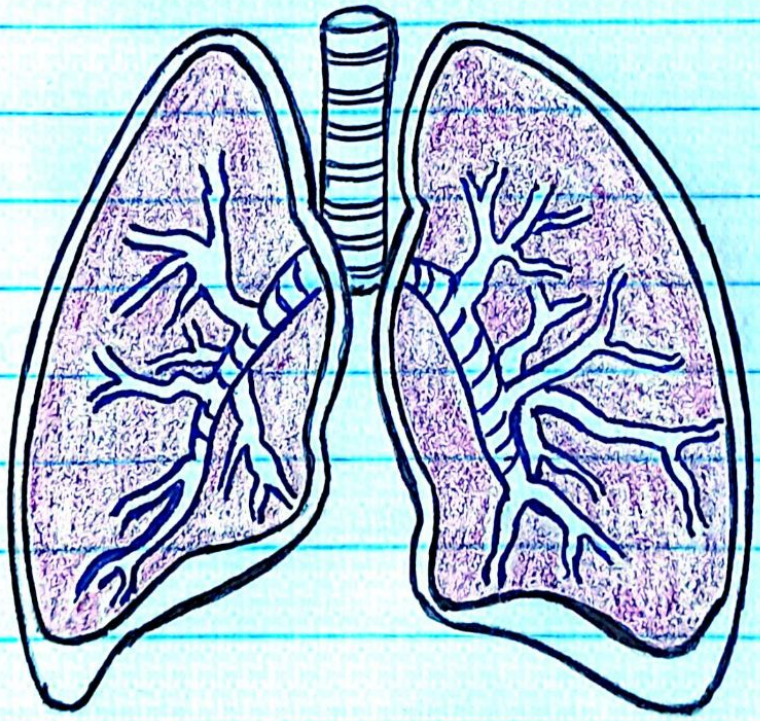
* بسم الله الرحمن الرحيم *

⇒ Respiratory system...

• Physiology of respiratory system.



قال - تعالى - :

" وَأَنَّهُ لَيْسَ لِلْإِنسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ "

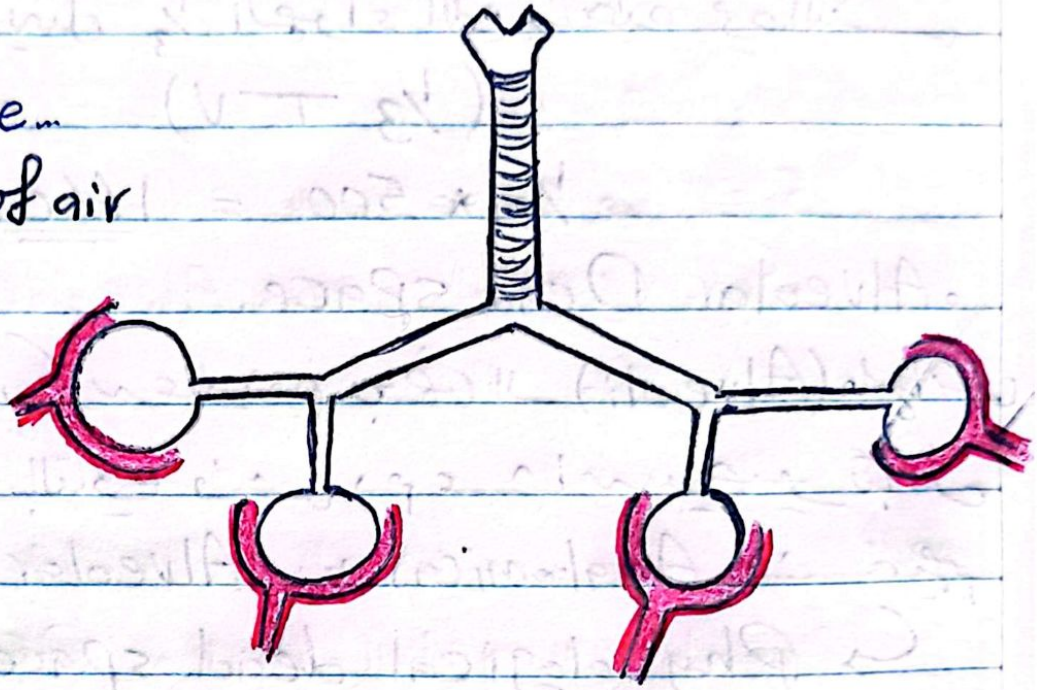
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

Respiratory system & Physiology.

