

# **Beademing**

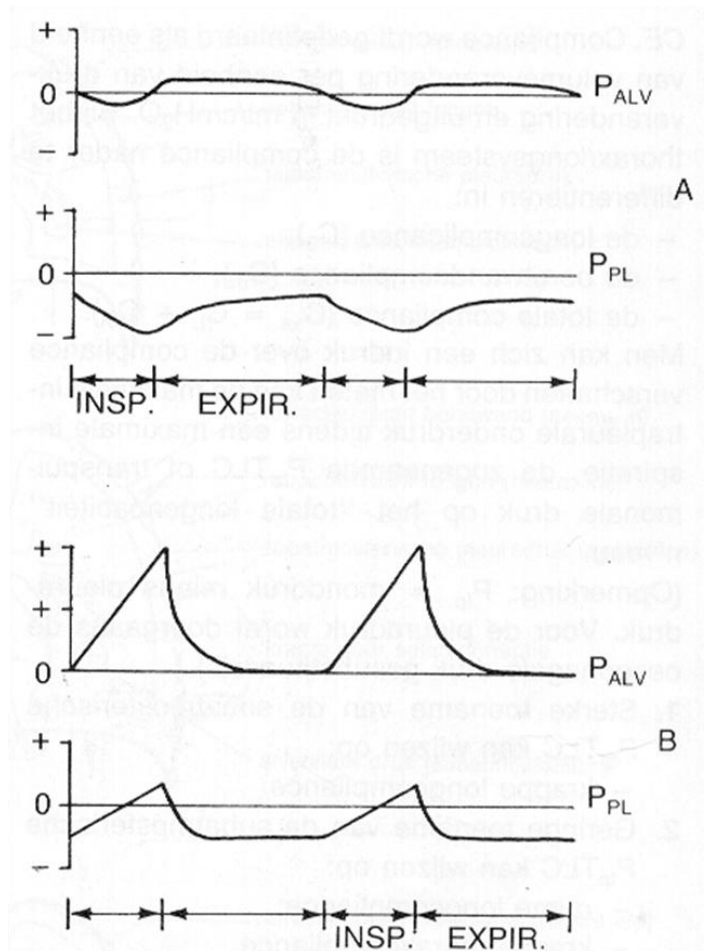
Module basis bewaking

Hans ter Haar voor UMCU 2009

# Casus mw de Groot.

- HF 135/min, RR 159/83, sat 89% met VM 40%, temperatuur 38,8 °C
- pH 7.24, pCO<sub>2</sub> 51 (6.8), pO<sub>2</sub> 56 (7.4), sat 85%
- X thorax; pneumonie
  
- Intubatie
- Pressure Control beademing

# Spontane ademhaling vs mechanische beademing



Spontane ademhaling:

- Negatieve druk bij inspiratie
- Pleuradruk altijd negatief

Mechanische beademing:

- Positieve druk bij inspiratie
- Pleuradruk bij PEEP altijd positief
- Potentieel schadelijk

# Beademingsindicaties

- Respiratoire insufficiëntie met laag  $pO_2$  en/of hoog  $pCO_2$ .
- Klinisch beeld.
- Onderliggend lijden moet in principe reversibel zijn.

# Medicatie bij beademing

- Sedativa (Midazolam, Propofol, Lorazepam, enz)
  - Werking: sederend danwel anesthetisch
  - Bijwerkingen: ademdepressie, shock
- Spierrelaxantia (Rocuronium, Pancuronium, enz)
  - Werking: niet-depolariserende spierverslapper, werkingsduur Rocuronium 30-45 minuten (let op bij Propofol!)
  - Bijwerkingen: allergische reacties, tachycardie

# Beademingsvormen.

- **Gecontroleerde beademingsvormen.**
  - Volume Control (IPPV), Pressure Control (BIPAP, BiLevel).
  - Verplichte ventilatie (CMV = continuous mandatory ventilation)
  
- **Ondersteunende beademingsvormen.**
  - Pressure Support (ASB, PSV).
  - Feitelijk ook drukgecontroleerde beademingsvormen maar dan zonder verplichting (continuous spontaneous ventilation).

