المحاضرة الثامنة

أهمية الأوعية الدموية الرئوية في العملية التنفسية

أهداف المحاضرة

تهدف المحاضرة إلى

التعرف على الاوردة والشرايين ووضائفها

التعرف على ضغط الدم وعلاقته بالممارسة الرياضي

التعرف على حجم الهواء الجاري عند الرياضي

تلعب الأوردة الرئوية الأربعة دورًا مهمًا في الدورة الدموية الرئوية عن طريق تلقي الدم المؤكسد من الرئتين وإيصاله إلى الأذين الأيسر في القلب، ثم يتم إيصاله إلى جميع أنحاء الجسم، ويتميز الوريد الرئوي بأنه الوريد الوحيد بين أوردة الجسم الذي يحمل الدم المؤكسد، فما هو الوريد الرئوي، وأين يقع، وما هي وظيفته، وما هي الأمراض التي تصيبه؟ سنتحدث عن التفاصيل في هذا المقال.

1-1 ما هو الوريد الرئوي؟

تعرف الأوردة الرئوية (بالإنجليزية: Pulmonary veins)، على أنّها أوعية دموية كبيرة تنقل الدم المؤكسد من الرئتين وتفرغه في الأذين الأيسر من القلب حتى يتم ضخّه إلى باقي أنحاء الجسم، ومن الجدير بالذكر أنه يوجد أربعة أوردة رئوية، حيث يتفرع اثنان من كل رئة، وتتوزع هذه الأوردة على الشكل الآتي

الوريد الرئوي الأيمن العلوي: يستقبل الدم من الفصّين العلوي والأوسط من الرئة اليمنى.

الوريد الرئوي الأيمن السفلي: يستقبل الدم من الفصّ السفلي من الرئة اليمنى.

الوريد الرئوي الأيسر العلوي: يستقبل الدم من الفصّ العلوي من الرئة اليسرى.

الوريد الرئوي الأيسر السفلي: يستقبل الدم من الفصّ السفلي من الرئة اليسرى.

1-2- موقع الوريد الرئوي

يحدث تبادل الغازات في الرئتين داخل الحويصلات الهوائية ، إذ يتم طرح ثاني أكسيد الكربون وامتصاص الأكسجين بواسطة الشعيرات الدموية التي تمثل أوعية دموية صغيرة جدًا، ثم ينتقل الدم من الشعيرات الدموية إلى الأوردة الرئوية التي تخرج من الرئتين في منطقة تسمى النقير ؛ وهي منطقة تقع

في منتصف كل رئة، وبعد مغادرة منطقة النقير، يكون مسار الأوردة الرئوية اليمنى واليسرى على النحو الآتي:

الأوردة الرئوية اليمنى: تمر من خلف الوريد الأجوف العلوي، وخلف الأذين الأيمن، ثم تدخل إلى الأذين الأيسر.

الأوردة الرئوية اليسرى: تمر من أمام الشريان الأبهر النازل ، ثم تدخل في الأذين الأيسر.

