المحاضرة السابعة

التاقلم الرئوي مع المجهود الرياضي

أهداف المحاضرة

التعرف على القصبة الهوائية الشعب الهوائية ووظائفها.

التعرف على التهوية الرئوية

التعرف على تكيف التهوية مع المجهود الرياضي,

التعرف على الحاصل التنفسي.

التعرف العتبة الهوائية

أولا- **القصبة الهوائية أو الرُغامى باللاتينية (Trachea) :**هي ممر يوجد في الجهاز التنفسي، ويحمل الهواء بين الرئتين والممرات التنفسية العليا. قطر القصبة الهوائية عند الإنسان 2.5 سم، وطوله 13 سم تقريباً. تنقسم القصبة الهوائية لنصفين، الأول يقع في العنق والآخر في الصدر .يوجد عدد من الغضاريف التي تساعد على الحفاظ على فتحة الرغامى. في النهاية تتشعب القصبة الهوائية لقصبتين رئيسيتن يذهب كل منهما إلى إحدى الرئتين حيث يصل الهواء.

عبارة عن أنبوب إسطواني الشكل، وتبدأ عند مستوى الفقرة الرقبية السادسة أمام الغضروف الحلقي الفتخي cricoid cartilage، والحلقات الغضروفية غير مكتملة من الخلف، فهي على شكل حدوة الفرس، فتحتها للخلف حيث تتكون هذه الفتحة من ألياف عضلية ملساء تستطيع ان تضغط بخفة على كتلة الطعام الموجودة في المريء فتعطي الشعور بصعوبة البلع.

سطحها الداخلي مبطن بغشاء مخاطي تنفسي، ومزود بأهداب متذبذبة، من الأسفل للأعلى فتعمل على طرح وإخراج الإفرازات المخاطية من داخلها.

وعند مستوى الفقرة الصدرية الخامسة تتفرع إلى فرعين هما القصبة الهوائية اليمنى واليسرى.

يحيط بها من الخلف المريء ومن الامام في الرقبة برزخ الغدة الدرقية وفي الصدر الغدة الزعترية والاوعية الدموية.

تتطور القصبة الهوائية في الشهر الثاني من التطور الجنيني. تتبطن بنسيج طلائي يحتوي على خلايا كأسية والتي تنتج الخلايا الميوسينية الواقية. يمكن أن تؤدي الحالة الإلتهابية، والتي تشمل أيضاً الحنجرة والشعب الهوائية، والتي تسمى الخانوق إلى حدوث سعال شبيه بالنباح. وغالباً ما يتم إجراء ثقب للقصبة الهوائية من أجل التهوية في العمليات الجراحية عند الحاجة. يتم أيضاً إجراء التنبيب لنفس السبب عن طريق إدخال أنبوب في القصبة الهوائية. منذ عام 2008، أجريت العمليات الجراحية التجريبية لزرع قصبة هوائية نامية من الخلايا الجذعية، وأنابيب هوائية اصطناعية؛ ومع ذلك، لا توجد حاليًا طريقة ناجحة لهذه الطريقة من الزرع، ولا يزال تطوير مثل هذه الطريقة أمر شاق نظريًا .

1- وظائف القصبة الهوائية

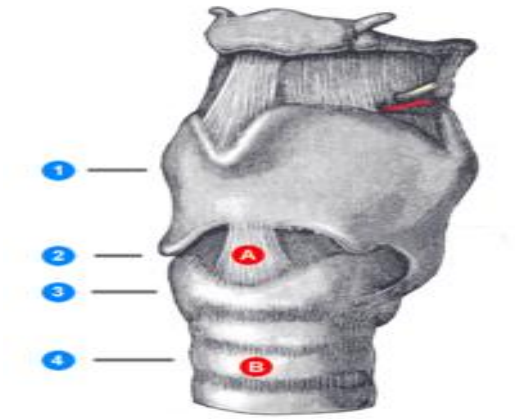
تتمدد أثناء البلع لتعمل على إعادة الحَـنْجَـرَة إلى وضعية الراحة بعد أن تكون قد ارتفعت أثناء البلع.

البقاء مفتوحة بفضل الغضروف الشفاف حتى لا تنخمص أثناء الشهيق.

تغير حجم الحلقات الغضروفية حسب الحاجة، فعند السعال تتسع بمعدل 30% بفعل ضغط الهواء على جدرانها.

طرح وإخراج الإفرازات المخاطية بفضل الاهداب المتذبذبة.

- المكونات



شكل رقم 23 موضع ثقب القصبة الهوائية

(1)الغضروف الدرقي
(2)الرباط الحلقي الدرقي
(3)الغضروف الحلقي
(4)القصبة الهوائية
(A)موضع بضع الغضروف الحلقي الدرقي (جراحة)
(B)موضع ثقب القصبة الهوائية (جراحة)

يبلغ القطر الداخلي للقصبة الهوائية للإنسان حوالي 1.5 إلى 2 سم (0.6 إلى 0.8 بوصة) ويبلغ طولها حوالي 10 إلى 11 سم (4 بوصة). تبدأ عند قاع الحنجرة، وتنتهي عند سهم القَصّ، وهي النقطة التي تتفرع عندها القصبة الهوائية إلى القصبتين الرئيستين اليسرى واليمنى. تبدأ القصبة الهوائية في مستوى الفقرة العنقية السادسة، ويوجد سهم القص عند مستوى الفقرة الصدرية الخامسة(T5) ، في مقابل الزاوية القصية ويمكن تموضعها حتى فقرتين أسفل أو أعلى، اعتمادًا على التنفس.

