.

4. الشعبات الهوائية (Bronchioles):

يعد تفرع القصبة الهوائية إلى جزء أيمن وأيسر، فإن هذه الأنابيب تنقسم تدريجياً لتكون شبكة من الأنابيب التي وظيفتها هو إيصال الهواء إلى مختلف أجزاء الرئتين، كما في شكل (14). وهذه الشعبات الهوائية مهمة جداً إذ أنها يجب أن تبقى مفتوحة للسماح بمرور الهواء أثناء عملية الشهيق والزفير، ولكن في بعض الحالات كالربو الشعبي فإن مجرى الهواء في هذه الشعبات يضيق، وهذا الضيق هو السبب الرئيسي في ضيق التنفس والصفير الذين يشكو منهم مرضى الربو. (العلوي، 2014، ص 58)



الشكل (14): الشعبيات الهوائية.

5. الرئتين:

عندما تستنشق الهواء في عملية الشهيق، فأنت تأخذ الهواء النقي إلى رئتيك. وعندما تُخرج الهواء في عملية الزفير، يقوم جسمك بالتخلص من ثاني أكسيد الكربون كل خلية حية في الجسم تحتاج إلى التزود بالأوكسجين والتخلص من ثاني أكسيد الكربون.

و تتم عملية تبادل هذه الغازات من وإلى الخلايا كالتالي:

الأولى: إدخال الغازات إلى داخل الجسم، وإخراجها منه. وهذا يحدث في الرئتين.

الثانية: انتقال هذه الغازات من الرئتين إلى الخلايا وبالعكس ويقوم بهذه المهمة الدم (عن طريق الانتشار). في الرئتين شعيرات دموية يزيد طولها عن ألفي كيلومتر. وأن سماكة جدران الحويصلات الهوائية لا يزيد على سمك خلية واحدة.

وتتوقف عملية الشهيق والزفير على معدل هذه العمليات:

1. حالة الرئتين.
2. حالتك الصحية.
3. العمل الذي تقوم به في لحظة التنفس.

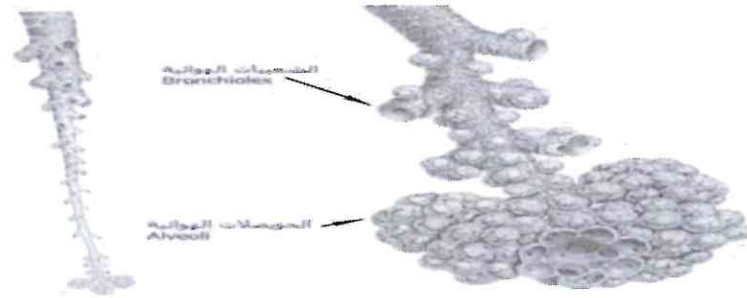
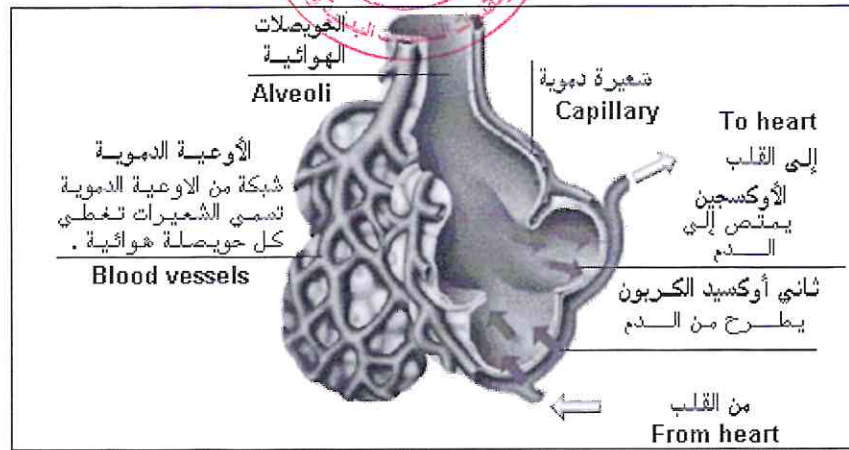
عمل الرئتان:

تعمل شبكة أنابيب الشعيبات الهوائية على إدخال الهواء إلى أنسجة الرئتين وتحمل الهواء المستخدم إلى خارج الجسم. يمر الهواء الداخل من خلال هذه الأنابيب إلى أن يدخل إلى الأكياس الهوائية التي تقع في نهايات أصغر الأنابيب، وهي الموقع الذي يتم فيه تبادل الغاز بين الرئة ونظام الدورة الدموية، حيث يدخل الأوكسجين إلى الأكياس الهوائية ويمر منها إلى الأوعية الشعرية ويدخل ثاني أكسيد الكربون من الأوعية الشعرية إلى الأكياس الهوائية ليتم نقله إلى خارج الرئتين .

6. الحويصلات الهوائية (Alveoli):

يوجد في الرئتين ما يقارب من 300 مليون حويصلة هوائية مما يعطي الرئتين مساحة تقدر بـ 200m^3 مما يسمح بتبادلات غازية سريعة وبكميات كبيرة خاصة وأن جدارها رقيق وغني بالشعيرات الدموية، وتكون على شكل شبكة دقيقة جدا من الشعيرات الدموية وهذا التداخل والتناسق ما بين الهواء القادم من الجو الخارجي المحمل بالأكسجين والدم القادم من القلب المحمل بثاني أكسيد الكربون يسمح بعملية انتقال الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الشعيرات الدموية، كما في شكل (...). وبالتالي نقله إلى كافة أنحاء الجسم وفي نفس الوقت التخلص من ثاني أكسيد الكربون.

والآن بعد أن شرحنا مكونات الجهاز التنفسي الظاهرية، قد يعتقد بعض الناس أن هذه الأشياء فقط التي يحتاجها الإنسان لإجراء عملية التنفس، ولكن في الواقع عملية التنفس التي تتم بشكل تلقائي يتحكم فيها المخ عموما ومركز التحكم في التنفس الموجود في المخ خصوصا بحيث يصدر أوامر عصبية للعضلات التي تحيط بالتجويف الصدري وأهم هذه العضلات هي الحجاب الحاجز بحيث أن انقباض هذه العضلات يؤدي إلى زيادة حجم التجويف الصدري وبالتالي إلى تمدد الرئتين وارتخاء العضلات يؤدي إلى صغر حجم التجويف الصدري وبالتالي انقباض الرئتين وهذا يسمح بعملية الشهيق والزفير أن يتم بصورة دورية. (العلوي، 2014، ص 64)



الشكل (15): الحويصلات الهوائية.



المحور الرابع: تأثير التمارين البدنية على الجهاز التنفسي.

1.4. التهوية الرئوية.

2.4. التبادلات الغازية.

3.4. ماهي الآلية التي تتحكم في التبادلات الغازية؟

4.4. مفهوم الضغط الخاص بالغازات.

5.4. نقل الغازات.

6.4. التبادلات الغازية بين الدم والخلية (التهوية الخلوية).

المحور الرابع: تأثير التمارين البدنية على الجهاز التنفسي

التهوية الرئوية Pulmonary Ventilation

1- آلية التنفس:

التنفس هو أخذ الأكسجين و طرح ثاني أكسيد الكربون، هذه الظاهرة تتم على مستوى جميع أعضاء الجسم إلا أن شدتها تختلف من عضو لآخر و تزداد مع نشاط الأعضاء. تتم التبادلات الغازية بين الوسط الخارجي وخلايا الجسم بواسطة الدم .

2- التهوية التحكم:

ينظم التنفس بواسطة مركز التنفس وهو مجموعة من الخلايا العصبية في الدماغ. ترسل هذه الخلايا كل عدة ثوانٍ دفعاتٍ من المنبّهات إلى العضلات الضالعة في عملية الشهيق. وتحدد هذه المنبّهات معدل عملية التنفس وعمقها. وهناك مجموعة أخرى من الخلايا الخاصة تسمى المستقبلات الكيميائية تتحسس مستوى الأكسجين وثاني أكسيد الكربون في الدم والسائل الدماغي الشوكي المحيط بالدماغ. وتؤدي الزيادة أو النقصان الطفيف في ثاني أكسيد الكربون إلى تغير في حموضة سوائل الجسم، ويؤثر هذا التغير على وظائف الجسم المختلفة. وتُرسل المستقبلات الكيميائية نبضاتٍ لمركز التنفس لإسراع أو إبطاء معدل التنفس. وبهذه الطريقة، تساعد هذه المستقبلات على حفظ المستوى الطبيعي للأكسجين والحموضة في الجسم.

3- التهوية الرئوية:

من مظاهر التنفس عند الإنسان حركات منتظمة للقفص الصدري تؤدي إلى عملية التهوية الرئوية المتمثلة في الشهيق والزفير. يتم تجديد الهواء داخل الرئتين بفضل تغيرات حجم القفص الصدري الناتجة عن عمل العضلات التنفسية .