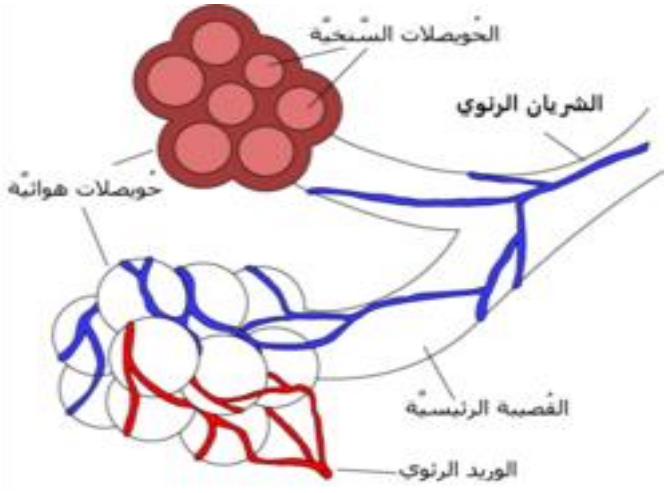
3-1- وظيفة الوريد الرئوي

تحمل الأوردة الدموية عادةً الدم غير المؤكسج من أنسجة الجسم المختلفة إلى القلب ولكن في هذه الحالة، تعد الأوردة الرئوية من بين الأوردة القليلة التي تحمل الدم المؤكسج بدلاً من ذلك، إذ يُنقل الدم المؤكسج من الرئتين مرة أخرى إلى القلب من خلال الأوردة الرئوية التي تصب في الأذين الأيسر، وبمُجرّد ضخ الدم من الأذين الأيسر عبر الصمام التاجي إلى البطين الأيسر سيتم بعد ذلك ضخ هذا الدم المؤكسج من البطين الأيسر عبر الصمام الأبهري إلى باقي أعضاء وأنسجة الجسم عبر الشريان الأورطي.

2- الشريان الرئوي

هو شريان يخرج من البطين الأيمن للقلب ثم ينقسم إلى فرعين أيمن وأيسر.الأيمن إلى الرئة اليمنى

والأيسر إلى اليسرى، ينقل الشريان الرئوي الدم المحمل بثاني أكسيد الكربون إلى الرئتين حيث يتم التبادل الغازي وتدعى هذه العملية بالدورة الدموية الصغرى .يحمل الدم غير النقي من البطين الأيمن إلى الرئتين يصعد إلى الأعلى وللخلف إلى الجهة اليمنى من الأبهر وينقسم تحت قوس الأبهر إلى الشريانين الرئويين الأيمن والأيسر، كل واحد منهما يدخل الرئة المواجهة له لذا فإن الجذع الرئوي له تركيب ووظيفة الشرايين ولكنه يحمل دماً غير نقي.



شكل رقم 25 مخطط لحويصلات هوائية، صورة مقطعية ومنظر خارجي.

2-1- البنية

الشرايين الرئوية هي أوعية دموية تنقل الدم من الجانب الأيمن للقلب إلى الشعيرات الدموية في الرئتين. الدم المحمول، على عكس الشرايين الأخرى، يكون بدون أكسجين (غير مؤكسج). تنبثق الشرايين الرئوية الرئيسية من الجانب الأيمن للقلب، وتنقسم هذه الشرايين إلى شرايين أصغر تنقسم تدريجيًا وتصبح أصغر حتى تصبح شرايين وشعيرات دموية في النهاية.

2-2- الشرايين الرئوية الرئيسية

من أجل تدفق الدم، تبدأ الشرايين الرئوية بالجذع الرئوي أو الشريان الرئوي الرئيسي .يبدأ الشريان الرئوي الرئيسي من قاعدة البطين الأيمن، إنه قصير وعريض - يبلغ طوله حوالي 5 سنتيمترات (2.0 بوصة) وقطره 3 سنتيمترات (1.2 بوصة).

ينقسم الشريان الرئوي الرئيسي إلى الشريان الرئوي الرئيسي الأيمن والأيسر. الشريان الرئوي الرئيسي الأيسر أقصر وأصغر إلى حد ما من اليمين، ويمر أفقيًا أمام الشريان الأورطي النازل والقصبة الهوائية اليسرى إلى جذر الرئة اليسرى، ويوجد أعلاه، الشريان الرئوي الرئيسي الأيسر مرتبط بتقعر الشريان الأورطي النازل القريب بواسطة الرباط الشرياني.، وتكون فتحة الشريان الرئوي (أو الجذع الرئوي) دائرية الشكل، وتقع في قمة المخروط الشرياني، بالقرب من الحاجز البطيني. موضعه أعلى وإلى يسار الفتحة الأذينية البطينية، وتحرسه الصمامات الرئوية الهلالية.

