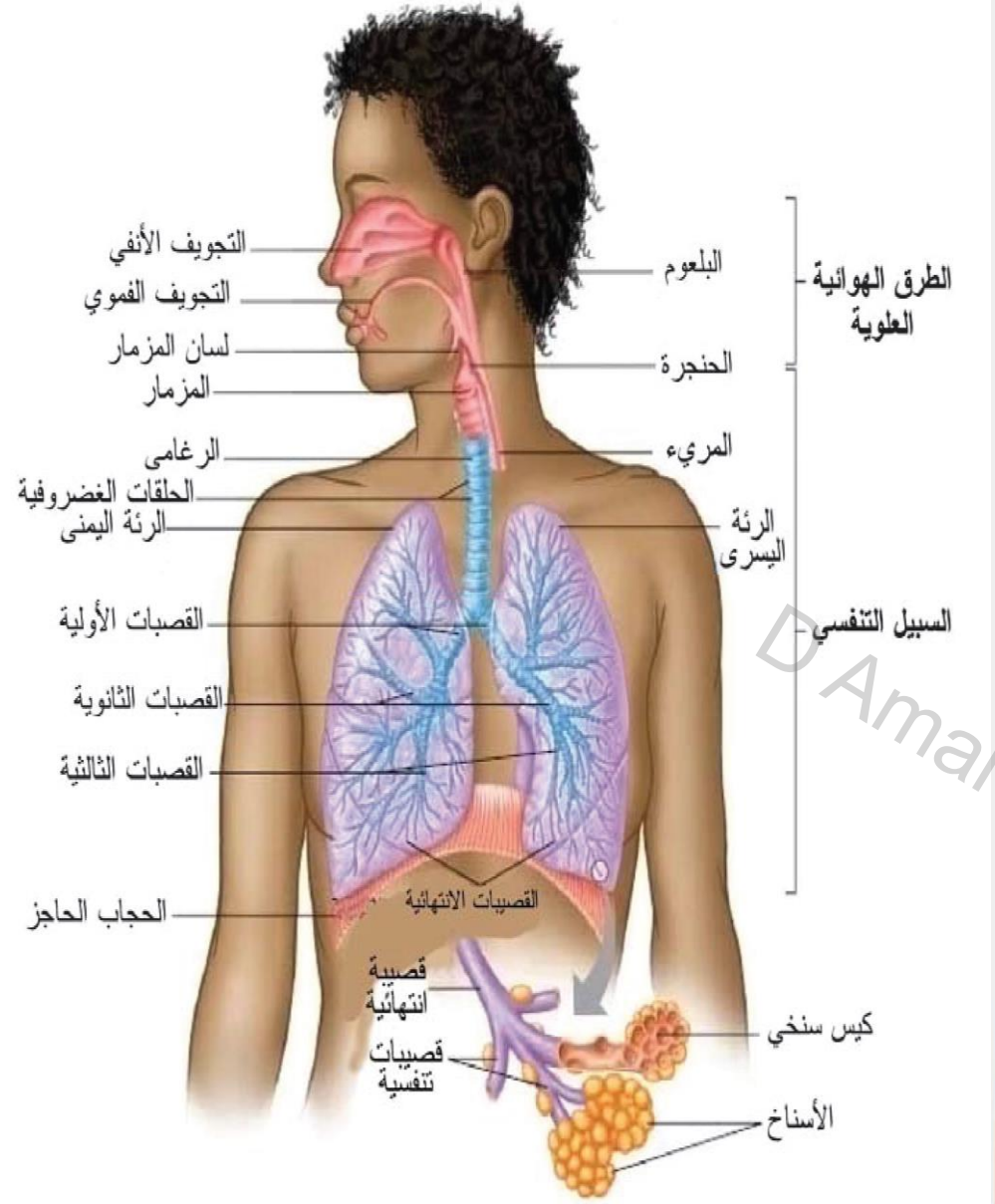
جامعة الشام الخاصة
Al-Sham Private University

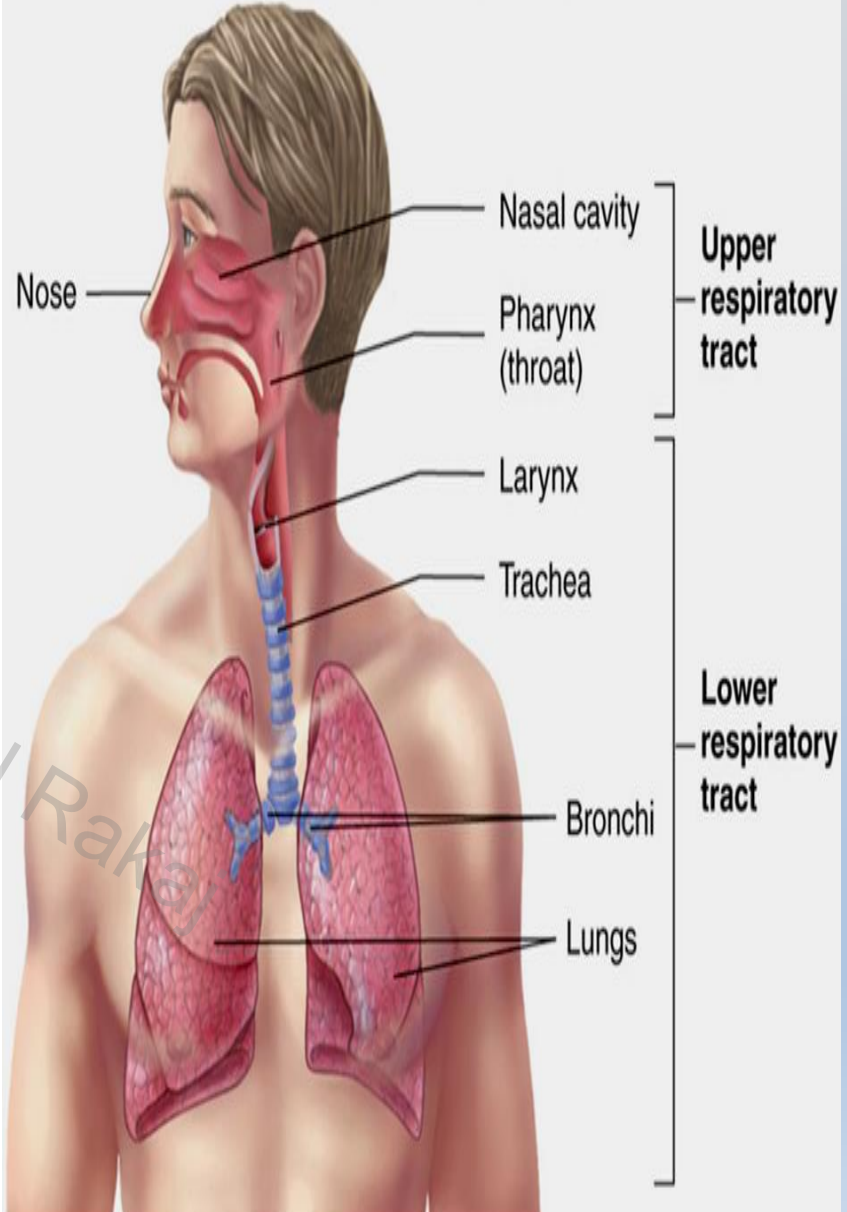
كلية: الصيدلة Faculty of Pharmacy	مقرر: فيزيولوجيا وفيزيواوجيا مرضية Physiology and Pathophysiology
الرمز: PHR 319	مدرس المقرر: د. أمل ركاج

Physiology of respiratory system

فيزولوجيا الجهاز التنفسي

nose – pharynx – larynx – tranchea – premary branchiole – secondary branchiole – alveoli





D Amal Raka

يتألف الجهاز التنفسي تشريحيا من :

1- **الرئتان : lungs** : أهم عضو بجهاز التنفس ، تنقسم الرئة اليمنى الى ثلاثة فصوص والرئة اليسرى الى فصين ، كل رئة مغطاة بغشاء الجنب **pleura** المؤلف من وريقتين حشوية ملاصقة للرئة والثانية جدارية تبطن القفص الصدري بينهما الجوف الجنبي المملوء بالسائل الجنبي 15مل، يفصلهما عن البطن عضلة الحجاب الحاجز

2- **مجرى الهواء العلوي** : **upper air way** أي الطريق الهوائي في الرأس يبدأ من الأنف nose: فالجوف الأنفي: Nasal cavity فالبلعوم : pharynx

3- **السبيل التنفسي : Respiratory tract** يشمل جميع المجاري التي تنقل الهواء من الحنجرة إلى الأسناخ وتقسم إلى منطقة توصيل ومنطقة تنفسية الفارق بينهما هو ثخانة وبنية جدار الممر الهوائي

منطقة التوصيل

الحنجرة larynx وهي حيز مفتوح تغلق بلسان المزمار لمنع مرور الطعام والشراب إلى الرغامى ، وهي تحوي الحبال الصوتية التي تصدر الأصوات أثناء مرور الهواء

فالرغامى : Trachea : أنبوب طوله 10 سم وقطره 2.5 سم يبقى مفتوحا بسبب احتواء جدره على حلقات غضروفية ناقصة ويبقى جداره الخلفي مرنا ليسمح للمري بالتمدد أثناء بلع الطعام

والقصبة : Branchus تشبه الرغامى باحتوائها على حلقات غضروفية لكنها تامة خلافا للرغامى، تنقسم كل قصبة ضمن الرئة إلى قصبات ثانوية ويتتالى انقسام القصبات حتى نصل للقصيبات **Bronchioles** وهي تحوي ألياف مرنة تحول دون انخماصها ، تنتهي بالقصيبات الانتهائية ، وهي آخر جزء من أجزاء منطقة التوصيل ، والسفلية منها تمتاز بانعدام الغضاريف واحتواء جدرها على كمية كبيرة من العضلات الملس التي تمكنها من التحكم بأقطارها وجريان الهواء عبرها

الخصائص التشريحية للمنطقتين الموصلة والتنفسية للسبيل التنفسي

	المنطقة	القطر الداخلي (مم)	الأهداب	الخلايا الكأسية	الغضاريف	العضلات الملس
المنطقة الموصلة	الحنجرة	45 ـ 35	+++	+++	+++	0
	الرغامى	25 ـ 20	+++	+++	+++ (نصف حلقية)	+
	قصبات أولية	16 ـ 12	+++	++	+++ (حلقية)	++
	قصبات ثانوية	12 ـ 10	+++	++	+++ (مسطحة)	++
	قصبات ثالثية	10 ـ 8	+++	++	++ (مسطحة)	++
	قصبات أصغرية	8 ـ 1	+++	+	++ (مسطحة)	++
	قصيبات	1 ـ 0.5	++	+	0	+++
	قصيبات انتهائية	< 0.5	++	0	0	+++
المنطقة التنفسية	قصيبات تنفسية	< 0.5	+	0	0	+
	أكياس سنخية	0.3	0	0	0	0