* Lecture 3: Dead space & Lung Compliance.

* Dead space..

The volume of air that doesn't undergo gas exchange.



← قسمنا الـ Resp. tract إلى جزئين:

- **Respiratory Zone**
  - ↳ Alveoli
  - Respiratory bronchioles ← بتبدأ عند
- **Conducting Zone**
  - ↳ No alveoli
  - + يتكون عند الـ Terminal bronchioles

← الـ Conducting Zone يعبر Dead space لأنو بما يحدث فيه تبادل غازات لأنو فش فيه Alveoli

. Types of dead space:

- (Anatomical Dead space)
- (Alveolar Dead space)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

• Anatomical Dead space:

وهادا عبارة عن الـ (Conducting Zone) الموجود عند كل الناس .. ويمثل ⅓ الهواء اللي بناخده في النفس الواحد ← يعني (⅓ TV)

⅓ * 500 = 166Cm

• Alveolar Dead space

← في بعض الناس بيكون عندهم بعض الـ (Alveoli) هواش الـ Blood supply بالتالي فش دم عشانه يصير تبادل للغازات .. الـ Alveolar بنسميهم Anatomicals +

↳ Physiological dead space

الـ Physiological dead space

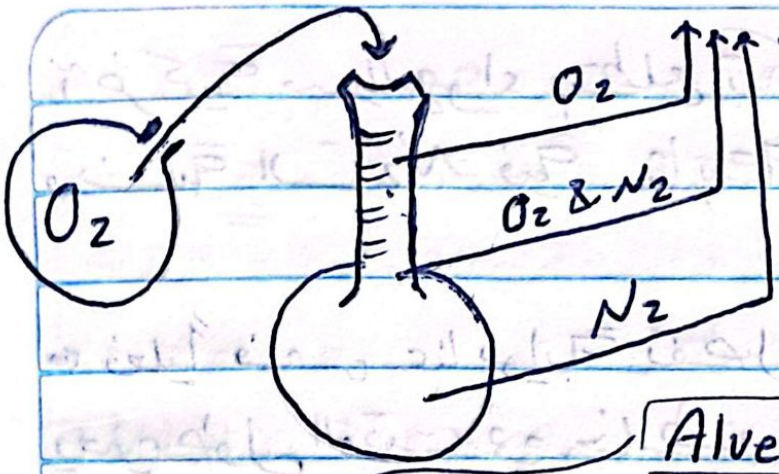
(في الناس السليمة) = Anatomical فقط

(في المرضى) = Anatomical + Alveolar

* Measurment of Dead space:

① single breath (N_2) test "Fowler's method"

← برغم إنه الـ (N_2 test) إلا إنه الـ Bag اللي بتنفس منها فيها Pure oxygen ..



في الأول بناخد نفس
500 cm oxygen
بناخد بيتوزعوا كالآتي:

أول 350 بيدخلوا الـ Alveoli

وآخر 150 بيضلهم في الـ (Dead space)