2-3- شجرة الشرايين الرئوية

ينقسم لاحقًا إلى شريانين فصيلين، واحد لكل فص من الرئة اليسرى. يتبع الشريان الرئوي الرئيسي الأيمن مسارًا أفقيًا أطول عندما يعبر المنصف. يمر تحت قوس الأبهر، خلف الأبهر الصاعد، وأمام الأبهر النازل. يتدرب خلف الوريد الأجوف العلوي وأمام القصبة الهوائية اليمنى. عند الوصول إلى نقير الرئة اليمنى ينقسم الشريان الرئوي الرئيسي الأيمن إلى فرعين:

- الجذع الأمامي - يمد الدم إلى الفص الأيمن العلوي
- الشريان البيني - الفرع الأكبر والأدنى، يمد الدم إلى الفصوص الوسطى والسفلى من الرئة

تعطي الشرايين الرئوية الرئيسية اليمنى واليسرى فروعًا تتوافق تقريبًا مع فصوص الرئة ويمكن في مثل هذه الحالات تسميتها الشرايين الفُصَّية. تتفرع الشرايين الفُصَّية إلى شرايين مقطعية (تقريبًا 1 لكل مقطع فص)، والتي بدورها تتفرع إلى شرايين رئوية تحت القص. هذه تشكل في النهاية الشرايين داخل 2-2-**3-الفصيص.**

3-1-النشأة

تنشأ الشرايين الرئوية من الجذع الشرياني والقوس البلعومي السادس. الجذع الشرياني هو بنية تتشكل أثناء تطور القلب كخليفة للمخروط الشرياني.
بحلول الأسبوع الثالث من التطور، يكون هناك تورم في أنابيب الشغاف في الجزء الأقرب إلى القلب. يُعرف الانتفاخ بالبصلة كورديس ويتطور الجزء العلوي من هذا التورم إلى الجذع الشرياني. يخضع الطي، ويتعرض الجذع الشرياني لما سيكون في النهاية البطينين الأيمن والأيسر. عندما يتطور الحاجز بين بطيني القلب، يتشكل انتفاخان على جانبي الجذع الشرياني. تتوسع هذه تدريجيًا حتى ينقسم الجذع إلى الشريان الأورطي والشرايين الرئوية.
أثناء التطور المبكر، تربط القناة الشريانية بالجذع الرئوي والقوس الأبهري، ما يسمح للدم بتجاوز الرئتين.

2-3- الوظيفة

ينقل الشريان الرئوي دم غير مؤكسج من البطين الأيمن إلى الرئتين. يمر الدم هنا عبر الشعيرات الدموية المجاورة للحويصلات الهوائية ويصبح مؤكسجًا كجزء من عملية التنفس.
على عكس الشرايين الرئوية، فإن الشرايين القصبية تمد الرئتين بالتغذية.

3-3-الضغط

ضغط الشريان الرئوي هو مقياس لضغط الدم الموجود في الشريان الرئوي الرئيسي. يتم قياس ذلك عن طريق إدخال قسطرة في الشريان الرئوي الرئيسي: 190-191 متوسط الضغط عادة 9 - 18 مم زئبقي، وقد يكون ضغط الإسفين المقاس في الأذين الأيسر 6-12 مم زئبق. قد يرتفع ضغط الإسفين في حالة فشل القلب الأيسر: تضيق الصمام التاجي 190-191، وحالات أخرى، مثل مرض فقر الدم المنجلي .

4- الفرق بين الشريان الرئوي والوريد الرئوي

- **الشريان الرئوي :**الشريان الرئوي هو الشريان الذي ينقل الدم من البطين الأيمن للقلب إلى الرئتين من أجل الأوكسجين.
- **الوريد الرئوي :**الوريد الرئوي هو الوريد الذي يحمل الدم المؤكسج من الرئتين إلى الأذين الأيسر للقلب.

4-1- اتجاه التدفق

الشريان الرئوي :يحمل الشريان الرئوي الدم من البطين الأيسر للقلب إلى الرئتين.
الوريد الرئوي :يحمل الوريد الرئوي الدم من الرئتين إلى الأذين الأيمن للقلب.

