



Uluslararası Katılımlı

AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

9-12 Nisan 2025
Sueno Deluxe Hotel,
Belek/Antalya



MEKANİK VENTİLYASYON UYGULAMALARI KURSU

TEMEL PARAMETRELER, SOLUNUM MEKANİKLERİ, LİMİTLER

Dr Müge AYDOĞDU

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi

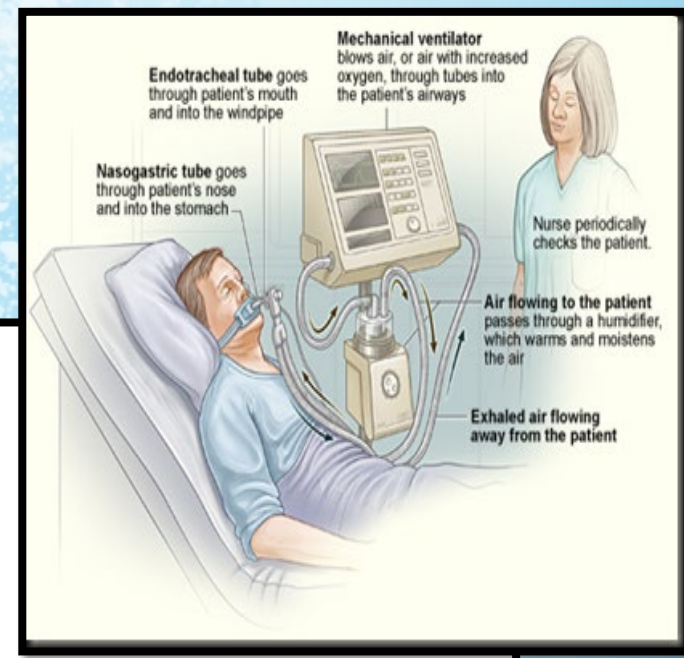
Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı Yoğun Bakım Bilim Dalı

09.03.2025

AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

- Mekanik ventilatörler, yapay, **eksternal «akciğerler»**
- İlk geliştirilme amaçları;
 - Solunum kaslarının görevini üstlenmek;
- Günümüzde amaç;
 - Solunum kaslarına ve solunum işine destek olmak



- İnvaziv MV dinamik bir süreç
- Başlangıç ayarları yapılmalı
- Hastanın durumuna, solunum mekaniklerine ve ihtiyaçlarına göre ayarlar düzenlenmeli!!!

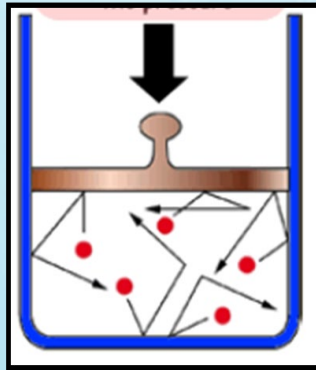
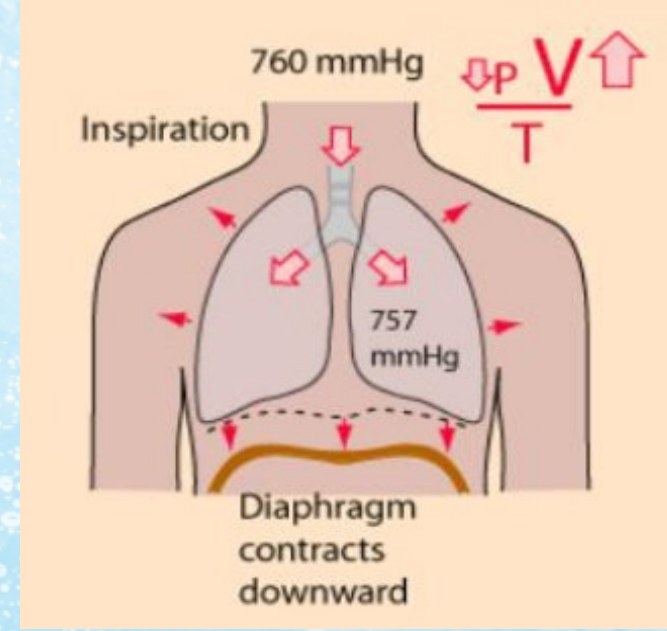
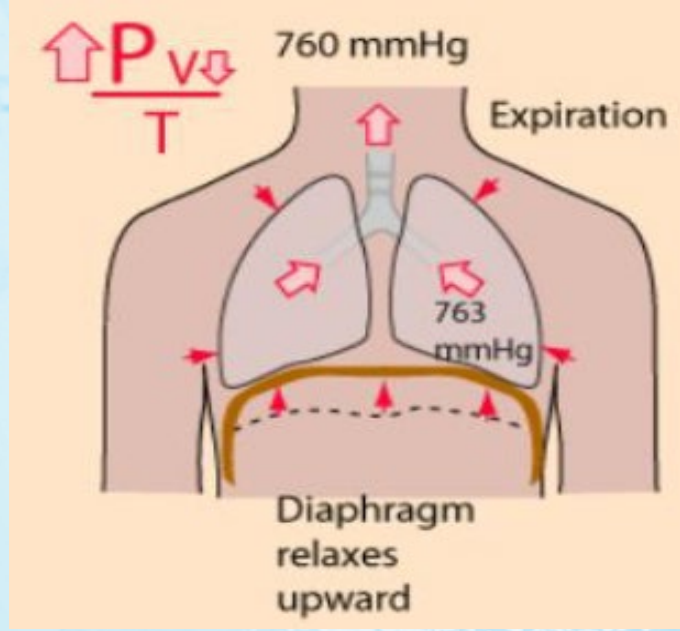


AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

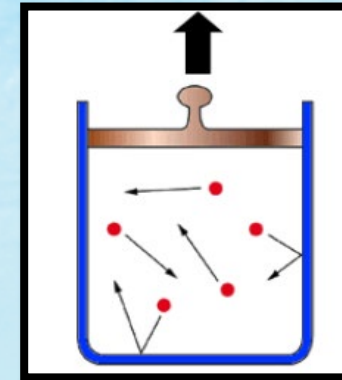
Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

9-12 Nisan 2025

Sueno Deluxe Hotel,
Belek/Antalya



BOYLE KANUNU
Isı sabit ise Basınç x Volüm değişmez
 $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$



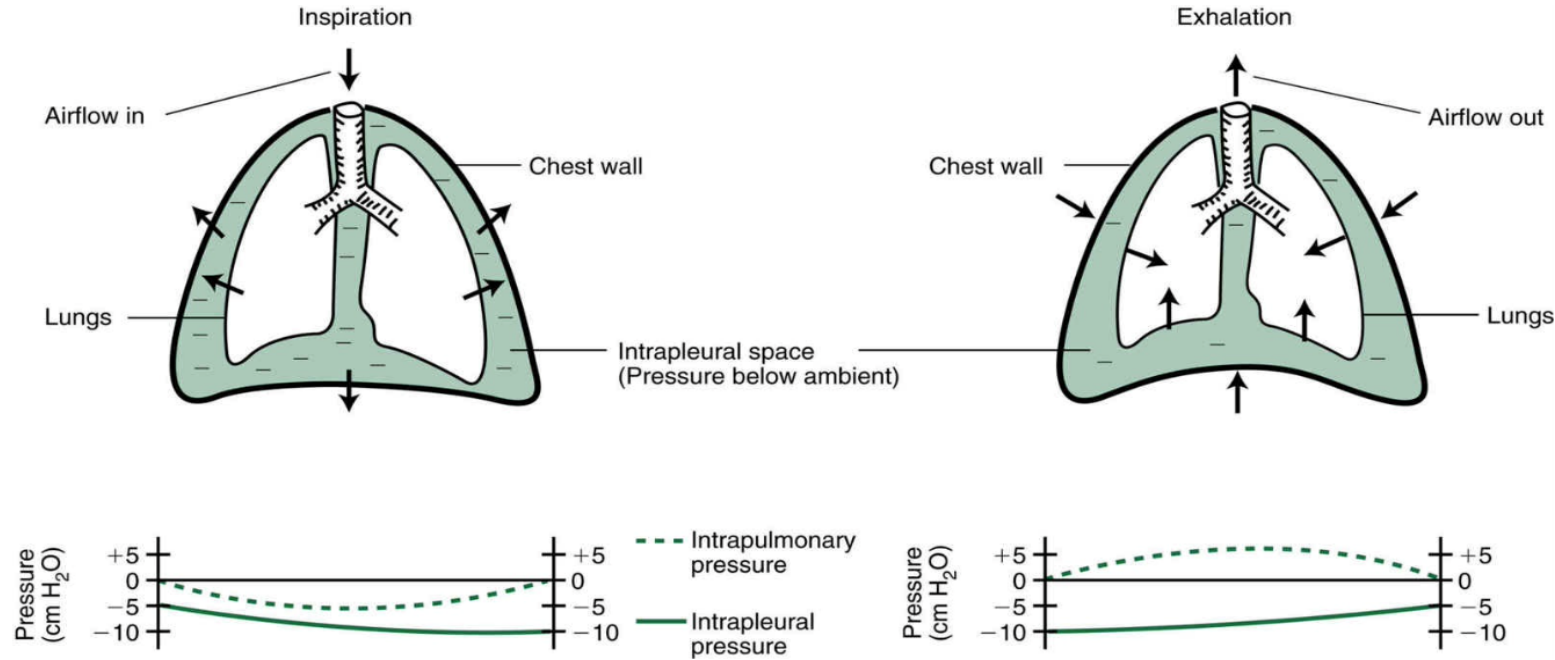
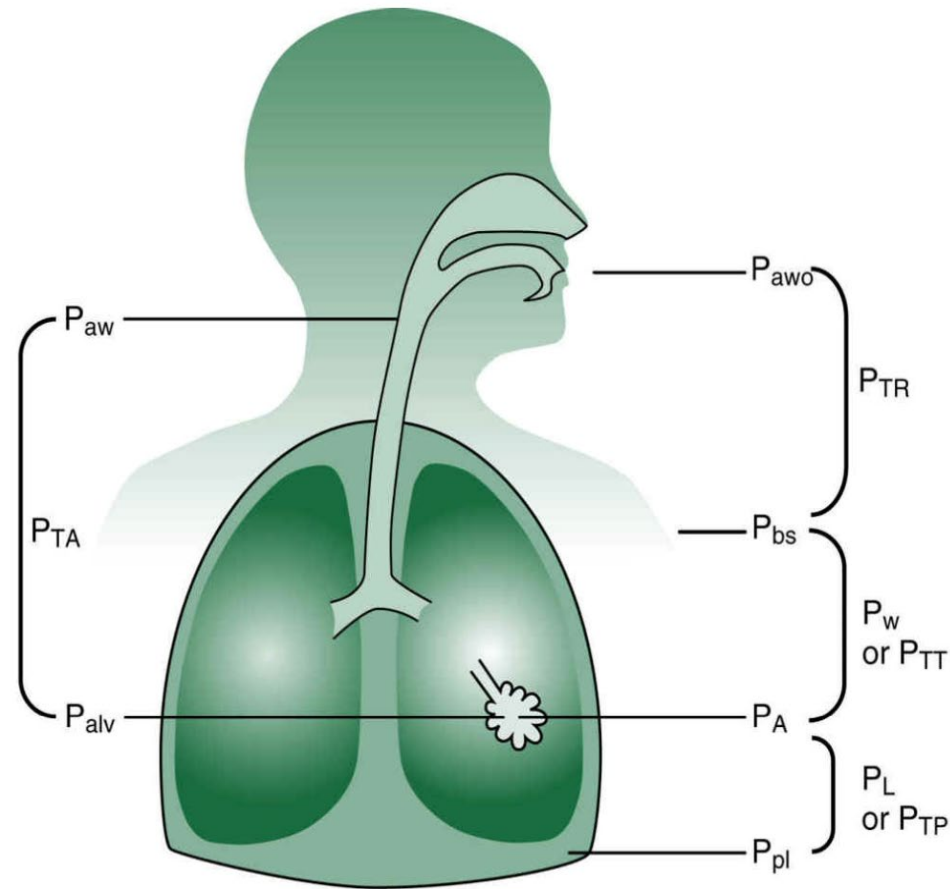


FIG. 1.2 The mechanics of spontaneous ventilation and the resulting pressure waves (approximately normal values). During inspiration, intrapleural pressure (P_{pl}) decreases to -10 cm H₂O. During exhalation, P_{pl} increases from -10 to -5 cm H₂O. (See the text for further description.)



Transrespiratuar
basiñç

Transtorasik basiñç
(P_{TT} veya P_w)

Transpulmoner
basiñç (P_L)

P_{awo} - Mouth or airway
opening pressure

P_{alv} - Alveolar pressure

P_{pl} - Intrapleural pressure

P_{bs} - Body surface pressure

P_{aw} - Airway pressure (= P_{awo})

P_L or P_{TP} = Transpulmonary pressure
($P_L = P_{alv} - P_{pl}$)

P_w or P_{TT} = Transthoracic pressure
($P_{alv} - P_{bs}$)

P_{TA} = Transairway pressure ($P_{aw} - P_{alv}$)

P_{TR} = Transrespiratory pressure
($P_{awo} - P_{bs}$)

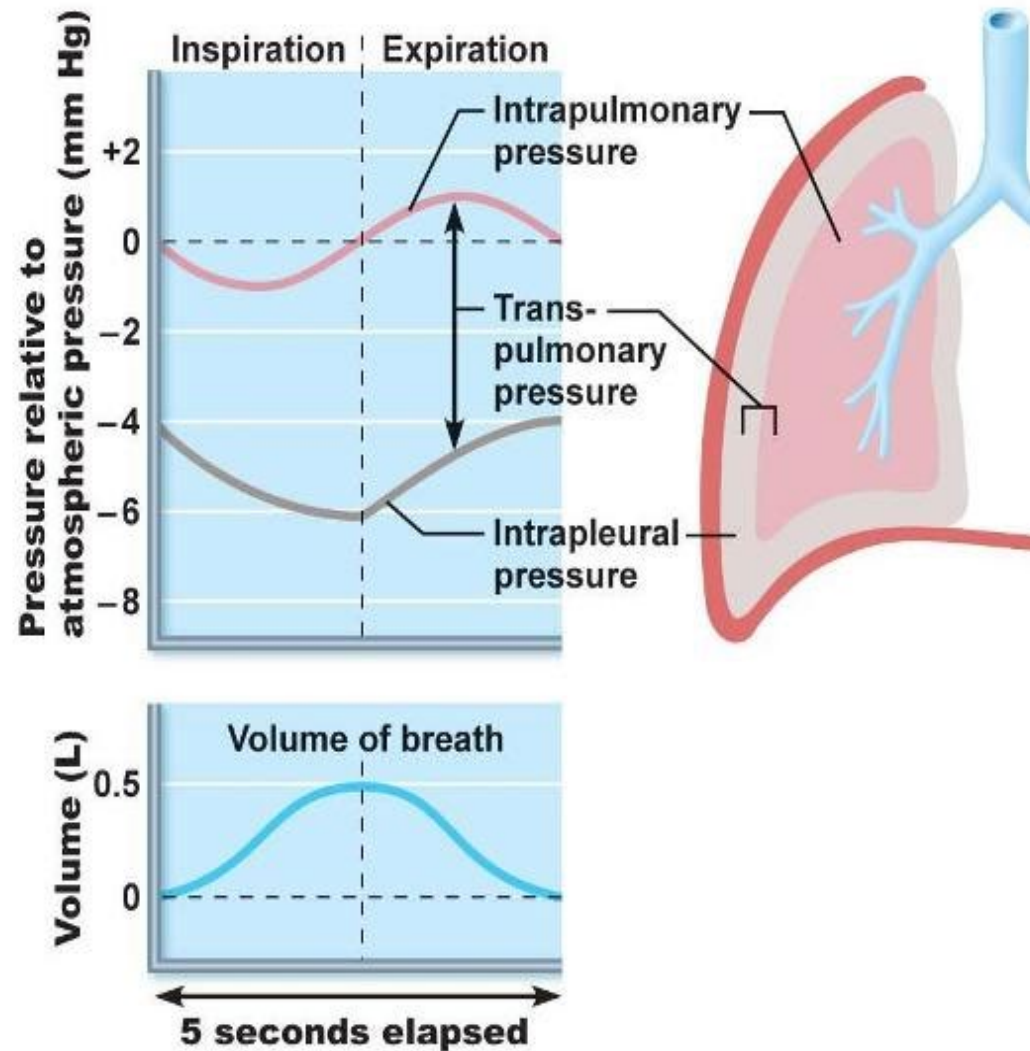
FIG. 1.1 Various pressures and pressure gradients of the respiratory system.

From Kacmarek RM, Stoller JK, Heuer AJ, eds. *Egan's Fundamentals of Respiratory Care*. 11th ed. St. Louis, MO: Elsevier; 2017.

Intrapulmonary pressure. Pressure inside lung decreases as lung volume increases during inspiration; pressure increases during expiration.

Intrapleural pressure. Pleural cavity pressure becomes more negative as chest wall expands during inspiration. Returns to initial value as chest wall recoils.

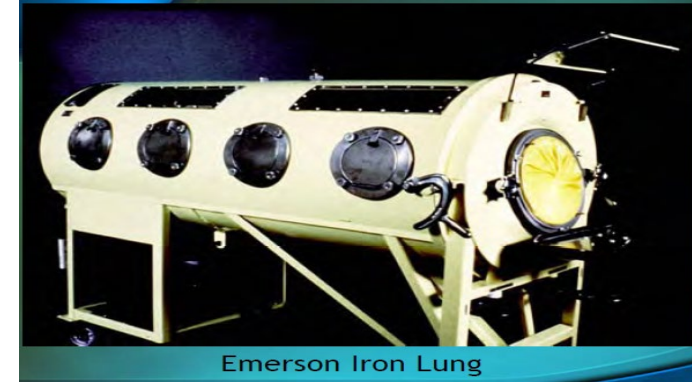
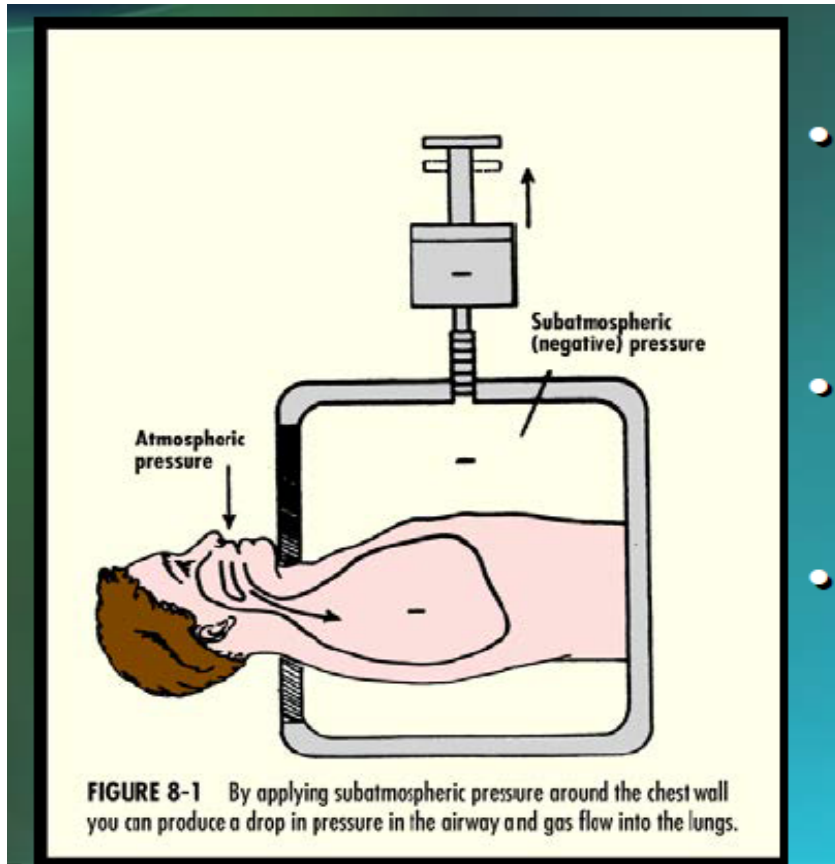
Volume of breath. During each breath, the pressure gradients move 0.5 liter of air into and out of the lungs.



Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.

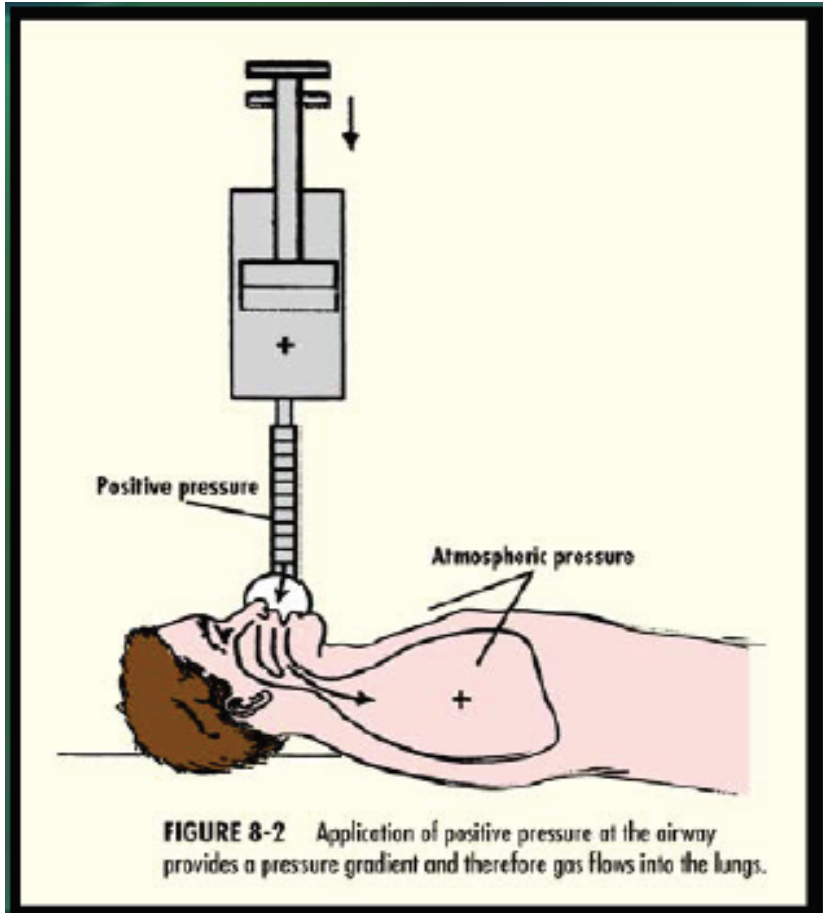
Transpulmoner $P(P_L)$: $P_A - P_{pl}$
alveolar havalanmadan sorumludur.

- Negatif Basıncılı Ventilasyon:

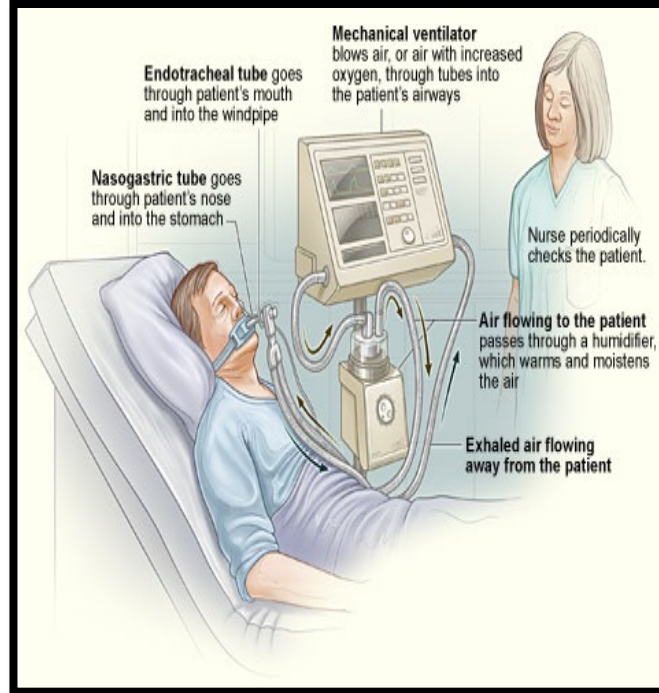


Kaynak: Cairo JM, Pilbeam SP. Mosby's respiratory care equipment, ed 7, St Louis 2004, Mosby

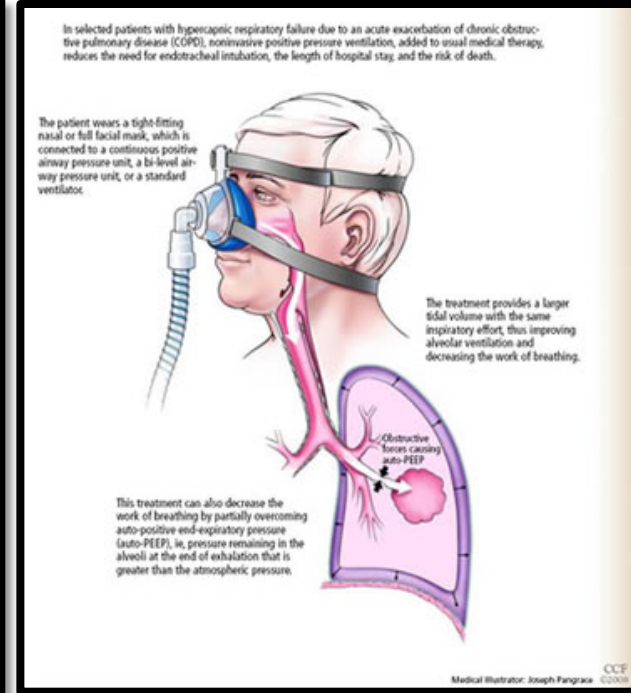
Pozitif Basıncı Ventilasyon:



İnvaziv MV



Noninvaziv MV

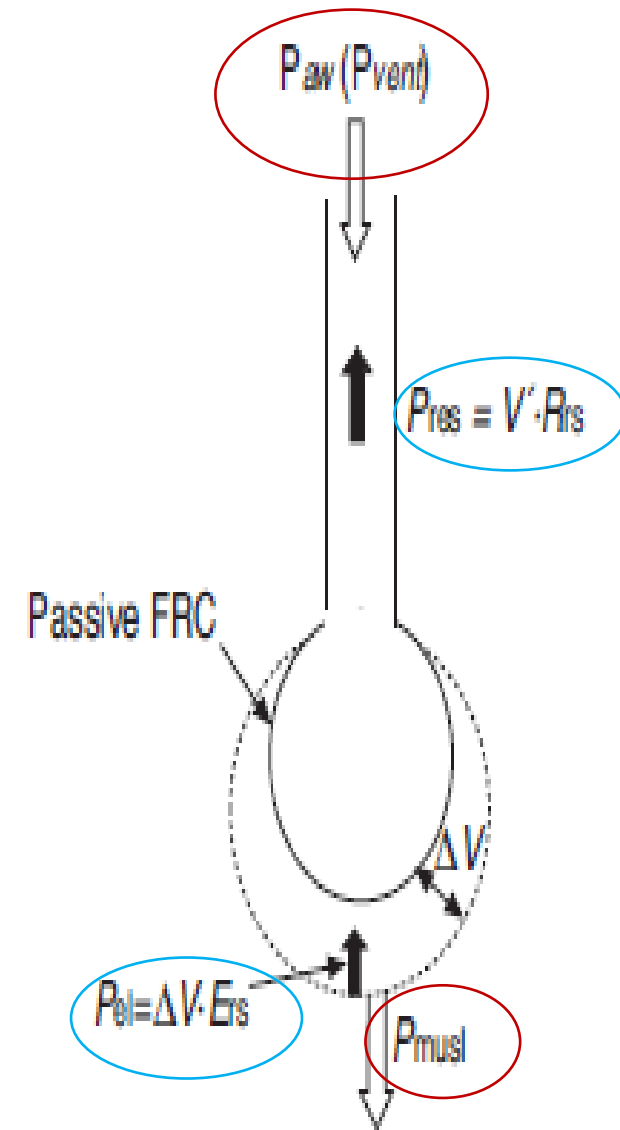


Pozitif Basıncı Ventilasyonda Gaz Akımı Temel Denklemi

= (Ventilatör tarafından oluşturulan pozitif basınç)+ (inspiratuar kaslar tarafından oluşturulan negatif plevral basınç)

= P elastans + P resistive

= (Elastans x Volüm)+(Rezistans x Akım)



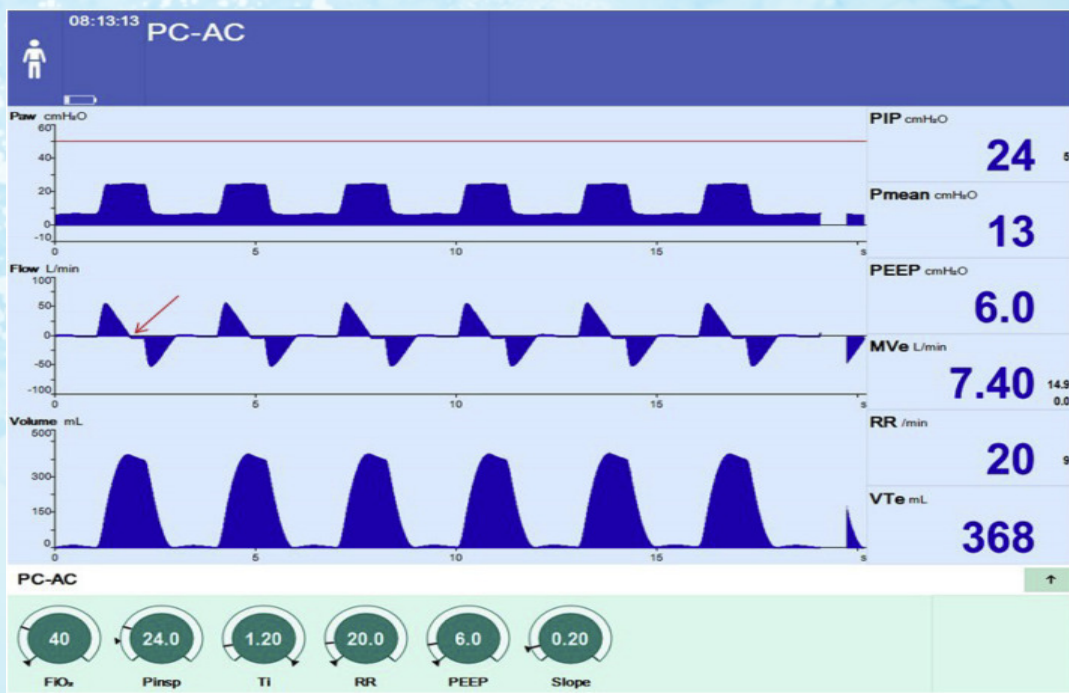
$$P_{tot} (t) = P_{mus}(t) + P_{aw}(t) = V'(t) \cdot R_{rs} + V_T(t) \cdot E_{rs} + PEEP_i$$



GLI
ongren



sk2025.com

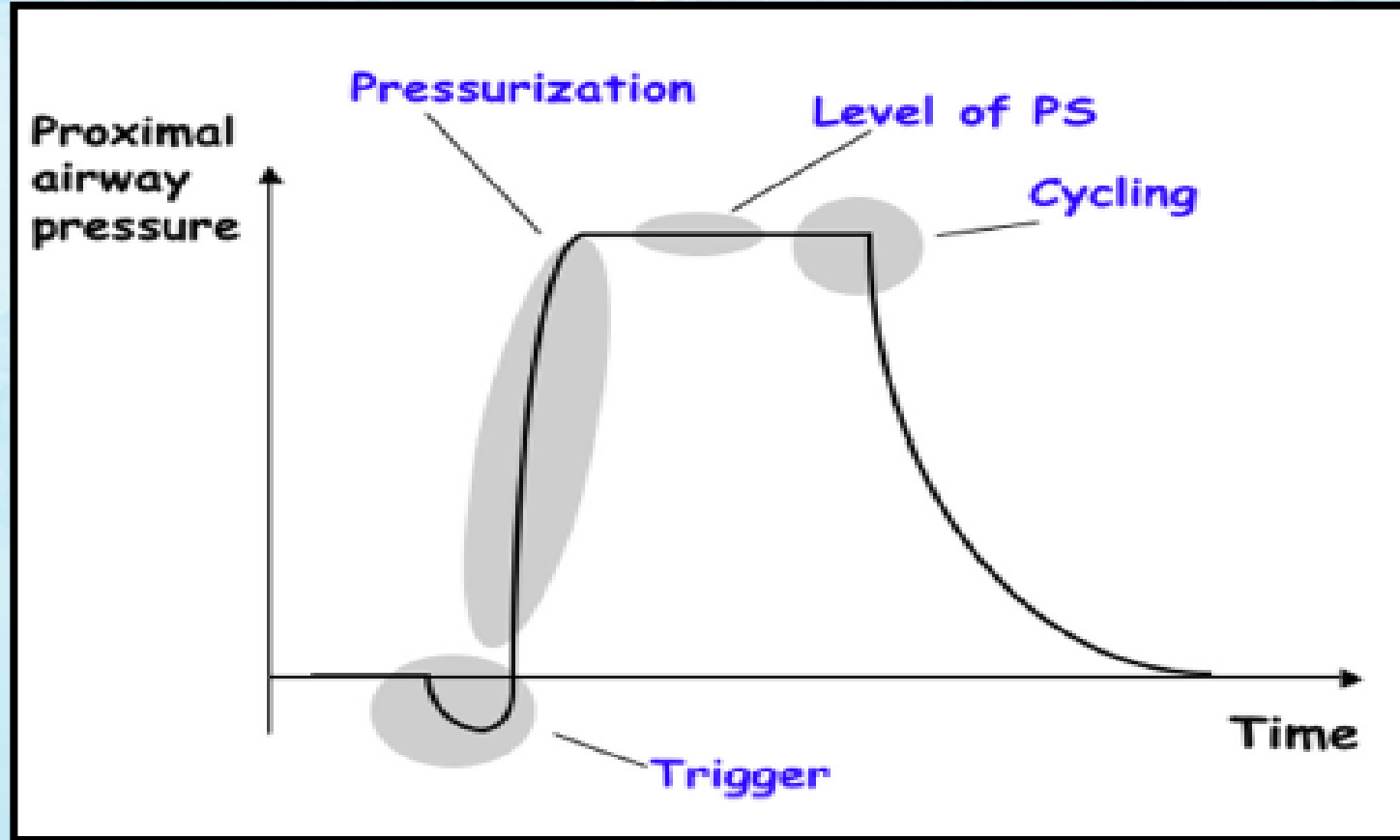


• Hangi temel parametreleri ayarlamalıyım?

- Mod
- Tetik (Trigger /sensitivite) ayarı
- Frekans
- Tidal Volüm
- FiO₂
- I:E oranı
- Inspiratuar akım paterni
- Alarm limitleri

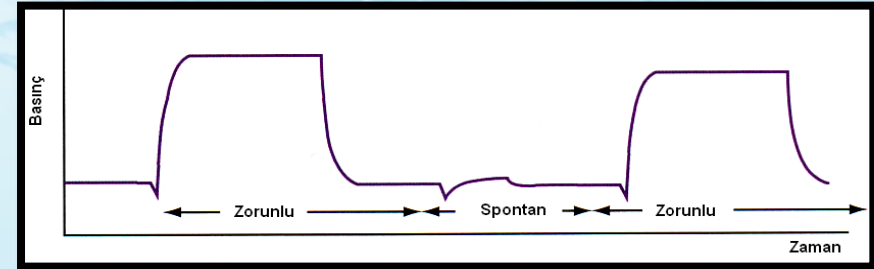
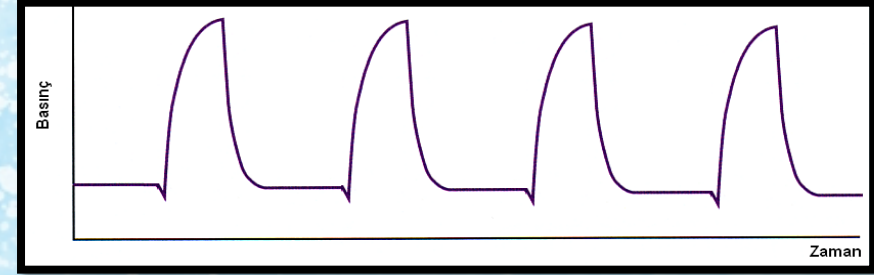
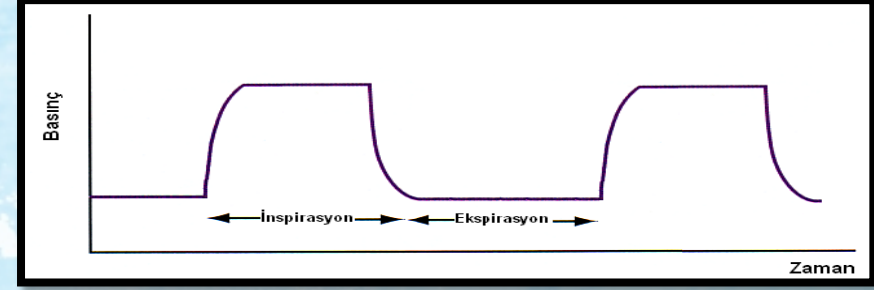


