→ Exchange of gases between blood capillaries and tissue.

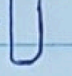
د. خالد شاهين

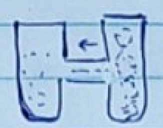
المحاضرة الأولى

← كل الغازات الي بنتعامل معها في ال physiology of the respiratory system are simple gases.

← هذه الغازات تتكون من molecules بتكون موجودة في champers بحيث ما تتفاعل وتتداخل مع بعضها البعض.

← في ال physiology of the respiratory system ⟶ بنستخدم قوانين ال simple gases.

← لو أنا عندي champer  ⟵ وفيه غازات هذه الغازات تتخبط في بعضها وبتخبط في جدار الوعاء. فبتعمل pressure على جدار الوعاء وبالتحديد الي بعمل pressure هي ال kinetic energy of molecules.

← 

← اذا كان عندي two champers ووصلت الأنبوبين سوا غازات تراكيز مختلفة بيروح الغاز وهو منتقل من ال high concentrated one لل low concentrated one

→ partial pressure of any gases directly related to it's concentration (as concentration increase also pressure will increase).

← اذا كان عندي (mixed of gases) في champer
مبدي أحسب قديش قوة ال hitting موجودة للغازات
فنبروح حانحسب ال total pressure للغازات الموجودة ← كل pressure
لال وحدها بنجمع

✓

(*) total pressure = pressure of Gas 1 + pressure of Gas 2

← هذا الـ

بنسميه partial pressure.

→ at atmospheric pressure $\xrightarrow[\text{عندنا}]{\text{بيكون}}$ mixed of Gases

O_2 21%, N_2, CO_2

→ atmospheric pressure = 760 mmHg.

→ partial pressure of oxygen = $760 \times \frac{21}{100}$ = 160 mmHg.

159.6 ✓

← كل حكينا قبل إنه عندي simple gases موجودة في champers

← فلو كان عندي simple gases ⟸ ذائبة في water

نفرض • كمان • بيكون عندها constant movement

فبالتالي كمان رح يكون عندي ال hitting لل wall
الي بيحتوي هذا ال water ، فالغاز نفسه بولد
ضغط على الجدار حتى وهو ذائب في الماء.
ولكن هنا الضغط بيختلف ؟ ضغط الغاز أقل والسبب
إنه في attraction ما بين جزيئات الغاز والماء الي ذائب
فيه هذا الغاز ، فضغط الغاز هنا بيكون أقل.

← كل ما زادت ال Solubility للغاز في الماء كل ما قلت حركة جزيئات الغاز
وبالتالي كل ما قل ال pressure من الغاز على ال contained .

← لو رجعنا جبنا CO_2 و O_2 بنفس ال concentration
وأذبناهم في نفس كمية الماء وأجينا نحسب ال partial pressure
لكل منهم رح نلاقي إنه

$PO_2 \uparrow$ ، $PCO_2 \downarrow$

لأنه له القدرة على الذوبان في الماء بصورة عالية جداً

← وفي المقابل O_2 له ذائبية محدودة في الماء.

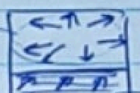
← CO_2 له القدرة على الذوبان أكبر ب (20.3) من ال O_2 .

partial pressure = $\frac{\text{concentration of dissolved gas}}{\text{solubility coefficient}}$

- solubility of O_2 = 0.024
- solubility of CO_2 = 0.57

→ تقريباً CO_2 20.3 ضعف ذائبية O_2 .

← لو عندي compartment فيه



gas (فيه O_2) ← ومشوش منه ذائب في الماء.

→ water

⇓

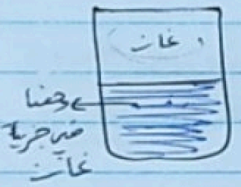
هذا الغاز بيتحرك بشكل عشوائي فبيعمل ضغط على الجدران وعلى سطح الماء ، والغاز إلي ذائب في الماء برضه بيتحرك بشكل عشوائي وبعمل pressure .