4-2-نوع الدم

الشريان الرئوي :يحمل الشريان الرئوي الدم غير المؤكسج.
الوريد الرئوي :الوريد الرئوي يحمل الدم المؤكسج.
الشريان الرئوي :ينقسم الشريان الرئوي إلى قسمين. يحمل كل شريان الدم إلى كل من الرئتين.
الوريد الرئوي :ينقسم الوريد الرئوي إلى أربعة. كل زوج من الأوردة يذهب إلى كل الرئة.

4-3- اتجاه الأجزاء الجزئية و الفرعية

الشريان الرئوي :تعمل الشرايين القطاعية وتحت العصبي للشريان الرئوي بجانب القصبات الهوائية الجزئية تحت الرئوية.
الوريد الرئوي :يتم تشغيل الشرايين القطاعية وتحت العصبية من الوريد الرئوي بشكل مستقل عن القصبات الهوائية في الحاجز الحبيبي.

4-4- تشريح الجدار

الشريان الرئوي :جدار الشريان الرئوي سميك ومرن.
الوريد الرئوي :جدار الوريد الرئوي رقيق بالمقارنة مع الشريان الرئوي.

4-5-صمامات

الشريان الرئوي :يتكون الشريان الرئوي من الصمامات.
الوريد الرئوي :الوريد الرئوي يفتقر إلى الصمامات.

4-6- ضغط الدم

الشريان الرئوي :بما أن الشريان الرئوي يبدأ من البطين ، فإن ضغط الدم في الشريان الرئوي مرتفع.

الوريد الرئوي :بما أن الوريد الرئوي يبدأ من الأذين ، فإن ضغط الدم داخل الوريد الرئوي منخفض نسبياً.

أوجه التشابه بين الشريان الرئوي والوريد الرئوي

- الشريان الرئوي والوريد الرئوي هما الأوعية الدموية في الدورة الدموية الرئوية.
- يحمل كل من الشريان الرئوي والوريد الرئوي الدم بين القلب والرئتين.
- كل الشريان الرئوي والوريد تشكل شبكة في كل الحويصلات الهوائية في الرئتين.
- ويشارك كل من الشريان الرئوي والوريد الرئوي في تبادل الغازات بين الدم والبيئة الخارجية من خلال الرئتين.

من خلال ما ذكر نستنتج أن الشريان الرئوي والوريد الرئوي هما نوعان من الأوعية الدموية الموجودة في الدورة الدموية الرئوية، وينقل الشريان الرئوي دمًا غير مؤكسد من البطين الأيمن للقلب إلى الرئتين، كما يحمل الوريد الرئوي الدم المؤكسد من الرئتين إلى الأذين الأيسر للقلب، ويحمل الوريد الرئوي الدم المؤكسد من الرئتين إلى الأذين الأيسر للقلب. وتتمثل المهمة الرئيسية للدورة الدموية في تبادل ثاني أكسيد الكربون والأكسجين مع البيئة الخارجية من خلال الرئتين .الفرق الرئيسي بين الشريان الرئوي والوريد الرئوي هو نوع الدم الذي يحمله واتجاه تدفق الدم في كل نوع من الأوعية الدموية الرئوية.

5- ضغط الدم

هو قوة دفع الدم على جدران الأوعية الدموية التي ينتقل خلالها لإمداد كافة أنسجة الجسم وأعضائه بالغذاء والأكسجين والماء والإنزيمات فيما يعرف بالدورة الدموية. تبدأ الدورة الدموية مع انقباض عضلة القلب ليدفع بقوة كل محتوياته من الدم، فتنتقل بدورها من القلب إلى الشريان الأبهر أضخم شرايين جسم الإنسان ومنه إلى بقية الشرايين، ثم ينبسط القلب ليسمح بامتلائه بكمية جديدة من الدم المعبأ بالأكسجين لينقبض من جديد دافعا بشحنة جديدة إلى الشريان الأبهر مرة أخرى، وهكذا دواليك. تبين الإحصاءات الطبية الأهمية الكبرى للحفاظ على ضغط الدم بحيث يكون في المتوسط 75/115 مليمتر زئبق، وأن زيادته عن هذا الحد تؤدي إلى إجهاد القلب والكلى، وقد يؤدي ارتفاعه إلى سكتة دماغية أو العقم المبكر عند الرجال.