Ventilasyon Siklusu Faz Değişkenleri



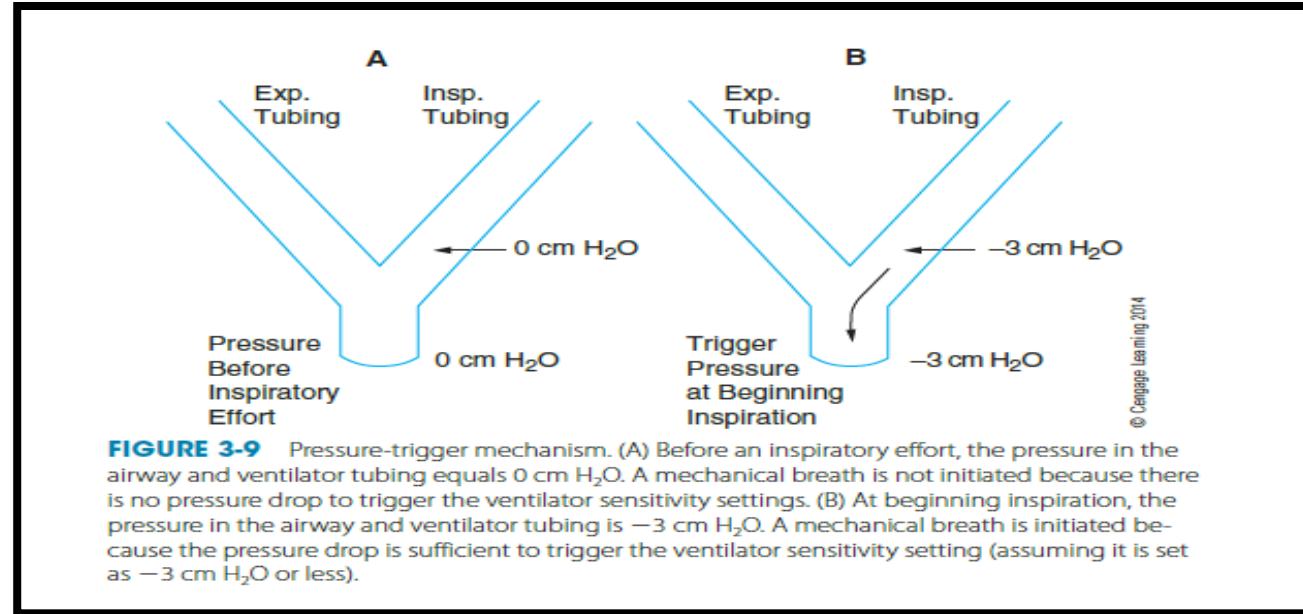
• Tetikleme ayarını yapalım:

- Manüel
- Zaman-Kontrollü
- Hasta (Basınç/Akım) –Asist
- Hasta/Zaman-Asiste-Kontrol



• Basınç Tetikleme;

➤ -1 ile -5cmH₂O (en sık -2, -3cmH₂O)



- **Akım Tetikleme;**

➤ 1-10 lt/dak; sıklıkla 2-3 lt/dak

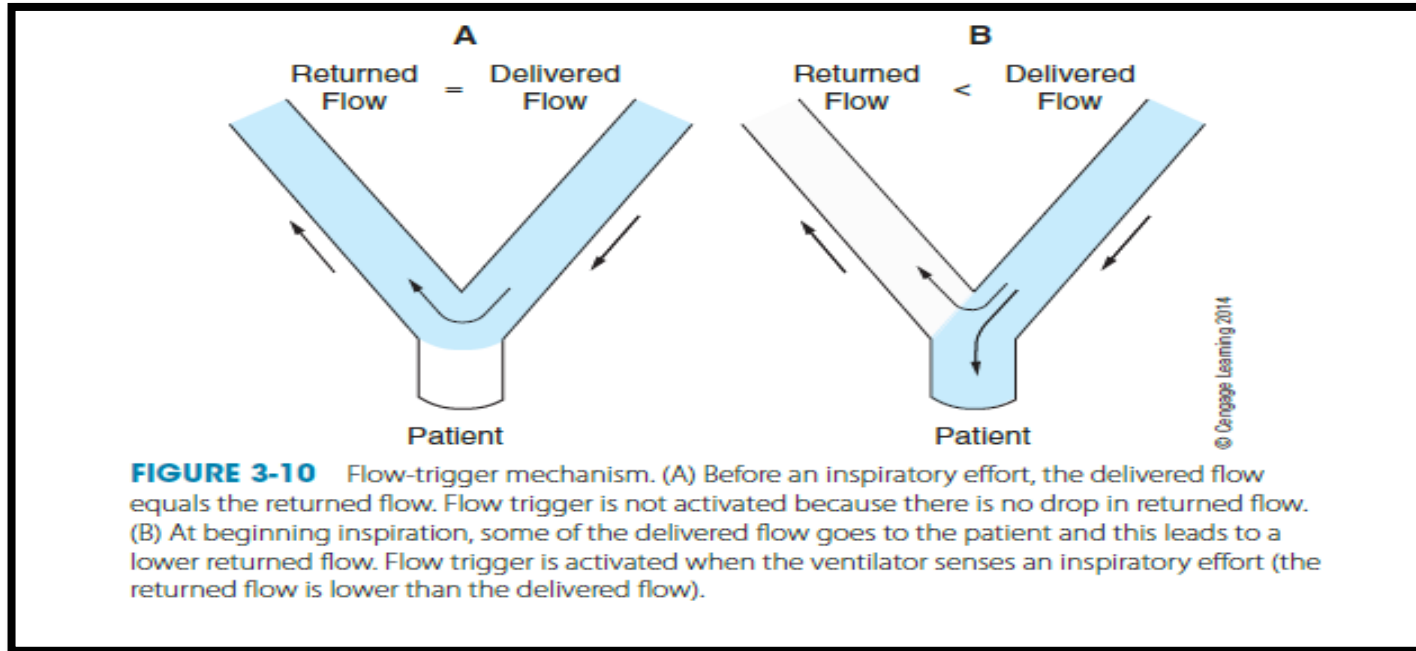


FIGURE 3-10 Flow-trigger mechanism. (A) Before an inspiratory effort, the delivered flow equals the returned flow. Flow trigger is not activated because there is no drop in returned flow. (B) At beginning inspiration, some of the delivered flow goes to the patient and this leads to a lower returned flow. Flow trigger is activated when the ventilator senses an inspiratory effort (the returned flow is lower than the delivered flow).

• Tidal Volüm Nasıl Ayarlanmalı?

➤ Başlangıç TV ayarı:

➤ **6-8 ml/kg (ideal kiloya)**

➤ **ARDS** hastalarında **4-6 ml/kg**

➤ Permisif hiperkapni

➤ Barotravma riskini azaltır

➤ **KOAH'lı** hastada **yüksek TV** ayarlamak:

➤ Hava hapsi, V/Q uyumsuzluğu, hipoksemi ve hiperkapniye yol açar

➤ Bu hastalarda TV düşük tutulmalı, yüksek akım hızı ayarlanarak ekspiryum zamanı uzatılmalı

➤ **Restriktif akciğer** hastasında da **düşük TV** kullanılmalı

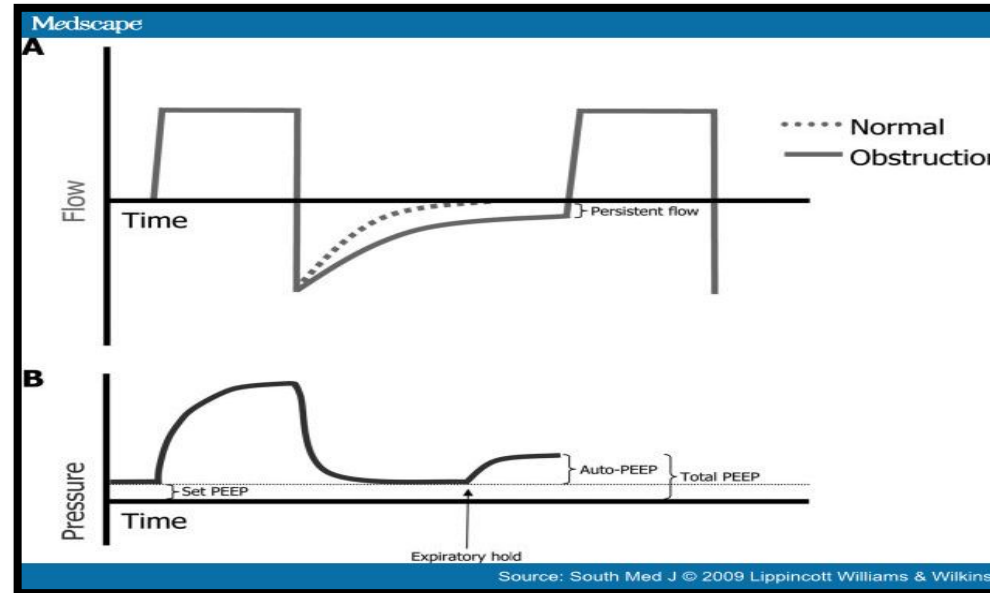
IBW (kg) Males:
 $50 + 2.3(\text{height in inches} - 60)$
or $50 + 0.91(\text{height in cm} - 152.4)$
IBW (kg) Females:
 $45.5 + 2.3(\text{height in inches} - 60)$
or $45.5 + 0.91(\text{height in cm} - 152.4)$

➤ Pressure Support (PS) desteği ayarlayalım mı?

- PCV, PSV, SIMV modda ayarlanır
- Hastanın spontan solunum eforunu destekleme görevi görür
- PIP, Pplato, TV değerleri göz önünde bulundurularak ayarlanır
- Weaning aşamasında PSV modu ile ayarlanması gerekir

• PEEP ayarlayalım

- Positive End Expiratory Pressure (PEEP) veya Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)
- «0» olabileceği gibi sıklıkla pozitif bir değer ayarlanır
- PEEP respiratuar sistemde fonksiyonel rezidüel kapasiteyi artırma yönünde görev yapar



PEEP Avantajları :

1. Oksijenizasyonu düzeltir
2. Akciğer kompliansını düzeltir
3. Ölü boşluğu azaltır
4. Yüksek kapanma volümlerinde alveollerin açık kalmasını sağlar
5. Solunum iş yükünü azaltır
6. Kardiyovasküler etkileri vardır

PEEP Dezavantajları:

1. Barotravma
2. Total akciğer sıvısında artış: Pulmoner venöz ve lenfatik basınçlarda artışa bağlı olarak
3. Kardiyak outputta ve O₂ taşınmasında azalma
4. Organ perfüzyonunda bozulma
 - a) Serebral venöz basıncı ve intrakranial basıncı artırır
 - b) ADH seviyesinde artış, idrar çıkışında azalma
 - c) Artmış intratorasik basınca bağlı olarak hepatik venöz dönüşte azalma, hepatik konjesyon



Uluslararası Katılımlı

AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...



• FiO_2 ayarı?

- Başlangıç FiO_2 'si %100 ayarlanmalı (Doğru mu???)
- Oksijen ilişkili akciğer hasarını önlemek için en kısa sürede FiO_2 %50'ni altına düşürülmeye çalışılmalı
- $\text{FiO}_2 > \%65$ değerleri gerekiyorsa PEEP arttırılmalı

- **Frekans belirleyelim:**

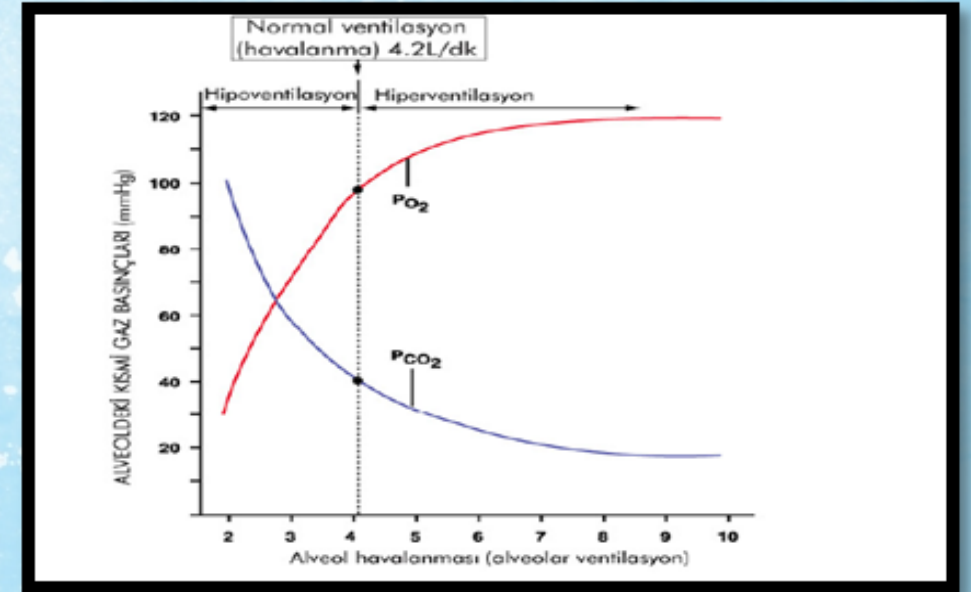
- Normokapnik ventilasyonu sağlayacak ideal ventilatör frekansı ayarlanmalı
- **Başlangıç frekans ayarı 12-16/dak**
- Frekansın ≥ 20 /dak ayarlanması, otoPEEP'e neden olabilir, kaçınılmalı (Shapiro, 1994)

• Frekans ayarını nasıl yapalım?

- İlk ayardan 15-30 dak sonra AKG alınır
- PaCO₂ alveoler ventilasyon ile ters orantılı olarak değişir
- Hiperkapni durumunda dakika ventilasyonu artırılmalı

(MV: $f \times VT$; $f \uparrow$) oto-PEEP'e dikkat!!!

- Hipokapni durumunda $f \downarrow$, $VT \downarrow$

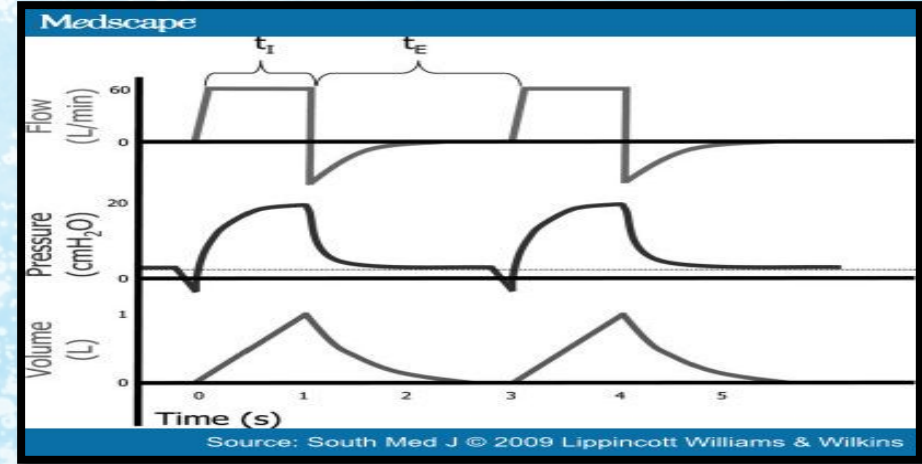


- **I:E oranı nasıl ayarlanır?**

- Genellikle **1:2-1:4** aralığında ayarlanır
- Hava hapsi ve oto-PEEP durumunda daha uzun ekspiryum süresi ayarlanır
- ARDS'de **1:1 veya ters-oran I:E > 1 (?)**

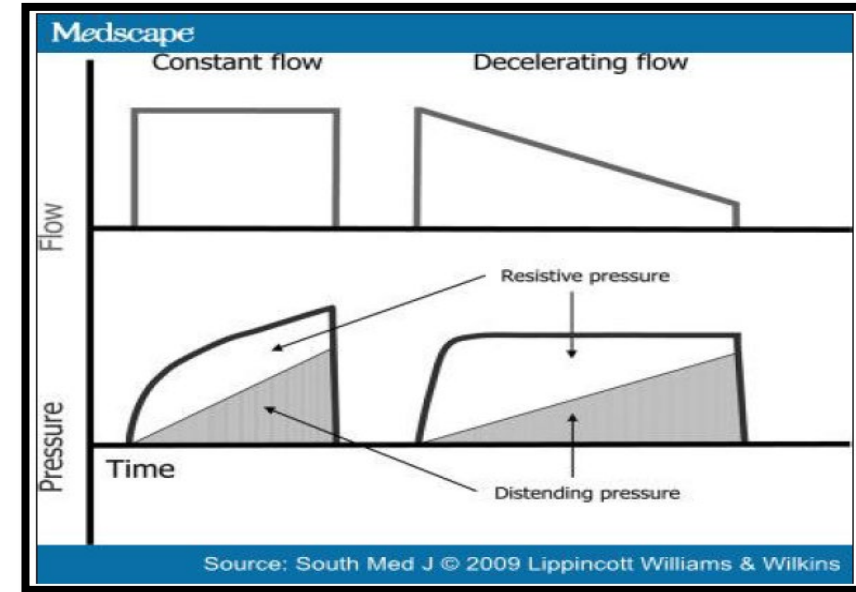
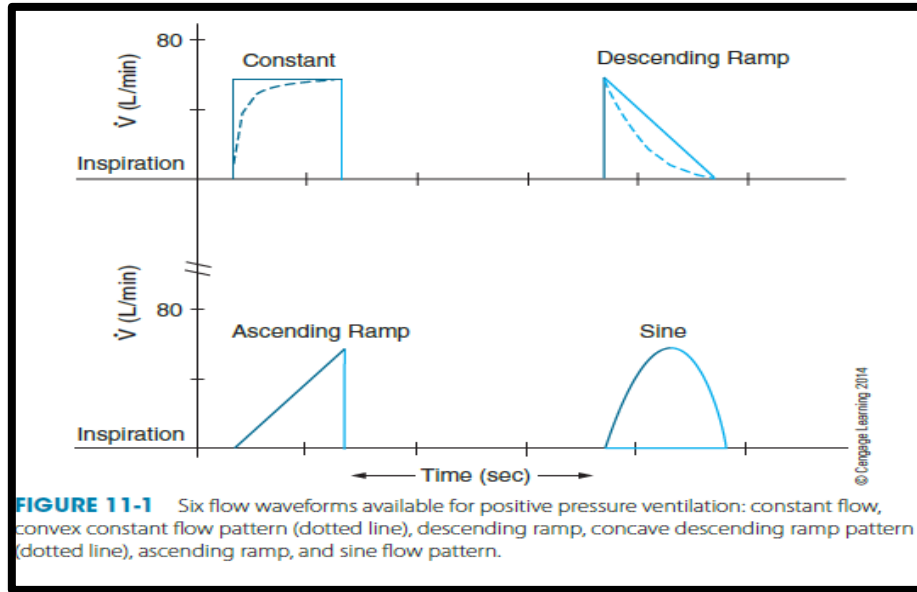
I:E oranını etkileyen faktörler:

- Akım hızı
- İnspirasyon süresi
- Ekspiratuar tetik
- Frekans
- Dakika volümü
(tidal volüm ve frekans)