# Drukgecontroleerd beademen vs volumegecontroleerd beademen

- **Drukgecontroleerd:**
  - Machine biedt constante druk aan
  - *Volume is variabel* en afhankelijk van druk, compliantie, weerstand en patiëntactiviteit
- **Volumegecontroleerd:**
  - Machine biedt constant volume aan
  - *Druk is variabel* en afhankelijk van volume, compliantie, weerstand en patiëntactiviteit

# Drukgecontroleerd beademen

- **Teugvolume ↓ door:**
  - Verlagen inspiratiedruk, verhogen PEEP
  - Afname compliantie (toename oedeem, infiltraten, atelectase, pneumothorax, hoge buikdruk)
  - Toename weerstand (sputumplug, bronchospasmen)
  - Afname patiëntactiviteit
- **Teugvolume ↑ door:**
  - Tegenovergestelde factoren

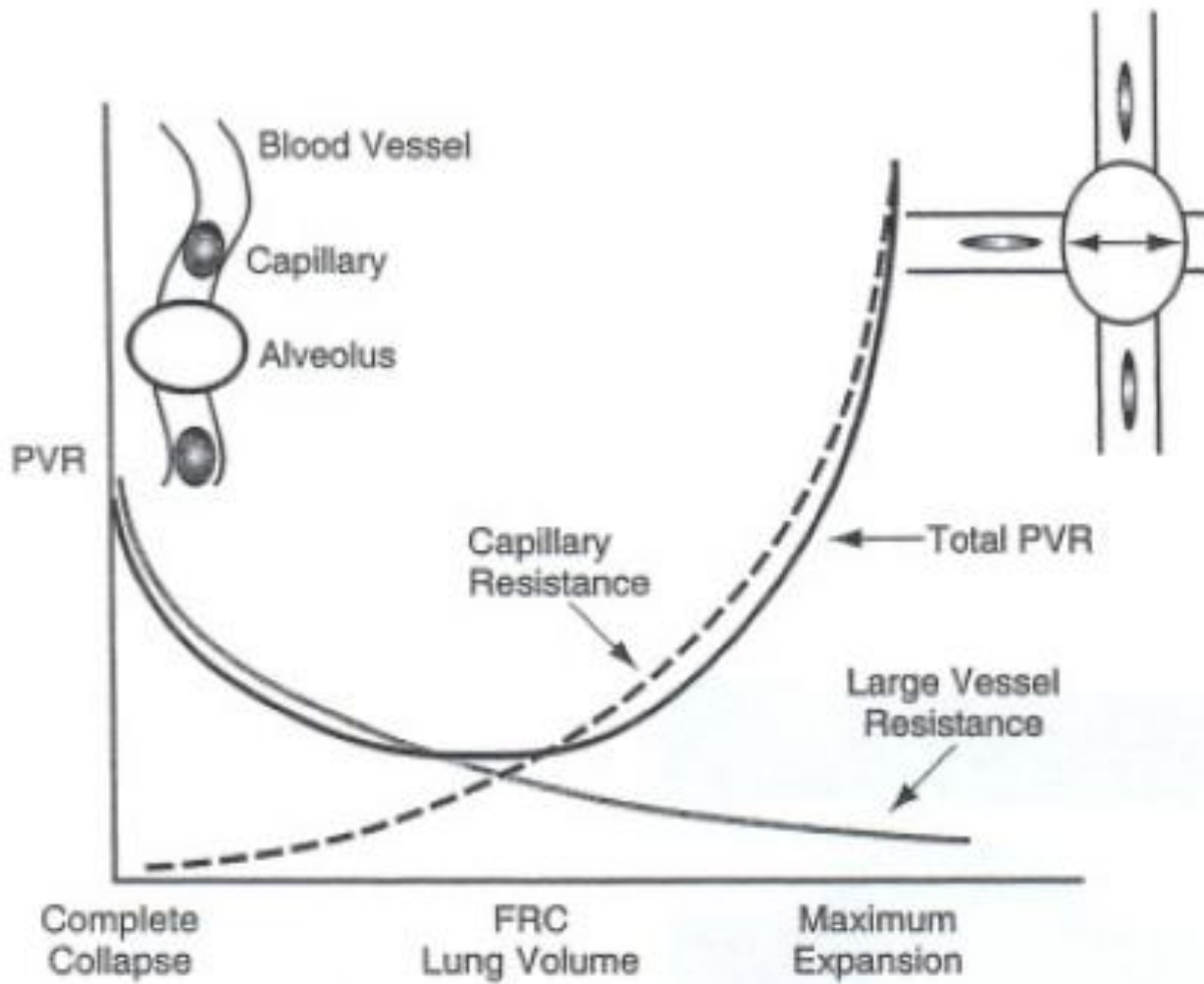


# Volumegecontroleerd beademen

- **Beademingsdruk ↑ door:**
  - Vergroten teugvolume, verhogen PEEP
  - Afname compliantie (toename oedeem, infiltraten, atelectase, pneumothorax, hoge buikdruk)
  - Toename weerstand (sputumplug, bronchospasmen)
  - Afname patiëntactiviteit
- **Beademingsdruk ↓ door :**
  - Tegenovergestelde factoren