Pure oxygen

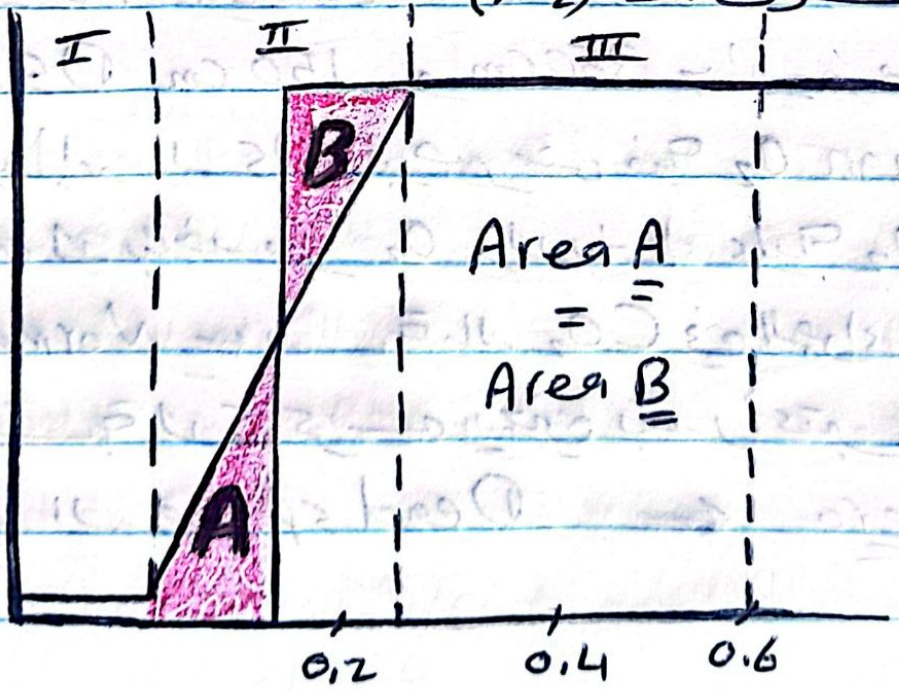
بتكونش فاضية
Residual V. فيها بيكون
منه ٨٠٪ نيتروجين

يعني الـ oxygen
يختلط مع الـ N_2
الموجود في الـ Alveoli

← تاني جزء من التجربة ...

. Expire rapidly in a Nitrogen meter..

جواز بيقيس مستوى الـ (N_2) ..



← أول جزء من الهواء
بيطلع من الـ DS
نسبة الـ N_2 فيه
صفر..
(Phase I).

Area A = Area B

آخر كمية من الهواء بتطلع بتكون جاية من الـ Alveoli
ونسبة الـ N_2 فيها ثابتة = %80 (Phase III)

← فعلياً فش عنا بوابة تفصل بين الـ DS والـ Alveoli
يعني طول الوقت في خلط بين الـ O_2 في الـ DS
والـ N_2 في الـ Alveoli ← عشان هيك بيكون
الـ Phase II خليط بين الـ N_2 والـ O_2
هاي الـ (Phase) بنفحص أحدها ضمن الـ DS
وكمان بنفحص أحدها ضمن الـ Alveoli ← بنقسمها بالنص
النص الأول للـ DS والنص الثاني لـ (Alveoli)

∴ Dead space = Phase I + 1st ½ Phase II

---

② Bohr's Equation (CO_2 method):

← الـ TV اللي هو 500cm بيكونوا عبارة عن خليط بين
الـ DS 150 cm و 350cm جايين من الـ Alveoli
← بما إنه الـ DS بيصير فيه Gas exchange
يعني لحد بياخد من الـ O_2 ولحد بنحط عليه CO_2 ..
← Normally نسبة الـ CO_2 في الهواء اللي بنتنفس منه
هي نسبة لا تذكر ← يعني بتعتبر إنو نسبة الـ CO_2
في الـ Dead space ← Zero ≈ 0.04%

← نسبة الـ CO_2 في الـ Alveoli اللي بيصير بينها تبادل للغازات ← نسبة الـ CO_2 = 6%

• لو حطينا الهواء اللي طالع من الـ DS على الهواء اللي طالع من الـ Alveoli ← نسبة الـ CO_2 تنخفض عن 6%

لما الانخفاض بيكون بنسبة الـ Dead space من الـ (TV)

← الهواء اللي جاي من الـ DS بيقلل نسبة الـ CO_2

من 6% ← 4% يعني قللها 2%

يعني 2% من 6% ← 1/3 الخليط

في الـ Dead space يمثل 1/3 حجم الـ (Tidal Volume)

$DS = 1/3 * 500 = 166.67\ cm.$

$$DS = TV * \frac{PCO_2 \text{ in arterial blood} - PCO_2 \text{ in expired air}}{PCO_2 \text{ in arterial blood.}}$$

بدل ما أجيب نسبة الـ CO_2 في الـ Alveoli لأنو صعب

بجيب نسبة الـ CO_2 في الـ Arterial Blood لأنه نسبة

الـ CO_2 في الـ Alveoli بيساوي نسبة الـ CO_2 في الـ Arterial bl.