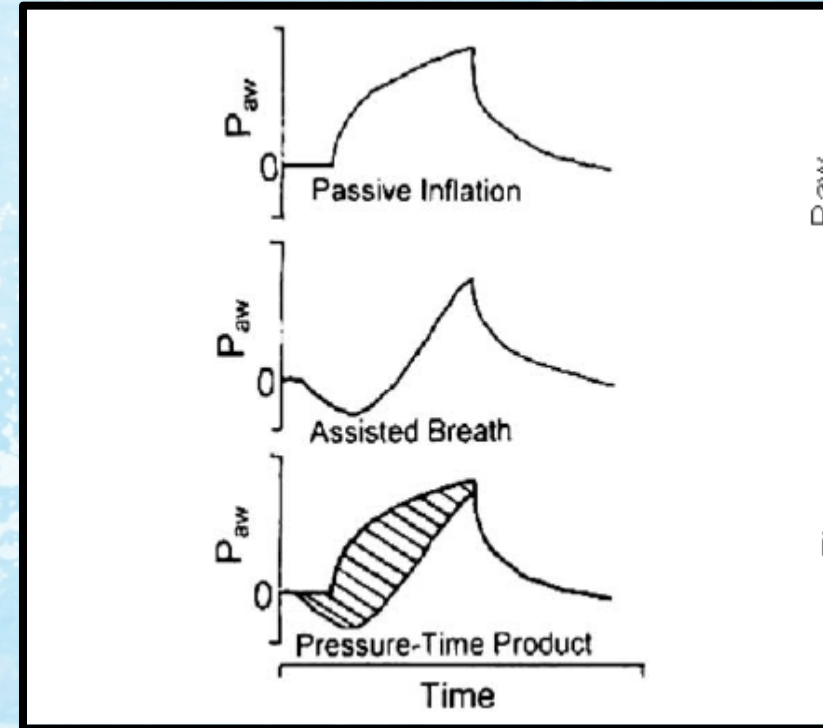
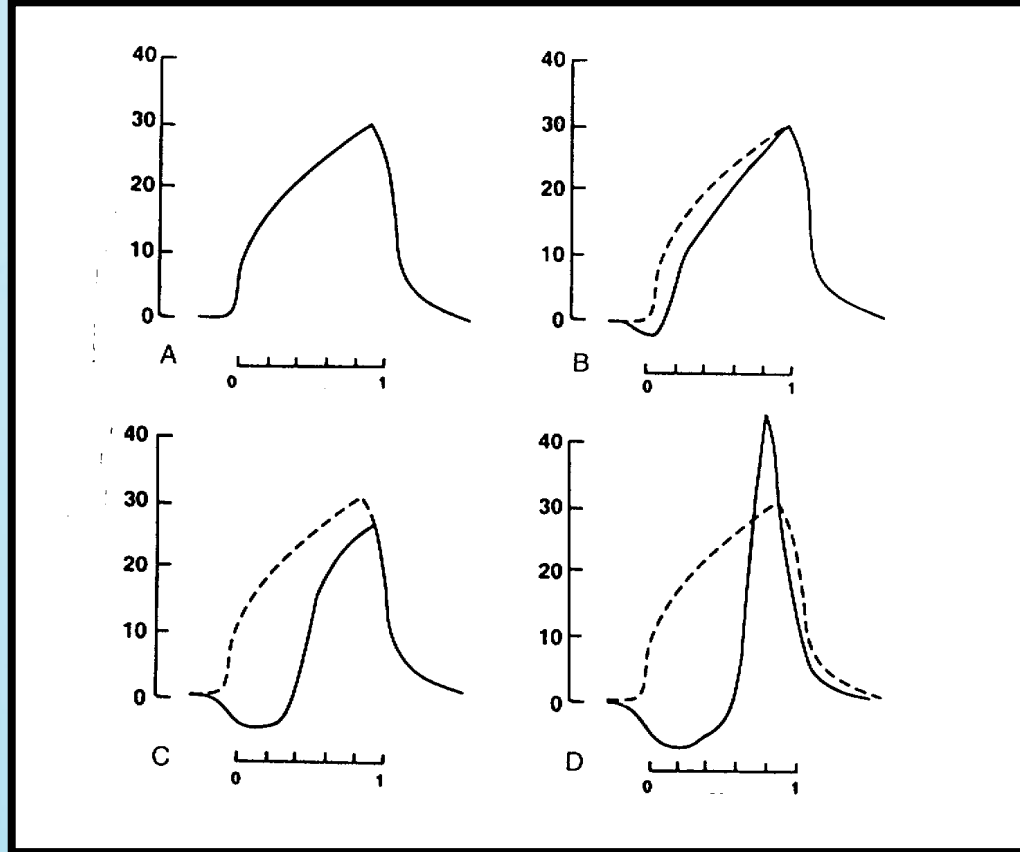


• Akım Hızını ve Paternini Nasıl Ayarlayalım?

- Akım hızı genellikle 30-60 L/dak ayarlanır



Kaynak: Benjamin D. Singer, MD; Thomas C. Corbridge, MD South Med 2009;102(12):12381245.



Kaynak: Pilbeam SP. Basic terms and concepts of mechanical ventilation.,in Mechanical Ventilation:Physiological and Clinical Applications ed 4, St Louis 2006, Mosby

➤ Alarm Limitlerini Ayarlayalım mı?

➤ Düşük Vte alarmı;

- Ekspirasyon ile atılan mekanik tidal volümden $< 100\text{ml}$ ayarlanır

➤ Düşük inspiratuar basınç alarmı

- Gözlenen Peak insp. Basıncın $10-15\text{ cmH}_2\text{O}$ altına ayarlanır

➤ Yüksek inspiratuar basınç alarmı

- Gözlenen Peak insp basıncın $10-15\text{ cm H}_2\text{O}$ üzerinde ayarlanır **(Dikkat!!!)**

➤ Apne alarmı:

- $15-20\text{ sn}$ ile solunum olmadığında

➤ Yüksek frekans alarmı:

- Gözlenen frekansın $10/\text{dak}$ üzerinde ayarlanır

➤ Düşük ve yüksek dakika ventilasyonu alarmı



Ayarları Yaptım

Hastamı Nasıl Takip Etmeliyim?

Limitler Nelerdir?



Pozitif basınçlı ventilasyonu etkileyen faktörler:

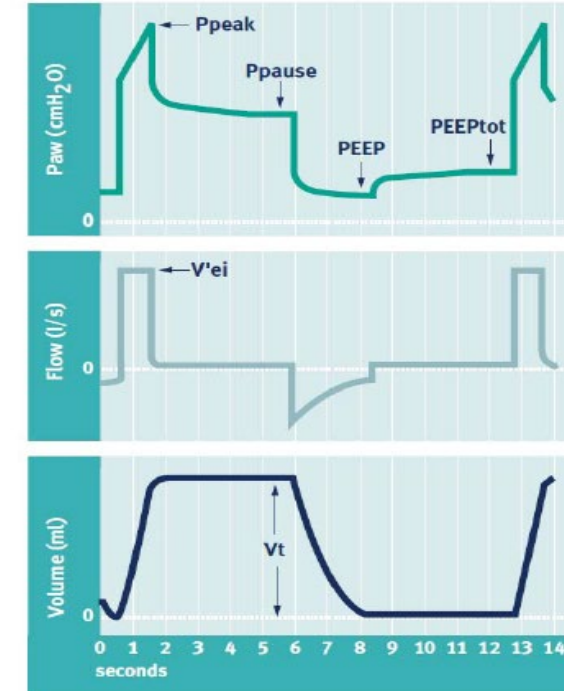
- Akım, basınç, volüm
- Komplians
 - Göğüs duvarı
 - Akciğer
- Elastans
- Rezistans
 - Hava yolu çapı
 - Bronkokonstriksiyon
 - Bronkodilatasyon
 - Hava yolu direnci- müköz engelleme
- Work of breathing (Solunum iş yükü)

• Peak İnspiratuar Basınç (PIP):

- İnspiratuar fazdaki en yüksek basınç
- Belirleyen faktörler
 - AC-Göğüs duvarı kompliansı
 - Havayolu rezistansı
 - Verilen tidal volüm
 - İnspiratuar akım hızı
 - End ekspiratuar basınç (PEEP)
 - Solunum iş yükü (WOB)

• İnspiratuar pause:

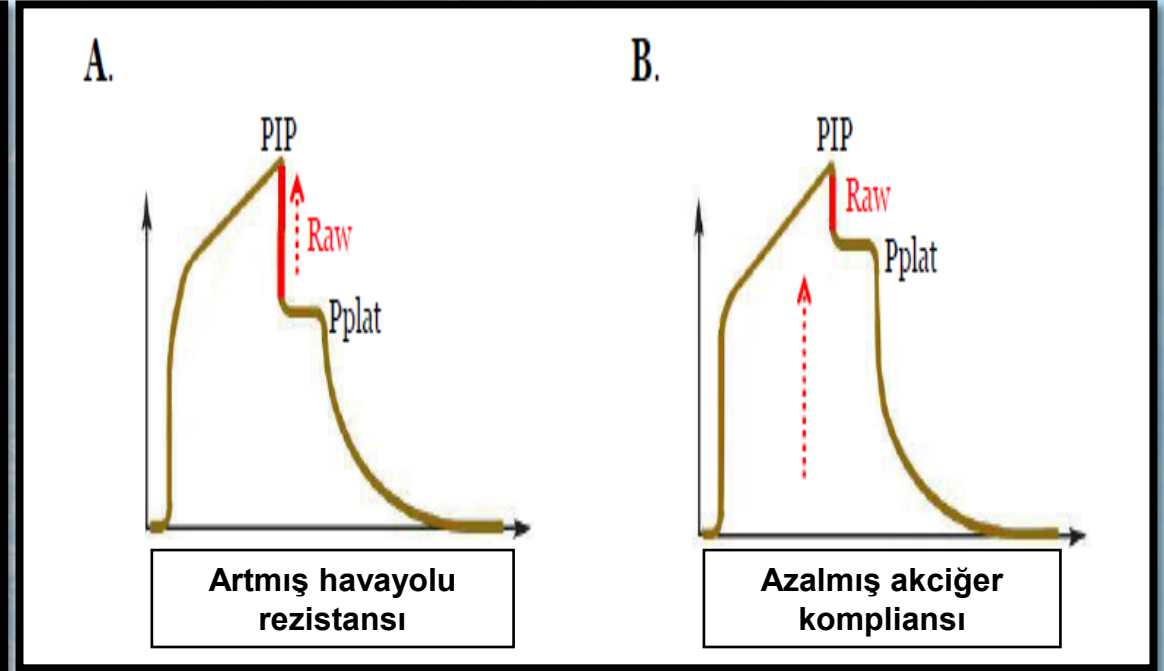
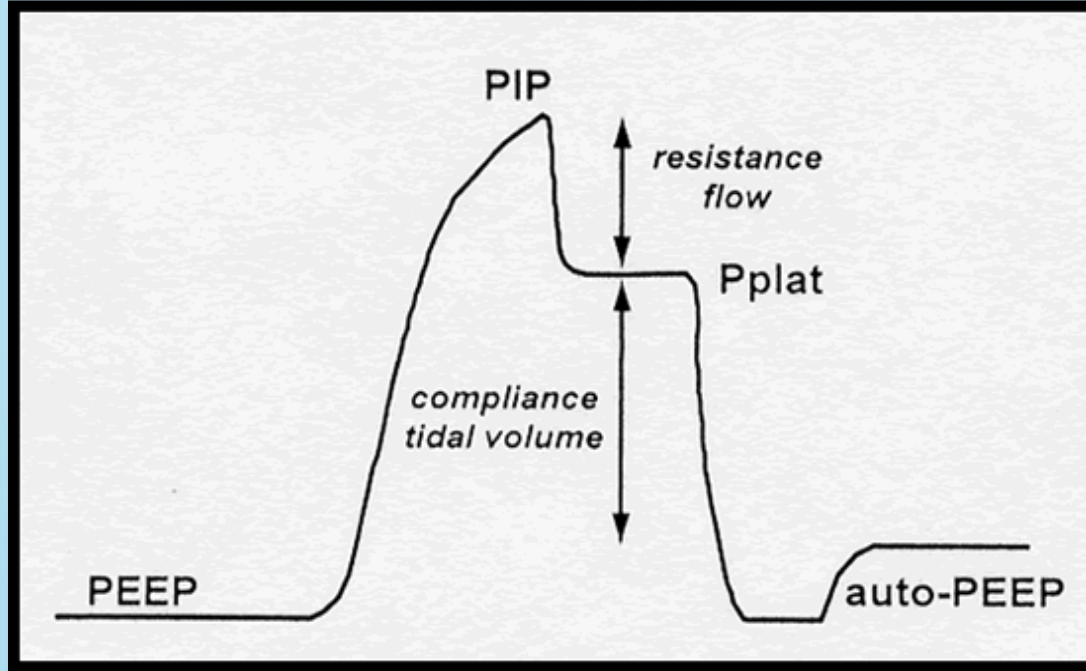
- Amaç: AC'de havanın dağılımını düzeltmek
- Optimum V/Q uyumunu sağlamak
- VD/VT oranını azaltmak



In ventilated adults with normal airway resistance, $R_{i,max}$ is usually 5-8 cmH₂O/l/s (including the effect of an unobstructed endotracheal tube of appropriate size). The clinical interpretation of measurements of respiratory system compliance is easier when referred to the ideal body weight (normal value: 1-1.2 ml/cmH₂O/kg).

P_{peak} = peak airway pressure
 P_{pause} = static end-inspiratory pressure
 $PEEP$ = positive end-expiratory pressure
 $PEEP_{tot}$ = total intrapulmonary PEEP
 V'_{ei} = end-inspiratory flow
 V_t = tidal volume
 $R_{i,max} = \frac{P_{peak} - P_{pause}}{V'_{ei}}$
 $C_{qs} = \frac{V_t}{P_{pause} - PEEP_{tot}}$
 $RC = R_{i,max} \cdot C_{qs}$
 $PEEP_i = PEEP_{tot} - PEEP$

Frozen curves during passive VCV with constant inspiratory flow and double hold manoeuvre, for manual measurement of passive respiratory system mechanics



$$C_{\text{strs}} = \frac{V_T}{P_{\text{plat}} - \text{PEEP}_{\text{total}}}$$

$$R_{\text{aw}} = \frac{\text{PIP} - P_{\text{plat}}}{\dot{V}_i}$$

KOMPLİANS

Volüm değişikliği / Basınç değişikliği

«Akciğerin genişleyebilme kolaylığı»

Belirli bir basınç artışına bağlı olarak oluşan hacim artışının ölçüsü
(1/elastans)

ELASTANS (1/KOMPLİANS)

Volüm değişikliği / Basınç değişikliği

«Gerilen akciğerlerin eski şekline dönebilmesi»

Akciğerin elastik özellikleri (1/3)
Sıvı içeriğinin yüzey gerilimi (2/3)

➤ Komplians:

➤ Statik komplians;

- İnspiratuar gaz akımının olmadığı, 2-5 sn inspiratuar duraklama sonrası dengede ölçülen komplians

➤ $C_{stat} = V_T / P_{plat} - PEEP$

- Bu duraklamayı yapmak zor

- Kısa süreli (0.5-1sn) lik duraklama sonrası ölçülen komplians **“quasistatic” «yarı-statik»**

➤ $C_{qs} = V_T / P_{qs} - PEEP$

- Sağlıklı insanda C_{stat} ik, C_{qs} birbirine yakındır ama KOAH, ARDS’de böyle değildir.

➤ Dinamik komplians;

➤ $C_{dyn} = V_T / P_{peak} - PEEP$

Pressure – time curve (volume – oriented mode)

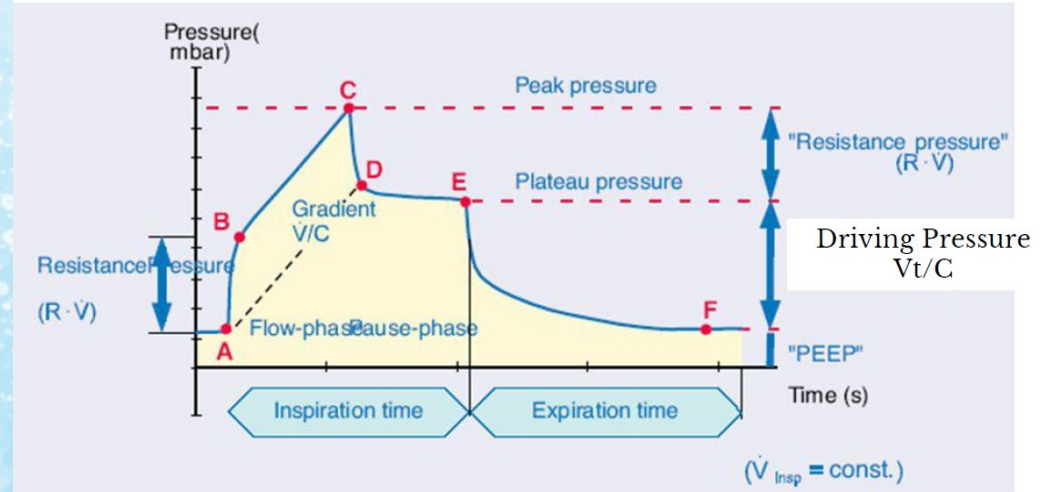
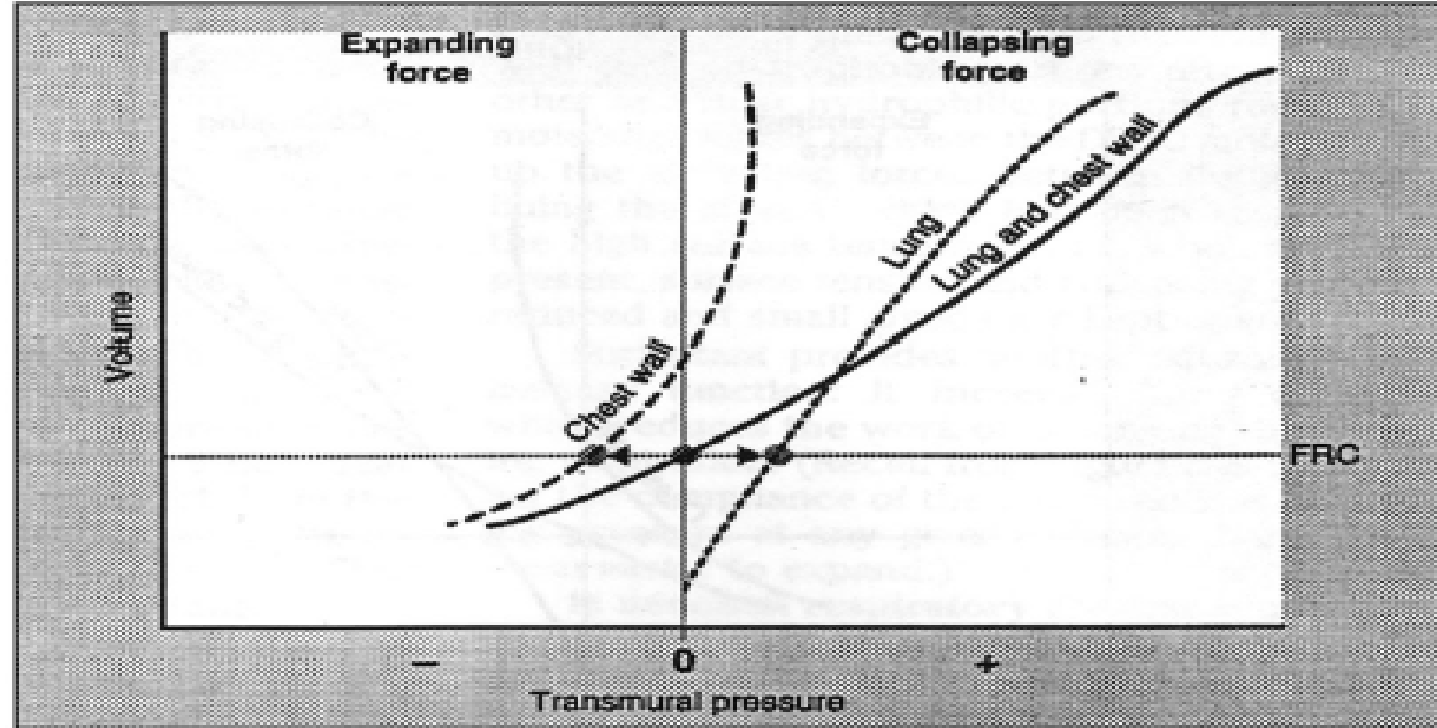


Figure 2



Compliance of the lungs, chest wall, and the combined lung–chest wall system. At the functional residual capacity, the forces of expansion and collapse are in equilibrium. Reprinted from [3] with permission from Elsevier.

