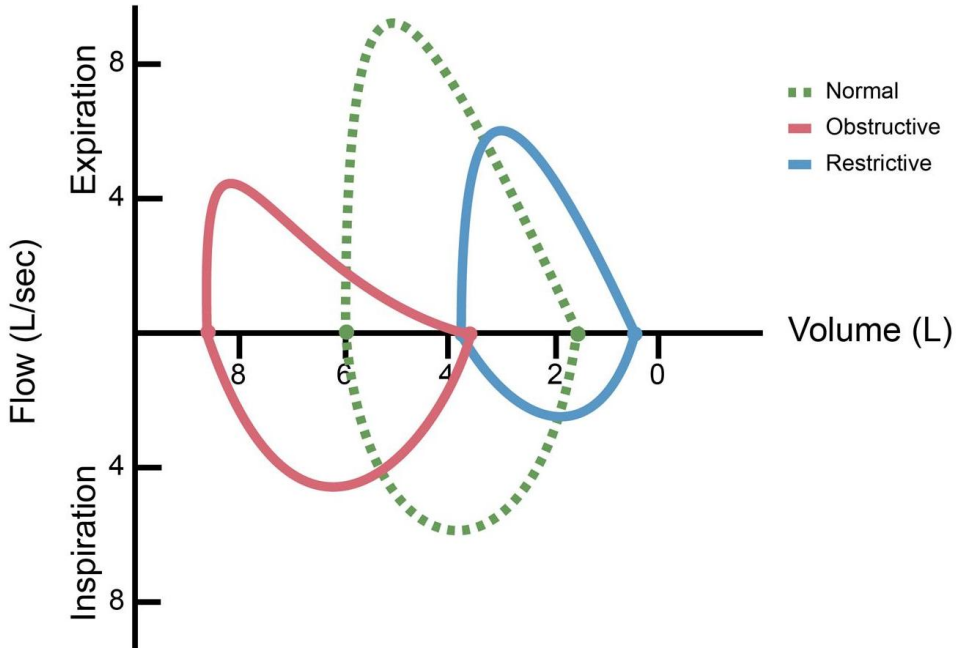
Respiratory System Physiology

Comprehensive File 4 – V1

Dr. Yanal Shafagoj



Done By:

Almothana Khalil

Mohammad Mahasneh

Continuation of Airway Resistance

الرئتين والمرونة:
•الرئتان هما هياكل مرنة تميل إلى الانهيار ما لم يتم توسيعهما عن طريق الضغط داخل الجنب الذي تولده عضلات التنفس

العمل التنفسي يتكون من مكونين رئيسيين:
العمل المرن و العمل غير المرن (المقاوم).
•حوالي 70% من العمل التنفسي هو مرن.
•حوالي 30% من العمل التنفسي هو غير مرن (مقاومة المجاري الهوائية)

Lungs are elastic structures that tend to collapse unless expanded by negative intrapleural pressure generated by respiratory muscles. The work of breathing is composed of two main components: elastic work and nonelastic (resistive) work. Approximately 70% of the work is elastic, while 30% is nonelastic.

المكون المرن:
•المكون المرن يمثل العمل المطلوب للتغلب على مرونة الرئة و توتر السطح في الحويصلات الهوائية.
•يتمثل هذا العمل في التغلب على القوى التي تجعل الرئة تميل للانهيار، مثل التوتر السطحي في الحويصلات الهوائية.

المكون غير المرن (المقاوم):
•المكون غير المرن يتكون من مقاومة المجاري الهوائية (حوالي 80%) و لزوجة الأنسجة (حوالي 20%)

The elastic component represents the work required to overcome lung elasticity and surface tension in the alveoli. The nonelastic component consists of airway resistance (80%) and tissue viscosity (20%).

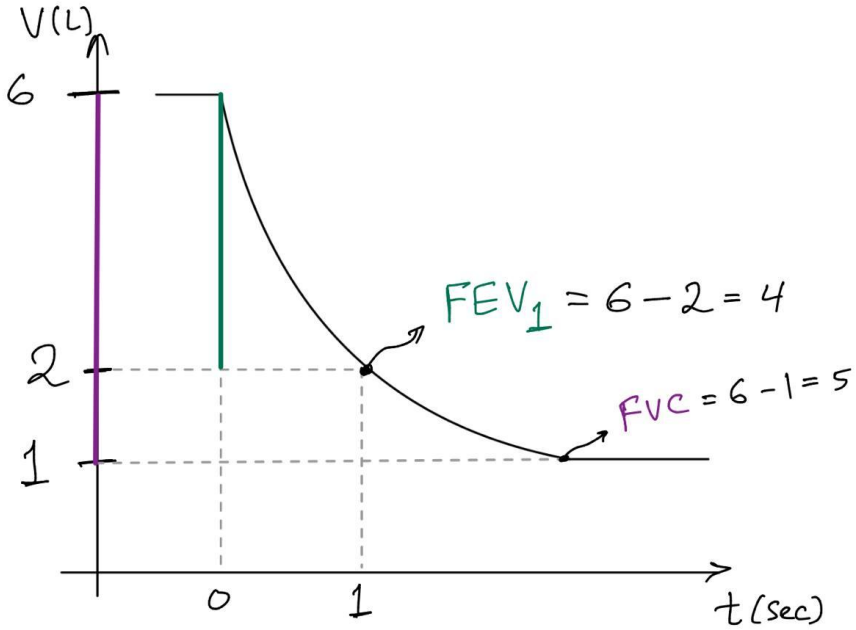
This resistance, and therefore the pressure gradient and energy (ATP) required for breathing, has a dynamic component, meaning it increases during airflow, similar to skeletal muscle, which requires more force during movement than during static holding For example, if the total force needed to overcome the collapsing forces on the lungs is (-6) mmHg, about (-2) mmHg is dynamic, and (-4) mmHg is static. (-) is for outward.

مقاومة المجاري الهوائية تعني صعوبة تدفق الهواء عبر المجاري الهوائية، والتي تزداد مع زيادة الانسداد أو الضيق في المجاري الهوائية.

