

YOĐUN BAKIMDA SOLUNUMSAL MONİTORİZASYON

DR LEVENT KART

Technique	Continuous versus intermittent	Specific situations	Potential usefulness	Limitations
	Continuous	All patients receiving MV	Detection of hypoxemia	
Resistances	Continuous	All patients receiving volume-controlled modes		Less reliable when patient is breathing actively
	Continuous	All patients receiving MV		Clinicians need to learn how to read traces (no automatic detection)
Compliance	Intermittent	Passive patients	ARDS, COPD	Less reliable when patient is awake
Flow curves	Intermittent	Passive patients	ARDS	Complex and need sedation and relatively homogeneous lungs
Flow, pressure- volume	Intermittent	Respiratory distress, ventilator setting, weaning	Research	No automated measurement; needs esophageal pressure
Flow water	Intermittent	Pulmonary edema	Diagnosis of pulmonary edema	Complex and needs invasive devices
	Intermittent	ARDS	Could help to define risks of ventilation and assess recruitment	Need a passive patient
Flow	Continuous	ARDS	Could help to visualize regional ventilation	Needs a specific tool
Flow monitoring	Continuous or intermittent	Patients who have hemodynamic impairment and who are receiving MV	Helps to understand hypoxemia and its consequences	More or less invasive
Flowmetry	Continuous	ARDS		Complex analysis
	Continuous or	ARDS	Could help to titrate ventilator	Complex interpretation and

Fizik Muayene

hipoksi (SaO₂ < %80)

solunum sayısı

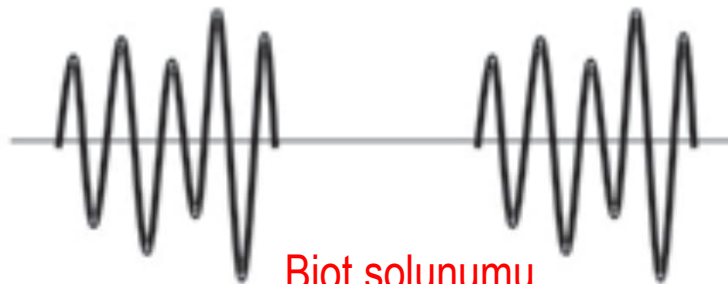
prasternal ve interkostal çekilmeler

ardımcı solunum kas kullanımı

paradoks solunum



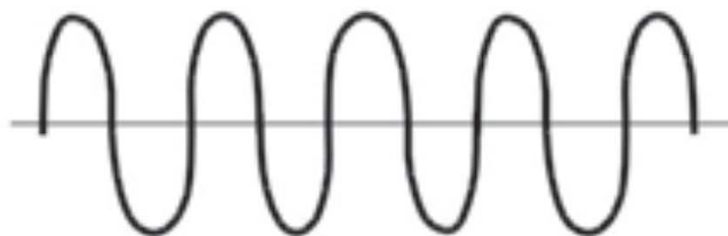
Normal solunum



Biot solunumu



Cheyne-Stokes solunumu



Kusmaul solunumu

MONİTORİZASYON PARAMETRELERİ

Gaz deęiřimi

Solunum mekanikleri

Akciğer volümleri

İnflamasyon

AZ DEĐIŐIMI

Pulse oksimetri ve transkutanoz karbon dioksit monitorizasyonu

Volumetrik kapnograf ve ölü boşluk hesaplama

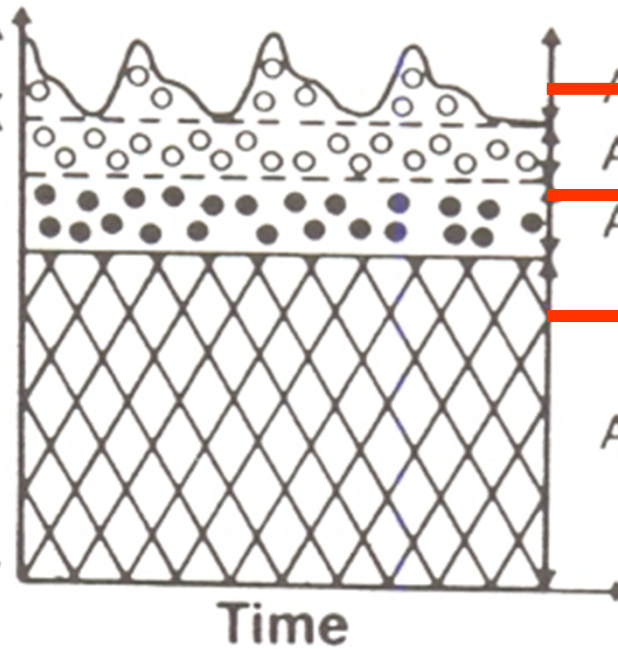
Kan gazları

Ekstravasküler akciğer sıvısı EVLW

PULSE OKSİMETRE



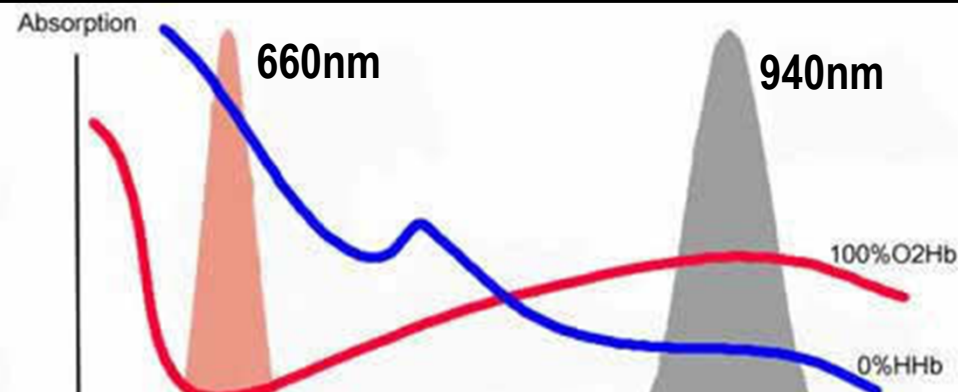
T XII EVALUATION AN



Pulsatil akıma ait absorbsiyon

Non-pulsatil akıma ait absorbsiyon

Dokulara ait absorbsiyon



PULSE OKSİMETRİ VE TRANSKUTANÖZ KARBON DİOKSİT MONİTORİZASYONU

Bu teknik erken alert olmak ve kan gazı alımlarını azaltmak için uygulanır

Yanılma genelde %1 den az

Doğruluk hipokside azalıyor (SpO₂, 90%↓)

Yüksek PaO₂ seviyeleri ayırt edilemez

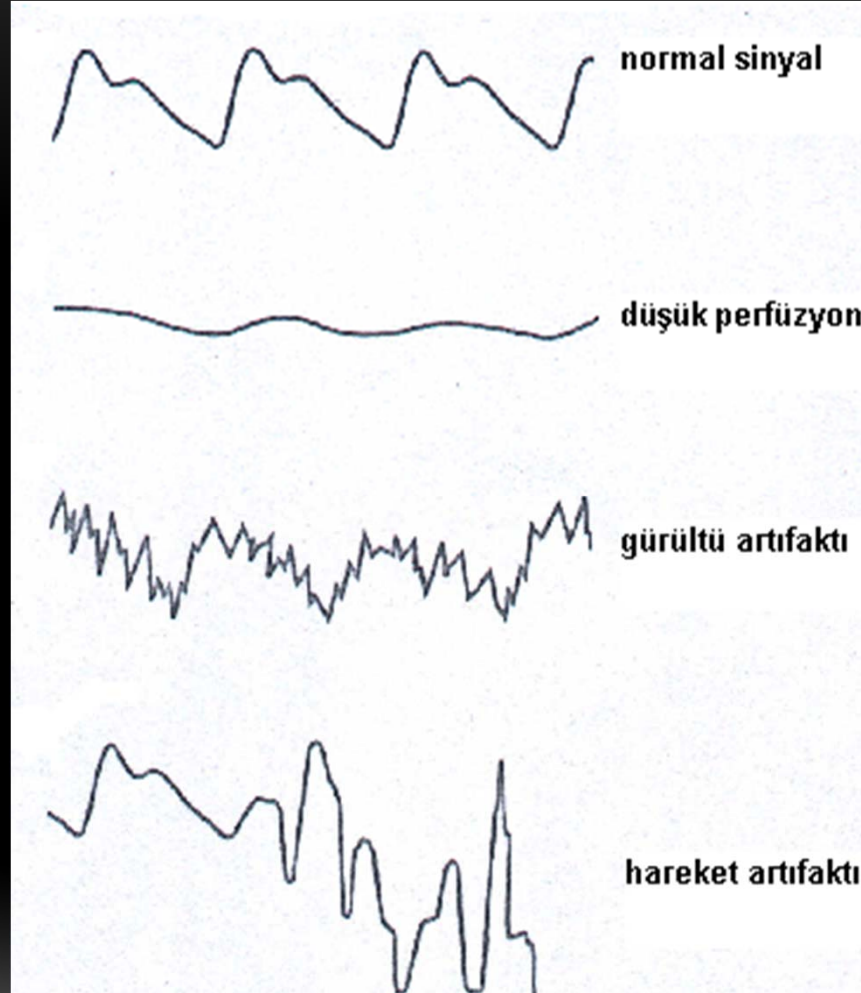
Normal hemoglobin ve methemoglobin veya karboksihemoglobin arasındaki ayırım yapılamaz

Tırnak cilası koyu pigmente deri ölçümleri %2 etkiler

Pulse oksimetrenin doğruluğunu etkileyen faktörler

Sinyallerin iyi alınmaması

hipotansiyon
abızın zayıflığı ya da
kluğu
hareket artefaktı



Pulse oksimetrenin doğruluğunu etkileyen faktörler

2-Yanlış yüksek ölçüm

- Karboksihemoglobin
- Methemoglobin
- Ortam ışığı

3-Yanlış düşük ölçüm

- Hiperlipidemi
- Ortam ışığı
- Koyu deri
- Tırnak cilası yada boyası
- Vazokonstriksiyon
- Hipotermi
- Probu iyi yerleştirilememesi

KST VENÖZ OKSİJEN SATÜRASYONU (S_vO_2)

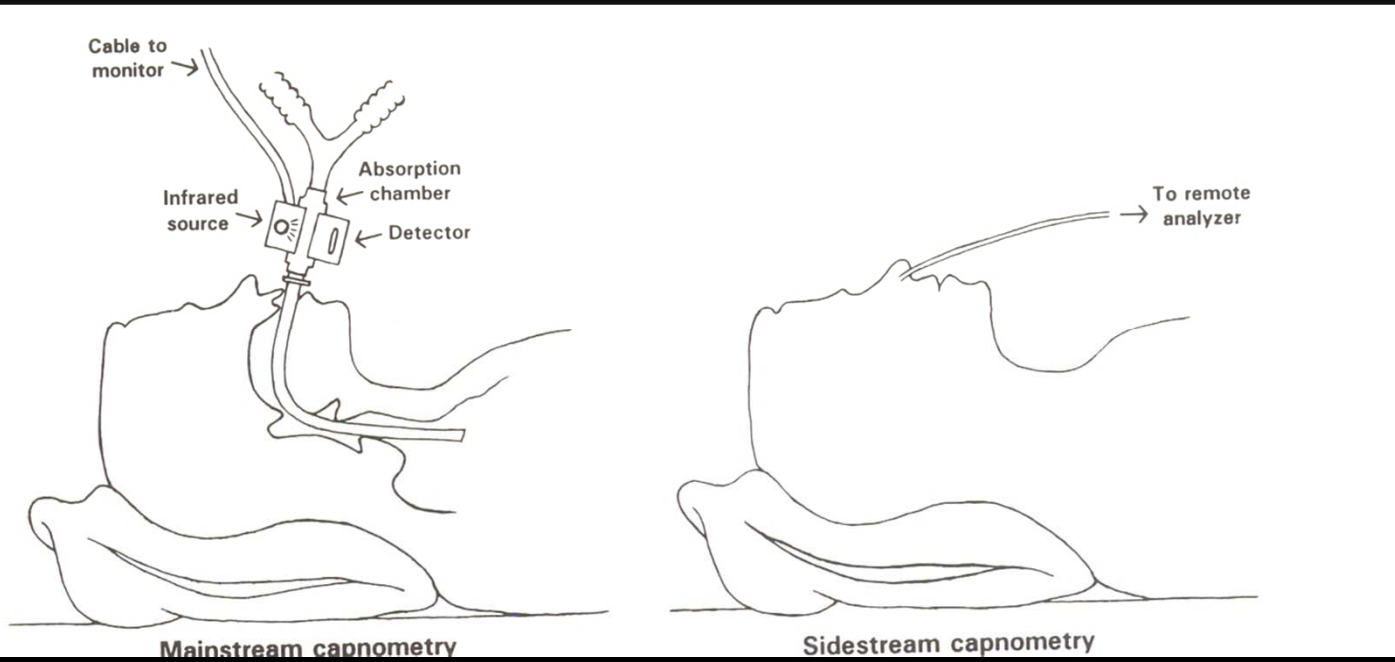
- Doku oksijenasyonu için göstergedir.
- Pulmoner arter kateteri konarak pulmoner arterden alınan kanda bakılır.
- S_vO_2 oksihemoglobin dissosiyasyon eğrisinin dik çıkan koluna rastladığından doku oksijenasyonundaki küçük değişiklikler saptanabilir.
- N:%73-85.
- %50'nin altında doku oksijenasyonunun bozulduğunu güvenilir olarak gösterir.