الفكرة هان في إنه كيف بدي يكون اتجاه الغاز مابين الجزء الغازي والجزء المائي ← بديكفيك إنه →
في حال كانت حركة جزيئات الغاز في الجزء الغازي أعلى فبالتالي رح تروح وتذوب في الماء ، ولا هيك اتجاه حركتها وكمان
في حال كانت حركتها في الماء أعلى رح تروح على الجزء الغازي ↑↑↑

⟹ net movement of the gas ⟶ * بتعتمد على

1. pressure gradient
2. solubility of the gas in the liquid. ⟶ لانه كل ما زادت ال solubility كل ما قل ال partial pressure of the gas at dissolve phase.
3. temperature. ⟶ بتأثر على حركة الجزيئات

⟸ نرجع للمثال الي قبل كان في عندنا container فيه ماء تحت و فوق غاز وفي جزيئات غاز ذائبة في الماء.



في حال لو زادت ذائبية الغاز فبالتالي زادت ذائبية الغاز الذائب اصلاً وعندها بيقل ال partial pressure ⟶ ليش

بسبب إنه صار في جزيئات الغاز مرتبطة بشكل قوي.
وبالتالي رح يصير الغاز ما بحرر الغاز يتركه وينزل وهكذا لحتى نزل ال pressure لأقل حاجة علشان الذائبية تبقى عالية.

+

انا بحكي ال pressure من تحت قل فبوجد اعلى فبينتقل من الأعلى للأقل.

⟸ وفي حال قلت ال solubility فبالتالي ال pressure للغاز الذائب عالية وبكون ما بقدر أحدد الانتقال للغاز إلا إذا عرفت رقم ال partial pressure للغاز الي مش ذائب وعندها بأحدد اتجاه نقل الغاز.

⟹ **Diffusion** ⟶ هو عبارة عن ال movement of gas from high concentration to low concentration.

→ **Diffusion of gases** → from high partial pressure to low partial pressure.

→ **Factors affected the rate of gas diffusion in a fluid:-**

1- solubility of the gas in the fluid.
2- the cross-sectional area of the fluid.
3- the distance through which the gas must diffuse.
4- the molecular weight of the gas.
5- the tempreture of the fluid.
6- the difference of partial pressure between the 2 ends.

← كل ما زادت ال solubility للغاز بتقل ال movement لأنه بيقل ال pressure.

← ولو زادت ال cross sectional area الي بيمر منها الغاز فبيزيد ال Diffusion.

← ولو زادت المساحة التي يجب منها التنقل فبيقل ال Diffusion.

← كل ما زادت ال molecular weight للغاز كل ما قلت ال Diffusion

← كل ما زادت ال tempreture كل ما زادت ال Diffusion للغاز علشان حركة الجزيئات بتكون أسرع.

→ **respiratory unit , "respiratory lobule"** or acinus. → Functional unit of respiratory system

بتتكون من ⇓
- → respiratory bronchiole
- → alveolar ducts
- → atria
- → alveoli

⇓ وهي المنطقة الي بيحصل فيها Gas exchange.

← كل مجموعة من primary lobules ← قائمة ب connective tissue (CT)

وهي وحدة البناء في ال (ct) image

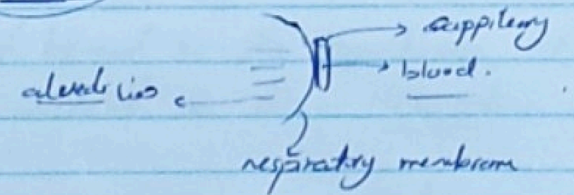
← عندنا حوالي 300 million من ال alveoli في ال two lungs
وكل وحدة من ال alveolus بيكون ال Diameter تبعها
(0.2 millimeter).

→ Between two alveoli or in general between alveoli
← بيكون في (extensiveness network of capillaries)

⇓

فال blood بيكون ماشي زي كأنه sheet.

→ respirator membrane → هو كاجز ما بين ال air
إلي داخل ال alveoli
وال blood إلي داخل ال (pulmonary arterie) ← ال capillaries ✓



→ respiratory membrane → مكون من 6 layers ⊛

① → small layer of fluid lining the alveoli
← موجود فيه surfactant
علشان تقلل ال surface tension.
ويمنع ال colapse لل alveoli ويخليها فاتحة.