-خلال الشهيق:

تتقلص العضلات الرافعة للأضلاع ينتج عنها توسع القطر الأمامي الخلفي للقفص الصدري، أما تقلص عضلة الحجاب الحاجز فتؤدي إلى توسع طولي للقفص الصدري. يؤدي توسع القطر الأمامي الخلفي للقفص الصدري والتوسع الطولي للقفص الصدري إلى زيادة حجم القفص الصدري وبالتالي زيادة حجم الرئتين لكونهما مرتبطتان بالقفص الصدري وينتج عن ذلك انخفاض في الضغط بداخلهما مما يؤدي إلى جذب الهواء ودخوله نحو الرئتين.

-خلال الزفير:

ترتخي العضلات الرافعة للأضلاع وعضلات الحجاب الحاجز فيؤدي ذلك إلى انخفاض حجم القفص الصدري ضاغطا بذلك على الرئتين مما يؤدي إلى دفع الهواء إلى الخارج. (سلامة، 1994، ص310).

3-1- الأحجام الهوائية المتبادلة:

يمكن مقياس التنفس من تسجيل وقياس حجم الأكسجين المستهلك كما أن السلم المدرج المرافق للتسجيل المحصل عليه بواسطة مقياس التنفس يسمح باحتساب الأحجام الهوائية المتبادلة.

أ- الهواء الجاري: هو الهواء الذي يدخل زيادة إلى الرئتين ويخرج منهما خلال حركة تنفسية عادية (0.5 L) لتر أي شهيق عادي متبوع بزفير عادي.

ب- الهواء التكميلي: وهو الهواء المطرود زيادة على الهواء الجاري خلال تزفر قسري (1.5L) لتر أي شهيق قسري متبوع بزفير عادي.

ج- هواء الاحتفاظ: وهو الهواء المطرود زيادة على الهواء الجاري خلال تزفر قسري (1.5L) لتر أي شهيق عادي قسري متبوع بزفير قسري.

د- الهواء الثمالي: وهو الهواء الذي يبقى في الرئتين بعد تزفر قسري (1.5L) لتر.

هـ- السعة الحيوية: وهو مجموع أحجام الهواء الجاري و التكميلي و هواء الاحتفاظ.

$$3.5L = 1.5L + 1.5L + 0.5L$$

و- الإيقاع التنفسي: هو عدد الحركات التنفسية في الدقيقة.

3-2-تنظيم عملية التنفس:

معدل التهوية الرئوية للرئتين في الدقيقة في حدود 6 لتر ولكن من الممكن أن يزيد أثناء الممارسة الرياضية إلى 170 لتر للرجال، 120 لتر للسيدات.

التهوية الرئوية = حجم التنفس الاعتيادي × عدد مرات التنفس في الدقيقة.

$$6 \text{ لتر} = 500 \text{ سم}^3 \times 12 \text{ مرة}$$

3-3-ميكانيكية زيادة معدل التهوية الرئوية:

يتحكم في معدل وعمق عملية التنفس مركز خاص يسمى مركز التنفس ويوجد في الجزء الأسفل من جذع المخ وفى الحالة الطبيعية فإن هذا المركز يكون له نشاط لإرادي (في حدود) ويهيمن على عملية التنفس ولكن هذا المركز يستجيب لاحتياجات الجسم الفسيولوجية ومن الممكن أن يزيد معدل التهوية أثناء المجهود الرياضي حتى يصل إلى 170 لتر بدلاً من 6 لتر في الحالة القاعدية أو أن يكون أقل من المعدل القاعدي أثناء النوم

3-4-معدل التنفس:

العوامل التي تؤثر على مراكز التنفس وبالتالي على معدل التنفس (المعدل والعمق) يتأثر معدل التنفس بعاملين أساسيين:

- العامل العصبي: وهو المسئول عن بدء عملية التغير في المعدل والعمق (أسرع).
- العامل الكيميائي: وهو أكثر كفاءة لضبط معدل التنفس وعمق التنفس حتى يعود مستوى (ثاني أكسيد الكربون ، الأكسجين) في الدم إلى معدلها الطبيعي.

4-الحجم الرئوي: Pulmonary Volumes

أولاً: حجم هواء التنفس العادي 350-00 مللتر يمثل حجم هواء الشهيق و الزفير لمرة واحدة و يبلغ أثناء الجهد 12لتر.

ثانياً: احتياطي هواء الشهيق حجم هواء الشهيق الاعتيادي وما يستنشق إضافة له و يبلغ نحو 3000 ملليتر.

ثالثاً: احتياطي هواء الزفير حجم هواء الزفير الاعتيادي وما يطرد إضافة له و يبلغ نحو 1100ملليتر

رابعاً: حجم الهواء المتبقي و حجم الهواء الذي بقى في الرئتين و يبلغ 1200 ملليتر تقريباً.

5- السعات الرئوية: Polmonary Capacity

أولاً: سعة الشهيق اولاً و ثانياً من الأحجام الرئوية و تعادل 3500 ملليتر تقريباً Inspirotory Cap

ثانياً: السعة الوظيفية المتبقية ثالثاً و رابعاً من الأحجام الرئوية و تعادل 2300 ملليتر Functional Resrve



اسم المؤلف: برجم رضوان

الاسبوع رقم: 11

المحاضرة رقم: 11

ثالثا: السعة الحيوية أولا و ثانيا و ثالثا من الأحجام الرئوية و تعادل 4600 مليلتر تقريبا Vital capacity

رابعا: السعة الرئوية الكلية أقصى سعة للرئتين و تعادل 5800 مليلتر تقريبا total lung

-سعات الرئتين:

هي مجموعة من الأحجام مع بعضها.	سعات
عبارة عن حجم الهواء الموجود بالرئتين عند أخذ أقصى شهيق في حدود 5 - 6 لتر	السعة الكلية للرئتين
هي حجم كمية الهواء التي تخرج من الرئتين بأقصى زفير بشرط أن يكون مسبقاً بأقصى شهيق 4 - 4.5 لتر.	السعة الحيوية
هي عبارة عن حجم الهواء المتبقي والموجود في الرئتين بعد نهاية الزفير العادي أو الاعتيادي وتشمل حجم احتياطي الزفير + حجم الهواء المتبقي من الرئتين وهو = 2 إلى 2.2 لتر.	السعة الوظيفية المتبقية
هو عبارة عن حجم الهواء الذي يمكن إدخاله للرئتين بأقصى شهيق بداية من نهاية الزفير العادي وتشمل حجم التنفس العادي + حجم احتياطي الشهيق وتتراوح من 3 إلى 3.5 لتر.	سعة الشهيق الاحتياطي

الجدول رقم(05): سعات الرئتين.

5-1-عوامل تؤثر على السعة الرئوية:

1- وضع الجسم

2- قوة عضلات التنفس

3- خاصية امتداد لرئتين و التجويف الصدري

4- تبلغ عند الذكور الشباب 4 و 6 لتر و عند الإناث 3 لتر.



5- تتعلق بطول الجسم و البنية بنسبة 30-4- % عن الحجم العادي ويمكن أن تصل إلى 6 - 7 لتر.

6- تقاس بجهاز Spirometer .

7- نقل الأحجام و السعات الرئوية لدى الإناث بنسبة 20 - 25 % عن الذكور .

8- تزيد عند الرياضيين.

5-2- حجم هواء التنفس في الدقيقة:

و هو حاصل ضرب حجم هواء الشهيق في عدد مرات الشهيق في الدقيقة الواحدة، و بذلك فإن:

500 ملتر \times 12 مرة/د = 6 لتر/د تقريبا أثناء الراحة.

تزيد عند الاطفال خلال سنوات النمو و تتخفض بعد 25 - 30 سنة	يصل إلى 100-150 لتر/د أثناء النشاط البدني للشباب 100-70 لتر/د أثناء النشاط البدني للإناث يقل عند حركة الجسم لدى لاعبي المصارعة يقل عند القيام برفع الأثقال	التهوية الرئوية Pulmonary Ventilafibn
--	--	--

الجدول رقم (06): مقادير التهوية الرئوية.

5-3- سعة الدم الأوكسجينية (نقل أو حمل الأكسجين):

و هي أكبر كمية من الاكسجين يستطيع الدم حملها و نقلها و تختلف عن VO_2max و ان كل 1 غم من Hb يتحد مع

(1.33-1.36) مليلتر O_2

فالشخص الذي لديه 15 غم Hb / 100 مليلتر دم \times 1.36 مليلتر O_2 يكون لديه 20.4 مليلتر O_2 / 100 مليلتر دم.

و لحساب سعة الدم الأوكسجينية لحجم الدم الكلي الذي يعادل (5 - 6) لتر تقريبا فإننا يمكن ان نرى ان 5-6 لتر من

الدم تحتوي على 750 غم Hb و التي تتحدد مع 1000 ملتر O_2 تقريبا.

إن وظيفة الرئة عند الأطفال و المراهقين تتعلق ايجابيا بدليل كويتيليت و هو كتلة الجسم BMI بالنسبة لمؤشر الطول،

هذا لأن مؤشر الطول يعكس أكبر كتلة عضلية.