- يتميز الشريان الأبهر بالمرونة فعندما يندفع الدم القادم من القلب فيه يحدث ضغطا قويا على جدران الشريان تتسبب في تمدده جانبيا، وأثناء الانبساط القلبي يستعيد الشريان وضعه الطبيعي فيضغط على الدم الذي يحتويه متسببا في اندفاعه في بقية الشرايين، وبذلك يستمر الدم في الجريان في الشرايين أثناء الانبساط إلى جميع الأعضاء.

- يسمى ضغط الدم أثناء انقباض القلب بالضغط الانقباضي Systolic Pressure وفي حالة الانبساط يسمى الضغط الانبساطيDiastolic Pressure ، ودائما يكون الضغط الانقباضي أعلى في قيمته من الضغط الانبساطي، وعند قياس ضغط الدم تكتب القراءة على هيئة كسر على سبيل المثال 80/120 حيث قيمة الضغط الانقباضي هي العليا وقيمة الانبساطي هي السفلى. كما تسجل معظم أجهزة قياس ضغط الدم أيضا معدل النبض، أي معدل ضربات القلب في الدقيقة.

6- علاقة ضغط الدم بالممارسة الرياضية

تنشأ العلاقة بين الممارسة الرياضية وارتفاع ضغط الدم على عدة مستويات:

- الرياضة تحسن ضغط الدم المرتفع

- هل يمكن أن تكون الرياضة مصدراً لارتفاع ضغط الدم؟
- هل الرياضة ممنوعة في حالات ارتفاع ضغط الدم وأي رياضة؟
- علاج ارتفاع ضغط الدم عند الرياضيين.

ثانيًا. **تحسن الرياضة من ارتفاع ضغط الدم** لقد تم تحديد تأثير ارتفاع ضغط الدم للتمارين البدنية على أساس الدراسات الوبائية التي تقارن ضغط الدم للسكان النشطين بدنيًا والسكان المستقرين. تؤدي الممارسة المنتظمة لرياضات التحمل إلى خفض ضغط الدم الانقباضي (الحد الأقصى) بمقدار 5 إلى 25 ملم زئبق وضغط الدم الانبساطي (الحد الأدنى) بمقدار 5 إلى 15 ملم زئبق. يبدأ ضغط الدم في الانخفاض بالفعل بعد ثلاثة أسابيع من بدء التدريب الرياضي ، ولكن سيكون من الضروري الانتظار أكثر أو أقل لمدة 6 أشهر من الإدراك المتأخر للحكم على الفعالية. الممارسة المنتظمة للرياضة لها تأثير مفيد على عوامل الخطر الأخرى لأمراض القلب والأوعية الدموية مع انخفاض في نسبة الكولسترول في الدم وسكر الدم وكتلة الدهون لصالح الكتلة الخالية من الدهون. يجب ممارسة النشاط البدني بشكل منتظم بمعدل ثلاث دورات تدريبية في الأسبوع. ستكون مدة التمرين 30-45 دقيقة. نفقد فائدة التحسن في أرقام ضغط الدم بعد 3 إلى 6 أسابيع من التوقف عن التدريب. في الواقع ، في هذه اللحظة ، تعود أرقام ضغط الدم إلى قيمها الأولية.