المقاومة والديناميكا:
•المقاومة، وبالتالي فرق الضغط و الطاقة (ATP) المطلوبة للتنفس، لها مكون ديناميكي، مما يعني أنها تزداد أثناء تدفق الهواء.
•هذا مشابه لعضلات الهيكل العظمي التي تتطلب مزيدًا من القوة أثناء الحركة مقارنة بالحركة الثابتة.
•على سبيل المثال:
•إذا كان إجمالي القوة المطلوبة للتغلب على القوى التي تؤدي إلى انهيار الرئتين هو -6 ملم زئبقي، فإن -2 ملم زئبقي هو ديناميكي (أي يتغير أثناء التنفس)، بينما -4 ملم زئبقي هو ثابت (أي لا يتغير)

الاستنتاج:
•العمل التنفسي يشمل مكونين رئيسيين: المرونة التي تساهم في 70% من الجهد و المقاومة التي تساهم في 30% من الجهد.
•المقاومة تزداد أثناء تدفق الهواء، مما تطلب المزيد من الجهد أثناء التنفس مقارنة بفترة التنفس الثابت

FVC & FEV_1 – Diagnosis of Pulmonary Diseases



ة الحيوية القسرية (FVC):
•هي أقصى حجم هواء يمكن زفيره بعد استنشاق كامل.
•في الرسم البياني، يتم قياس FVC من بداية الاستنشاق الكامل إلى نهاية الزفير القسري، وهذا يعكس حجم الهواء الذي يمكن إخراجه من الرئتين بعد التنفس الكامل.
•في هذا المثال، FVC هو 6 لترات (من الأعلى إلى الأسفل على المحور الرأسي).

Forced Vital Capacity (FVC) is the maximum volume of air that can be forcefully exhaled after a full inspiration. A normal example value is 5 L.

Forced Expiratory Volume in 1 second (FEV_1) is the volume of air exhaled during the first second of forced expiration, reflecting airway resistance. A normal example value is 4 L.

م الزفير القسري في ثانية واحدة (FEV_1):
•FEV_1 هو الحجم الذي يتم زفيره خلال الثانية الأولى من الزفير القسري.
•هذا المقياس يعكس مقاومة المجاري الهوائية، حيث يعكس صعوبة تدفق الهواء في المجاري الهوائية خلال الزفير السريع.
•في الرسم البياني، FEV_1 هو 4 لترات، وهو الفرق بين FVC (6 لترات) وكمية الهواء المتبقية بعد ثانية واحدة من الزفير (2 لتر).

التفسير:
•في الحالات الطبيعية، يجب أن يكون FEV_1 حوالي 80% من FVC. في هذا المثال، FEV_1 يشكل 4 لترات من 6 لترات، مما يشير إلى أن هناك مقاومة هوائية معتدلة، ولكن لا يزال داخل النطاق الطبيعي.
•هما مقياسان مهمان في تشخيص أمراض الرئة مثل الربو و مرض الانسداد الرئوي المزمن (FEV_1 و FVC) (COPD).

الاستنتاج:
•FVC يعكس سعة الرئة الكاملة (الهواء الذي يمكن إخراجه بعد شهيق كامل).
•FEV_1 يعكس سرعة الزفير خلال الثانية الأولى، ويعطي فكرة عن مقاومة المجاري الهوائية في الرئتين.

حساب FEV_1 المتوقع:
•FEV_1 المتوقع يتم حسابه باستخدام بيانات الفسيولوجيا (الأنثروبومترية) مثل:
•العمر
•الجنس
•الطول
•الوزن

The predicted FEV_1 is calculated using anthropometric data, including age, ethnicity, sex, height and weight. The FEV_1 observed-to-expected ratio (FEV_1 % predicted) should be ≥80%. Values of 60–79% indicate mild COPD, 40–59% indicate moderate COPD, and <40% indicate severe COPD. So, airway obstruction is not all-or-none but a gradient.

مقارنة FEV_1 الفعلي مع المتوقع:
يتم مقارنة FEV_1 الفعلي مع الـ FEV_1 المتوقع، ومن ثم حساب نسبة FEV_1 إلى المتوقع (يُسمى النسبة المئوية المتوقعة):
•القيمة الطبيعية يجب أن تكون 80% أو أكثر.
•القيمة بين 60-79% تشير إلى COPD خفيف.
•القيمة بين 40-59% تشير إلى COPD متوسط.

الاستنتاج:
•الانسداد الهوائي في COPD ليس حالة كلها أو لا شيء، بل هو تدرج من حيث الشدة. بمعنى أن الانسداد يمكن أن يتراوح بين خفيف ومتوسط وشديد بناءً على نسبة FEV_1 إلى المتوقع

The FEV_1/FVC Ratio

الشرح في هذا النص يتعلق بنسبة FEV_1/FVC وكيفية استخدامها لتشخيص أمراض الرئة، خاصة الأمراض الانسدادية مثل COPD و الأمراض التقييدية:
نسبة FEV_1/FVC:
•نسبة FEV_1/FVC تمثل الجزء من السعة الحيوية الذي يتم زفيره في أول ثانية، وهي عادة 80% (يعني 4 لترات من أصل 5 لترات).
•يتم استخدام هذه النسبة سريريًا لتحديد وجود أمراض الرئة الانسدادية.
•إذا كانت النسبة أقل من 70%، فهذا يشير إلى انسداد مجاري الهواء، مما يتوافق مع مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD).

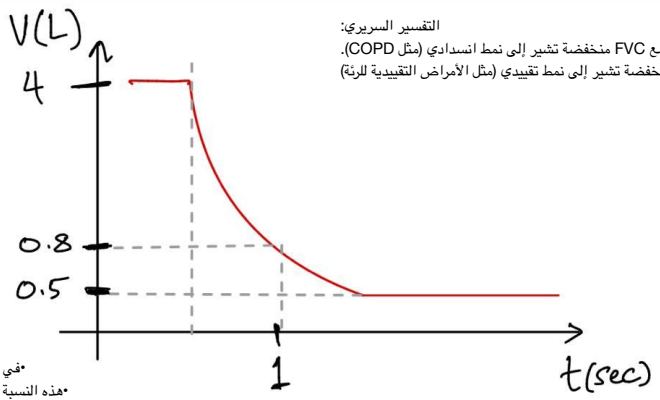
The FEV_1/FVC ratio represents the fraction of the vital capacity exhaled in the first second and is normally 80% (4 L / 5 L). This ratio is used clinically to identify obstructive lung disease, and a value <70% indicates airflow obstruction consistent with COPD.

In restrictive lung disease, lung expansion is limited, resulting in a reduced FVC. Both FEV_1 and FVC decrease, but they decrease proportionally, so the FEV_1/FVC ratio remains normal or increased.

Thus, a low FVC with a normal or high FEV_1/FVC ratio suggests a restrictive pattern, rather than obstruction.

