المحاضرة السابعة

الجهاز التنفسي ج٢

ميكانيكية عمل التنفس

تعد الرئتان والقفص الصدري تراكيب مطاطية. وتكون الرئتان بتماسك شديد ومستمر مع القفص الصدري والحجاب الحاجز وذلك عن طريق الغشاء الجنبي الذي يتكون من طبقتين رقيقتين من الخلايا المتماسكة مع بعضها البعض. ان تماسك طبقتي الغشاء مع بعضهما وتماسكهما مع القفص الصدري والحجاب الحاجز من جهة ومع الرئتين من جهة اخرى يجعل من القفص الصدري والرئتين تركيباً يؤثر احدهما على الاخر. وبحكم تركيب القفص الصدري الذي يجعله يميل الى الاتساع أو الانسحاب الى الخارج، وكذلك بحكم ميل الرئتين الى الانكماش، فإن هذا يحدث شداً مستمراً على طبقتي الغشاء الجنبي. ويكون هذا الشد باتجاهين متعاكسين مما يولد ضغطاً سالباً(قياسا بالضغط الجوي) في التجويف الجنبي. وان فائدة هذا الضغط السالب هو جعل الرئتين تتبع حركة القفص الصدري، حيث ان اتساع القفص الصدري يؤدي الى اتساع الرئتين، ورجوعه الى الوضع الاعتيادي يسبب صغر حجم الرئتين.

تقترن حركة القفص الصدري والرئتين اثناء عملية التنفس بتغير في الضغط داخل المسالك الهوائية، حيث أن اتساع القفص الصدري والرئتين يؤديان الى تخلخل الضغط داخل المسالك التنفسية والاسناخ، اي يكون الضغط في هذه المواقع أقل قليلاً من الضغط الجوي الخارجي. وهذا يؤدي بدوره الى دخول الهواء من الخارج الى الرئتين، وهذا هو الشهيق. أما في حالة عودة القفص الصدري الى وضعه قبل اتساعه ، فإنه سيؤدي الى بعض الزيادة في الضغط في الاسناخ والمسالك الهوائية، مما يجعل الضغط فيهما اكثر قليلا من الضغط الجوي ، لذلك يخرج الهواء من الرئتين الى الخارج، وهذا هو الزفير.

ان زيادة الضغط او نقصانه عادة تكون محدودة. اي زيادة او نقصان ١ملم زئبق تقريباً. ويزداد هذا الفرق او ينقص تبعاً لعمق النفس.

التوتر السطحي في الاسناخ

من الامور المهمة التي تحد من اتساع الرئتين، وخاصة اثناء الشهيق هو التوتر السطحي للسائل الذي يبطن الاسناخ. وان كون الاسناخ على شكل فقاعات دائرية صغيرة مبطنة بطبقة رقيقة جداً من السائل يجعلها تميل باستمرار الى الانكماش. ان عدم حدوث الانكماش الكامل لهذه التراكيب يعود الى وجود مادة ذات تركيب دهني بروتيني تدعى surfactant التي تفرز من الخلايا الظهارية للأسناخ والتي يطلق عليها بخلايا النوع الثاني. تعمل هذه المادة على الحد من التوتر السطحي للسائل الموجود على جدار الاسناخ، وخاصة اثناء الزفير، اذ ان تقارب جزيئات هذه المادة من بعضها البعض يقلل من التوتر السطحي للسائل.

التهوية الرئوية

Dr. Suha A Rasheed

يقصد بالتهوية الرئوية حجم الهواء الذي يدخل الى الرئتين ويخرج منها في فترة زمنية معينة. وتحسب عادة في دقيقة واحدة.

يتم تعيين التهوية الرئوية عن طريق قياس حجم هواء الزفير الذي يتم جمعه خلال دقيقة واحدة. ويعتمد حجم هذا الهواء على عاملين مهمين هما:

١- سرعة التنفس

٢- عمق التنفس

وتؤدي زيادة هذين العاملين معاً او زيادة احدهما الى زيادة التهوية الرئوية.