# Beademing en rechter ventrikel

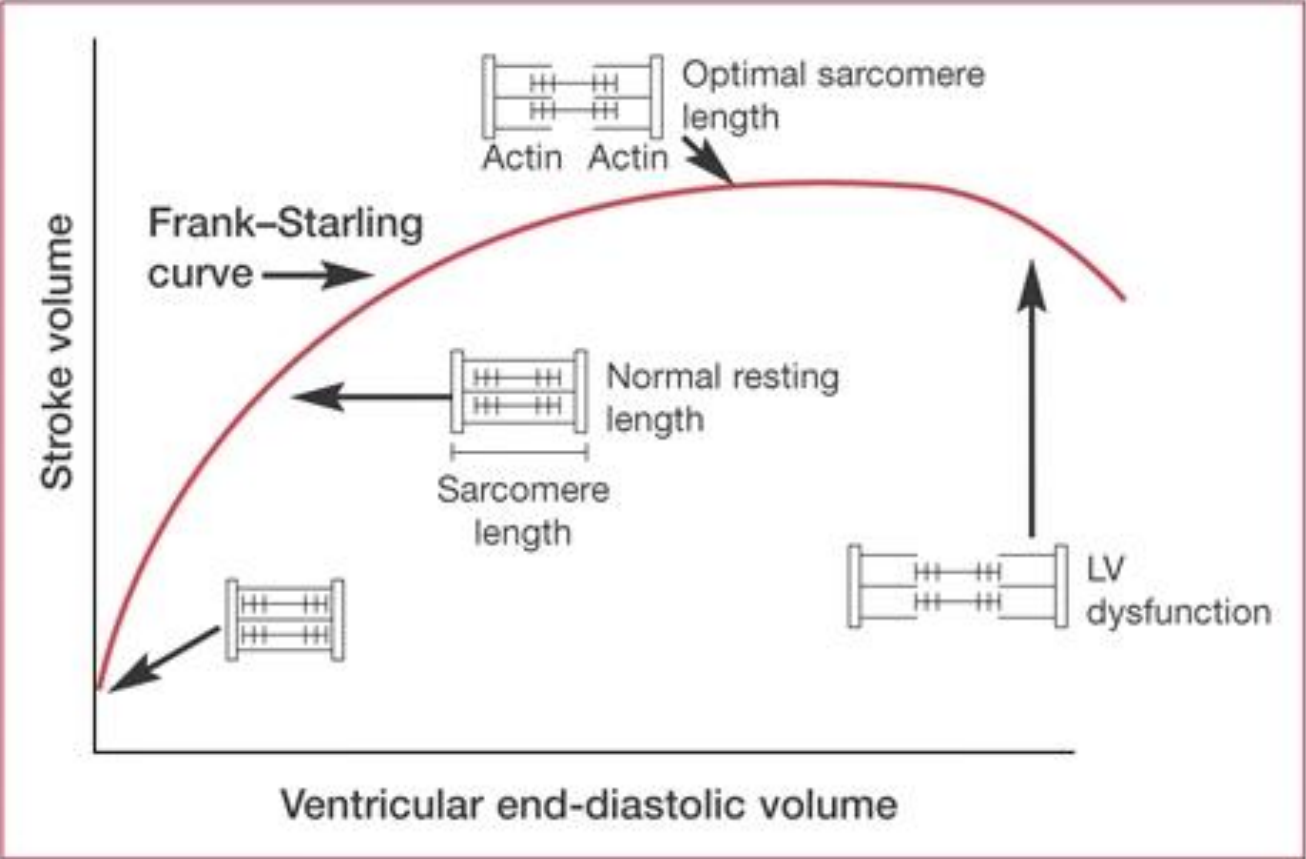
- Door positieve intrathoracale druk minder veneuze return:
  - afname preload rechter ventrikel
  - afname cardiac output en afname orgaanperfusie.
- Toename longvaatweerstand:
  - toename afterload rechter ventrikel.
- Grote teugvolumes en hoge PEEP versterken dit effect.



# Beademing en linker ventrikel.

- LV preload neemt af door:
  - Afname RV output
  - Verplaatsing septum van rechts naar links
  - Directe compressie linker ventrikel
- LV afterload neemt af door invloed pleuradruk op thoracale aorta.

