الفصل السابع

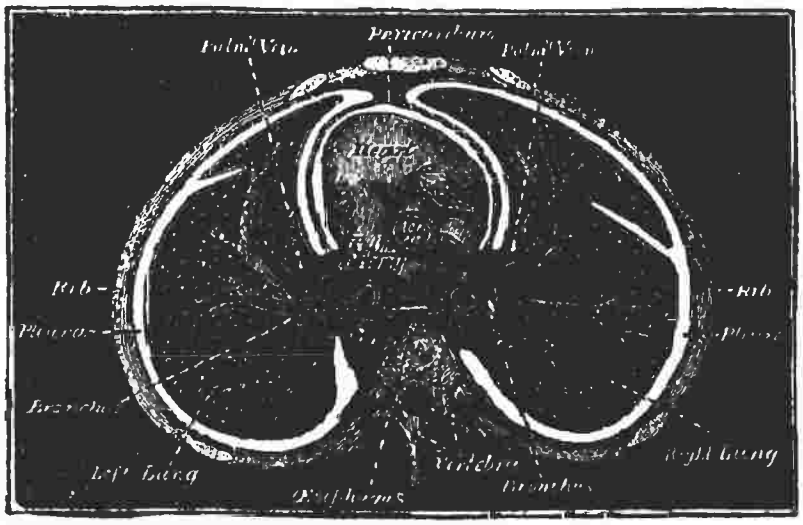
في التنفس

بينما يدور الدم في اجزاء الجسد ويتم وظيفتهُ في تغذية الانسجة وتقديم المواد التي تتناولها الاعضاء المفرزة لاجل افراز الخاص بها يُسلَب منهُ بعض جواهرهِ الغذائية ويلقى اليهِ مواد فاسدة ناشئة من تحليل الانسجة . ولذلك وجب ان يضاف اليهِ على الدوام كميات جديدة من الغذاء وان تحمل منهُ المواد المتحللة . ويتم الاوّل بواسطة الهضم والامتصاص والثاني بطرق مختلفة اخصها عمل الاعضاء المبرزة التي تفصل المواد الفاسدة من الدم سواء كان منشأها تحليل

شكل ٥٥

ورید رئوي الفامور ورید رئوي

ضلع بليورا شعبة



ضلع بليورا

الرئة اليسرى شعبة فقرة المريء الرئة اليسرى

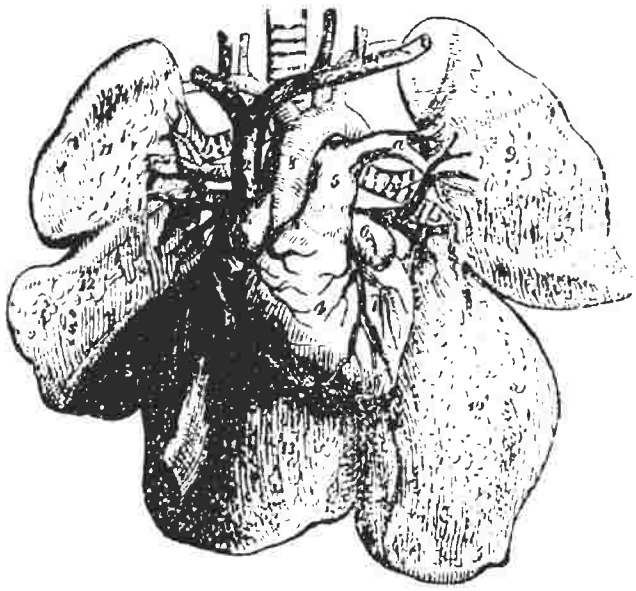
ش٥٥ . القلب Heart . الشريان الرئوي Pulm. Artery . الاورطي Aorta . هذا الشكل قطع مستعرض للصدر

الانسجة او عناصر الطعام التي لم تمثّلها الطبيعة . ومن اخص المواد الفاسدة واكثرها الحامض الكربونيك والفائدة العظمى للتنفس هي ازالة الحامض المذكور من الدم وادخال كمية جديدة من اكسجين الهواء اليهِ . ولما كان لهذا العمل علاقة شديدة بالدورة ينظر اليهِ هنا ويؤخر الكلام على بقية الوظائف المبرزة الى محل آخر

في بناء الرئتين

يقام عمل التنفس في الانسان وفي جميع الحيوانات ذوات الثدي في تجاويف دقيقة موضوعة ضمن الرئتين يقال لها الخلايا الهوائية او الحويصلات الرئوية . وذلك ان الرئة مقسومة الى اقسام صغيرة هي الفصيصات وكل فصيص منها مؤلف من اجتماع الخلايا الهوائية حول الفروع الدقيقة التي تنتهي اليها الشعب الرئوية . وهذه الخلايا مستطرقة الى باطن الفروع الشعبية وجدرانها مغطاة باوعية شعرية ناشئة من الفروع الانتهائية للشريان الرئوي

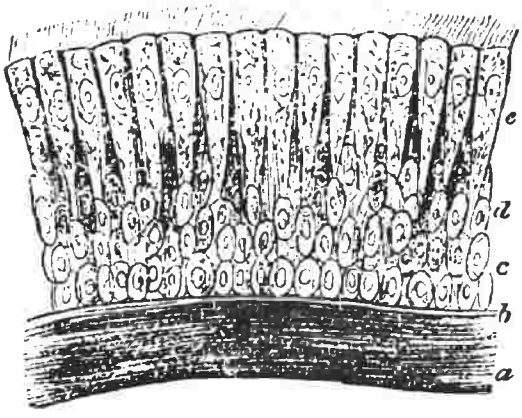
شكل ٥٦



ش ٥٦ . رسم القلب والاوعية الكبيرة المتصلة بالرئتين وقد نُزع التامور وقُلب الرئتان الى الجانبين . 1 الاذين اليمنى . 2 الاجوف العلوي . 3 الاجوف السفلي . 4 البطين الايمن . 5 جذر الشريان الرئوي . a و a فرعاه الايمن والايسر . 6 الزائدة الاذينية اليسرى . 7 البطين الايسر . 8 الاورطي . 9 و 10 فصا الرئة اليسرى . 11 و 12 و 13 فصوص الرئة اليمنى الثلاثة . b و b الشعبتان اليمنى واليسرى . c و c وريدان رئويان

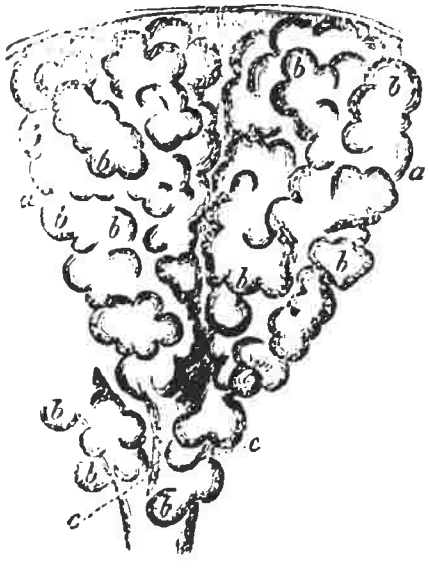
تنقسم القصبة الى شعبتين تدخل كلّ منهما جوهر الرئة التي الى ناحيتها وتنقسم الى قسمين ثم ينقسم كل منهما الى قسمين ايضا وهكذا الى ان ترسل فروعًا الى جميع اجزاء الرئة من غير ان يتقدم بعضها ببعض. اما جدران الفروع الكبيرة

شكل ٥٧



فمكونة من غشاء متين تاليفهُ من الياف حلقية الشكل عضلية البناء من النوع الآلي بحيث يكون لها قوة الانقباض. ومن حلقات غضروفية غير كاملة تبقى الشعب مفتوحة بواسطتها ومن حزم طولية من النسيج المرن لتعود الشعب الى هيئتها الاصلية بعد التمدد. ويبطنها غشاء مخاطي سطحهُ مغطى بالابيثيليوم الهدبي

شكل ٥٨



الذي يغطي باطن القصبة ايضًا . واما الفروع الصغيرة التي يصغر حجمها كلما زاد تفرع الشعب فاذا صار قطرها $\frac{1}{10}$ جزء من القيراط فقدت بعض ابنيتها ولم يبقَ منها الاَّ غشاء متين مرن فيهِ اثر من الالياف العضلية تنتشر عليهِ الاوعية الشعرية على هيئة شبكة حشكة جدًّا وتستطرق الى باطنهِ الخلايا الهوائية على نوع غير منتظم . وقد سمى رايني هذه الانابيب الانتهائية المسالك

ش٥٧ . ابيثيليوم هدبي من القصبة البشرية مكبَّرة ٢٥٠ قطرًا . a طبقة طولية من الالياف المرنة . b غشاء اساسي . c الكريات الغائرة مستديرة الشكل . d الكريات المتوسطة مستطيلة الشكل . e الطبقة الظاهرة التي تشاهد الاهداب بارزة منها

ش٥٨ . a و a مجموعان من الخلايا الهوائية ويقال لهذه المجاميع اقاع . b و b خلايا هوائية مستطرقة الى فرعين انتهائين من الشعب c و c

بين الخلايا الهوائية . واما وضع الخلايا المذكورة بالنسبة الى الانابيب فيكون غالبًا على هيئة صفوف بجانب المسلك تستطرق اولاً بعضها الى بعض ثم اليهِ بواسطة فتحة مشتركة وقد تكون موضوعة على جدارهِ منفردة بحيث تستطرق اليهِ كل منها على حدتها . ويختلف شكل الخلايا بحسب الضغط المتبادل الواقع بينها ويختلف قطرها من $\frac{1}{15}$ الى $\frac{1}{7}$ جزءًا من الفيراط . وجدرانها مكونة من غشاء لطيف شبيه بالمسالك بين الخلايا وممتد منهُ . وتمتد بين الخلايا الهوائية المتجاورة الياف كثيرة من النسيج المرن يرتبط بعضها بالوجه

