وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا

RESPIRATORY SYSTEM

HAYAT BATCH

SUBJECT : _____

LEC NO. : 7

DONE BY : Abdullah Harahsheh

Ventilation-Perfusion Relationship ($\dot{V}A/\dot{Q}$)

Dr. Waleed R. Ezzat

Objectives:

1. Describe how the ventilation/perfusion (V/Q) ratio of an alveolar-capillary lung unit determines the PO_2 and PCO_2 of the blood emerging from that lung unit.
2. Identify the average V/Q ratio in a normal lung and explain how V/Q is affected by the vertical distribution of ventilation and perfusion in the healthy lung.
3. Describe the normal relative differences from the apex to the base of the lung in alveolar and arterial PO_2, PCO_2, pH, and oxygen and carbon dioxide exchange.
4. Predict how the presence of abnormally low and high V/Q ratios in a person's lungs will affect arterial PO_2 and CO_2.
5. Define right-to-left shunts, anatomic and physiological shunts, and physiologic dead space (wasted ventilation).
6. Describe the airway and vascular control mechanisms that help maintain a normal ventilation/perfusion ratio.
7. Characterize the pathophysiology of abnormal ventilation perfusion inequality.

ما نسبة الVentilation (الهواء اللي يدخل على ال alveoli) الى الدم الذي يوصل لل alveoli

Definition: Is the ratio of the alveolar ventilation to the pulmonary blood flow. The V_A/Q for the whole lung at rest is about 0.8-0.9.

Perfusion كمية الدم الواصلة في وحدة الزمن

Ventilation

$\dot{V}_A/\dot{Q}$ = alveolar ventilation/cardiac output

$$\dot{V}_A/\dot{Q} = (4.5\text{-}5 \text{ L/min}) / (5\text{-}5.5 \text{ L/min})$$

In upright position the ratio is less than 1 (about 0.6) at the base of the lungs, and greater than 1 (about 2.5) at the apex. The most efficient gas exchange occurs when the V_A/Q is approximately 1.

هسا ال ventilation -perfusion ratio لو اخذناها للرئة ككل ،هل ما يصل للرئة من هواء او دم متناسق ،متساوي ؟ لأ
ال ratio اقل من واحد بقليل (حصة ال Ventilation الى حصة الدم ال perfusion شوي اقل) هذا الرقم للرئة كمل جابوه من
قسمة كمية ال V الهواء الداخل للحويصة (TV-dead spacc) ضرب عدد المرات اللي بنتنفسها بالدقيقة = 5-4.5
على ال cardiac output (كمية الدم الذي يوصل للرئتين)= 5-5.5
لو تلاحظوا البسط شوي اصغر من اللي بالمقام ، وهذا بفسر ليش النسبة اقل من واحد