في الأمراض الرئوية التقييدية:
•في الأمراض التقييدية، يكون توسع الرئة محدودًا، مما يؤدي إلى تقليل FVC.
•كل من FEV_1 و FVC يقلان معًا بشكل متناسب، لذا النسبة FEV_1/FVC تبقى طبيعية أو قد تزداد.

التفسير السريري:
•نسبة FEV_1/FVC منخفضة مع FVC منخفضة تشير إلى نمط انسدادي (مثل COPD).
•نسبة FEV_1/FVC طبيعية أو مرتفعة مع FVC منخفضة تشير إلى نمط تقييدي (مثل الأمراض التقييدية للرئة)



الاستنتاج:
•نسبة FEV_1/FVC يمكن استخدامها للتفريق بين الأمراض الانسدادية و الأمراض التقييدية.
•إذا كانت FVC منخفضة، فإن الأرقام المطلقة (مثل FVC و FEV_1) تساعد في التمييز بين الأمراض التقييدية و الأمراض الطبيعية

مثال:
•في المثال، FVC هو 3.5 لتر و FEV_1 هو 3.2 لتر، لذلك النسبة هي 91%.
•هذه النسبة تشير إلى أن النمط ليس انسدادي، وبالتالي قد يكون طبيعيًا أو تقييديًا.
•لا يمكن تحديد ما إذا كان المرض تقييديًا أو طبيعيًا فقط بناءً على النسبة، ولكن الأرقام المطلقة مهمة.
•بما أن FVC = 3.5 لتر هو أقل من الطبيعي، فإن النمط هو مرض رئوي تقييدي

For the example above, the FVC is 3.5 L, and the FEV_1 is 3.2, so the ratio is about 91%. The ratio alone assures this is not obstructive disease. It is either normal or restrictive

To differentiate between normal and restrictive, the absolute numbers are important. Since 3.5 L-FVC is low, this is abnormal, thus it is restrictive lungs disease.

In **obstructive lung diseases** (like **COPD**), the **FEV_1/FVC ratio** is **low** (less than 70%) because there is difficulty in exhaling air due to airway obstruction, leading to a reduced **FEV_1** (forced expiratory volume in 1 second) but a relatively preserved **FVC** (forced vital capacity). The main issue is that air is trapped in the lungs, making exhalation slow and incomplete.

In **restrictive lung diseases**, both **FEV_1** and **FVC** are **decreased** proportionally, but the **FEV_1/FVC ratio** remains **normal or high** because lung expansion is limited, reducing both volumes. The problem here is not airway obstruction, but rather the inability of the lungs to fully expand due to stiffness, fibrosis, or other factors.

Obstructive diseases = low FEV_1/FVC ratio (obstruction causes difficulty exhaling).
•Restrictive diseases = normal/high FEV_1/FVC ratio (reduced lung expansion causes both FEV_1 and FVC to decrease equally).

في **الأمراض الرئوية الانسدادية** (مثل **COPD**)، يكون **نسبة FEV_1/FVC منخفضة** (أقل من 70%) بسبب صعوبة الزفير نتيجة لانسداد المجاري الهوائية، مما يؤدي إلى تقليل **FEV_1** (حجم الزفير القسري في ثانية واحدة) بينما يبقى **FVC** (السعة الحيوية القسرية) محفوظة نسبياً. المشكلة الرئيسية هنا هي **حبس الهواء** في الرئتين، مما يجعل الزفير بطيئًا وغير مكتمل.

في **الأمراض الرئوية التقييدية**، يتناقص كل من **FEV_1** و **FVC** بشكل متناسب، لكن **نسبة FEV_1/FVC تبقى طبيعية أو مرتفعة** لأن **توسع الرئة** محدود، مما يقلل كلا الحجمين. المشكلة هنا ليست انسداد المجاري الهوائية، بل عدم قدرة الرئتين على التوسع بالكامل بسبب التصلب أو التليف أو عوامل أخرى.

الشرح في هذا النص يتعلق باستخدام موسعات الشعب الهوائية (bronchodilators) لتقييم الربو و مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD):

Bronchodilator administration for asthma vs COPD assessment:

Spirometry is first performed before SABA administration. If an obstructive pattern is present (FEV_1/FVC <70%), a short-acting β_2-agonist (SABA), such as salbutamol or albuterol, is given, and then spirometry is repeated *(results are in the next page)*.

الإجراء الأول:
•يتم إجراء اختبار التنفس (السبيرومتري) أولاً قبل إعطاء موسع الشعب الهوائية القصير المفعول (SABA).
•إذا كان هناك نمط انسدادي في التنفس (أي نسبة FEV_1/FVC أقل من 70%)، فهذا يشير إلى وجود انسداد في المجاري الهوائية.
إعطاء الموسعات الهوائية (SABA):
•في حالة وجود النمط الانسدادي، يتم إعطاء موسع شعب هوائية قصير المفعول مثل سالبوتامول أو ألبوتيرول، وهو دواء يعمل على توسيع المجاري الهوائية لتسهيل تدفق الهواء.
إجراء الاختبار مرة أخرى:
•بعد إعطاء الدواء، يتم إعادة اختبار السبيرومتري للاحظة التغيرات في النتيجة بعد توسيع المجاري الهوائية

المغزى:
•التقييم في الربو و COPD يعتمد على ملاحظة الفرق في الأداء التنفسي قبل وبعد إعطاء الدواء.
•النتائج التي تظهر بعد إعطاء الدواء تساعد في تحديد ما إذا كان الانسداد في المجاري الهوائية هو قابل للعلاج (كما في الربو) أو ثابت (كما في COPD)

- Positive bronchodilator response:
  - ≥12% or ≥200 mL increase in FEV_1
  - Indicates reversible obstruction, classically asthma
- Negative or minimal response:
  - Little or no improvement in FEV_1
  - Supports fixed obstruction, consistent with COPD

الاستجابة الإيجابية لموسع الشعب الهوائية:
•إذا كان هناك زيادة ≥ 12% أو ≥ 200 مل في FEV_1 بعد إعطاء موسع الشعب الهوائية القصير المفعول (SABA):
•يشير ذلك إلى انسداد قابل للعكس، مما يتوافق مع الربو، حيث يُظهر التحسن الكبير في التدفق الهوائي بعد استخدام موسعات الشعب الهوائية

الاستجابة السلبية أو الحد الأدنى:
•إذا كانت هناك تحسن بسيط أو معدوم في FEV_1:
•يدعم ذلك وجود انسداد ثابت، مما يتوافق مع مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD)، حيث لا يطرأ تحسن كبير حتى مع استخدام موسعات الشعب الهوائية

Before confirming COPD, patients with an obstructive spirometric pattern should be treated with glucocorticoids for 2 weeks, after which spirometry is reassessed.