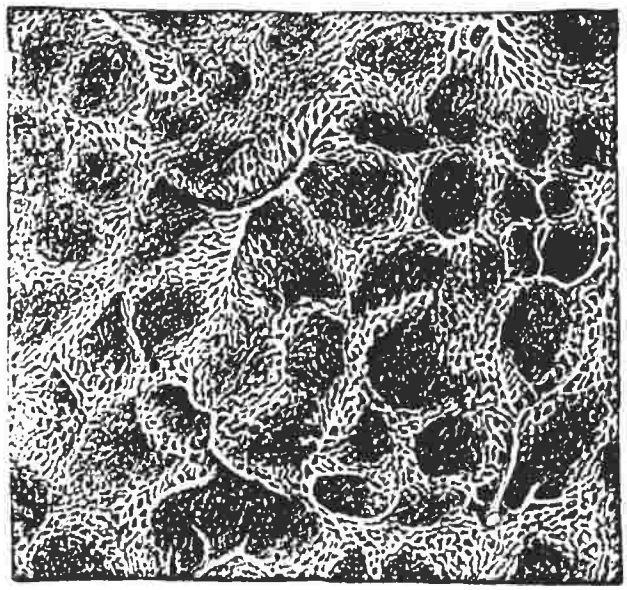
شكل ٥٩

الظاهر للغشاء اللطيف الذي تتكوّن منهُ الخلايا فينال منها قوة ومرونة . والخلايا مبطنة بطبقة من الابيثيليوم الرصيفي وتنتشر على ظاهرها شبكة من الاوعية الشعرية حشكة جدًّا . وعلى ذلك لا يتوسط بين الهواء الجوي

ش ٥٩ . خلايا هوائية مكبّرة ٢٥٠ قطرًا . a بطانة ابيثيلية . b الياف نسيج مرن . c الغشاء اللطيف الذي يتكوّن منهُ جدار الخلايا ويشاهد ان الالياف المرنة متصلة بهِ

الذي في الخلايا والدم الذي في الاوعية الشعرية الاغشاء الخلايا والاوعية الرقيق وطبقة الابثيليوم اللطيفة التي تبطن الخلايا . هذا وان الغشاء الذي تتكون منهُ جدران الخلايا الممتد من غشاء المسالك ينثني على نفسهِ عند استطراق الفتحة الكائنة بين الخلايا المتجاورة او بين الخلايا والمسلك فيكوّن حافة حادة تسير بين ثنيتيها طبقة مفردة من الاوعية الشعرية وكثيرًا ما يكون مثل ذلك بين جدران الخلايا المتجاورة ومن ثمَّ يتعرض جانبا الاوعية للهواء في الزمن الواحد

شكل ٦٠



ثم ان الخلايا الواقعة بقرب مركز الرئة اصغر وشبكتها الشعرية احشك مما هي في المحيط وذلك موافق لكون الهواء الحديث اقرب تناولاً في الجزء المركزي منهُ في محيط الرئة . ولا تستطرق خلايا الفصيصات المتجاورة بعضها الى بعض واما خلايا الفصيص الواحد وهي المستطرقة الى المسلك الواحد بين الخلايا فلا يستطرق بعضها الى بعض غالبًا الاَّ بقرب زوايا التشعب بحيث اذا انسدَّت احدى الانابيب الشعبية انقطع وصول الهواء الى جميع الخلايا المستطرقة اليهِ او الى فروعهِ

ش ٦٠ . شبكة شعرية من الاوعية الدموية الرئوية

حركات التنفس

حركات التنفس اثنتان الشهيق والزفير فيوخذ في الحركة الاولى كمية من الهواء الجوّي الى الرئتين ويطرد منها في الحركة الثانية الهواء الذي قد تغير بواسطة العمل التنفسي . وهما عبارة عن تمدد الصدر وانقباضهِ ويشغلان عادةً زمنًا يكاد يكون متساويًا اي ان زمن الشهيق يساوي زمن الزفير ويكاد لا تفصلهما فترة . غير ان شهق الهواء اقصر قليلاً من زفرهِ ولاسيما في النساء والاولاد وبين نهاية الزفير وبداءة الشهيق الذي يتبعهُ تحدث عادةً فترة قصيرة جدًّا فيُعبَّر عن نظام التنفُّس باعداد نسبية هكذا :

الشهيق ٦
الزفير ٧ او ٨
فترة خفيفة جدًّا

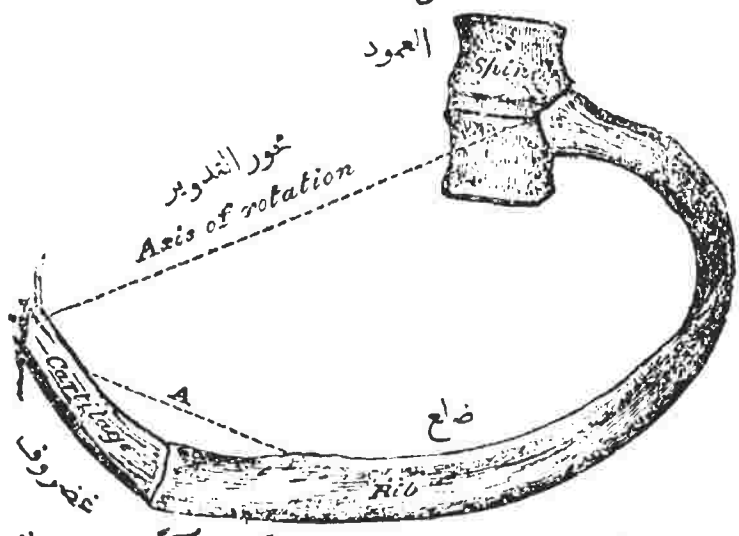
الصدر تجويف جميع جوانبهِ مغلقة لا يدخلها هواء يحيط بهِ اولاً الغشاء المبطن لهُ وهو البليورا ثم الى ظاهرها الجدران الصدرية التي بعضها عظمي قابل للحركة وبعضها عضلي وبعضها غضروفي مرن . وتملاهُ الرئتان والقلب واوعيتها الكبيرة كيفما تغير حجمهُ لانهُ اذا اتسع دخلها زيادة من الهواء والدم واذا انقبض وضاق خرج منها هواء ودم بحيث تمس دائمًا الرئتان وبعض القلب كل جزء من سطحهِ الباطن . والسبب لذلك ان الرئتين بمنزلة كيسين متميزين اجوفين لا يستطرقان الى الظاهر الاَّ بواسطة القصبة والحنجرة ولا يتعرض للضغط الجوي الاَّ سطحها الباطن بحيث ان سطحها الظاهر يمسُّ على الدوام الاجزاء المحيطة بهِ ولا يبقى فراغ بين البليورا الرئوية والبليورا الضلعية الاَّ اذا ثُقب الجدار الصدري ودخل الهواء التجويف البلوراوي وصار الضغط على ظاهر الرئة مساويًا للضغط الذي على باطنها او اكثر منهُ

وبناءً على ذلك في شهق الهواء الى الرئتين لا يلزم الاَّ حركة جدران الصدر او ارضهِ او كليهما بحيث يتسع التجويف الصدري . لانهُ عند الاتساع المذكور

ينقص ضغط الهواء في الرئتين فتدخل كمية جديدة من الحنجرة والقصبة لاجل حفظ موازنة الضغط على ظاهر وباطنه . واما في الزفير فمن الواضح ايضًا انهُ لا يحتاج الاَّ الى حركة مضادة لما سبق اي الى حركة تضيّق سعة التجويف الصدري وتزيد الضغط في الباطن الى ان يتعادل الضغطان على باطن الصدر وظاهره . وفي كلا الحالين يسير الهواء من الحنجرة والقصبة دخولاً وخروجًا وتبقى الرئتان ماستين لجدران الصدر وارضهِ وعلى هذا انما يكون تمدد الصدر تمدد الرئتين وانقباضهُ انقباضهما

ثم ان اتساع التجويف الصدري في الشهيق عمل عضلي . واما العضلات الرئيسة التي تتم بها الحركة المذكورة فهي الحجاب الحاجز والعضلات بين الاضلاع الظاهرة وقسم العضلات بين الاضلاع الباطنة الموضوع بين الغضاريف الضلعية والعضلات المعينة لها هي الروافع للاضلاع والمسننة الخلفية العليا وغيرها . ويطول قطر الصدر العمودي بواسطة هبوط الحجاب الحاجز واكثر الهبوط يحدث في جانبي هذه العضلة واما وترها المركزي فقلما يتغير وضعهُ . وعمل

شكل ٦١



العضلات بين الاضلاع وبقية العضلات المذكورة آنفًا مدة عمل الحجاب يمنعهُ عند الانقباض من جذب جوانب الصدر نحو الباطن ويطيل قطر الصدر الجانبي لانها ترفع الاضلاع اي انها تديرها ديرًا رحويًّا حول المحور الممتد من

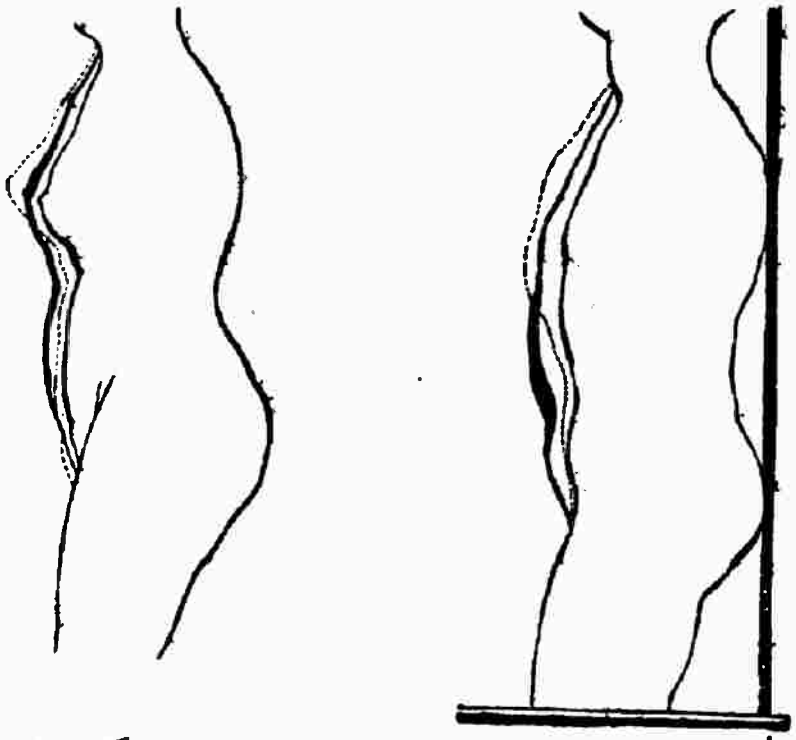
اتصالها الفقري الى اتصالها القصي (انظر ش ٦١). ولانقباض العضلات بين الاضلاع عمل آخر وهو انها تطيل قطر الصدر الامامي الخلفي لانها تقوم قليلاً الزاوية الكائنة بين الضلع وغضروفه (٨ ش ٦١) بحيث تطول المسافة التي بين اتصاله الفقري واتصاله القصي. وعلى ذلك بينما ترفع الاضلاع يندفع القص نحو المقدم. ومن اختلاف شكل الاضلاع الصحيحة بين العليا منها والسفلى ولسبب ان الزوايا الواقعة بين الاضلاع وغضاريفها اقل انفراجًا في السفلى منها في العليا تظهر النتيجة في الجزء السفلي من الصدر اكثر مما تظهر في الجزء العلوي