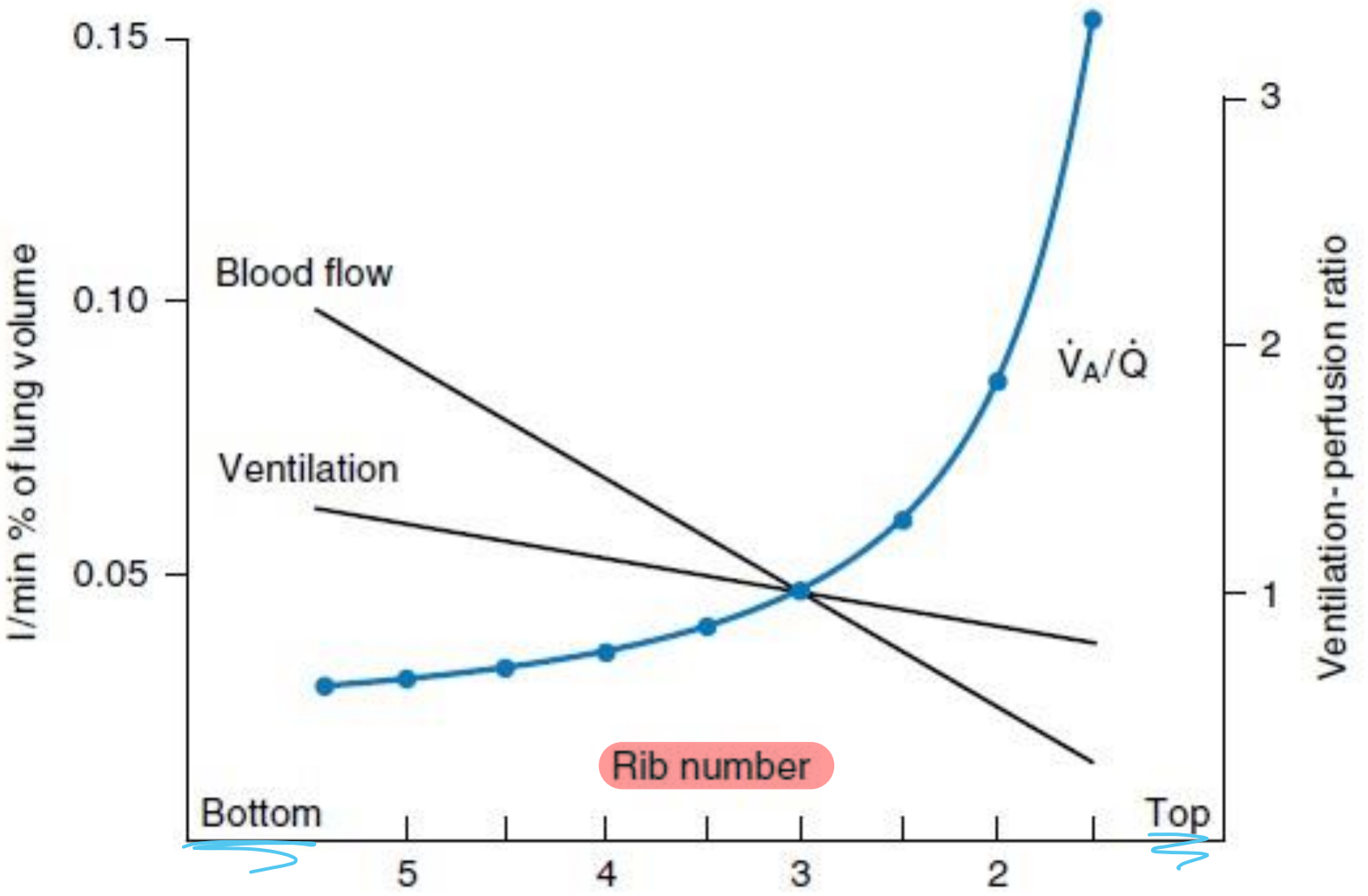
هل هذه النسبة بتكون متساوية بال lung من اعلى لاسفل بس يكون الانسان واقف بشكل عمودي ؟ نفسها بال apex او بال base ؟
لأ ، في اسفل الرئة يأتي هواء اقل من الدم نسبةً بالنتيجة ... بعض الدم فات وطلع وهو مش ماخذ كفايته من الاوكسجين لان كمية الدم اللي
جايه اكثر من الهواء اللي داخل ف النسبة بتكون اقل من واحد

في اعلى الرئتين ، بتيجي كمية هواء اكثر ، والدم اللي بوصل بكون قليل ف النسبة بتكون اكبر من واحد ، كل الدم اللي بوصل بتشبع
بالاوكسجين ولكنه دم قليل (يعني في كمية هواء رح توصل للاعلى الرئة ما رح نستفيد منها ،رح تضيع هالكمية)
بالمايكرو بقلك انه ال Tuberculosis بتصيب ال upper lobes of the lung اكثر اشي ليش ؟ لانه ال O2 بكون كثير
والدم بكون قليل (يعني الWBCs المهاجم رح يكون قليل)
من وين اجدت هاي الحسابات ؟ من الرسمة تحت

- ال blood flow عالي في منطقة ال bottom وبقل كل ما طلعنا لفوق لل apex
- ال ventilation اعلى بال base مقارنة بال apex

الخطبن ما بتطابقوا ليطلع عنا نسبة 1:1 ، فالبنتيجة ، قيمة ال BF اعلى من قيمة ال V فلما نقسم ال V على ال BF بتكون القيمة اقل من
واحد صغيره كونخ البسط صغير
طيب متى تطابقوا ؟ بس تقاطعوا ال V=1

لاحظ بس نوصل لل apex ، ال V اعلى ، فلما تقسمه على ال BF رح تكون النسبة اكبر من واحد
الكيرف الازرق هو اللي بمثل النسبة بيناتهم وبكون باسفل ال lung اقل من اعلى ال lung



Distribution of ventilation and blood flow down the upright lung
Note that the ventilation-perfusion ratio decreases down the lung