← الهواء في الـ Arterial blood بيكون (In equilibrium)

مع الهواء في الـ Alveoli ، لأنه الهواء في الـ Alveoli هو

اللي بيصنع الـ (Arterial blood) بعد ما يصير equilibrium

ما بينهم ... يعني بيصير نسبة الـ O_2 والـ CO_2 متساوية

بين الـ Alveoli والـ (Arterial blood)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

- Normal standard of dead space:
  1/3 TV ‖ 30% TV ‖ 166ml ‖ 150 للشخص الطبيعي

- Significance of dead space:
  ليش الهواء بيمشي في مر طويل قبل ما يدخل الـ (Alveoli)
  ① وجود الـ DS ← هو اللي خلق فيه Difference بين الـ Alvedar Air والـ Expired Air في التركيب

Alveolar | Dead space

② Protection functions:
- → Humidification
- → Waraming
- → Filtering

} of inspired Air.

* الـ Particles الموجودة في الهواء كيف بدنا نتخلص منها؟
← كل ما كانت الجزيء أكبر كل ما كانت الإمساك بها أسرع
⇒ > 10 Mm
بتتمسك في الـ Nose بواسطة الـ Hair والـ mucous
⇒ (2-6) Mm

- Upper Airway → by mucosa
- Lower Airway → by cilia

Lower / upper ← هاي الـ Partic بعد ما مسكناها في الـ Nose أو في الـ Sneezing أو Coughing بنطردها عن طريق الـ

⇒ (0.5 - 2) μm

بتخلص منها عن طريق الـ Phagocytic cell في الـ Alveoli

↳ Dust cells.

⇒ (< 0.5) μm هاي عمرك ما تفترتكها

بتضلها داخلة طالعة مع الـ (Air)

* Clinical significance of DS:

وجود الـ DS عمل Difference بين الـ (Alveolar ventilation) والـ (Pulmonary ventilation) ...

• Pulm. ventilation:

يعني حجم الهواء اللي بناخده في الدقيقة .. كيف بدنا نحسبه ؟!

(عدد مرات التنفس في الدقيقة ≈ 12/min) * (حجم الهواء اللي باخدها في النفس الواحد (TV) = 500 Cm = 0.5L)

∴ Pulm. ventilation = 0.5 * 12 = 6L/min

هادا الي النفس الطبيعي (Eupnea)

• Alveolar ventilation:

احنا حكينا إنو من كل الـ 0.5L بيعملوا تبادل غازات .. فقط

اللي دخل الـ Alveoli هو الهواء اللي بيصير فيه تبادل وهادي

↳ Tidal Volume - Dead space

500 - 150 = 350 cm

∴ Alveolar vent. = (500 - 150) * 12 = 4.2L

عدد مرات التنفس في الدقيقة

بـ الـ Alveolar vent. أقل مسار Pulmonary vent.

* Conditions that lead to shallow rapid breathing:

Rapid breathing ← افرض إنه الشخص بياخد 30 نفس في الدقيقة وبكمل (shallow) .. بدل ما يأخد 500 cm في المرة بياخد 200 cm مثلاً

* Pulm. Ventilation = 30 * 200 = 6L

طبيعي زي الـ (eupnea)

* Alveolar ventilation = (200 - 150) * 30 = 1.5L

Alveolar vent. طبيعي بكمل الـ Pulm. Ventilation بينما الـ Alveolar vent. نقص من 4.2L إلى 1.5L بالتالي الشخص هادا بيصير معاه Hypoxia ← (-- O_2)

Hypercapnia ← (++ CO_2)

بـ عشان هيك أكثر شي بتخاف منه هي الأمراض أو الأدوية اللي بتخلي النفس (Shallow & Rapid)

* Deep slow breathing:

عميق وبطيء

زي في بداية الـ [exercise]

In the athelethics, at early excercise

Deep ← يعني بدل ما بياخد 500 cm صار ياخد 1000 cm

slow ← بدل ما بياخد 12/min صار ياخد 6/min

↳ Pulm. ventilation = 6 * 1000 cm = 6L

↳ طبيعي زي الـ (eupnea)