ولانتشار الصدر في الشهيق صفات خاصة به تتنوع بحسب الاشخاص والكيفيات المختلفة. فيكاد يتم بالكلية في الاولاد الصغار بواسطة الحجاب الحاجز الذي يكون شديد التقوس في الزفير فاذا انقبض في الشهيق تسطح وهبط وضغط الاحشاء البطنية ودفع جدران البطن المقدمة نحو الامام. ولما كانت حركة الجدران البطنية ظاهرة هنا اكثر من ظهورها في محل آخر سموا ذلك التنفس البطني. وفي الذكور البالغين يهبط الحجاب ويندفع جدار البطن المقدم نحو الامام وينتشر جزء الصدر السفلي والقص انتشارًا ظاهرًا. وفي النساء ينتشر جزء الصدر العلوي اكثر من السفلي ولذلك كانت فيهنّ حركة الضلع الاوّل اوسع مجالاً مما تكون في الذكور وربما كانت الغاية المقصودة بذلك اتساع الخلاء في اعلى الصدر للتنفس عند ارتفاع الجنين في البطن ومزاحمته لاسفل الصدر. وسمّى بعضهم تنفس الذكور النوع الضلعي السفلي وتنفس الاناث الضلعي العلوي

ثم بعد الاتساع المذكور الذي يحدث في الشهيق يعود الصدر والرئتان الى حجمهما الاوّل بواسطة مرونتها فان القوة التي تنشأ من عمل عضلات الشهيق في تمديد الصدر والتغلب على مقاومة مرونة الرئتين وجدران الصدر تتحوّل الى عمل زفيري عند ارتخاء العضلات المذكورة. وهذا العود ناشئ على

الخصوص عن مرونة الغضاريف الضلعية وعن عمل الرئتين ايضًا اللتين تتضمنان مقدارًا كبيرًا من النسيج المرن وهو كافٍ في التنفس الاعتيادي لطرد

شكل ٦٣ شكل ٦٢



الهواء من الصدر مدة الفترة الواقعة بين شهقة وشهقة بحيث لا يكون اقتضاء لعمل عضلي . غير انهُ في المجهود الزفيري طوعًا كان كما في التكلم والغنا والنفخ وما اشبهها او جبرًا كما في العطاس والسعال وغيرها تعمل العضلات الخاصة بالزفير لان القوة المرنة وحدها لا تكون كافية لذلك . واخص هذه العضلات هي

ش ٦٢ . التغير الذي يحدث في الجدران الصدرية والبطنية في الذكر مدة التنفس . وقد فُرِض الظهر مثبتًا لكي تبرز الحركة التنفسية غاية ما يكون نحو الامام . الخط الاسود الظاهر الى المقدم عبارة عن التنفس الاعتيادي . حافتهُ المقدمة حد الشهيق وحافتهُ الخلفية حد الزفير . ويشاهد ان الخط اغلظ على البطن لان التنفس الاعتيادي اكثرهُ بطني وارقّ على الصدر لان الحركة في هذه الجهة قليلة . واما الخط المنقط فيدلّ على الحركة عند الشهيق الغائر حيث يتقدم الصدر و يرتد البطن

ش ٦٣ . الحركة التنفسية في الانثى . الخطوط تدل على التغيرات المذكورة في الشكل السابق . غلاظة الخط اعلى النص يدل على اتساع مساحة حركة التنفس الاعتيادي في الانثى في هذه الجهة اكثر من الذكر

البطنية التي اذا ضغطت احشاء البطن دفعت الى الاعلى الحجاب الحاجز الذي تتكون منهُ ارض الصدر وطردت الهواء من القصبة والمنجرة . ويضاف الى العضلات البطنية جميع العضلات التي تخفض الاضلاع كالعضلات الباطنة بين الاضلاع والقصية المثلثة والمسننة الخلفية السفلى وغيرها فهي معينة للعضلات البطنية في الزفير المغتصب . ثم اذا انضغط الصدر بواسطة عمل عضلات الزفير وصغر قطرُ الاعتياديّ ارتد عند ارتخاء العضلات الى حجمهِ الاوّل بواسطة مرونتهِ . وعلى ذلك يكون بناء الجدران الصدرية في غاية ما يكون من الموافقة للارتداد الى حالتها الاصلية سواء بعد انقباضها او انبساطها

تقدم ان الرئتين بعد تمددهما في الشهيق تنقبضان بواسطة عمل النسيج المرن الداخل في تكوين الانابيب الشعبية والمنتشر على جدران الخلايا الهوائية وبينها وفي البلورا . ولكنهما في الحالة الطبيعية لا تنقبضان ابدًا الى الدرجة القصوى بل تبقيان دائمًا متمددتين اكثر او اقل وماستين لسطح الجدران الصدرية الباطن بواسطة الضغط الجوي فلا تنقبضان وتنفارقانهِ الاّ اذا اختلف الضغط على ظاهرها وباطنها كما يحدث اذا نفذ الهواء من فتحة في الصدر الى التجويف البلوراوي او اذا انسكب سائل فيهِ . ولذلك تكون درجة انقباض الرئتين وتمددهما في الحالة الاعتيادية عائدة الى وضع الجدران الصدرية على شكل ان سطح الرئتين الظاهر ماس دائمًا لوجه الجدران الباطن وتابع لهُ في جميع حركاتهِ فاذا تمدد الصدر تمددتا واذا انقبض انقبضتا

حركات المزمار التنفسية

بينما تكون العضلات التي تجذب الهواء الى الصدر عاملة لا تكون العضلات المحافظة على الفتحات التي يمر الهواء منها منكفة عن العمل . فانهُ في التنفس السريع يشاهد تمدد المنخرين على ان ذلك لا يشاهد في الحالة الاعتيادية . واما فتحة المزمار الموضوعة في اعلى المنجرة (انظر ش ٦٤) فتنبسط عند كل شهقة لاجل سهولة مرور الهواء فيها وتهبط قليلاً عند كل زفرة فتكون حالتها

مدة التنفس مطابقة لحالة جدران الصدر. وبينها وجه آخر من المشابهة وهو ان تمدد فتحة المزمار عمل عضلي وانقباضها عائد في معظم الامر الى الارتداد المرن على انه قد يصاحبه عمل عضلي في كينيات معلومة ستذكر في محلها

كمية الهواء التي تدخل وتخرج في التنفس

تختلف كمية الهواء التي تبدل في الرئتين مدة كل عمل من اعمال التنفس الاعتيادي وتتعسر جدًّا معرفتها لانه يصعب على الانسان ان يتنفس تنفسًا طبيعيًّا مدَّة التجارب. وربما كان المعدَّل الاقرب الى الصواب من ثلاثين الى خمسة وثلاثين قيراطًا مكعبًا في الشبان والكهول الاصحاء. وقال المعلم بورجيري ان تنفس الشيوخ اكثر غورًا مما هو في الشبان ولذلك يبدلون كمية اعظم من الهواء عند كل شهقة

وقد حسب الدكتور سميث جميع كمية الهواء التي تدخل الرئتين وتخرج منهما في البالغ وهو في الراحة في اربع وعشرين ساعة ٦٨٦٠٠٠ قيراطًا مكعبًا. وتزداد هذه الكمية كثيرًا بواسطة اجهاد الجسد وقال المعلم المذكور انها تبلغ ١٥٦٨٤٩٠ قيراطًا مكعبًا في الذين اشغالهم شاقة

وسمَّى المعلم هتشنسون كمية الهواء التي تبدل كل مرة في التنفس الاعتيادي هواء النفس. والكمية التي يستطيع الانسان ان ياخذها الى الرئتين في الشهيق الغائر زيادةً عن هواء النفس الهواء الاضافي. والكمية الباقية بعد الزفير الاعتيادي التي يمكن طردها الى الخارج بواسطة زفير مغتصب غائر الهواء المحفوظ. غير انه لا يمكن افراغ الرئتين افراغًا تامًّا ولو بعد اعظم الجهد الزفيري بل تبقى دائمًا فيهما كمية خارجة عن سلطة الارادة فيقال لها الهواء الباقي

وقال المعلم المذكور ان كمية الهواء التي يستطيع الشخص ان يخرجها من الرئتين بالزفير المغتصب بعد اطول شهقة تدل على سعة الصدر التنفسية وسماها السعة الحيوية وهي عبارة عن قوة تنفس الشخص في الرياضة النشيطة والحركة العنيفة والمرض. وتختلف في الرجال الاصحاء تبعًا لطول القامة والثقل والسن

وقال اذا كانت درجة حرارة الجو ٦٠ من ميزان فهرنهيت فتكون السعة الحيوية في الرجل الصحيح الذي طولهُ خمس اقدام وسبعة قراريط ٢٢٥ قيراطًا مكعبًا على المعدل العام وكلما زاد الطول قيراطًا عن القياس المذكور زادت السعة نحو ثمان قراريط مكعبة وكلما نقص قيراطًا نقصت السعة بمثل الكمية المذكورة . ونسبة السعة للطول لا تتعلق بسعة التجويف الصدري المطلقة لان مكعب ما في الصدر لا يزيد دائمًا بحسب زيادة طول القامة بحيث تكون سعة التنفس كبيرة في شخص سعة صدرهِ المطلقة صغيرة وبالعكس . فان سعة التنفس عائدة الى كمية حركة الجدران الصدرية غير انهُ لما كان طول القامة موقوفًا خصوصًا على طول الطرفين السفليين لا على طول الجذع او غور الصدر لم يعلم سبب زيادة الحركة التابعة لزيادة طول القامة بنسبة معلومة

واما تاثير الثقل في سعة التنفس فاقل ظهورًا مما سبق غير انهُ يقال في الجملة ان ثقل الجسد الذي يكون دون ١٦٠ رطلاً لا يفعل في كمية السعة الصدرية فاذا زاد عن ذلك نقصت السعة قيراطًا مكعبًا لكل رطل