طيب شو رح يترتب على ال O2 وال Co2 وتبادلهم اللي هيتم واللي رح يروح لل left atrium ويرجع للقلب لينضخ ، هل هذا يعني ان الرئة كفو لتخلصنا من ال CO2 وكسب ال O2 ؟ لأ مش كفو ١٠٠٪ الا اذا كانت النسبة (لما احكي نسبة خلص افهموا هذيك النسبة باول سلايد) 1 بكل اجزاء الرئتين وهذا الاشي ما بصير مستحييل فلابد من الحصول على تأثير ولو بسيط على نسبة ال O2 ونقلة الى الدم والتخلص من ال CO2
هذا الفرق البسيط مطلوب انه نفهم تأثيره في حالات الامراض ، نشوف السلايد تحت

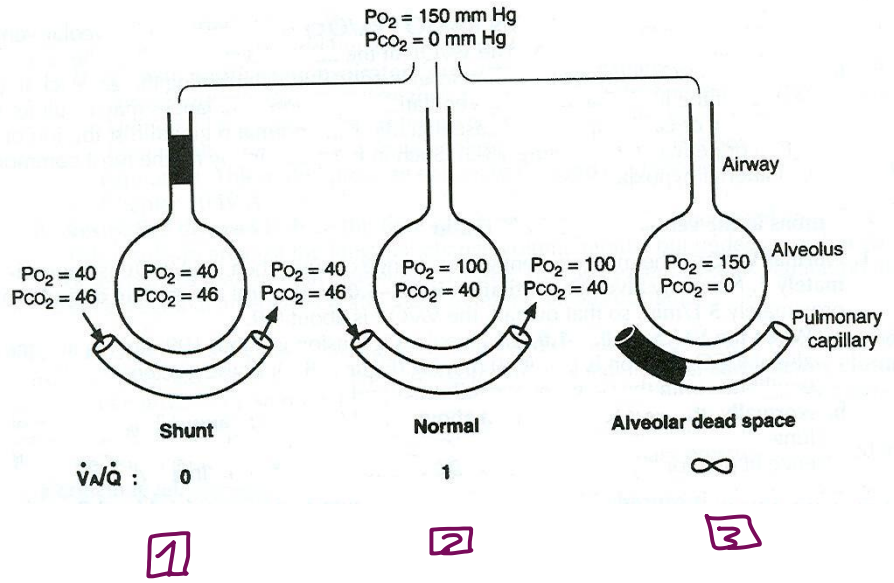
١- هون النسبة = صفر ، الكسر =صفر ... الكسر فيه البسط والبسط = ال V ومتى ال V=0 ؟ يعني متى ما بدخل ولا مل واحد من الهواء للحويصلة ؟ زي ما هو مبين باول رسمة ، بس يكون فيه انسداد بالقصبة الهوائية في هاي الحاله. الهواء الداخل قليل والدم الداخل ما بحصل على اي V شايفين تحت الرسمة كلمة Shunt
في ظاهره بال Circulation موحوده بال pulmonary ciculation مش موجوده بأي Circulation ثاني وهي ظاهر ظاهره حدوث vesocontraction لما يكون ال O2 بالحويصلة قليل ، ال arterioles اللي تغذي الحويصلة بصيرلها vesocontraction وتقطع الدم وهاي الشغلة سبحان الله مهمه ، هيك اي حويصلة فيها خلل بكمية ال O2 او نقص ما بوصلها الدم من اساسه ، خلص الدم هيك بروح للاماكن اللي فيها فقط V تحويل الدم من منطقة ما فيها V الى منطقة ثانية ، هذا اسمه Shunt

الدم اللي رح ييجي و الهواء المحصور في الحويصلة ، رح يصير فيه بيناتهم تبادل غازي وخلص ، ما فيه O2 جديد رح ييجي ولا ال CO2 رح تطلع تركيز الهواء في الحويصلة نفس تركيزه بالدم (تذكروا الارقام المقدسة)
كم الدم اللي رح ييجي من ال venous side ، بحوي O2 بضغط 40 وليس 100 (هاي بعد ما الدم يوخذ O2 يصير ال PO2=100) هون فيه تسكير نتذكر ، ال gradient رح يكون ٦٠ لل O2 و ٦ لل CO2
الدم اللي رح ييجي من ال venous side ال O2=40 /CO2=46 وال O2/CO2 برضو النسبة متساوية بالحويصلة كيف ؟
الحويصلة صحيح ما بوصلها هواء جديد ، بس هي فيها هواء قديم ونسبه ال O2=40 وال CO2=46
ممكن هاي الفقرة تساعدكم بالفهم ، الدم دخل وطلع وهو مش محصل اي تغيير (Shunt)