6- الجهد البدني و الارتفاعات:

7-العلاقة بين حجم الرئة و الطول:

83

المحور الرابع: تأثير التمارين البدنية على الجهاز التنفسي

تابع: التهوية الرئوية Pulmonary Ventilation

أثر الجهد البدني على التهوية الرئوية:

تتعلق قيم وظائف الرئتين بالجهد البدني و نوع التمرينات المؤثرة في النفس و فيما يلي استعراض لعدد من هذه الوظائف التي تكون لها علاقة مباشرة بمستوى الجهد:

1- السعة الحيوية: تعبر السعة الحيوية عن القدرة الأكسجينية و يمكن ان يعبر عنها بحجم الرئتين و قوة عضلات التنفس و مدى مطاطية الرئتين و القفص الصدري و هي عبارة عن السعة القصوى للهواء .

تعرف السعة الحيوية بأنها كمية الهواء التي يستطيع الانسان طردها إلى الخارج بواسطة زفير عميق بعد أخذ شهيق عميق و معدلها يتراوح بين 4000 - 800 سم³ هواء للرجال و تقل بمقدار 10 % للنساء للسعة الحيوية علاقة بحجم الفرد و بنيته (الطول و الوزن) و تتناسب عكسيا مع عمر الانسان و يكون معدل السعة الحيوية مرتفعاً عند السباحين و الغواصين و يقل عند الأكبر سناً و عند الذين يصابون بأمراض جهاز التنفسي كالربو وشلل الأطفال و وجود السائل في علاف الرئة و الهواء في داخل الصدر و تليف الرئتين...الخ، و تتأثر السعة الحيوية حسب وضع الجسم فتزداد في حالة الوقوف بسبب حجم الدم القليل الذي يدخل إلى الرئتين تتأثر أيضا بقوة عضلات التنفس و بشكل خاص امتداد الرئتين و التجويف الصدري و تقل أثناء الجلوس.

إن الزفير و عملية اخراج الهواء من الرئتين حتى و لو كان بقوة لا يمكن من خلالها تفريغ الرئتين كلياً من الهواء بل يبقى (1-1.5 لتر) تقريباً من الهواء يسمى بالهواء المتبقي (Residual Air) و تختلف هذه الكمية باختلاف العمر، حيث تقل نسبتها عند الشباب مما تؤدي إلى زيادة ملحوظة في كمية الهواء المدفوعة في تزداد هذه النسبة مع تقدم العمر مما يؤدي إلى نقصان كمية الهواء المدفوعة و يرتفع مقدار السعة الحيوية عند الرياضيين عما هو عند الأشخاص غير الرياضيين حيث يبلغ (5 - 6 لتر) إلى 7 لتر عند الرياضيين المتقدمين الذين يمتلكون رئتين كبيرتين ن مع ذلك فإن الرياضي يستخدم 66 - 75 % من السعة الحيوية أثناء الجهد الأقصى.



غن السعة الحيوية الكبيرة مكن ان تستوعب كميات كبيرة من الهواء. وقد يصل حجم التنفس في الدقيقة الواحدة للرياضيين المتقدمين أكثر من 150 لتر و قد يصل أحيانا إلى 189.5 لتر/دقيقة تقريبا تحت مستلزمات و ظروف خاصة و يتحدد حجم هواء التنفس بمقدار السعة الرئوية حيث ان قلة مقاومة التنفس تزيد قوة عضلات التنفس ثم ينعكس على زيادة السعة الحيوية للرئتين مما يزيد حجم هواء التنفس ، حيث توجد علاقة مباشرة بين المقدرة الحيوية و الحد الأقصى لهواء التنفس.

و هناك عناصر تحدد مستوى استقبال الهواء منها:

- أ- العناصر الداخلية و هي انتشار الهواء في الرئتين من حجم اللب و فر الاكسجين بين الشرايين و الاوردة و حجم الدم و مقدار الهيموغلوبين الكلي و قابلية مستوى الشغل العضلي المتحرك و نوع التغذية.
- ب- العناصر الخارجية وهي مكونات الحمل و كمية و نوع العضلات المستخدمة و وضع الجسم و الضغط الجزئي للأكسجين اثناء الشهيق و الظروف الحيوية كالحرارة و البرودة و لزوجة الهواء . (سلامة، 1994، ص312).
- 2- انتشار الغازات: ان كمية انتشار الغازات يرتبط بمقدار انتشار الغازات بين الهواء الموجود في الحويصلات الرئوية و الدم الموجود في الشعيرات الدموية الرئوية و هناك عوامل تسبب هذا الاختلاف منها:

أ- سمك النسيج الرئوي

ب-سمك غشاء الكريات الحمراء

ت-كمية البلازما الموجودة بين الحويصلات الهوائية و الكريات الحمراء

بينما نجد من بين العوامل المؤثرة في هذا الاختلاف منطقة التقابل بين الحويصلات و الدم في الشعيرات الدموية.

و بسبب الدفع القلبي أثناء التدريب الرياضي تتضاعف سعة انتشار الاكسجين في الرئتين إلى أكثر من ثلاث مرات حيث يزيد الدفع القلبي من حجم الدم في الشعيرات الدموية المنفتحة في الرئتين أثناء التدريب و أثناء الراحة في الوضع العمودي تقفل كثير من الشعيرات الدموية و خاصة في الجزء العلوي من الرئتين نظرا لتأثير الجاذبية الأرضية على الدم الذي يجذب على الأجزاء المنخفضة من الرئتين فعملية تبادل الغازات لا تتم بين الحويصلات الهوائية و الشعيرات الدموية المغلقة بل يحصل بسبب زيادة الدفع القلبي و زيادة الدم المندفع على الشعيرات الدموية و تصبح معظم الشعيرات التي كانت مقفلة أثناء الراحة ممثلة بالدم و بدوره يؤثر بزيادة المساحة الخاصة التي يتم

فيها تبادل الغازات بين الشعيرات و الحويصلات أثناء التدريب الرياضي، كما يزداد انتشار ثنائي أوكسيد الكربون أثناء التدريب الرياضي نتيجة لتحسن انتشار لدم في لرتتين و تزيد 20 مرة من انتشار الاكسجين.

3- الحجم الرئوي: هو عبارة عن حركة الهواء الداخل و الخارج في الرئتين.

4- كمية الاكسجين القصوى المستخدمة: VO_{2max}

و هي أقصى حجم للأكسجين المستهلك بالتر أو المليلتر في الدقيقة الواحدة و هي تختلف باختلاف العمر و الجنس حيث تصل أقصاها عند عمر 14 - 16 سنة عند النساء و 19 - 20 سنة عند الرجال.

تتأثر كمية VO_{2max} بعدة عوامل منها:

أ- التهوية الرئوية.

ب- تبادل الغازات في الحويصلات الهوائية والأوعية الدموية.

ت- قابلية تشبع الدم (الهيموكلوبين) بالاكسجين ثنائي أوكسيد الكربون.

ث- قابلية القلب الوظيفية.

ج- تعود الاوعية الدموية كرد فعل الجهد العضلي.

ح- قابلية العضلات القائمة بالجهد.

اما علامات الوصول إلى VO_{2max} فيمكن تحديدها بمايلي:

أ- عدم زيادة استهلاك الاكسجين مع زيادة الحمل و كذلك مستوى حامض اللاكتيك في الدم إلى أكثر من (70 - 80 ملغم / 100 لتر).

ب- اقتراب سرعة النبض من الحد الأقصى تعد أيضا علامة أخرى و يجب كذلك ان تكون شدة و دوام الحمل كبيرة لكي تقترب من الحد الأقصى لاستجابة الجهاز الدوري للوصول إلى الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين

VO_{2max}

5- سرعة التنفس (معدل التنفس) تعتمد سرعة التنفس على ما يلي:

أ- السرعة الانتقالية.

ب- سرعة تردد الحركة.

لذا يلاحظ قلة جم التنفس (الشهيق و الزفير) خلال السرعات العالية جدا كالركض السريع مثلاً، غن سرعة التنفس لا تتفق مع السرعة الكبيرة سواء كانت انتقالية أو تردد و يرتبط عمق الشهيق و الزفير بالفترة الزمنية التي تتكون منها الوحدة الحركية و اصبح اختلاف سرعة الوحدة الحركية من و على سرعة و عمق التنفس الذي يرتبط بدوره بمقدار الاكسجين.

يتأثر استقبال O_2 بعوامل عديدة منها:

- 1- التهوية الرئوية
- 2- اختلاف الضغط الجزئي للأكسجين
- 3- انتشار الاكسجين في الرئة
- 4- سمك النسيج الرئوي
- 5- قابلية الكريات الحمراء (سمك غشائها) .
- 6- كمية البلازما الموجودة بين الحويصلات و الدم
- 7- منطقة التقابل بين الحويصلات و الدم.
- 6-العلاقة بين مؤشرات التنفس و مؤشرات الوظيفية الأخرى:

1-علاقة خطية بين حجم هواء التنفس /د و استهلاك O_2 أثناء الجهد.

1- تزداد التهوية الرئوية أثناء الجهد عن طريق التفاعلات الكيماوية CO_2 , T, L, K حامض اللاكتيك عن طريق عصبي للإشارات العصبية الواردة من الأوعية الدموية القريبة من القلب والرئتين مستقبلات حسية في المفاصل و العضلات العاملة النخاع المستطيل و قشرة المخ.

2- علاقة مباشرة بين السعة الحيوية (الزفير) و الحد الأقصى لهواء التنفس.