Normal toplam komplians:(akciğer+göğüs duvarı)= 200 ml/cm H₂O

Basınç 1 cmH₂O arttığında akciğerler 200ml genişler

Table 1

Causes of decreased intrathoracic compliance

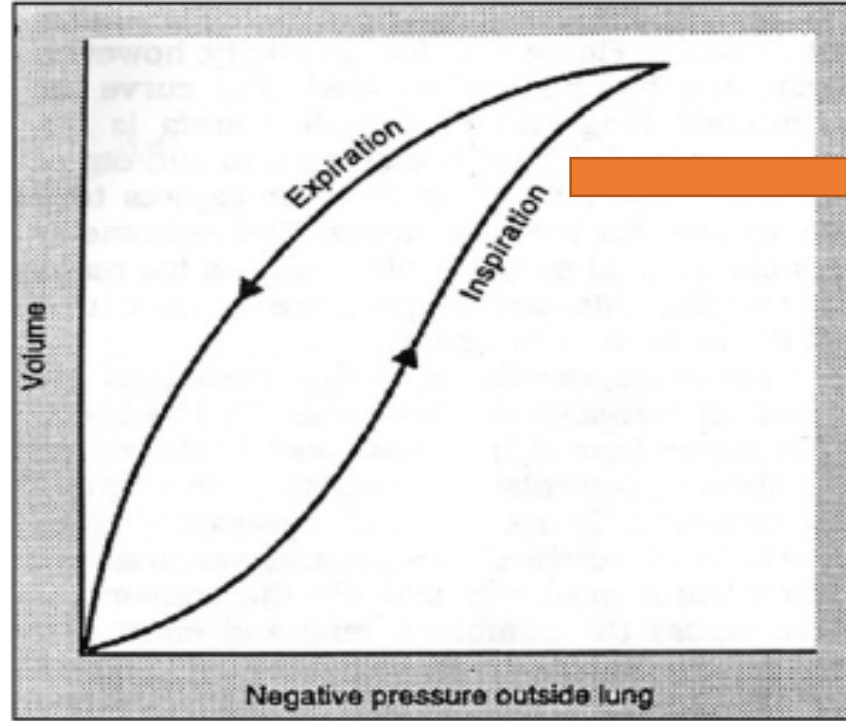
Causes of decreased measured chest wall compliance

Obesity
Ascites
Neuromuscular weakness (Guillain-Barre, steroid myopathy, etc.)
Flail chest (mediastinal removal)
Kyphoscoliosis
Fibrothorax
Pectus excavatum
Chest wall tumor
Paralysis
Scleroderma

Causes of decreased measured lung compliance

Tension pneumothorax
Mainstem intubation
Dynamic hyperinflation
Pulmonary edema
Pulmonary fibrosis
Acute respiratory distress syndrome
Langerhans cell histiocytosis
Hypersensitivity pneumonitis
Connective tissue disorders
Sarcoidosis
Cryptogenic organizing pneumonitis
Lymphangitic spread of tumor

Shown are the causes of decreased intrathoracic compliance, partitioned into causes of decreased measured chest wall compliance and causes of decreased measured lung compliance.

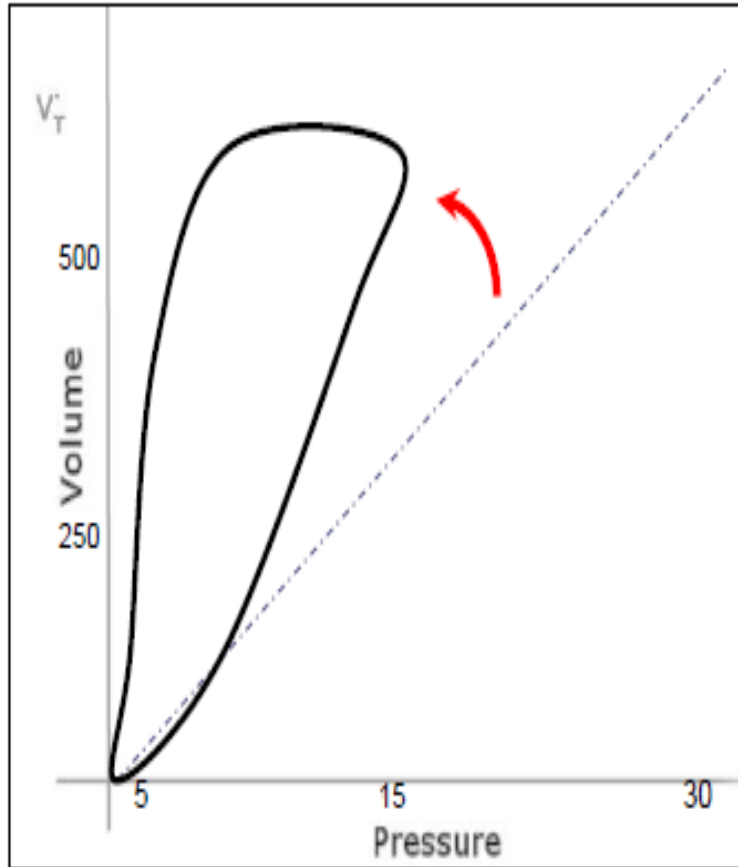


Histerezis; elastik yapılarda uygulanan kuvvet sonrası oluşan volüm değişikliğinin kuvvet ortadan kalktıktan sonra belirli bir zaman korunması

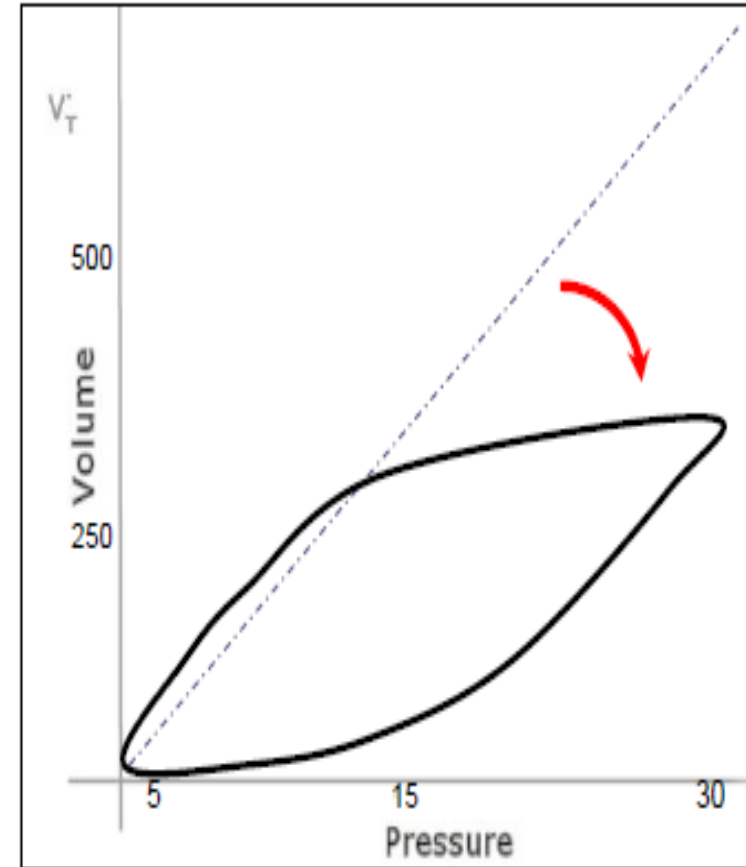
Pressure-volume curve. Shown is a pressure-volume curve developed from measurements in isolated lung during inflation (inspiration) and deflation (expiration). The slope of each curve is the compliance. The difference in the curves is hysteresis. Reprinted from [3] with permission from Elsevier.

P-V Eğrisi- Eğrinin eğimi kompliansı verir

ARTMIŞ KOMPLİANS



AZALMIŞ KOMPLİANS

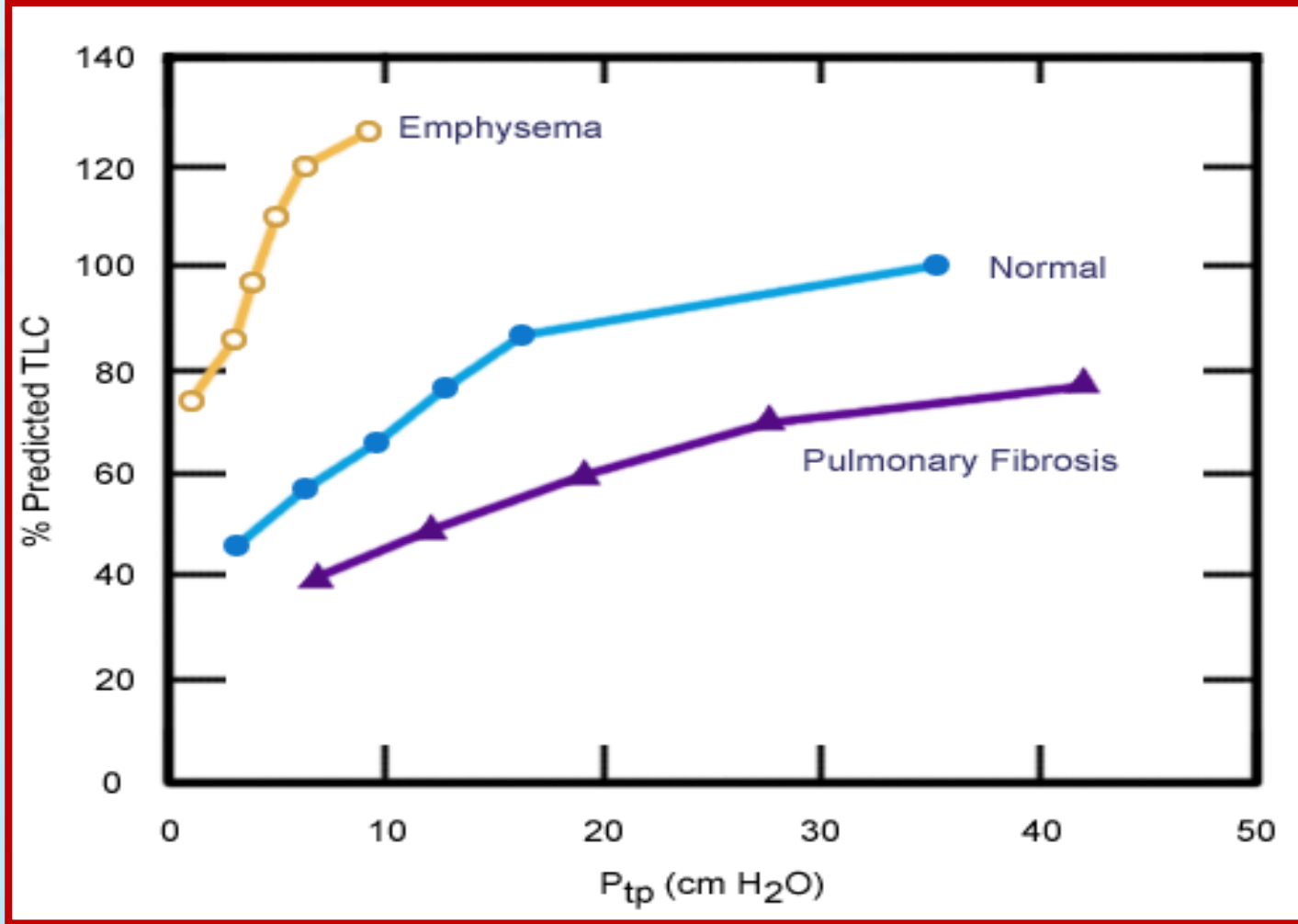


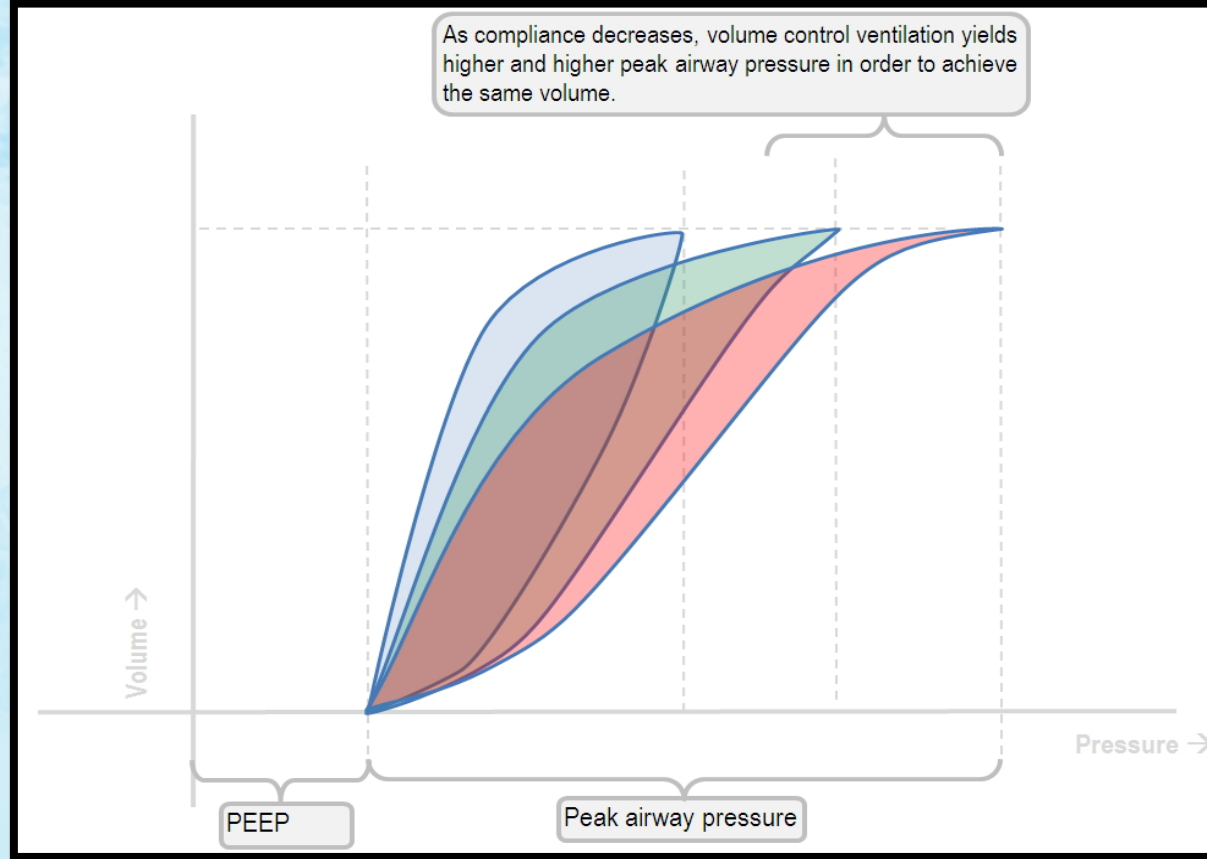
AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