تحاط القصبة الهوائية بحلقات الغضروف الزجاجي .هذه الحلقات تكون غير مكتملة وعلى شكل حرف -C يتصل الغضروف الحلقي مع حلقة القصبة الهوائية الأولى في الجزء العلوي من القصبة الهوائية ويعمل بمثابة قاعدة للحنجرة .يوجد إجمالا من خمسة عشر إلى عشرون حلقة، منفصله عن بعضها بمسافات ضيقة. وهي تعزز المقدمة والجانبين من القصبة الهوائية لحماية والإبقاء على مجرى الهواء.

يقع أمام الحلقات النسيج الضام والجلد. العديد من التكوينات الأخرى تمر أو تستقر عليها؛ القوس الوداجي، الذي يجمع الوريدين الوداجيين الأماميين، يقع أمام الجزء العلوي من القصبة الهوائية. تمتد كلا من عضلتي القصية اللامية والقصية الدرقية على طولها، وتقع الغدة الدرقية تحت هذا؛ مع برزخ الغدة يغطي الحلقات الثانية إلى الرابعة.

حلقة القصبة الهوائية الأولى أوسع من بقية الحلقات، وغالبا ما تنقسم في إحدى نهايتها. وهي تتصل بواسطة الرباط الحلقي الرغامي مع الحد السفلي من الغضروف الحلقي، وأحيانا ما يتشابك مع الغضروف التالي من الأسفل. الغضروف الأخير يكون سميكًا وعريضًا في الوسط، يرجع ذلك إلى أن حده السفلي يستطيل إلى بروز مثلث الشكل (معقوف)، والذي ينحني إلى أسفل وإلى الخلف بين القصبتين. وينتهي على كل جانب في حلقة غير كاملة تحيط بالقصبات. الغضروف قبل الأخير أوسع إلى حد ما في مركزه من بقية الغضاريف.

غالبًا ما يتحد اثنان أو أكثر من الغضاريف، جزئيًا أو كليًا، أحيانًا ما تتشعب عند أطرافها. الحلقات بشكل عام عالية المرونة ولكنها قد تتكلس مع التقدم في السن.

تجمع عضلة القصبة الهوائية بين أطراف الحلقات غير المكتملة وتنقبض أثناء السعال، مما يقلل من حجم تجويف القصبة الهوائية لزيادة معدل تدفق الهواء .يقع المريء خلف القصبة الهوائية، متلاصقان على طول الشريط الرغامي المريئي. الأربطة الأفقية الدائرية من الأنسجة الليفية والتي تدعى الأربطة الحلقية للقصبة الهوائية تجمع حلقات القصبة الهوائية معاً. الحلقات الغضروفية غير مكتملة لتسمح للقصبة الهوائية بالانحسار بشكل طفيف حتى يتسنى للطعام المرور عبر المريء. يغلق لسان المزمار الشبيه بالرفرف الفتحة إلى الحنجرة أثناء البلع لمنع المادة المبتلعة من دخول القصبة الهوائية.

وتقع كلا من العضلة القصية اللامية والعضلة القصية الدرقية في قمة الجزء العلوي من القصبة الهوائية.

وتقع الغدة الدرقية أيضا على قمة القصبة الهوائية وتقع تحت الغضروف الحلقي. يقع برزخ الغدة الدرقية، الذي يربط بين الجناحين، مباشرة في الأمام، في حين أن الجناحين يقعان في الأمام ويمتدان إلى الجانبين.

2- الشعب الهوائية

ما هي الشعب الهوائية؟ تعتبر الشعب الهوائية مجرى الهواء الأساسي كي يصل إلى الرئتين، حيث يمر الهواء خلال الأنف أو الفم مرورًا بباقي أعضاء الجهاز التنفسي، ووصولًا للشعب الهوائية التي توزع الهواء داخل الرئتين

3- شكل الشعب الهوائية

الشعب الهوائية هما الفرعان المتفرعان من القصبة الهوائية، ثم يتفرعان إلى عدة فروع أصغر فأصغر حتى تنتهي في حقائب هوائية صغيرة تسمى بالحويصلات الهوائية، وهي هامة جدًا في عملية تبادل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون أثناء عملية التنفس. تظهر تلك التفرعات تشريحيًا في شكل شجرة المقلوبة، ويُطلق عليها اسم الشجرة القصبية إذ تبدأ من القصبة الهوائية في الرقبة وصولا للحويصلات الهوائية .

4- أجزاء الشعب الهوائية.

تنقسم الشعب إلى فروع أصغر فأصغر، وفيما يلي أبرز أجزاء القصبات الهوائية:

- الشعب الهوائية الأولية: وهي أكبر الأجزاء وأكثرها عرضًا، وتقع عند الجزء العلوي من الرئيتن، وتعتبر الشعبة الهوائية اليمني أقصر من اليسرى، واليسرى أقل عرضًا من اليمنى.
- الشعب الهوائية الثانوية: وتقع في منتصف الرئتين. الشعب الثالثية: وهي تفرعات أصغر، وتقع في قاع الشعب.

القصيبات :Bronchioles وهي الممرات الهوائية الأصغر حجمًا، وتوجد في نهايتها الحويصلات الهوائية حيث يحدث تبادل الغازات.

5- وظيفة الشعب الهوائية.

تنقل الشعب الهواء بعد تدفقه من الأنف أو الفم مرورًا بالقصبة الهوائية إلى الرئتين والحويصلات الهوائية التي يبلغ عددها ما يصل إلى 480 مليون حويصلة لحدوث تبادل الغازات حيث ينتقل الأكسجين إلى مجرى الدم، ويخرج ثاني أكسيد الكربون ليتم طرده خارج الجسم مع الزفير. وإضافة إلى ما سبق، تساعد في ترطيب الهواء، وتنقيته من الأجسام الغريبة والميكروبات بواسطة الأهداب والمخاط المبطن لجدارها الداخلي لمنع الإصابة بالعدوى .