فالتهوية الرئوية = سرعة التنفس * حجم النفس الواحد.

تهوية الاسناخ

اشرنا سابقاً الى ان الهواء الذي يدخل الى الرئتين لا يصل جميعه الى الاسناخ. اذ ان الجزء الاخير من هواء الشهيق يبقى في المسالك الهوائية (الحيز الميت)، وهو اول ما يطرح اثناء الزفير. لذا عند طرح حجم الهواء الموجود في الحيز الميت من حجم النفس الواحد نحصل على حجم الهواء الذي يصل الى الاسناخ. وعليه فمن الممكن قياس حجم الهواء الذي يصل الى الاسناخ في الدقيقة الواحدة.

إن زيادة سرعة التنفس لا تعني بالضرورة زيادة تهوية الاسناخ. فاذا ازدادت سرعة التنفس في الدقيقة الواحدة وانخفض في الوقت نفسه عمق التنفس فان تهوية الاسناخ في هذه الحالة ستقل.

تنظيم عملية التنفس

يتم تنظيم عملية التنفس عن طريقين هما:

١- السيطرة العصبية على التنفس:- ان التنفس عملية لا ارادية يسيطر عليها الجهاز العصبي وذلك عن طريق مراكز عصبية موجودة في الدماغ. ويمكن ايقاف عملية التنفس او اسراعها اراديا ولكن لفترة زمنية محدودة.

تقع المراكز العصبية المسؤولة عن التنفس في منطقتين رئيسيتين من الدماغ هما: النخاع المستطيل ومنطقة الجسر. يؤدي ازالة هاتين المنطقتين الى توقف عملية التنفس.

عند دراسة هذه المراكز نلاحظ انها مقسمة الى الاجزاء الاتية:

أ- المركز الشهيقي

وهو عبارة عن مجموعة من الخلايا العصبية المتركزة في القسم العلوي من النخاع المستطيل على الجهتين اليمنى واليسرى منه. وان تحفيز هذه المنطقة يؤدي الى زيادة الشهيق.

ب-المركز الزفيري

وهو ايضا عبارة عن مجموعة من الخلايا العصبية المتركزة في النخاع المستطيل الواقعة فوق المركز الشهيقي والى الخارج منه نسبيا. يؤدي تحفيز هذه الخلايا الى زيادة الزفير.

ت- مركز الابنيوستيك

Dr.Suha A Rasheed

وهو عبارة عن مجموعة من الخلايا العصبية التي تقع في منطقة الجسر وعلى كلتا الجهتين اليمنى واليسرى منه. ويسيطر هذا المركز على المركز الشهيقي.

ث- مركز النيوموتاكسيك

وهي مجموعة من الخلايا العصبية التي تقع في منطقة الجسر ايضا فوق مركز الابنيوستيك وعلى كلتا الجهتين. ويسيطر هذا المركز على المركز الشهيقي بصورة غير مباشرة وذلك عن طريق مركز الابنيوستيك.

٢- السيطرة الكيميائية على عملية التنفس : تزداد سرعة التنفس او تقل تبعا لبعض التغيرات الكيميائية التي تحدث في الدم. ويلعب غاز ثاني اوكسيد الكاربون دورا مهما في تنظيم عملية التنفس. فعند زيادة كمية هذا الغاز في الدم الشرياني ولو قليلا، فان هذا يؤدي الى زيادة سرعة التنفس والعكس صحيح، أي ان نقصان غاز ثاني اوكسيد الكاربون في الدم يؤدي الى تثبيط سرعة التنفس.

ان تنشيط عملية التنفس او تثبيطها معناه طرح او حصر كميات اكبر من غاز ثاني اوكسيد الكاربون بغية المحافظة على الاس الهيدروجيني للدم وابقائه بصورة طبيعية.