ثالثا. هل يمكن أن تكون الرياضة مصدرا لارتفاع ضغط الدم؟ أثناء ممارسة الرياضة ، يرتفع معدل ضربات القلب ويرتفع ضغط الدم بشكل طفيف. قد ينتج ارتفاع ضغط الدم الناجم عن ممارسة الرياضة إما عن زيادة غير طبيعية في ضغط الدم أثناء التمرين أو يعكس ضغط دم غير طبيعي أثناء الراحة. في الألعاب الرياضية ، يتم إيقاف اختبار الإجهاد ، على جهاز المشي أو على دراجة ، إذا تجاوز ضغط الدم 130/250 ملم زئبق (13/25 سم زئبق). يمثل ارتفاع ضغط الدم الشرياني الانقباضي المعزول عند المجهود 10٪ من السكان. لا يبدو أن قياس الجهد يجلب تأكيدات تنبؤية إضافية مقارنة بالراحة ، ولكن تمت مناقشة هذه النقطة. لا توجد حاليًا دراسات وبائية محددة توضح وجود مخاطر محددة لدى الرياضيين المصابين بارتفاع ضغط الدم. من ناحية أخرى ، فإن تحسين مستوى ضغط الدم ، بعد التدريب ، هو حقيقة راسخة في الرياضيين الذين يعانون من ارتفاع ضغط الدم سواء تم قياس ضغط الدم سريريًا أو عن طريق القياس المتنقل.

هل الرياضة ممنوعة في حالة ارتفاع ضغط الدم وأي رياضة؟ - قبل تقديم المشورة لأي نشاط رياضي ، سيأخذ الطبيب في الاعتبار مجموعة من البيانات: - أهمية ضغط الدم أثناء الراحة وأثناء التمرين - تأثير ارتفاع ضغط الدم الشرياني واحتمال وجود أمراض القلب والأوعية الدموية - احتمال وجود مخاطر أخرى عوامل أمراض القلب والأوعية الدموية (السمنة والسكري واضطراب شحميات الدم والتدخين) - شخصية المريض ("رياضي") ونمط حياته ونشاطه الرياضي وبيئته وتطلعاته. - يجب أن يخضع أي شخص يعاني من ارتفاع ضغط الدم الشرياني ويرغب في ممارسة نشاط بدني أو رياضي لاختبار ضغط على جهاز المشي أو على جهاز قياس جهد الدراجة.

شدة. - اعتمادًا على خبرة كل شخص ، سيوجهه الطبيب في البداية إلى أنشطة بدنية التحمل الكلاسيكية مثل المشي أو ركوب الدراجات أو الجري أو السباحة.

5. علاج ارتفاع ضغط الدم الشرياني عند الرياضيين يجب أن تحترم الأهداف العلاجية للرياضيين أدائهم على وجه التحديد ، وتهتم بتدريبهم ، وأن تأخذ في الاعتبار الأدوية المدرجة في قائمة الأدوية المنشطات في حالة المنافسة. يظل العلاج غير الدوائي هو الخطوة الأولى الأساسية للتخلص من عوامل الخطر المرتبطة والامتثال لنمط الحياة والقواعد الغذائية. تظل بعض الأنشطة الرياضية أكثر ملاءمة لارتفاع ضغط الدم ؛ هؤلاء هم أولئك الذين لديهم وحدة منخفضة من العمل الساكن ، مثل التحمل مثل الركض والسباحة وما إلى ذلك. سيتم النظر في العلاج من تعاطي المخدرات عندما تكون التدابير السابقة غير كافية. قد يكون مطلوبًا في بعض الأحيان منذ البداية في الأشكال الشديدة من ارتفاع ضغط الدم الشرياني ، في حالة وجود مخاطر على القلب والأوعية الدموية أو في حالة تداعيات الدورة الدموية (على سبيل المثال تضخم البطين الأيسر على مخطط صدى القلب).

حاصرات بيتا ليست الخيار الأول لأنها يمكن أن تحد من القدرة على ممارسة الرياضة. ومع ذلك ،

يجب تفضيلها في حالة قصور الشريان التاجي ، وبعض الاضطرابات الإيقاعية وفي حالات معينة من ارتفاع ضغط الدم الشرياني الانقباضي أثناء التمرين. إنها جزء من منتجات المنشطات ولكن يمكن أن يكون لها تصاريح تبرير علاجي. لا ينصح باستخدام مدرات البول نظرًا لخطر الإصابة بالجفاف والاضطرابات الأيونية. هم من بين المنتجات المحظورة للمنافسة. يمكن أن تسبب مضادات الكالسيوم في حالات نادرة تقلصات وألمًا عضليًا أثناء التمرين. يبدو أن مثبطات الإنزيم المحول للأنجيوتنسين والسارتانات هي العلاج الأكثر منطقية للرياضيين. إنهم يحترمون فسيولوجيا الجهد ويسمحون لضغط الدم الانبساطي بالتكيف مع الجهد المبذول.