Bovenstaande effecten zijn een voordeel zijn bij links decompensatie / astma cardiale!



# Observaties en interventies circulatie bij mechanische beademing

- **Observeer:**
  - Bloeddruk, hartfrequentie, urineproductie, capillaire refill, huid (decubitus), beademingsparameters, orgaanfuncties (maag-darm), buikdruk.
- **Interventie:**
  - Zo nodig vullen, inotropie, aanpassen teugvolumes/PEEP, maag-darmmotiliteit bevorderende middelen, wisselliging, enz.

# Andere complicaties beademing

- Longbeschadiging (VILI); barotrauma, volutrauma, atelectrauma
- Pneumonie (VAP)
- Beschadiging trilhaarepitheel door onvoldoende vochtige/warme lucht
- Uitzuiglaesie, cufflaesie, stembandlaesie
- Zuurstoftoxiciteit
- Mediator release → multi organ failure (MOF)

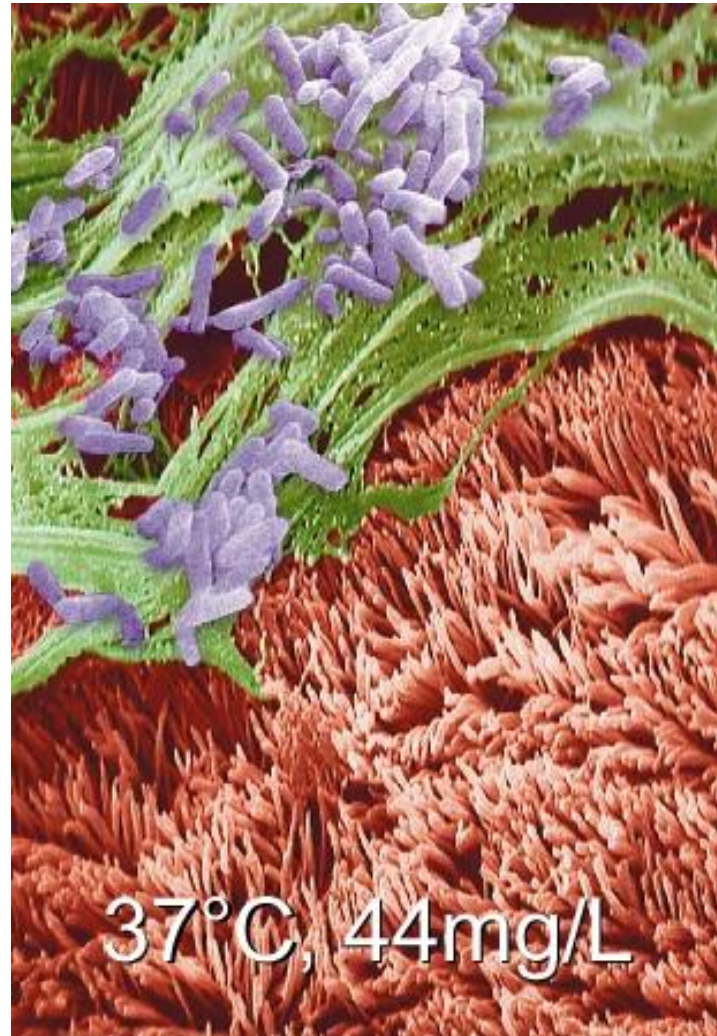
# Slechte bevochtiging/verwarming



- Toename infectierisico
- Toename ademarbeid
- Occlusie kleine luchtwegen
- Celschade
- Oncomfortabel