6- وظا ئف الممرات الهوائية:

- **تدفئة هواء التنفس** عند مروره عبرها وتماسه مع الغشاء المخاطي المبطن للأنف والأوعية الدموية في الغشاء,
- **تشبع الهواء ببخار الماء** حيث يتم في القسم العلوي من الممرات التنفسية تشبع
- (70%) منه أما ال (30%) ايتم تشلعها في الاسناخ الرئوية

-تنقية هواء التنفس من الشوائب العالقة به الذي يتم بواسطة الشعيرات الموجودة في الانف وأهداب الغشاء المخاطي المبطن للأنف والممرات التنفسية العليا حيث أنها تتحرك من الداخل إلى الخارج باتجاه واحد لطرد المواد الغريبة ومنشيط منعكسات العطاس والسعال اللذان يعتبران عمليات زفير لطرد الشوائب.

إختبار رائحة هواء التنفس وذلك لوجود حاسة الشم في بداية الممر التنفسي, حيث أن العصب القحفي الأول (عصب الشم) ينتهي بالقسم العلوي من الغشاء المخاطي للأنف, يسيطر الحهاز العصبي بفرعيه السنبتاوي والبراسمبتاوي على الممرات الهوائية التنفسية حيث يؤدي التنليه العصب السنبتاوي إلى توسيعها وبذلك تقل المقاومة لدخول الهواء , أما تنبيه العصب الباراسمبتاوي فيعمل على تضييق الممرات الهوائية التنفسية إلى درجة انغلاقها.

ثانيا الرئتان:

تُعد الرئتان أحد أهم أعضاء الجهاز التنفسي، وتتمثل وظيفتهما الأساسية في إمداد الجسم بغاز الأكسجين والتخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون، بالإضافة إلى حماية الجسم من الفيروسات والبكتيريا أو أي أجسام غريبة، ويتسنى لكل رئة أداء وظيفتها من خلال عدة أجزاء تعمل في تناغم، لكن قد تتعرض الرئتين لبعض الأمراض التي تؤثر فيهما. يؤدي الجهاز التنفسي عدة وظائف حيوية في جسم الإنسان فهو المسؤول عن إمداد خلايا وأنسجة الجسم بالأكسجين والتخلُّص من غاز ثاني أكسيد الكربون، إضافةً إلى عدة وظائف أُخرى مثل: حماية الجسم من استنشاق أي أجسام غريبة وضارة، وتهيئة الهواء المُستَنشق ليكون ملائمًا لدرجة الحرارة ومستوى الرطوبة في الجسم، وتُعَد الرئتان من أهم الأعضاء التي يتسنى من خلالها أداء وظائف الجهاز التنفسي.

1- تشريح الرئتين

تُشكّل الرئتان جزءًا كبيرًا من الجهاز التنفسي، ويُعد التجويف الصدري هو مكان الرئتين، إذ تتواجد واحدة على كل جانب منه، ويجدر بالذكر أنّ لون الرئتين لدى حديثي الولادة يكون مائلًا للون الوردي، في حين

يصبح لونهما داكنًا أكثر مع تقدُّم العمر نتيجة عملهما الدؤوب في ترشيح أجزاء الكربون من الممرات الهوائية، وقد يصبح لونهما داكنًا عن المُعتاد في حال تعرُّضهما للضرر، كالذي يسببه التدخين، يختلف حجم وشكل الرئة اليسرى واليمنى، إذ يصل وزن الرئة اليُمنى لدى الإنسان ما يَقرب من 625 جرامًا، في حين يصل وزن الرئة اليسرى 565 جرامًا، تتخذ كل رئة من الرئتين شكلًا مخروطيًّا، وتتكون كل منهما من عدّة أجزاء :

قمَّة الرئة :(Apex) الطرف العلوي للرئة، الذي يمتد ليعلو أول ضلع من القفص الصدري. **قاعدة الرئة :(Base)**التي ترّتكز على الحجاب الحاجز.

الفصوص :(Lobes) يختلف عدد الفصوص في كل رئة من الرئتين، إذ تتكون الرئة اليُمنى من ثلاثة فصوص، في حين تتكون الرئة اليسرى من فصين اثنين فقط، فهي تختلف في تركيبها وما تحتويه من أنسجة، عن تلك الموجودة في اليُمنى، وذلك حتى تُتِيح حيزًا لتواجد القلب في الجهة اليسرى.

النُقير :(Hilum) تتواجد منطقة النقير في كل رئة من الرئتين على السطح المَنصفي منهما، تحديدًا بين الفقرات الصدرية الخامسة والسابعة، وتُشكّل منطقة النُقير الجذر الذي تدخل وتخرج منه الأعصاب والأوعية الدموية والممرات الهوائية من وإلى الرئة، إذ يمر من منطقة النقير في كل رئة القَصبَة الهوائية (Bronchus)والشريان الرئوي والأوردة الرئوية (وريدين في كل رئة) والأوعية الدموية القَصَبية والأوعية والعقد الليمفاوية والنسيج الضام والضَّفيرة الرئوية اللاإرادية (فروع عصبية. تتكون كل رئة من ثلاثة أسطح:

السطح الضلعي :(Costal) وهو سطح أملس ومحدَّب، ويقع في مواجهة الجدار الداخلي للصدر. السطح المنصفي :(Mediastinal) السطح المواجه للناحية الجانبية من المنصف الصدري منطقة بين الرئتين، يوجد بها القلب والمرىء والقصبة الهوائية الرئيسية (Trachea) والعقد اللمفاوية. السطح الحجابي :(Diaphragmatic)وهو سطح مقعَّر، يُشكّل قاعدة الرئة، ويقع بمواجهة الحجاب الحاجز. كما أن لكل رئة من الرئتين ثلاثة حدود:

الحد الأمامي :(Anterior) الذي يتكون من التقاء السطح الضلعي والسطح المنصفي من الأمام، ويتميز الحد الأمامي في الرئة اليسرى بوجود الثلمَة القلبية، حيث تتواجد قمَّة القلب.