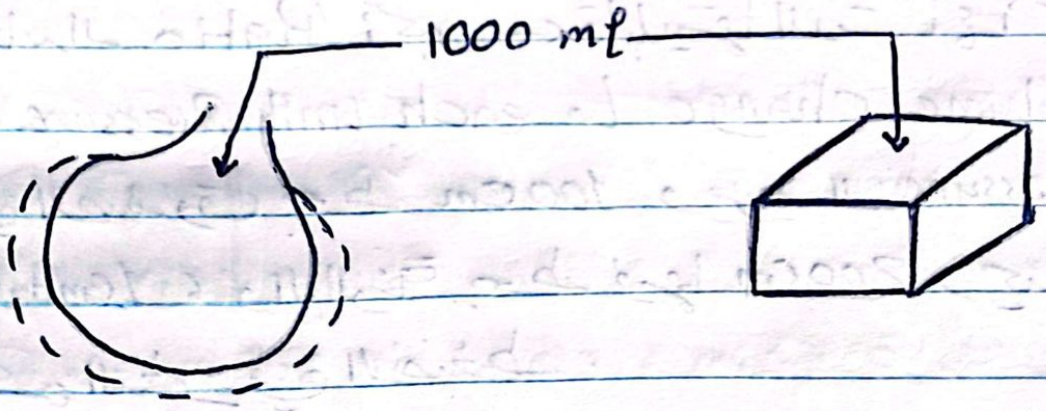
↳ Alveolar ventilation = (1000 - 150) * 6 = 5.1 L

↳ يعني أحسن من التنفس الطبيعي ..

* Elastic Propetis in lungs "lung Compliance"

[Pressure - Volume Relationship]

← افرض عندي بالونة وصندوق خشب وبدي أدخل في كل واحد نفس حجم الهواء ..



وبدي أشوف الـ Pressure بيزيد في أيهما أكتر ..

فالصندوق بما إنو مفروض ما elastic Properties .. مش حيتمدد .. فرضنا إنو الضغط زاد بمقدار 10 cmH_2O P.

بينما البالونة Compliant / elastic يعني حتوسع بالتالي الضغط مرادش فيها كتير .. 5 cmH_2O P.

- حسبنا النسبة بين التغير في الحجم والتغير في الضغط
لما في الصندوق حطينا 1000 وال Pressure زاد 10
يعني الضغط زاد 1cmH2O P. لكل 100 ml ، بينما في
البالونة لما نفخها اتسعت مزادش الـ Pressure كتير،
الزيادة كانت 1cmH2O لكل 200ml .

- لما النسبة أفضل في حالة ال lung لما نفخها بتوسع
يعني نقدر نحط حجم كبير بتغير صغير في ال Pressure
- النسبة هاي تقيس قابلية اتساع الشيء (Compliance)
↳ A ratio between change in Volume to
Change in Pressure $\Delta V / \Delta P$
كل ما كان ال Ratio أكبر ← قابليتها للاتساع أكبر.
↳ Volume change to each unit Pressure change
يعني في الصندوق بحط 100cm وبزيد ال Pressure
بمقدار 1cmH2O ، والبالونة بحط فيها 200cm وبحدث
فيها نفس التغير في الضغط.

- بنحكي إنو (التغير في الضغط) ← أي Pressure بيوسع الرئة؟
الرئة معكسرتتسع بطريقتين:
(++ Alveolar Pressure) (-- pleural Pressure)
لازم الاتنين مع بعض.

يعني لازم يكون الـ Pressure جوا أكبر من الخارج عشان
تتسع الرئة، وهذا هو الـ Destinding Pressure
↳ The difference in Pressure between the inside & outside "Transpulm. Pressure"

- Compliance is a measure of → Distensibility
  ↳ Expansibility
  ↳ is Not a measure of elasticity or surface tension

الـ Compliance بدها توسع والـ surface tension لأنه
والـ elasticity بدها تصغر الرئة

- الـ Compliance لا علاقة لها بالـ elasticity .. على سبيل المثال RBCs ← "Concave in shape"

RBCs لو شديتا الـ surface بتجوا بيض
It has Compliance, yet it's Not elastic.