عندما يتساوى نسبة التهوية الهوائية إلى التهوية الدموية في الحويصلة (VA/Q = 0)، فإن الغازات في الحويصلة تكون على نفس المستوى مع الغازات في الدم القادم من الوريد، بما في ذلك مستوى الأكسجين وثاني أكسيد الكربون. هذا يحدث لأنه لا يوجد تدفق للهواء الطازج لإعادة تجديد الأكسجين وإخراج ثاني أكسيد الكربون في الحويصلة، وبالتالي يبقى محتوى الغازات في الحويصلة ثابتًا مع محتوى الغازات في الدم القادم من الوريد.

Effect of V_A/Q on alveolar gas concentration:

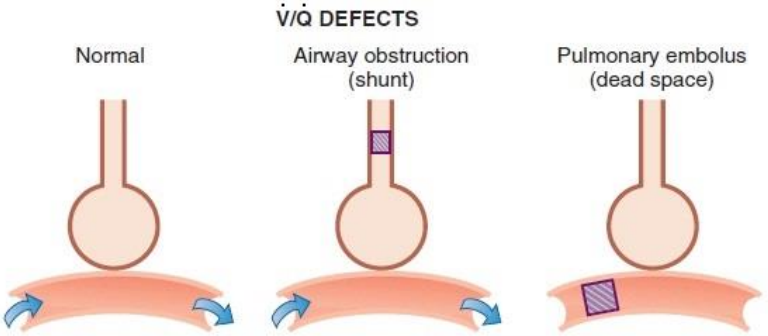
1. When V_A/Q equals zero, this means that there is <u>no alveolar ventilation</u> (=shunt). The air in the alveolus equilibrates with blood oxygen and CO_2. Since the perfusing blood is the venous blood returning to the lungs from the systemic circulation, the alveolar PO_2 sets at 40 mmHg and PCO_2 at 45 mmHg.



لو المنطقة كبيرة ،الدم رح يوصل للبطين الايسر وهو لسا deoxgenated ورح يقلل من نسبة ال PO2 بال arterial blood ويزيد من نسبة ال CO2
فلو كانت المنطقة اللي فيها النسبة قليلة (نسبة اول سلايد) رح تأدي لخفض نسبة ال PO2 ورفع نسبة ال CO2

Effect of V_A/Q on alveolar gas concentration:

2. When V_A/Q equals infinity, this means that there is no capillary blood flow (= alveolar dead space). The alveolar air becomes equal to humidified inspired air (PO_2 of 149 mmHg and a PCO_2 of 0 mmHg).
3. When V_A/Q is normal; alveolar PO_2 is normal (104 mmHg) and PCO_2 is 40 mmHg.



V/Q	0.8	0	∞
PA_{O_2}	100 mm Hg	–	150 mm Hg
PA_{CO_2}	40 mm Hg	–	0 mm Hg
Pa_{O_2}	100 mm Hg	40 mm Hg	–
Pa_{CO_2}	40 mm Hg	46 mm Hg	–

FIGURE Effect of ventilation/perfusion (V̇/Q̇) defects on gas exchange. With airway obstruction, the composition of systemic arterial blood approaches that of mixed venous blood. With pulmonary embolus, the composition of alveolar gas approaches that of inspired air. PA_{O_2} = alveolar P_{O_2}; PA_{CO_2} = alveolar P_{CO_2}; Pa_{O_2} = arterial P_{O_2}, Pa_{CO_2} = arterial P_{CO_2}.

Note:

The term V/Q mismatch is more appropriate to be used to describe conditions fall in between these two extremes.