واما السن فيظهر ان السعة تزيد من السنة الخامسة عشرة الى السنة الخامسة والثلاثين بنسبة خمسة قراريط مكعبة لكل سنة وتنقص من السنة الخامسة والثلاثين الى الخامسة والستين بنسبة نحو قيراط ونصف لكل سنة بحيث تكون سعة الرجل الذي لهُ ستون سنة من العمر اقل بنحو ثلاثين قيراطًا من سعة الرجل الذي لهُ اربعون على فرض انهما متساويان في الطول والثقل

هذا وان تجارب المعلم هتشنسون كانت في الرجال فقط ولعل نتائجهُ صحيحة من جهتهم فقط . واما النساء فيظهر من كلام المعلم بورجيري ان سعة تنفسهنَّ نصف ما للرجال الذين من عمرهنَّ

واما عدد التنفس من شهيق وزفير في البالغ الصحيح فيكون عادةً من اربع عشرة مرة الى ثمان عشرة في الدقيقة . وهو اكثر من ذلك في الاطفال والاولاد ويختلف كثيرًا بحسب اختلاف الكيفيات كالحركة والسكون والصحة

والمرض الى غير ذلك . والاختلاف في عدد التنفس تابع غالبًا للاختلاف الذي يحدث في نبضات القلب والنسبة بينهما في الصحة كنسبة ١ الى ٤ او ١ الى ٥ فاذا زادت سرعة عمل القلب زادت سرعة حركات الصدر ايضًا في الغالب الّا ان النسبة لاتبقى ضرورةً كما ذكر. فانهُ يتفق احيانًا في المرض ولا سيما مرض الرئتين او المسالك الهوائية ان عدد التنفس يزيد باكثر من نسبتهِ العادية لضربات النبض وكثيرًا ما يتفق في علل اخر ان عدد النبض يزيد باكثر من نسبتهِ الاعتيادية للتنفس

وقال هتشنسون ان معظم القوة التي تفعل بها العضلات الشهيقية تكون في الاشخاص الذين طولهم من خمس اقدام وسبعة قراريط الى خمس اقدام وثمان قراريط وهي كافية لرفع عمود زئبق علوهُ ثلاثة قراريط . فاذا زاد طول القامة عن ذلك نقصت القوة بحيث برفع عامة الرجال الذين طولهم ست اقدام قيراطين ونصف من الزئبق فقط . واما القوة التي تظهر في اشد الاعمال الزفيرية فهي غالبًا اعظم من قوة الشهيق بنحو ثلث غير ان معظم هذا الاختلاف عائد الى القوة الناشئة عن عود جدران الصدر المرن والى زيادة قوة عضلات الزفير التي تنالها من التمرُّن في غير عمل الزفير. ولذلك كانت قوة العمل الشهيقي اوفق من العمل الزفيري لاجل معرفة قوة الجسد العضلية

وقد ظهرت القوة العظيمة للمجهودات الشهيقية من التجارب الحديثة . وذلك انهُ أُدخِلت انبوبة زجاج في قصبة كلب وغمس طرفها الآخر في وعاء فيهِ زئبق ثم حُجِز الهواء عن الكلب فكانت نتيجة المجهودات التنفسية عظيمة بهذا المقدار حتى انها جذبت الزئبق في الانبوبة الى علو اربعة قراريط . وغُمِست رؤوس حيوانات حية في الزئبق وفي الجصّ السائل فشوهد بعد الموت كلاهما قد جُذِبا الى الانابيب الشعبية واملأا نسيج الرئتين

ويظهر انهُ في التنفس الاعتيادي الهادي الذي يتم بدون شعور او جهد الارادة لايقتضي الامر اكثر من عمل عضلات الشهيق ومرونة جدران الصدر

والرئتين. ولا يعلم ما هي الاحوال التي تستدعي قوة الانابيب الشعبية الانقباضية المستقرة في الياقها العضلية وربما كانت فائدتها الرئيسة تعديل كمية الهواء الداخلة الى الرئتين او الى اجزائها الخاصة بحسب كمية الدم. وربما كان ايضًا من فوائد الياف الانابيب العضلية انهُ اذا حصل تجمعات مخاطية في الانابيب ولم يمكن طردها الى الخارج بواسطة الزفير المغتصب لسبب تهور او حالة اخرى مرضية في قسم الرئة الناشئ من الانابيب المسدودة انقبضت الالياف العضلية على التجمعات المخاطية وطردتها الى الخارج شيئًا فشيئًا

واذا تهيج العمل العضلي في الرئتين تهيجًا مرضيًا كان ذلك غالبًا اعظم الاسباب لاحداث الربو التشنجي. وقد يبرهن ذلك بارسال سيل كلثاني في الرئتين بعد اخراجهما حالاً من الصدر فانهما تنقبضان بدليل انهُ اذا ادخلت انبوبة في القصبة ووضع فيها ماء ارتفع عمود الماء عند الانقباض المذكور. وقد اظهر ڤولكمان بانهما تنقبضان بواسطة تهيج اعصابهما فانهُ قطع راس حيوان وادخل في قصبتهِ انبوبة طرفها السائب دقيق ثم حوّل الطرف الدقيق نحو لهبة سراج وكلثن جذع العصب الرئوي المعدي فكان يُنفَخ اللهيب كل مرة اعاد العمل وانطفى مرة

وما عدا الحركات التنفسية المذكورة يعان تغيير الهواء في الرئتين بواسطة ناموس انتشار الغازات. فان الحامض الكربونيك الخارج من الدم الى الخلايا الهوائية يميل بحسب هذا الناموس الى مفارقة الرئتين وانتشارهِ في الهواء الخارج حيث وجودهُ على نسبة اقل وكذلك اكسجين الهواء الجوي يميل من نفسهِ بحسب هذا الناموس ايضًا الى الاتجاه نحو الخلايا الهوائية حيث وجودهُ هناك على نسبة اقل مما هو في الانابيب الشعبية او في الهواء الخارج من الجسد. ولولا ميل الاكسجين والحامض الكربونيك الى الامتزاج المذكور امتزاجًا متساويًا داخل الرئتين وخارجهما لكان الهواء المحفوظ والهواء الباقي يؤذيان من زيادة الحامض الكربونيك فيهما لان الحركات التنفسية وحدها غير كافية لافراغ الخلايا الهوائية

وربما كان عملها مقتصرًا على اخراج الهواء من الانابيب الشعبية الكبيرة فقط . وربما يعان ايضًا تغيير الهواء بواسطة اختلاف الحرارة بين الهواء الذي داخل الرئتين والهواء الخارج عنها وبواسطة عمل اهداب الغشاء المخاطي المبطن للانابيب الشعبية التي اهتزازها الدائم يمنع التصاق الهواء بسطح الغشاء الرطب

حركة الدم في الاعضاء التنفسية

لاجل مقابلة الهواء الذي ينتقل على ما ذكر من التعاقب الى باطن الخلايا الهوائية والانابيب الشعبية الدقيقة ومنها الى الخارج يندفع الدم من البطين الايمن الى الاوعية الشعرية الرئوية على شكل سيل متصل ولما كانت حركة الدم في الاوعية الشعرية بطيئة قليلاً تعرض كل جزء دقيق منهُ بضع ثوانٍ للهواء بدون ان يكون حاجز بينهما الاَّ جدران الاوعية الشعرية والخلايا الهوائية الرقيقة . وتتم الدورة الرئوية على نوع في غاية ما يكون من البساطة فان الشريان الرئوي يتفرع تفرعًا منتظمًا وتسير فروعهُ سيرًا مستقيمًا بدون ان يتقم بعضها ببعض وتنتشر الضفائر الشعرية انتشارًا متساويًا على جدران الخلايا الهوائية والمسالك بين الخلايا وتسير الاوردة الناشئة من الضفائر الشعرية سيرًا مستقيمًا متساويًا كسير الشرايين بحيث تجتمع فروعها نحو نقطة منشاها ولا يتقم بعضها ببعض . وليس للاوردة صمامات اولها صمامات صغيرة غير تامة ممتدة من زوايا اتحادها بعضها ببعض لا تحسن سدَّ ايٍّ من الوريدين الواقعة هي بينهما

ولما كان الدم الجاري في الشريان الرئوي وريديًّا الى ان يصل الى الاوعية الشعرية كان غير صالح لتغذية شيء من الرئة الاَّ الاجزاء التي تمر فيها الاوعية الشعرية وذلك بعد تاكسدٍ . واما تغذية ما بقي من الرئتين كالبلورا والنسيج بين الخلايا والانابيب والغدد الشعبية وجدران الاوعية الدموية الكبيرة فتتم بواسطة كمية خاصة من الدم الشرياني تاتي وتتوزَّع فيها من الشرايين الشعبية . فاذا قضى هذا الدم وظيفتهُ في تغذية الاجزاء المذكورة صار وريديًّا وحُمِل بعضهُ الى وريد شعبي بقرب جذر الرئة والبعض الآخر الى فروع

الشريان الرئوي الصغيرة او راسًا الى الاوعية الشعرية الرئوية فيتاكسد هناك مع بقية الدم ثم يجل الى الاوردة الرئوية وجانب القلب الايسر

التغيرات التي تحدث في الهواء بواسطة التنفس

عند تماسّ الهواء والدم في الرئتين يحدث تغيير في تركيب كليهما . ولما كانت التغيرات التي تحدث في الهواء اكثر ظهورًا وبساطةً مما يحدث في الدم فنذكرها اولاً

حيثما أُمتحِن الهواء الجوي في حالتهِ الطبيعية شوهد ان تركيبهُ يقرب ان يكون واحدًا . وهو مزيج مركب من اكسجين ونيتروجين وحامض كربونيك وبخار مائي وتصاحبهُ غالبًا اثار من غازات اخرى كالامونيا والهيدروجين المكبرت . فمن كل ١٠٠ جرم من الهواء الجوي النقي ٧٩ جرمًا من النيتروجين و٢١ من الاكسجين. واما مقدار الحامض الكربونيك فصغير جدًّا لان ١٠٠٠٠ جرمًا من الهواء لا يتضمن اكثر من ٤ او ٥ اجرام من هذا الحامض

واما كمية البخار المائي فتختلف كثيرًا بحسب اختلاف الكيفيات كدرجة الحرارة وغيرها غير ان الهواء الجوي لا يخلو منها على الاطلاق