Compliance .. أي حاجة في الجسم عندها Compliance بتكون قابلة للانتفاخ
e.g. stomach, Urinary bladder, vessels.... etc.
∴ Any distindable organ has get Compliance

- Normal standard
  (Lung) ← لما بتنفس في رئتين بيوسعوا
  (Chest wall) ←

لو أخذنا كل واحد لحاله بنلاقي قابليتهم للاتساع أكتر من لو كانوا متربطين "وهادا اللي بيصير في الحقيقة"

→ Normal Compliance of Lung = 200ml / cmH_2O P.

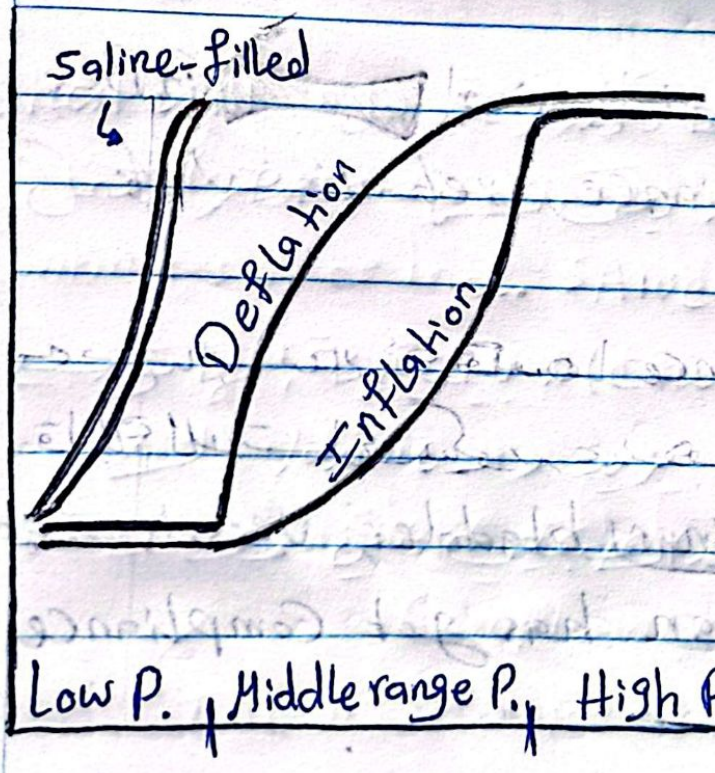
→ // // // Chest wall = 200ml / cmH_2O P.

→ Compliance of Lungs & Chest wall = 100 ml / cmH_2O P.

↳ = 0.1 L / cmH_2O P.

∴ [Compliance of lung + Compliance of Chest wall] ← isolated Lung or Chest wall

Excised Lung: أخذنا الرئة (lung) من قطة وبدنا نشوف الـ Compliance عليها



في بداية الـ (Cure) الرئة لازم تتسع

↳ At a Low Pressure, there is no changes in Volume ⇒ Compliance is very low

لأنه الـ Pressure "انقام" والـ Volume "انبط"

بيزيد شوي بيزيد شوي

ليش؟!

لأنني لما آخذ الـ (Lung) وأطلعها برا الـ (Chest Wall) بيصيرها (Collapse) يعني بتصغر عالآخر.. فأول Pressure بيطيح عشان أفتح الـ (Collapsed alveoli).

* في الـ (middle-range pressure) ← كل زيادة في الـ Pressure يقابلها زيادة في الـ (Volume) ← هادا الـ (Inflation)

* في الـ (High Pressure) ← بلاقي برضو إني بزود الضغط والـ (Volume) بزيد برضو.. لأنه الرئة بتكون Distended عالآخر فأنت بزود الـ Pressure والـ elasticity بتعاكسك يبقى مش حتقدر تزود الـ (Volume).

* Deflation Curve = Expiration

بنعيد التجربة بالعكس .. بنطلع هواء ونشوف التغير في الضغط لاحظنا إنه الـ (Deflation Curve) أعلى من الـ (Inflation) يعني الـ (Compliance) في أثناء الـ Exp. أخسر من الـ Insp. لم ليش الـ Compliance أخسر في الـ Exp. !؟

في شغلتين بيحاولوا يصغروا حجم الرئة: (Elasticity) الـ (surface tension)

أثناء الـ Exp. مع الـ (Alveoli) بتصغر وهادا بيزود تركيز الـ surfactant بالتالي بيقل الـ (surface tension) ↓

++ Compliance.