## Goede bevochtiging/verwarming

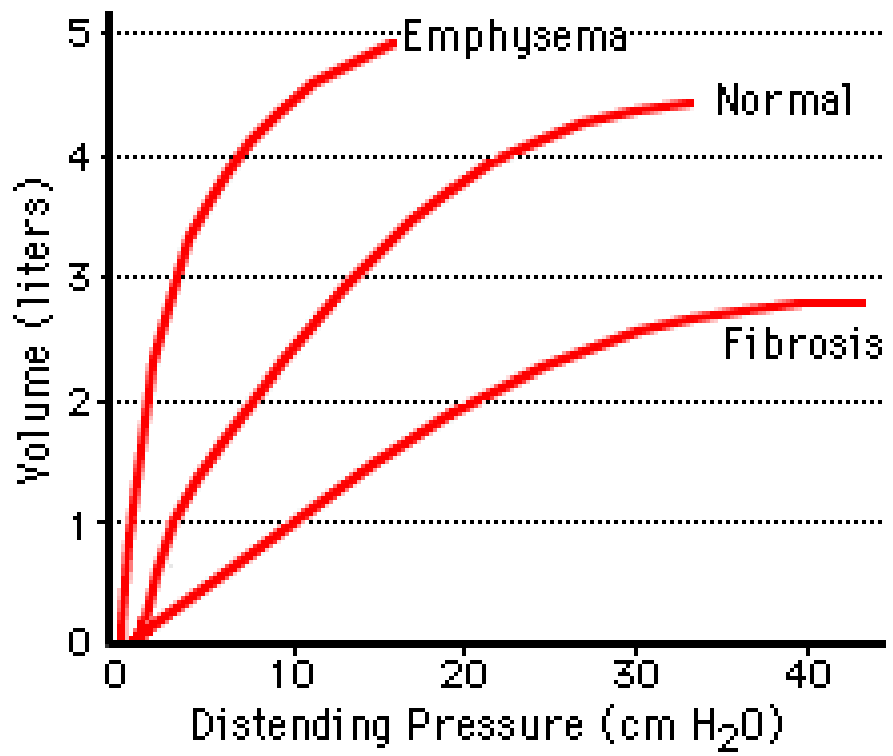


# Bewaking op IC

- **Bedside monitor:**
  - Saturatie, HF, bloeddruk, evt CVD, pfi, temperatuur
- **Beademingsmachine:**
  - Teugvolumes, flowcurve, capnogram, EtCO<sub>2</sub>, patiëntactiviteit,
- **Overige:**
  - Diurese, lab, thoraxfoto,

# Compliance

- Volumetoename per eenheid van druktoename.
- $C = V_t / (P_{\text{plat}} - \text{PEEP})$  in ml/cm H<sub>2</sub>O.
- Is een maat voor de soepelheid cq stugheid van weefsel.
- Omgekeerde van Elastance ( $C = 1/E$ ).

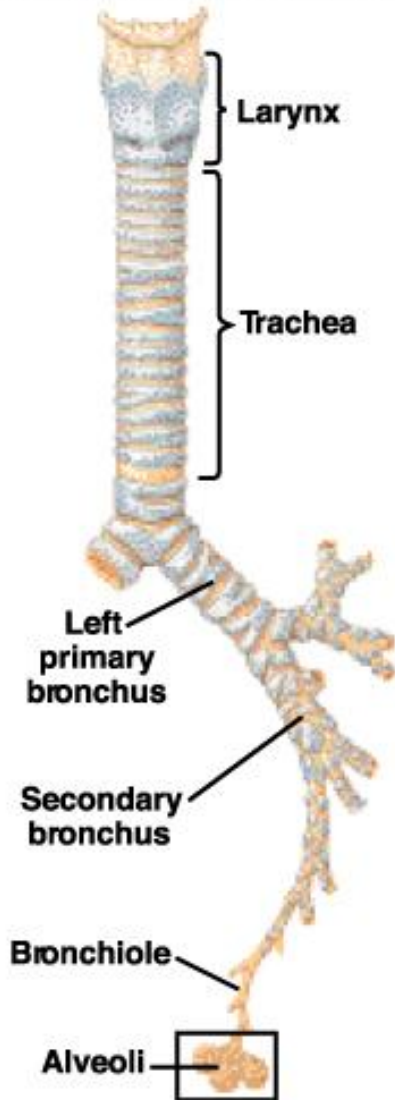


# Resistance

- De weerstand die een buis of buizenstelsel biedt aan een luchtstroom.
- $R = (P_{\text{piek}} - P_{\text{plat}}) / \text{flow in cmH}_2\text{O/ltr/seconde}$ .
- Is vooral afhankelijk van diameter en gasflow.
- Omgekeerd evenredig aan de 4<sup>e</sup> macht van de inwendige diameter; halveren diameter verhoogt de weerstand 16 maal!

## Branching of airways

The trachea branches in to two bronchi, one to each lung. Each bronchus branches 22 more times, finally terminating in a cluster of alveoli.