والتغيرات التي تحدث في الهواء بواسطة التنفس اربعة وهي اولاً انهُ يسخن ثانيًا تزيد كميتهُ من الحامض الكربونيك . ثالثًا تنقص كميتهُ من الاكسجين. رابعًا يزيد بخارهُ المائي. خامسًا يضاف اليهِ مقدار طفيف من مادة آلية وامونيا منفردة

١. يسخن الهواء الخارج في الزفير بواسطة ملامستهِ لباطن الرئتين بحيث يصير اسخن من الهواء الداخل في الشهيق الاَّ في البلاد الحارة جدًّا . وتختلف درجة حرارتهِ من ٩٧° الى ٩٩½° ف وذلك تبعًا للزمن الذي يدوم فيهِ الهواء في الرئتين لا الى الدرجة المنخفضة للهواء الجوي فانهُ مهما كانت درجة الهواء الداخل لابد من ارتقائها الى درجة حرارة الدم تقريبًا قبل خروجهِ من الرئتين

٢. تزيد كمية الحامض الكربونيك دائمًا في الهواء الخارج في الزفير على ان هذه الزيادة تقبل التغيير بحسب الاحوال. فانهُ يُسلَب من كل جرم من الهواء الداخل في الشهيق نحو ٤½ في المئة من الاكسجين وتضاف اليهِ كمية من الحامض الكربونيك اقل من ذلك بقليل. والحساب المعدل المبني على تجارب ڤلنتين وبرونر هو ان الكمية التي تتبخَّر من الحامض الكربونيك في الهواء الخارج من تنفس الرجل الصحيح البالغ تبلغ عادةً ١٢٤٦ قيراطًا مكعبًا في الساعة وهذا يساوي ٦٤٦ قمحة. وبناء على هذا الحساب الذي يوافق ما ذهب اليهِ علماء كثيرون يكون وزن الكربون الذي يبرز من الرئتين نحو ١٧٤ قمحة في الساعة وذلك يساوي اكثر من ثمان اواق في اربع وعشرين ساعة. وربما كان الاختلاف الواقع بين بعض المجربين من هذا القبيل عائدًا الى الاختلاف الكائن في الكمية المفرزة بحسب السن والجنس واختلاف الحركات التنفسية والحرارة الظاهرة ونقاوة الهواء وغير ذلك من الكيفيات التي نذكرها الآن بالتفصيل نظرًا لما فيها من الاهمية من حيث منشأ الحامض الكربونيك المُبرَز او الطريقة التي بها ينفصل عن الدم

اما تاثير السن والجنس في كمية الحامض الكربونيك المبرزة الى الهواء فقد اظهر اندرال وكافارات انها تزيد على نوع منتظم في الذكور من السنة الثامنة الى الثلاثين وتستمر او تنقص قليلاً من الثلاثين الى الاربعين وتنقص نقصًا ظاهرًا من الاربعين الى الخمسين وتاخذ في زيادة النقص من الخمسين الى الهرم الى انها تكاد لا تجاوز الكمية المفرزة في السنة العاشرة. واما في الاناث فالكمية اقل منها في الذكور وتاخذ في الزيادة من السنة الثامنة الى زمن البلوغ ثم تقف هناك على نسبة واحدة الى ان ينقطع الحيض لتقدم السن او مدة الحمل او لعلة مرض فتزيد الكمية واذا كان انقطاع الحيض طبيعيًا فانها تاخذ في النقص كما ذكر من جهة الشيوخ

واما تاثير الحركات التنفسية في كمية الحامض الكربونيك فقد اظهر

فيروردت انهُ كلما كانت الحركات التنفسية سريعة نقصت الكمية المذكورة في جرم الهواء الخارج في الزفير لانهُ شاهد من التجربة انهُ اذا كان التنفس ست مرات في الدقيقة كانت كمية الحامض الكربونيك كل مرة ٥٢٨ ٥ في المئة واذا كان اثنتي عشرة مرة كانت الكمية ٢٦٢ ٤ في المئة واذا كان اربع وعشرين مرة كانت ٤٥٥ ٣ واذا كان ثمان واربعين مرة كانت ٩٨٤ ٢ واذا كان ست وتسعين مرة كانت ٦٦٢ ٢ . هذا من حيث الكمية النسبية لا المطلقة فان الحامض يزيد في التنفس السريع في وقت مفروض لان الهواء المتنفس يكون اكثر وذلك سواء كانت سرعة التنفس طوعًا بالارادة او طبعًا بعد تناول الطعام والرياضة النشيطة وهلمَّ جرًّا . واذا نقصت سرعة التنفس وزاد غورهُ نقصت نسبة كمية الحامض الى المئة بحيث تصير في اكثر النفس غورًا اقل من التنفس الاعتيادي بنحو ٩٧ ١ في المئة غير انهُ يعاض عن النقص المذكور بزيادة جميع جرم الهواء الحاصلة من التنفس الغائر . ثم ان النصف الاخير لجرم الهواء الخارج في الزفير يتضمن من الحامض الكربونيك اكثر من النصف الاول لانهُ ياتي من الاجزاء الرئتين البعيدة حيث كان اقرب الى الدم واما النصف الاوّل فمعظمهُ آتٍ من الشعب الكبيرة

واما تاثير الحرارة الخارجة فقد اظهرت تجارب فيروردت في الحيوانات ذوات الدم الحار انهُ بين ٣٨° و٧٥° ف كلما صعدت الحرارة عشر درجات نقصت كمية الحامض الكربونيك نحو قيراطين مكعبين في الدقيقة . وجرّب لتلييه ذلك على درجات من الحرارة اعلى واوطى مما ذكر فشاهد انهُ كلما صعدت الحرارة نقصت كمية الحامض وكلما انخفضت وقاربت الصفر زادت الكمية

واما تاثير الفصول فقد ظهر من بحث سميث ان معظم نشاط التنفس وبقية الوظائف يكون في الربيع واضعفهُ في الخريف

تاثير نقاوة الهواء . كمية الحامض الكربونيك الاعتيادية التي تخرج من

الرئتين نحو ٤٨ ٤ في المئة من الهواء المطرود بواسطة الزفير فاذا كان الهواء الداخل في الشهيق حاملاً مقداراً كبيراً من الحامض كما يحدث في الهواء المتنفس مكرراً المرة بعد المرة نقصت كمية الحامض نقصاً ظاهراً . وقد ثبت ذلك بواسطة تجربتين للمعلم الين والمعلم پيپس . ففي التجربة الاولى كان الهواء الداخل في كل شهقة حديثاً نقياً وكانت كمية الحامض الخارجة اثنين وثلاثين قيراطاً مكعباً في الدقيقة وفي التجربة الثانية كان يتنفس الهواء نفسه مكرراً المرة بعد المرة فكانت كمية الحامض الخارجة في الدقيقة تسعة قراريط ونصف فقط . وشاهد المعلمان المذكوران انه مهما تكرر تنفس الهواء الواحد ولو الى درجة عدم الصلاحية للقيام بالحيوة فلا يتضمن اكثر من ١٠ في المئة من الحامض الكربونيك . فيتضح مما تقدم لزوم تبديل الهواء في البيوت التي يتنفس فيها اناس كثيرون او التي يتولد فيها لعلة اخرى مقدار كبير من الحامض الكربونيك فان وجود هذا الحامض في الهواء يفسد صلاحيته للحيوة او يعارض خروجه من الرئتين بحسب كميته

تاثير رطوبة الهواء . قد ظهر من مشاهدات لهمان انه اذا كان الهواء رطباً كان الحامض الكربونيك الخارج من الرئتين كثيراً واذا كان جافاً كان الحامض قليلاً

تاثير النهار والليل . غاية ما يعلم من هذا القبيل هو ان كمية الحامض الكربونيك الخارجة مدة الليل اقل جداً منها في النهار . واما الاختلافات التي تحدث في اقسام النهار بقطع النظر عن كيفيات اخر فغير معلومة

تاثير الطعام . تزيد الكمية بعد مناولة الطعام وتنقص عند الامساك وقال ركنالت وريسيت انها تكثر اذا كان الطعام نباتياً ونقل اذا كان حيوانياً . وذهب عامة الفيسيولوجيين الى ان المشروبات الروحية ينشأ عنها نقص سريع واضح وقال سميث ان بعضها يزيد الكمية وبعضها ينقصها

تاثير الرياضة والنوم . الرياضة الجسدية اذا كانت معتدلة تزيد الكمية

ثلثًا على ما تكون في حالة الراحة. والى مدة ساعة بعد الرياضة يزيد جرم الهواء الخارج في الزفير بنحو ١١٨ قيراطًا مكعبًا في الدقيقة وتزيد كمية الحامض الكربونيك بنحو ٨ ٧ قراريط مكعبة في الدقيقة. وقال سميث اذا كانت الرياضة عنيفة زادت الكمية عما ذكر. واما في النوم فتنقص الكمية كثيرًا ولعل ذلك عائد الى هدو التنفس

٣. الاكسجين الذي في الهواء الخارج من الرئتين اقل دائمًا منهُ في الهواء الذي يدخلها ونقصانهُ غالبًا بنسبة زيادة الحامض الكربونيك. فانهُ قد ظهر من تجارب ڤلنتين وبرونران الكمية التي تخرج من الرئتين من الحامض الكربونيك في الساعة عادةً ١٣٤٦ قيراطًا مكعبًا اي ٦٣٦ قمحة والكمية التي تمتصها الرئتان من الاكسجين في الساعة ٥٨٤ ١ قيراطًا مكعبًا اي ٥٤٢ قمحة وعلى ذلك تكون كمية الاكسجين الممتصة اكثر من الكمية المتحدة بالكربون في الحامض الكربونيك الذي يتبخر من الرئتين. وربما ذهبت هذه الكمية الزائدة من الاكسجين في تكوين بعض الحامض الكربونيك والماء اللذين يخرجان من الجلد وفي الاتحاد بالكبريت والفصفور لاجل تكوين بعض الحوامض التي اذا اتحدت بقواعد صارت املاحًا وافرزت في البول. وربما اتحد بعضها بنيتروجين الانسجة المتحللة على ما اظهرهُ المعلم جونس