التشخيص والتقييم:
•قبل تأكيد تشخيص COPD، يجب علاج المرضى الذين يعانون من نمط تنفسي انسدادي باستخدام الكورتيكوستيرويدات (Glucocorticoids) لمدة أسبوعين، وبعد ذلك يتم إعادة تقييم السبيرومتري

If there is significant improvement in airflow obstruction after the 2-week glucocorticoid course, this indicates reversible airway disease, favoring asthma. If airflow obstruction persists after 2 weeks of glucocorticoid therapy, this indicates fixed airflow limitation, supporting a diagnosis of COPD.

إذا كان هناك تحسن كبير في الانسداد الهوائي بعد العلاج بالكورتيكوستيرويدات، فهذا يشير إلى مرض مجاري هوائية قابل للعلاج، ويفضل أن يكون الربو.
•إذا استمر الانسداد الهوائي بعد أسبوعين من العلاج بالكورتيكوستيرويدات، فهذا يشير إلى تحديد انسداد هوائي ثابت، مما يدعم تشخيص COPD

الشرح في هذا النص يتعلق بالاختلافات الرئيسية بين الأمراض الرئوية الانسدادية و الأمراض الرئوية التقييدية من حيث نتائج اختبار السبيرومتري (الذي يقيس FEV_1، FVC و FEV_1/FVC ratio)

	Obstr.	Restr.
FEV_1	↓	↓
FVC	→ ↓	↓
FEV_1/FVC	↓	→ ↑

الاختلافات بين الأمراض الانسدادية والتقييدية:
1.FEV_1:
•في الأمراض الانسدادية: يكون FEV_1 منخفضًا بسبب صعوبة الزفير السريع نتيجة لانسداد المجاري الهوائية.
•في الأمراض التقييدية: يكون FEV_1 منخفضًا أيضًا بسبب انخفاض الحجم الكلي للرئة نتيجة لعدم القدرة على التوسع الكامل للرئتين

The table above summarizes key differences between obstructive and restrictive lung disease in comparison to the normal.

FEV_1 is decreased in obstructive due to absolute inability to fast exhale air. However, it is decreased in restrictive due to overall decrease in all volumes, not due to airway resistance.

FVC can be near normal if the obstructive disease patient is given enough time to exhale all the air present, but FVC is always decreased in restrictive disease.

Algebraic manipulation yields the third row by examining the nature of the fraction.

2.FVC:
•في الأمراض الانسدادية: FVC قد يكون طبيعيًا أو قريبًا من الطبيعي، لكن FEV_1 هو ما يتأثر أكثر. إذا أعطي المريض وقتًا كافيًا للزفير، قد يتمكن من إخراج جميع الهواء الموجود.
•في الأمراض التقييدية: يكون FVC منخفضًا بسبب التوسع المحدود للرئة.
3.FEV_1/FVC Ratio:
•في الأمراض الانسدادية: نسبة FEV_1/FVC منخفضة، حيث أن FEV_1 ينخفض أكثر من FVC.
•في الأمراض التقييدية: نسبة FEV_1/FVC قد تبقى طبيعية أو مرتفعة، لأن FEV_1 و FVC ينخفضان بشكل متناسب.

التفسير:
•الأمراض الانسدادية (مثل COPD): FEV_1 منخفض و FVC قد يكون طبيعيًا أو منخفضًا قليلاً، مما يؤدي إلى انخفاض نسبة FEV_1/FVC.
•الأمراض التقييدية (مثل التليف الرئوي): FEV_1 و FVC كلاهما منخفض، لكن نسبة FEV_1/FVC قد تظل طبيعية أو مرتفعة لأن النقص في الحجم يحدث بشكل متساوٍ في كلا القياسين.

الاستنتاج:
•الأمراض الانسدادية تتميز بانخفاض كبير في FEV_1 مع نسبة FEV_1/FVC منخفضة.
•الأمراض التقييدية تتميز بتقليص في FVC مع نسبة FEV_1/FVC قد تبقى طبيعية أو مرتفعة

Maximum Expiratory Flow Rate

The following curve, known as the flow–volume loop, illustrates the measurement of the maximum expiratory flow rate (MEFR). In normal lung function, the measurement starts at total lung capacity (TLC), approximately 6 L, where the expiratory flow rate reaches a maximum value of about 600 L/min (or 10 L/s). As expiration continues, the flow rate progressively decreases and reaches zero at residual volume (RV).

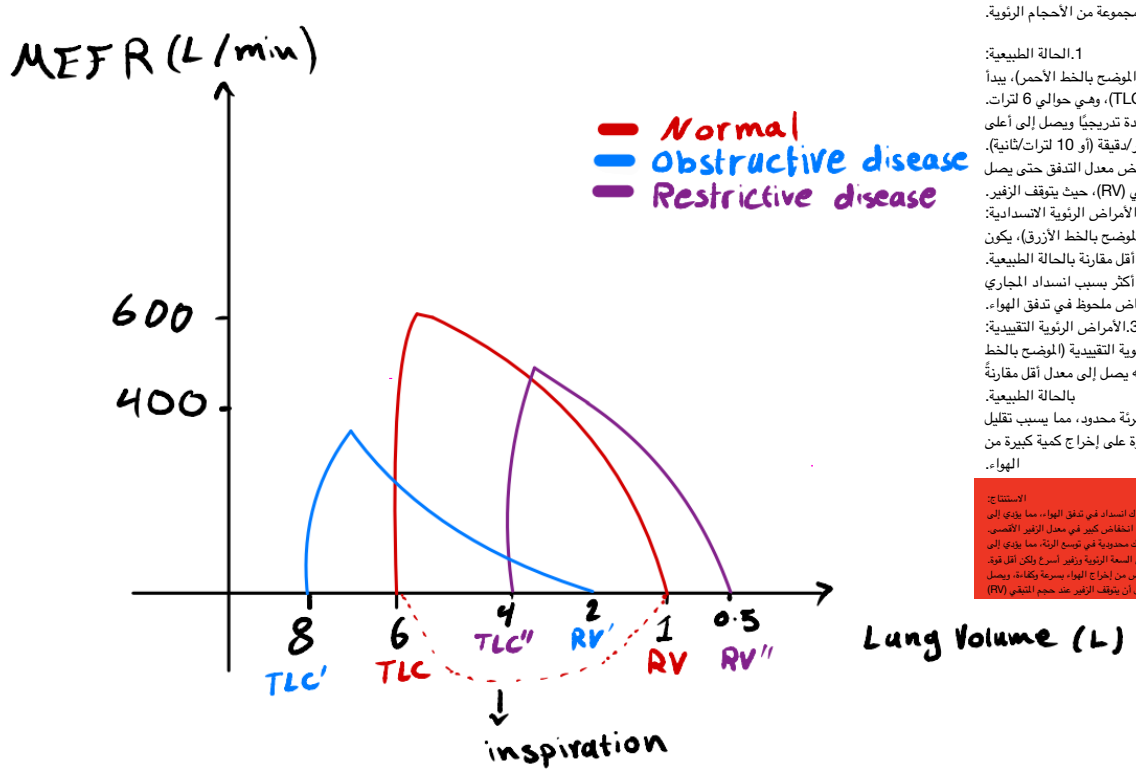
شرح منحنى الحجم-التدفق (Flow-Volume Loop):
•منحنى الحجم-التدفق يُظهر معدل الزفير الأقصى (MEFR)، الذي يقيس سرعة الزفير عبر مجموعة من الأحجام الرئوية.