D.Amal Rakaj

المنطقة التنفسية

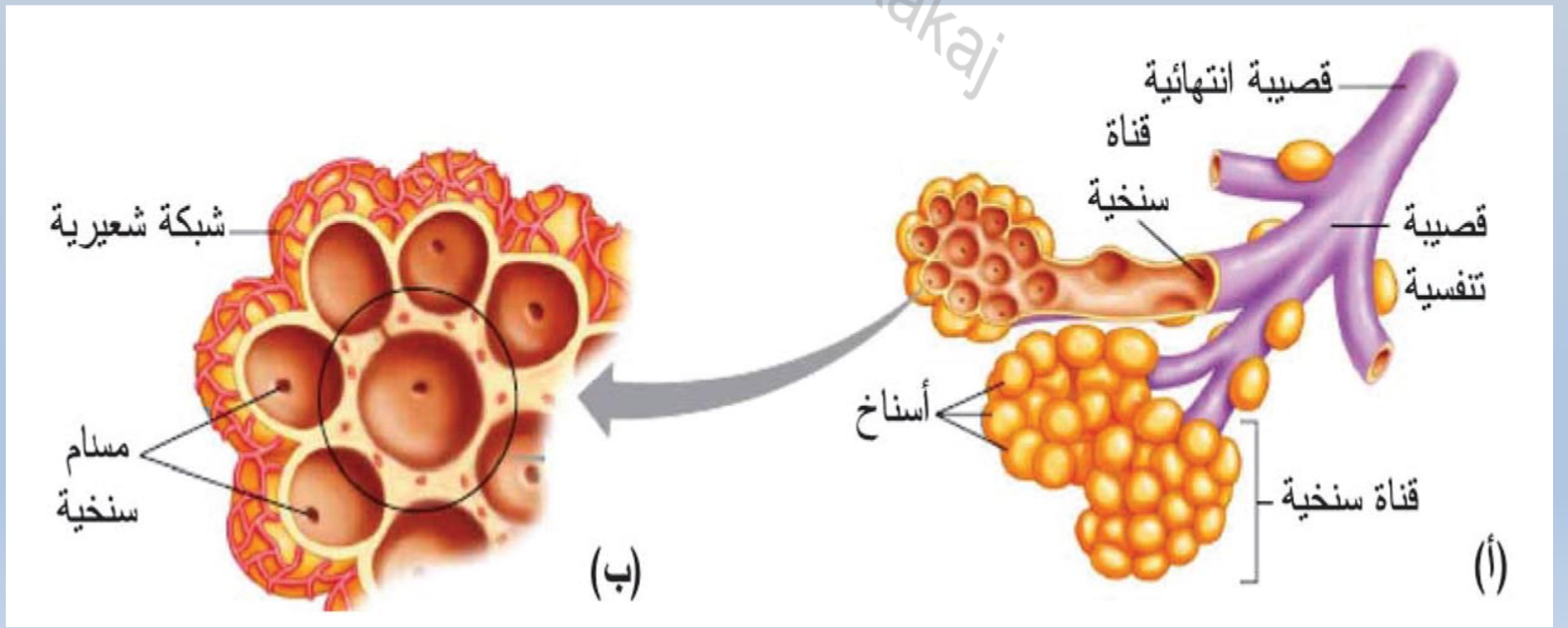
تبدأ بالقصيبات التنفسية بعد القصيبات الانتهائية مباشرة ، وتنتهي بالقنوات السنخية التي تقود إلى الأسناخ **Aveoli** التي تجتمع في معظمها على شكل عناقيد تدعى الأكياس السنخية **Alveolar sacs**

تمتاز المنطقة التنفسية برقة جدرها ، وسعة سطحها، وتماسها المباشر مع الشعيرات الدموية الرئوية ، وهي منطقة التبادل الغازي ، إذ يتالف جدار السنخ من طبقة وحيدة ظهارية تدعى الخلايا السنخية، تكون بتماس مباشر مع الغشاء القاعدي للخلايا البطانية للشعيرات الدموية ،مما يشكل الغشاء التنفسي

يبدو بالشكل الوحدة التنفسية المؤلفة من : قصيبة تنفسية ، القنوات السنخية والاسناخ

يوجد 300مليون سنخ بكلتا الرئتين ، متوسط قطر كل سنخ 0,2 ملم .

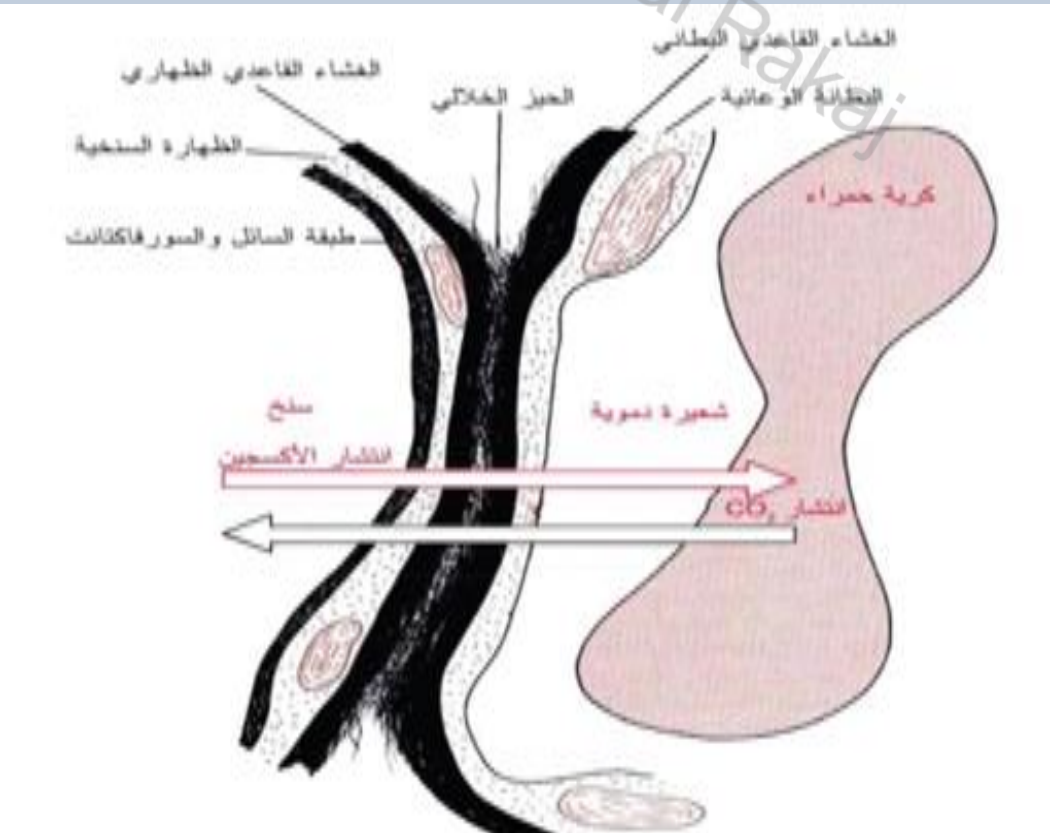
Dr Hiba Rakaj



البنية الدقيقة للغشاء التنفسي

١- طبقة من السائل المبطن للسنخ تحوي السورفاكتانت الذي ينقص التوتر السطحي للسائل السنخي
٢-الظهارة السنخية المؤلفة من خلايا ظهارية رقيقة جدا
٣-غشاء قاعدي ظهاري
٤- مسافة خلالية رقيقة جدا بين الظهارة السنخية والغشاء الشعيري
٥- غشاء قاعدي شعيري يندمج في أماكن عديدة مع الغشاء القاعدي الظهاري
٦- غشاء بطاني شعيري

Dr Amal Rakej



ورغم العدد الكبير من الطبقات للغشاء التنفسي فإن ثخانته النهائية في بعض المناطق لا تتجاوز 0,2 ميكرومتر ومتوسط هذه الثخانة 0,6 ميكرومتر .

تقدر مساحة سطح الغشاء التنفسي بنحو 50-100 مترمربع عند الإنسان البالغ السوي وتعادل كمية الدم الكلية في الشعيرات الرئوية في أي لحظة 60-140 مل/ دم.

فاذا تخيلنا أن على هذه الكمية الضئيلة من الدم أن تنتشر على كامل سطح غرفة أبعادها 7-8م٢ يكون من السهل علينا فهم سعة المبادلات التنفسية للغازات

Dr.Amal Rakaj

تزداد أحيانا ثخانة الغشاء نتيجة :

a) الإصابة بسائل وذمي في المسافة الخلالية للغشاء في الأسناخ
b) الإصابة بتليف في الرئتين مما يعيق انتشار الغازات

وبالتالي زيادة ثخانة الغشاء تنقص من سرعة عبور الغاز(تناسب عكسي)

تنقص مساحة سطح الغشاء التنفسي في بعض الحالات كما في :

a) استئصال الرئة
b) النفاخ الرئوي Ephysema حيث تتخرب جدرالأسناخ فيلتحم بعضها مع بعض وتنقص مساحة السطح الكلية لغشاء التنفس مما يؤدي إلى إعاقة المبادلات الغازية إلى درجة كبيرة

العوامل التي تحدد سرعة عبور الغاز من خلال الغشاء (Diffusion)

Diffusion : هوعبور الغازعبر الغشاء التنفسي بين الأسناخ والأوعية الشعرية

العوامل التي تزيد من : Diffusion في الوسط الغازي Gaseous

١) Surface area (مساحة السطح) التي تنقص بحال النفاخ الرئوي او اسئصال إحدى الرئتين

٢)Temperatue (الحرارة)

٣) Densite (الكثافة)

٤)P1-P2 (مدروج الضغط) أي الفرق بين الضغط الجزئي للغاز في الأسناخ والضغط الجزئي للغاز في الدم الشعري

العوامل التي تنقص من Diffusion في الوسط الغازي Gaseous

A.Thikness : الثخانة) التي تزداد نتيجة وجود سائل وذمي في الحيز الخلالي للغشاء وفي الأسناخ

B.Molecular weight (الوزن الجزيئي)

العوامل التي تؤثر على Diffusion في الوسط المائي Aqueous

نفس العوامل السابقة يضاف اليها :

A. Solubility =(الانحلالية) علاقة طردية مع Diffusion

B.Viscovisity =(اللزوجة) علاقة عكسية مع Diffusion

D Amal Rakai

.إن تعبير التنفس يستخدم للإشارة إلى مفهومين :

١-التنفس الخارجي : عملية تبادل الغازات بين الوسط الخارجي والرئتين.

٢ -التنفس الداخلي : عملية تبادل الغازات بين الخلايا والوسط السائل المحيط بها (استهلاك الخلايا للأكسجين وإنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون).

Dr.Amal Rakaj

يتكون الجهاز التنفسي وظيفياً من:

A- الرئتين (العضوين اللذين يتم بهما تبادل الغازات).

B-المضخة التي تضخ الهواء من وإلى الرئتين وتتألف من:

١. جدار الصدر.

٢. العضلات التنفسية التي تزيد وتنقص حجم الجوف الصدري .

٣. المناطق الدماغية و السبل والأعصاب التي تربط بين هذه المناطق والعضلات التنفسية

وظائف الجهاز التنفسي

- تبادل الغازات. يسمح الجهاز التنفسي بتبادل الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون بين كل من الهواء و الدم. وهو اهم هدف للتنفس
- المساهمة في تنظيم PH الدم، يستطيع الجهاز التنفسي أن يغير PH الدم عن طريق تغييره مستوى Co2 في الدم.
- إنتاج الأصوات التي يحتاج الإنسان إليها في أثناء التكلم (نتيجة مرور الهواء خلال الحبال الصوتية).
- تأمين المناطق التي تعدُّ بمثابة مستقبلات لحس الشم.
- القيام بوظيفة حماية الجسم بمنعه الجراثيم من الدخول إليه

- **الوظائف الاستقلابية للرئة :**

D Amal Rakaj

- تشكيل الفوسفوليبيدات
- تشكيل البروتينات (كولاجين والايلاستين)
- استقلاب السكريات
- تحويل الانجيوتنسين 1 إلى الانجيوتنسين 11 بواسطة العامل القالب
- إفراز بعض الغلوبولينات المناعية IgA

ولإنجاز هدف الجهاز التنفسي يمكن تقسيم التنفس إلى أربعة حوادث وظيفية رئيسية:

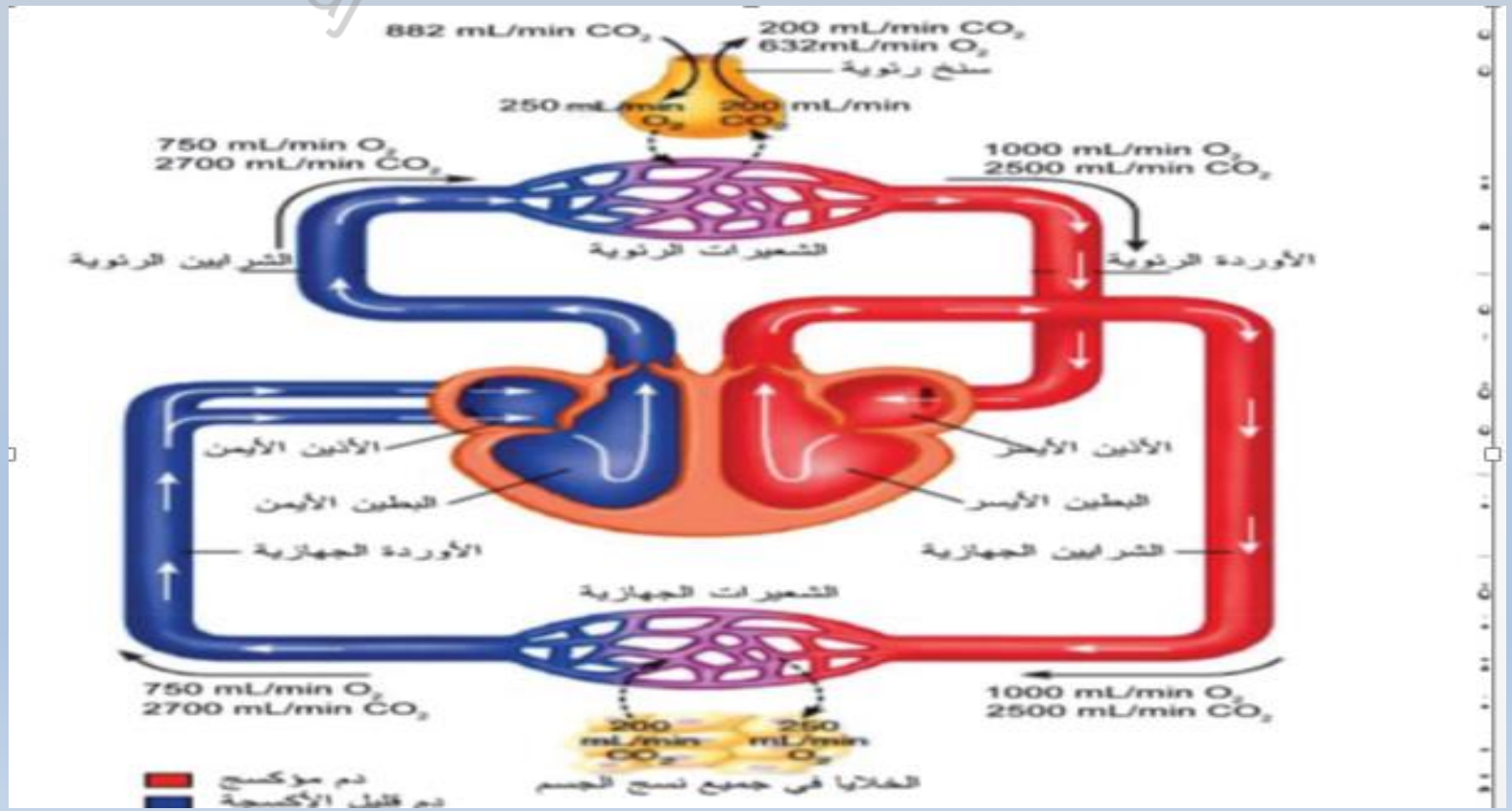
- التهوية الرئوية: تعني تبادل الهواء بين الجو الخارجي وأسناخ الرئة.
- التبادل الغازي -
- النقل نقل الأكسجين وثاني أكسيد الكربون بوساطة الدم وسوائل البدن من وإلى الخلايا
- تنظيم التنفس

الدوران الرئوي

تعادل كمية الدم المتدفقة عبر الرئتين في الدقيقة كمية الدم الواردة للرئتين عبر الدوران الجهازي، ويبلغ حجم الدم في الرئتين 9% من كامل حجم الدم في جهاز الدوران .

يعود الدم قليل الأكسجة إلى الأذين اليمنى فالبطين الأيمن الذي يضخه إلى الرئتين عبر الشريانين الرئويين ، ويحمل الدم قليل الأكسجة في كل دقيقة 750 مل من الأوكسيجين و2700 مل من ثاني أوكسيد الكربون إلى الرئتين ليتم التبادل الغازي في مستوى الشعيرات الدموية ، فيكسب الدم 250 مل اوكسيجين ويخسر 200 مل ثاني أوكسيد الكربون في كل دقيقة . ويعود الدم المؤكسج عبرالأوردة الرئوية إلى الأذين الأيسر حاملا 1000 مل اوكسيجين 2500 مل ثاني أوكسيد الكربون في كل دقيقة لينضم إلى الدوران الجهازي عبر البطين الأيسر .

Dr Mad Rakaj



بعض القوانين المتعلقة بحركية الغازات

١- قانون بويل : هناك علاقة عكسية بين ضغط الغاز وحجم الوعاء الموضوع فيه , حيث أنه لدى وضع كمية من الغاز في وعاء كبير الحجم , يقل عدد جزيئاته التي تقرع جدار الوعاء , وبالتالي تولد ضغطا أقل من وضع نفس كمية الغاز في وعاء صغير الحجم لأن جزيئات الغاز التي تصدم جدار الوعاء ،تكون أكثرعددا وبالتالي يصبح ضغط الغاز مرتفعا .

٢- قانون دالتون : الخاص بالضغوط الجزئية : إن الضغط الكلي لخليط غازي يساوي مجموع الضغوط الجزئية للغازات المكونة له ، وبالتالي فإن الضغط الجزئي لغاز يتناسب طردا مع نسبته المئوية في الخليط الغازي.

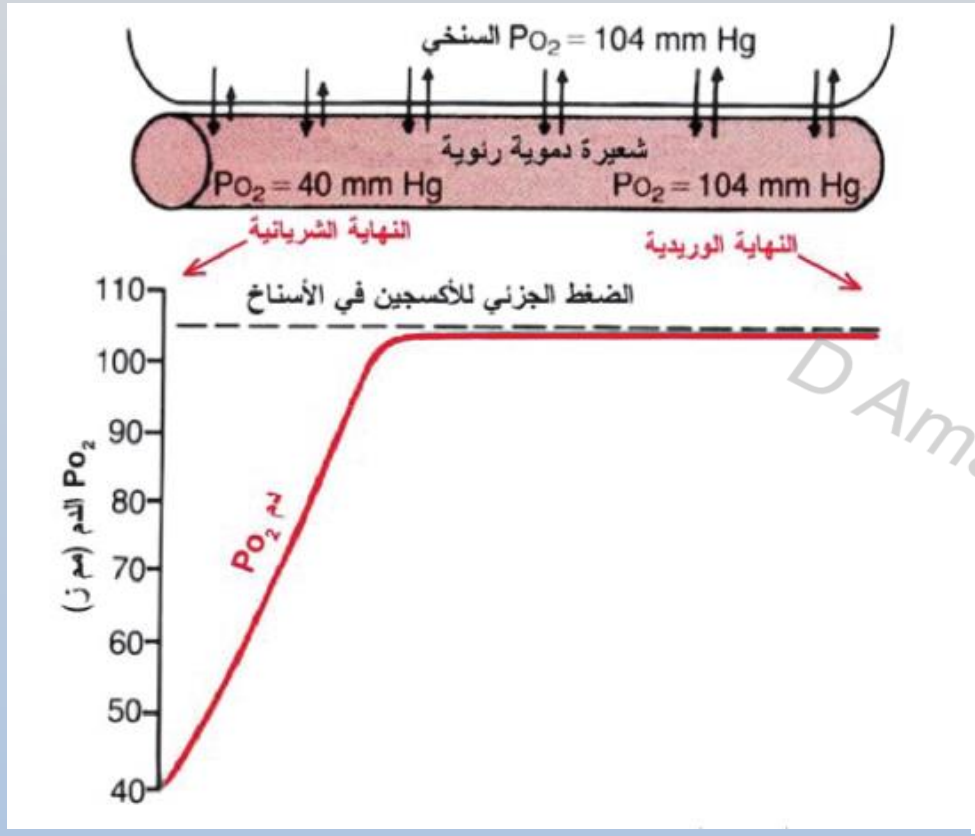
يتركب الهواء تقريباً من 79% من النتروجين ، و21% من الأكسجين، والضغط الكلي لهذا المزيج 760ملم /زئبقي عند مستوى سطح البحر، ويتضح مما سبق أنّ كل غاز يشارك في الضغط الكلي بشكل يتناسب مباشرةً مع تركيزه ، وهذا يعني أن الضغط الجزئي للنتروجين في المزيج 600 ملم زئبقي، والضغط الجزئي للأكسجين هو 160ملم/ ز، في حين أن ضغطه الجزئي في هواء الأسناخ القادم من الهواء 104 ملم / ز و40 ملم / ز بالنسبة لـ CO_2 .

٣- قانون هنري :

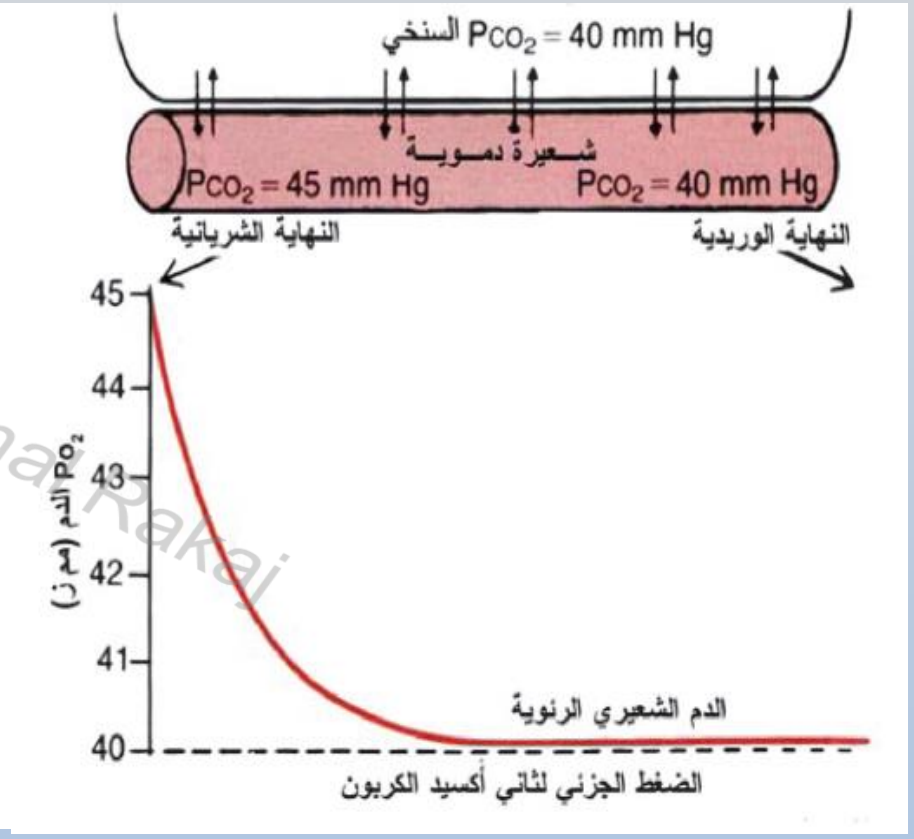
إن كمية الغاز المنحلة في سائل ما تتناسب طردا مع الضغط الجزئي للغاز ومقدار انحلاله في السائل .

D Amal Rabie

تبادل الهواء بين الجو الخارجي والأسناخ الرئوية



قبط الاوكسيجين من قبل الشعيرات الرئوية



انتشار CO2 من الشعيرات الرئوية إلى الأسناخ

D Amal Rakai

ملاحظة : حسب قانون هنري إن ضغط الغاز في محلول لا يتحدد بتركيزه في هذا المحلول فقط ولكن أيضا بمعامل ذوبان هذا الغازومنه فإن غاز CO2 قابل للذوبان أكثر بعشرين مرة من O2.

زيحان منحني تفارق الاوكسيجين –الخضاب

فعل بور : Bohr Effect

عندما يمر الدم عبر الرئتين ينتشر CO2 من الدم إلى الأسناخ مما ينقص PC02 وتركيز H أيضا بسبب نقص حمض الكربون ، وتزداد PO2 مما يزيح منحني تفارق الاوكسيجين مع الخضاب إلى اليسار

، وهذا ما يسمح بارتباط كميات كبيرة من الاوكسيجين مع الخضاب ، وهو ما يدعى بفعل بور

وتحدث تأثيرات معاكسة تماما عندما يصل الدم إلى النسج يزداد PCO2 الدم وتركيز شوارد الهيدروجين بسبب الاستقلاب ،مما يزيح المنحني نحو اليمين ، فيطرد الاوكسيجين من الخضاب ليصل إلى النسج .