تؤثر الزيادة في ثاني اوكسيد الكاربون او ايونات الهيدروجين بصورة مباشرة على المركز التنفسي. ويكون هذا التأثير من خلال منطقة كيميائيا تقع على السطح البطني للنخاع المستطيل. وتكون هذه المنطقة حساسة جدا للتغيرات الحاصلة في ثاني اوكسيد الكاربون في الدم او تركيز ايون الهيدروجين. وتقوم بدورها بتحفيز المركز الشهيقي.

ينفصل الدم عن السائل المخي الشوكي بواسطة الحاجز الدموي للدماغ Blood Brain Barrier الذي يكون غير ناضح لأيونات الهيدروجين او البيكاربونات، بينما يمر ثاني اوكسيد الكاربون من الدم الى السائل المخي الشوكي، حيث يتحد مع الماء لتكوين حامض الكاربونيك الذي يتجزأ الى ايونات الهيدروجين والبيكاربونات. وتؤثر ايونات الهيدروجين هذه على المنطقة الحساسة كيميائيا مؤدية الى تحفيزها.

هناك مستقبلات كيميائية تقع خارج الجهاز العصبي المركزي تكون حساسة للتغيرات الحاصلة في الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون وتركيز ايون الهيدروجين. وتقوم بنقل النبضات العصبية الى المركز التنفسي، حيث تساعد في تنظيم فعاليته.

تقع هذه المستقبلات الكيميائية في الاجسام السباتية والابهرية. تنتقل النبضات العصبية من هذه المستقبلات الى النخاع المستطيل عن طريق فروع العصب اللساني البلعومي والعصب المبهم. وتتحفز المستقبلات الكيميائية بصورة رئيسة بنقص الاوكسجين في الدم الشرياني، والى حد قليل بزيادة تركيز ايون الهيدروجين او زيادة ثنائي اوكسيد الكاربون.

Dr Suha A Rasheed

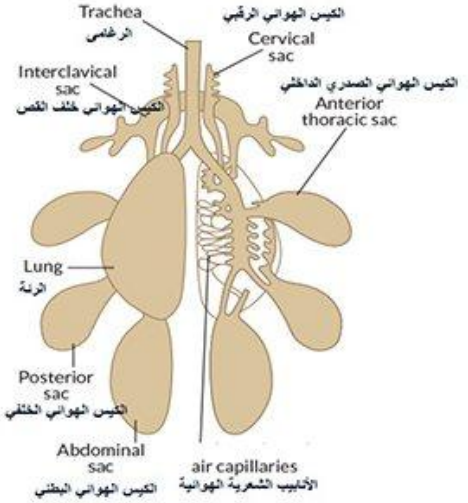
يتضح مما سبق ان تأثير زيادة ثنائي اوكسيد الكاربون يكون بصورة رئيسية على المركز التنفسي مباشرة (٨٠% من التأثير)، بينما يكون تأثير نقص الاوكسجين بصورة رئيسية على المستقبلات الكيميائية البعيدة عن المركز التنفسي (٨٠% من التأثير).

الجهاز التنفسي في الطيور

هناك تباين في تركيب وعمل الجهاز التنفسي بين الطيور والثدييات. حيث يكون حجم الرئتين في الطيور صغيراً نسبيا اذا ما قورن بما هو عليه في الثدييات. وتقع الرئتان في الجهة الظهرية للقفص الصدري وتلتصق بالاضلاع مما يحد من اتساعها. اما الحجاب الحاجز فانه غير موجود في الطيور، اي ان القفص الصدري مفتوح على التجويف البطني. وهنا لابد ان نشير الى وجود تراكيب غشائية بين القفص الصدري والتجويف البطني. وتلعب هذه الاغشية بعض الدور اثناء عملية التنفس.