السادس. الخلاصة تحمي الممارسة المنتظمة للنشاط البدني التحمل من ظهور ارتفاع ضغط الدم الشرياني. كما أنه جزء من الخطوة العلاجية الأولى لأي مريض مصاب بارتفاع ضغط الدم. يجب أن يستفيد أي مريض أو رياضي مصاب بارتفاع ضغط الدم من تقييم شامل وتكييف علاجي محدد "حسب الطلب".

تعد ممارسة الرياضة بانتظام مفيدة ليس فقط للوقاية من ارتفاع ضغط الدم وعلاجه ولكن أيضًا لجميع عوامل الخطر لأمراض القلب التاجية.

7- حجم الهواء الجاري عند الرياضي

وهو حجم الهواء الذي يستنشق أو يزفر في كل نفس سوي ، يبلغ حوالي (500) مليلتر عند الرجل البالغ

المعتدل ويعرف على انه حجم هواء الشهيق أو الزفير في المرة الواحدة ، ويكون بين (350- 800) مليلتر بمتوسط قدرة 500 مليلتر ويزيد هذا الحجم في أثناء النشاط البدني ليبلغ حوالي أكثر من (1-2) لتر، كما يعرف على انه "حجم الهواء الذي يدخل او يخرج خلال دورة تنفسية "واحدة ويزيد حجم النفس الطبيعي (Tv) خلال الراحة مع نمو الرئة ، ولكن قيمة هذه الزيادة مقرونة بوزن الجسم والمساحة السطحية له وتنخفض خلال فترة الطفولة ، اذ وجد الباحثون أن معدل (Tv)للأعمار (8-6، 17-12-8) , يقدر بـ(224 ، 297 ، 321) مل.م^2 من المساحة السطحية لدى الاناث و ان مقدار حجم الهواء التنفسي الاعتيادي في حالة الراحة يكون بمتوسط قدره 0.5 ، ويتضاعف هذا الحجم نتيجة لتمرين قصوي ليصل نحو 3 لتر أي بمقدار ستة أضعاف قيم الراحة تقريبا.

تعتمد الزيادة في استهلاك الطاقة الهوائية إلى حد كبير على إمكانيات التكيف مع نظام التبادل الغازي التنفسي، يكون هذا النظام مسئولا عن أخذ جزيئات الأكسجين من المناخ ، ثم نقلها وإيصالها في النهاية إلى الأنسجة وخاصة العضلات النشطة. يشتمل هذا النظام على مرحلة تهوية حيث يتم ضمان انتقال الهواء (والأكسجين) من المحيط الخارجي إلى الحويصلات الرئوية ، ومرحلة انتشار يعبر خلالها الأكسجين الغشاء السنخي الشعيري ليدخل الدم بفضل نفاذة الغشاء والاختلاف في ضغط الأكسجين بين الدم الشعيري والحويصلات الهوائية ، وكذلك مرحلة الدورة الدموية حيث تضمن مضخة القلب انتقال الأكسجين إلى الشعيرات الدموية العضلية وأخيرًا مرحلة الأنسجة التي تتضمن تقليل أكسدة الموارد داخل الميتوكوندريا.

في حالة الاستقرار، أثناء الراحة وأثناء التمرين البدني ، يتطابقVO2 في كل مرحلة من مراحل هذا النظام، حيث يتساوى VO2 المأخوذ من الفم و O2 الذي تستهلكه الأنسجة، وأثناء التمرين الرياضي يجب أن تتكيف جميع عناصر أنظمة الحمل الحراري والانتشار وتزيد من نقل الأكسجين وفقًا للحاجة إلى التبادلات.