D Amal Fakai

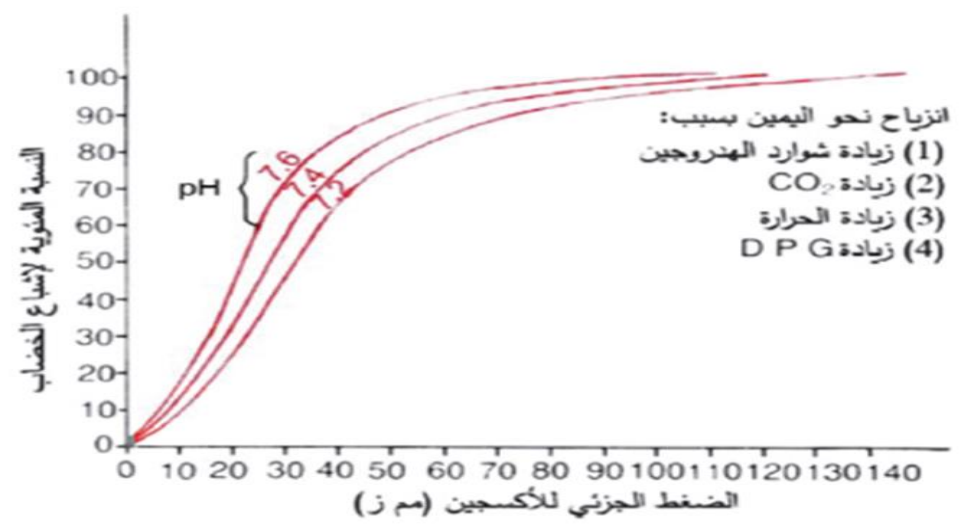
فعل هالدن : Effect Haldane

إن زيادة PCO2 الدم في الأنسجة تسبب إزاحة O2 عن الخضاب وانتقاله للأنسجة ’

وهذا ما يسمح بارتباط كميات كبيرة من CO2 مع الخضاب

أي أن هالدان يحض على نقل كمية من CO2 أكبر من كمية الـ O2 التي يحض على نقلها فعل بور

وبور يحض على نقل كمية من O2 أكبر من الكمية من CO2 من الكمية التي يحض عليها هالدان



•منحنى تفارق – الاوكسيجين – هيموغلوبين

•ينزاح المنحنى نحو اليمين بالحالات التالية عادة بالأنسجة: أي أن الفة الخضاب للاوكسيجين تنخفض

1-زيادة PCO2

2-زيادة H نتيجة للتفاعلات الاستقلابية

3-ارتفاع درجة الحرارة مثلا أثناء تمرين رياضي

4-وزيادة Diphosphoglycerate وهو مركب

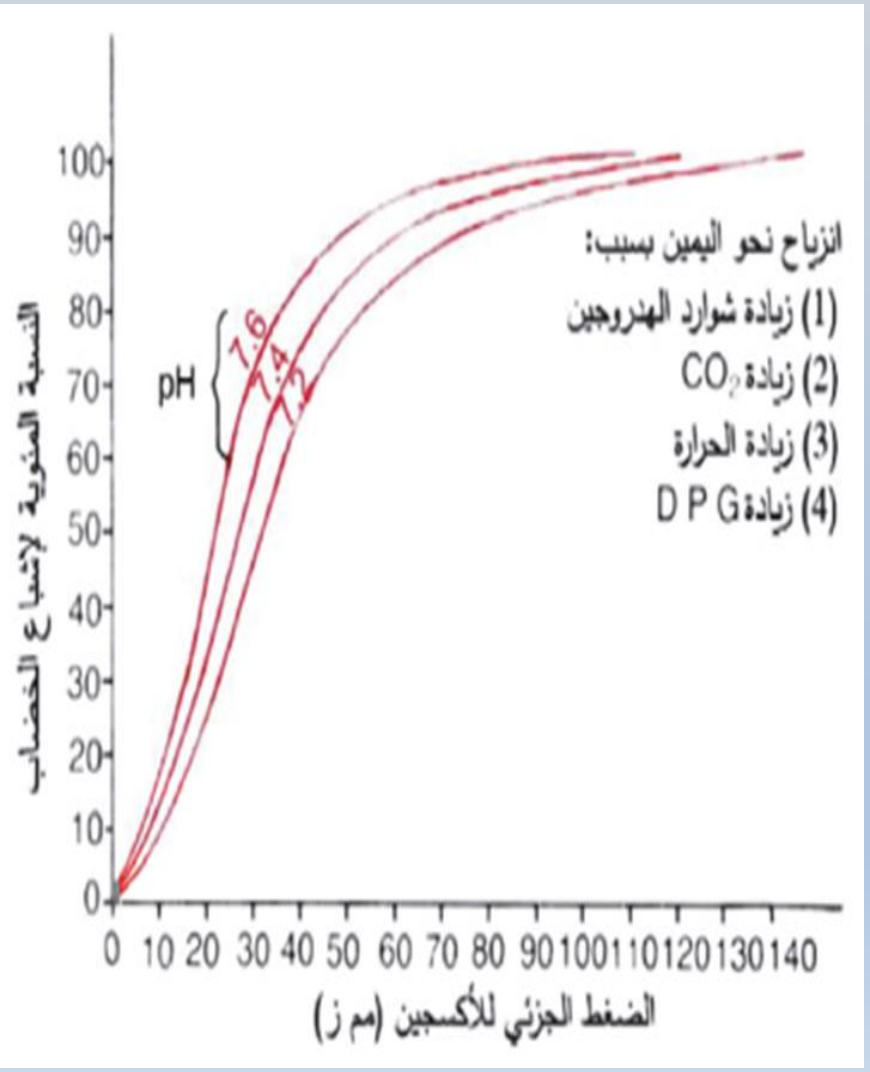
تنتجه الكريات الحمر أثناء عملية تحلل السكر بالطريق

اللاهوائي مؤديا إلى طرد الاوكسيجين من الخضاب إلى النسج

يزداد DPG لدى نقص الاوكسيجين لساعات مما يسمح بتحرر

اكبر للأوكسيجين من الهيموغلوبين الى النسج

كالحياة بالمناطق المرتفعة



ينزاح المنحنى نحو اليسار بالحالات التالية :عادة في الرئتين

أي ان ألفة الهيموغلوبين للأوكسيجين تزداد بحال :

نقص PCO2

نقص H

نقص حرارة الجسم

نقص Diphosphoglycerate

زيادة PO2

D Amal Bakaj

نقل الاوكسجين

يتم نقل الاوكسجين بطريقتين

1-عن طريق هيموغلوبين الكريات الحمر

يكون PO2 عند مستوى سطح البحر 100ملم/ ز، يرتبط الهيوغلوبين مع الأوكسيجين وتصل نسبة إشباع الهيموغلوبين بالأوكسيجين إلى 98% حسب هذا التفاعل العكوس ،حيث يتجه نحو اليمين بالرئتين ونحو اليسارفي النسج .

Hb+O2 ➔➔ Hbo2

علما أن كل غرام خضاب (هيموغلوبين) يثبت 1,34 مل الاوكسجين، وبما أن الدم يحتوي على 15 غرام/100 مل/ دم من الهيموغلوبين فإن 100 مل دم تستطيع نقل 20 مل اوكسيجين

2-الاوكسجين المنحل (المذاب)

إن ذوبانية غاز الاوكسجين في الدم قليلة جدا حيث :

تقدر كمية الاوكسجين المذابة في 100 مل من الدم الشرياني بـ 0,3 مل بشروط ضغط جزئي Po2 للاوكسجين 100 ملم /ز

تقدر كمية الاوكسجين المذابة في 100 مل من الدم الوريدي بـ 0,12 مل بشروط ضغط جزئي Po2 للاوكسجين 40ملم/ز

هذا الفرق بين تركيز الدم الشرياني والوريدي كاف لإمداد الجسم بما يحتاجه من الاوكسجين حتى في ظروف الجهد الشاقة أو التمرين العضلي، هذا الاوكسجين المنحل ورغم كمية الفرق القليلة بين الدم الشرياني والوريدي فإن أهميته كبيرة حيث يمد الجسم بالاوكسيجين بحالة الجهد المستمر والشاق ، كذلك لإيصال الاوكسيجين للمناطق من الجسم المحرومة منه كالقرنية .

نظرا للعلاقة : **اوكسجين الهيموغلوبين ➔➔ الاوكسجين المنحل**

- يكون الهيموغلوبين مشبعا 98% بضغط جزئي للاوكسيجين 100ملم/ ز في الرئتين
- وتكون نسبة اشباعه بالاوكسيجين 75% بضغط جزئي للاوكسيجين 40 ملم / زكما هو الحال في الدم الوريدي
- أي أن الدم يخسرنحو 25% من حمولته من الاوكسيجين في مستوى الأنسجة .

D Amal Rakaj

نقل غاز ثاني اوكسيد الكربون:

أ- دور البلاسما

ينتقل Co2 من الأنسجة إلى السائل الخلالي وبالتالي إلى الدم فالرئتين حيث تسهم البلازما بنقله بثلاثة أشكال:

١. **بشكل منحل**: حيث ينحل **7%** من إجمالي هذا الغاز في البلاسما (رغم درجة ذوبانه المرتفعة).

٢. **ينتقل جزء منه على شكل بيكربونات**

$CO_2 + H_2O = H_2CO_3 \leftrightarrows H + HCO_3$

وهو محدود لعدم وجود أنظيم الانهيدرازكاربونيك.

٣. **ينتقل قسم منه بعد تفاعله مع الجذر الأميني لبروتينات البلاسما مشكلا مركبات كاربامينية.**

ب - انتقاله عبر هيموغلوبين الكريات الحمر

ارتباط CO2 مع الزمرة الامينية لـ Hb مشكلا مركبا كاربامينيا (تشكل **23%** من إجمالي CO2 المنقول)

$Hb\ CO_2 \leftrightarrows Hb + CO_2$ وهو تفاعل عكوس

في الأنسجة PCO2 مرتفع سيتجه التفاعل نحو اليمين

في الرئتين PCO2 منخفض سيتجه التفاعل نحو اليسار

ج -انتقال CO2 على شكل بيكربونات : تشكل **70%** من إجمالي CO2 المنقول بالدم

لا تنتقل شاردة البيكربونات عبر الغشاء الخلوي للكريات الحمر إلا بالتبادل مع شاردة سلبية أخرى وهي الكلور على عكس CO2 الذي يتمتع بحرية كبيرة في الإنتقال عبر الأغشية .

تحتوي الكرية الحمراء على أنظيم الانهيدراز كاربونيك الذي يسرع ارتباط CO2 مع H2O بمقدار 5000 ضعف مشكلاً حمض الكربون H2CO3

D.Amal Kaka

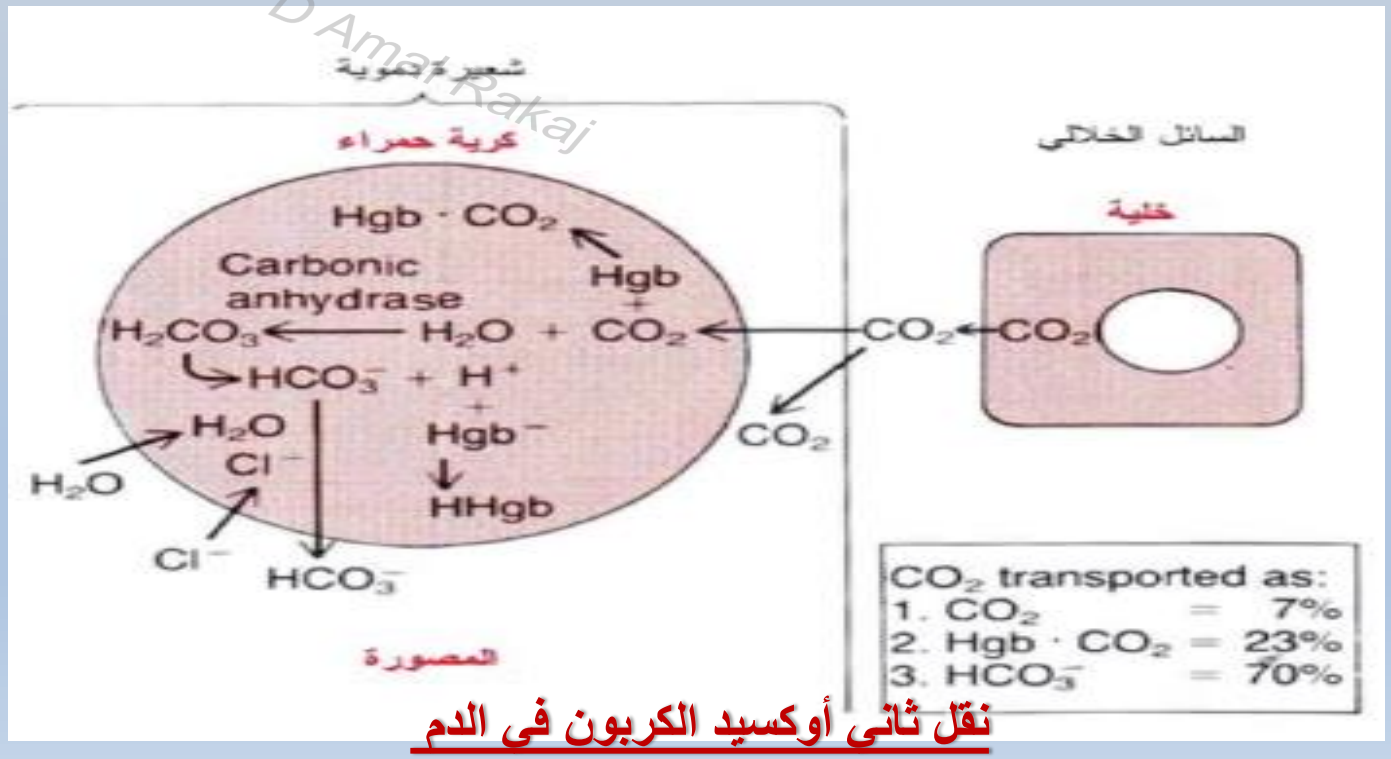
PCO2 مرتفع في الأنسجة : سيدخل CO2 إلى الكرية ويتحد مع H2O مشكلا حمض الكربون