وتختلف كمية الاكسجين الممتصة فانها تزيد اذا كان الطعام نباتيًا وتنقص اذا كان حيوانيًا ولاسيما عند الامساك وتختلف ايضًا بحسب دور الهضم. وتتناول الحيوانات الصغيرة الجرم من الاكسجين مقدارًا اعظم بالنسبة الى اجسامها مما تتناولهُ الكبيرة. وقال ركنالت وريسيت انهُ اذا زادت كمية الاكسجين في الهواء المتنفس فلا يؤثر ذلك في الكمية التي تتناولها الرئتان عادةً

واما نيتروجين الهواء الجوي فيظهر ان فائدتهُ باعتبار التنفس ميكانيكية فقط فانهُ يخفف الاكسجين ويلطف عملهُ في الجسد. وكثيرًا ما وقعت المباحثة في انهُ هل يمتص النيتروجين او يبخر من الرئتين مدة التنفس. وجميع ما علم من

هذا القبيل ان كميتهُ الخارجة من الرئتين تزيد عن الكمية الداخلة زيادةً يسيرة جدًّا . واما عند الامساك الطويل فتمتص الرئتان كمية صغيرة

٤. البخار المائي الذي يتبخر من الرئتين في التنفس ثابت الوجود في الحالة الاعتيادية وكافٍ لاشباع الهواء الخارج في الزفير . واما كميتهُ المطلقة فموقوفة على الكيفيات الآتي ذكرها . وهي اولًا انهُ كلما كان جرم الهواء الخارج في الزفير كبيرًا كانت كمية الرطوبة الخارجة معهُ كثيرة ايضًا . ثانيًا اذا كانت كمية البخار المائي في الهواء الجوي كبيرة كانت كمية الرطوبة الخارجة من الرئتين قليلة كافية لاشباع الهواء فقط . ثالثًا اذا كانت درجة حرارة الهواء الخارج في الزفير مرتفعة كانت كمية البخار المائي كبيرة لاجل اشباع الهواء رطوبةً . رابعًا يظهر انهُ كلما طالت مدة وجود الهواء في الرئتين زادت رطوبتهُ

فبناء على ذلك يقال ان الهواء الخارج في الزفير مشبع بالبخار المائي ومن ثمَّ يتيسر حساب الكمية المتبخرة في وقت مفروض وذلك ان نطرح الكمية التي يتضمنها الهواء الداخل الى الرئتين من الكمية التي تكفي لاشباع ذلك الهواء نفسهِ على درجة ٩٩ من الحرارة وهي درجة حرارة الهواء الخارج في الزفير . وبالعكس اذا عرفنا كمية البخار المائي في الهواء الخارج من الرئتين فيمكننا ان نعرف من ذلك كمية الهواء الخارج لانها تكون ما يشبعها البخار المائي على الدرجة المعلومة من الحرارة والضغط البارومتري

وتختلف كمية الماء المتبخرة من الرئتين في اربع وعشرين ساعة من ست اواق الى سبع وعشرين بحسب الاحوال العاملة فيها على ما سبق من ان الكمية الاعتيادية نحو تسع او عشر اواق . وربما تكوَّن بعضها من اتحاد الاكسجين الزائد الممتص في الرئتين بهيدروجين الدم ومعظمها بلا ريب مجرد تبخر ماء الدم من سطوح المسالك والخلايا الهوائية كما يحدث في السطوح السائبة لجميع الاغشية الحيوانية الرطبة ولا سيما على الدرجة المرتفعة من الحرارة في الحيوانات ذوات الدم الحار

٥ . اظهرت تجارب ريد وريتشاردسون ان الهواء الخارج من الرئتين يتضمن الامونيا زيادةً على الحامض الكربونيك والماء . وقال ويدرهولد انهُ يوجد فيهِ ايضًا حامض بوريك وبورات الصودا والامونيا وعلى ذلك يظهر من تجاربهِ انهُ يبرز من الرئتين بعض التراكيب الجامدة التي تشاهد في افرازر الجلد والكليتين

التغيرات الحاصلة في الدم بواسطة التنفس

اظهر التغييرات التي تحصل في الدم مدة سيرهِ في الرئتين هو ما يحدث في اللون حيث يتحوَّل الدم الوريدي الارجواني القاتم الى الدم الشرياني القرمزي الزاهي وقد سبق الكلام على الاسباب التي يظن ان التغيير المذكور حادث عنها وعلى الاحوال التي ينشأ عنها بقطع النظر عن التنفس وعلى الاختلافات الاخرى الكائنة بين الدم الشرياني والدم الوريدي (صفحة ٥٦) على ان اهمية تغيير اللون ربما كانت قليلة الا من حيث دلالتهِ على تغييرات جوهرية في تركيب الدم . واخص هذه التغييرات اولاً ان حرارة الدم ترتفع درجةً او اثنتين بعد مرورهِ في الرئتين . ثانيًا انهُ يتجمد اسرع واشد مما يتجمد قبل سيرهِ في الرئتين ويظهر انهُ يتضمن فبرينًا اكثر . ثالثًا ان الاكسجين الذي فيهِ اكثر والحامض الكربونيك والنيتروجين اقل ولعل هذا التغيير هو اعظمها غير انهُ قد سبق القول ان كمية الحامض الكربونيك المطلقة سواء في الدم الشرياني والدم الوريدي هي اكثر من الاكسجين واما كميتهُ النسبية فاقل بعد مرور الدم في الرئتين

وكان يظن قبل تحقيق وجود هذين الغازين في الدم ان اكسجين الهواء الجوي ينفذ من جدران الخلايا الهوائية الى الدم ويتحد حالاً بالكربون الناشئ من الانسجة المتحللة فيحصل من ذلك حامض كربونيك يخرج في هواء الزفير . واعترض على ذلك انهُ لو كان الامر كما ذكر لكان يجب ان تكون الرئتان اسخن جدًّا من بقية اجزاء الجسد لسبب حدوث الحرارة الناشئة عن اتحاد

الكربون السريع باكسجين الهواء الجوي والحال ان حرارة الدم في جانب القلب الايسر لا تتجاوز ابدًا حرارة دم الجانب الايمن باكثر من درجة او درجتين

وبناه على الاعتراض المذكور وغيره ذهب لكرانج وهسنفراتز ان بعض الاكسجين الذي يدخل الدم من الهواء الجوي يذوب فيه والبعض الآخر يتحد اتحادًا كيماويًا ضعيفًا ببعض الاجزاء التي يتركب منها . ثم يحمل وهو على الكيفية المذكورة في الدم الشرياني الى اجزاء الجسد المختلفة فاذا بلغ المجموع الشعري من الاوعية قارب الاجزاء الاصلية التي تتألف منها الانسجة . وعند ذلك اعان في عمل التغذية وفي نقل الاجزاء المتحللة من الانسجة فيذهب في ذلك نحو نصف اكسجين الدم الشرياني وتتكوّن كمية تساويه من الحامض الكربونيك والماء . واما الدم الوريدي الذي يتضمن الحامض الكربونيك المكوّن حديثًا فيعود الى الرئتين حيث يتبخر بعض الحامض ويقبل الدم كمية جديدة من اكسجين الهواء

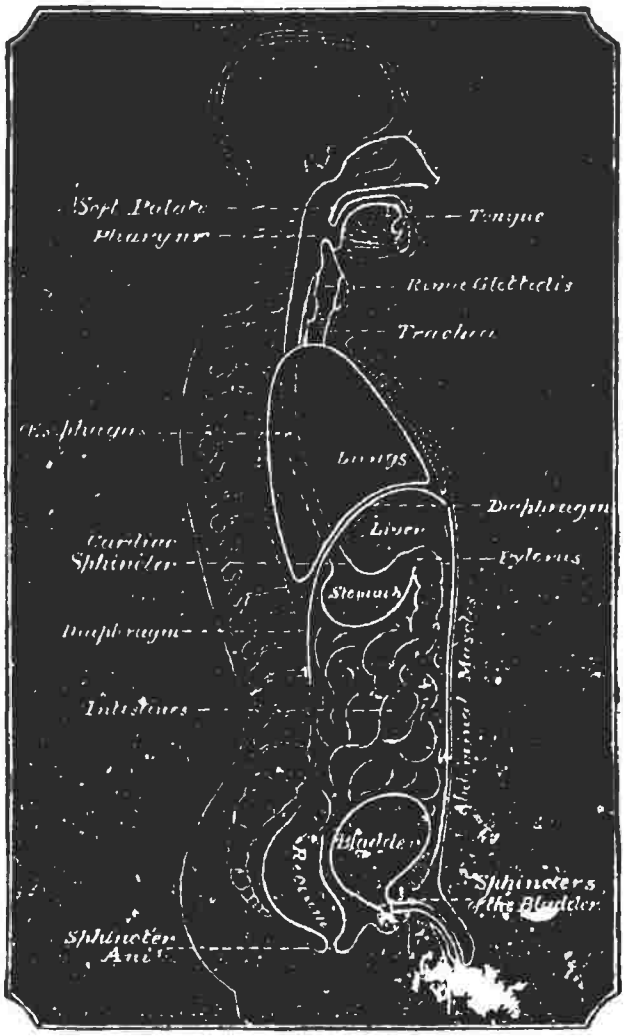
ولعل الصواب في ذلك ان معظم الاكسجين الذي يدخل الرئتين يحل في الدم او يتحد اتحادًا كيماويًا ضعيفًا ببعض اجزائه ثم يُحمَل الى المجموع الشعري ليتحد هناك وفي دورته العامة بالاصول المتحللة وبالطعام كما ذهب المعلمان المذكوران وايضًا ان بعضهُ يتحد حالاً عند دخوله الدم ببعض اجزائه الآلية فيتكوّن من ذلك بعض الحامض الكربونيك الذي يخرج في هواء الزفير وهذا يعلّل عن تصاعد حرارة الدم تصاعدًا خفيفًا ظاهرًا مدّة مروره في الرئتين

التعليل الميكانيكي عن بعض الاعمال التنفسية

الحجاب الحاجز (ش ٦٤) عضلة مسعرضة الوضع فاصلة بين التجويف الصدري والتجويف البطني . وهو يهبط مدة عمله فيخفف الانحناء الصدري ويدفع الاحشاء البطنية نحو الاسفل والمقدم . واما عمل العضلات البطنية فعكس عمل الحجاب فانها تدفع الاحشاء البطنية نحو الاعلى والخلف وتدفع الحجاب ايضًا اذا لم يكن هناك مانع يعارض اندفاعهُ نحو الاعلى . وتستطرق الرئتان الى خارج الجسد بواسطة فتحة المزمار ثم بواسطة الفم والمنخرين وتستطرق