3- علاقة عكسية مع العمر

4- يزداد انتشار O_2 ثلاث مرات أثناء التدريب و يزداد انتشار CO_2 20 مرة أثناء الجهد.

7-علاقة التنفس بالعمل العضلي الثابت و المتحرك:

1- تزيد التهوية الرئوية أثناء العمل العضلي المتحرك أكبر منه في العمل العضلي الثابت.

2- المستقبلات الحسية في المفاصل تسبب زيادة تردد التنفس أثناء العمل العضلي المتحرك أكثر من العمل العضلي الثابت. (أمير، 1999، ص 49).

9-العمليات التنفسية:

1- التهوية الرئوية و تبادل الغازات بين الحويصلات الهوائية و المحيط الخارجي.

2- تبادل O_2 و CO_2 بين الحويصلات الهوائية والدم

3- نقل O_2 و CO_2 في الدم من و على خلايا الجسم.

4- تبادل O_2 و CO_2 بين الدم و الانسجة.

5- تنظيم التنفس.

10-القابلية القصوى لاستهلاك الاكسجين VO_{2max} :

و هو مؤشر وظيفي لتقييم العمل الوظيفي للقلب و الدورة الدموية و الجهاز التنفسي و يظهر بشكل واضح كفاءة الجهازين الدوري و التنفسي يشير الحد لأقصى لاستهلاك الاكسجين إلى قدرة الجسم الهوائية إذ تقوم بهذه المسؤولية ثلاث أجهزة رئيسية في الجسم هي الجهاز التنفسي و الجهاز الدوري و الجهاز العضلي ، حيث تتطور سعة او قابلية التدريب لدى الأشخاص ابتداء من عمر الطفولة حتى العقد الثالث من العمر ثم ينحدر هذا التطور بانتظام او تدريجيا استنادا إلى حمل العمل المبذول و خصائص حياة الشخص، و هذا التطور انعكاس طبيعي لتطور قابلية القصوى لاستهلاك لأكسجين، و يعده البعض على أنه معيار لقياس اللياقة البدنية و بشكل خاص فعاليات التحمل ، هذا لا يعني ان فعاليات الجهد اللاهوائي لا تساهم في تطور هذا المؤشر و لكنه يبدو واضحا و اكبر في الفعاليات الهوائية عما هو في غيرها.

و يعبر عنه بأنه أكبر كمية من الأكسجين في وحدة زمنية (دقيقة) و هو تعبير عن ازدياد كمية او حجم الأكسجين الذي يستطيع الدم المشبع به ثم استهلاكه مما يؤدي إلى تطور في القابلية الوظيفية للتمثيل الغذائي للأنسجة و الخلايا.

يتناقص الحد الأقصى لاستهلاك لأكسجين بنسبة 10 % بعد كل عشر سنوات بعد العقد الثالث و هو يشمل العوامل الوظيفية التي تتضمن نقل و تجميع الأكسجين و هي نتيجة طبيعية لها علاقة بالعمر و الفرق بين



الرياضيين او الذين يمارسون التدريب بانتظام و غيرهم يكون الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين أعلى نسبة 25 % في كل فئة عمرية و بنفس الجنس و الحجم الجسدي.

و هناك اختلافات جديرة بالذكر في هذا المؤشر بين الرجل و المرأة فهو لدى النساء أقل منه لدى الرجال بنسبة 15 - 30 % و يعزى هذا الفرق إلى التركيب الجسدي و كذلك إلى تركيز الهيموكلوبين في الدم. (رضوان، 1998، ص95).

و يتعلق الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بالوزن (وزن الجسم) و نظرا لان سعة التمرين او قابليته تنخفض لدى الأشخاص ذوي الأوزان الكبيرة فغن الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين يقل بنسبة 20 - 30 % عن ذوي الوزن الطبيعي من نفس العمر و الجنس.

و يتعلق الحد الأقصى لاستهلاك للأكسجين أيضا بمستوى اللياقة البدنية حيث اظهرت التجارب و البحوث فرق بين الأشخاص المتدربين عن غير المتدربين من نفس العمر و الجنس و الحجم الجسدي و لأي عقد من العمر فان الحد الأقصى لاستهلاك الاكسجين يكون اكبر بمرتين إلى ثلاث مرات.

و يختلف المعدل الطبيعي لاستهلاك للأكسجين لدى الرياضيين، و يصل المعدل 6000 - 7000 مليلتر/ دقيقة تقريبا عند الرياضيين المتقدمين، اما لدى النساء فان المعدل الطبيعي لاستهلاك الاكسجين الأقصى يبلغ 200 - 2200 ميللتر/ دقيقة و قد يصل اكثر من ذلك عند اللاعبات المتدمات.

يحصل استهلاك الأكسجين في حالتي الراحة و الجهد عند الرياضيين و لكنه يكون اكثر في حالة الجهد البدني العالي و عندما يكون الجسم بكفاءة عالية في استهلاك الاكسجين تكون كفاءته عالية أيضا في انتاج الطاقة مما يؤدي إل كفاءة و تحمل في طول فترة الاداء و هذا ناتج من العلاقة بين الفرق في حجم الاكسجين بين الدم و الشرياني و الدم الوريدي فاذا كان الدم الشرياني يحتوي على 18 - 19 مليلتر أكسجين / 100 مليلتر دم بينما يحتوي الدم الوريدي على 12 - 14 مليلتر أكسجين / 100 مليلتر دم و بذلك فان الفرق في حجم الأكسجين يبلغ 6 مليلتر و يزداد هذا الفرق عند ارتفاع الجهد البدني حيث يبلغ، 15 - 17 مليلتر اكسجين و بهذا عند تحديد حجم الدم الجاري في الدورة الدموية يمكن حساب استهلاك الأكسجين في الدقيقة.



فعندما يكون حجم الدم الكلي 5 لتر نستطيع حساب استهلاك الأكسجين في الدقيقة أثناء الراحة مثلا وفق العلاقة التالية:

$$\text{استهلاك الأكسجين} = \frac{5000 \times 6}{100} = 300 \text{ مليلتر اكسجين /دقيقة.}$$

- ❖ يستهلك لجسم عند الراحة 200-300 مليلتر اكسجين /دقيقة
 - ❖ يزداد عند ازدياد الدفع القلبي.
 - ❖ يزداد استهلاك الأكسجين تدريجيا إذا استمر النشاط البدني لفترة أقل من 2-3 دقائق و ينخفض بعد التوقف عن العمل
 - ❖ يزداد استهلاك الأكسجين في الدقائق الاولى عند استمرار الاوامر بشكل منتظم حتى يثبت مستواه و هو ما يسمى بالحالة الثابتة.
 - ❖ في فعاليات مثل رفع الأثقال و الازدحام الثابتة في الجمناستيك مثل وضع التعلق على الحلق لا يزداد فيها استهلاك الأكسجين على الرغم من زيادة شدة الجهد البدني و لكنه يزداد بدرجة كبيرة بعد الانتهاء من العمل.
 - ❖ يبلغ استهلاك الأكسجين عند غير الرياضيين 2.5 - 3 لتر/دقيقة و نسبة إلى الوزن الجسم يبلغ 40 مليلتر أكسجين / دقيقة.
 - ❖ يبلغ استهلاك الأكسجين عند لاعبي التحمل 6 لتر تقريبا و نسبة إلى وزن الجسم يبلغ 80 - 90 مليلتر اكسجين / دقيقة.
- و فيما يتعلق في الفروق في الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بين الرياضيين للفعاليات المختلفة فقد ظهر لأحد الباحثين عدم ظهور فروق معنوية عند مقارنة النتائج بين مجموعتين تألفت كل منها من لاعبي كرة السلة (إحداهما بطول فوق 2 متر بوسط حسابي بلغ 60.47 لتر و انحراف معياري 4.36 و الأخرى تحت 2 متر بوسط حسابي بلغ 59.27 لتر و انحراف معياري 4.97.
- و في بحث آخر أجري على عينة من العدائين و عددهم 15 من لاعبي الشباب و المتقدمين جرى توزيعهم على وفق الفعاليات (القصيرة و المتوسطة و الطويلة) و أيضا على وفق نظام إنتاج الطاقة للمقارنة بين الجو الحار و البارد فقد أظهرت نتائج هذا البحث ما يأتي:

1- لا توجد اختلافات معنوية في استهلاك الأكسجين بين الجو البارد و الجو الحار في جميع المجموعات



2- لا توجد اختلافات معنوية في استهلاك الأوكسجين بين المجموعات خلال الجو البارد و كذلك خلال الجو الحار. (سلامة، 1994، ص315).

11- الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين: ($VO_2 \max$)

يعتبر الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين من أفضل و أهم القياسات الموضوعية لقياس التحمل الدوري التنفسي، و لو زادت شدة التدريب عن النقطة التي يصل فيها اللاعب إلى أقصى استهلاك للأوكسجين فأما أن يثبت أو ينقص تدريجيا و بالوصول إلى هذه النقطة نجد أن فترة التدريب اقتربت من نهايتها حيث لا يستطيع الأوكسجين الوصول إلى العضلات العاملة لتغطية احتياجاتها منه و من هنا فان الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين يتحكم في معدل عمل و السرعة التي يمكن المداومة عليها، و يمكن الاستمرار في التدريب لفترة قصيرة بعد وصول الى الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين و ذلك باستدعاء احتياطي القدرة اللاأوكسجينية مع أنها أيضا قدرة محدودة، و في الأفراد غير المدربين يزداد معدل أقصى استهلاك للأوكسجين بنسبة 20% بعد الانتظام في التدريب لمدة ستة أشهر تقريبا عل برامج التحمل

و يعرف الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين $VO_2 \max$ بأنه:

هي أقصى كمية أوكسجين يستهلكه الفرد عند مستوى سطح البحر عند ممارسة نشاط البدني.