OLUMETRIK KAPNOGRAF VE ÖLÜ BOŞLUK ESAPLAMA

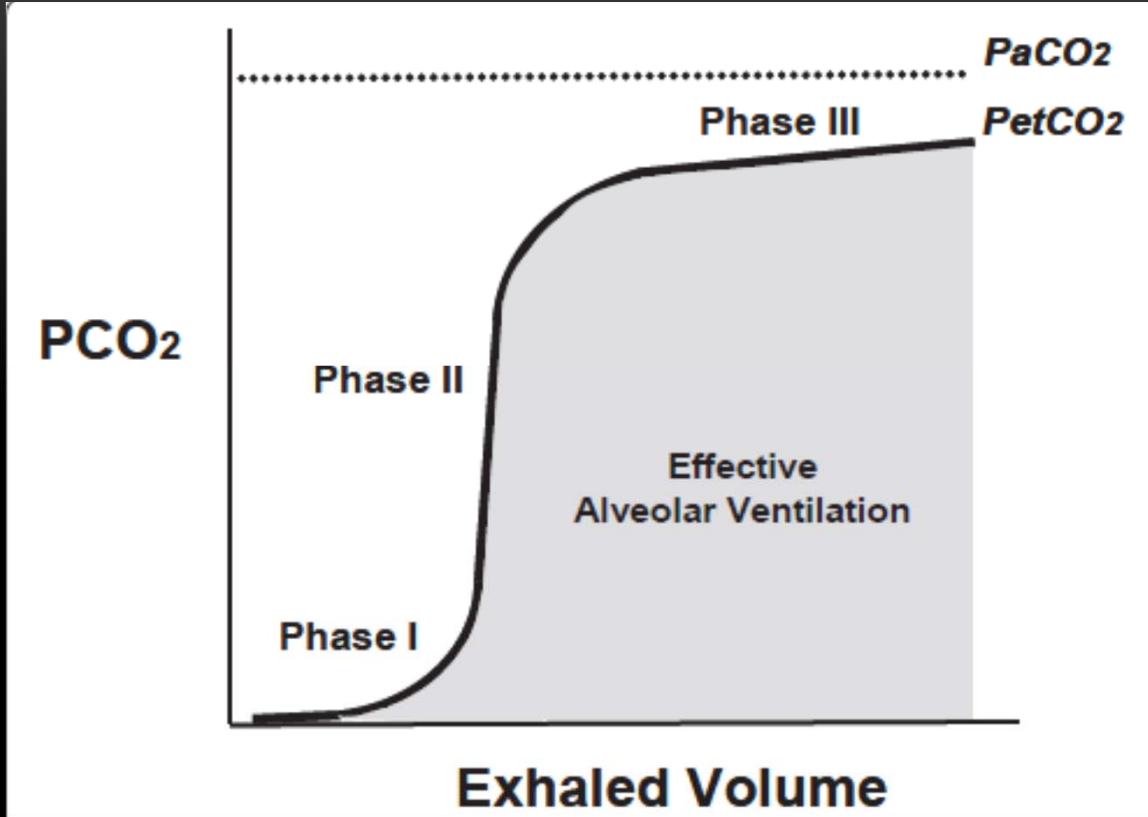
Ekspiratuar kapnogram ekspire CO₂ tahmini için dalga formu üzerinden kalitatif değerler elde eder .

(PCO₂) için ayrıca deriden kulak üzerinden ölçüm teknikleri geliştirilmiştir. Bu problemlerin düzenli kalibre edilmesi gerekir

APNOGRAFI



Mass spektrometri: gazların yoğunluğunu molekül ağırlıklarına dayanarak ölçme yöntemi



I : aparat ve ölü boşluk içindeki gaz ölçümü (hava yolu)

II: alveollerin boşalması ile CO_2 kons hızlı artış

III: alveoler gaz.

PNOGRAFI

O₂ artışı

Ani

- CO artışı
- Turnikenin açılması
- Bikarbonat enjeksiyonu

Yavas

- Hipoventilasyon
- CO₂ üretiminde artış

• ETCO₂ azalması

– Ani

- Hiperventilasyon
- CO azalması
- Massif pulmoner emboli
- Hava embolisi
- MV ayrılma
- Kaçak

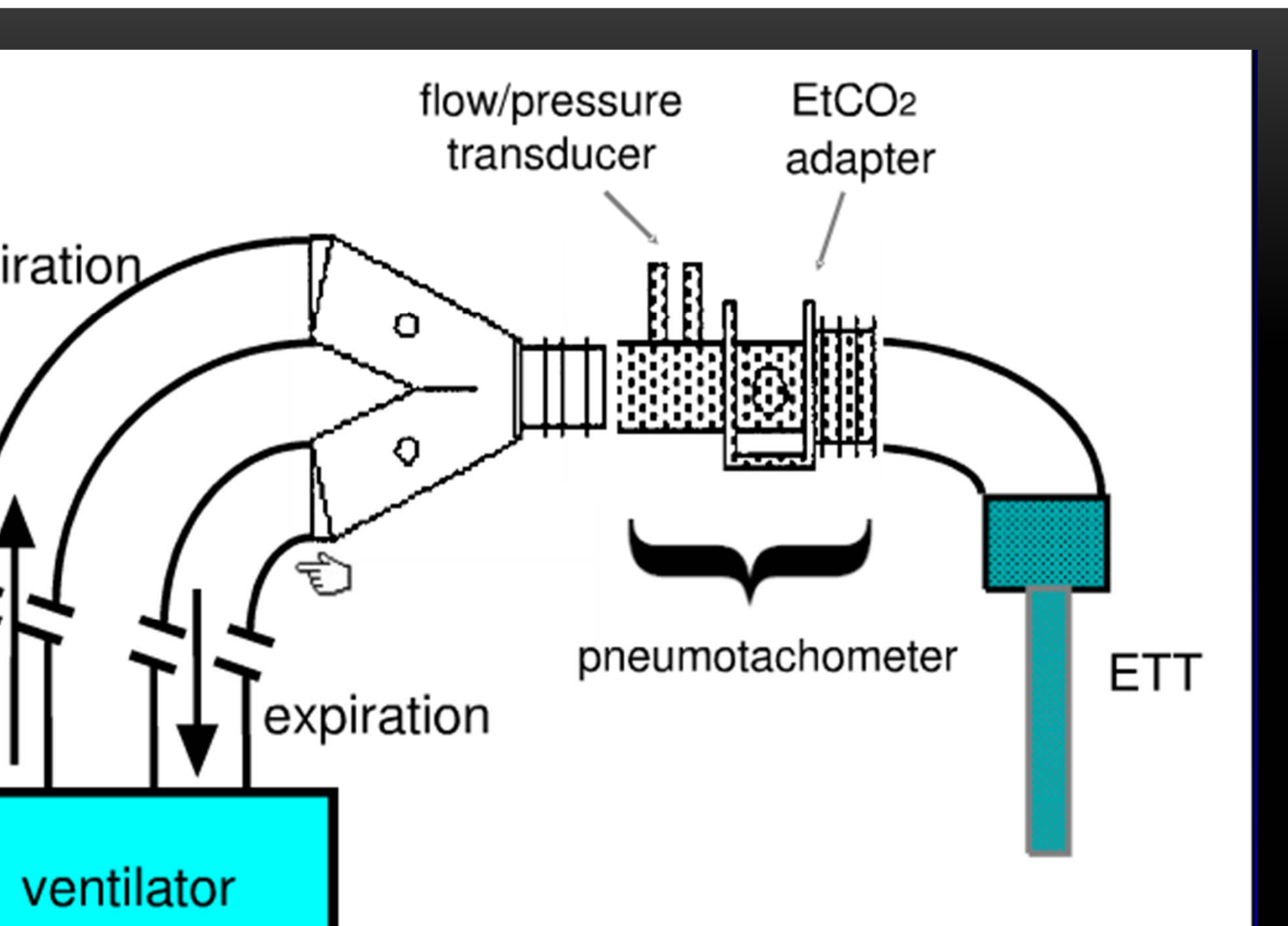
– Yavas

- Hiperventilasyon
- O₂ tüketiminde azalma
- Azalmış pulmoner perfüzyon

VOLUMETRIK KAPNOGRAF (COSMOLUS, NOVOMETRIX)

Fizyolojik ölü boşluk (V_{dphys}), P_{aCO_2} kullanarak Enghoff formülü (Bohr eşitliği) ile kolaylıkla hesaplanabilir.

$$V_{dphys} / V_T = (P_{aCO_2} - P_{ECO_2}) / P_{aCO_2},$$



Volumetrik kapnograf aşırı distansiyonu veya daha iyi gaz difüzyonunu tespit etmede faydalı olabilir.

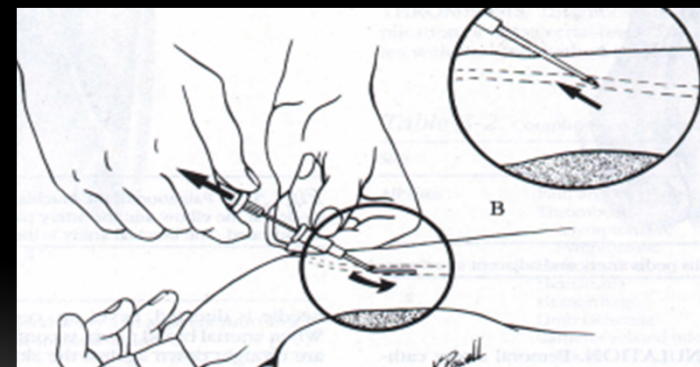
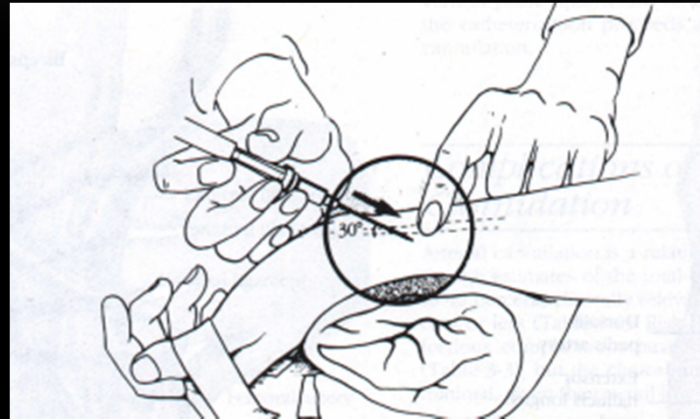
PEEP uygulaması akciğer rekrutment sonucu fizyolojik ölü boşluğu azaltacaktır

PaCO₂ bağlı değişkenler, sonuçlar ve akciğerin yapısal değişiklikleri ile korele değildir.

Bazen oksijen bağlı değişkenlerden daha anlamlı olabilir (örn şant fraksiyonu)

ARTER KAN GAZI (NORMAL DEĞERLER)

- pH 7.35-7.45
- P_{aO_2} > 80 (mm Hg)
- P_{aCO_2} 35-45
(mm Hg)
- HCO_3 20-28
(mEq/L)
- SO_2 >%90
- Baz fazlalığı 0±2



AN GAZLARI

PaO₂/FiO₂ oranı ALI/ARDS ayırımında akciğer hasarının derecelendirilmesinde en sık kullanılan yöntem

- *Am J Respir Crit Care Med* 1994, 149:818-824.

PaO₂/FiO₂ oranı: şant seviyesi hemoglobin değeri alveoloarteriel gradiente bağlı değişen curvilinear ilişkiye sahiptir.

- *Crit Care Med* 1997, 25:41-45.

OKSİJENİZASYON İNDEKSİ

$$(PaO_2/FIO_2)$$

PaO₂: 100, FIO₂: 0.21. PaO₂/FIO₂= 476

NORMAL

PaO₂: 100, FIO₂: 0.90. PaO₂/FIO₂= 111

CİDDİ OKSİJENİZASYON SORUNU

KSIJEN INDEKSI

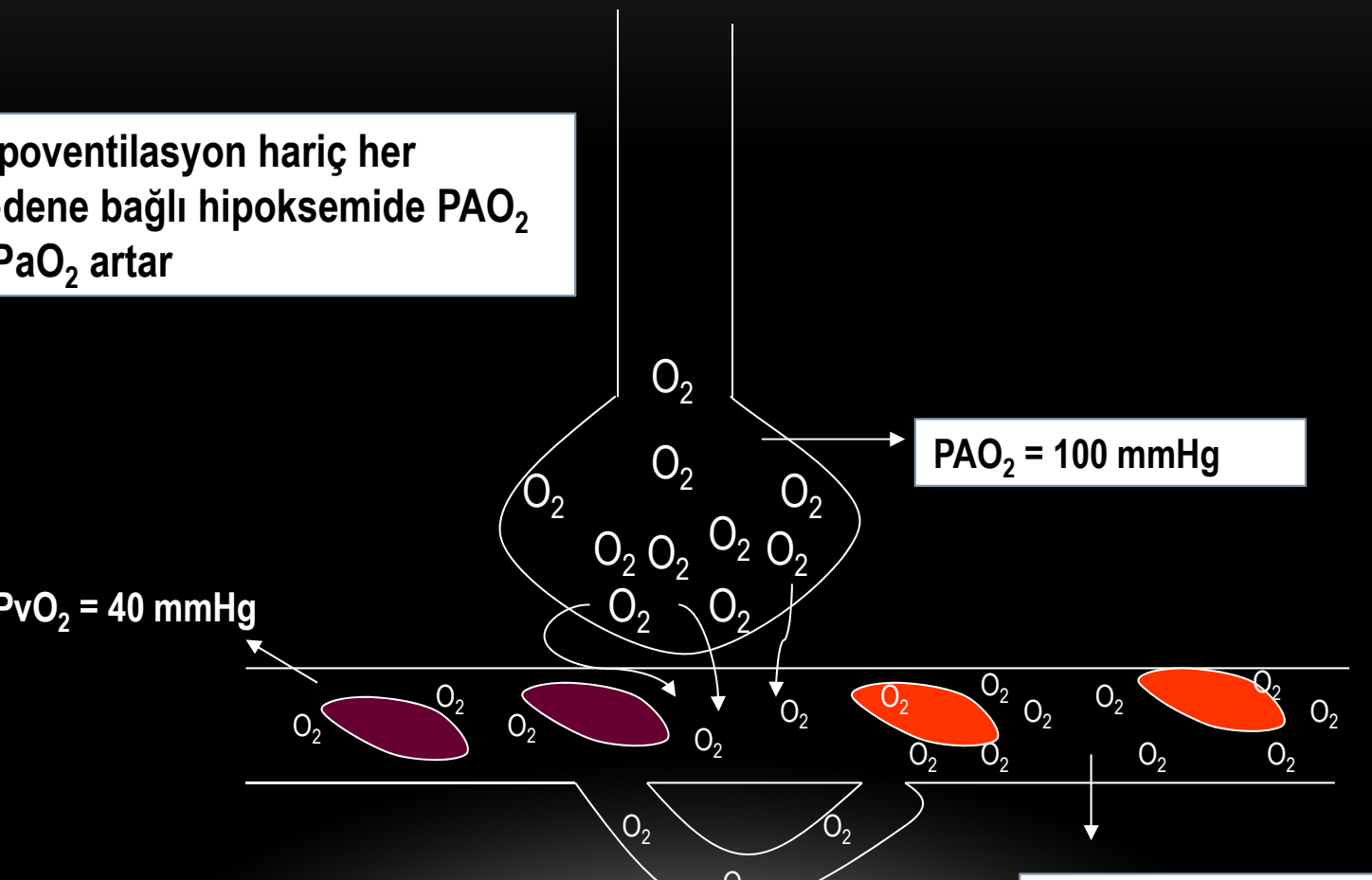
([ort havayolu basıncı × FiO₂ × 100]/PaO₂)

Oksijenizasyonu etkileyen ventilator basınç değerini ifade eder

JAMA 2005, 293:470-476.

ALVEOLAR – ARTERIAL OKSİJEN BASINCI FARKI ($P_A - A O_2$)

poventilasyon hariç her
dene bağlı hipoksemide PAO_2
 PaO_2 artar



$$PAO_2 = (P_B - P_{H_2O}) \times FIO_2 - PaCO_2/R$$

- P_B : barometrik basinc (760 mmHg deniz seviyesi)
- P_{H_2O} : suyun kaynama basinci (47 mmHg)
- R : 1 mol glukoz icin CO_2 üretimi/ O_2 tüketimi oranı = 0.8

$$PAO_2 = (760 - 47) \times 0.21 - 40/0.8$$
$$= 99.7 \text{ mm Hg}$$

ODA HAVASI

EXTRAVASKULER AKCIĞER SUYU: EVLW

Pulmoner ödemin kantitatif ölçümü mortalite ile korele bulunmuştur.