9-12 Nisan 2025

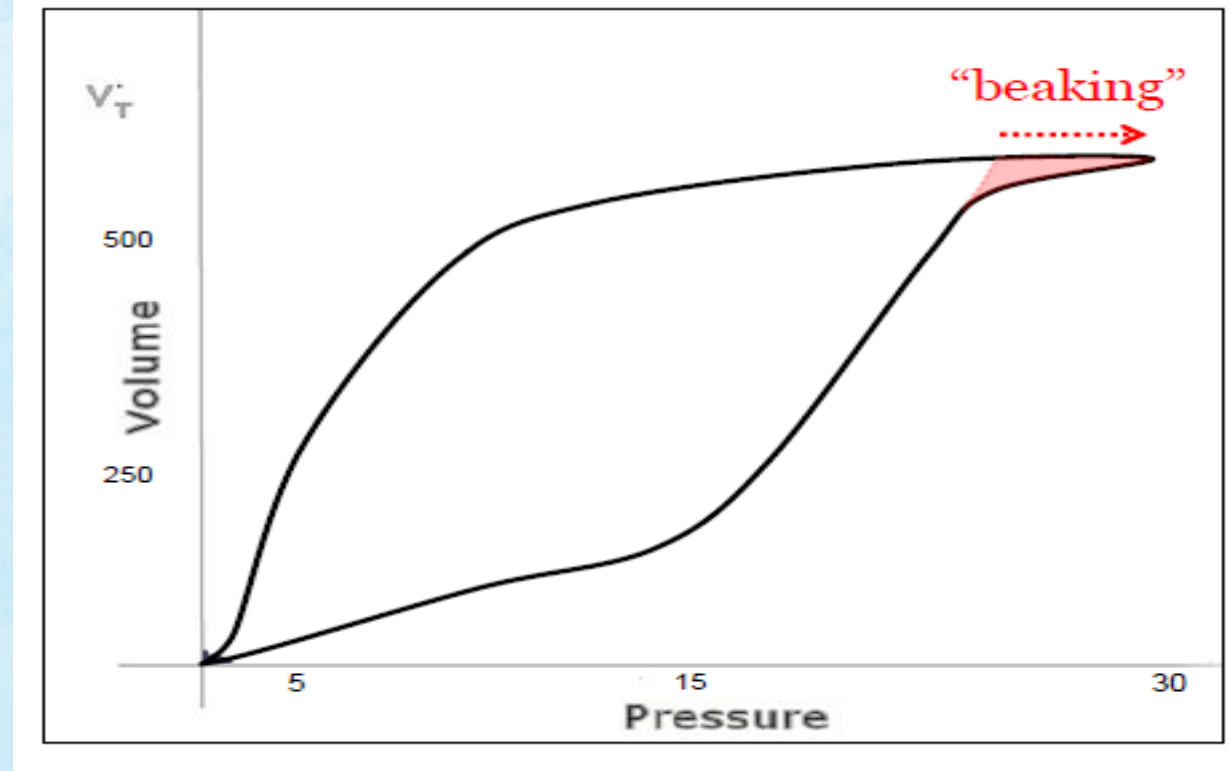
Sueno Deluxe Hotel,
Belek/Antalya

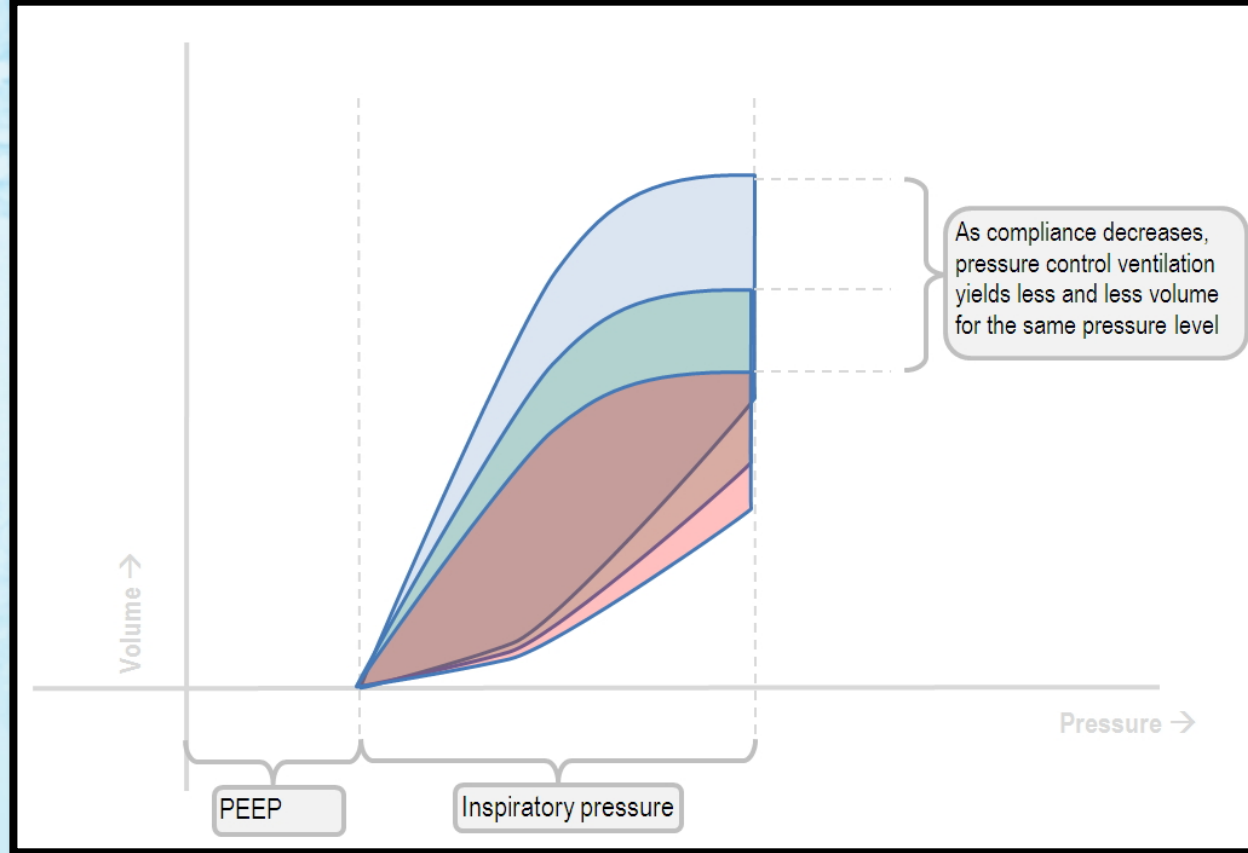




Volüm Kontrollü Ventilasyonda P-V Eğrisi ile Kompliansın Değerlendirilmesi

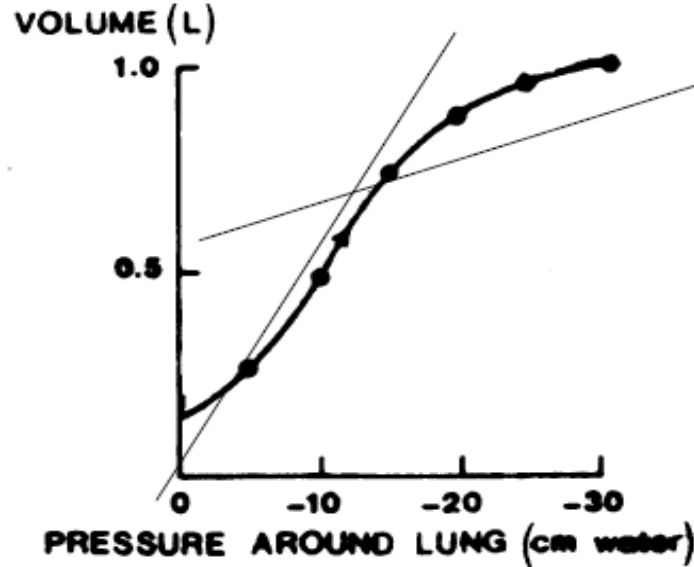
Aşırı Distansiyon





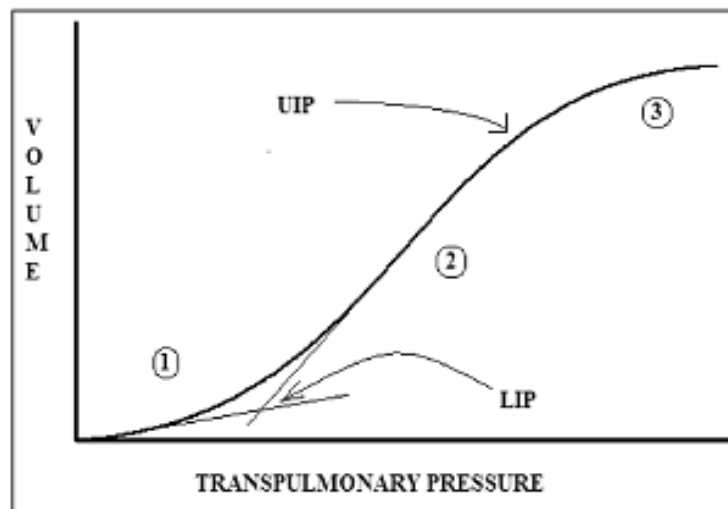
Basınç Kontrollü Ventilasyonda P-V Eğrisi ile Kompliansın Değerlendirilmesi

AC'lerin kompliyansı



- Eğrinin dik olması yüksek kompliyansı, yatık olması düşük kompliyansı gösterir.
- Dolayısıyla AC kompliyansı yüksek volümlerde en düşük, rezidüel volüm seviyelerinde en yüksek noktasındadır.

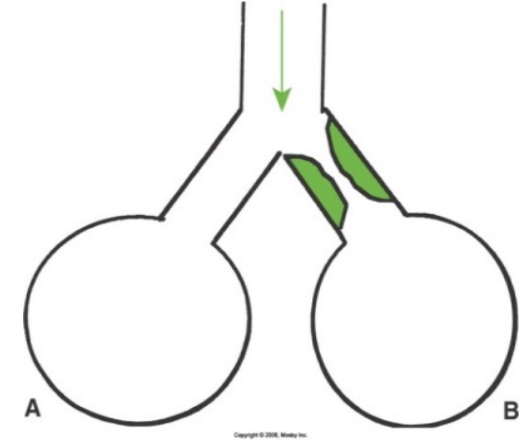
Figure 5



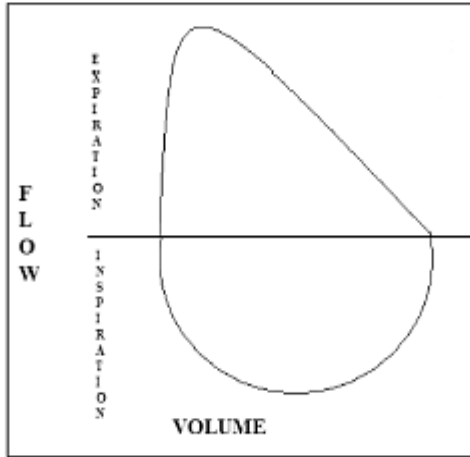
The inspiratory limb of the pressure–volume curve (dark line) divided into three sections. Section 1 (low compliance) and section 2 (high compliance) are separated by the lower inflection point (LIP). Section 2 (high compliance) and section 3 (low compliance) are separated by the upper inflection point (UIP). In this example, the LIP is marked at the point of crossing of the greatest slope in section 2 and the lowest slope of section 1. The UIP is marked at the point of 20% decrease from the greatest slope of section 2 (a calculated value).

• Rezistans: «Akıma karşı direnç»

- İletici hava yolları sorumludur
 - **Rezistans: $P_{peak} - P_{plateau}$ / Akım Hızı**
 - Akım Hızı: Tidal Volüm / İnspirasyon süresi
- **Raw (cmH₂O/L/sn):**
 - Entübe olmayanlarda: 0.6-2.4 cmH₂O/L/sn
 - Entübelerde ≥ 6 cmH₂O/L/sn
 - **Endotrakeal tüp** rezistans artışında önemli!!
 - Tüp ne kadar küçük olursa, rezistans o kadar fazla olur
 - Hava yolu hastalıkları rezistansı artırır



REZİSTANSIN AKIM VOLÜM EĞRİSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ



Flow-volume loop. A flow-volume loop is shown, with exhalation above the horizontal axis and inspiration below.

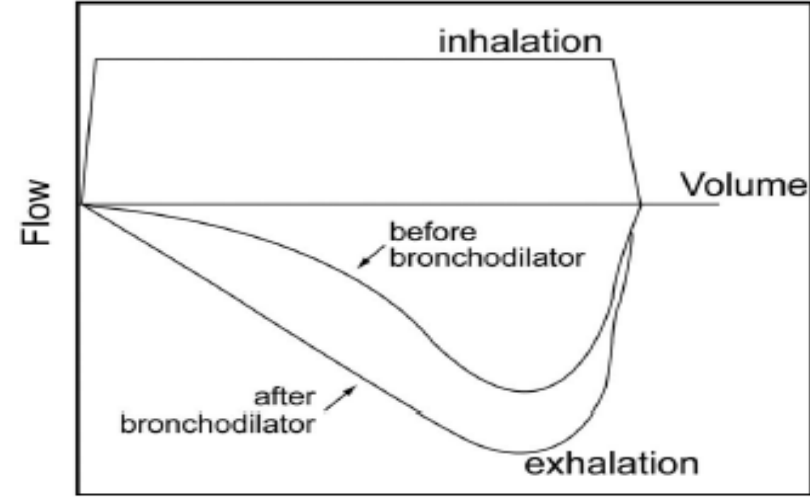


Fig. 22. Flow-volume curve illustrating response to bronchodilation in a patient with obstructive lung disease.

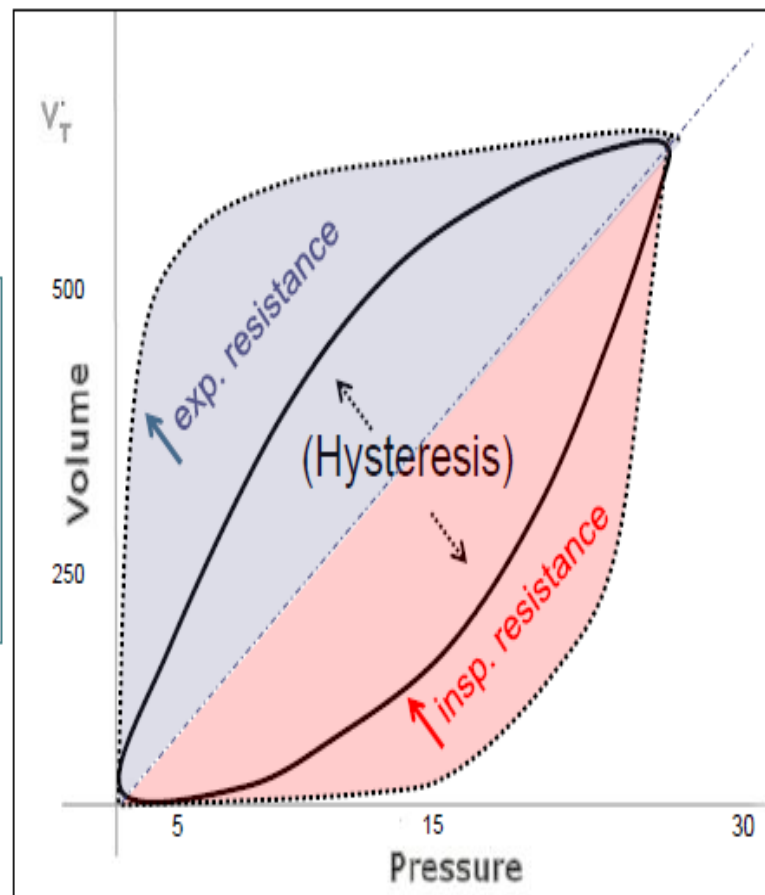
AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

9-12 Nisan 2025

Sueno Deluxe Hotel,
Belek/Antalya

Increased expiratory resistance:
secretions,
bronchospasms,
etc.

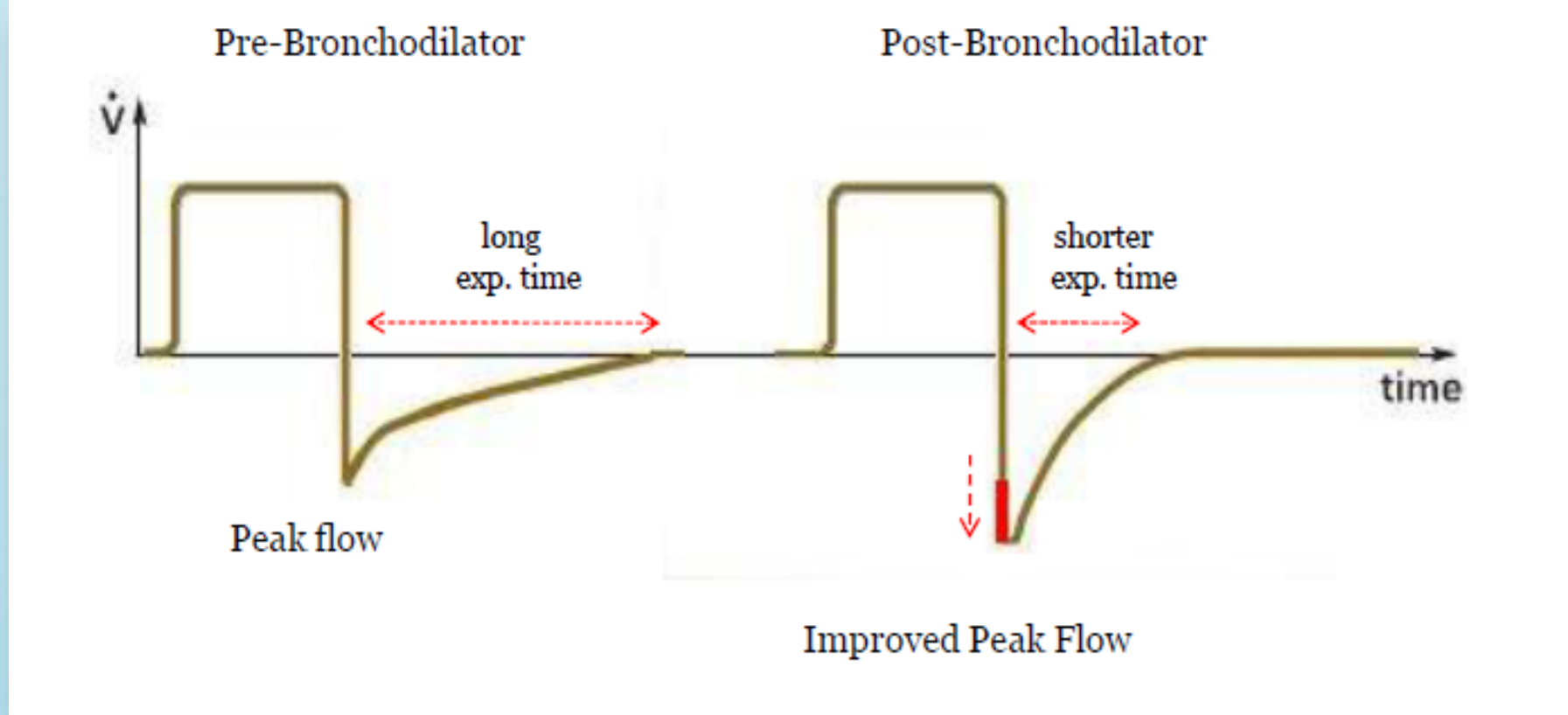


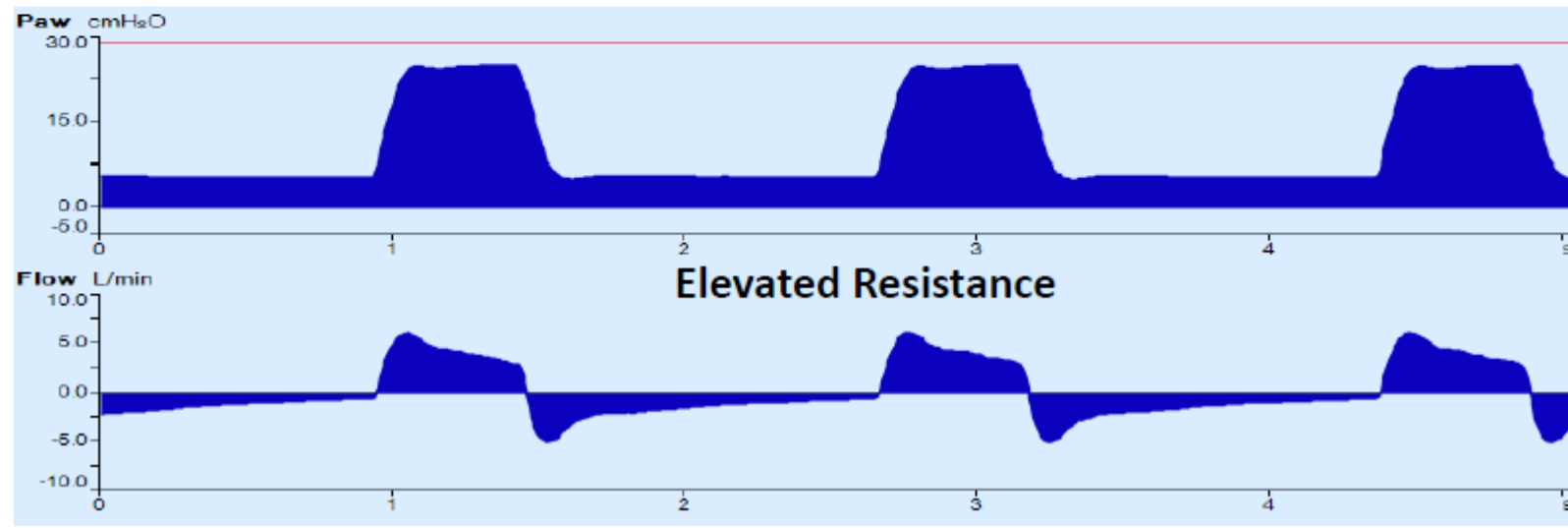
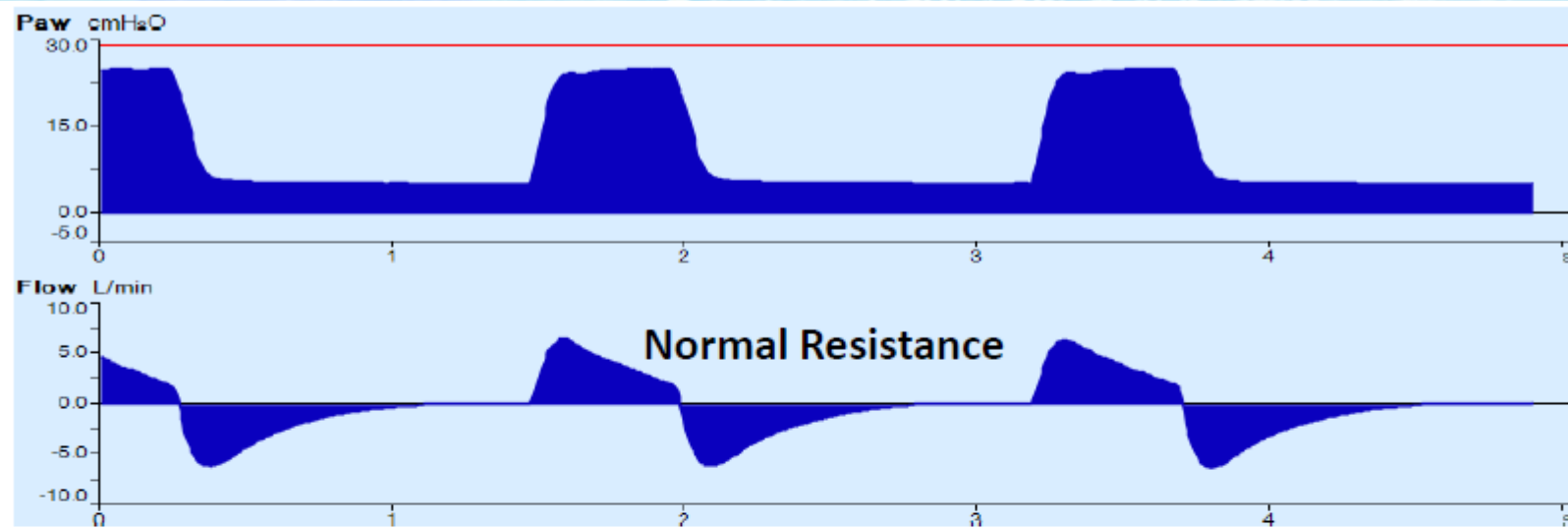
Increased inspiratory resistance:
kinked ET tube,
patient biting tube

AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

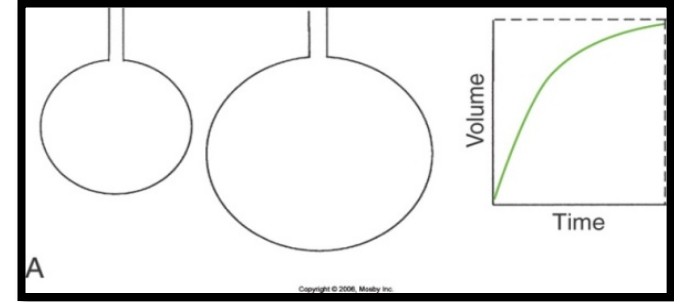
9-12 Nisan 2025
Sueno Deluxe Hotel,
Belek/Antalya



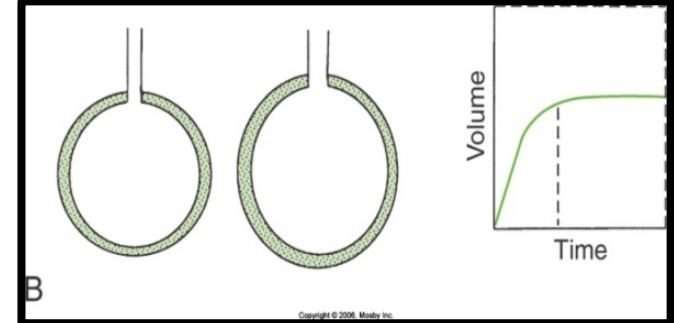


Zaman Sabiti: Komplians x Rezistans

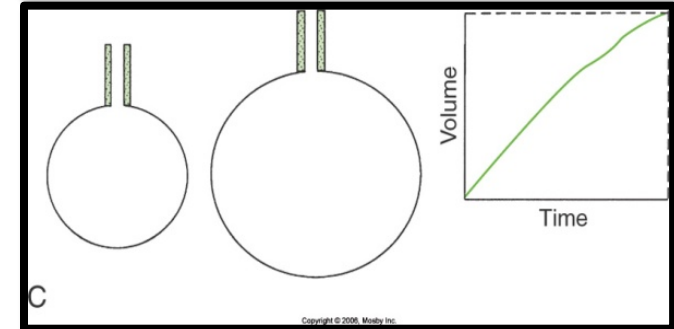
A: Normal AC



B: Düşük komplians;
alveoller hızlıca dolar ama daha az hava girer
(Kısa zaman sabiti; örn ARDS)



C: Artmış rezistans;
alveoller yavaş dolar, daha yavaş boşalır.
(Uzun zaman sabiti; örn KOAH)



Driving Pressure-Sürücü Basınç

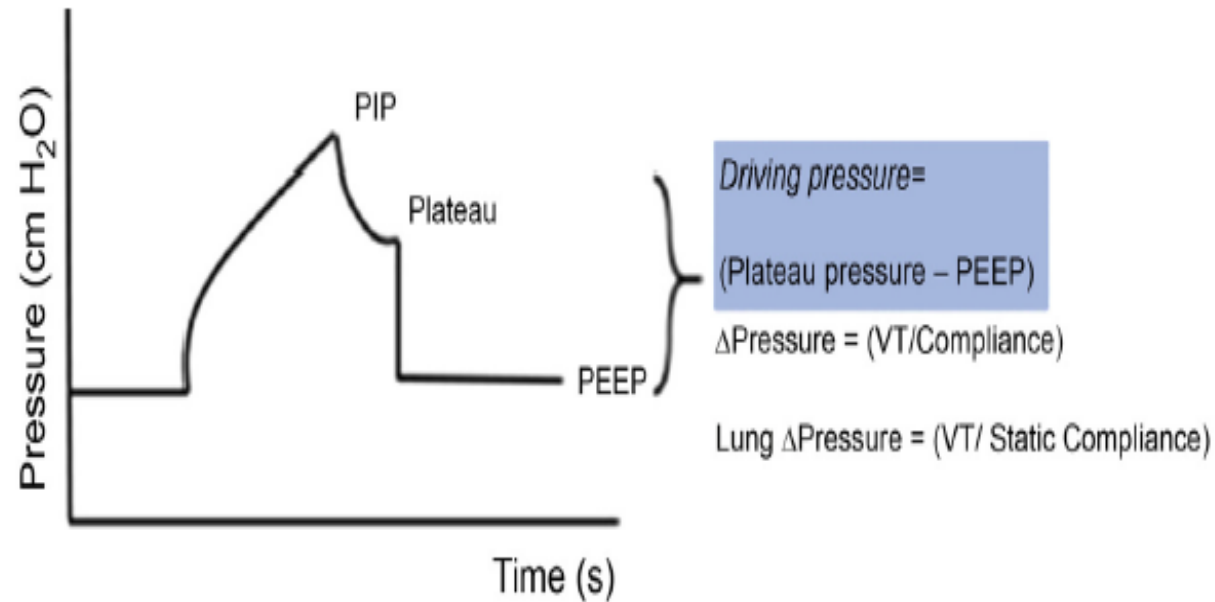
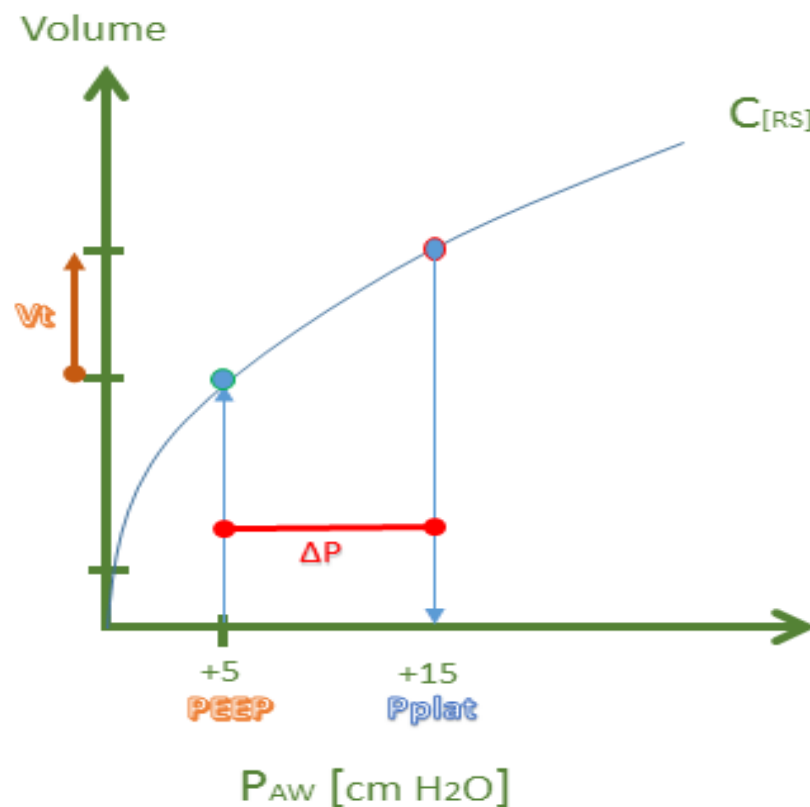


Fig. 21. DP is the difference between P_{plat} and PEEP, and is a correlate of the ratio between V_T and the compliance of the respiratory system.

Driving Pressure

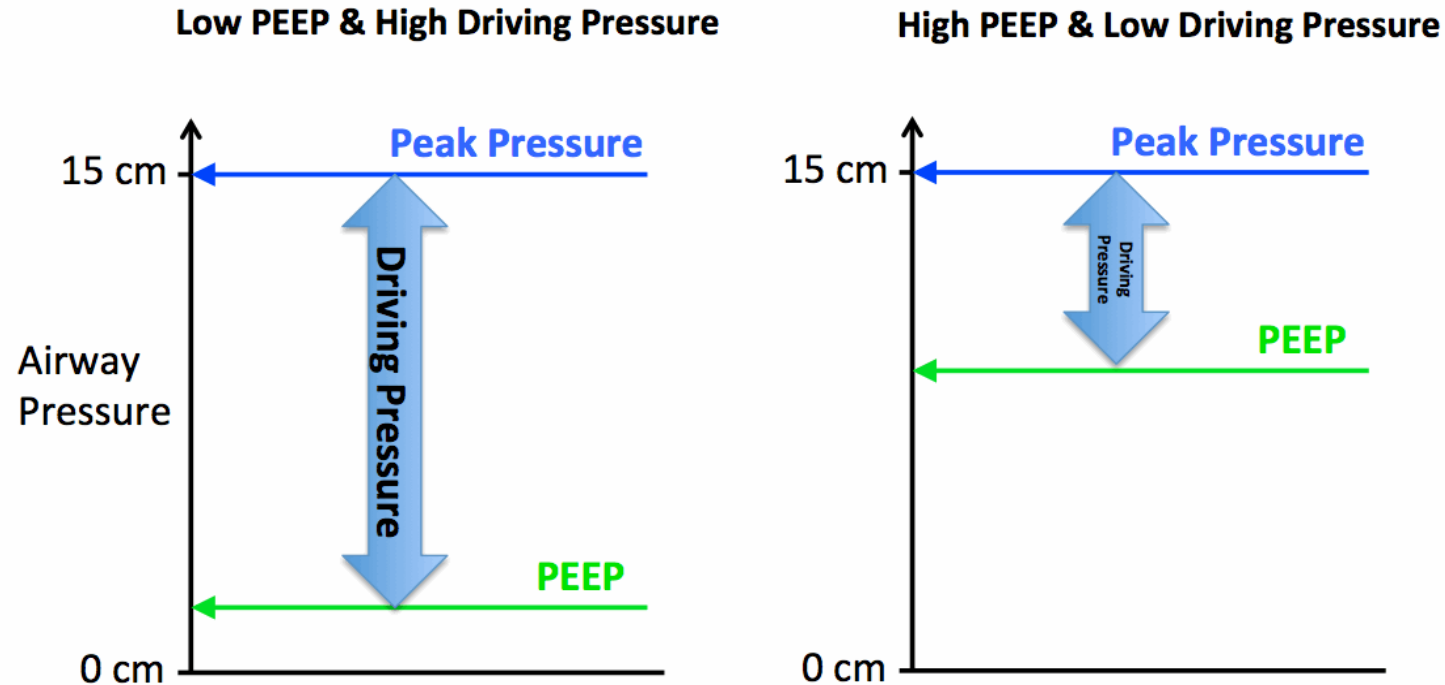
$$P_{plat} - PEEP^* = \frac{[V_t^*]}{C_{rs}}$$

* indicates clinician controlled
[independent variable]



Driving Pressure

Tradeoff between PEEP and Driving Pressure



- **ΔP (Driving Pressure);**
 - Tidal volumun akciğerde ne kadar mekanik bozulma (dinamik strain) yarattığını tahmin eder,
- **Plato basıncı (Pplato);**
 - Akciğere uygulanan basıncı (akciğer stresi) yansıtır.
- Her ikisi de barotravma riskini ölçer.

➤ **Driving Pressure < 15 cmH₂O**

➤ **Pplato < 30 cmH₂O**



How to measure respiratory mechanics during controlled mechanical ventilation

AboutOpen | 2019; 5(1): 86–89

ISSN 2465-2628 | DOI: 10.33393.abtpn.2019.300

Marco Giani^{1,2}, Alfio Bronco¹, Giacomo Bellani^{1,2}

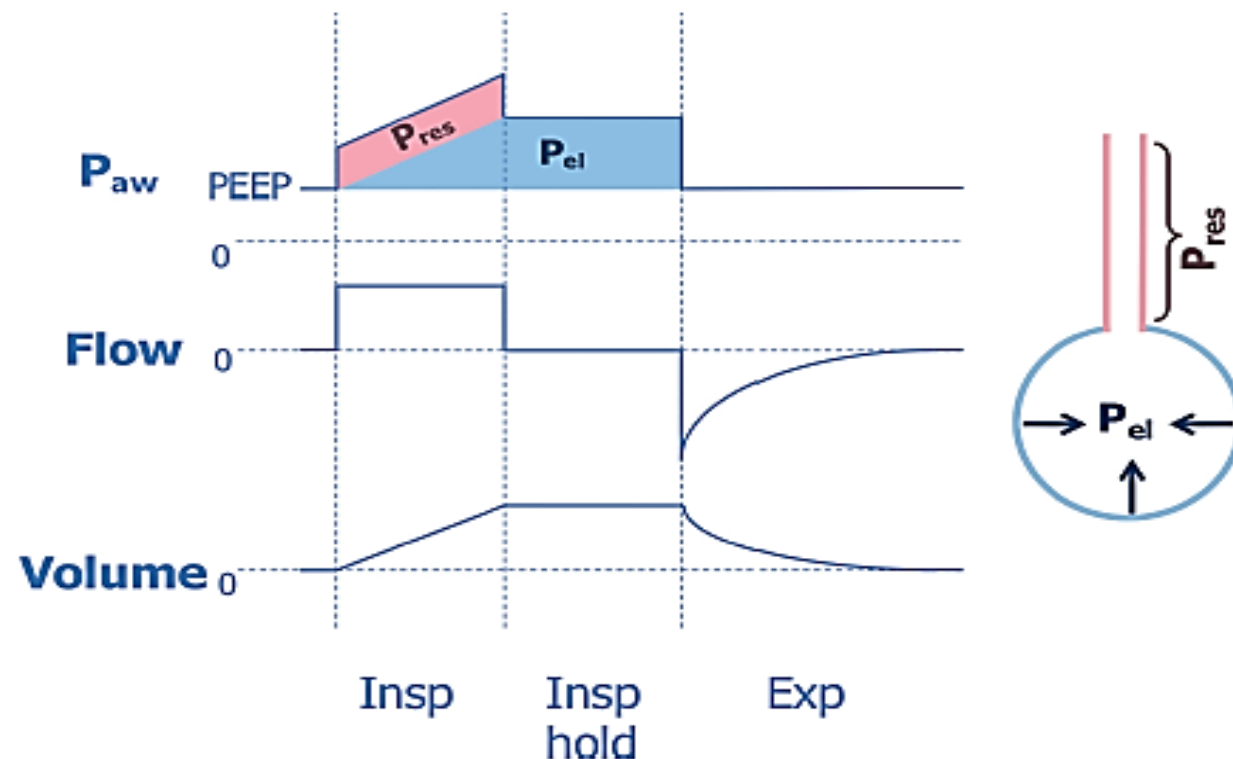


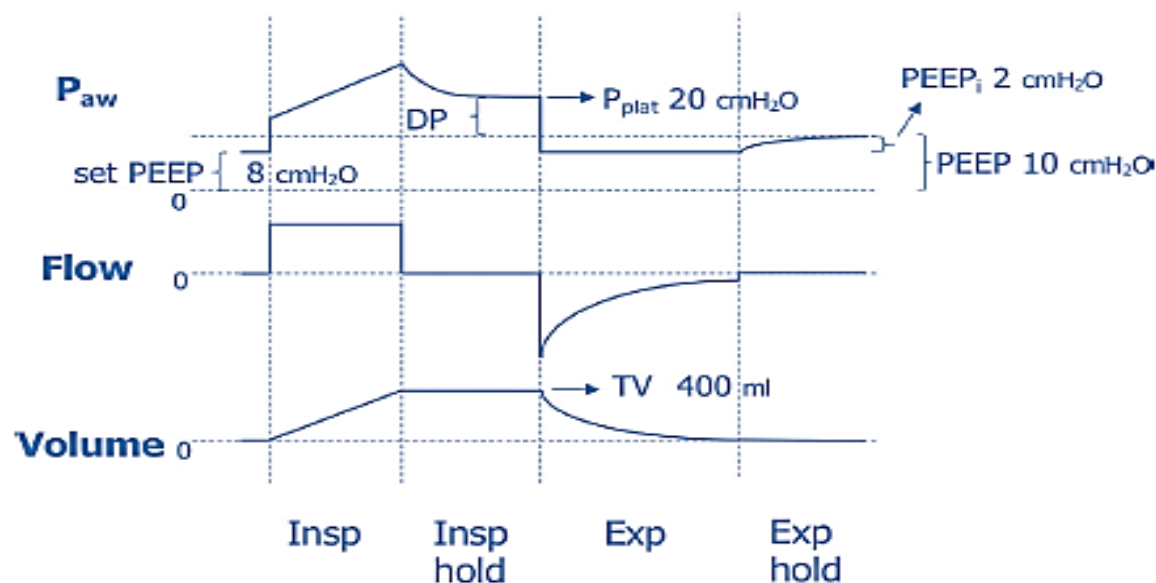
Fig. 1 - Airway pressure (P_{aw}) and flow during a volume-controlled breath. PEEP, positive end-expiratory pressure; P_{res} , resistive pressure; P_{el} , elastic pressure.