و هناك أسباب تؤدي إلى زيادة الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين $VO_2 \max$ و هي:

- تحديد الانزيمات المؤكسدة: Limitation of oxidative nzymes يرتبط الاداء في التحمل بنشاط الانزيمات المؤكسدة في الميتوكوندريا، حيث تساعد تدريبات التحمل في زيادة تلك الانزيمات مما يساعد على زيادة استهلاك الأوكسجين.

- تحديد توزيع الأوكسجين Limitation of Oxygen Delivery ينتج التحسن في استهلاك الأوكسجين عن الزيادة في حجم الدم و الدفع القلبي و قدرة العضلات على استهلاك الأوكسجين و كلما كانت قادرة على استهلاك الأوكسجين و استخلاصه من الدم ساعد في زيادة نسبة الاستهلاك.



و يؤثر في الحد الأقصى لاستهلاك الأوكسجين $VO_2 \max$ العديد من العوامل منها العمر، الجنس، الحالة التدريبية و مستوى الكفاءة البدنية، نوع النشاط البدني الممارس، كفاءة الحالة القلبية، و الوراثة. (الروبي، 2007، ص105).

المحور الرابع: تأثير التمارين البدنية على الجهاز التنفسي

التبادلات الغازية.

1. التبادلات الغازية التنفسية:

تبادل الغازات، وهو امتصاص الأكسجين الجزيئي (O_2) من البيئة وتدفق ثاني أكسيد الكربون (CO_2) إلى البيئة، ضروري للوظيفة الخلوية. يحدث تبادل الغازات أثناء التنفس إلى حد كبير عن طريق حركة جزيئات الغاز على طول تدرجات الضغط. ينتقل الغاز من مناطق الضغط الجزئي الأعلى إلى مناطق الضغط الجزئي المنخفض. في الثدييات، يحدث تبادل الغازات في الحويصلات الهوائية في الرئتين، المتاخمة للشعيرات الدموية وتشارك معها في الغشاء.

عندما تتوسع الرئتان، يؤدي الانخفاض الناتج في الضغط بالنسبة للغلاف الجوي إلى سحب الأكسجين إلى الرئتين. يحتوي الهواء الذي يدخل الرئتين من البيئة على تركيز أكسجين أعلى وتركيز أقل من ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالدم المستنفد للأكسجين الذي ينتقل من القلب إلى الرئتين. وهكذا، ينتشر الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الدم في الشعيرات الدموية، حيث يمكن إيصاله إلى الأنسجة. على النقيض من ذلك، ينتشر ثاني أكسيد الكربون من الشعيرات الدموية إلى الحويصلات الهوائية، حيث يمكن طرده من خلال الزفير.

2- تعريف التبادلات الغازية التنفسية عند الإنسان:

التنفس هو عبارة عن أخذ الأكسجين و طرح ثاني أكسيد الكربون، هذه الظاهرة تتم على مستوى جميع أعضاء الجسم إلا أن شدتها تختلف من عضو لآخر و تزداد مع نشاط الأعضاء.

أثناء الشهيق، يمر الهواء بالرغامة ثم القصبتين الرئويتين ثم القصيبات حيث يصل إلى أكياس دقيقة تسمى الأسناخ الرئوية وأثناء الزفير يسلك الهواء الإتجاه المعاكس.

+تتم التبادلات الغازية التنفسية بين الهواء السخني والدم الموجود بالشعيرات الدموية المحيطة بها بفضل توفر خاصيات تيسر هذه التبادلات، منها:

- شساعة المساحة السخنية 70 متر مربع (300 مليون سنخ رئوي).

- كثافة الشعيرات الدموية.



- دقة الجدار الفاصل بين الهواء السنخي والدم ($\mu 0.4$)

$$0,001 \text{ mm} = \mu 1 .$$

تتم التبادلات الغازية بين الوسط الخارجي و خلايا الجسم بواسطة الدم.

يتم انتقال جل الغازات التنفسية بواسطة مادة توجد داخل الكريات الحمراء تدعى الخضاب الدموي: فعلى مستوى الرئة يتحد الخضاب الدموي مع الأكسجين حيث يتكون خضاب أوكسجيني الذي ينتقل صوب الأعضاء و ذلك وفق التفاعل الآتي : الأوكسجين + الخضاب الدموي = خضاب أكسجيني

يدخل هواء الشهيق الرئتين عن طريق الأنف أو الفم فيسلك القصبة الهوائية ثم ينتقل نحو القصبتين الرئيتين ليتجه إلى الشعبات الهوائية حيث يصل في النهاية إلى الحويصلات الرئوية. وعندها تم التبادل الغازي التنفسي وكما يلي:

أ- التبادلات الغازية التنفسية على مستوى الرئتين:

تتم مبادلات الغازات التنفسية نتيجة اختلاف ضغط الأكسجين و ثنائي اوكسيد الكربون من جهتي الجدار بين الدم والهواء الداخل إلى الحويصلات ذلك أن الغازات تنتقل من الحيز الذي يكون ضغطها فيه مرتفعاً نحو الحيز الذي يكون ضغطها فيه منخفضاً إلى أن يتم تساوي الضغط، وبما أن ضغط O_2 للدم الداخل للحويصلة أقل من O_2 للهواء والعكس بالنسبة لـ CO_2 فإن O_2 : يمر من الهواء إلى الدم والعكس بالنسبة لـ CO_2 .

ب- التبادلات الغازية التنفسية على مستوى الأعضاء:

يعتبر التنفس الخلوي ضروريا لضمان الوظائف الحيوية لجميع الأعضاء و يتجلى في أخذ الخلايا الأكسجين من الدم و طرح ثنائي أكسيد الكربون في الدم ، هذه التبادلات الغازية تتم نتيجة اختلاف ضغط الغازات التنفسية داخل الخلايا و الدم. إن الأكسجين الممتص أثناء التنفس الخلوي يتفاعل مع الجلوكوز حيث تتم ظاهرة الأكسدة التي ينتج عنها إنتاج الطاقة و طرح CO_2 و الماء . (سلامة، 2000، ص63)

3-الوظيفة الرئيسية للجهاز التنفسي:

الوظيفة الرئيسية للجهاز التنفسي هي تبادل الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون. يدخل الأكسجين المستنشق الرئتين، ويصل إلى الحويصلات الهوائية (الأسناخ). وتبلغ سماكة طبقات الخلايا المبطنة للحويصلات الهوائية والشعيرات



المحيطة بها سماكة خلية واحدة فقط، ولذلك فهي في اتصال وثيق جدا مع بعضها بعضا. ويقس هذا الحاجر بين الهواء والدم وسطيا نحو 1 مكرون $1/10,000$ من السنتيمتر، أو 0.000039 بوصة) في السمك. ولذلك، يمر الأكسجين بسرعة من خلال هذا الحاجر الدموي الهوائي نحو الدم في الشعيرات الدموية. وبالمثل، يمر ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات الهوائية، ثم يُزفر إلى الخارج.

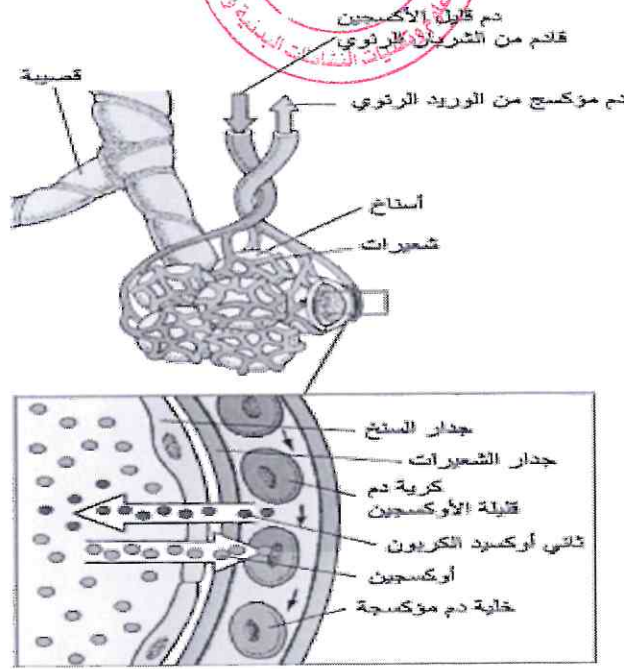
وينتقل الدم المؤكسج من الرئتين عبر الأوردة الرئوية، وإلى الجانب الأيسر من القلب الذي يضخ الدم إلى بقية الجسم. ويعود الدم الغني بثاني أكسيد الكربون، والفقر بالأكسجين، إلى الجانب الأيمن من القلب من خلال وريد كبيرين، هما الوريد الأجوف العلوي والوريد الأجوف السفلي؛ ثم يجري ضخ الدم من خلال الشريان الرئوي إلى الرئتين، حيث يلتقط الأكسجين ويُطلق ثاني أكسيد الكربون.