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ يتم هذا التفاعل بتوسط أنظيم الانهيدراز كاربونيك

$H_2CO_3 \leftarrow H + HCO_3$

يرتبط H مع الخضاب الذي يتخلى عن O2 للأنسجة ، كما تتخلى Hb للهيموغلوبين عن O2 لترتبط بـ CO2 النسج في حين تنتقل HCO3 إلى البلاسما بالتبادل مع CL

في الرئتين PCO2 منخفض: لذلك يحدث العكس حيث تدخل HCO3 إلى الكرية بالتبادل مع CL الذي يخرج إلى البلاسما يتخلى الخضاب عن H ليرتبط مع HCO3 مشكلا H2CO3 فيصبح الخضاب أكثر ميلا للارتباط مع O2 نظرا لارتفاع PO2 يتفكك بعد ذلك $H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O$ بتوسط أنظيم الانهيدراز كاربونيك ، ليطرح بعد ذلك CO2 عبر الرئتين



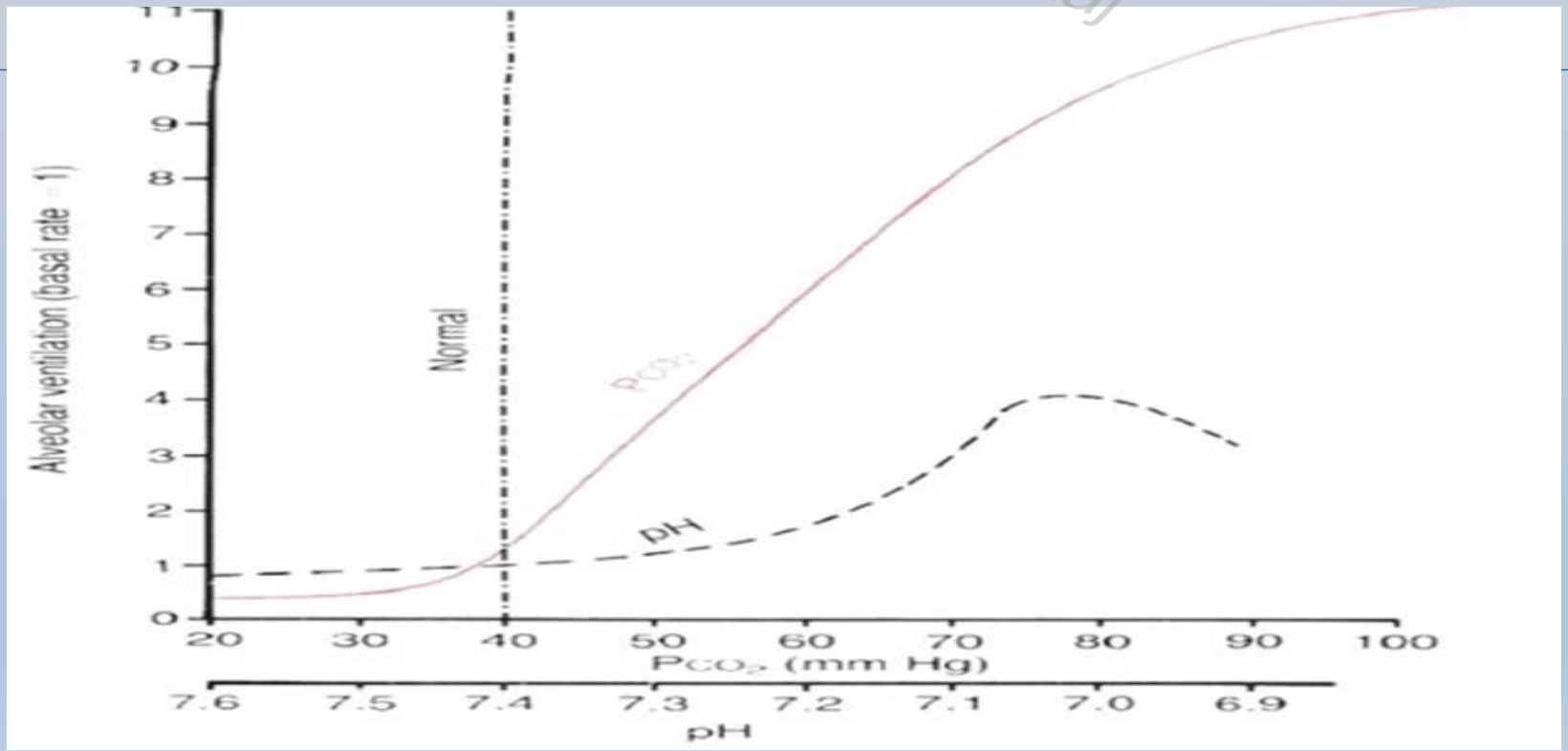
D Amar Rakaj

نقل ثاني أوكسيد الكربون في الدم

التهوية الرئوية : أو التنفس هو تبادل الغاز بين الهواء الجوي والرئتين Ventilation
هي حاصل ضرب الحجم المدي (٥٠٠ مل) بمعدل التنفس بالدقيقة أي12 ×500=6 ل

من أهم العوامل في تعديل التهوية الرئوية استجابة المستقبلات الكيميائية المحيطية في الأبهر والسباتيين لارتفاع PCO2 وانخفاض درجة الحموضة PH وانخفاض PO2 في الدم .

كما يؤدي تزايد الهيدروجين أيضا بشكل غير مباشر ناجم عن زيادة تركيز CO2 واتحاده مع H2O مشكلا H2CO3 ،الذي يتفكك إلى H و HCO3 في السائل الدماغي الشوكي، هذا الهيدروجين يؤدي إلى تنبه المستقبلات الكيميائية المركزية حيث ترسل هذه المستقبلات نبضات إلى المركز التنفسي فيزداد تواتر الشهيق .



تأثير ارتفاع Pco2 الشرياني ونقص PH الدم الشرياني في التهوية السنخية

تتأثر التهوية الرئوية بعاملين هامين هما :

١ ـ مقاومة المجرى الهوائي **2- ومطاوعة الرئتين**

1- مقاومة المجرى الهوائي

تواجه جزيئات الغاز أثناء جريانها مقاومة نتيجة اصطدامها مع جدران المجرى الهوائي لذلك :

١- يزيد تضيق قطر المجرى الهوائي من مقاومته وبالتالي ينقص جريان الهواء

٢- يزيد مدروج الضغط بين الهواء الجوي وداخل الرئوي من جريان الهواء

(جريان الهواء = مدروج الضغط /المقاومة)

ثمة عوامل تغير مقاومة المجرى الهوائي من خلال تغيير قطره ،يحدث هذا التعديل من خلال تقلص أو استرخاء العضلات الملساء الموجودة في جدار المجرى الهوائي وبخاصة ما يوجد منها في القصيبات.

BAnalRakaj

دور الجملة العصبية المستقلة على مقاومة المجرى الهوائي

تحرر العصبونات نظيرة الودية الأستيل كولين الذي يحرض على تضيق القصيبات ويرفع مقاومة المجرى الهوائي وبالتالي ينقص جريان الهواء فيه .

وعلى نحو مشابه يعمل الهيستامين المحرر أثناء التفاعلات الارجية على تقبض القصيبات ورفع مقاومة المجرى الهوائي وإنقاص جريان الهواء فيه وبالتالي ظهور صعوبات تنفسية

وخلافا لذلك يقوم الابينيفرين بتوسيع القصيبات وإنقاص مقاومة المجرى الهوائي وبالتالي تحسين جريان الهواء.

العوامل الأخرى المؤثرة في التهوية Other factors influence Ventilation

1- **التحكم الإرادي** :

يتحقق التحكم الإرادي من خلال الإشارات التي ترسلها القشرة المخية إلى العضلات التنفسية ،وتجعلنا نتحكم بسرعة وعمق أنفاسنا بصورة إرادية،وكذلك يمكننا حبس افاسنا إلا أن الإشارات العصبية التي ترسلها المستقبلات الكيميائية تتغلب على هذا الضبط الإرادي وتدفع المرء إلى التوقف عن حبس أنفاسه.

٢- الألم والعواطف:

يمكن للألم والعواطف القوية كالخوف والقلق أن تؤثر في سرعة وعمق التنفس عن طريق الوطاء Hypothalamus الذي يستطيع تنبيه المراكز التنفسية أو تثبيطها

D Amal Rakai

٣- المهيجات الرئوية : تنبه المهيجات المتنوعة مثل الغبار والدخان والكميات الزائدة من المخاط مستقبلات المجرى الهوائي وتحرض منعكسات وقائية مثل السعال والعطاس التي تخفف من حدة المهيج .

٤ - انتفاخ الرئتين المفرط : ترسل مستقبلات التمطط Streth Receptors الموجودة في الجنبة الحشوية وفي المجرى الهوائي إشارات تثبيطية إلى المراكز التنفسية خلال الشهيق المفرط في العمق، ويمنع ذلك من تمطيط مفرط للرئتين ويعرف بمنعكس هيرنغ – بروير أو منعكس نفخ الرئتين Hering – Breuer Reflex

.

نقص التهوية: Hypoventilation

يؤدي انخفاض سرعة التنفس وعمقه إلى مستويات منخفضة إلى انخفاض PO2 وزيادة PCO2 وهذا يؤدي إلى تحريض المستقبلات الكيميائية المحيطية التي تتأثر بزيادة PCO2 و H أكثر من نقص PO2 مما يدفعها لإرسال أعداد اكبر من الإشارات العصبية إلى المراكز التنفسية التي تقوم بدورها بتنبيه العضلات التنفسية وزيادة سرعة التنفس وعمقه

فرط التهوية : Hyper ventilation

يؤدي تنفس أسرع وأعمق إلى انقاص PCO2 و P(H) وارتفاع PO2 مما يؤدي إلى إزاحة التفاعل إلى اليسار $CO2+H2O = H+HCO3-$

بالتالي سترسل نبضات أقل للمراكز التنفسية والتي سترسل نبضات أقل إلى العضلات التنفسية فتنخفض سرعة التنفس وعمقه وتعود غازات الدم الشرياني والباهاء إلى مستوياتها الطبيعية .

Dr.Amal Rak

مطاوعة الرئتين Compliance of the lungs

هي تغير حجم الرئتين بتغير الضغط داخل الرئوي ، أي مقدار تمدد الرئتين أو سهولة نفخ الرئتين أو مطاوعتهما لدى زيادة الضغط ،بحيث أن كل زيادة في الضغط داخل الرئوي بما يعادل 1سم٣ ماء، تؤدي لتمدد الرئتين بمقدار 200 مللتر.

وهي تتحدد بالعاملين التاليين :

A - القوى المرنة التابعة للنسيج الرئوي :

حيث تمتلك الرئتان السليمتان كمية كبيرة من ألياف **Elastin و collagen.** مما يجعلها ذات مطاوعة كبيرة .