الحد السفلي :(Inferior) الذي يفصل بين قاعدة الرئة والسطحين الضلعي والمنصفي.

الحد الخلفي (Posterior) الناتج عن التقاء السطح الضلعي والمنصفي من الجهة الخلفية. تُحاط الرئتين بجدار الصدر الذي يتكون من الضلوع والعضلات فيما بينهم، كما يفصل الحجاب الحاجز (Diaphragm) الرئتين عن التجويف البطني، ويُغطي الرئتين غشاءٌ رقيق يُعرف باسم الجَنبَة(Pleura) ، الذي يوفّر الحماية للرئتين، كما أنه مسؤول عن إفراز سائل يُقلل الاحتكاك، ويُسهّل حركة الرئتين في الصدر أثناء التنفس، وتتكون الجنبة من طبقتين:[

الطبقة الداخلية المُواجهة للرئة, الطبقة الخارجية المُبطِنة لجدار الصدر.

2- وظيفة الرئتين

تتمثل وظيفة الرئتين الرئيسية في إمداد الجسم بالأكسجين، بالإضافة إلى تخليصه من الغازات الأُخرى التي لا يحتاجها، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون، خلال عملية يتكرر حدوثها قُرابة اثني عشر إلى عشرين مرة في الدقيقة، تتضمن هذه العملية سلسلة من الخطوات:

يدخل الهواء الجسم أثناء الاستنشاق، عبر فتحة الفم أو الأنف. ينتقل الهواء خلال البلعوم ثم الحنجرة، وصولًا إلى القصبة الهوائية الرئيسية التي تنقسم بدورها إلى قصبتين هوائيتين إحداهما تؤدي إلى الرئة اليمنى والأُخرى إلى الرئة اليُسرى، لتنقسم كلٌ منهما مرةً أُخرى إلى قصيبات أو شُعب هوائية أصغر وأصغر تنتهي بأكياسٍ هوائية صغيرة تُعرَف بالأسناخ أو الحويصلات الهوائية(Alveoli) ، التي يتراوح عددها لدى الإنسان البالغ بين 300 إلى 500 مليون حويصلة، وتتمتع الحويصلات بقدرتها على التمدد والانكماش أثناء عمليتي الشهيق والزفير بفعل المواد الفاعلة في السطح الرئوي(Pulmonary Surfactants) ، وهي التي تنتجها الرئة لتُغلّف الحويصلات من الخارج. يحدث تبادل الغازات بوصول الهواء إلى الحويصلات الهوائية، إذ ينتقل الأكسجين من الحويصلات الهوائية إلى الشعيرات الدموية الدقيقة التي تحيط بها، ليغادر الدم المُحمَّل بالأكسجين الرئة وصولًا للقلب، الذي يؤدي دوره في ضخ الدم المُحمّل بالأكسجين إلى خلايا وأنسجة الجسم، كما ينتقل ثاني أكسيد الكربون الناجم عن العمليات الحيوية في الجسم من الدم في الشعيرات الدموية إلى الحويصلات، لتتخلص منه الرئة أثناء عملية الزفير. تلعب الرئتين أيضًا دورًا في حماية الجسم تفرز الرئة سائلًا مُخاطيًا سميكًا(Mucus) ، ليمنع مرور الأجسام الضارة التي قد تدخل الجسم عن طريق الأنف، مثل: الأدخنة والمُلوثات، والبكتيريا، والفيروسات، ثم تُسهم الأهداب (Cilia) المُبطِنة للقصبات الهوائية -من خلال حركتها السريعة في طرد المخاط- وما يحمله من أجسام ضارة خارج الجهاز التنفسي. تحتوي الحويصلات الهوائية على خلايا مناعية تُعرف بالبلاعم (الخلايا البلعميّة الكبيرة) (Macrophages) ، إذ تلتهم الجراثيم وتقضي عليها لتحمي الرئتين من الإصابة بالعدوى.

- **التغذية الدموية للرئتين** تتصل الرئتان بعدّة شرايين وأوردة تمكنها من أداء وظيفتها: الشرايين الرئوية ينبثق الجذع الرئوي (Pulmonary Trunk) من البطين الأيمن في عضلة القلب، ويتفرع إلى الشريان الرئوي الأيمن (Right Pulmonary) والشريان الرئوي الأيسر(Left Pulmonary) ، وينقسم الشريان الرئوي الأيمن بدوره إلى الشريان الرئوي الأيمن العلوي (Right Superior) والشريان الرئوي الأيمن السفلي(Right Inferior) ، كما ينقسم الشريان الرئوي الأيسر إلى الشريان الرئوي الأيسر العلوي Left) (Superiorوالشريان الرئوي الأيسر السفلي .(Left Inferior) يتدفق الدم غير المُحمّل بالأكسجين (المُحمل بثاني أكسيد الكربون) تحت ضغطٍ منخفض، خلال الشرايين الرئوية من عضلة القلب ليصل إلى الرئتين، ويحصل تبادل الغازات هناك. وتُغذّى الرئتان والأنسجة الداعمة لها بالدم المُحمل بالأكسجين بواسطة الشرايين الشُعَبية(Bronchial Arteries) ، إذ تحتاج الرئتان كغيرها من أعضاء الجسم إلى الأكسجين لأداء عملها.