4-تبادل الغازات بين الأسناخ والشعيرات الدموية:

ولدعم تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، يجري استنشاق وطرح نحو 5 إلى 8 ألتار (حوالي 1.3 إلى 2.1 غالون) من الهواء في الدقيقة من الرئتين، كما يجري نقل نحو ثلاثة أعمار اللتر من الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الدم كل دقيقة، حتى عندما يكون الشخص في حالة الراحة. وفي الوقت نفسه، فإن حجما مماثلا من ثاني أكسيد الكربون يتحرك من الدم إلى الحويصلات الهوائية ويُزفر. وخلال ممارسة الرياضة أو الجهد البدني، فمن الممكن أن تتنفس داخل وخارج أكثر من 100 لترا (حوالي 26 غالون) من الهواء في الدقيقة الواحدة واستخراج 3 لترات (أقل قليلا من 1 غالون) من الأكسجين من هذا الهواء في الدقيقة الواحدة. ويمثل معدل استخدام الأكسجين من قبل الجسم أحد مقاييس معدل الطاقة التي يُنفقها الجسم.

5-تبادل الغاز بين الأحياء السنخية والشعيرات الدموية:

وظيفة الجهاز التنفسي هي تبادل اثنين من الغازات: الأكسجين وثاني أكسيد الكربون. ويحدث هذا التبادل في ملايين الحويصلات الهوائية في الرئتين والشعيرات الدموية التي تحيط بها. وكما هو مبين لاحقا، يتحرك الأكسجين المستنشق من الحويصلات الهوائية إلى الدم في الشعيرات الدموية، وينتقل ثاني أكسيد الكربون من الدم في الشعيرات الدموية إلى الهواء في الحويصلات الهوائية (الأسناخ). (أمير، 1999، ص57).



الشكل (16): تبادل الغازات على مستوى الحويصلة الهوائية.

6-تبادل الغازات:

يشكل القلب والرئتين الموقع الرئيس لتبادل الغازات في الثدييات، يؤدي مجال كهربائي عابر (مؤقت ثم يعود وهكذا دواليك) في القلب حيث يؤدي المجال الكهربائي إلى فصل الغازات تبعاً لشحنتها، تختلف شدة المجال الكهربائي في القلب من موقع ووقت لآخر وهو ما يؤدي لنمط نبضات القلب المختلفة (نبضات Q R S) ، إن عملية فصل الغازات هذه مهمة لفصل الهيموجلوبين عن الغازات التي يحويها مثل ثاني أكسيد الكربون وغاز BPG الذي يملك جاذبية عالية جداً للهيموجلوبين (أعلى حتى من الأكسجين) بسبب شحنته المخالفة للهيموجلوبين، وبعد فصل الهيموجلوبين تماماً عن بقية الغازات ينتقلا معاً (وهما مفصولين) إلى خلايا الدم الحمراء ويذهب للرئتين حيث يستعد الهيموجلوبين لكي يتأكسد.

القوة الكبرى التي تؤدي إلى إدخال الأكسجين لجسم الإنسان هو الضغط الجوي، الضغط الجوي على سطح البحر هو 760 مم زئبق ويشكل الضغط الجزئي للأكسجين 160 مم زئبق في الجو الخارجي ونفسه عند المنخر، إلا أن

الضغط الجزئي للأكسجين ينخفض عند الرغامى إلى 150 مم زئبق بسبب زيادة كثافة بخار الماء الذي يحل محل الأكسجين، ثم ينخفض عند السنخ الرئوي إلى 100 مم زئبق حيث ينتقل الأكسجين باستمرار إلى الدم .

وبسلوك مشابه يغادر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن التنفس الداخلي جسم الإنسان حيث يتغير الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون 45 إلى 40 مم زئبق في السنخ الرئوي، عندما تزيد كثافة ثاني أكسيد الكربون في الدم فإن 60% منه يذوب في بلازما الدم على صورة بيكربونات H_2CO_3 ، بينما ينقل الجزء المتبقي عن طريق اتحاده بالهيموجلوبين (كما يحدث مع الأكسجين).

الجدير بالذكر أن ثاني أكسيد الكربون يذوب قبل أن يتحول إلى صورة بيكربونات، وبعد ذوبانه يتحول إلى H_2CO_3 عن طريق أنهيداز الكربونية، وخلال ذوبانها يتحلل H_2CO_3 إلى H^+ و HCO_3^- ، يتم التخلص من الأخير بمبادلتها بأيون كلوريد، بينما يتم التخلص من أيونات الهيدروجين عن طريق دارئات في الدم .

تشكل الأسناخ أو الحويصلات الرئوية المكان الذي يتم فيه تبادل الغازات بين الهواء الجوي والأوعية الدموية، والطبيعة الفسيولوجية والتشريحية للأسناخ تسمح بهذا التبادل ذلك أن الأسناخ ذات جدار رقيق جداً، ومحاطة بشبكة من الشعيرات الدموية مساحتها حوالي 70م² تحتوي خلايا تفرز مادة خاصة وهي "فاعل السطح" أو surfactant تحافظ على مطاطية الرئة واتساعها، وخلايا بالعة، وأنسجة خاصة، وثقوب لكل هذه العوامل تعمل على تسهيل مرور الهواء من وإلى الأسناخ وتتم عملية التبادل الغازي بأربع مراحل هي :

1. تبادل الغازات بين هواء الجو والأسناخ، وتدعى التهوية الرئوية.
2. تبادل الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون بين الأسناخ والشعيرات الدموية.
3. نقل الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون في الدم.
4. تبادل الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون بين الشعيرات الدموية والخلايا.

6-1- الظروف المحيطة بعملية تبادل الغازات:

هناك ثلاث عمليات ضرورية لنقل الأكسجين من الهواء الخارجي إلى الدم الذي يجري من خلال الرئتين: التهوية ventilation والانتشار diffusion والتروية perfusion.

- التهوية هي العملية التي يتحرك فيها الهواء داخل وخارج الرئتين.
- أمّا الانتشار فهو الحركة العفوية للغازات، من دون استخدام أي طاقة أو جهد من قِبل الجسم، بين الغاز في الحويصلات الهوائية والدم في الشعيرات الدموية في الرئتين.
- وأمّا التروية فهي العملية التي يضخ من خلالها جهاز القلب والأوعية الدموية الدم في جميع أنحاء الرئتين.

ويعُدّ الدوران في الجسم حلقة أساسية بين الغلاف الجوي، الذي يحتوي على الأكسجين، وخلايا الجسم التي تستهلك الأكسجين؛ فعلى سبيل المثال، لا يعتمد إيصال الأكسجين إلى الخلايا العضلية في جميع أنحاء الجسم على الرئتين فقط، ولكن على قدرة الدم على حمل الأكسجين وعلى قدرة الدورة الدموية على نقل الدم إلى العضلات أيضاً. (أمير، 1999، ص 63).

7- الحويصلات الهوائية:

يلتقي الجهاز التنفسي والدورة الدموية هيكلياً ووظيفياً في الحويصلات الهوائية. تتشابك الحويصلات الهوائية والشعيرات الدموية وتتلامس جسدياً، ولأن كلاهما عادةً ما يكون بسمك خلية واحدة، يحدث تبادل الغازات بسهولة بين الاثنين. على الرغم من أن الرئتين ليست كبيرتين، فإن كمية O_2 و CO_2 التي يتم تبادلها ضخمة نظراً لوجود العديد من الحويصلات الهوائية، مئات الملايين لكل رئة مع مساحة سطح حوالي 100 متر مربع.

7-1- ما هي الحويصلات الهوائية؟

كيفية عمل الحويصلات الهوائية الحويصلات الهوائية والجهاز التنفسي ما هي الحويصلات الهوائية؟ الحويصلات الهوائية هي أكياس هوائية صغيرة في الرئتين تمتص الأكسجين الذي تتنفسه وتحافظ على استمرار الجسم، وعلى الرغم من أنها مجهرية إلا أن الحويصلات الهوائية هي العمود الفقري للجهاز التنفسي. تحتوي الرئتين على 480 مليون من الحويصلات الهوائية، وتقع في نهاية أنابيب الشعب الهوائية، وعندما تتنفس تتوسع الحويصلات الهوائية لأخذ الأكسجين، عندما تتنفس تنقلص الحويصلات الهوائية لطرد ثاني أكسيد الكربون.



7-2- كيفية عمل الحويصلات الهوائية:

هناك ثلاث عمليات شاملة في التنفس تحريك الهواء داخل وخارج الرئتين (التهوية). (تبادل الأكسجين - ثاني أكسيد الكربون) (الانتشار). (ضخ الدم من خلال الرئتين) (نضج). (على الرغم من صغر حجمها، إلا أن الحويصلات الهوائية هي مركز تبادل الغازات في الجهاز التنفسي).