1.الحالة الطبيعية:
•في التنفس الطبيعي (الموضح بالخط الأحمر)، يبدأ القياس من السعة الرئوية الكلية (TLC)، وهي حوالي 6 لترات.
•يبدأ معدل الزفير في الزيادة تدريجيًا ويصل إلى أعلى قيمة تقارب 600 لتر/دقيقة (أو 10 لترات/ثانية).
•مع استمرار الزفير، ينخفض معدل التدفق حتى يصل إلى حجم المتبقي (RV)، حيث يتوقف الزفير.

2.الأمراض الرئوية الانسدادية:
•في الأمراض الانسدادية (الموضح بالخط الأزرق)، يكون معدل الزفير الأقصى أقل مقارنة بالحالة الطبيعية.
•الزفير يحدث ببطء أكثر بسبب انسداد المجاري الهوائية، مما يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في تدفق الهواء.

3.الأمراض الرئوية التقييدية:
•في الأمراض الرئوية التقييدية (الموضح بالخط الأرجواني)، يبدأ الزفير بشكل أسرع ولكنه يصل إلى معدل أقل مقارنةً بالحالة الطبيعية.
•هذا يشير إلى أن توسع الرئة محدود، مما يسبب تقليل السعة الرئوية الكلية (TLC) وعدم القدرة على إخراج كمية كبيرة من الهواء.

الاستنتاج:
•في الأمراض الانسدادية، هناك انسداد في تدفق الهواء، مما يؤدي إلى انخفاض كبير في معدل الزفير الأقصى.
•في الأمراض التقييدية، يكون هناك محدودية في توسع الرئة، مما يؤدي إلى انخفاض في السعة الرئوية وزفير أسرع ولكن أقل قوة.
•في الحالة الطبيعية، يتمكن الشخص من إخراج الهواء بسرعة وكفاءة، ويصل إلى أعلى معدل زفير قبل أن يتوقف الزفير عند حجم المتبقي (RV).



In patients with COPD, such as emphysema (blue curve), the lungs can be inflated but expiration is limited due to airflow obstruction. These patients start from a higher total lung capacity (TLC'), around 8 L, and their maximum expiratory flow rate is reduced. Because they cannot completely empty the lungs, the residual volume (RV) is increased, reaching around 2 L, and the flow–volume loop is shifted to the left.

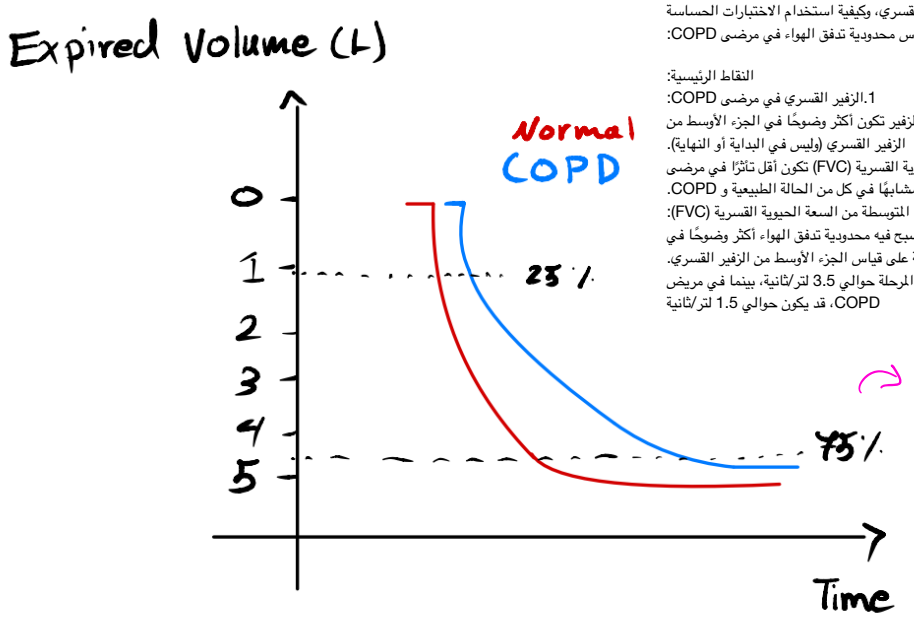
In patients with a restrictive disease, the primary problem is not expiration. They may show normal or relatively higher expiratory flow rates at lung volumes comparable to the normal curve. These patients start from a lower total lung capacity (TLC), around 4 L, with a MEFR around 400 L/min (higher than the normal situation at the same volume), and end at a lower residual volume (RV), around 0.5 L. With this axis orientation, the flow–volume loop is shifted to the right.

All this information could be obtained with a single breath through the spirometer.