المعدة الى الخارج بواسطة المرئ والبلعوم والفم واما من الاسفل فيستطرق المستقيم بواسطة الاست وتستطرق المثانة بواسطة مجرى . وجميع الفتحات المذكورة التي تستطرق بها الاحشاء المجوفة الى خارج الجسم محاطة بعضلات عواصر عمل كلٍّ منها قائم بنفسهِ من غير مشاركة بغيرهِ . واذ تمهد ذلك نقول

شكل ٦٤



اللهاة
البلعوم
المرئ
عاصرة المعدة
الحجاب
الامعاء
عواصر المستقيم

اللسان
فتحة المزمار
القصبة
الرئتان
الحجاب
البواب
المعدة
العضلات البطنية
عواصر المثانة

التنهد اجهاد شهيقي يتم بواسطة عمل الحجاب الحاجز وبقية العضلات التي تعمل في الشهيق بحيث يكاد يدخل الهواء المزمار بلا صوت مسموع ثم اذا عادت الرئتان والجدران الصدرية وربما البطنية ايضاً بواسطة مرونتها انطرد الهواء الى الخارج انطراداً سريعاً . وكيفية ذلك انهُ في الدور الشهيقي من

التنهد يهبط الحجاب ويضغط الاحشاء البطنية نحو الاسفل وكان الضغط المذكور يدفع البول من المثانة الى الخارج والغائط من المستقيم لولا العضلتان العاصرتان اللتان تحفظان الفتحتين فما يتم حينئذٍ انما دخول الهواء الى الرئتين. واما في الدور الثاني وهو الزفيري من التنهد تنضغط الاحشاء البطنية بواسطة العود المرن او العضلي للجدران البطنية انضغاطًا مخالفًا لما سبق في الدور الشهيقي فيحدث من ذلك خروج الهواء من فتحة المزمار ويندفع الحجاب الذي يكون حينئذٍ مرتخيًا الى وضعهِ الاصلي اي الى الاعلى وتعمل عواصر المعدة والمستقيم والمثانة كما عملت في الدور الشهيقي

والفواق يشبه التنهد من حيث كونهِ عملاً شهيقيًا غير ان الشهيق فجائي مسبَّب عن انقباض الحجاب انقباضًا فجائيًا تشنجيًا فاذا دخل الهواء فجأةً في فتحة المزمار وهي غير مستعدة لذلك حدث اهتزاز الاوتار الصوتية واللغط الخاص بالفواق

والسعال حادث غالبًا عن شهقة يعقبها زفرة غير انهُ اذا امتلأت الرئتان لا يندفع الهواء تدريجًا بواسطة فتحة المزمار ولكنها تنسد بتقارب الاوتار الصوتية ثم تعمل العضلات البطنية بشدة وتضغط الاحشاء الى الاعلى فيندفع الحجاب ويضغط الهواء الذي في الرئتين واذا انضغط الهواء فتح الاوتار الصوتية التي تعارض سيرهُ الى الخارج بشدة وصوت خاص بالسعال. فينشأ من ذلك قوة عظيمة ويدفع مجرى الهواء المخاط او مواد اخر من الرئتين او القصبة دفعًا سريعًا حادًّا. غير ان الضغط الحادث عن عمل العضلات البطنية يفعل في الاحشاء البطنية كما يفعل في الرئتين لان الاحشاء هي الواسطة التي يندفع بها الحجاب الى الاعلى وكان يسبب طرد ما في المعدة والمستقيم والمثانة لولا عمل العواصر الموضوعة عند فتحاتها واذ ذاك تنحصر القوة الضاغطة في جزء واحد فقط اي فتحة المزمار

والعطاس كالسعال تمامًا ولا يختلف عنهُ الاَّ من حيثية واحدة وهي ان

مجرى الهواء عند خروجهِ من الرئتين ينفذ معظمهُ من الانف لا من الفم كما يحدث في السعال وذلك بان تنقبض قوائم اللهاة فتهبط اللهاة وتسد المسلك المستطرق بين الفم والبلعوم فلا يجد الهواء سبيلاً للخروج الاَّ من الانف دافعًا معهُ مخاطًا اومادة اخرى حريفة فاذا لم يكن هبوط اللهاة كافيًا لذلك اندفع الهواء من الفم ايضًا واذا كان اندفاعهُ من الفم فقط لا يختلف عن السعال حقيقة اولغطًا

والقي يسبقهُ اولاً شهقة ثم تنسد فتحة المزمار ويعقب ذلك حالاً عمل العضلات البطنية عملاً شديدًا وكل ذلك كما يحدث في السعال ثم يختلف العمل بينهما . فان الاوتار الصوتية تنفتح في السعال من عمل العضلات البطنية وتبقى مسدودة في القي وحينئذٍ لا يستطيع الحجاب ان يصعد فيكوّن سقفًا ثابتًا تنضغط المعدة عليهِ . وحينئذٍ ترتخي العاصرة القلبية وينطبق البواب وتنقبض المعدة نفسها وتعمل العضلات البطنية فتطرد ما في باطن المعدة الى المرئ ثم الى البلعوم ثم الى الفم . وربما اعان عمل المرئ العضلي المقلوب في القي

وفي اخراج البول والغائط الاختياري تحدث اولاً شهقة كما يحدث في السعال والعطاس والقي ثم ينسد المزمار ويثبت الحجاب كما يحدث في القي . ثم يبقى المزمار والطرف القلبي للمعدة مسدودين وترتخي عاصرة المثانة اوعاصرة المستقيم اوكلتاهما فينطرد ما فيهما الى الخارج ويعين في ذلك انقباض جدرانهما العضلية ولو لم تكن القوة الدافعة متجهة نحو الاسفل لكان ما في الرئتين والمعدة ينطرد الى الخارج كما ينطرد البول والغائط . ويكون الحجاب في جميع هذه الاعمال الدافعة منكفًا عن العمل واذا انثبت فانما يكون ذلك ناشئًا عن انطباق المزمار لا عن عمل من تلقاء نفسهِ

وعمل الولادة في الانثى يكاد يكون طبق الزحير الذي يحدث في استطلاق البول والغائط من حيث عمل الحجاب والعضلات البطنية . غير ان انقباض الرحم اشد جدًّا من انقباض المثانة اوالمستقيم على انهُ ينال اسعافًا عظيمًا من

الاجهاد الشهيقي وتثبت الحجاب وانقباض العضلات البطنية على ما ذكر في استطلاق البول والغائط. وعمل العضلات البطنية غير اختياري على جانب عظيم في الولادة كالقي وهو اختياري غالبًا في اخراج البول والغائط الاَّ اذا كان هناك الم او صعوبة فيخرج عن دائرة الارادة

والتكلم عبارة عن طرد الهواء بالارادة من المزمار بواسطة العضلات البطنية بحيث اذا عملت عضلات الحنجرة وتوترت الاوتار الصوتية حدث فيها اهتزاز من الهواء الجاري عليها فنتج من ذلك الصوت. ويُسبَك الصوت كلمات بواسطة اللسان والاسنان والشفتين وغيرها واما الاوتار الصوتية فتحدث الصوت فقط ولا دخل لها في تكوين الحروف والكلمات

والغناء يشبه التكلم من حيث كيفية احداثهِ على شكل انهُ اذا تغير وضع الاوتار الصوتية ودرجة توترها بواسطة العضلات الحنجرية حدث من ذلك ابراج الموسيقى على انواعها. واما الكلمات التي تستعمل في الغناء فتتكوَّن بواسطة اللسان والاسنان والشفتين وغيرها كما تتكوَّن في التكلُّم

والتثاؤب شهقة غائرة يصحبها انقباض تشنجي في خوافض الفك السفلي وارتفاع عظيم في الاضلاع يشاركها في ذلك اللوحان. وهو من الاعمال الخارجة عن دائرة الارادة عادةً وكثيرًا ما يكون بالتمثُّل

والضحك ناشئٌ عن حركة تشنجية في عضلات الزفير بحيث يخرج النفس متقطعًا والمزمار مفتوح. واذا طال الضحك اشتد تقوُّس الحجاب وأُفرِغ الهواء من الصدر اكثر مما يحدث في الزفير الاعتيادي. واما البكاء فيحدث عن انفعال نفساني مخالف لما سبق ولكنهُ قلما يختلف عنهُ في العمل العضلي التنفسي الذي يشترك احيانًا بين الاثنين بحيث لا يُعلَم هل الشخص يضحك او يبكي

والمص ليس من الاعمال التنفسية حقيقةً ولكنهُ يصح ذكرهُ في هذا المقام. وهو حادث عن عمل العضلات الخوافض للعظم اللامي فانها اذا خفضت اللسان وارض الفم احدثت فراغًا في الفم ولما كان ثقل الهواء الجوي يفعل من

كل جهة لاجل حفظ الموازنة بين باطنهِ وظاهرهِ وكان الاستطراق بين الفم والبلعوم مسدودًا بواسطة انقباض قوائم اللهاة بحيث تهبط اللهاة وتمس موخر اللسان امتنع دخول الهواء من هذه الجهة ولزم دخول شيء لاجل اشغال الفراغ واعادة الموازنة فيدخل الجوهر الممتص تطبيقًا لما ذكر. وعمل اللسان وارض الفم في المص شبيه بعمل مدكّ المحقنة وعمل العضلات التي تخفض العظم اللامي شبيه بعمل القوة التي تجذب القبضة

عمل المجموع العصبي في التنفس

التنفس عمل غير خاضع للارادة كبقية الوظائف الجسدية الضرورية للحيوة ولولا ذلك لكانت الحيوة عرضةً للخطر الدائم بل كانت تنقطع عند انقطاع الشعور مدة النوم. غير انهُ من الواجب ايضًا ان يكون التنفس خاضعًا للارادة على جانب ما لانهُ لولم يكن كذلك لما امكن احداث الاعمال التنفسية الارادية المذكورة آنفًا كالتكلم والغناء والزحير وغيرها

ويظهر ان الحركات التنفسية ونظامها القانوني من حيث كونها غير خاضعة للارادة ومستقلة بنفسها غنية عن الشعور عادةً هي تحت سلطة النخاع المستطيل المطلقة. والنخاع المذكور يقبل تاثير لزوم التنفس ويعكسهُ الى العصبين الحجابيين وبقية الاعصاب المحركة التي تفعل في عضلات الشهيق