وفي أثناء الـ Insp. ← الـ (Alveoli) يتكبر في الحجم وهذا بيقلل تركيز الـ surfactant بالتالي بزيد الـ (surface tension)
↳ -- Compliance.
عشان هيك الـ (inflation curve) بيكون أوطى.

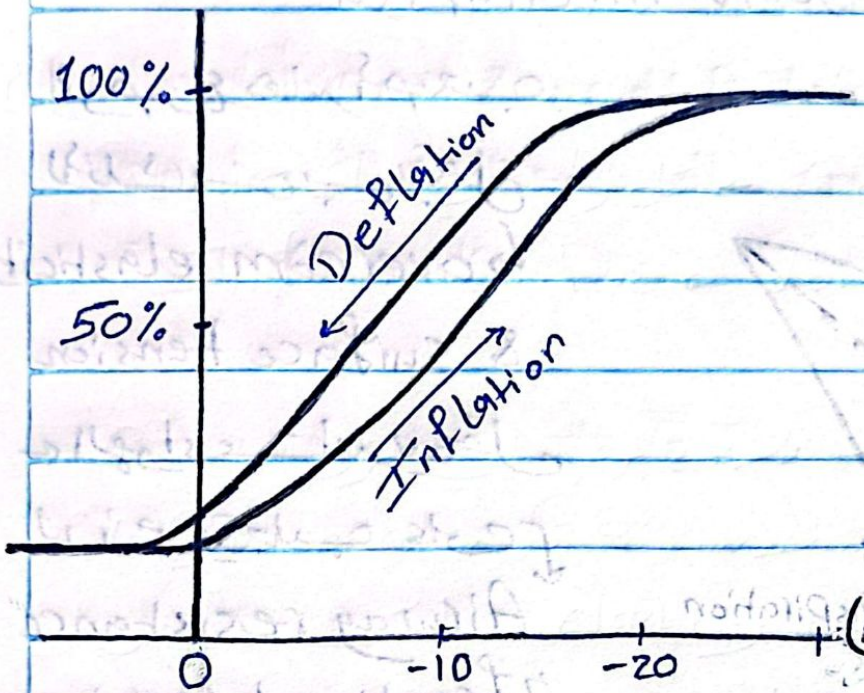
• Notes

⇒ Pressure- volume curve isn't linear, it's S-shape
⇒ Deflation Curve > Inflation Curve.
⇒ Saline-filled lung is very easily inflated.
لو جبنا الرئة وحطينا فيها saline بيقل فش مواجهة بين الهواء والـ fluid ← بيقل فش surface tension بالتالي الـ Compliance عالي ..

⇐ في الـ (Normal Condition) لما تكون الرئة داخل الـ chest wall فش (collapsed alveoli) يعني فش حنضطر نعمل Pressure عشان نفتح الـ (Alveoli) .. وبسبب وجود الـ (chest wall) .. بيمنع الرئة إنها توسع كتير لدرجة إنو الـ Pressure يزيد والـ Volume لسا قليل لم يعني الوجود في الإنسان الطبيعي هي منطقة الـ (middle-range P.) .

* Static Lung Compliance Curve: بنعمله في شخص طبيعي

↳ Inflation & Deflation in very small steps.



بمر بالنقيس ال Volume وال (Pressure).. ال Volume بقيس بال (spirometer) وال Distending P. = Alveolar - pleural وبما إنه ال Alveolar = 0 لأنو متصل بال (Atmosphere) ليبقى ال Distending P. هو ال (Pleural P.)..