3- الأوردة الرئوية

ينتقل الدم المُحَمّل بالأكسجين من الشعيرات الدموية المُحيطة بالحويصلات الهوائية في الرئة، عبر الأوردة الرئوية باتجاه الأُذين الأيسر، ومنه إلى البطين الأيسر من عضلة القلب، لتضخّه إلى أنسجة وخلايا الجسم، وتتضمن الدورة الدموية الرئوية أربعة أوردة رئيسيّة: الوريد الرئوي الأيمن العلوي Superior Right) (Pulmonary Veinالذي يحمل الدم من الفصين العلوي والأوسط من الرئة اليمنى.

الوريد الرئوي الأيمن السفلي :(Inferior Right Pulmonary Vein) الذي يحمل الدم من الفص السفلي للرئة اليمنى.

الوريد الرئوي الأيسر العلوي :(Superior Left Pulmonary Vein) الذي يحمل الدم من الفص العلوي من الرئة اليسرى.

الوريد الرئوي الأيسر السفلي :(Inferior Left Pulmonary Vein) الذي يحمل الدم من الفص السفلي من الرئة اليسرى.

العقد اللِمفاوية في الرئتين تحتوي الرئتان على عددٍ من العقد الليمفاوية المسؤولة عن تصريف ما تنتجه الرئتين من سوائل: العقد اللمفِية العَضُديّة :(Bronchial) تتواجد في الرئتين بالقرب من نهايات الشُعب الهوائية.

العقد اللمفِية النقيرِية :(Hilar) تتواجد عند موضع انقسام القصبة الهوائية الرئيسية إلى القصبتين الهوائيتين.

العقد اللمفية المنصِفية :(Mediastinal) تتواجد بمحاذاة القصبة الهوائية الرئيسية، في المنطقة الفاصلة بين الرئتين.

العقد اللمفية تحت الجؤجؤ :(Subcarinal) تتواجد أسفل القصبة الهوائية الرئيسية، عند موضع انقسامها للقصبتين اليُمنى واليسرى. (خطاب، 2022)

انواع التنفس (التحكم فى التنفسControl of respiration(

-1تنفس خارجي:وهو الذى يتم فى الرئة حيث تبادل الغازات بين الدم وهواء الرئة.

-2تنفس داخلي:وهو الذى يتم فى خلايا الجسم حيث تبادل الغازات بين الم والخلايا.

-3تنفس خلوي:وهو الذى يتم داخل الخلايا نفسها حيث تتم العمليات التى تتولد عنها الطاقة.

4- آلية التنفسMechanics of Breathing :

يتم تجديد الهواء داخل الرئتين بواسطة ظواهر ميكانيكية, اولها حركة العضلات التنفسية التى تعمل على تغير حجم القفص الصدرىاثناء الشهيق والزفير والتغلب على مقاومة الممرات الهوائية والجنبة الرئوية, وتنقسم عملية التنفس الى مرحلتين متتابعتين بشكل متلاصق ومستمر هما الشهيق والزفير :

1-4 الشهيقinspiration:

هو عملية تتطلب جهدا من اعضاء الجهاز التنفسي , وخاصة العضلات الهواء الى الرئتين -:

أ- الحجاب الحاجز :تتقلص عضله الحجاب الحاجز تهبط لاسفل فيتسع القفص الصدرى عموديا او طوليا ويقل الضغط داخل الرئتين الى ان يصبح اقل من الضغط الجوى فيندفع الهواء داخلهما

ب- العضلات الوربية الخارجيه :وتعمل على رفع القفص الصدرى ودفعه للامام مما يزيد من حجم القفص الصدرى من الامام للخلف وجانبيا,

2-4 الزفير:

وهو عملية سلبية او تلقائيه لا تتطلب جهدا لاخراج الهواء خارج الجسم, وانما تأتى كنتيجه حتمية لعملية الشهيق ولكن فى الحالات الاضطرارية , تدخل عضلات الب

طن والعضلات الوربية الداخلية لتضيق القفص الصدرى, فيرتفع الضغط داخل الرئتين فيطرد الهواء منهما عبر الممرات الهوائيه خارج الجسم.

معدل التنفس :وقت الشهيق الشهيق اطول من وقت الزفير كما نلاحظ لحظة توقف عند نهاية الشهيق, ويتراوح معدل التنفس عند الرجل السوى بين 13-18 دورة فى الدقيقة وفى العادة تكون 16 دوره فى الدقيقة ويزداد هذا المعدل فى حالات الحرارة والعمل والانفعالات وهوعند المراءة اكثر منه عند الرجل بدورتين .

5- التحكم بالتنفس:

تدخل فى عملية التنفس مجموعتان من العضلات بشكل اساسى هما : العضلات المائلة وعضلة الحجاب الحاجز

-1اثناء الشهيق تتقلص العضلات المائلة (الوربية) وترفع الاضلاع وتتقلص ايضا العضلات مابين الاضلاع وعضلة الحجاب الحاجز.

-2اثناء الزفير تسترخي العضلات الوربية والحجاب الحاجز لطرد الهواء.

-3يتحكم فى عمل الجهاز التنفسى مراكز تنفسية موجودة فى النخاع المستطيل.

-4المراكز العصبية التنفسية فى النخاع المستطيل:

أ- المركز العصبى التنفسى الخلفى.