هسا بدنا نعكس ، الدم انقطع ، مثلًا خثرة سكرت مجرى الدم ..... هيك الحويصلة بصلها هواء وبصلهاش دم شو رح تكون النسبة ؟
البسط فيه رقم والمقام صفر = انفنتي مالانهاية
طيب والهواء اللي بالحويصلة ؟ ما اجا دم اخذ من ال O2 ، ولا انضافله CO2 لحتى نتخلص منه رح يكون نوع الهواء هون نفسه
نوع الهواء بال dead space اخر ما دخل ، وهو نفسه الهواء الخارجية ال O2=150 / CO2=0 وما فيه دم
هاي الحالة اسمها creation of dead space ، ضفنا dead space على الاناتوميك dead space
وهيك الفسيولوجيك dead space رح يكبر

النوت : بنستخدمه في كتب الطب والفسيو ال V/Q (مش قراب على بعض)
الوضع المثالي عنّا ١ ، الابتعاد كثيرًا عن الواحد بالزيادة او بالنقصان بنسميهم V/Q mismatch

ننزل للسلايد اللي تحت ، اوك ، الكيرف هذا يفرجينا العلاقة بين ال pO2+pCO2 بال tow extremes
هسا منطقة ال ∞ كأنما في نهاية ال conducting zone ال terminal bronchiloes ، موجود هواء وفش دم
اعلى ال Lung قبل الدخول لل respiratory zone

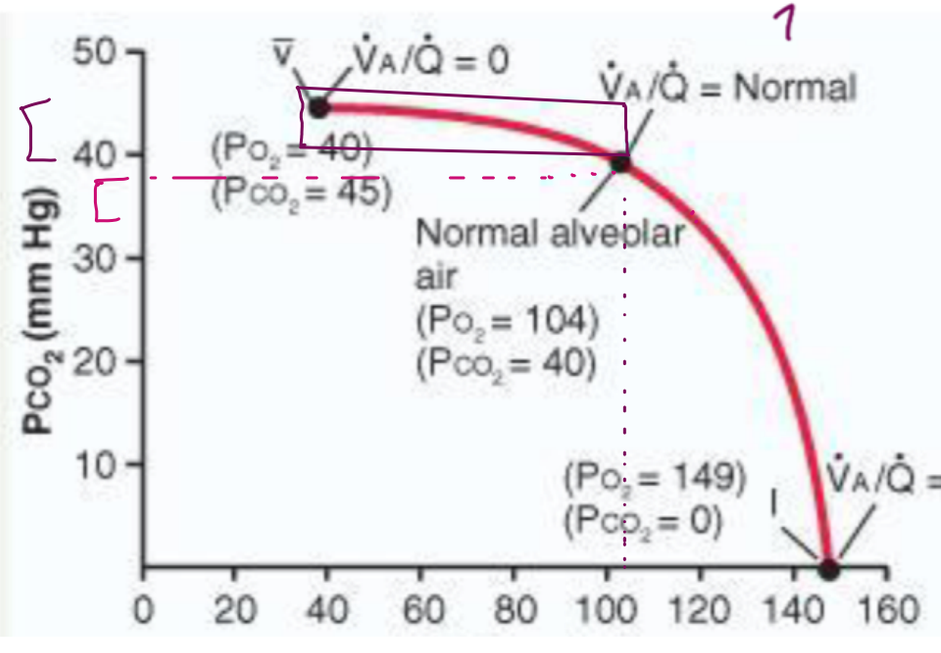
الطرف الثاني ، لما تكون فش تهوية وفي دم = صفر ، كأنما احنا في نهاية ال arterioles قبل الوصول الى ال capillary اللي
على سطح ال alveoli

لاحظوا من الكيرف ، انه نقصان هاي النسبة بأثر اكثر على ال O2 ، الهبوط بهذا الكيرف يبدو اكثر بكثير بس ننتقل من حاله
النورمال الى حاله ال ∞

لو ارتفعت ارتفاع بسيط بال CO2 من ال 40 رح يقابلها انخفاض بال O2 كأنما نزلت من ١٠٤-٤٠