B - دور العامل الفعال السورفاكتانت في التوتر السطح

يزداد التوتر السطحي للأسناخ إذا كان السنخ مبطن فقط بالماء (يعزى ذلك للتجاذب القوي بين جزيئات الماء ،ونظرا لتشكيله سطحا مع الهواء لذلك فإن الأسناخ ستنخمص، في حين أنه يبطن الوجه الداخلي للأسناخ سائل سنخي يحتوي على :

السورفاكتانت (المؤلف من خليط فوسفو ليبيدي وليبوبروتين) **وهو ينقص التوتر السطحي**

(حيث يعمل على إضعاف قوى الجذب بين الجزيئات المبطنة للاسناخ) **وبالتالي يعمل على الحيلولة دون انخماص الأسناخ.**

إذن يؤدي السورفاكتانت دوراً هاماً في تثبيت حجم الأسناخ، ويتم ذلك بزيادة كمية السورفاكتانت في الأسناخ الصغيرة الحجم، بحيث أن السنخ صغير الحجم يحوي كمية من السورفاكتانت أكبر من السنخ الأكبر منه في الحجم ، مما يؤدي إلى إنقاص التوتر السطحي وبالتالي الحفاظ على ثبات الأسناخ.

يؤدي غياب السورفاكتانت إلى إنفاق طاقة كبيرة لإعادة نفخ الأسناخ بعد كل زفير .

من وظائف السورفاكتانت

إنقاص التونر السطحي

زيادة مطاوعة الرئتين

منع انكماش الأسناخ الصغيرة خلال الزفير

منع الرئتين من الإنخماص بعد الزفير

D Amal Rafaj

علاقة قطر الأسناخ والتوتر السطحي بالضغط الانخماصي

يؤدي ازدياد التوتر السطحي في حال انغلاق الممرات الهوائية إلى توليد ضغط موجب في الأسناخ فيحاول دفع الهواء إلى الخارج مؤديا إلى انخماصها ، وهذا يعني أنه كلما صغر قطر السنخ زاد الضغط الانخماصي .

D Amal Rakaj

أي أن الضغط الانخماصي المتولد في الأسناخ يتناسب عكساً مع قطر السنخ وطردا مع قوى التوتر السطحي

$$\text{الضغط الانخماصي للأسناخ} = \frac{2 \times \text{التوتر السطحي}}{\text{قطر السنخ}}$$

متلازمة الضائقة أو العسرة التنفسية عند الخدج

يكون قطر الأسناخ لدى صغار الولدان الخدج أقل من ربع قطر أسناخ الأطفال العاديين ، وعلاوة على ذلك، يكون لديهم نقص في السورفاكتانت، مما يؤدي إلى نقص مطاوعة الرئتين وميلهما للإنخماص ،تعرف هذه الحالة بمتلازمة الضائقة التنفسية لدى الخدج .

تعالج هذه الضائقة التنفسية بإرذاذ العامل الفعال في المجرى الهوائي للطفل والذي ينقص قوى التوتر السطحي ويحسن مطاوعة الرئتين وبالتالي يحول دون انخماص الأسناخ .

الضغوط التي تحرك الهواء من وإلى الرئتين

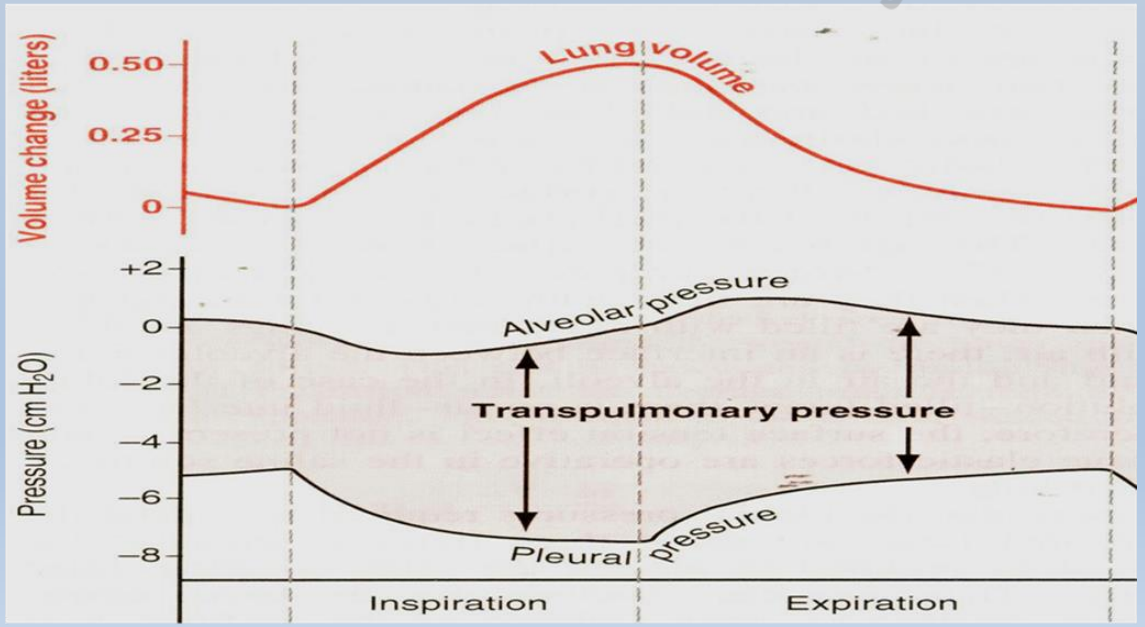
A - الضغط في جوف الجنب وتغيراته في أثناء التنفس Pleural Pressure

الضغط الجنبوي هوالضغط الموجود في المسافة الضيقة بين جنبة الرئة وجنبة جدار الصدر، هذه المسافة تسهل حركة الرئة أثناء توسع الصدر وارتداده

هذا الضغط سالب بحالتي الشهيق والزفير مع تغير بالقيم السلبية ، سبب السلبية مرونة الرئتين للارتداد نحو الداخل ومرونة جدار الصدر للارتداد نحو الخارج مما يباعد بين الوريقتين الجدارية والحشوية ويوسع جوف الجنبة) .

في أثناء الشهيق السوي، يؤدي تمدد القفص الصدري لازدياد حجم جوف الصدر ،مما ينقص الضغط داخل الجنبوي إلى قيم أكثر سلبية يصل لحدود -7,5ملم / زتقريباً.

أما ارتداد جدارالصدرنحو الداخل أثناء الزفير فإنه ينقص حجم جوف غشاء الجنب ،ويعيد الضغط إلى القيمة 4- ملم/ز



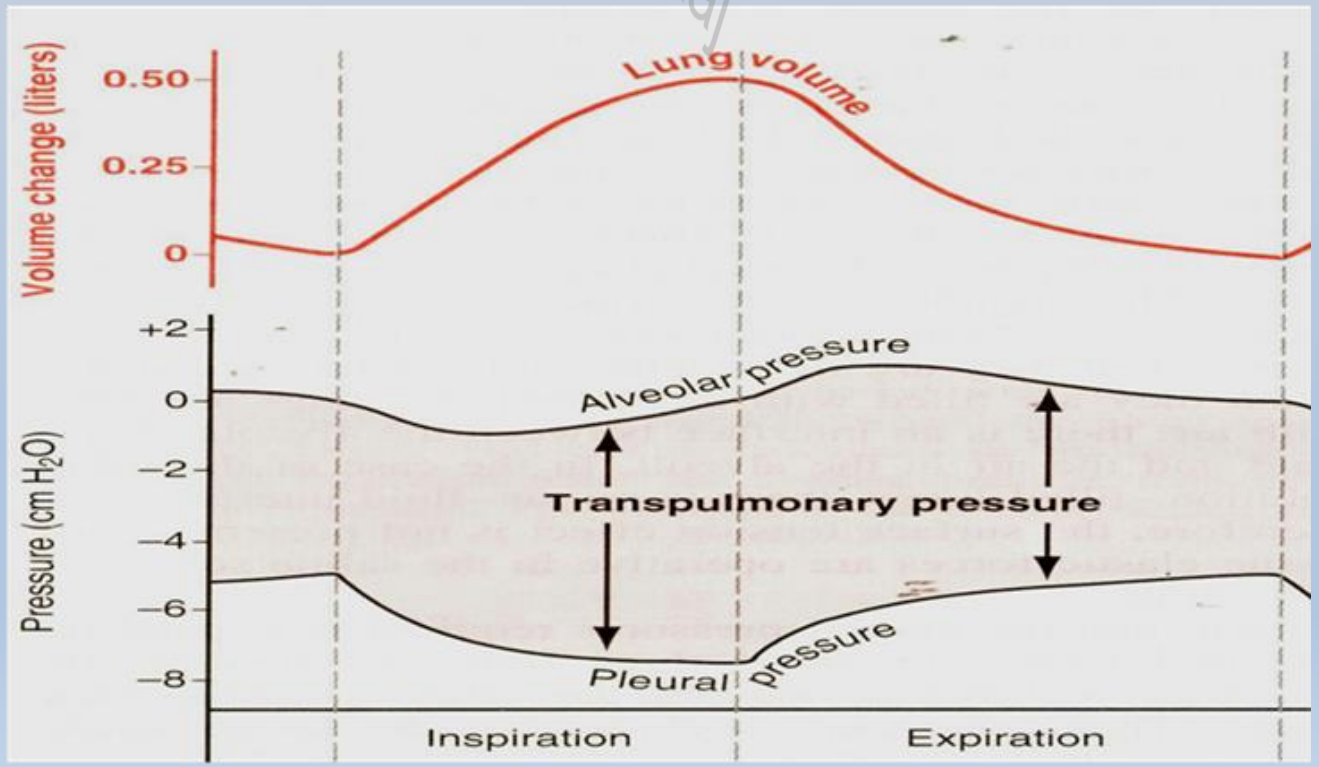
D Adel Rakaj

B- الضغط السنخي Alveolar pressure

هو الضغط الموجود داخل أسناخ الرئة، فعندما يكون لسان المزمار مفتوحاً وليس هناك هواء جار من وإلى الرئتين، ويكون معادلا تماماً للضغط الجوي الذي يمكن اعتباره مساوياً لصفر سم ماء.

بحالة الشهيق السوي ولدى ازدياد حجم الجوف الصدري يهبط الضغط داخل الرئوي (الضغط السنخي) إلى قيمة أقل قليلاً من الضغط الجوي إلى (- 1) ملم / ز،ويعد هذا الضغط السلبي الضئيل كافياً لتحريك حوالي 0,5 ليتر من الهواء إلى الرئتين خلال الثانيتين المطلوبتين من أجل الشهيق. وتحدث في أثناء الزفير تغيرات معاكسة حيث ينقص حجم جوف الصدر ويرتفع الضغط داخل الرئوي إلى قيمة تفوق الضغط الجوي (إلى +1ملم/ ز) وهذا ما يدفع بنصف اللتر من الهواء المستنشق إلى خارج الرئتين خلال 2-3 ثوانٍ من الزفير.

Dr. Rami Rakaj



آلية التنفس Mecanism of Respiration :

التنظيم العصبى

يحدث التنفس بفضل أوامر من المركز التنفسي في الجسر Pon والبصلة السيسائية Medulla والتي هي الأساس بخلق النظم الأساسي للتنفس Respiratory Rhythm, ويعتقد أن هذا المركز يقوم مقام ناظم الخطى في القلب Pacemaker , إذ يولد عبر زوال استقطاب عفوي كمونات فعل دورية شبيهة بما يحدث في القلب , وتكون التنبيهات التي ترسلها منطقة العصبونات الشهيقية في المجموعة التنفسية ذات نمط سلمي، إذ أنها تبدأ بإصدار كمونات فعل ضعيفة وتزداد تدريجيا على شكل سلمي ثم تتوقف فجأة لمدة ثلاث ثوان ليحدث خلالها الزفير وبعد ذلك تبدأ دورة أخرى .