ب- المركز العصبى التنفسى الامامى: وهو مركز الشهيق والزفير ويعمل فى الحالات القسرية

تنظيم عملية التنفس:

-1مركز التنفس الموجود بالنخاع المستطيل المنظم الرئيس لحركة التنفس عن طريق تحكمة فى حركة عضلات الصدر والحجاب الحاجز.

-2الجهاز العصبى الذاتى يتحكم فى ضيق الشعيبات واتساعها وتنشط بواسطة:

نقص نسبة الاكسجين.

ارتفاع نسبة ثانى اكسيد الكربون الاهم.

الصدمات العصبية تنشط مركز التنفس.

المواد المنومة والمخدرة تعمل على تثبيطه.

لماذا نحتاج الى التنفس؟

تستعمل الخلايا اكسجين الهواء الذى نستنشقه كوقود لحرق الطعام والحصول على الطاقة اللازمة لعملها, لكن هذا الاحتراق ينتج عنه ايضا غاز ثانى اكسيد الكربون , وهو سام للجسم لذلك فان الدم يأخذ هذا الغاز من الخلايا وينقله فى الاوردة الى الاسناخ حيث يطرد الى الخارج عن طريق الزفير.

التدريب الرياضى واثره على الجهاز التنفسي-:

6- الوظائف الرئيسيه للجهاز التنفسي:

أ -تبادل الغازات بين الهواء الجوى والدم , حيث يحصل على الاكسجين من الهواء الجوى ويوزعه على انسجة الجسم , والتخلص من ثانى اكسيد الكربون من مخلفات التمثيل الغذائى.

-2المحافظة على الاستقرار التجانسى للتوازن الحمضي – القلوى PHللجسم.

_3الوقاية من الجراثيم والمواد الضاره التى تدخل الجسم مع الشهيق, حيث يقوم النسيج الظاهر الموجود بالجهاز التنفسى بهذه الوظيفيه بما يتميز به من آليات تمنع تسرب المواد الضاره من الدخول الى الجسم.

-4النطق المستخدم فى الكلام والغناء وغيرها ووسائل الاتصال.

-5تنظيم حرارة الجسم بالتخلص من الحرارة والماء الزائد من الجسم.

العوامل المختلفة التى تؤثر على عمليات التنفس:

_1تأثير المجهود العضلى: هذا المجهود العضلى يؤدى الى زيادة كمية ثلنى اكسيد الكربون فى الدم فيسعى الجسم للتخلص من هذه الكمية الزائدة بزيادة معدل وعمق التنفس.

_2اختلاف التركيب الهوائى المستنشق: لوحظ ان زيادة النسبة المئوية لغاز ثانى اكسيد الكربون فى هواء التنفس يسبب زيادة ف كمية الغاز فى هواء الرئة وهذا بالتالى يؤثر على كيميائية الدم , ففى حالات وجود الانسان فى اماكن رديئة التهوية يزداد عمق التنفس وسرعته حتي يمكن التخلص من كمية ثانى اكسيد الكربون الزائدة.

_3اختلاف الضغط الجوى : يموت الانسان اذا تعرض لضغط جوى عال, اما فى حالة تعرضه لاقل من الضغط الجوى العادى فانه يحدث قلة فى نسبة الاكسجين ويصاب الانسان بالدوخه والقئ , ويمكن للجسم القدرة على تعويض هذا النقص فى الاكسجين بزيادة عدد كرات الدم الحمراء او بزيادة سرعة التنفس.

_4اختلاف درجة حرارة الجسم : فى حالة اصابة الانسان بالحمى وارتفاع درجة حرارته يتبع ذلك زيادة فى حركات التنفس ويتبع هذه الزادة ازدياد كميه الاكسجين التى يحتاجها الجسم.

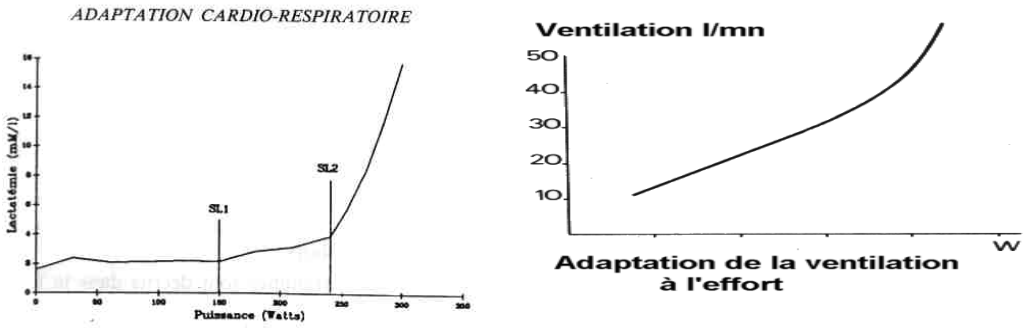
ايضا تتمثل العوامل الفيزيائية المؤثره على نشاط مركز التنفس فى: درجة الحرارة , ضغط الم , ضغط الهواء داخل الرئتين وتؤدى زيادة ما فى درجة حرارة الجسم, كما فى حالة الحمى مثلااو اثناء النشاط البدنى الى زيادة فى حجم التنفس , في حين يؤدى انخفاض درجة حرارة الجسم تحت المعدل الطبيعى الى انخفاض فى حجم التنفس.

ثالثا- التكييف التنفسي

1 تكييف التهوية في حالة الراحة ، يتطلب التنفس 1٪ من استهلاك الأوكسجين ، وأثناء التمرين 12٪ من استهلاك O2, ويعتمد حجم الهواء المستنشق أو تدفق التهوية على معدل التنفس وحجم الهواء الجاري,

أما في حالة الراحة ، يكون من 5 إلى 7 لترات في الدقيقة ويزيد بما يتناسب مع الجهد المبذول.