واذا انخفض ال Co2 ما رح يكون فيه فرق بانخفاض ال O2

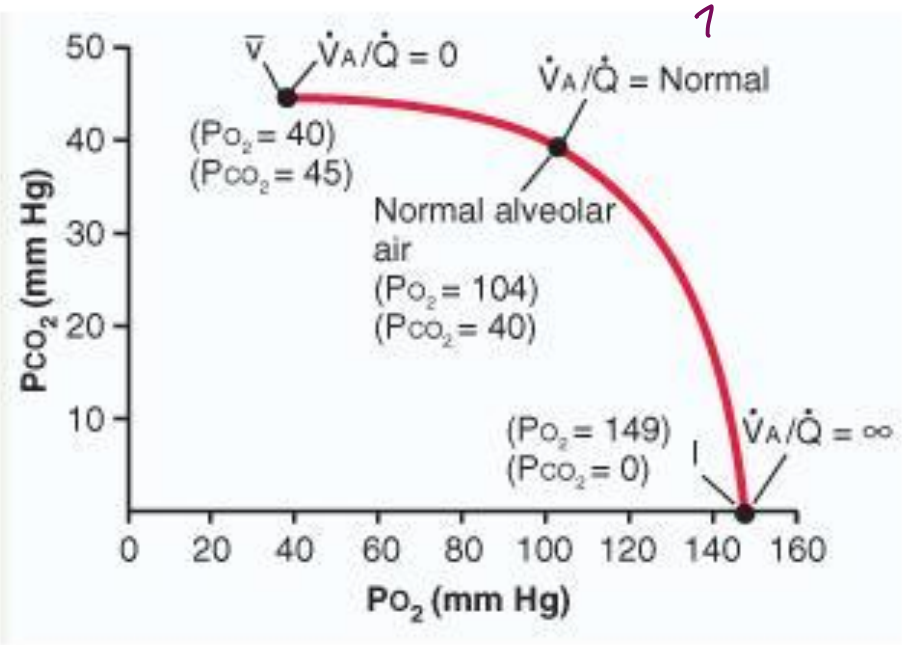
الكيرف ما ببلش من تحت او من فوق ، ببلش من النورمال
يا بتطلع من النورمال للزيرو
يا بتنزل من النورمال للمالانهاية



Effect of V_A/Q on alveolar gas concentration:

Note:

1. There can be marked decrease in oxygen tension with only a minimal rise in the CO_2 tension. (See the graph)
2. Many of the conditions that cause mismatching of ventilation and perfusion involve both dead air space and shunt. In chronic obstructive lung disease, for example, there may be impaired ventilation in one area of the lung and impaired perfusion in another area



في امراض بتقلل النسبة وامراض بتزيدها ، بعض الامراض بكون الاثر مزدوج يعني بكون عنّا shunt وزيادة

تقريبًا حكينا عنه

Physiologic shunt and physiologic dead space:

- When V_A/Q is *below* normal this means that there is قليل **inadequate ventilation** needed for full oxygenation, or **excessive blood flow** → some of the venous blood remains unchanged (= shunted blood). دم ما حصل اوكسجين ، بروح لل LA
- 2- The total amount of shunted blood/minute is called **Physiologic shunt**. Physiologic shunt → decrease in the overall arterial PO_2 and oxygen content.
- 3- When V_A/Q is *greater* than normal this means that some of the ventilated air is wasted (alveolar dead space) → ↑ **physiologic dead space** → CO_2 retention and hypoxia → compensated hyperventilation → correction of hypercapnea only.

٢- الدم اللي اجا للقصبات الهوائية ،اللي ما اخذ O2 اللي من ال bronchio circulation ، كميه قليلة قلنا من ١-٢ من circulation اللي بروح لل bronchus ، هذا رح ينخلط ويقللنا ال O2 بالدم الواصل للاذين الايسر تمام ؟
لكن لو كان عنّا shunt فهذا ال physiologic shunt رح يقللنا ال O2 الواصل لل LA
هسا كم مل من ال O2 ذايب بكم مل من ال Blood وهذا هو ال oxygen contant

٣- النسبة اكبر من النورمال ، الهواء رح يكون اكثر من الدم ، يعني ضاع وزاد ال dead space ، وكمية ال CO2 اللي انطرت قلت وبصير عنّا Hypoxia
ال Co2 زاد ..... دايركت رح يصير hyperventilation والهايبر رح تصلح زيادة ال CO2 فمارح يصير عنّا hypercapnea
اكثر اشي بصير بالجسم هو نقصان ال O2

Respiratory responses to exercise:

- Cardiac output increases approximately linearly with work level.
- The change in cardiac output (in liter/min) is only about a quarter of the increase in ventilation.
- Ventilation increases linearly with O_2 uptake until the ventilatory (or anaerobic) threshold is reached after which ventilation increases more rapidly.

- Despite the increase in ventilation, the difference between inspired and expired O_2 concentrations does not change.
- In normal subjects, the amount of ventilation-perfusion inequality decreases during moderate exercise because of the more uniform topographical distribution of blood flow.