تلتقط الحويصلات الهوائية خلال الشهيق الأكسجين وتطلق منتج النفايات الخارجة (ثاني أكسيد الكربون) خلال الزفير. أثناء تحركه عبر الأوعية الدموية في جدران الحويصلات الهوائية يأخذ الدم الأكسجين من الحويصلات الهوائية، ويطلق ثاني أكسيد الكربون إلى الحويصلات الهوائية. تشكل هياكل الحويصلات مجتمعة مساحة سطح كبيرة جدًا للقيام بعملية التنفس، وتغطي الحويصلات الهوائية سطحًا يزيد عن 1076.4 قدمًا مربعة (100 متر مربع). هذه المساحة السطحية الكبيرة ضرورية لمعالجة الكميات الهائلة من الهواء، وإيصال الأكسجين إلى الرئتين، وتأخذ الرئتين حوالي 5 إلى 8 لترات من الهواء في الدقيقة أثناء الجهد، وعندما تكون في حالة راحة، ترسل الحويصلات الهوائية (0.3 لتر) من الأكسجين إلى الدم في الدقيقة. يساعد الحجاب الحاجز والعضلات الأخرى على خلق ضغط داخل الصدر وعند عملية التنفس تخلق العضلات ضغطًا سلبيًا - أقل من الضغط الجوي الذي يساعد على امتصاص الهواء، وعندما تتنفس ترتد الرئتان وتعود إلى حجمها الطبيعي. الحويصلات الهوائية والجهاز التنفسي دعنا نتخيل أن الرئتين على أنهما شريان مقعران، أحدهما على جانبي صدرك، وتتكون الرئة اليمنى من ثلاثة أقسام والرئة اليسرى من قسمين، تسمى الفروع الأكبر في كل فص بالقصبات الهوائية. تنقسم القصبات الهوائية إلى فروع أصغر تسمى القصيبات، وفي نهاية كل قصبة هو قناة صغيرة (القناة السنخية) تتصل بمجموعة من آلاف الهياكل المجهرية تشبه الفقاعة، وهي الحويصلات الهوائية. يتم تنظيم الحويصلات الهوائية في مجموعات، كل مجموعة هي ما يسمى بالكيس الحويصلي، وتلمس الحويصلات الهوائية بعضها البعض، مثل العنب في باقة ضيقة، وعدد الحويصلات الهوائية هو ما يمنح الرئتين اتساقاً اسفنجياً، يبلغ قطر كل حويصلة حوالي 0.2 ملم في القطر. كل حويصلة (سنخ) على شكل كوب بجدران رقيقة للغاية، وهي محاطة بشبكات من الأوعية الدموية تسمى الشعيرات الدموية التي لها أيضًا جدران رقيقة. ينتشر الأكسجين الذي تتنفسه في الحويصلات الهوائية، والشعيرات الدموية في الدم، وينتشر ثاني أكسيد الكربون الذي يتم تنفسه من الشعيرات الدموية إلى الحويصلات الهوائية، إلى أعلى شجرة الشعب الهوائية والنف. الحويصلات الهوائية تكون بسمك خلية واحدة مما يجعل تبادل الغازات في التنفس



بسرعة، ويبلغ حجم جدار الحويصلات وجدار الشعيرات الدموية حوالي (0.0001) سم. (الكيلاني، 2010، ص73).



المحور الرابع: تأثير التمارين البدنية على الجهاز التنفسي

مفهوم ضغط الخاص بالغازات

1-الضغط الجزئي:

يتحدد تدفق الغاز من خلال تدرج الضغط لكل غاز ، حيث يتحرك كل غاز إلى أسفل منحدره. الضغط الذي يمارسه غاز فردي في خليط من الغازات هو ضغطه الجزئي ، ويتحرك كل غاز من ضغط جزئي أعلى إلى ضغط جزئي أقل. وبالتالي ، فإن حركة O_2 و CO_2 ليست مرتبطة بشكل مباشر .

يستخدم جسم الإنسان الأكسجين لتحويل السكر والجزئيات العضوية الأخرى إلى مركب الطاقة أدينوسين ثلاثي الفوسفات أثناء عملية التنفس الخلوي. منتج ثانوي للتنفس الخلوي هو CO_2 ، والذي يجب إزالته من الخلايا أو سيؤدي إلى تغيير الأس الهيدروجيني وإتلاف الخلايا. نظراً لأن الأكسجين ضروري لتوفير الطاقة للوظائف الخلوية الحاسمة ، ولا يمكن السماح بتراكم ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، يحتاج جسم الإنسان إلى تدفق مستمر للدم من وإلى جميع الأنسجة لتمكين تبادل الغازات.

2-تأثير ثاني أكسيد الكربون الموجود في هواء الجو :

1. عندما تكون نسبة CO_2 في الهواء المستنشق طبيعية 0.05% لا يحصل أي تغيير على تنفس الشخص.
2. إذا ارتفعت نسبة CO_2 في هواء التنفس إلى 3% يزداد عمق التنفس وتبقى سرعته بطيئة ويدعى ذلك فرط التهوية.
3. إذا ارتفعت إلى حوالي 5% تزداد سرعة التنفس وعمقه.
4. إذا ارتفعت إلى حوالي 6% تباطأت الوظائف الدورانية والتنفسية وأصابهما الخمول والهمود ويصاب الشخص بالصداع والدوار والإغماء.



3-تأثير نقص الأكسجين في هواء الجو:

إن النسبة المئوية للأكسجين في الهواء الجوي 20.95% فإذا انخفضت إلى أقل من 13% فإن التنفس سيزداد سرعة وعمقاً وبذلك تزداد كمية الأكسجين في الأسناخ الرئوية فتطرد كمية CO_2 من الأسناخ فيقل عمق التنفس لفترة قصيرة يعود بعدها التنفس إلى عميقاً بسبب تجمع ثاني أكسيد الكربون ثانية، وهكذا يتغير عمق التنفس بصورة متناوبة بالزيادة والنقصان، ويدعى التنفس عندها بالتنفس الدوري المتناوب.

إن ارتفاع نسبة CO_2 في الدم يحدث أثناء الوقف التنفسي وفي نفس الوقت ينخفض تركيز الأكسجين في الدم، فتتنبه مراكز التنفس الدماغية فتتسبب في زيادة عمق التنفس وسرعته، فتحدث "زيادة التهوية" وبسبب هذا تزداد نسبة الأكسجين وينخفض تركيز CO_2 في الدم فيزول تنبيه المراكز التنفسية الدماغية فتعود ثانية حالة الوقف التنفسي إن هذا النوع من التنفس يدعى تنفس شايين ستول وهو تنفس دوري متناوب يدل على خطورة حالة الشخص، ويحدث في المناطق المرتفعة. إذا ارتفع الضغط الجزئي للأكسجين في هواء الجو فإنه سيحدث تخريشات في أنسجة الرئة، لذلك لا يجوز أن يتنفس الشخص أكسجيناً نقياً لفترة تزيد عن بضع ساعات إلا أنه من الممكن أن يتنفس مزيجاً غازياً مكوناً من 60% أكسجين و 40% لفترة طويلة دون أن يسبب أضراراً صحية .

-نقص الأكسجين HYPOXEMIA: المقصود بنقص الأكسجين هو النقص الحاصل عند مستوى خلايا أنسجة الجسم. أسباب نقص الأكسجين :

1. نقص الأكسجين بسبب نقص دخول الأكسجين للجسم. وذلك بفعل نقصان الضغط الجزئي للأكسجين

(PO_2) في الدم ويحدث في الأحوال التالية :

- في المرتفعات العالية حيث ينخفض الضغط الجزئي للهواء بما فيه الأكسجين.
- استنشاق هواء فاسد يحتوي على كمية ضئيلة من الأكسجين عند مستو سطح البحر.
- التنفس السريع السطحي.
- أمراض الرئتين.
- أمراض القلب الخلقية التي فيها اتصال بين طرفي القلب الأيمن والأيسر.



2. نقص الأكسجين بسبب فقر الدم : وينتج بسبب نقصان الهيموجلوبين في الدم الذي يحمل الأكسجين ويكون الضغط الجزئي للأكسجين ونسبة إشباعه طبيعيين ويحدث في جميع أنواع فقر الدم أو التسمم بغاز أول أكسيد الكربون الذي يتحد مع الهيموجلوبين بنفس طريقة الأكسجين ولكن بشرافة تفوق اتحاد الأكسجين بـ 21 مرة مما يؤدي إلى نقصان الأكسجين الواصل إلى الأنسجة.
3. نقص الأكسجين التسممي: وذلك بفعل تسمم الخمائر المؤكسدة الموجودة في الأنسجة بمادة سامة مثل السيانيد حيث تصبح الأنسجة نفسها معطلة وغير قادرة على الاستفادة من الأكسجين الذي يكون ضغطه الجزئي طبيعياً ثم يرتفع في الأوردة ليصبح أعلى مما هو في الشرايين.
4. نقص الأكسجين الركودي: وهو ناتج عن بطئ دوران الدم عبر الأنسجة فالضغط الجزئي للأكسجين في الدم الشرياني طبيعي وكمية الأكسجين المحمولة طبيعية، ولكن الضغط الجزئي للأكسجين وكميته في الدم الوريدي منخفضة جداً، وذلك في حالة هبوط القلب لأحتقاني. (الكيلاني، 2010، ص82).