Chest 2002, 122:2080-2086

Normal değerler 5 -7 mL/kg (vucut ağırlığına göre)

10 mL/kg üstü ciddi klinik sonuçlar ile ilişkili

EVLW: Indikator dilusyon tekniği ile ölçüm

Beraberinde kardiyak output, sıvı cevabı dolum volümü gibi ek parametreler değerlendirilebilir.

Transpulmoner dilusyon yöntemi : femoral veya brakial arterden sağ atriuma soğuk su enjeksiyonu yapılarak ölçülür.

hidrostatik/ kardiojenik akciğer ödemi ile permabilite ödemi arasında ayırım için önemli.

OLUNUM MEKANIKLERİ

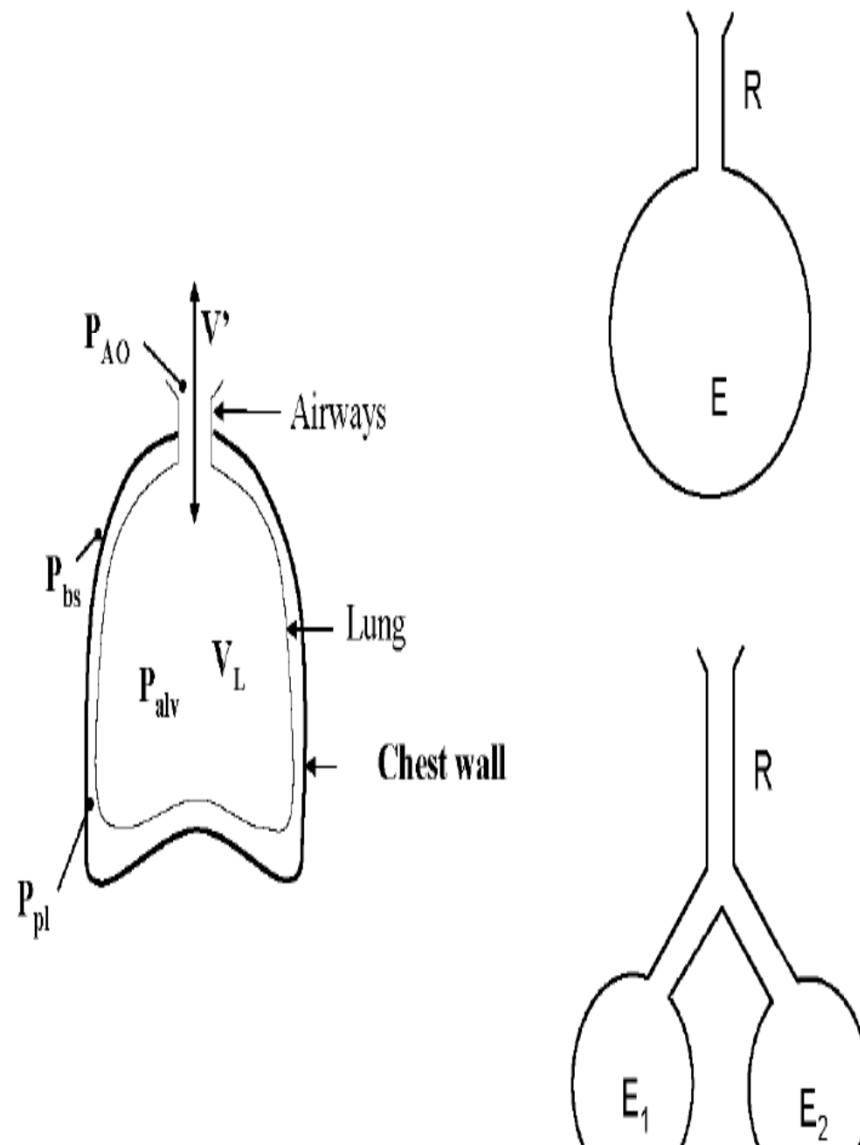
Mekanikleri değerlendirmek kompleks

Farklı multipl alveoler kompartmanlar

Trakeobronşial ağacı oluşturan hava yolları

Göğüs duvarını oluşturan kostalara solunum kasları ve abdomen.

low;
ing volume;
pressure at airway opening;
alveolar pressure;
neural pressure;
pressure at the body surface
istance
astance



OMPLIYANS VE RESISTANS

Solunum sistemi komponentleri

- Havayolları
- Akciğer
- Göğüs duvarı

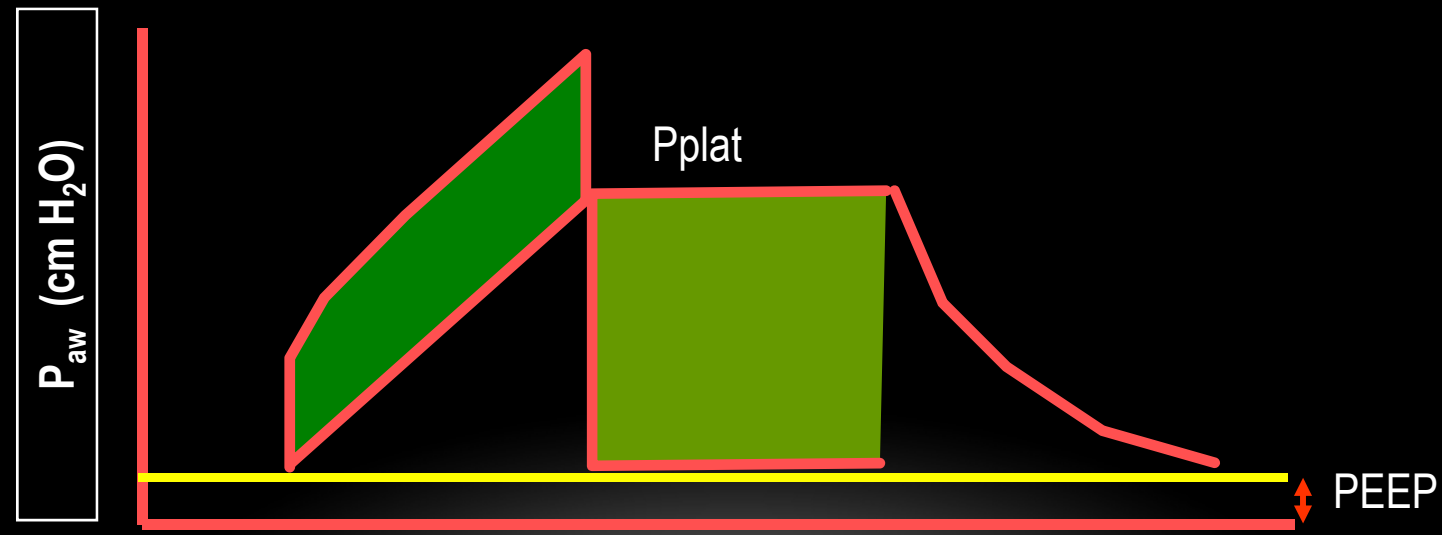
COMPLIANS ÖLÇÜMÜ

(n basınç değişikliğinde akciğerlere alınan hava volümüdür)

Complians

$$= \Delta V / \Delta P$$

$$= \frac{V_T / P_{\text{plat}} - \text{PEEP}}{1} = 150 \text{ ml.cmH}_2\text{O}^{-1}$$

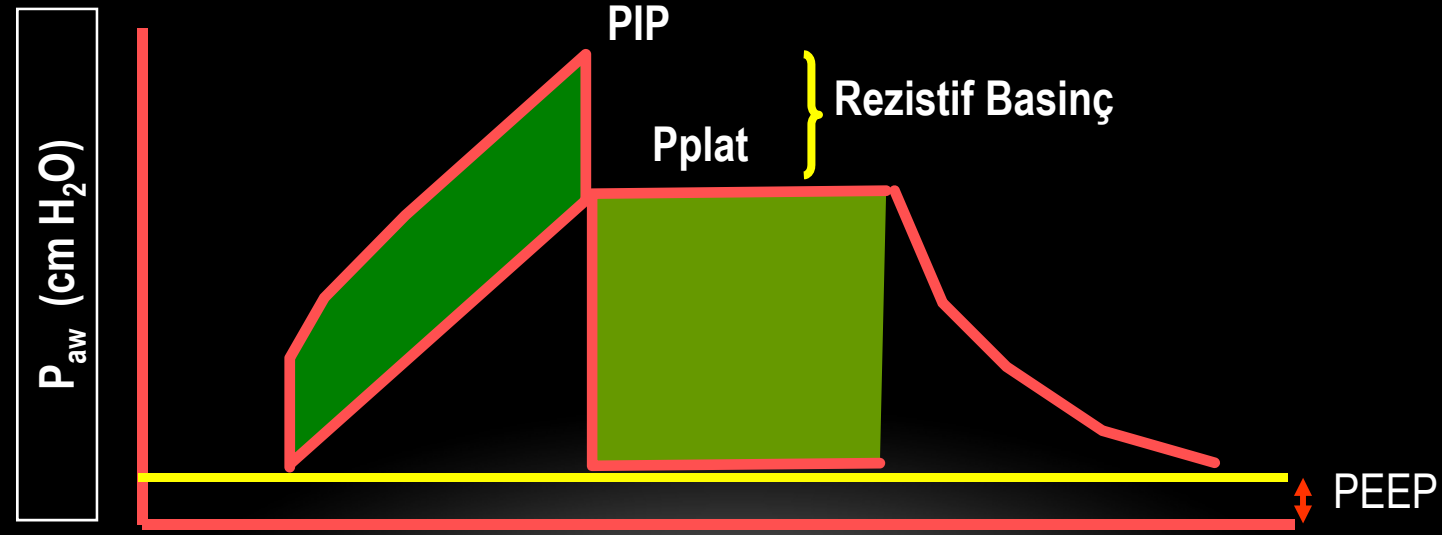


REZİSTANS ÖLÇÜMÜ

$$= \Delta P \text{ (rezistif) / Akım hızı (L/dk)}$$

$$= PIP - P_{\text{plat}} / \text{Akım hızı}$$

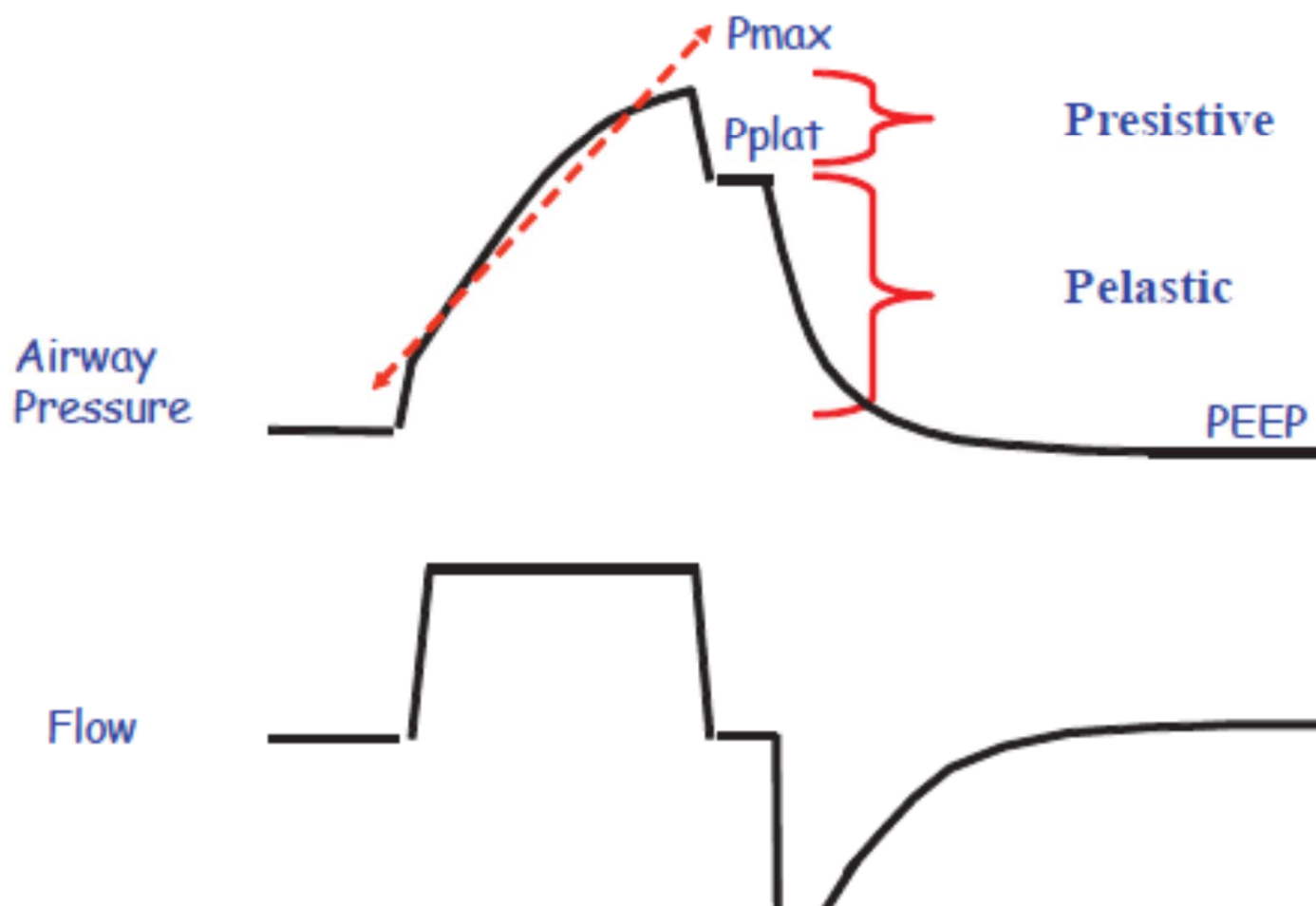
$$\text{Normal} = 1.2 - 4.4 \text{ cmH}_2\text{O} \cdot (\text{L/sn})^{-1}$$



Volüm (akım) kontrollü modlarda peak hava yolu basıncı
Plato basıncı ölçümü inspirasyon sonu 200-500 ms
duraklama yapılarak ölçülür. Homojenite iyi değilse daha
uzun duraklama gerekebilir.