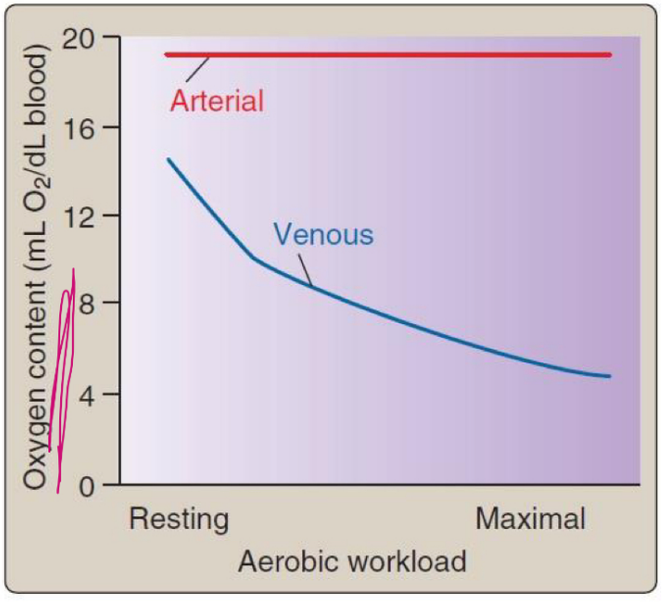
توزيع الدم صار بشكل احسن

هسا في حاله ال exercise رح يزيد عنّا استهلاك ال O2 (رح نستهلك اكثر من 250 مل) ورح يزيد طرد ال CO2 (رح تطرد اكثر 200 مل بالدقيقة) ورح يزيد ال blood flow للقسم العلوي من الرئتين ويتحسن ال Ventilation لل base of the lung يعني رح يصير فيه تحسن بالنسبة (الموجودة اول سلايد) يعني ما رح يصير in qulity لأ ال mismatch رح يقل ف يتحسن الوضع بالرئتين

مهم

PaO_2 remains stable during exercise because of:

- ↑ Ventilation : maintains a steep PO_2 gradient across the blood-gas barrier
- ↑ Tidal volume : improves V_A/Q ratio at the lung base
- ↑ Pulmonary flow : recruits pulmonary capillaries and increases blood-gas interface surface area



عزيزي القارئ ،لا تظن انه رح يتغير وضع ال PO2 بالدم وقت ال exercies ، رح تقول استهلكنا اوكسيجن بكمية كبيرة فرح ينخفض الضغط ، في حاله ال rest وال maximal ال O2 بالدم يبقى زي ما هو

هسا اللي على المحور العمودي بمثل كم مل اوكسجين ذائبة ب ١٠٠ مل من الدم ، الوضع الطبيعي حوالي ١٩ at rest
شوف الكيرف الاحمر ، هاي ال ١٩ خط مستقيم ،ثابت على طول ال exercies

في حين بال venous blood ال O2 رح يقل ، يعني الدم ييجي للخلايا شايل ٢٠ كم يطلع منه باقي O2 ؟ هل الخلايا تستهلك منه كل ال O2 ؟ لأ تستهلك حولي 5 ..... ييجي الدم شايل ٢٠ يطلع من الخلايا شايل ١٥
الدم اللي بده يرجع لل lung فيه ١٥ مل ذائب بكل ١٠٠ مل
لكن بال exercies الخلايا رح تشفط O2 اكثر ويطلع باقل من ١٥ ، ممكن ١٠

المهم اللي جنبهم خط ازرق

Summary of Respiratory Responses to Exercise

Parameter	Response
O_2 consumption	↑
CO_2 production	↑
Ventilation rate	↑ (Matches O_2 consumption/CO_2 production)
Arterial P_{O_2} and P_{CO_2}	No change
Arterial pH	No change in moderate exercise
	↓ In strenuous exercise (lactic acidosis)
Venous P_{CO_2}	↑
Pulmonary blood flow (cardiac output)	↑
$\dot{V}/\dot{Q}$ ratios	More evenly distributed in lung اثناء ال exercies

$\dot{V}/\dot{Q}$ = ventilation/perfusion ratio.

Test Question 1:

Q. The apex of the upright human lung compared with the base has?

A. A higher alveolar PO_2 .
B. A higher ventilation.
C. A lower pH in end-capillary blood.
D. A higher blood flow.
E. Smaller alveoli.