② → alveolar epithial cells

③ → basment membrane.

④ → interstitial tissue
small amount of interstitial connective tissue
بيعمل supporting for structure.

⑤ → capillary basment membrane.

⑥ → endothelical layer of the capillaries.

→ Diameter of respiratory membrane **so** thin →

علشان سهل ال . "exchange of gases" فيقلل طاقة إلي بيتعرضلها الغاز علشان "to diffuse"

(*) → the overall thickness of respiratory membrane average about **0.6** micrometer. except in areas of cell nucleus can be as thin as **0.2** micrometer in some areas.

→ Total surface area of respiratory membrane = $70\ m^2$ in healthy person. ✓.

→ Total quantity of blood in the capillaries of the lung at any given instant = 60 – **140 mL**.

← تقريباً كل **$1m^2$** بيمشي أو بيـ spread فيه **1mL of blood**. "RBCs"

← بالتالي نرى كأنه **RBCs** طبقة بتستنى تأخذ أكسجين
والمقصود بال plasma كأنه **ال**

$1m^2$ ← عليه **1mL دم**. ✓

→ Factors that determine how rapidly a gas will pass through the membrane at a constant temperature are the following:-

(1-) the thickness of the membrane.

كل ما زاد ال thickness كل ما زادت طاقة تبعت ال Diffusion
فبيقل ال Diffusion وبيقل ال **Gas exchange**.

(2) surface area of the respiratory membrane.

لي مكل ما زادت ال surface area لل respiratory membrane

كل ما زادت ال Diffusion يزداد ال Gas exchange.

(3) Diffusion coefficient of the gas.

وهذا بعد عبارة character للغاز نفسه

(يعني) = مدى سرعة الغاز في قطع مسافة معينة.

يعتمد على ال - solubility of the gas.
- it's molecular weight.

← كل ما زاد هذا ال coefficient كل ما زادت ال Diffusion.

← كل ما قل ال coefficient كل ما قل ال Diffusion.

(4) partial pressure difference of the gas between the two sides of the membrane.

← في بعض الظروف بتقلل ال Diffusion من خلال إنها مثلاً بتعمل

1. thickness of the membrane
   - → Fibrosis " lung fibrosis "
   - → pulmonary edema
     - → acute condition high venous pressure

- interstitial of the lung. ← تجمع السوائل في ال

② فيحالات بيتقلل ال Surface
area of the lung:—

- lobectomy ← إذا شخص عمل
- pneumonectomy.

← lung emphysema
← تحصير بشكل أساسي عند المدخنين
ومع مرور الوقت بيتدمر ال septum
between alveoli → وبالتالي بتروح فائدة
ال alveoli على بعضها
فبتتحول one large
alveolar.
← فبتقل ال surface
area of gas exchange.

→ restrictive lung disease → Disease that restrict functions of the lung.
↳ أي شغلة بتمنع ال functions
of the lung. ✓

← السلايد 13 مش عنه وحكى مش مهم لأنه
موجود في ال chapters عند د. وليد مشروحه.

ملاحظة

← شوف التعريف إلي بتدمير
في ال alveoli وهو بسيط
ونعرف كيف المشاكل إلي
موجودة بتأثر على ال Diffusion.

→ Diffusion capacity of respiratory membrane:-

↓

Functions of respiratory membrane. هذه طريقة بنستعملها لنوصف ال

← "قدرتها هي مقدرة ال respiratory membrane إنه يعمل gas exchange

تحت تأثير اختلاف (1 mm Hg) من الضغط".

→ the volume of a gas that will diffuse through the membrane each minute for a partial pressure difference of 1mm Hg.

→ Diffusion capacity for O_2 = 21 mL O_2/min per mm Hg.

→ pressure difference in respiratory membrane "ما بين blood and alveoli" at rest = 11 mm Hg

← نقدر نعرف كل دقيقة بيدخل ال respiratory membrane ال O_2 ؟!

⇒ 11 x 21 = 230 mL of O_2 each min

↓

وهذه هي الكمية المطلوبة لل metabolic activity.