أثناء التمرين الأقصى ، يمكن أن تؤدي الزيادات في معدل التنفس والسعة إلى تدفقات تصل إلى 200 لتر في الدقيقة. نادرا ما يتجاوز حجم الهواء الجاري 55٪ من السعة الحيوية. ويمكن أن يصل الحد الأقصى للتهوية في الدقيقة إلى 160 لترًا / دقيقة (للذكور) أو 110 لترًا / دقيقة (للإناث) إلى 400 لتر / دقيقة عند الأشخاص المتدربة, يتم تنفيذ بأقصى جهد العمل بنسبة 65-75٪ من التهوية الدقيقة القصوى,



الشكل 24 تأقلم التهوية والتاقلم القلبي التنفسي

في حالة الراحة ، يكون معدل التنفس بين 10 و 20دورة في الدقيقة أثناء التمرين البدني، يحدث التكيف أولاً عن طريق زيادة حجم الهواء الجاري والتي يمكن أن تصل إلى 50٪ من السعة الحيوية للعمل ذي الشدة المعتدلة, وستؤدي شدة التمرين بعد ذلك إلى زيادة معدل التنفس حتى 40 أو حتى 60 دورة في الدقيقة للرياضيين المدربين تدريباً عالياً, ويزيد معدل التنفس خطيًا إلى 80٪ من السعة الحيوية ويصبح أسرع انطلاقا من تلك النقطة ؛ ويشير إلى العتبة اللاهوائية مما يعكس صعوبة التخلص من حمض اللاكتيك. يتكيف معدل التنفس وحجم الهواء الجاري تلقائيًا من قبل الجسم للحصول على أفضل علاقة كفاءة / اقتصاد. يكون معدل التنفس وهو في حالة الراحة بين 10 و 20. أثناء التمرين يحدث التكيف أولاً عن طريق زيادة حجم المد والجزر والتي يمكن أن تصل إلى 50٪ من السعة الحيوية لعمل ذي شدة معتدلة. ستؤدي شدة التمرين بعد ذلك إلى زيادة معدل التنفس حتى 40 أو حتى 60 / دقيقة للرياضيين المدربين تدريباً عالياً. يزيد معدل التنفس خطيًا إلى 80٪ من السعة الحيوية ويصبح أسرع انطلاقا من تلك النقطة ؛ ويشير إلى العتبة اللاهوائية مما يعكس صعوبة القضاء على حمض اللاكتيك. يتكيف معدل التنفس وحجم الهواء الجاري تلقائيًا من قبل الجسم للحصول على أفضل نسبة كفاءة / اقتصاد. من الأفضل أن تتنفس بشكل أعمق احسن من ان يكون بشكل أسرع,

ولا يعتمد التحكم في التنفس أثناء التمرين على عامل واحد ولكن على مزيج متزامن على الأرجح من عدة عوامل كيميائية وعصبية (التنشيط القشري ، وتدفق مستقبلات المفاصل والعضلات الميكانيكية ، وزيادة درجة الحرارة).

يمكن الإشارة أيضًا إلى آلية أخرى للتحكم في التهوية. يؤدي تضخم الرئتين أثناء الشهيق إلى الزفير ، بينما يؤدي انكماش الرئتين أثناء الزفير إلى تحفيز الشهيق. ردود الفعل هذه التي تسببها مستقبلات الرئة الحساسة للتمدد تحافظ تلقائيًا على معدل التنفس.

2- التنفس الثاني

قد تكون الغرز الجانبية مرتبطة بنقص تروية الحجاب الحاجز و / أو وجود غازات معوية. التنفس الثاني (اختفاء صعوبة الجهد) هو مرحلة التكيف التنفسي مع التمرين والتكيف القلبي الوعائي للمقاومات المحيطية ؛ يقلل من متطلبات O2 لعضلة القلب عن طريق تقليل حمولة العمل. يستغرق الأمر 10 دقائق بين 20 و 30 عامًا إلى 20-25 دقيقة بعد 50 عامًا.

بعد انتهاء التمرين العضلي لا يوجد انخفاض مفاجئ في تدفق التهوية ولكن عودة تدريجية للغاية تستمر 5 دقائق.

- **إنتاج ثاني أكسيد الكربون**

يعتمد على ثلاث آليات:

Ø الإنتاج الأيضي أو نزع الكربوكسيل الهوائي الناتج عن تدهور ركائز الطاقة على مستوى دورة كريبس. في حالة الراحة أو أثناء التمرين متوسط الكثافة في حالة مستقرة ، يتم خلط التمثيل الغذائي المؤكسد (الكربوهيدرات والدهون والبروتينات) ويكون إنتاج ثاني أكسيد الكربون أقل من استهلاك O2

Ø إنتاج ثاني أكسيد الكربون عن طريق تشغيل التخزين المؤقت باستخدام البيكربونات. عندما تؤدي شدة الجهد إلى مشاركة سلسلة اللاكتيك الهوائية ، فإن المنتج النهائي لتحلل الجليكوجين إلى ATP هو حمض اللاكتيك ، عبر البيروفات. يتحلل هذا الحمض إلى لاكتات وبروتونات H +. لتجنب انخفاض الكمون

الهيدروجيني PH، يقوم أيون البيكربونات HCO3 بتخزين البروتون H + لتكوين حمض الكربونيك H2CO3 الذي يتم فصله عن طريق الأنهيدراز الكربوني الموجود في خلية العضلات وفي خلية الدم الحمراء إلى جزيء من الماء H2O وجزيء من الكربون ثاني أكسيد ثاني أكسيد الكربون.