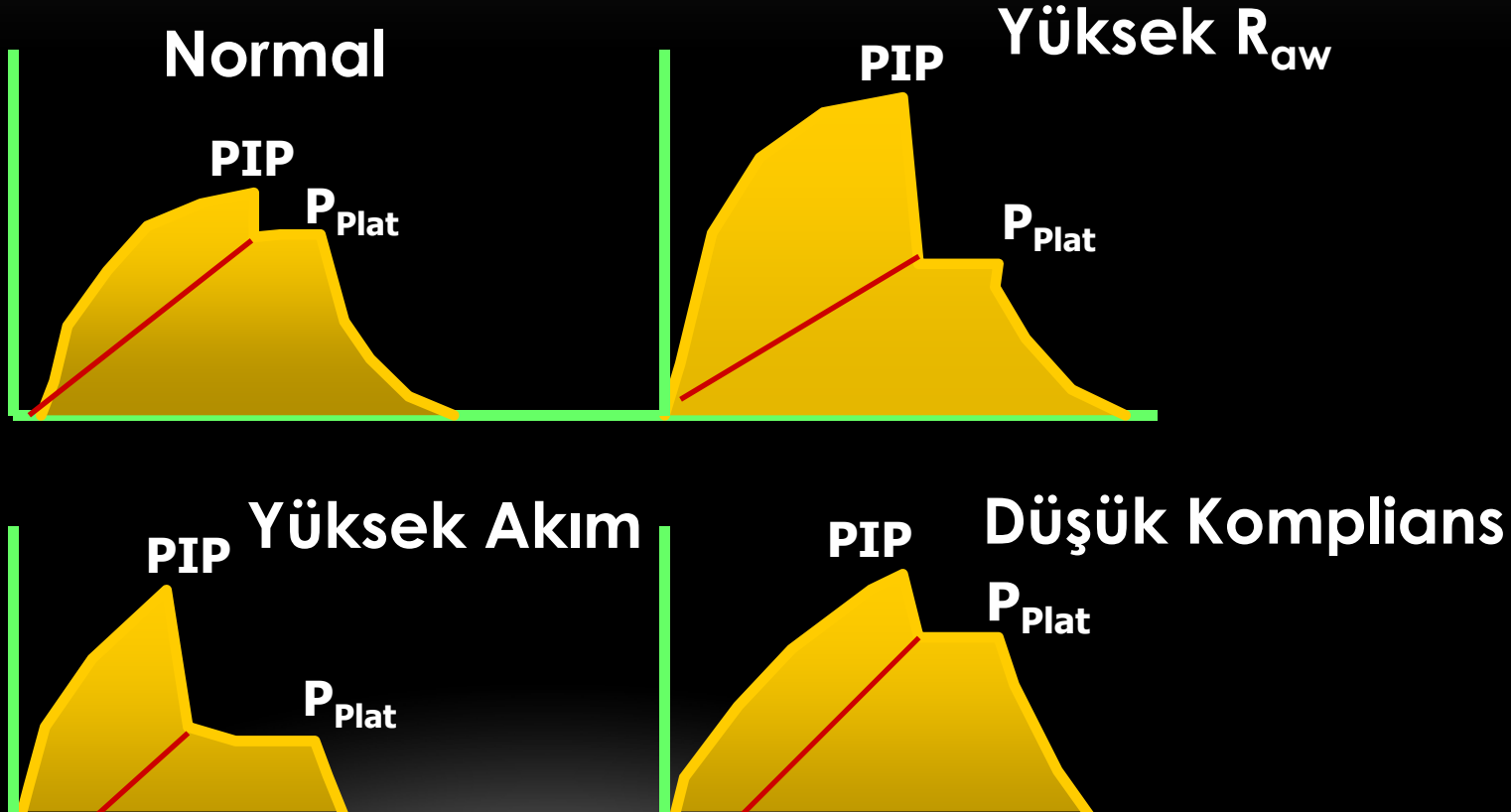
Hastalar ölçüm sırasında sedatize olmalı

Flow (volume) controlled ventilation



PIP VE P_{PLAT}

P_{aw} (cm H₂O)



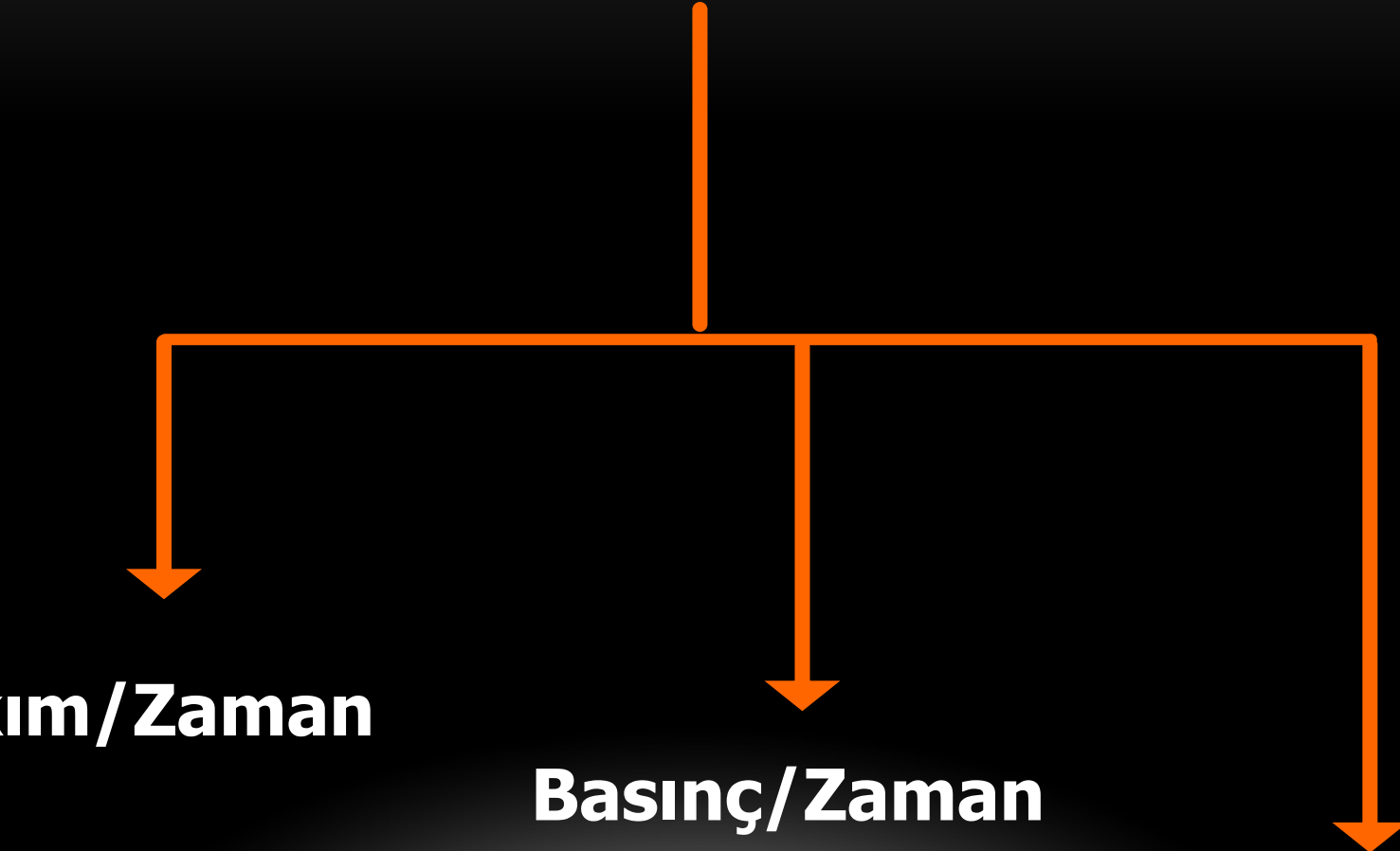
Elastans kompliansın zıttı

Birim volüm verilmesi için gereken basınç miktarı

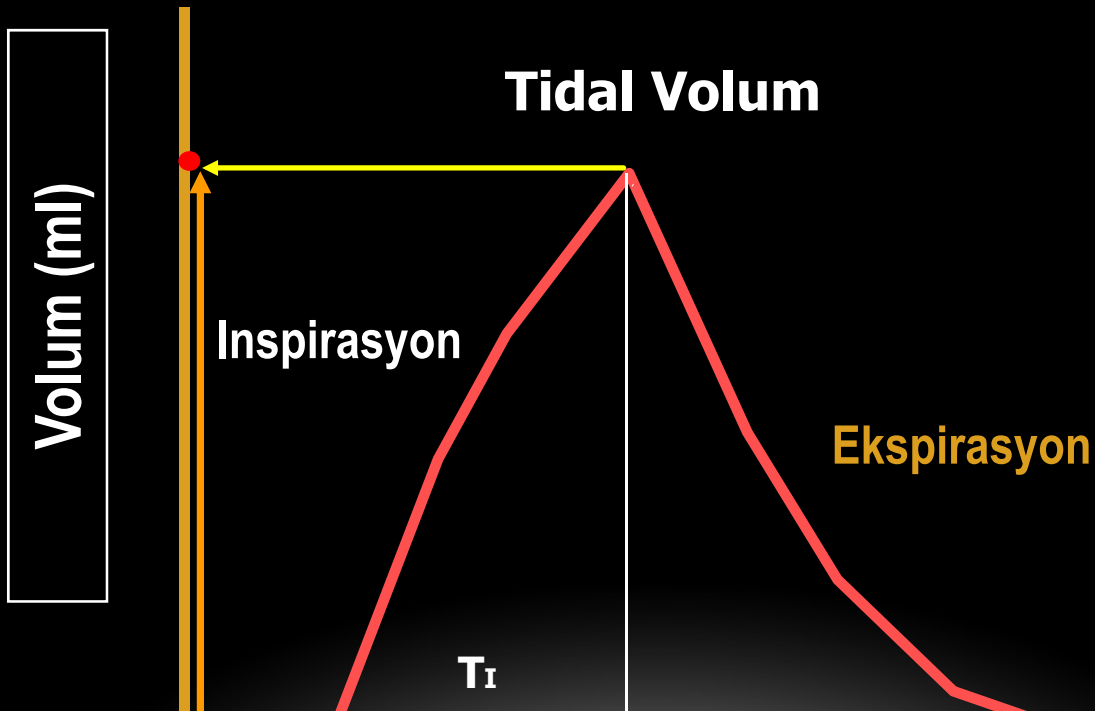
Düşük komplians yüksek elastans ventilasyon için gerekli küçük bir akciğer alanının havalandığının göstergesi

Yüksek plato basıncı: düşük komplians veya yüksek PEEP göstergesi (havaakımı kısıtlaması veya dinamik hiperinflasyon)