وهذا الرقم بيزيد ويتغير في حالات ال exercise

→ diffusion capacity of respiratory membrane during strenuous exercise:-

← ليش ال (Diffusion capacity) بتزيد خلال ال strenuous exercise ؟!

- Diffusion capacity of the membrane →
هي عبارة عن كمية ال O_2 اللي بتقدر ال respiratory membrane
إنه يدخلها في حال لو كان عندي pressure على طرفي ال membrane

$\frac{O}{C}$ = 1 mmHg

← في الوضع الطبيعي في حال ثبتت الضغط الخارجي
$\frac{O}{O}$ بيكون الفرق في ضغط ال O_2 بين طرفين ال membrane

= 11 mmHg.

← يعني في اختلاف في الضغط فبيتحرك ال O_2 ، ولكن هذا
في وضع ال rest.

→ في حالة ال (exercise)

① بتزيد ال Diffusion capacity ؟!

لأنه ① بتكون مفتوحة كل ال capillaries في منطقة
معانا تتنفس منيحا لوضع أنا بأخذ كمية رح
بالتالي بدي O_2 أكثر بتروح وهي شغالة.

② بتحسن كفاءة ال ventilation.

✓

→ Diffusion capacity of carbon dioxide :-

- CO_2 is highly soluble in water so its pressure is low "very low" → مش طريقة لقياسه

إلا إذا قسناه بالمقارنة مع O_2 ✓

← (CO method) ← هي standard method

مستخدمة في ال respiratory labs

علشان يقيسوا ال "capacity of respiratory membrane"

← ما بنستخدم O_2 ولا CO_2 علشان في

Difficulty in their concentration around respiratory membrane.

✓ ← ليش بنستخدم ال CO طيب ؟! بيحكيلك إنه في الوضع الطبيعي CO ما بيتصنع ولا بأي شكل من الأشكال داخل الجسم فالكمية الي بأعطيها للشخص هي الي بتكون عنده وبس.

← وبكون عارف الكمية الي أعطيته إياها هي الي بتكون موجودة وبس. بسبب إنه CO مش موجود في ال body أصلاً فالكمية الي أعطيتها للشخص هي الي بتكون موجودة.

← PCO في الدم ⇐ 0 =

بسبب إنه له affinity ↑ على إنه يرتبط بال (Hb) فبيسهل علينا الحسابات.

← أنا بأعطي المريض CO وبس وبأخليه يعطي زفير وباخذ عينة من الزفير (هواء) وباعرف قديش فيه CO ⇐ هذا يصلح مش للإنسان الطبيعي لوجود كمية الي أعطيته

تطلع كلها نلوعا طلعت كلها ← فيها مشكلة ومبناءً على الكمية التي طلعت بأقدر أحدد

PCO_2 والـ PO_2 مبأخذ الـ ← [diffusion capacity of the membrane.

من خلال الـ Diffusion coefficient للغازات
بأقدر أقارن ما بين الغازات وأحسب لكل منهم Diffusion capacity

- Diffusion coefficient of O_2 = **1.23**

- O_2 diffusion capacity = $1.23 \times (17) = (21)$ mL/min/mmHg

(17) ← هذه diffusion capacity of CO.
من التجربة ✓

→ atmospheric pressure → هو عبارة عن مجموعة من الغازات تتحرك بشكل عشوائي وبتعمل pressure على وحدة المساحة.

⇓

760 mmHg

← الغازات إذا كانت (simple gases) وما بتتفاعل مع بعضها البعض رح تعمل كل وحدة كل نوع منها pressure على حدة.

(*) 760 mmHg → هذا عبارة عن مجموع ضغط مجموعة من الغازات تشكل هنا الضغط على وحدة المساحة

PO_2
$+ PCO_2$
$+ PN_2$] مجموع

↓

← لو أنا عندي two container وفيهم ضغط مختلف عن بعض ووصلناهم

مع بعض فرح ينتقل الضغط من الأعلى ضغطاً للأقل ضغطاً وبعدين تصير حالة من الاتزان ، ويتوقف انتقال الضغط.

⇓

نفس قصة ال containers المفروض تنطبق على ال lungs

← الي هي ال container 1

وال atmosphere (container 2)

ولكن ربنا أعطانا ميزات mechanisms .