How to measure respiratory mechanics during controlled mechanical ventilation

Marco Giani^{1,2}, Alfio Bronco¹, Giacomo Bellani^{1,2}

AboutOpen | 2019; 5(1): 86–89

ISSN 2465-2628 | DOI: 10.33393.abtpn.2019.300

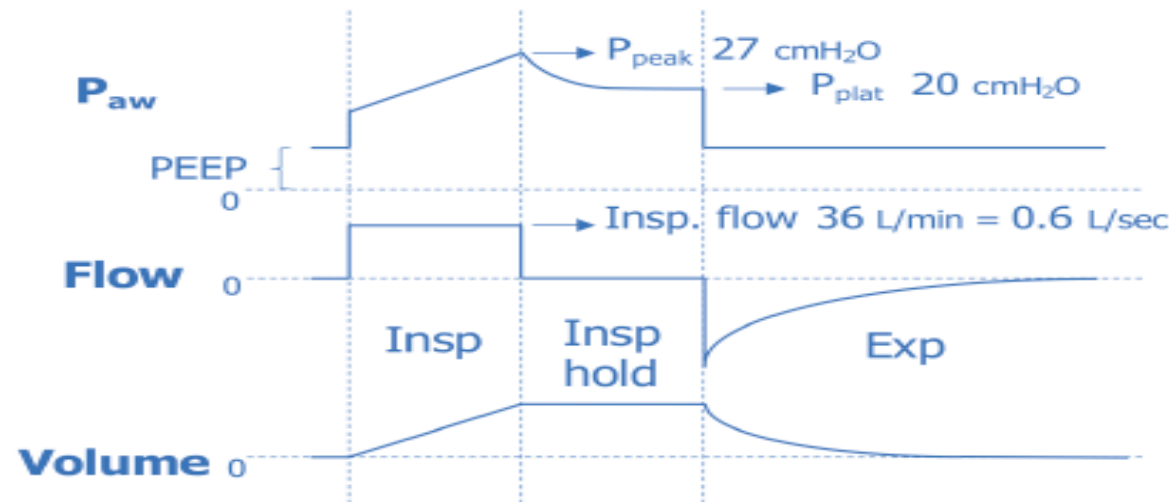


$$Cpl_{rs} = 400 / [20 - 10] = 40 \text{ ml/cmH}_2\text{O}$$

Fig. 3 - An example of how to measure compliance of the respiratory system (Cpl_{rs}) during volume-controlled ventilation (VCV). Insp, inspiratory phase; Exp, expiratory phase; P_{aw} , airway pressure; PEEP, positive end-expiratory pressure; P_{plat} , plateau pressure.

How to measure respiratory mechanics during controlled mechanical ventilation

Marco Giani^{1,2}, Alfio Bronco¹, Giacomo Bellani^{1,2}



$$R_{rs} = (27 - 20) / 0.6 = 11.67 \text{ cmH}_2\text{O/L/sec}$$

Fig. 2 - An example of how to measure resistance of the respiratory system (R_{rs}) during volume-controlled ventilation. During an inspiratory hold, the drop in airway pressure (P_{aw}) corresponds to the amount of pressure generated during inspiration to overcome the resistance of the respiratory system. Insp, inspiratory phase; Exp, expiratory phase; PEEP, positive end-expiratory pressure; P_{res} , resistive pressure; P_{el} , elastic pressure; P_{peak} , peak inspiratory pressure; P_{plat} , plateau pressure.

• Work of breathing

- **WOB = P X V** (ventilasyonu gerçekleştirecek akımın başlaması için gereken enerji)

Table 2. – Determinants of work of breathing in ventilator-dependent patients

Patient's abnormal mechanics

Low compliance

High flow resistance

PEEPi

Diameter of the endotracheal tube

Ventilator circuit, valves and devices

Ventilatory pattern

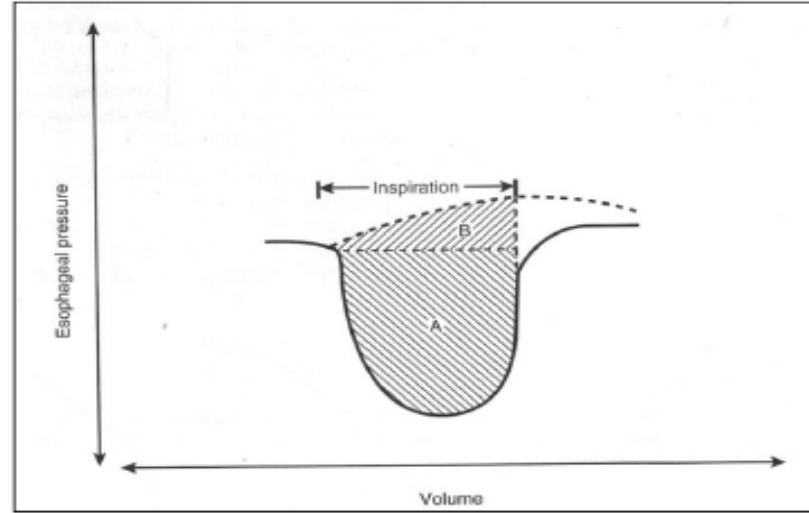
V_T and V_E

Inspiratory flow rate and waveform.

PEEPi: intrinsic positive end expiratory pressure; V_T: tidal volume; V_E: minute ventilation.

SOLUNUM MEKANİKLERİ-WOB

Figure 8



Calculating the work of breathing during spontaneous ventilation using an esophageal balloon. Area A represents the work to move air into and out of the lungs. Area B represents the work to expand the chest wall and is calculated from a pressure-volume curve in a passive patient receiving a mechanically generated breath. The sum of A and B represents the total work of breathing, and it can be determined through integration of the product of esophageal pressure and flow. Reprinted from [1] with permission from Elsevier.

Pes-PTP

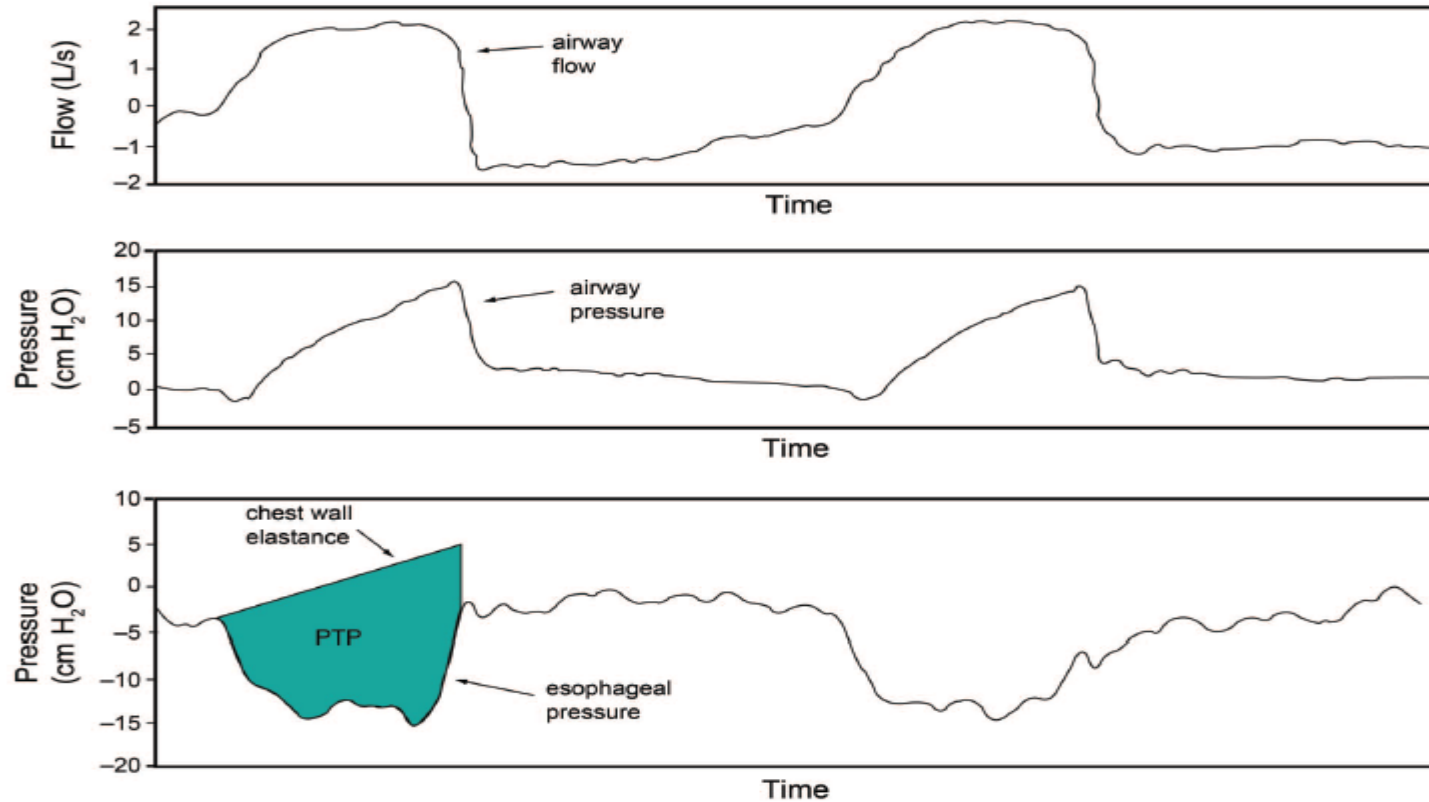


Fig. 23. Illustration of the determination of pressure-time product (PTP). PTP is shown in the shaded area.

MEKANİK GÜÇ

➤ Mekanik ventilasyon uygulanan bir hastada birim zamanda solunum sistemine uygulanan total enerji

- TV
- Basınç
- Akım hızı
- Frekans

➤ VILI riskini değerlendirmede kullanılır

➤ «**Mekanik ventilasyon dozu**»

Biselli et al.

Lung Mechanics Over the Century

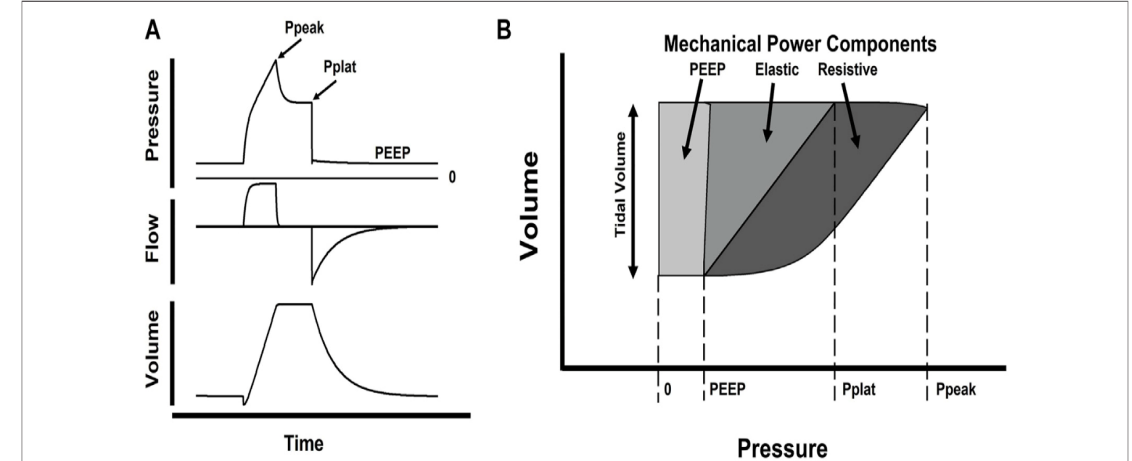


FIGURE 3 | Schematic representation of Mechanical Power. In panel (A) we display a single breath of a patient ventilated with Volume Assist Control. Graphs show changes in Pressure, Flow and Volume over time and highlight points of interest: PEEP, peak pressure (P_{peak}) and plateau pressure (P_{plat}, at end of inspiratory pause). In figure (B), we display a Volume-Pressure loop with the same points of interest observed in panel (A). Dark gray area represents Resistive Mechanical Power, change in pressure to overcome resistive respiratory forces integrated over change in volume (tidal volume); middle gray area represents Elastic mechanical power, change in pressure to overcome elastic respiratory forces integrated over change in volume; light gray area represents PEEP mechanical power, a static component of pressure representing baseline tension on the respiratory system also integrated over change in tidal volume. (Adapted from Silva et al., 2019).

			MECHANICAL POWER (J/MIN)					
			Power of inspiration (cmH ₂ O·L/min)					} X Conversion factor
			Work of inspiration (cmH ₂ O·L)				} X Rate (bpm)	
			Pressure (cmH ₂ O)					
			Volume (L) X }	Elastic static component	+ Elastic dynamic component	+ Resistive component		
VCV	Extended equation	Gattinoni et al	ΔV	PEEP	$\Delta V \cdot \frac{1}{2} EL_{rs}$	$RR \cdot \frac{(1 + I:E)}{(60 \cdot I:E)} \cdot R_{aw}$	RR	0,098
	Simplified equation	Gattinoni et al	ΔV	$Peak\ Pressure - \frac{(Plateau\ Pressure - PEEP)}{2}$			RR	0,098
	Surrogate	Giosa et al	ΔV	$\frac{Peak\ Pressure + PEEP + F/6}{2}$			RR	0,1
PCV	Extended equation	Van der Meijden et al	ΔV	PEEP	$P_{insp} \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_{insp}}{\tau}}\right)$		RR	0,098
		Becher et al	$(PEEP + P_{insp}) \cdot \Delta V - P_{insp}^2 \cdot C \cdot \left(0.5 - \left(\frac{R \cdot C}{T_{slope}}\right) + \left(\frac{R \cdot C}{T_{slope}}\right)^2 \cdot \left(1 - e^{-\frac{T_{slope}}{R \cdot C}}\right)\right)$			RR	0,098	
	Surrogate	Becher et al	ΔV	PEEP	P_{insp}		RR	0,098

$$Power_{surr.corr} = \frac{VE \times (Peak\ Pressure + PEEP + F/6)}{20}$$

Surrogate formula

$$MP = 0.098 \cdot RR \cdot V_t \cdot [PEEP + \Delta P_{insp}]$$

AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

9-12 Nisan 2025
Sueno Deluxe Hotel,
Belek/Antalya

$$\text{Power}_{\text{Suff.Corr}} = \frac{\text{ExpMinVol} \times (\text{Ppeak} + \text{PEEP/CPAP} + \text{Insp Flow}/6)}{20}$$



$$\frac{5.8 \times (23 + 5 + 43/6)}{20} = 10.2 \text{ J/min}$$

Mekanik Güç > 17 J/Min yüksek mortalite riski ile ilişkili bulunmuştur

Serpa Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW et al.; PROVE Network Investigators. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Med.* 2018 Nov;44(11):1914-1922. doi: 10.1007/s00134-018-5375-6. Epub 2018 Oct 5. PMID: 30291378.

$$MP_{PCV} = 0.098 \times f_{Total} \times VTI \times P_{plateau}$$



$$0.098 \times 12 \times 0.498 \times 20 = 11.71 \text{ J/min}$$

Mekanik Güç > 17 J/Min yüksek mortalite riski ile ilişkili bulunmuştur

Serpa Neto A, Deliberato RO, Johnson AEW et al.; PROVE Network Investigators. Mechanical power of ventilation is associated with mortality in critically ill patients: an analysis of patients in two observational cohorts. *Intensive Care Med.* 2018 Nov;44(11):1914-1922. doi: 10.1007/s00134-018-5375-6. Epub 2018 Oct 5. PMID: 30291378.

EVE MESAJLAR

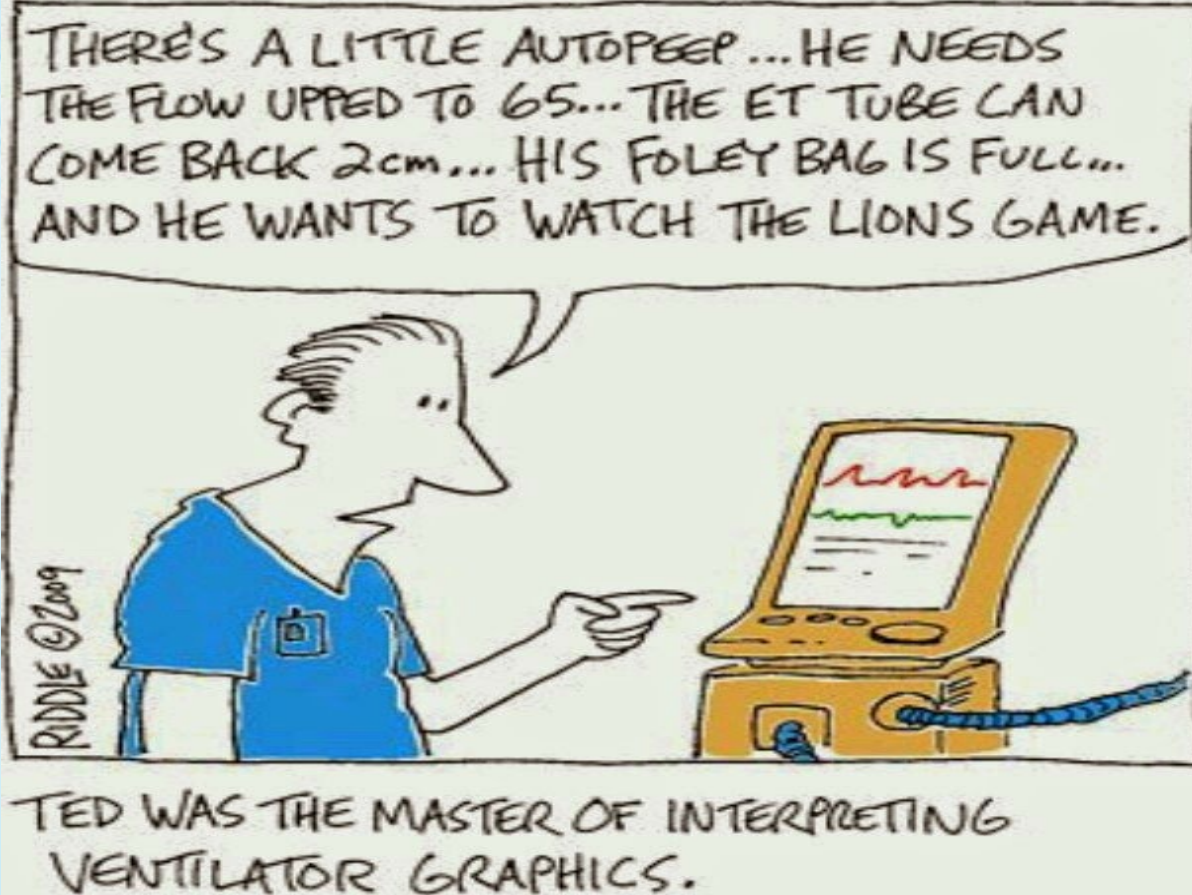
Mekanik ventilasyon uygulanırken;

- Solunum mekanikleri belirlenmeli ve takip edilmeli
- Temel parametreler ayarlanırken sınırlarımızın ne olduğu iyi bilinmeli
- Yatak başında temel ölçümler ile bu sınırlar takip edilmeli
- Dinamik bir süreç olduğu unutulmamalı, saatlik, günlük değişikliklere dikkat edilmeli

AKCİĞER SAĞLIĞI KONGRESİ

Sizin Sesiniz, Sizin Kongreniz...

9-12 Nisan 2025
Sueno Deluxe Hotel,
Belek/Antalya



TEŞEKKÜRLER...