# Flow en druk

- Flow is de volumestroom (L/min) van het gasmengsel
- Druk is de kracht van het gas die per oppervlakte eenheid wordt uitgeoefend (kPa, cm H<sub>2</sub>O, mm Hg)
- Er is een bepaalde beademingsdruk nodig om resistieve en elastische lasten te overwinnen

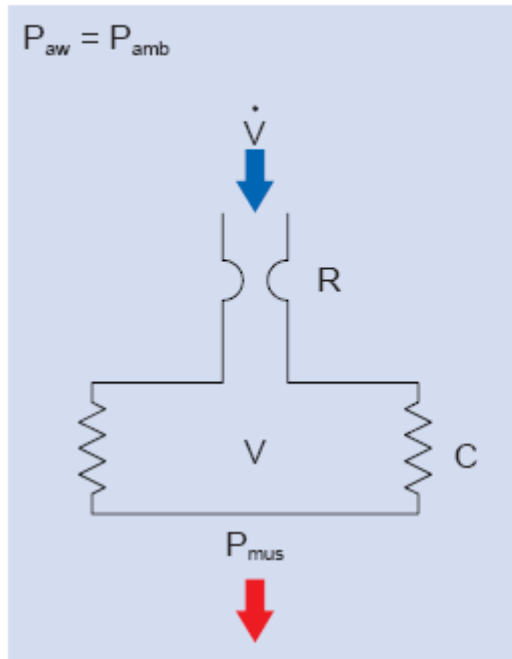


Fig. 8