التنظيم الكيميائي للتنفس

A- تنبيه المستقبلات الكيميائية المركزية

يعد تأثير ثاني أوكسيد الكربون العامل الأهم في المستقبلات الكيميائية في ضبط عمق التنفس وسرعته ، حيث أن CO2 ينتقل بحرية إلى السائل الدماغي الشوكي ويرتبط مع H2O منتجا H و HCO3 ، تنبه أيونات الهيدروجين المستقبلات الكيمائية المركزية فتحثها على إنتاج نبضات عصبية وإرسالها إلى المراكز التنفسية الموجودة في البصلة السيسائية والجسر لحثها على إصدار أوامرها في حث العضلات التنفسية على زيادة سرعة التنفس وعمقه

B - تنبيه المستقبلات الكيميائية المحيطية

١-هبوط PH الدم الناجم عن زيادة مستويات CO2 يؤدي إلى استجابة المستقبلات الكيميائية المحيطية بإرسال نبضات إلى المراكز التنفسية التي تقوم بدورها في حث العضلات التنفسية على زيادة سرعة التنفس وعمقه

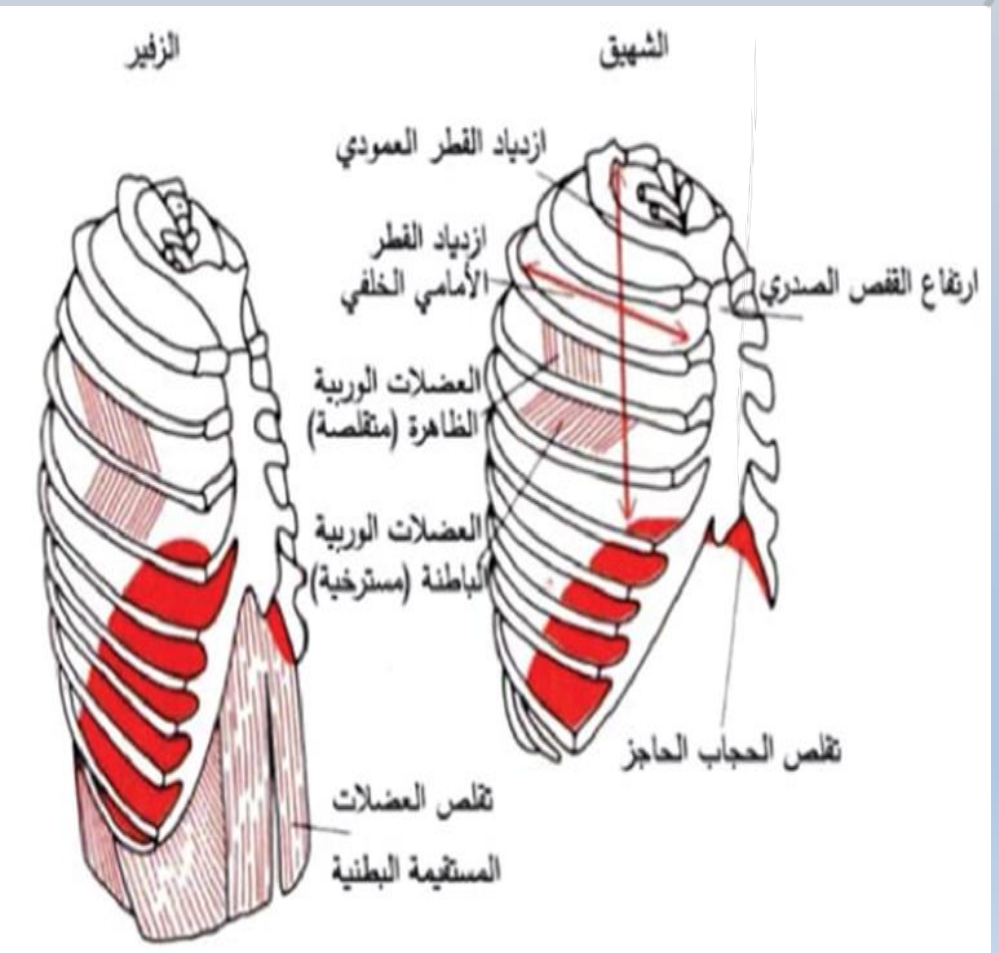
٢- **اثر PO2** : تراقب المستقبلات الكيميائية المحيطية أيضا تقلبات PO2 ، حيث تحدث فرط تهوية لدى هبوط PO2 إلى ٤٠ ملم / ز نتيجة تنبيه هذه المستقبلات

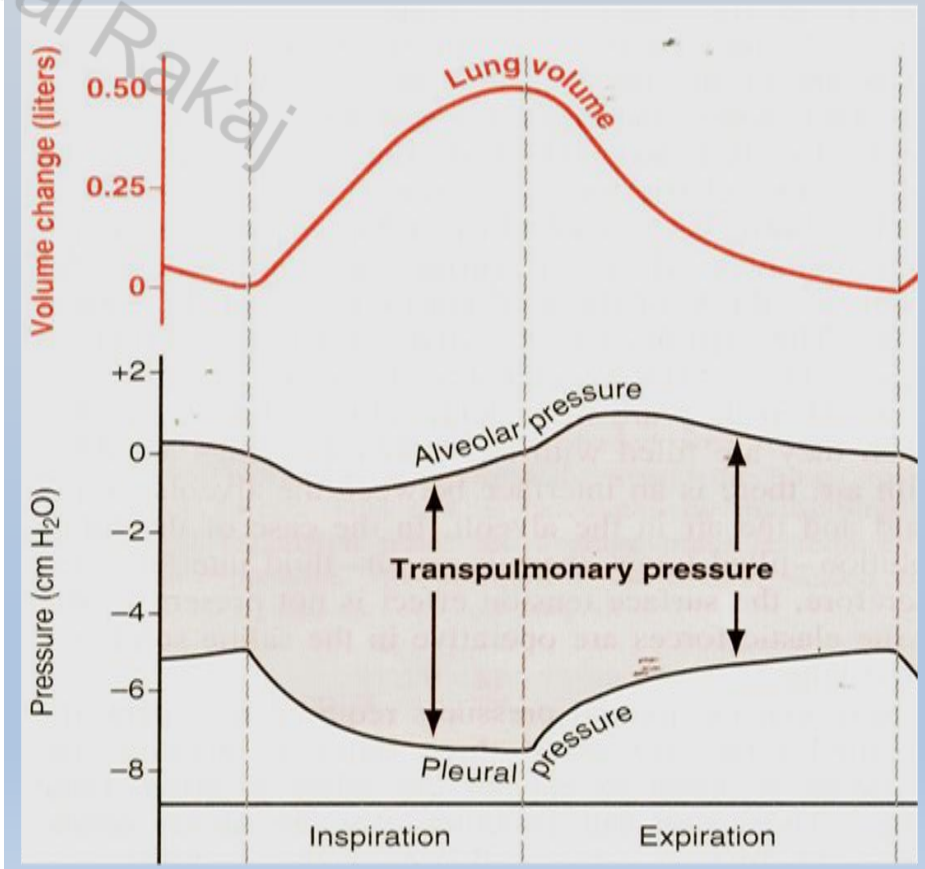
D.Anal Rakaj

آلية الشهيق: Mecanism of Inspiration

الشهيق السوي عملية فاعلة يبدأ بوصول عدد من النبضات العصبية من المركز التنفسي إلى العضلات التي تدعى بالعضلات الشهيقية ، حيث ترفع أضلاع القفص الصدري نحو الأعلى وتخفض عضلة الحجاب الحاجز نحو الأسفل ،بالتالي يزداد حجم جوف الصدر ويهبط الضغط داخل غشاء الجنب إلى قيم أكثر سلبية (قانون بويل) يتسبب ذلك بانتفاخ الرئتين ونقص بالضغط داخل السنخي إلى قيم أدنى من قيمة الضغط الجوي مما يدفع الهواء للجريان (وفق مدروج الضغط) إلى الرئتين .

Dr Amal Rakaj





Mecanism of expiration آلية الزفير

الزفير السوي عملية منفعلة حيث أنه بعد عملية الشهيق وهبوط قيمة الضغط الجزئي لثاني أوكسيد الكربون

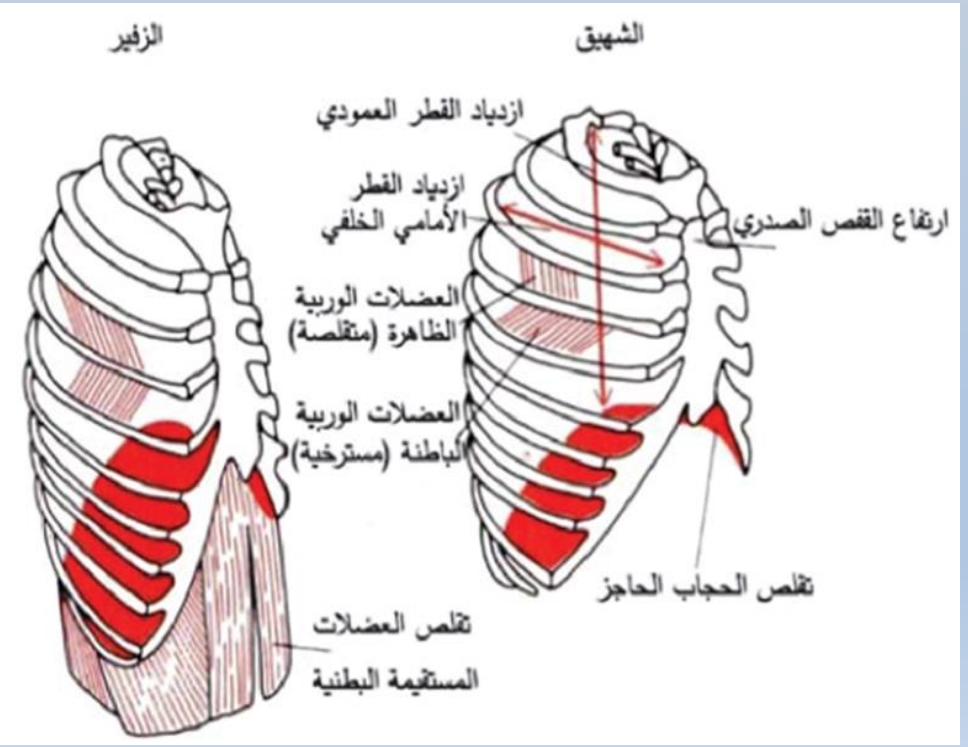
ينقص حجم الصدر في كل الاتجاهات بسبب ارتخاء العضلات بداية من عضلة الحجاب الحاجز

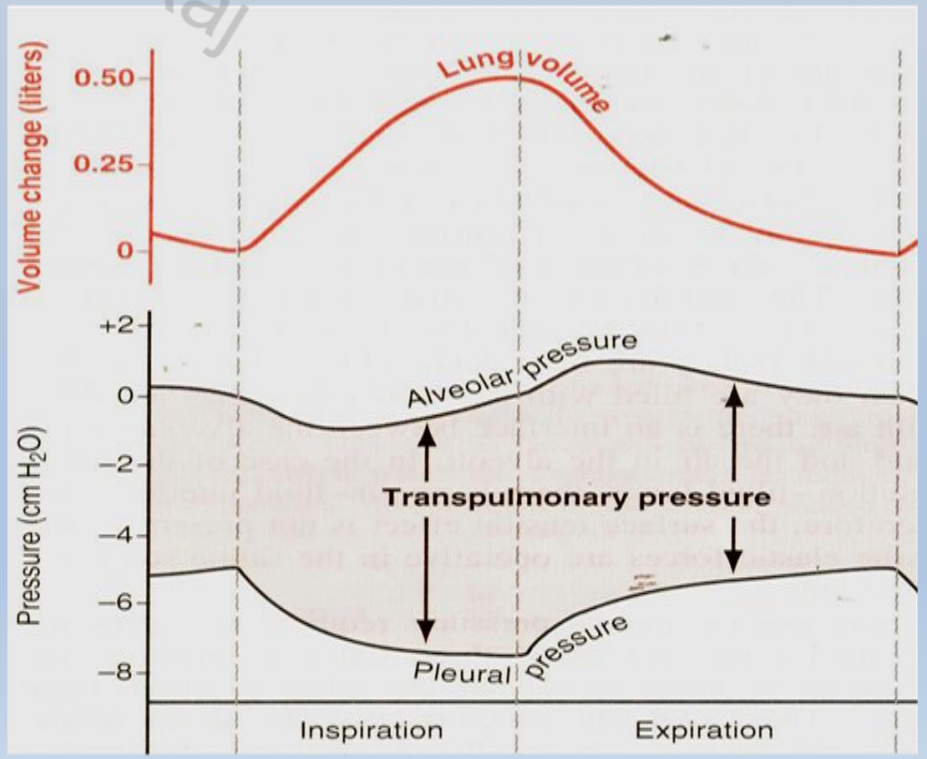
يساعد الارتداد المرن للرئتين وجدار الصدر وأحشاء البطن على انكماش الرئتين

أما أثناء الجهد الزفيري خلال التمارين الرياضية العنيفة أو نتيجة التضيق القصبي بحالة الربو مثلا فتشارك العضلات الزفيرية والتي تجر عضلات القفص الصدري إلى الأسفل أو تدفع أحشاء البطن ومعها الحجاب الحاجز إلى الأعلى وينقص حجم جوف الصدر مما يجعل الضغط داخل غشاء الجنب أقل سلبية متسببا بانكماش الرئتين بصورة منفعلة

يؤدي ذلك لرفع الضغط داخل السنخي إلى قيم تفوق الضغط الجوي

مما يحرك الهواء إلى خارج الرئتين (وفقا لمدروج الضغط)





Dr Amal Rakaj

الحجوم التنفسية

الحجم الجاري The Tidal Volume(TV)

يدعى أيضاً الحجم المدي، و هو حجم الهواء المستنشق أو المزفور في كل نفس سوي يساوي تقريباً 500 مل عند الرجل البالغ.