واما الاعمال التنفسية الخاضعة للارادة فلابد من مشاركة الدماغ للنخاع المستطيل فيها لان جميع ما يعلم من هذا القبيل يجملنا الى اليقين ان العقل لا يدرك ولا يريد الاّ بواسطة الدماغ غير انهُ يظهر ان النخاع المستطيل هو الذي يجمع بين العضلات التنفسية بحث تعمل سوية ولو كان الدماغ عاملاً. فانهُ في السعال والعطاس مثلاً يدرك العقل اولاً التهيج الواقع في الحنجرة او الانف وقد يحدث منهُ بعض السلطة على الاعمال التي يتكونان منها كالشهيق الغائر الذي يسبقهما. وانما الكيفية التي تجري الاعمال بموجبها واتفاق عمل العضلات في احداثها فعائدان الى النخاع المستطيل من غير ان يكون للارادة

مشاركة وهما من نوع الحركات غير الاختيارية المنعكسة التي تكون دائمًا مطابقة لمقتضى الحال بدون تمرين او خبرة

ففي الاعمال المذكورة وبقية الاعمال التنفسية غير الاعتيادية كعسر التنفس والزحير والتثاؤب والفواق وغيرها يجمع النخاع المستطيل بين عمل عضلات كثيرة غير التي تعمل في التنفس الاعتيادي ويجعل عملها مطابقًا بعضها لبعض ولاسيما عضلات الحنجرة والوجه واللوح والعمود الشوكي والبطن التي تشارك عضلات الصدر. وبناء على ذلك ادخلها البعض في رتبة قائمة بنفسها وسمّوها عضلات التنفس الثانوية واضاف المعلم بلّ الى العصبين الحجابيين الاعصاب التي تتوزع فيها ولاسيما الوجهي والرئوي المعدي والشوكي الاضافي والعصبين التنفسيين الظاهرين وسماها مجموع الاعصاب التنفسي. ولكن لما كان عمل هذه الاعصاب غير خاص بالتنفس وكان لكثير غيرها مشاركة في الاعمال التنفسية لم يكن جمعها في رتبة قائمة بنفسها صوابًا. وانما الامر الخاص بالتاثير العصبي من هذا القبيل هو ان اعصابًا كثيرة تتوافق لاجل غاية واحدة بواسطة قوة مركز عصبي قائم بنفسه هو النخاع المستطيل. واما في غير هذه الحركات التنفسية فتنفعل الاعصاب المذكورة وحدها اوسوية من غير توسط النخاع المستطيل فاذا أُهلِك لم يمكن اجراء حركة موافقة للتنفس بواسطة العضلات ولو بقي قسم الحبل الشوكي الذي تنشأ منه الاعصاب سليمًا. فان العصبين الحجابيين مثلاً لا يستطيعان ان يهيجا التنفس بواسطة الحجاب اذا كان اتصالها بالنخاع المستطيل مقطوعًا ولو بقي اتصالها بالحبل الشوكي سليمًا. وسنعود الى هذا الامر في الكلام على وظائف النخاع المستطيل والعصب الرئوي المعدي

النتائج الحادثة عن توقف التنفس وانقطاعه

اذا ابطل عمل التنفس اما بتوقيف الحركات التنفسية او بنزع الاكسجين من الهواء ابطأت الدورة في الرئتين اولاً ثم وقفت. وكيفية ذلك انه اذا اعيقت الدورة عورض خروج الدم من البطين الايمن وعقب ذلك عاقة رجوع الدم

الوريدي الى القلب فتحتقن المراكز العصبية وبقية اعضاء الجسد بالدم الوريدي. ويحدث ايضًا في العاقة المذكورة انتقال كمية صغيرة جدًّا من الدم الوريدي من الرئتين الى جانب القلب الايسر

وبناء على ما تقدم تكون حالة الحيوان الذي يموت بالاختناق او الاسفكسيا عادةً ان جانب القلب الايسر يكاد يكون فارغًا والرئتين وجانب القلب الايمن واعضاء اخر محتقنة بالدم الوريدي . وهذه الحالة مسببة عن اشياء جملة وهي اولًا ان معارضة سير الدم في الرئتين التي يظهر انها اول الحوادث المودية الى الاختناق ناشئة عن انقطاع تبادل الغازات فكأن الدم المثقل بالحامض الكربونيك لا يستطيع ان يسير بسهولة في الاوعية الشعرية الرئوية . غير انهُ ربما لا تكون عاقة الدم في الاوعية الشعرية كافية لتوقيف الدورة بالكلية الاَّ اذا ضعف عمل القلب ايضًا . ولذلك يكون السبب الثاني للموت ضعف جانب القلب الايمن الناشي عن زيادة امتلائهِ بالدم الوارد اليهِ وما يعين في زيادة الامتلاء المذكورة الاجهاد الشهيقي الشديد الذي يصاحب الحالة المودية الى الموت بالاختناق . والسبب الثالث انهُ لما عورض سير الدم في الجانب الايمن من القلب حصل ولا بد احتقان وريدي في النخاع المستطيل والمراكز العصبية ويشتد الامر ضررًا بان البطين الايسر انما يقبل ويدفع دمًا وريديًّا فقط فتضعف الحركات التنفسية وحركات القلب. فاذا اجتمعت هذه الاسباب بطل عمل القلب اخيرًا . والسبب الرابع انهُ مما يودي الى بطلان عمل القلب ربما كان نقص كمية الدم الاكسجيني التي يحتاج اليها جوهرُ العضلي لاجل عملهِ الحيوي

وقد ظهر من التجارب الحديثة في الكلب انهُ اذا حُجِز الهواء عنهُ كما بسدّ القصبة كان معدل المدة التي دامت فيها الحركات التنفسية بعد حجز الهواء عنهُ اربع دقائق وخمس ثوان ومعدل مدة حركة القلب سبع دقائق واحدى عشرة ثانية فيكون معدل مدة حركة القلب بعد انقطاع حركة التنفس ثلاث دقائق

وبضع ثوانٍ . واعادوا التجربة في الارنب فكانت النتيجة كما ذكر . وظهر ايضًا من التجارب المذكورة انهُ لم يمكن استرجاع حيوة الحيوان بعد انقطاع عمل القلب

وقد ظهر من التجارب التي تتعلق بالغرق انهُ لا يمكن استرجاع الحيوة بعد تغطيس الحيوان دقيقة ونصف على انهُ يمكن استرجاعها بعد حجز الهواء عنهُ نحو اربع دقائق . وعللوا عن هذا الاختلاف بان في الغرق يخرج الهواء من الرئتين ويدخل الماء اليهما وبرهنوا على صدق التعليل المذكور بهذه التجربة وهي انهم اخذوا كلبين حجمهما واحد وسدوا قصبة احدهما وتركوا الثاني كما هو وغطسوا الاثنين في الماء في زمن واحد وابقوهما دقيقتين ثم اخرجوهما فعاد الاوّل الى الحيوة ولم يعد الثاني . فاستدلوا من ذلك ان دخول الماء الى الرئتين هو السبب الاعظم للموت السريع من الغرق . والنتائج التي توصلوا اليها من فحص رمم الغرقى مما يؤيد هذا القول لانهم شاهدوا ان الرئتين في الحيوانات التي سُدّت قصبتها محتقنتان فقط واما في الحيوانات الغرقى فكان احتقانها اشد وكانت المسالك الهوائية محشوّة زبدًا دمويًا مؤلفًا من دم وماء ومخاط ممزوجة بهواء الرئتين بواسطة الاجهاد التنفسي . ومن جملة التجارب التي اجروها من هذا القبيل انهم سدوا قصبة كلب قوي البنية وغطسوهُ في الماء اربع دقائق ثم اخرجوهُ فاخذ يتنفس بعد ثلاثة ارباع الدقيقة وعاد الى ما كان عليهِ بعد اربع دقائق . وشاهدوا ايضًا انهُ اذا نقص دخول الماء الى الرئتين بواسطة ضعف الاجهاد التنفسي كما اذا اوقع الحيوان في الغيبوبة بواسطة الكلوروفورم بحيث لم تبقَ لهُ قوة على الاجهاد الشديد في التنفس احتمل زمنًا اطول من التغطيس بدون ان يموت . ولعل هذا هو السبب في ان السكارى والمسمومين بالمخدرات والذين أُغمي عليهم يحتملون زمنًا من التغطيس في الماء اطول مما يحتملهُ غيرهم

ولا ريب في ان اجتماع الحامض الكربونيك في الدم ونقلهُ الى الاعضاء هما السبب الاصلي الذي تنشأ عنهُ ظواهر الاسفكسيا اي الاختناق على انواعهِ . لانهُ اذا لم يحدث ذلك لم يقع ضرر بالحيوة كما يشاهد في الحيوانات ذوات

الدم الحار التي تشتو فان تنفسها حينئذٍ يكاد يبطل ويعمل القلب عملاً بطيئاً ضعيفاً جداً وتكاد تتوقف جميع اعمال الحيوة الآلية بحيث يمكن حجز الهواء الجوي عنها زمناً طويلاً. وقد ابقى سپالتزيني مرموتاً شاتاً في الحامض الكربونيك اربع ساعات بدون ضرر وغطّس هال خفاشاً في الماء ست عشرة دقيقة وكبّابة اثنتين وعشرين دقيقة ونصف بلا ضرر للحيوة

الفصل الثامن

في الحرارة الحيوانيّة

معدّل حرارة الجسد البشري في الاجزاء الباطنة التي يمكن الوصول اليها بسهولة كالفم والمستقيم من ٩٨° ٥ الى ٩٩° ٥ درجة ف . واما في السطح الظاهر فتختلف في اقسام مختلفة درجتين او ثلاث درجات اذا كانت محميّة بالسوية من عمل البرد وهذا الاختلاف في الكيفية المذكورة موقوف خصوصاً على كمية الدم الواردة الى القسم . ويبحث غالباً عن الحرارة بالثرمومتر في الابط وقد شوهد ان معدلها العام هناك ٩٨° ٦ ف

واما الكيفيات الرئيسة التي تعمل في حرارة الجسد وهو في الصحة فهي على ما ياتي:

السن . معدل حرارة الطفل المولود حديثاً لا يزيد عن البالغ باكثر من ١° ف . وينقص هذا الاختلاف الزهيد كلما تقدم الطفل في السن الى زمن الشباب والكهولة ثم يعود مرةً اخرى في زمن الشيخوخة. غير ان قوة توليد الحرارة في الشيوخ والاطفال ضعيفة بالنسبة الى الواقع في الشباب والكهولة. وقد امتحن