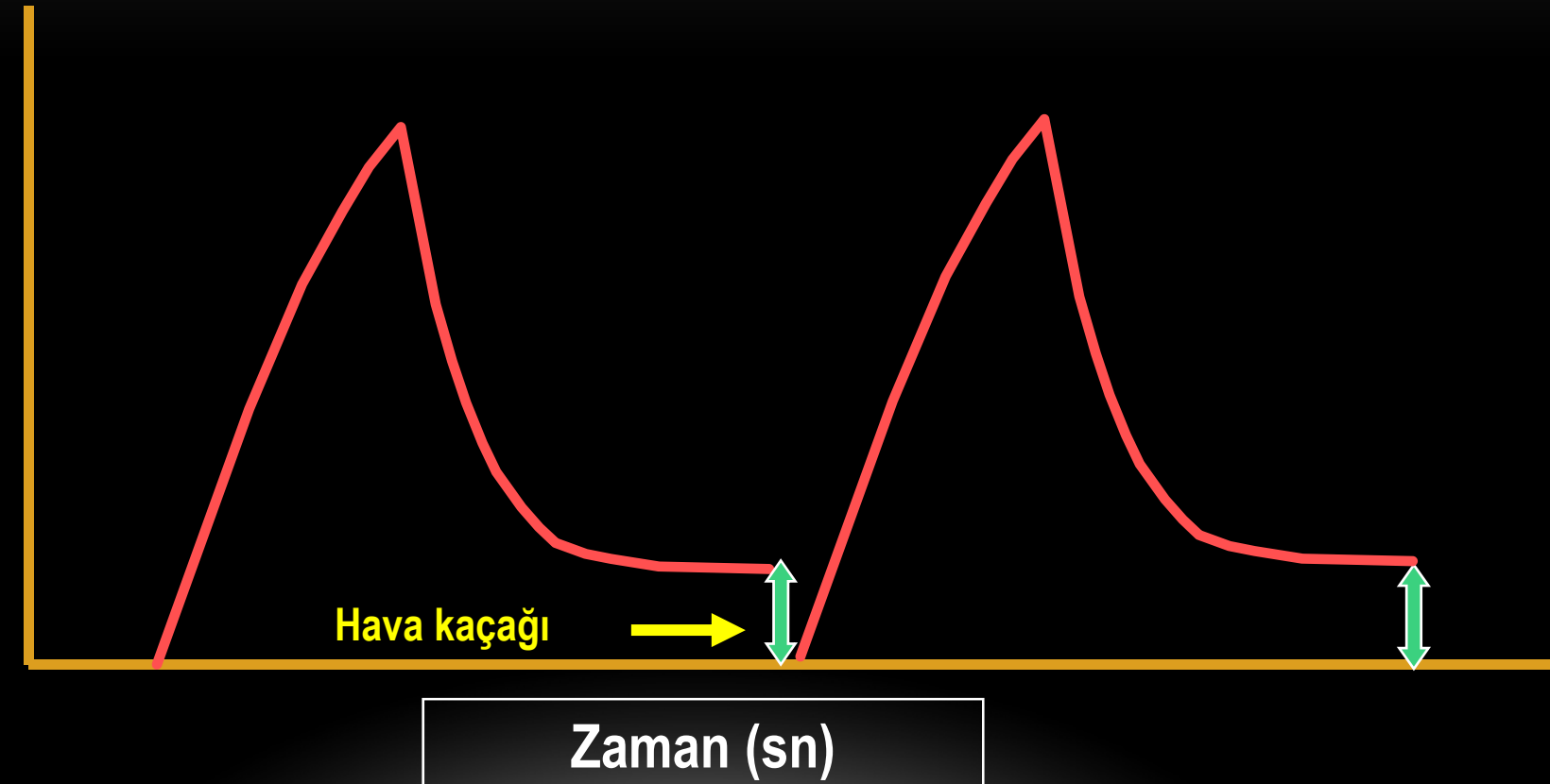
EĞRİLER



VOLUM – ZAMAN EĞRİSİ



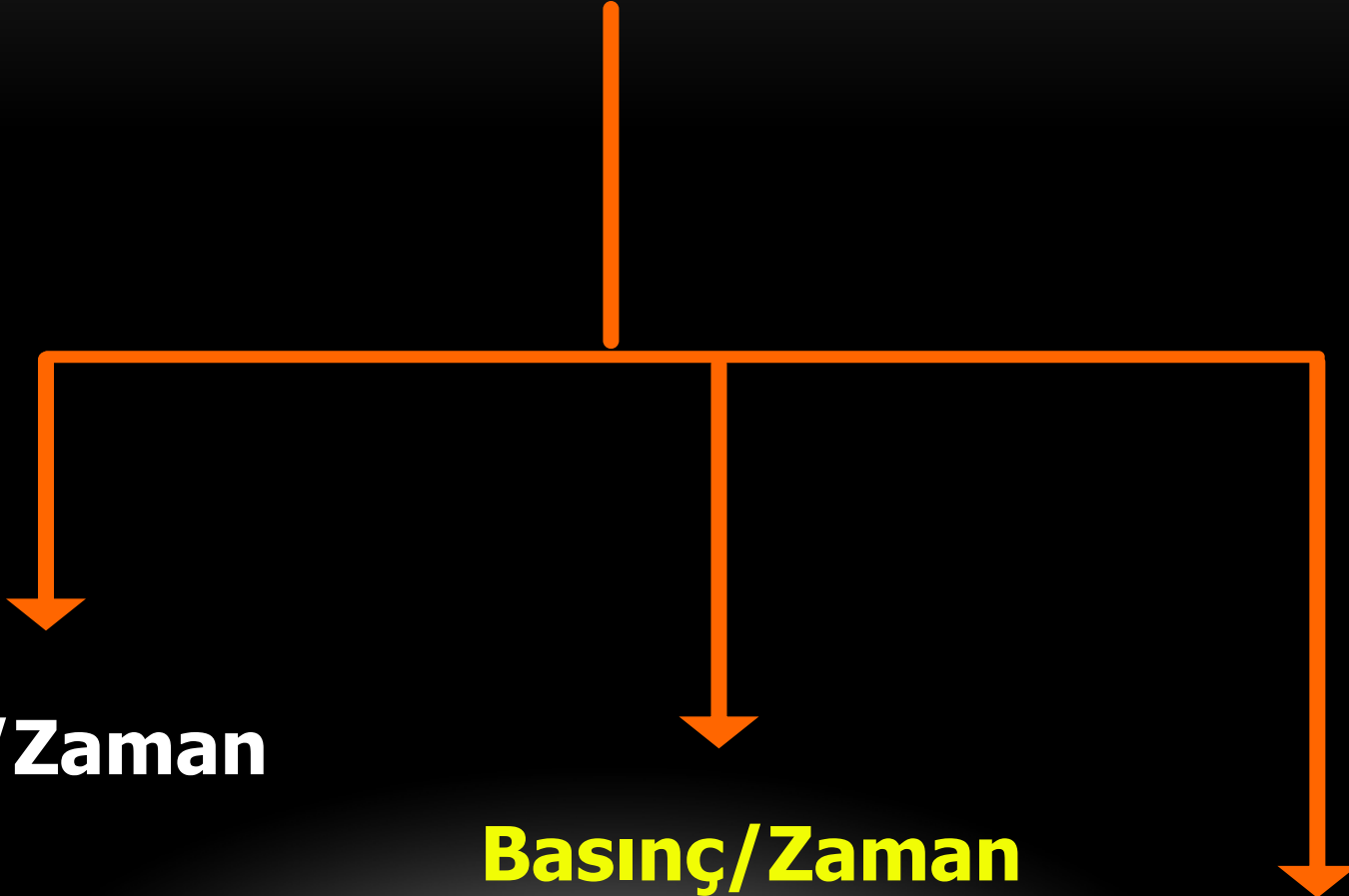
HAVA KAÇAĞI



AKTİF EKSELASYON



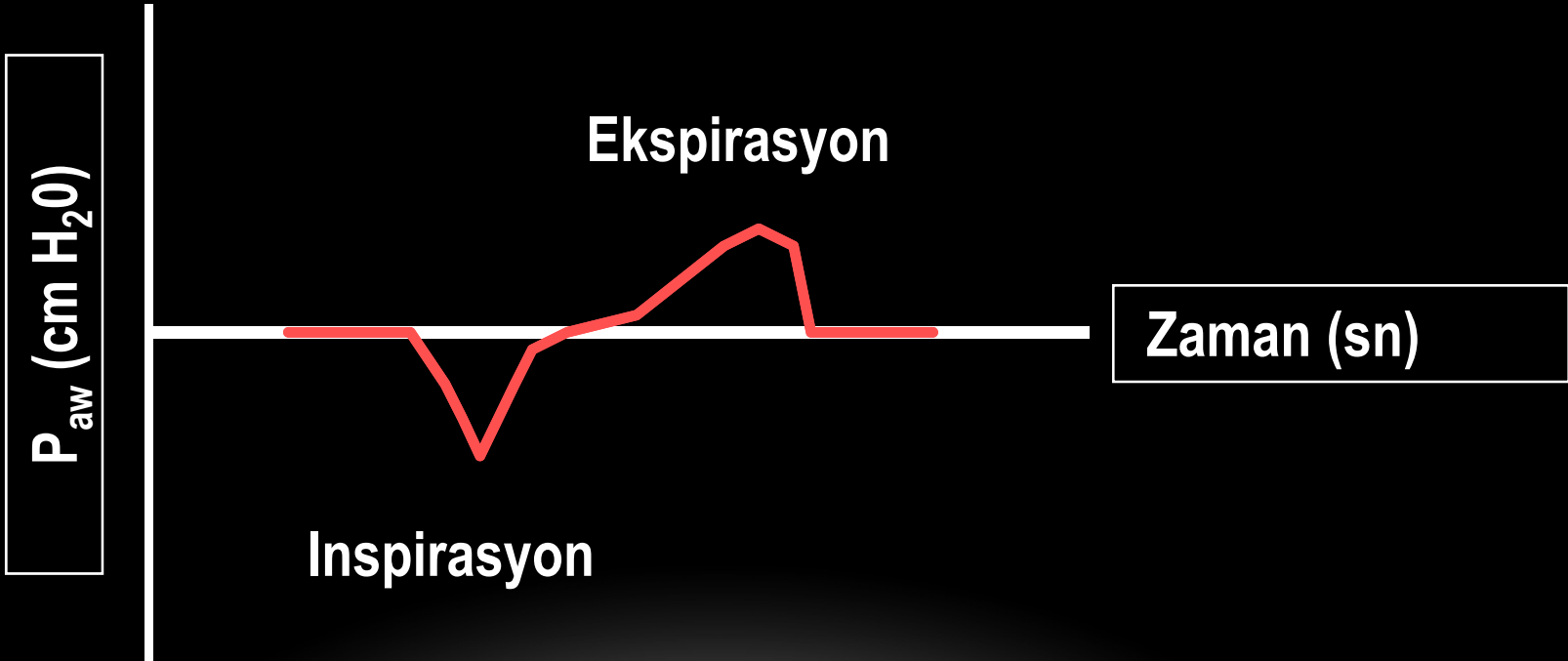
EĞRİLER



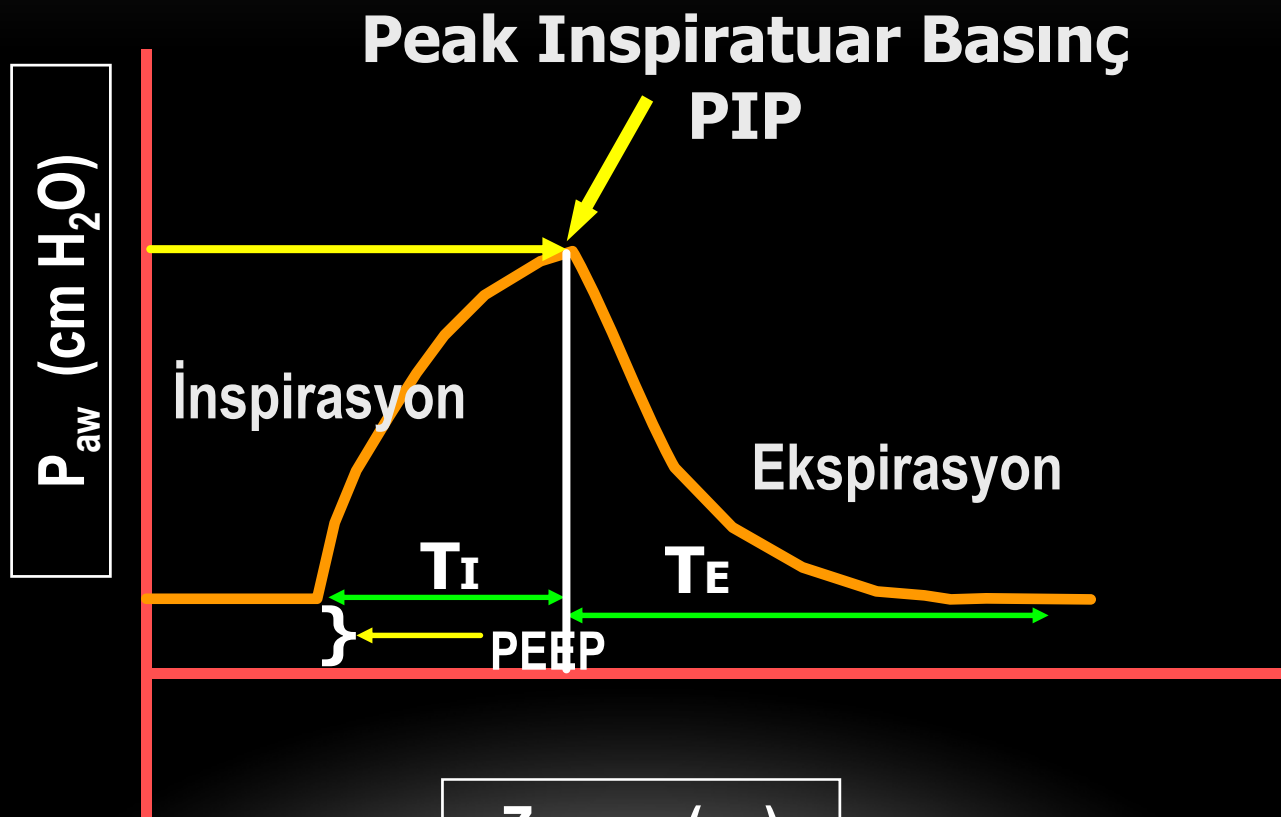
İçim/Zaman

Basınç/Zaman

SPONTAN NEFES

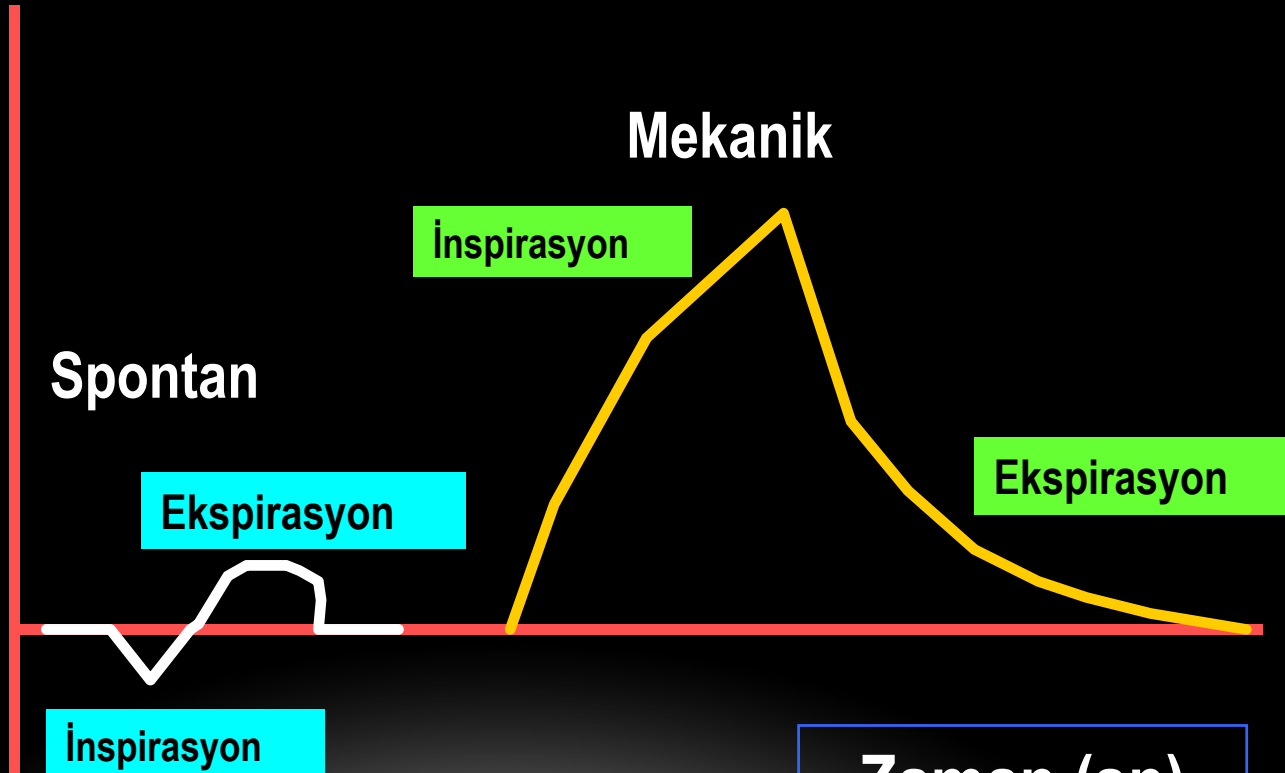


MEKANİK NEFES

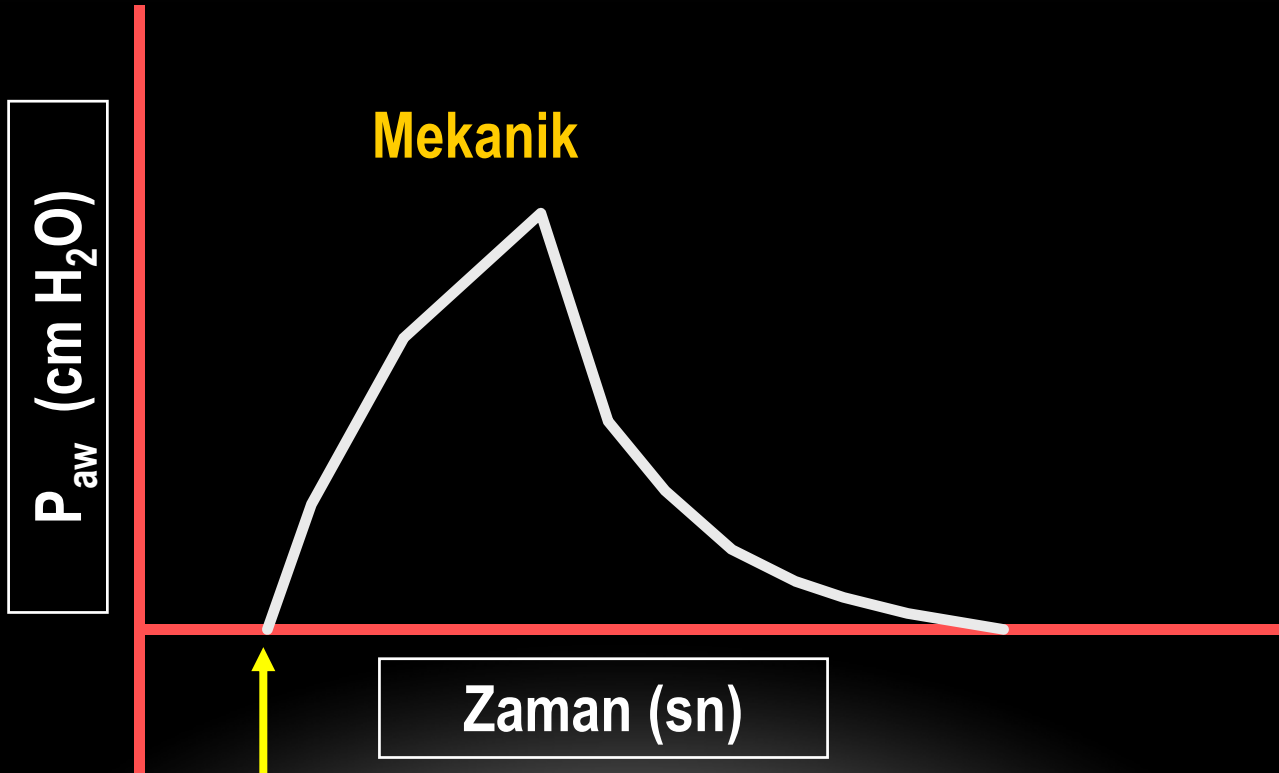