هناك فرق اخر مهم بين الطيور والثدييات، وهو وجود اكياس خاصة مرتبطة بالرئتين في الطيور تسمى بالاكياس الهوائية. ويبلغ عددها في الطيور الداجنة تسعة اكياس، خمسة منها امامية واربعة خلفية. تلعب هذه الاكياس دورا مهما في عملية التنفس سواء اكان ذلك اثناء الشهيق او الزفير.

Dr.Suha



لو تتبعنا الجهاز التنفسي في الطيور نلاحظ انه يبدأ بالمنخرين ثم تجويف الانف والمزمار ثم الرغامى الذي يتفرع في النهاية الى فرعين (قصبتين) ويوجد في منطقة التفرع هذه عضو التصويت في الطيور. ويخرج من هذه القصبة الفرعية عدة فروع ثانوية مع استمرار الفرع الرئيسي للقصبة الذي ينتهي في الاكياس الهوائية البطنية (كيس على كل جانب). وتتفرع من القصبات الثانوية فروع اخرى تدعى بالقصيبات الثالثية. وتكون هذه التفرعات متوازية تربط القصبات الثانوية فيما بينها.

يتم تبادل الغازات في منطقة القصبات الثالثية . لذا فان هناك علاقة بين عدد هذه القصبات وسرعة التبادل الغازات. ففي الدواجن يقدر عددها بين ٣٠٠-٥٠٠ قصبة، بينما يبلغ عددها في الطيور التي تطير الى مسافات بعيدة بما يقارب اربعة او خمسة اضعاف عددها في الدجاج.

يعود سبب امكانية تبادل الغازات في منطقة القصيبات الثالثية الى وجود شعيرات هوائية دقيقة في هذه المنطقة تعمل عمل الاسناخ الهوائية في الثديات. وان هذه الشعيرات تكون بتماس مع الشعيرات الدموية الرئوية.

ان طبيعة الجدار الذي يفصل بين الدم والهواء يسمح بسهولة انتشار الغازات حسب ضغوطها. ومن المهم ان نشير الى ان اتجاه مرور الهواء في الشعيرات الهوائية يكون معاكسا لاتجاه جريان الدم في الشعيرات الدموية، وهذا يزيد من كفاءة الجهاز التنفسي. من البديهي ان يتم في منطقة الشعيرات اخذ غاز الاوكسجين من الهواء الى الدم واعطاء غاز ثاني اوكسيد الكاربون بالاتجاه المعاكس.

يكون اتصال الاكياس الهوائية الاخرى بالرئتين عن طريق القصبات الثانوية او القصيبات الثالثية. ومما يجدر الاشارة اليه ان هناك قصبات تأخذ الهواء من الرئتين الى الاكياس الهوائية وقصبات اخرى تعيد الهواء من الاكياس الى الرئتين. وتعد الاكياس الهوائية ممرات للهواء. ويكون التبادل الغازي فيها محدودا وذلك بسبب قلة الشعيرات الدموية في جدارها.

تقوم الاكياس الهوائية بدور مهم اثناء عملية التنفس. فعند الشهيق تمتلئ الاكياس الهوائية الخلفية بالهواء النقي الذي يدخل عن طريق المسالك التنفسية. لذلك يشمل هذا الهواء ، الهواء الموجود في المسالك الهوائية(الهواء

Dr.Suha A Rashed

الموجود في الحيز الميت). وفي الوقت نفسه تمتلئ الاكياس الهوائية الامامية بالهواء القادم من الرئتين، اي بمعنى اخر تمتلئ بالهواء غير النقي.

اما اثناء الزفير ، فإن الرئتين تمتلئان بالهواء النقي القادم من الاكياس الهوائية الخلفية، وفي نفس الوقت يخرج الهواء غير النقي الموجود في الاكياس الهوائية الامامية عن طريق القصبات الهوائية والرغامي الى خارج الجسم. وبهذه الطريقة تتم عملية تهوية الرئتين والاكياس الهوائية معا اثناء عملية التنفس.

Dr.Suha A Rasheed