بتاخد النفس (In steps) بتاخد 100 cm بعديه (relax) عشانه تعطي فرصة لل lung إنها تكون (stable).. بعديه تاخد 200 cm ← relax ← 300 cm ← relax

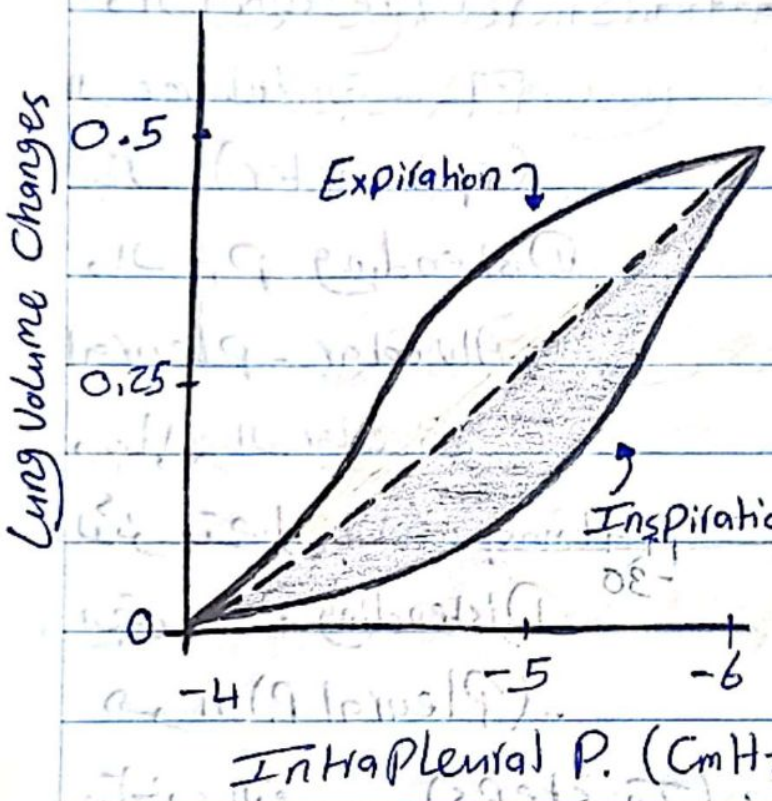
• Flow overcomes elasticity & surface tension

بينما في ال (Dynamic Curve) انت بتوقفش.. بتاخد نفس واحد مرة غير ما تقطع..

Inflation & Deflation with one continuous non-interrupted breath.

* Dynamic Pressure - Volume Curve of Lung during a single normal tidal breath:

"Continuous" "Non-interrupted"



الموضوع هاد أصعب لأنك دش بس بتتعمل
overcom elasticity & surface tension
← الهواء هاد بيحل لازم يتغلب على
Airway resistance
"Frectional resistance"
الهواء داخل الـ Airway

← انت لما تاخد النفس (In steps) م بتعطي فرصة إنه الـ lung يصيرلها (stabilization) بيظا في الـ (Continuous) انت بتحاكي الـ (Tissue resistance).

← بناخد الـ (slope of deflation Curve) أو الـ Line اللي في النص كمقياس لـ (Compliance)

The more slope → The more the Compliance

* In static compliance, we've to overcome:
① Elasticity ② Surface tension..

ش ال compliance بزيد لو أحد هدول العاملين قل..
ايش اللي بيقلل الـ surface tension؟!
(Saline-filled lung) (Expiration "Deflation" curve)

← الأشياء اللي بتقلل الـ (elasticity):
(Emphysema) (old age)

← في الـ (old age) نتيجة الاستخدام الكثير خلال الحياة
بتقل الـ elasticity وهادا زود الـ (Compliance)

← في الـ (emphysema) رغم إنو مرض إلا إنو زود الـ Compliance
وبكسر هادا لا يعني نقصان الـ (work of breathing)
لأنه اللي ضرب الـ elasticity إنو الهواء مش قادر يطلع بسهولة
يعني في [Chronic obstruc] وهادا بيزود الـ (work of breathing).

* Factors that decrease static compliance:

++ Surface tension
e.g. Respiratory distress syndrome

Restrictive lung disease
e.g. Pulm. Congestion Fibrosis

Chest diseases
e.g. Arthritis -obesity -Kyphoscholosis

* Factors that decrease Dynamic Compliances

هكينا دخل علينا عامل تالت هو الـ (Resistance)..

++ Airway resistance

→ e.g. Bronchial Asthma & Rapid breathing

بيزيد احتكاك الهواء بالـ (Airway) بالتالي

بيقل الـ (Compliance)..

تم بحمد الله..