الحجم المدخر الشهيقي (IRV) The Inspiratory Reserve Volume

هو الحجم الزائد من الهواء الذي يمكن استنشاقه زيادةً عن كمية الهواء الجاري ويعادل حجمه عادةً 3000 مل تقريباً.

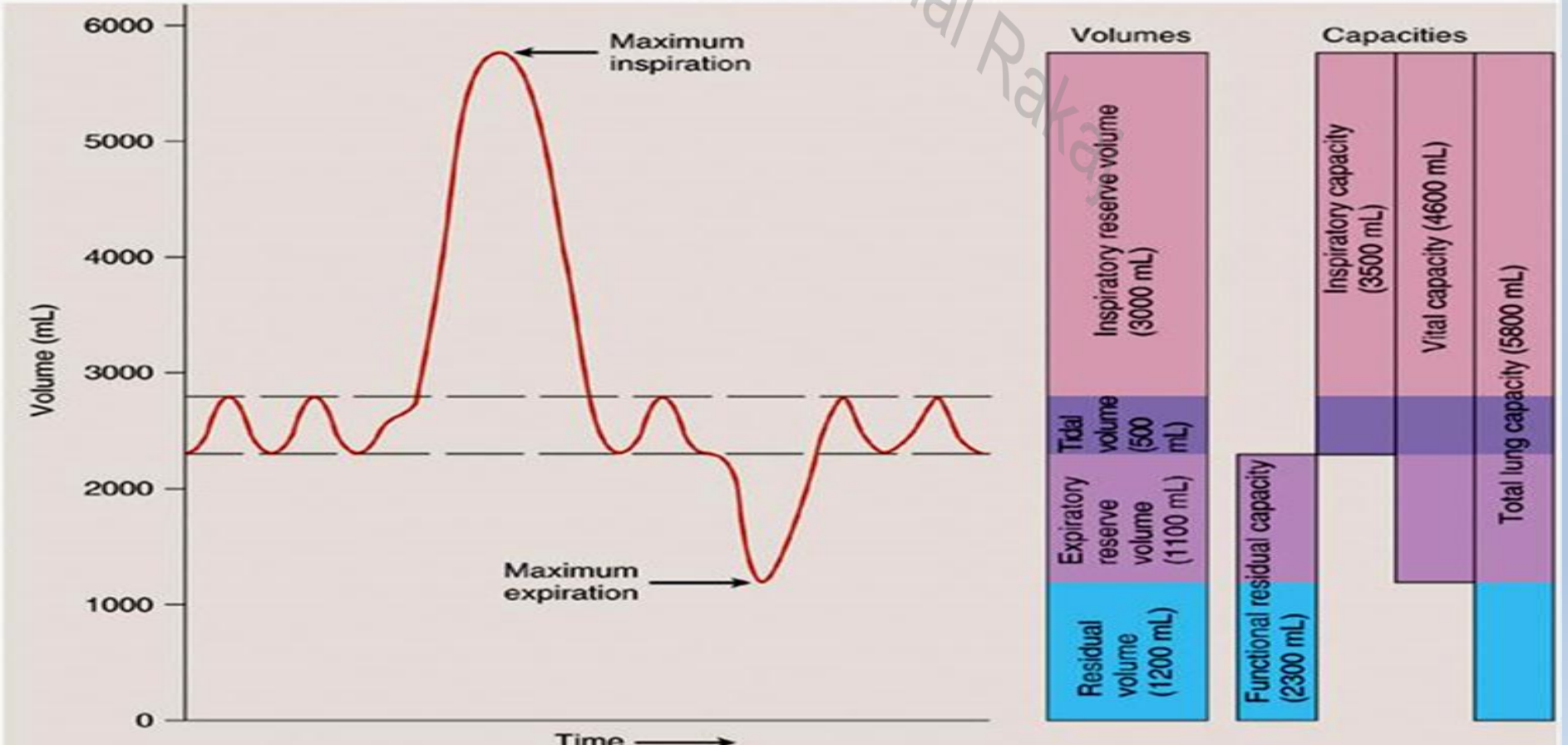
الحجم المدخر الزفيري (ERV)The Expiratory Reserve Volume

هو الحجم الزائد من الهواء الذي يمكن زفره بعد زفير سوي يعادل تقريباً 1100مل.

الحجم الثمالي (RV) The Residual Volume

هو حجم الهواء الذي يبقى في الرئتين بعد زفير جهدي قسري ويعادل وسطياً حوالي 1200 مل.

Dr Amal Raka



السعات التنفسية

السعة الشهيقية (IC) The Inspiratory Capacity

. وهي كمية الهواء التي يمكن للشخص أن يتنفسها ابتداءً من مستوى الشهيق السوي إلى درجة تمدد الرئة إلى الحد الأقصى.و تعادل:
الحجم الجاري + الحجم المدخر الشهيقي وتساوي (3500مل)

السعة الوظيفية المدخرة (FRC)The Functional Residual Capacity

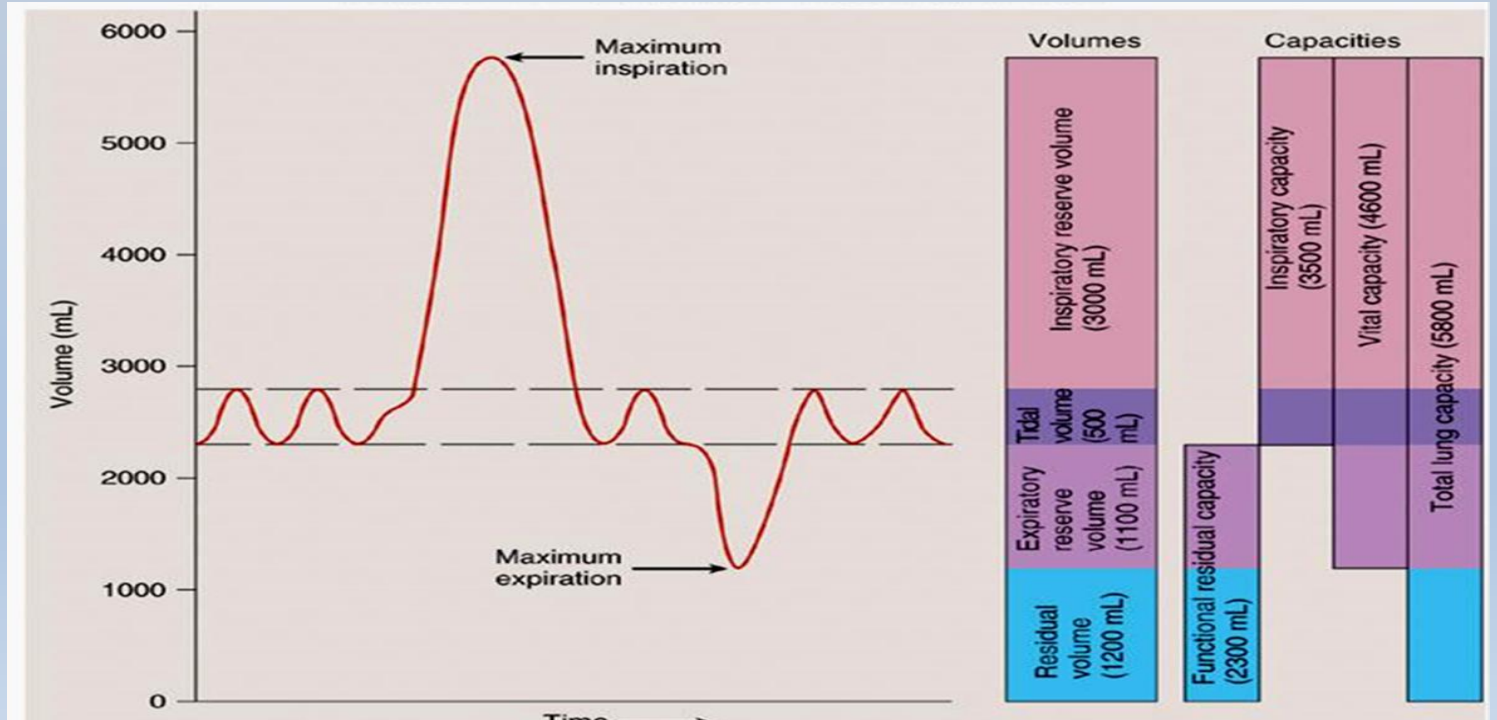
هو حجم الهواء الذي يبقى في الرئة عند نهاية الزفير السوي ، وتساوي تقريبا :
الحجم المدخر الزفيري + الحجم الثمالي، ويعادل تقريباً (2300مل).

السعة الحيوية (V C) The Vital Capacity

وهي أكبر كمية من الهواء يمكن للشخص أن يزفرها من رئتيه بعد أول امتلاء لرئتيه بعد إجراء شهيق جهدي ،تساوي :
الحجم المدخر الزفيري + الحجم الجاري + الحجم المدخر الشهيقي. أي حوالى 4600 مل.

السعة الكلية للرئة T L C) The Total Lung Capacity

تساوي السعة الحيوية + الحجم الثمالي وتعادل تقريباً 5800 مل.
تنقص كلَّ هذه الحجوم والسعات عند النساء بمقدار 20 - 25 % منها عند الرجال، وهي أكبر بشكل ملحوظ عند الرياضيين وضخام الجثة منها عند النحيلين والواهنين.



D Amal Rakha

التحكم العصبي بالكتلة العضلية للرغامى والقصبات

تتركب جدر الرغامى والقصبات في الأماكن الخالية من الصفيحات الغضروفية بشكل رئيس من عضلات ملس،كما أن معظم جدر القصيبات مؤلف من ألياف عضلية ملساء باستثناء معظم القصيبات التنفسية التي تقل في جدرها الألياف العضلية الملساء، تتقلص هذه العضلات تحت تأثير تنبيه الجملة العصبية المستقلة ، أو نتيجة تأثير عامل خلطي فيها، أي إن هذه العضلات تخضع لتحكم عصبي وآخر خلطي.

D Amal Rekaj

التحكم الودي

يكون التحكم المباشر بالقصيبات ضعيفاً بسبب قلة ألياف الأعصاب الودية التي تصل إلى الأجزاء المركزية من الرئة ، وعلى الرغم من ذلك فإن تأثير الجهاز الودي على القصبات يكون جلياً، ويتم ذلك عن طريق النورأبينفرين والأبينفرين الجوالين في الدم ، المتحررين بالتحريض الودي للب الكظر. يسبب كلّ من هذين الهرمونين (وخاصةً الأيبينفرين لأنه أكثر تحريضاً لمستقبلات بيتا) توسعاً في الشجرة القصبية.

التحكم نظير الودي

يخترق متن الرئة القليل فقط من الأعصاب نظيرة الودية (مشتقة من العصب المبهم)، وتفرز من نهاياتها الأستيل كولين، وتؤدي لدى تفعيلها إلى تضيق خفيف إلى متوسط في القصيبات ، ولكن عندما توجد حدثية مرضية تسبب التضيق للقصيبات كالربو ،فإن تحريض اللاودي غالباً ما يسيء كثيراً للحالة.

وفي هذه الحالة فإن إعطاء الأتروبين يفيد في ارتخاء الطرق التنفسية بشكل كاف لتفريج الانسداد.

تتفعل الأعصاب اللاودية أحياناً بمنعكسات تنشأ في الرئتين ،وتبدأ معظم هذه المنعكسات بتخريش الغشاء الظهاري للطرق التنفسية، ومن أهم المخرشات الغازات الضارة والغبار والتدخين.

D Amal Rakai

العوامل الموضعية المؤثرة على التقلص القصبي

يتشكل في الرئتين مواد ذات فعالية في إحداث التقلص القصبي، أهمها الهيستامين والمادة التي تدعى مادة التأق ذات التفاعل البطيء **Slow reactive substance of analphylaxis** .

تتحرر كلتا المادتين في نسج الرئة من الخلايا البدينة أثناء الإرتكاسات الأرجية خاصةً الناجمة من وجود غبار الطلع في الهواء، لذلك فهي تؤدي دور المفتاح في إحداث انسداد الطريق الهوائي الذي يحدث في الربو الأرجي.