الشرح:
هذا النص يقارن بين أنماط منحنى الحجم-التدفق في مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD) و الأمراض الرئوية التقييدية.
مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD):
•في مرضى COPD، مثل أولئك الذين يعانون من الانتفاخ الرئوي (المنحنى الأزرق)، يمكن توسيع الرئتين ولكن الزفير محدود بسبب انسداد المجاري الهوائية.
•السعة الرئوية الكلية (TLC) تبدأ أعلى (حوالي 8 لترات) في مرضى COPD، ولكن معدل تدفق الزفير الأقصى منخفض.
•بما أن هؤلاء المرضى لا يستطيعون تفريغ رئتيهم بالكامل أثناء الزفير، فإن حجم المتبقي (RV) يكون مرتفعًا، ويصل إلى حوالي 2 لتر، وينتقل منحنى الحجم-التدفق إلى اليسار.
•ببساطة: الأمراض الانسدادية تؤدي إلى حبس الهواء، حيث لا يتم إخراج الهواء بالكامل.
الأمراض الرئوية التقييدية:
•في الأمراض التقييدية، مثل التليف الرئوي أو الحالات التي تؤدي إلى انخفاض قدرة الرئة على التوسع، تكون المشكلة الأساسية ليست في الزفير، بل في توسع الرئة.
•المرضى الذين يعانون من الأمراض التقييدية قد يظهرون معدلات تدفق زفير طبيعية أو أعلى نسبيًا عند أحجام الرئة، وهي مشابهة للمنحنى الطبيعي.
•ومع ذلك، يبدأ هؤلاء المرضى بـ سعة رئوية كلية (TLC) منخفضة، حوالي 4 لترات (أقل من السعة الطبيعية)، و معدل تدفق الزفير الأقصى (MEFR) يكون حوالي 400 لتر/دقيقة، وهو أعلى من المعتاد عند نفس الحجم.
•حجم المتبقي (RV) أقل، حوالي 0.5 لتر، وينتقل منحنى الحجم-التدفق إلى اليمين.
•الأمراض التقييدية تؤدي إلى تقييد في توسع الرئة، مما يسبب انخفاضًا في حجم الرئة بشكل عام.
الاستنتاج:
•COPD يظهر تدفق زفير منخفض و حجم متبقي مرتفع، مما يسبب انتقال منحنى الحجم-التدفق إلى اليسار.
•الأمراض التقييدية تظهر أحجام رئة منخفضة، ولكن معدلات تدفق الزفير يمكن أن تبقى طبيعية، ويؤدي منحنى الحجم-التدفق إلى اليمين.

ملاحظة أخيرة:
•يمكن الحصول على جميع هذه المعلومات من خلال السبيرومتري، حيث شهيق واحد كافٍ لتقييم منحنى الحجم-التدفق والتفريق بين نوعي الأمراض

Testing the expiration of a patient with COPD, we can notice that the difficulty in expiration is more prominent during the middle of forced expiration. This means that the first 25% and the last 25% of the forced vital capacity (FVC) are relatively less affected in both normal and COPD conditions. Therefore, sensitive tests focus on measuring the middle 50% of the forced vital capacity. The following curve illustrates this, where in the middle portion of expiration, the expiratory flow rate may be around 3.5 L/s in a normal individual, compared with about 1.5 L/s in a patient with COPD.



الشرح:

يتناول هذا النص مرض الانسداد الرئوي المزمن (COPD)، و الزفير القسري، وكيفية استخدام الاختبارات الحساسة لقياس محدودية تدفق الهواء في مرضى COPD:

النقاط الرئيسية:

1.الزفير القسري في مرضى COPD:

- عند اختبار الزفير في مرضى COPD، يظهر أن صعوبة الزفير تكون أكثر وضوحًا في الجزء الأوسط من الزفير القسري (وليس في البداية أو النهاية).
- الـ 25% الأولى و الـ 25% الأخيرة من السعة الحيوية القسرية (FVC) تكون أقل تأثرًا في مرضى COPD، وتظهر نمطًا مشابهًا في كل من الحالة الطبيعية و COPD.

2.الـ 50% المتوسطة من السعة الحيوية القسرية (FVC):

- الـ 50% المتوسطة من FVC هي المكان الذي يصبح فيه محدودية تدفق الهواء أكثر وضوحًا في COPD. لهذا السبب، تركز الاختبارات الحساسة على قياس الجزء الأوسط من الزفير القسري.
- في الفرد الطبيعي، قد يكون معدل تدفق الزفير في هذه المرحلة حوالي 3.5 لتر/ثانية، بينما في مريض COPD، قد يكون حوالي 1.5 لتر/ثانية

3.منحنى الحجم-التدفق:

- منحنى الحجم-التدفق يظهر الفروقات في الزفير القسري بين الفرد الطبيعي و مريض COPD.
- المنحنى الأحمر يمثل الزفير الطبيعي، و المنحنى الأزرق يمثل COPD. كما يظهر، فإن معدل التدفق في مرضى COPD أقل بكثير مقارنة بالفرد الطبيعي.

4.حجم الإغلاق:

- حجم الإغلاق هو اختبار أكثر حساسية سيتم مناقشته لاحقًا. يركز هذا الاختبار على حجم الهواء المتبقي في الرئتين أثناء الزفير القسري، ويمكن أن يوفر رؤى إضافية حول وظيفة الرئة

Closing volume is a more sensitive test that will be discussed later.

When studying lung zones, we identify the anatomical dead space and the alveolar zone. In addition, there is a transitional (mixing) zone between them, where dead space air mixes with alveolar air.

المنطقة الميتة والمنطقة السنخية:

- عند دراسة الرئتين، يتم تحديد منطقتين:

1.المنطقة الميتة التشريحية: هي المنطقة التي لا يشارك فيها الهواء في تبادل الغازات (مثل القصبة الهوائية والشعب الهوائية).

2.المنطقة السنخية: هي المنطقة التي يحدث فيها تبادل الغازات في الحويصلات الهوائية.

- بين هاتين المنطقتين، هناك منطقة انتقالية (مزيج)، حيث يختلط هواء المنطقة الميتة مع هواء السنخيات

الاستنتاج:

- في COPD، تكون صعوبة الزفير أكثر وضوحًا في الجزء الأوسط من الزفير القسري، وتركز الاختبارات الحساسة على هذا الجزء لتقييم درجة محدودية تدفق الهواء.
- تلعب المنطقة الميتة و المنطقة السنخية دورًا في كيفية تحرك الهواء داخل وخارج الرئتين، وفهم منحنى الحجم-التدفق و اختبارات حجم الإغلاق يمكن أن يوفر رؤى قيمة حول صحة الرئة