4-تبادل الغازات في الحويصلة الهوائية:

يدخل للجسم عند الشهيق خليط من الغازات تتجمع جميعها داخل الحويصلة الهوائية، لكن ليست جميعها تنتقل للدم:

من الحويصلة -----> الى الدم O_2

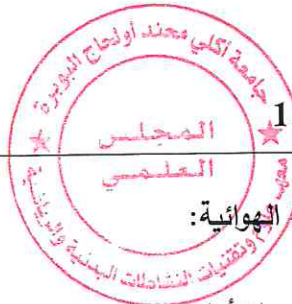
من الدم -----> الى الحويصلة CO_2

5-الانتشار:

الانتشار هي إحدى طرق انتقال المواد داخل الكائن الحي وخارجه. هذه العملية لا تحتاج لطاقة وتحدث بسبب اختلاف تراكيز المواد.

تركيز المادة بحد ذاته يولد ضغط (ضغط اسموزي) . كلما زاد تركيز المادة يزداد الضغط الاسموزي.

المادة تسعى للتخلص من الضغط فتبحث عن مكان فيه الضغط الاسموزي منخفض (تركيز منخفض لمادة). لذلك فالمادة تنتقل دائماً من تركيز عالي لتركيز منخفض. تركيز عالي الى تركيز المنخفض.



5-1- انتشار الغازات من وإلى الحويصلة الهوائية:

- نسبة O_2 في الحويصلة أعلى من الدم.
- يحدث انتشار لغاز O_2 من الحويصلة للدم.
- نسبة CO_2 في الحويصلة أقل من الدم.
- يحدث انتشار لغاز CO_2 من الحويصلة للدم.

6- الضغط الجزئي للأكسجين:

الضغط الجزئي للأكسجين، المعروف أيضا باسم PaO_2 ، هو قياس للأكسجين في الدم الشرياني. إنه يوضح مدى قدرة الأكسجين على الانتقال من الرئتين إلى الدم .

و PaO_2 هو واحد من المكونات التي تم قياسها في اختبار غاز الدم الشرياني (ABG) ، والتي أيضا تقارير ثاني أكسيد الكربون ، بيكربونات (HCO_3) ، ومستوى الرقم الهيدروجيني في خلايا الدم الحمراء. المعدل الطبيعي للضغط الجزئي للأكسجين عند مستوى سطح البحر هو 75 إلى 100 ملم زئبق .

6-1- فهم الضغوط الجزئية:

الأكسجين يشكل ما يقرب من 21 في المئة من الغازات في الدم. يبلغ ضغط جميع الغازات التي تتنفسها (الأكسجين والنيتروجين وثاني أكسيد الكربون) حوالي 760 مم من الزئبق (mm Hg) عند مستوى سطح البحر .

في الارتفاعات العالية ، تؤدي الزيادات في الضغط الجوي إلى انخفاض في ضغط غازات الدم ، بما في ذلك الضغط الجزئي للأكسجين. كلما انخفضت المستويات ، كلما قل قدرتك على نقل الأكسجين من رئتيك إلى دمك .

ويساعد هذا في تفسير سبب صعوبة بعض الأشخاص في التنفس على ارتفاعات أعلى ، أو حتى على الرحلات الجوية التجارية حيث يعادل الضغط في المقصورة ما يقرب من 4000 إلى 10000 قدم فوق مستوى سطح البحر .

6-2- لماذا قياس PaO_2 مهم:



مع كل نفس تأخذه ، يتم جلب الأكسجين إلى الرئتين ويتم توصيله إلى الحويصلات الهوائية .

الحويصلات الهوائية هي المكان الذي يحدث فيه نقل الأكسجين وثنائي أكسيد الكربون .

الضغط الجزئي هو الديناميكية التي تفسر لماذا ينتقل الأوكسجين من الحويصلات إلى الدم ولماذا ينتقل ثاني أكسيد الكربون من الدم إلى الحويصلات الهوائية. لأن الضغط الجزئي للأكسجين أعلى في الحويصلات الهوائية من الشعيرات الدموية المجاورة ، فإنه يتدفق إلى الشعيرات الدموية .

وبالمثل ، بما أن الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون أعلى في الشعيرات الدموية من الحويصلات الهوائية ، فإنه ينتقل من الشعيرات الدموية إلى الحويصلات الهوائية.

يمكن لأي تغيرات في الضغط الجزئي أن تؤدي إلى وصول كمية أقل من الأكسجين إلى الدم وزيادة تراكم ثاني أكسيد الكربون في الدم. لا يعتبر أي من هذه الشروط مثالية. في بعض الحالات ، كما هو الحال مع نقص الأكسجة ، يمكن أن يكون خطيرا .

6-3-العوامل التي تؤثر على مستويات PaO_2 :

عندما يعمل الجسم بشكل طبيعي ، يكون البايو 2 العادي بين 75 و 100 ملم زئبق. إذا كان PaO_2 الخاص بك أقل من هذا ، فهذا يعني أنك لا تحصل على كمية كافية من الأكسجين .

هناك عدد من العوامل التي يمكن أن تؤثر على مستويات PaO_2 الخاصة بك. يشملوا:

- الضغط الجزئي لأكسجين الهواء الذي تستنشقه. (البيئات عالية الارتفاع مقابل البيئات منخفضة الارتفاع).
- عوائق في الشجرة التنفسية للرئتين (الناجمة عن حالات مثل انتفاخ الرئة أو التليف الرئوي) .
- تركيز الهيموغلوبين في خلايا الدم. (وجود نقص الحديد يعني أن الدم قادر على التمسك بأكبر عدد ممكن من جزيئات الأكسجين)
- حالة قلبك. (رضوان، 1998، ص77).



المراجع باللغة العربية:

- 1- أبو العلا أحمد عبد الفتاح السيد، فيسيولوجيا اللياقة البدنية، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة، 1993.
- 2- حياة السودان ابراهيم عثمان، الفيسيولوجيا علم وظائف الأعضاء المقارن، مؤسسة شباب الجامعة، الإسكندرية، 2009.
- 3- محمد نصر الدين رضوان، طرق قياس الجهد البدني في الرياضة، ط1 مركز الكتاب للنشر، القاهرة، 1998.
- 4- أحمد عبده خليل، بكر محمد سلام، دراسة تأثير تراكم مستويات عالية من حمض اللاكتيك، مجلة التربية البدنية، العراق، 2004.
- 5- محمد حسن علاوي، علم التدريب الرياضي، ط3، دار المعارف، القاهرة، 1997.
- 6- أحمد نصر الدين السيد، فيسيولوجيا الرياضية، نظريات وتطبيقات، ط1، دار الفكر العربي، القاهرة، 2003.
- 7- بهاء الدين سلامة، فيسيولوجية الرياضة والأداء البدني لاكتات الدم، دار الفكر العربي، القاهرة، 2000.
- 8- هزاع بن محمد الهزاع، فيسيولوجيا الجهد البدني، ج2، الرياض، 2009.
- 9- أبو العلا احمد عبد الفتاح، التدريب الرياضي الأسس الفسيولوجية، دار الفكر العربي، القاهرة، 1997.
- 10- كاظم جابر أمير، الاختبارات والقياسات الفسيولوجية في المجال الرياضي، ط2، منشورات ذات السلاسل، الكويت، 1999.
- 11- أبو العلا احمد عبد الفتاح، بيولوجيا الرياضة وصحة الرياضي، دار الفكر العربي، القاهرة، 2000.
- 12- بهاء الدين سلامة، فيسيولوجيا الرياضة، ط2، القاهرة، دار الفكر العربي، 1994.
- 13- حسين أحمد حشمت ونادر محمد شلبي . فيسيولوجيا التعب العضلي، ط1، مركز الكتاب للنشر، القاهرة، 2003.
- 14- محمد حسن علاوي، أبو العلا احمد، فيسيولوجيا التدريب الرياضي، القاهرة، دار الفكر العربي . 2000 .

15- محمد رضا حافظ الروبي، برامج التدريب وتمارين الإعداد، ط1، ناهي للنشر والتوزيع وخدمات الكمبيوتر، الإسكندرية، 2007.

16- الكيلاني عدنان هاشم، فيسيولوجيا الجهد البدني والتدريبات الرياضية، ط1، دار المعارف، القاهرة، 2010.

17- صباح ناصر العلوجي، علم وظائف الأعضاء، ط3، دار الفكر ناشرون وموزعون عمان، 2014.

المراجع باللغة الأجنبية:

- 18- ASTRAND,P-O. & RODAHL,K. Textbook of Work Physiology, Published by McGraw-Hill Book company, New York . 1977
- 19- FOX.E. & MATHEWS, D. The Physiological Basis of Physical Education and Athletics. 3rd. ed. Saunders College Publishing , Philadelphia . 1981
- 20- Landor, A. Maaros, J. Vider, J, Laepir, M. 2003 Thw Effteet of physical exercise of Different Intensity on the blood parameters in athketes, papers on Anthropologg.
- 21- Scottk Powers,Edward.T.howly:Exercise physiology. Ed.,New Yourk.mograw.2001.
- 22- Westerterp K. Saris W. Limite of energy turnover in relation to physical performance, achievement of energy balance on a daily bases. Landon,1992.