PONTAN VE MEKANİK NEFES

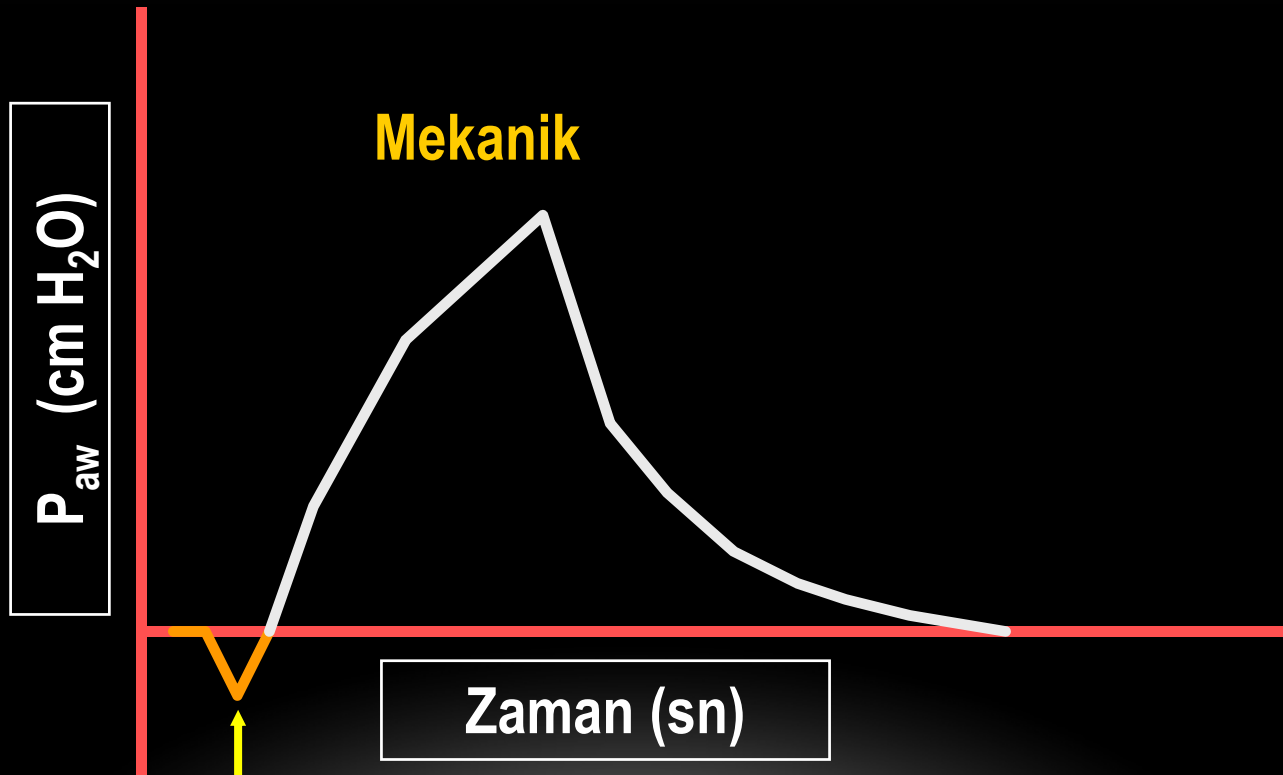
aw
(H₂O)



KONTROLLÜ NEFES (Zaman Tetiklemeli)



STEKLİ NEFES (SINÇ TETIKLEMELİ – HASTA TETIKLEMELİ)

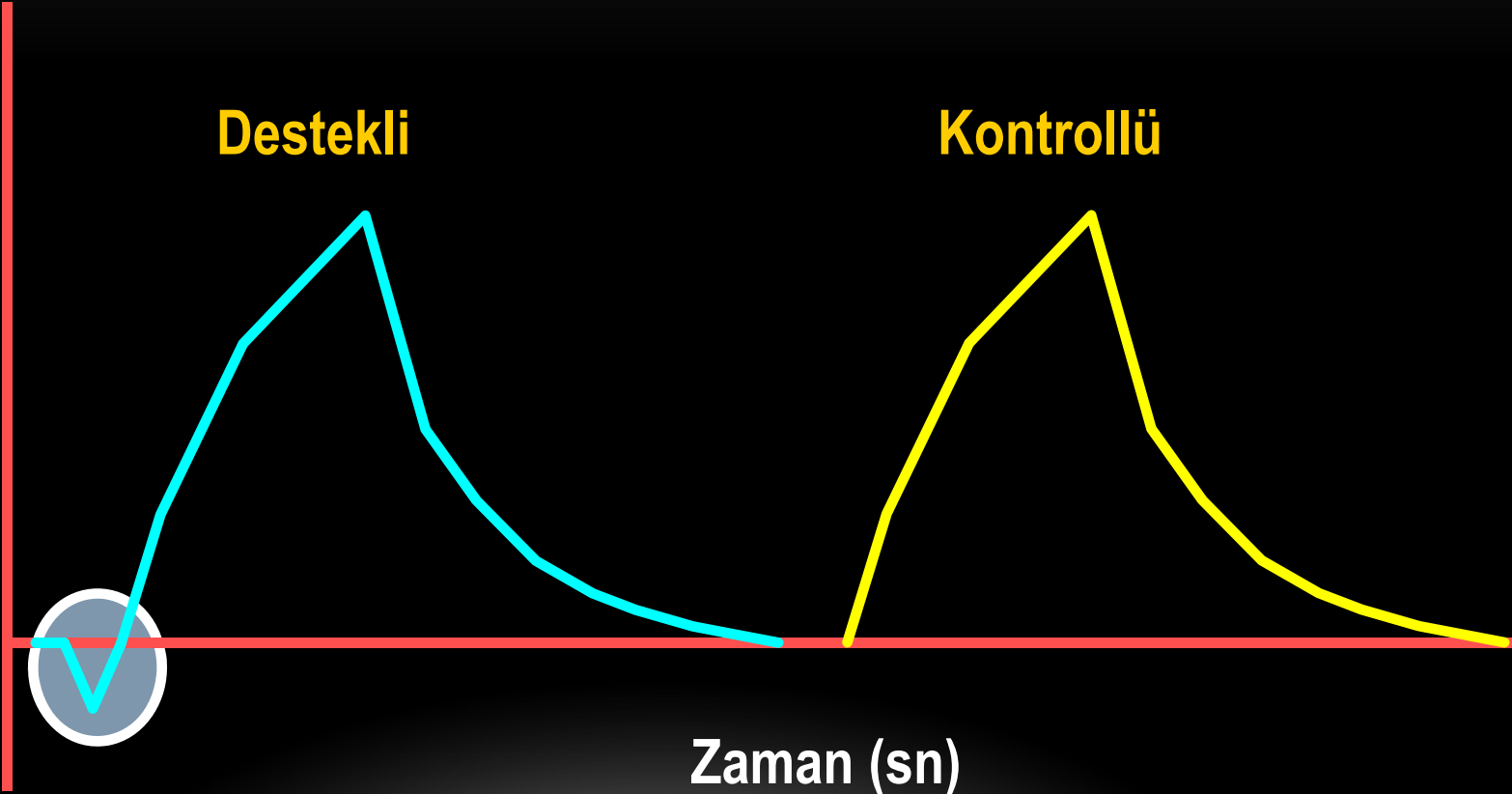


DESTEKLI VE KONTROLLÜ

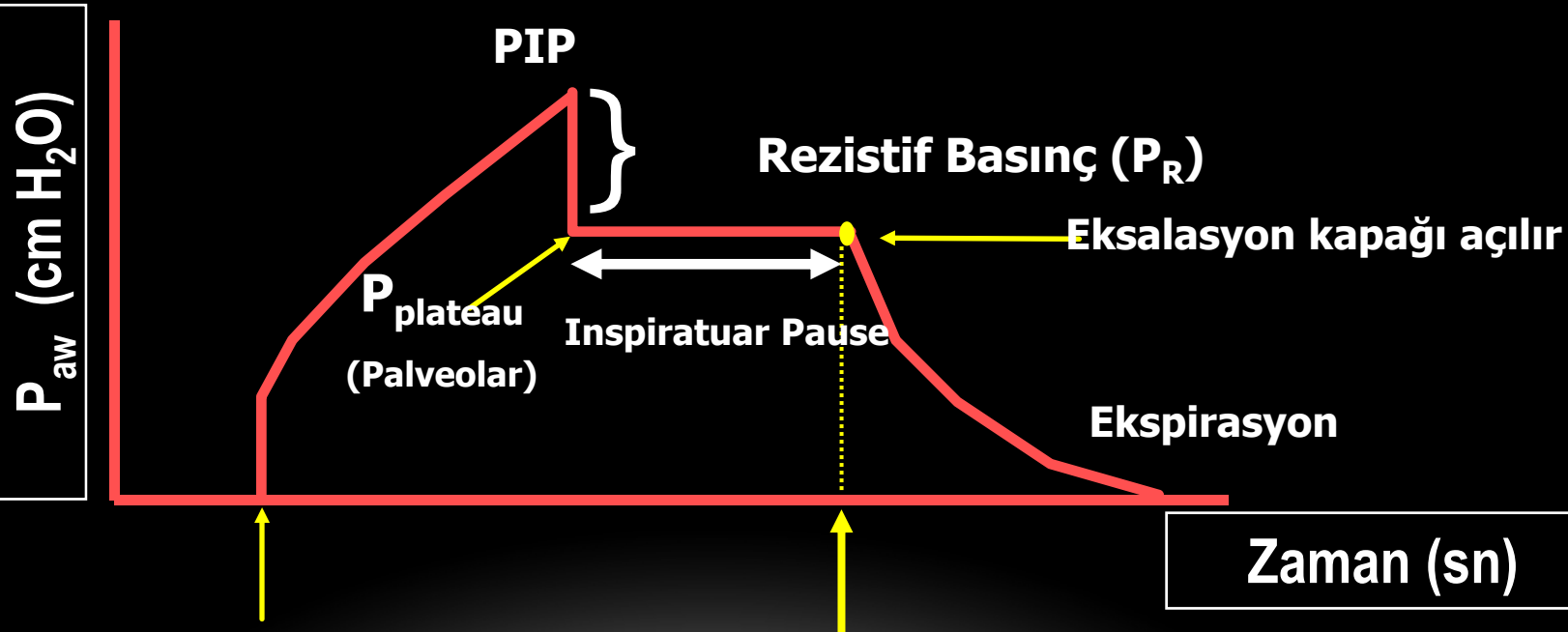
Destekli

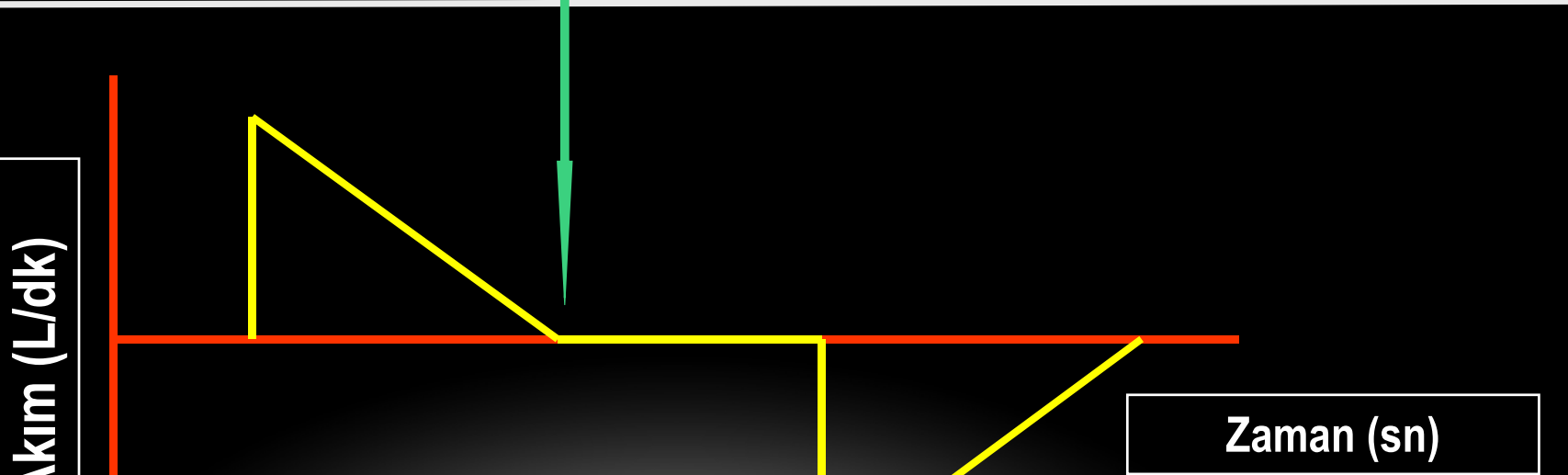
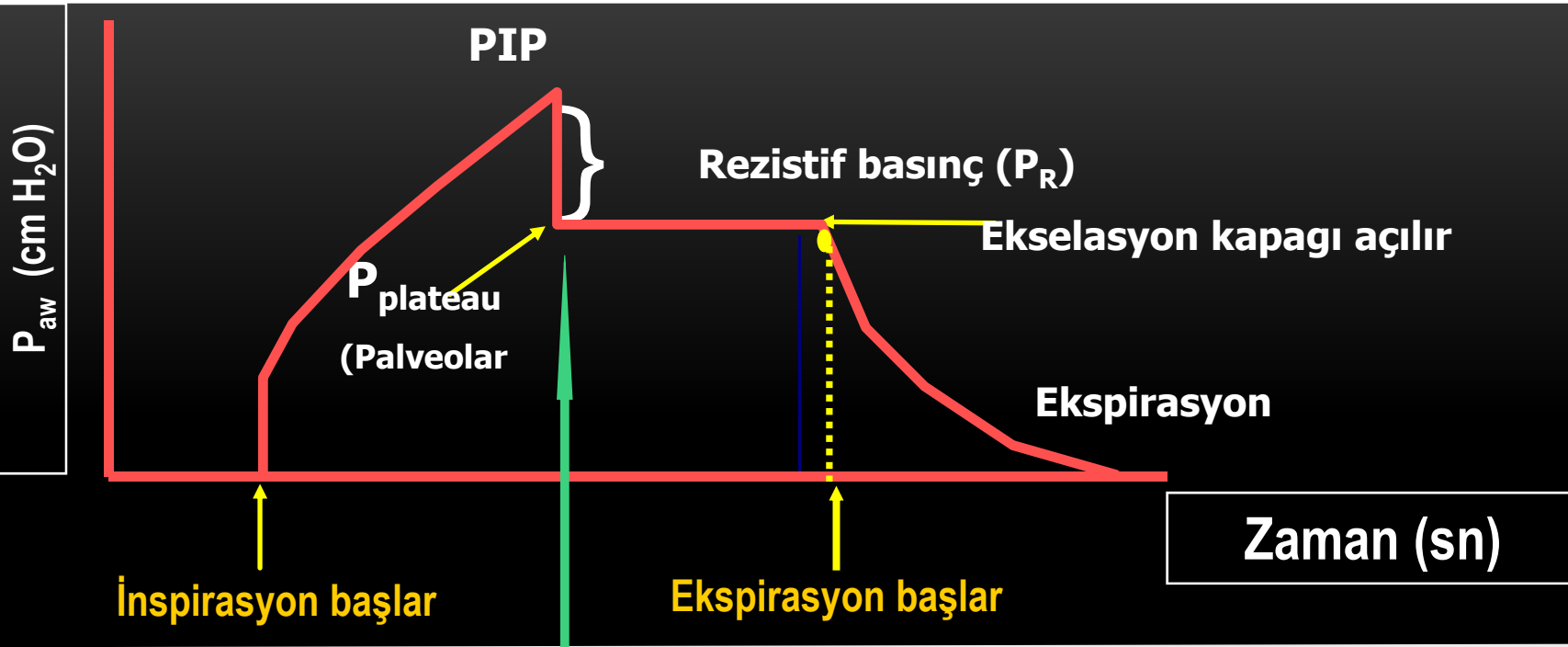
Kontrollü