- $P_{aw}$ : Airway pressure
- $P_{amb}$ : Atmospheric air pressure
- $P_{mus}$ : Muscle effort for spontaneous breathing
- R: Resistance
- C: Compliance
- $\dot{V}$ : Patient flow
- Vt: Tidal volume



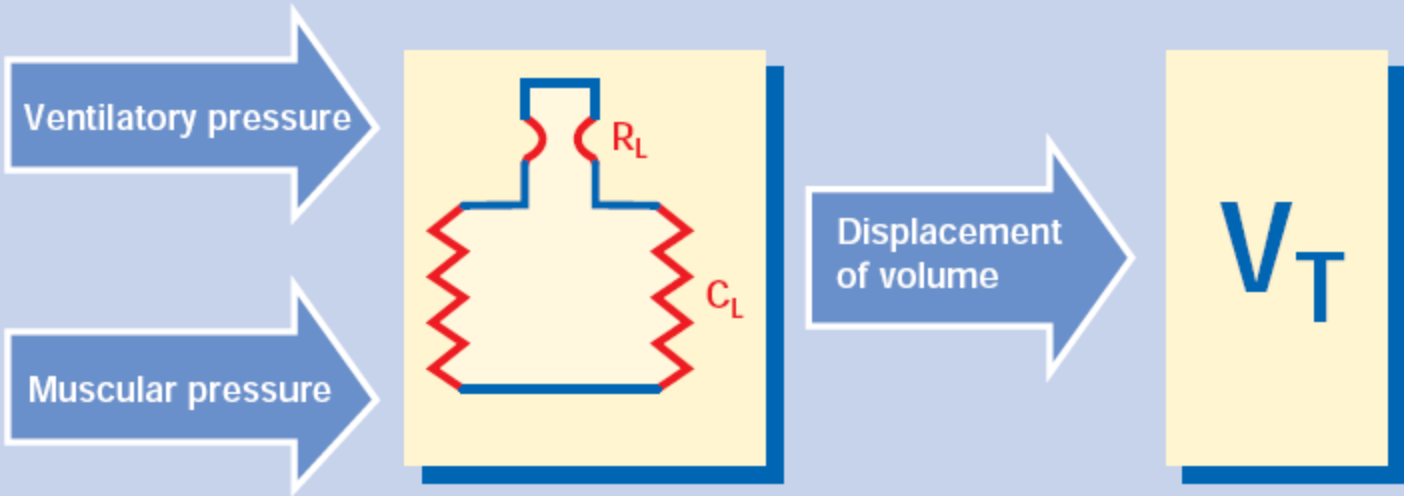
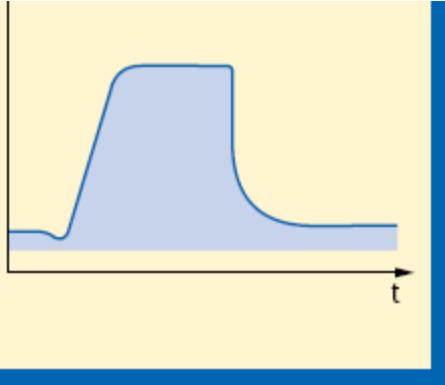
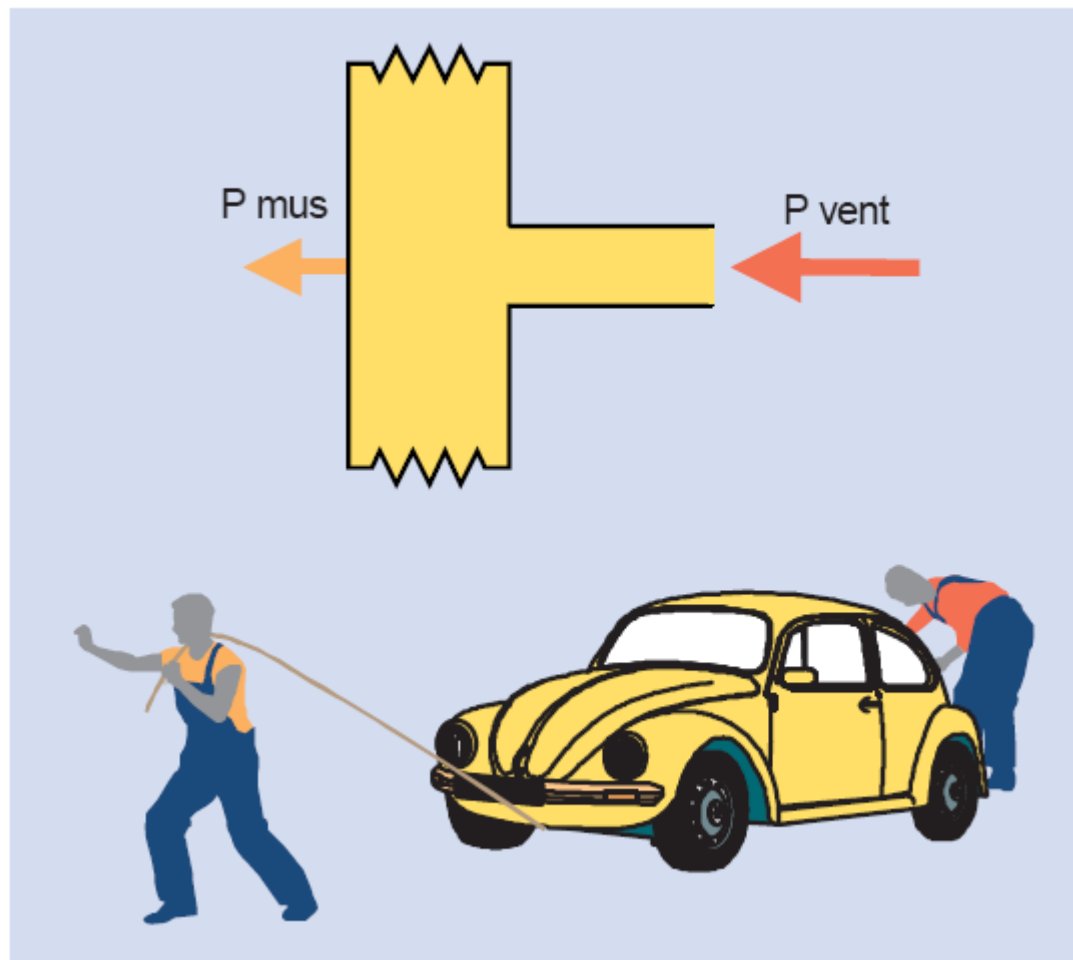