⇓

علشان ما يساوي الضغط ما بين ال 2 وجوا

وما يتوقف انتقال الضغط.

وهي منها حركة اسمها trans pulmonary pressure

← يغير الضغط في ال lungs كل فترة وفترة بتدخل بناءً على حركة الجهاز التنفسي.

على أساس إنه ما يعطي فرصة

لحدوث ضغط ثابت فروح متساوي مع ال atmospheric pressure

→ trans pulmonary pressure = 1 mmHg

→ PO_2 at atmosphere = 159.6 mmHg.

→ PO_2 inside lung = 104 mmHg.

علشان O_2 تفاعل مع vapor وصار داخل

dead space

CO_2

O_2 capacity.

← حصول لها بعيدتها على تركيز الغازات

← الدكتور وليد حكى إنه سبب إنه P بيقل ما بين ال atmosphere وال alveoli

إنه O_2 بيندمج مع صدول

وهي حاجة في نوعه.

لكن الدكتور خالد حكى إنه صدول ما باشروا على ال P of gases سبب باشروا على ال concentration of gases

→ Transport of oxygen through the blood and tissue fluids.

← التراكيب إلي موجودة في ال blood بتزيد إمكانية نقل O_2 عالية جداً.

← فبالتالي إمكانية نقل O_2 في الدم تزيد ب 100 مرة إمكانية نقله في الماء.

وذلك بسبب وجود Hb !

← مكانه ال CO_2 في mechanisms موجودة في ال blood بتزيد إمكانية نقله خلال ال blood .

→ PO_2 in alveoli = 104 mmHg

→ PO_2 in (arterial end) = 40 mmHg

] pressure difference = 64 mmHg ↓

وهذا هو إلي بسبب حركة ال O_2 .

→ PO_2 at venous end = 95 mmHg.

← وال 11 mmHg ← إلي حكينا إنه هي pressure difference across the respiratory membrane هذه average ✓.

curve.

← بالنسبة لل curve إلي موجود في سلايد 23 أول ما دخل الدم وجاي من ال pulmonary artery ووصل لل arterial end بيكون ال partial pressure = 40 mmHg فور ما بيوصل بس ما قطع $\frac{1}{3}$ المسافة من وصوله لل vein زي العالم بيتم التبادل بشكل كامل وبيصير عندنا O_2 equilibrium

$PO_2 = 104$ mmHg ✓.

← مقصة إنه له ما وصل ⅓ المسافة وصار تبادل كامل ووصلنا الحالة اتزانه بتنفعني في حالة لو عملت exercise

← الدم سريع جداً نترجة التبادل الى حد ما شكل ولكن سبحان الله بيصير تبادل كامل مع نص المسافة في هذه الحالة.

← شو يعني shunt flow ؟ → (anatomic situation) not physiological situation

يعني إنه في كمية من ال blood ما بتمر من ال pulmonary circulation

يعني بتطلع من ال left heart وبترجع لل left heart

بتطلع من ال aorta وبترجع لل pulmonary veins

وما بترجع لل inferior and superior → (vena cava)

يعني بيعمل بزلة ← هذا ال blood بنسميه (shunted blood)

وأكثر مكان بتصير فيه هذه القصة هي ال lung بتنزل ← ½ تقريبا

⊕ venous admixture of the blood:- combination of shunt flow with the oxygenated blood from the alveolar capillaries in the pulmonary veins.

$= (104) + (40) \xrightarrow{\text{بتطلع}} 95 \text{ mmHg of } PO_2$ بالآخر

(~~dex~~ curve)

→ after gas exchange —blood→ systemic circulation
بيروح
على

↓
tissue

⊛ PO_2 in interstitial fluid = 40 mmHg ← بينتقل

⊛ PO_2 in blood "الي جاي" = (95 mmHg)
↓
arterial end and at the level of tissue

يتم تعقيط في ليلك الاوكسجين مسافة
بنجاحه كبيرة ← وبعد انتقال ال O_2

بيوصل الدم لل venous end
وفيه PO_2 = 40 mmHg