Pathophysiology:

A mismatch in ventilation and perfusion can arise due to either reduced ventilation of part of the lung or reduced perfusion.

تقلل الدم على حساب ال Ventilation

Reduced Perfusion of the Lungs

- This finding is typically associated with **pulmonary embolism**. Ventilation is wasted, as it fails to oxygenate any blood. اهمها
- The V_A/Q ratio is high with decreased $PACO_2$ and increased PAO_2, because of the increased dead space ventilation. لانه ما بوصل دم
- The PaO_2 is reduced and thus also the peripheral oxygen saturation is lower than normal, leading to tachypnea and dyspnea. النفس يزيد ،وصعوبة النفس (air hunger)

ال content رح يقل

Pathophysiology:

العلة من كمية الهواء اللي بدها توصل للرئة

Reduced Ventilation of the Lungs

- Reduced ventilation can occur for a number of reasons.
- This includes **pneumonia**, whereby the alveoli are filled with exudate, limiting the ability to maintain ventilation.
- **Asthma** and **COPD** may also result in a reduction in ventilation, as well as **respiratory distress syndrome** of the newborn, whereby **reduced surfactant** production results in multiple collapsed alveoli, limiting its ventilating capability.
- The effect of reduced ventilation is hypoxemia. However, as the rest of the lung can still remove CO_2, hypercapnia does not occur.
- In severe asthmatics, **aerosolized bronchodilator therapy**, by increasing blood flow to potentially underventilated lung units, increases shunt and arterial desaturation. This may lead to worsening hypoxemia following bronchodilator therapy.
- Drugs, such as anesthetics can lower V_A/Q ratios, as there is impaired matching of ventilation and perfusion during **anesthesia**.

أهمهم

صار فيها افراز سوائل ، ف مش هيوصللها هواء

النتي

ال hyperventilation رح تخلصنا من الCo2

الدكتور حكا ما بدي ادخل بتفاصيل اكثر وما قرأ هالفقرتين

Pathophysiology:

Mix

- The pathophysiology in some pulmonary diseases is complex, and can be associated with multiple pathologies.
- Prolonged smocking can end in chronic obstructive lung diseases (e.g. **emphysema**)

Emphysema

- bronchial obstruction →↓ ventilation → V_A/Q ≈ zero (i.e. shunt)
- enlarged alveolar sacs → wasting of ventilated air (↑physiologic dead space)

- The effectiveness of gas exchange can be reduced in emphysema to one-tenth the normal value.

Test Question 2:

Q. If the ventilation-perfusion ratio of a lung unit is decreased by partial bronchial obstruction while the rest of the lung is unaltered, the affected lung unit will show?

A. Increased alveolar PO_2.

B. Decreased alveolar PCO_2.

C. No change in alveolar PN_2.

D. A rise in pH of end-capillary blood.

E. A fall in oxygen uptake.

شرح الدكتور ناجي والدكتور محمد فايز مقسم حسب محاضرات الدكتور وليد عزت

اضغط على الكلام المكتوب باللون الأزرق لتنتقل مباشرة الى المحاضرة

المحاضرة	الدكتور ناجي	الدكتور محمد فايز
lecture 1	Video	Video 1 Video 2
lecture 2	1-Pulmonary volumes (من دقيقة 34:33 - 1:15:20) 2-vital + Forced Vital Capacity (من دقيقة 1:24:50 - نهاية المحاضرة)	Video
lecture 3	1- lung compliance (من دقيقة 50:20 - نهاية المحاضرة) 2-AIRWAY RESISTANCE (من دقيقة 1:15:20 ل 1:24:40) 3-Surfactant: (اول 34 دقيقة)	Video
Lecture 4	أول 50 دقيقة	Video
lecture 5	Video	Video
lecture 6	factors affecting the rate of gas diffusion (Fick's law) (من دقيقة 35:47 ل 1:13:35)	factors affecting the rate of gas diffusion (Fick's law) (اول 21 دقيقة) لم يتم شرح بقية المواضيع

عارفين كم اخذ وقت هالتفريغ ؟ 🥰 من الظهر للعشا ،طبعًا الواحد بلتهي ف ادعولنا الله يعزكم وتنسوش اهلنا بغزة من دعائكم 🇵🇸

شغلتين مهمات 🏃
تلاخيص حمزة طراد اللي طبعناهم ☑️
وشرح براء صافي للاسئلة نهاية المحاضرة ☑️

ونراكم بالباثو