How to Measure the Anatomical Dead Space Volume

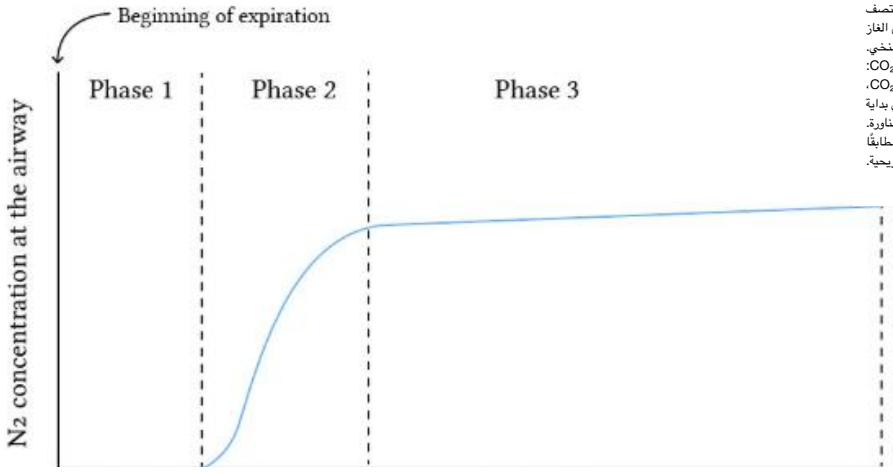
الطريقة المتبعة:
1.عملية التنفس:
•يُطلب من المريض الشهيق ثم الزفير، بينما يتم تحليل تركيز CO_2 في الهواء الزفير.
•يتغير تركيب المساحة الميتة التشريحية أثناء دورة التنفس:
•في نهاية الشهيق، يكون الهواء مشابهًا للهواء المحيط (الجو).
•في نهاية الزفير، يصبح الهواء مشابهًا للهواء الموجود في الحويصلات الهوائية (alvelolar air)

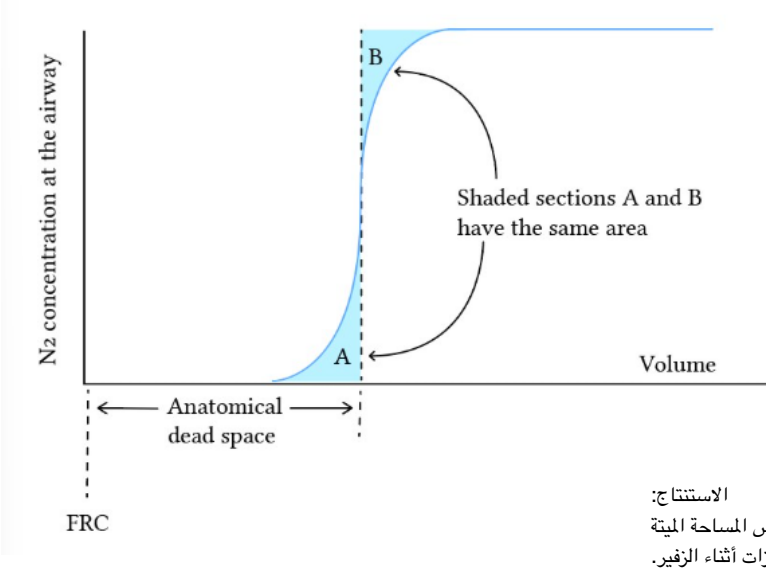
We ask a patient to inhale and then exhale, while analyzing the CO_2 concentration in the expired air. The composition of the anatomical dead space varies during the respiratory cycle: at the end of inspiration, it is similar to the composition of atmospheric air, whereas at the end of expiration, it resembles alveolar air.

When the percentage of CO_2 in expired air is plotted against expired volume, the initial expired volume contains no CO_2 (phase I), reflecting gas from the anatomical dead space. As expiration continues, the CO_2 concentration rises gradually as expired air becomes a mixture of dead space and alveolar gas (phase II), until a plateau is reached, representing pure alveolar gas (phase III). The dead space volume corresponds to the expired volume at the midpoint of phase II. If nitrogen is used instead of CO_2, the subject must inhale 100% oxygen at the start of the manoeuvre, and the measurement then corresponds to the Fowler method for anatomical dead space.

2.التحليل البياني:
•يتم رسم نسبة CO_2 في الهواء الزفير مقابل حجم الهواء الزفير.
•في البداية، الزفير لا يحتوي على CO_2 (المرحلة الأولى)، حيث يعكس الغاز القادم من المساحة الميتة التشريحية.
•مع استمرار الزفير، يبدأ تركيز CO_2 في الارتفاع تدريجيًا لأن الهواء الزفيري يصبح مزيجًا من الهواء الميت و الهواء السنخي (المرحلة الثانية).
•عندما يصل تركيز CO_2 إلى مستوى معين، يعني ذلك أن الهواء الزفيري أصبح هواء سنخيًا نقيًا (المرحلة الثالثة).
•حجم المساحة الميتة يتم تحديده في منتصف المرحلة الثانية، حيث يبدأ الغاز الميت بالاختلاط مع الغاز السنخي.
3.استخدام النيتروجين بدلاً من CO_2:
•إذا تم استخدام النيتروجين بدلاً من CO_2، يجب على الشخص استنشاق 100% أكسجين في بداية المناورة.
•في هذه الحالة، سيكون القياس مطابقًا لطريقة Fowler لقياس المساحة الميتة التشريحية.

The figures show N_2 concentration on the Y axis, the doctor drew the same figures using CO_2 concentration, same figure shape should be obtained in both situations.





المنحنى البياني:
•المنحنى الأول يظهر تركيز النيتروجين في الهواء الزفير عند الزفير.
•المنحنى في المرحلة الأولى يظهر أن الزفير لا يحتوي على CO_2، أي أنه يعكس الهواء في المساحة الميتة.
•المرحلة الثانية تُظهر ارتفاع تدريجي في تركيز CO_2 عندما يبدأ الهواء الميت في الاختلاط مع الهواء السنخي.
•المرحلة الثالثة تُظهر عندما يصل التركيز إلى الهواء السنخي النقي.
•المنحنى الثاني يعرض نفس الفكرة ولكن مع قياس النيتروجين بدلاً من CO_2.
•المنطقة المظللة A وB لها نفس المساحة، وتمثل الهواء الزفيري الذي يعكس المساحة الميتة

الاستنتاج:
•يُستخدم منحنى الحجم-التدفق لقياس المساحة الميتة التشريحية عن طريق تحليل تراكيز الغازات أثناء الزفير.
•إذا تم استخدام النيتروجين بدلاً من CO_2، فيتم استخدام طريقة Fowler لقياس المساحة الميتة التشريحية

شرح قياس المساحة الميتة الفسيولوجية:
1.تقسيم حجم التنفس:
•عند التنفس، يتم تقسيم حجم التنفس (500 مل) إلى 150 مل تحتل المساحة الميتة التشريحية، و 350 مل تصل إلى الحويصلات الهوائية.
•إذا تم ضرب هذه الأحجام بمعدل التنفس الذي يبلغ 12 نفسًا في الدقيقة، فإن التهوية في المساحة الميتة ستكون 1.8 لتر/دقيقة، بينما تكون التهوية السنخية (التي تصل إلى الحويصلات) 4.2 لتر/دقيقة (وهو قريب من الخرج القلبي)

When we breathe, the tidal volume (500 mL) is divided into 150 mL occupying the anatomical dead space and 350 mL reaching the alveoli. Multiplying these volumes by a respiratory rate of 12 breaths/min gives a dead space ventilation of 1.8 L/min and an alveolar ventilation of 4.2 L/min (close to the cardiac output). Thus, the respiratory minute ventilation of 6 L/min discussed previously does not correspond to alveolar ventilation, since a portion of the inspired air remains in the anatomical dead space.