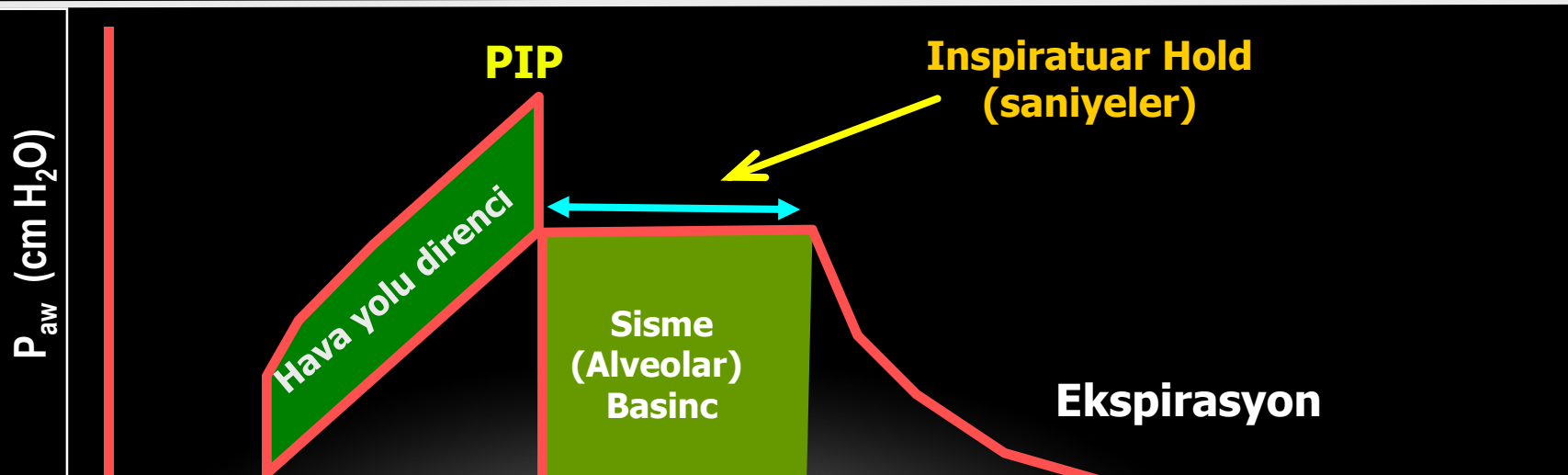
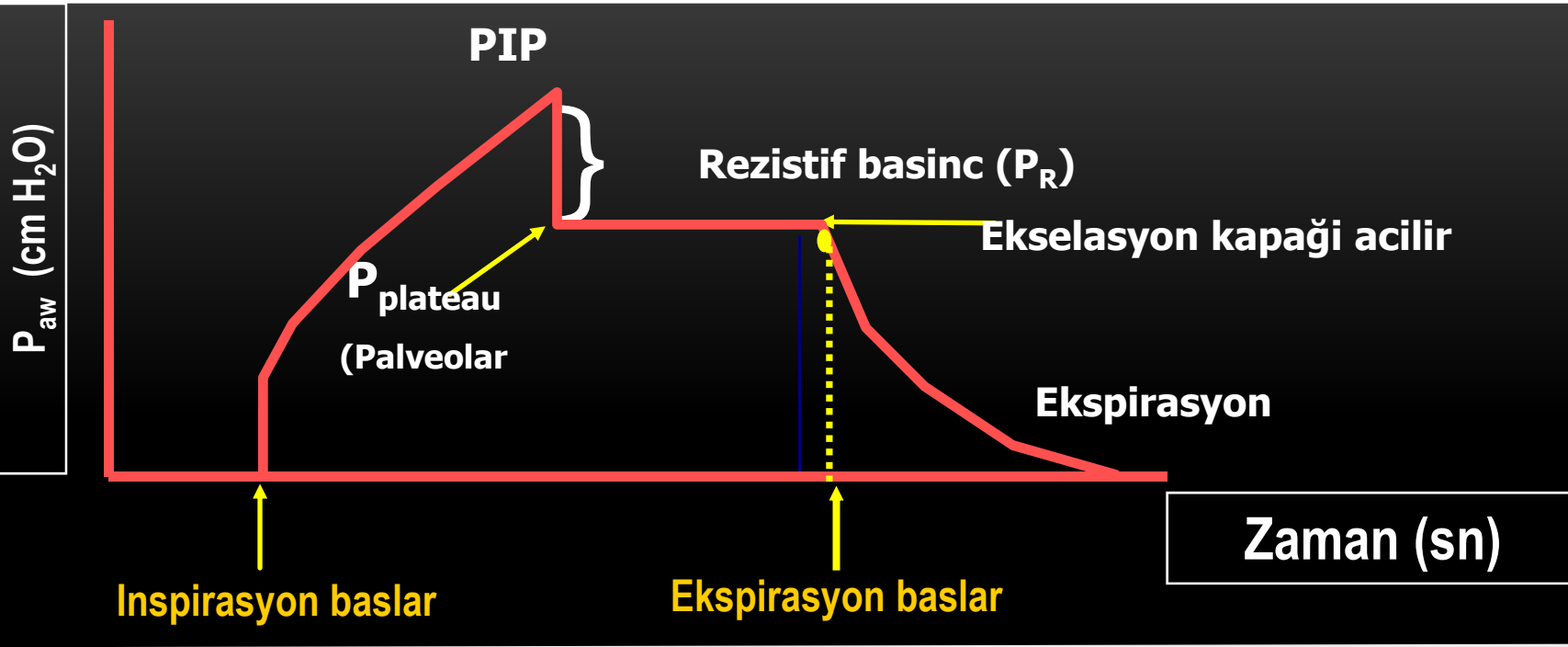
Zaman (sn)



ASINÇ GRAFIĞİNİN DETAYLARI







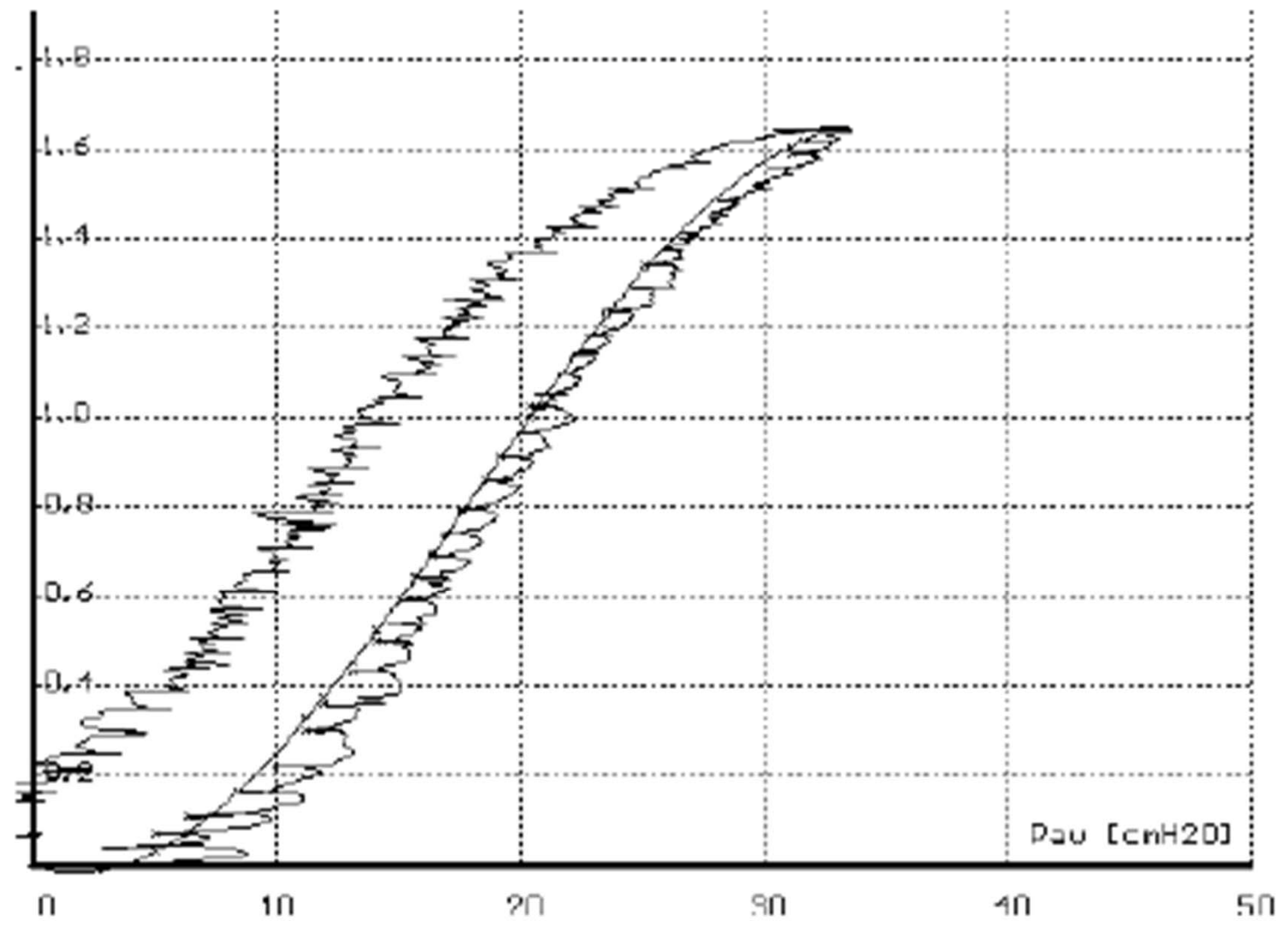
PASINÇ/VOLUM EĞRISI

P/V yorumu değişken göğüs duvarı komplians durumlarında zordur

- Batıniçi basınç artışı
- Torasik travma
- Plevral efüzyon
- Obesite ..

Özefagial basınç ölçümü (plevra basınç belirteci) göğüs duvarından etkilenmeden akciğer kaynaklı basıncı verir. (transpulmonary pressure).

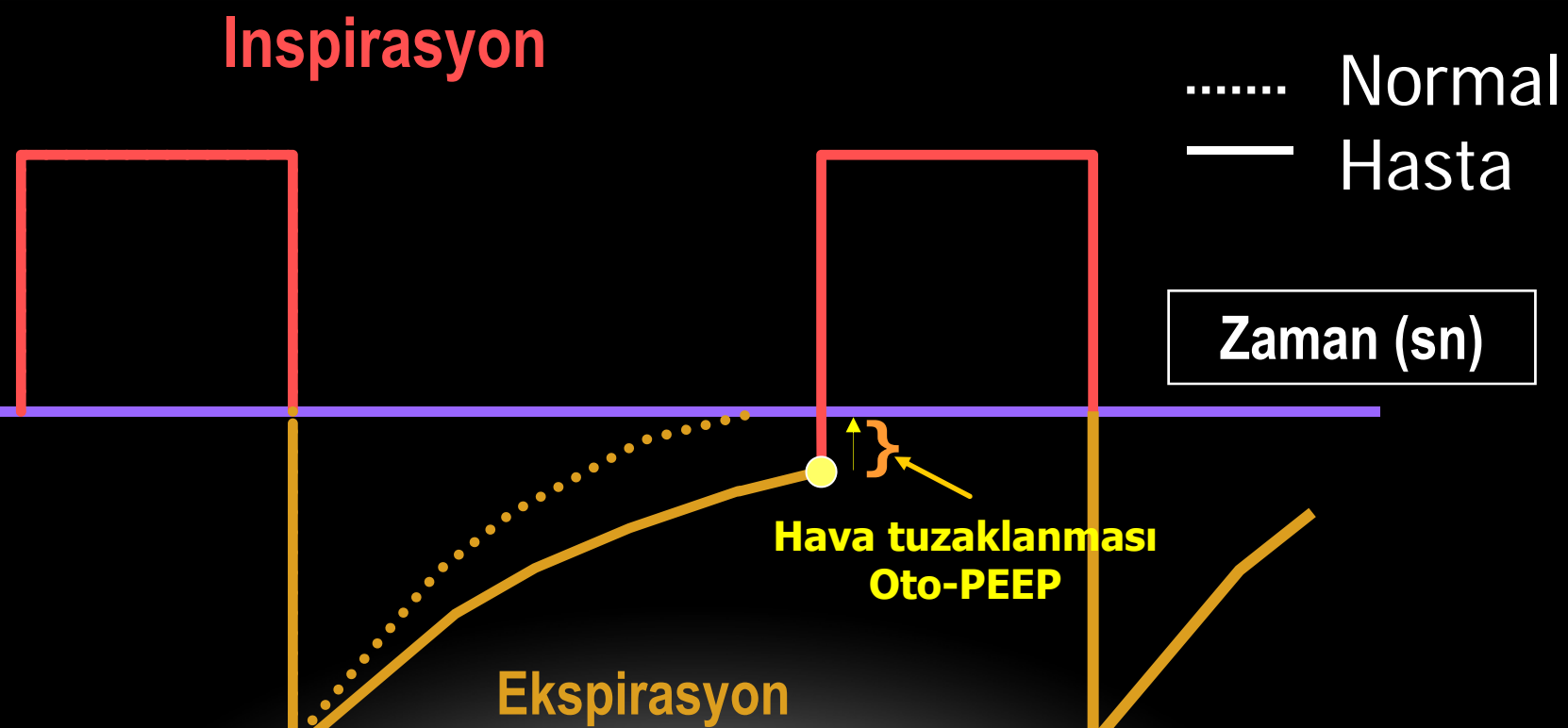
Vol (L)



Dau [cmH2O]

- İspiratuar ve ekspiratuar bölümlerin farkı PEEP artırılıp artırılmama kararını vermede yardımcı olur
- Eğrinin bacakları yakınsa PEEP artırılması aerasyonu etkilemez , geniş ise PEEP faydalı olabilir

HAVA TUZAKLANMASI – OTO PEEP



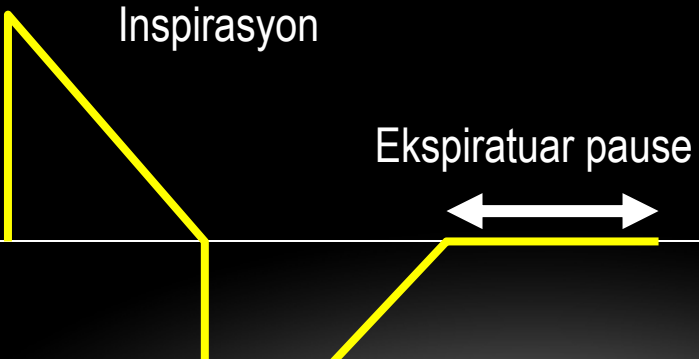
PEEPİ ÖLÇÜMÜ

Basınç (cmH₂O)



Zaman (sn)

Hacim (L/100ml)



Zaman (sn)

DIYAFRAMATIK FONKSİYON

transdiaphragmatic basınç farkı (gastric - esophageal basınç)

Spontan solunumu olan ve koopere hastalarda

Manyetik frenik stimülasyon

Diaphragmatik elektriksel aktivite: neurally adjusted ventilatory desteğinde NAVA

Sinderby C: Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA). *Minerva Anestesiol* 2002, 68:378-380.