Ø يقتصر فرط التنفس بشكل عام على الدقائق الأولى من التمرين (العاطفة والتوتر) وحتى الأخيرة (العدو السريع).

3- الحاصل التنفسي

الحاصل التنفسي = تدفق ثاني أكسيد الكربون / استهلاك الأكسجين

$$RQ = VCO2 / VO2$$

يؤدي التحلل الهوائي لبقايا الجلوكوزيل إلى RQ = 1.

ينتج عن التفكك الهوائي للأحماض الدهنية والأحماض الأمينية RQ من 0.7 إلى 0.8.

يتراوح معدل الأيض المختلط بين 0.75 و 0.85 في الفرد العادي.

في بداية أي جهد ، سيستقر الحاصل التنفسي عند 0.85 (فرط التنفس) ، ثم ينخفض نحو قيمة الراحة في سياق تمرين متوسط الشدة ، قبل أن يرتفع نحو الوحدة مع استهلاك الجليكوجين بجهد متزايد (< 60٪ VO2 كحد أقصى) ، وهي علامة على مشاركة المسار اللاهوائي اللاكتيكي ، لتتجاوز بعد ذلك 1 في وقت فرط التنفس ، مما يعكس هيمنة الشعب اللاهوائية اللاكتيكية واللالكتيك (زيادة كبيرة في الجهد والركض). يمكن أن يصل RQ إلى 1.21 ± 12 بأقصى جهد.

نجد فكرة العتبة اللاهوائية عند QR = 1 ، حيث يتحد الأكسجين مع حمض اللبنيك وفوقه يتراكم حمض اللاكتيك بسبب نقص الأكسجين الكافي لإفرازه.

4- غازات الدم واللاكتات

الضغط الجزئي لـ O2 في الدم الشرياني يتغير قليلاً (-10 Torrs) خلال المجهود الرياضي عند شخص متعافى صحيا ويظل أعلى من 80 mmHg (80Torrs)، ويختلف الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون بين 35 و 45 Torrs قليلاً أثناء التمرين (± 2 Torrs) ، حتى عتبة تراكم اللاكتات في الدم أو العتبة اللاهوائية ، حيث يمكن أن ينخفض إلى 25 Torrs مقابل 75٪ من الحجم الاقصى للاكسجين.

تقترب لاكتاتيميا الراحة من 1 مليمول / لتر, ويزيد حتى 2 مليمول / لتر عند 50٪ من الحجم الاقصى للاكسجين ، ويصل إلى 4 ملمول / لتر عند نسبة 75٪ من الحد الأقصى للاكسجين, تزداد اللاكتاتيميا بشكل كبير حتى تصل إلى 7 إلى 12 مليمول / لتر خارج هذه المنطقة التي تمثل بشكل عام العتبة اللاهوائية بالنسبة لشخص غير مدرب وتصل إلى 20 مليمول / لتر وأكثر من ذلك بالنسبة لأفضل الرياضيين المدربين تدريباً جيداً. تؤدي الزيادة في اللاكتاتيميا إلى الحموضة مع انخفاض مصاحب في الاحتياطي القلوي (HCO3) ودرجة الحموضة PH, ويمكن ان يبلغ هذا الأخير 7.2 وحتى 6.9 عند الرياضيين المدربين جيدًا ، في نهاية أقصى جهد.

يجب أن نتذكر أن نصف اللاكتات يصل إلى مجرى الدم والنصف الآخر يتأكسد بواسطة الألياف البطيئة للعضلة.

5- مناقشة حول العتبة اللاهوائية

تقع عتبة تراكم اللاكتات في الدم عند البعض عند 2 مليمول / لتر، للبعض الآخر عند 4 مليمول / لتر، في الواقع مفهوم العتبة هذا غامض لأنه يعتمد على العديد من العوامل الشخصية التدريب.

عند الفرد المتوسط ، يمثل 2 مليمول / لتر العتبة التي ينخفض فيها إنتاج ثاني أكسيد الكربون والتهوية الخارجية (EV) بالتوازي مع منحنى استهلاك O2 الذي كانوا يتبعونه. يقع هذا الحد بشكل عام عند حوالي 50 ٪ من VO2 Max ، هذا عند الفرد العادي مرة أخرى.

4 مليمول / لتر تقع بشكل عام عند 75٪ من VO2 Max ، وهي العتبة التي ينخفض فيها منحنى VE عن التوازي لإنتاج ثاني أكسيد الكربون الذي تبعه حتى ذلك الحين. تمثل هذه العتبة في الواقع حيث يكون للآليات اللاهوائية الأسبقية على الآليات الهوائية ؛ ولذلك فهي العتبة التي من خلالها يتم ارهاق الفرد بأسرع ما يمكن,

تبقى فكرة العتبة اللاهوائية هذه نظرية ، لأن درجة تدريب الأفراد تغير من قيمها بشكل كبير, وبالإضافة إلى ذلك ، يتم ملاحظة هذا الانخفاض في متلازمة McArdle ، حيث يكون الشخص غير قادر على إنتاج حمض اللاكتيك خصوصا في الحالة التي يزيد الشخص السليم صحيا اللاكتات في الدم قبل التمرين.

وبالتالي فإن الزيادة في اللاكتات تمثل إنتاج آلية اللاكتيك اللاهوائية والألياف السريعة لكمية من اللاكتات أكبر من تلك التي يمكن أن يستخدمها الأكسجين المستخرج من العضلات والألياف البطيئة والاحتياطي القلوي لـ HCO3.