2.التهوية الفسيولوجية:
•التهوية الفسيولوجية لا تتوافق تمامًا مع التهوية السنخية لأن جزءًا من الهواء المستنشق يبقى في المساحة الميتة التشريحية ولا يشارك في تبادل الغازات

Normally, for respiration to occur, both ventilation (V) and blood perfusion (Q) are required, with a normal V/Q ratio of approximately 0.84. In pathological conditions where the heart is weak and fails to adequately perfuse certain lung regions, such as the apical areas, these regions do not participate in gas exchange despite being ventilated.

3.نسبة التهوية/التمثيل الغذائي (V/Q ratio):
•عادة، يحدث التنفس عندما تكون التهوية (V) و الإرواء الدموي (Q) مطلوبين مع نسبة V/Q حوالي 0.84

في الحالات المرضية حيث يكون القلب ضعيفًا ولا يمكنه الإرواء بشكل كافٍ لبعض المناطق الرئوية، مثل المناطق القمية (الجزء العلوي من الرئتين)، لا تشارك هذه المناطق في تبادل الغازات على الرغم من أنها تتلقى التهوية

These ventilated but non-perfused alveoli behave like dead space and are referred to as alveolar dead space, where the V/Q ratio approaches infinity because Q is zero. As a result, part of the 350 mL of alveolar ventilation becomes ineffective for gas exchange and is called alveolar wasted volume (AWV). Assuming an alveolar dead space volume of 50 mL, adding this to the anatomical dead space volume (ADSV) gives the physiological dead space volume (PDSV).

4.المساحة الميتة السنخية (Alveolar Dead Space):
•الحويصلات الهوائية التي يتم تهويتها لكن لا يوجد إرواء دموي لها، تتصرف كالمساحة الميتة، ويشار إليها بـ المساحة الميتة السنخية.
•في هذه الحالة، تصبح نسبة V/Q تقترب من اللانهاية لأن Q يساوي صفر.
•نتيجة لذلك، يصبح جزء من التهوية السنخية (350 مل) غير فعال في تبادل الغازات، ويُسمى حجم التهوية الضائع السنخي (AWV).

$$PDSV = ADSV + AWV$$

5.حساب المساحة الميتة الفسيولوجية (PDSV):
•بافتراض أن حجم المساحة الميتة السنخية هو 50 مل، فإن المساحة الميتة الفسيولوجية هي مجموع حجم المساحة الميتة التشريحية (ADSV) و حجم التهوية الضائع السنخي (AWV).
•المعادلة هي:
\text{PDSV} = \text{ADSV} + \text{AWV}

Normally the alveolar dead space volume is zero, so the physiological dead space volume will be equal the anatomical dead space. In summary, PDSV can be equal to or higher than ADSV but not lower than ADSV.

6.المساحة الميتة الفسيولوجية
في الحالات الطبيعية:
•عادةً، يكون حجم المساحة الميتة السنخية صفر، لذا فإن المساحة الميتة الفسيولوجية ستكون مساوية للمساحة الميتة التشريحية فقط.

How to Measure the Physiological Dead Space Volume

The physiological dead space volume can be calculated using the following equation:

$$Physiological\ Dead\ Space\ Volume = V_T \times \left(\frac{P_aCO_2 - P_{\bar{E}}CO_2}{P_aCO_2}\right)$$

$$V_T: Tidal\ Volume, P_aCO_2: Arterial\ CO_2\ Partial\ Pressure,$$

$$P_{\bar{E}}CO_2: Mixed\ Expired\ Air\ CO_2\ Partial\ Pressure$$

$$PDSV = 500\ ml\ \times \left(\frac{40\ mmHg - 28\ mmHg}{40\ mmHg}\right) = 150\ ml$$

150 مل هو حجم المساحة الميتة التشريحية (ADSV)، مما يعني أنه لا يوجد حجم ضائع في الحويصلات الهوائية (Alveolar Wasted Volume - AWV)

$$150\ ml = ADSV, which\ means\ no\ alveolar\ wasted\ volume\ is\ present.$$

In pathological conditions where there is an alveolar wasted volume, $P_{\bar{E}}CO_2$ will be decreased as there is an amount of air that goes in and out without participating in CO_2 exchange. Assume $P_{\bar{E}}CO_2$ is 20 mmHg, PDSV will be equal to 250 ml, subtracting 150 ml (ADSV) from 250 ml gives us a 100 ml of alveolar wated volume (AWV).

في الحالات المرضية:
•عندما يكون هناك حجم ضائع في الحويصلات الهوائية، P_{\overline{E}CO_2} سيكون أقل لأن هناك كمية من الهواء تدخل وتخرج من الرئتين دون المشاركة في تبادل الغازات (أي هواء لا يشارك في التبادل الغازي).
•في هذه الحالة، إذا كانت P_{\overline{E}CO_2} = 20 mmHg، سيكون PDSV مساويًا لـ 250 مل. ثم، بطرح 150 مل (حجم المساحة الميتة التشريحية)، نحصل على 100 مل كحجم الهواء الضائع في الحويصلات الهوائية (AWV)

الاستنتاج:
• يتم حساب حجم المساحة الميتة الفسيولوجية (PDSV) باستخدام المعادلة المذكورة.
• حجم المساحة الميتة التشريحية (ADSV) يمثل جزءًا من هذا الحجم، بينما الجزء الآخر يمكن أن يكون حجم الهواء الضائع في الحويصلات الهوائية (AWV) في الحالات المرضية التي يحدث فيها تبادل غازي غير فعال في الحويصلات

Changes from VERSION 0 to VERSION 1:

- "all-in-one" → "all-or-none" (in page **3**)
- Shifted the SABA test after explaining FEV_1/FVC ratio
- Added examples for SABAs (in page **3**)
- Right → left (last word in the first paragraph after the graph; page **5**)