WORK OF BREATHING: SOLUNUM İŞİ

Volüm ve basınç ürünü integrali

Verilen volüm ve basıncın sunduğu enerji olarak tanımlanır

WOB : 0.2 and 1 J/L.

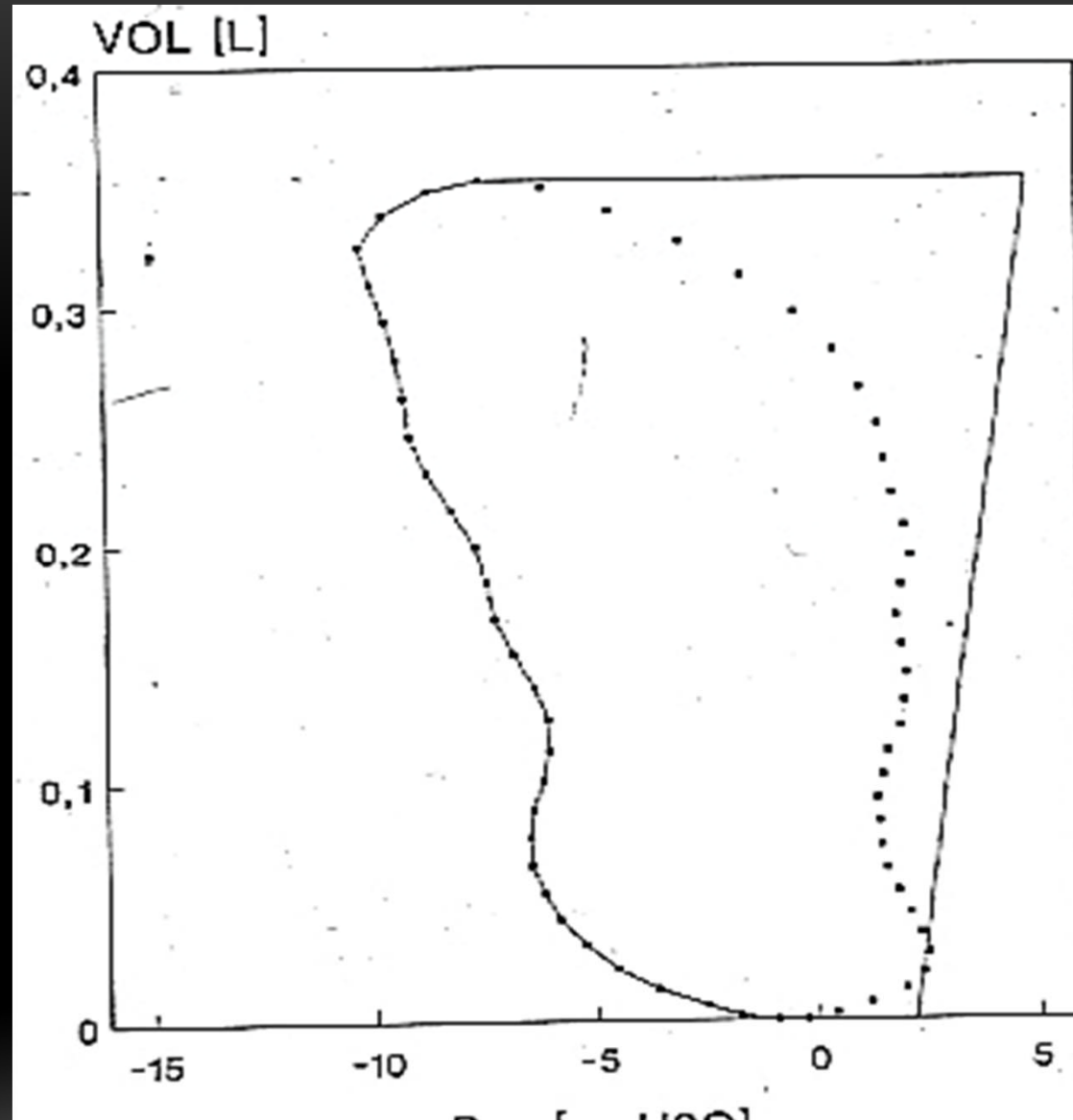
İki komponenti var : elastik ve rezistif

Sıfır akımın olduğu inspirasyon başlangıcı ve sonunda

OLUNUM İŞİ

- Ticari olarak satılan Ventrak ya da Bicare pnömotakografları ile yada özofagus basıncı, hava yolu basıncı ve hava volümünü ölçerek çizilen Campbell diyagramları ile hesaplanır.
- N:3.9 J/dakika ya da 0.47 J/L

PBELL DIAGRAM



Özefagial basınç trendi spontan solunum sırasında F/TV ile beraber weaning sonucunu tahmin etmede katkı sağlar

WOB ayrıca ventilatör desteğinin ayarlanmasında da önemlidir

Farklı ventilatör modlarının ve ventilatör performans (triggering, flow delivery) etkilerini değerlendirmede önemlidir.

Tedavi algoritmalarının etkisini değerlendirmede önemlidir.
(bronkodilatör)

SOLUNUM MERKEZİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

- Ortalama inspirasyon akımı (V_t/T_i)
- $P_{0.1}$ (N:0.5-1.5 cm H₂O)
- Apne testi
 - 10 dakika %100 O₂ verilip dokular O₂ ile doymuş hale getirilir
 - 6L/dak O₂ ile spontan solunuma bırakılır
 - 10 dakika sonra P_aCO_2 60 mm Hg'yi geçerse ya da 2 mm Hg/dakikadan daha fazla artarsa solunum merkezinin iyi çalışmadığı sövlenir.

KLUZYON BASINCI (P0.1)

WOB ile korele olarak solunum dürtüsünü yansıtır.

WOB ile birlikte ventilatör titrasyonu (akım hızı PEEP) ve hasta cevabını değerlendirmek, basınç desteği veya PEEP belirlemede yardımcıdır.

$P0.1 < 2 \text{ cm H}_2\text{O}$ normal.

Solunum merkezi dürtüsünü değerlendirmenin en hızlı yoludur.

ASINÇ ZAMAN ÜRÜNÜ: PRESSURE TIME PRODUCT: PTP

İnspirasyon veya ekspirasyon sırasında solunum kasları tarafından üretilen basıncın integralidir.

WOB alternatifi: bazı avantajları var

Solunum kaslarının Oksijen tüketimi ile ilişkilidir.

Appl Physiol 1984, 57:44-51.

Solunum eforunun metabolik karşılığını belirtir.

Hastanın eforu ve volüm üretiminden bağımsızdır. (asenkroni sırasında)

Eur Respir J 1997, 10:177-183.

Normal dakikada 60 - 150 cm H₂O/second.

Am Rev Respir Dis 1991, 143:469-475.

TRANSPULMONER VE ÖZEFAGIAL BASINÇ

Alveoller ve plevral boşluk arası basınç farkıdır.

Statik durumda yani akım yokken havayolu basıncı kolaylıkla ölçülebilir.

Plevral boşluk basıncı özefagial basınç ölçülerek tahmin edilebilir.

PEI, lung (transpulmoner basınç) = $P_{aw} - P_{es}$.

Vieillard-Baron A, Jardin F: Esophageal pressure in acute lung injury. *N Engl J Med* 2009, 360:832.

KCIĞER VOLUMU

KSPIRYUM SONU AKCIĞER VOLÜMÜ ÖLÇÜMÜ

FRC

Kapalı dilüsyon tekniği ile (helyum oksijen karışımı)

MV ile FRC de %34 lük kayıp : sedasyon ve kas gücünde azalma nedeniyle

PEEP alveollerin rekrut olması nedeniyle FRC de artışa neden olur

Rekrutment ve aşırı havalanma arasındaki sınırı belirlemede kompliansla beraber EELV önemlidir.

ÖĞÜS USG VE TORAKS BT



Son zamanlarda daha çok kullanılan noninvaziv bir teknik

Pnömotoraks, plevral anormallikler ve akciğer ödeminin erken tanısı

Son zamanlarda ViP Iı hastalarda alveoler reareasyon kontrolü için

Crit Care Med 2010, 38:84-92.

Am J Respir Crit Care Med 2011, 183:341-347.

Toraks BT: Parankimal olayları kalitatif ve kantitatif değerlendirme

LEKTRİKSEL BIOİMPEDANS TOMOGRAFI

Toraksın etrafına uygulanan 16 elektrodl sinyallerinin değerlendirilmesi

Havalanmadaki değişiklikleri gösterebilir ancak volümler hakkında absolut bir değer vermez.

Belirli bölgelerden alınan verilerle bölgesel ventilasyon hakkında bilgi verir.

EIT rekrutment manevrası ve PEEP in başarılı olup olmadığı hakkında bilgi verebilir.

Bir çok çalışmada ventilasyon dağılımı haritası değişiklikleri gözlemlenmiştir

KIĞER INFLAMASYONU

BRONKOALVEOLAR LAVAJ

BAL fibrosit seviyesi ARDS nin prognostik faktörüdür.

%6 dan fazla olması mortaliteyi artırmaktadır

Crit Care Med 2012, 40:21-28

Sitokin ve fosforilasyon ürünlerinin ölçümü VILI tanısı için önemli

RDS'DE SOLUNUM MONİTORİZASYONU

Oksijenizasyon

Ölü boşluk

Akciğer mekanikleri

Plato basıncı alveoler basıncı gösterir

Ciddi hastalarda özefagial basınç ve akciğer volüm ölçümleri önemlidir.

P/V eğrisi rekrutabilite için önemli

EVLW ayırıcı tanıda önemli

AOH VE ASTIMDA SOLUNUM MONİTORİZASYONU

Solunum mekaniklerinin detaylı değerlendirilmesi (plato basıncı, iPEEP)

Tetiklenen solunuma geçildięinde asenkroni, ventilatör desteği titrasyonu için önemli

IMV DA SOLUNUM MONİTORİZASYONU

Klinik değerlendirme ile başlanmalı: dispne, solunum kas fonksiyonları, mental durum, gastrik distansiyon

Pulse oximetri temel

Expire CO2 ölçülebilir kaçaklar nedeniyle güvenilir deęil

Transkutanoz kapnometri sürekli monitorizasyon için kullanılabilir.

Arterial kan gazları

ÖROLOJİK HASTALARDA SOLUNUM MONİTORİZASYONU

Optimal TV, PEEP PaO₂ veya PaCO₂ seviyeleri için konsensus yok.

Hiperkapni ve torasik basınç artışı IKB değışikliklerine neden olabilir

Trakeostomi genelde uygulanmakta

Hiperventilasyon beyin kan akımında azalma ve IKB düşmeye neden olur iskemi gelişebilir .

Bu nedenle hayatı tehdit eden IKB artışlarında hiperventilasyon uygulanır.

hiperventilasyon uygulanıyorsa jugular venous oxygen saturation (SjO₂) veya beyin doku oxygen tension (PbrO₂) monitorizasyonu yapılmalıdır [115].

İdeal PaCO₂: IKB <20 mmHg ve oksijenin serebral dağılımı: cerebral extraction of oxygen (CEO₂) 24% - 42%.

Serebral lezyonu olan hastalarda Orta dereceli PEEP < 15 cmH₂O güvenli

Ciddi beyin injurisi olan hastalarda multimodal beyin monitorizasyonu kullanılabilir (brain tissue oxygen tension, CBF measurement, and intracerebral microdialysis (with measurement of lactate, pyruvate, glutamate, glycerol, and inflammatory mediators))

Technique	Continuous versus intermittent	Specific situations	Potential usefulness	Limitations
	Continuous	All patients receiving MV	Detection of hypoxemia	
Resistances	Continuous	All patients receiving volume-controlled modes		Less reliable when patient is breathing actively
	Continuous	All patients receiving MV		Clinicians need to learn how to read traces (no automatic detection)
Compliance	Intermittent	Passive patients	ARDS, COPD	Less reliable when patient is awake
Flow curves	Intermittent	Passive patients	ARDS	Complex and need sedation and relatively homogeneous lungs
Flow, pressure- volume	Intermittent	Respiratory distress, ventilator setting, weaning	Research	No automated measurement; needs esophageal pressure
Flow water	Intermittent	Pulmonary edema	Diagnosis of pulmonary edema	Complex and needs invasive devices
	Intermittent	ARDS	Could help to define risks of ventilation and assess recruitment	Need a passive patient
Flow	Continuous	ARDS	Could help to visualize regional ventilation	Needs a specific tool
Flow monitoring	Continuous or intermittent	Patients who have hemodynamic impairment and who are receiving MV	Helps to understand hypoxemia and its consequences	More or less invasive
Flowmetry	Continuous	ARDS		Complex analysis
	Continuous or	ARDS	Could help to titrate ventilator	Complex interpretation and

SONUÇ

İki önemli anahtar faktör :

1. Çoklu değişkenler birlikte değerlendirilmeli:

- Bir çok hasta kompleks patolojilere sahip ,
- solunum yetmezliği bir çok yetmezliğin bir parçası
- Bu nedenle farklı sistemlerle monitorizasyona ihtiyaç var

2. Tekli statik değerler sınırlı veri sağlar bu nedenle dinamik değişiklikler ve zamanla değişimleri daha

Gelecekte nöro-ventilatör birlikteliđi avantaj sağlayacak. Asenkroni ve yan etkilerde azalma

Biomarker panelleri ARDS ve VILI tanı ve tedavi izleminde deđer kazanabilir

Göğüs usg daha hızlı ve noninvaziv bir teknik olarak daha fazla kullanılabilir

TEŞEKKÜLER