Fig. 2

In ventilation, the higher the pressure support ( $P_{vent}$ ), the less the work of breathing required of the patient to receive the same level of ventilation.

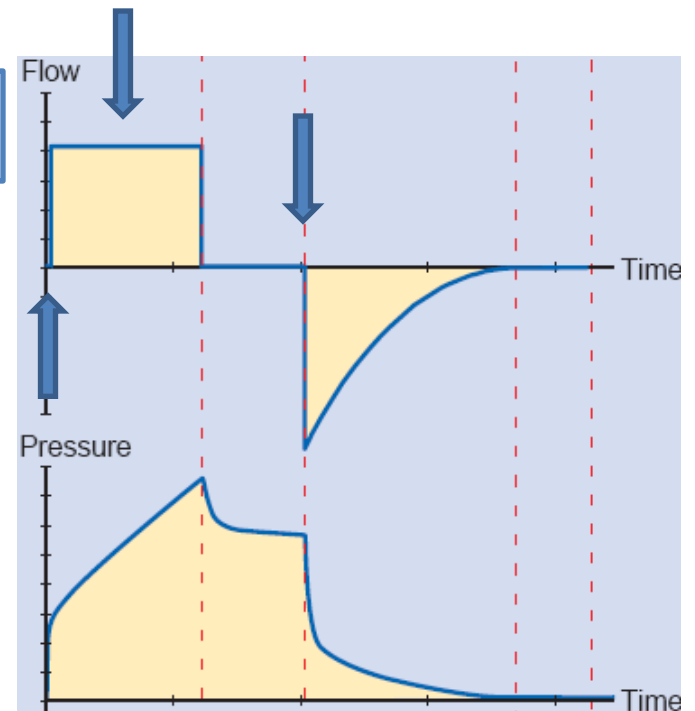


# Volumegecontroleerd beademen (VC, VCV, IPPV, enz)

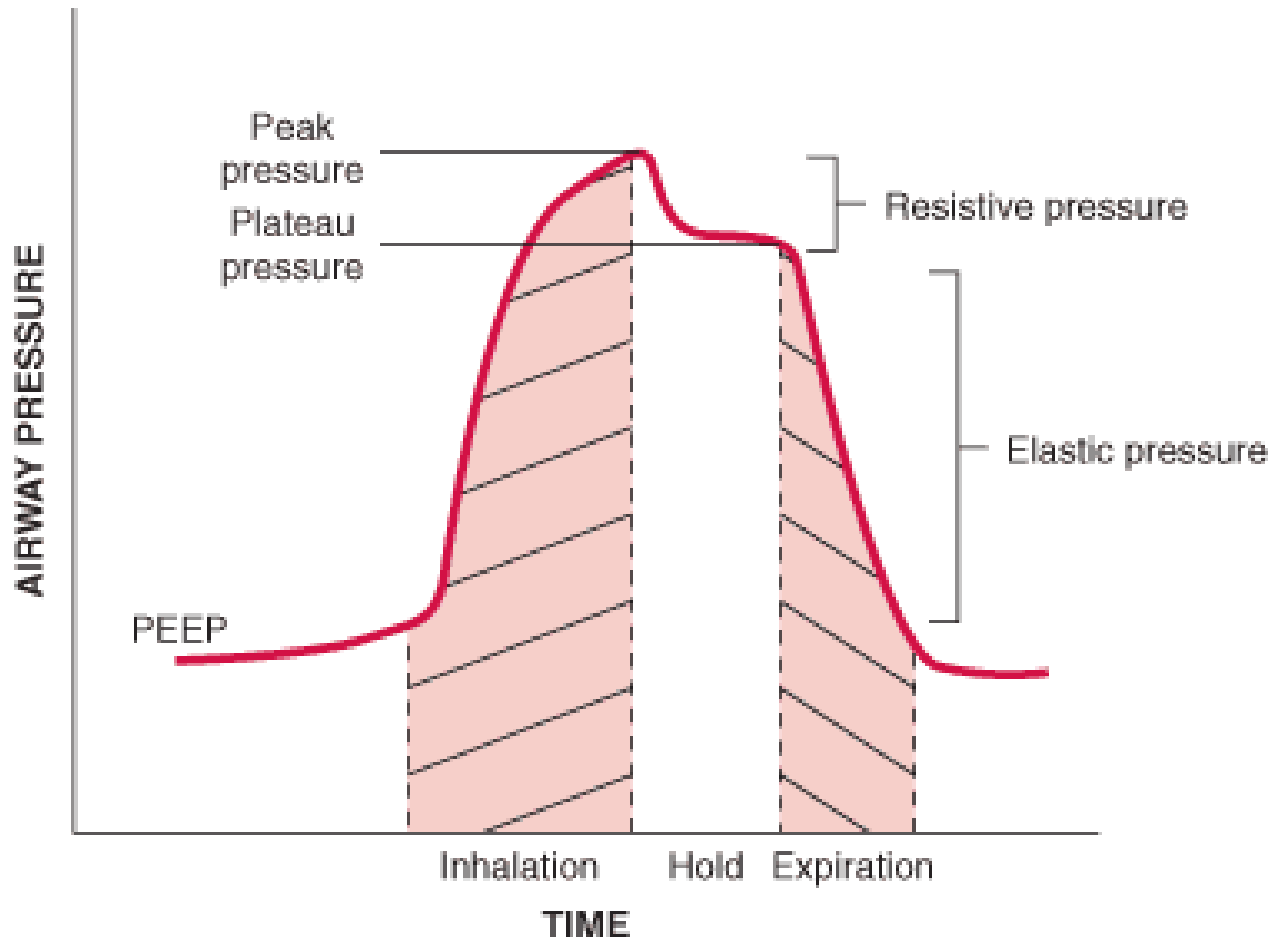
Tijd en patiënt getriggerd

Flow gecontroleerd

Tijd gestuurd



# Volumegecontroleerd beademen



# Volumegecontroleerd beademen

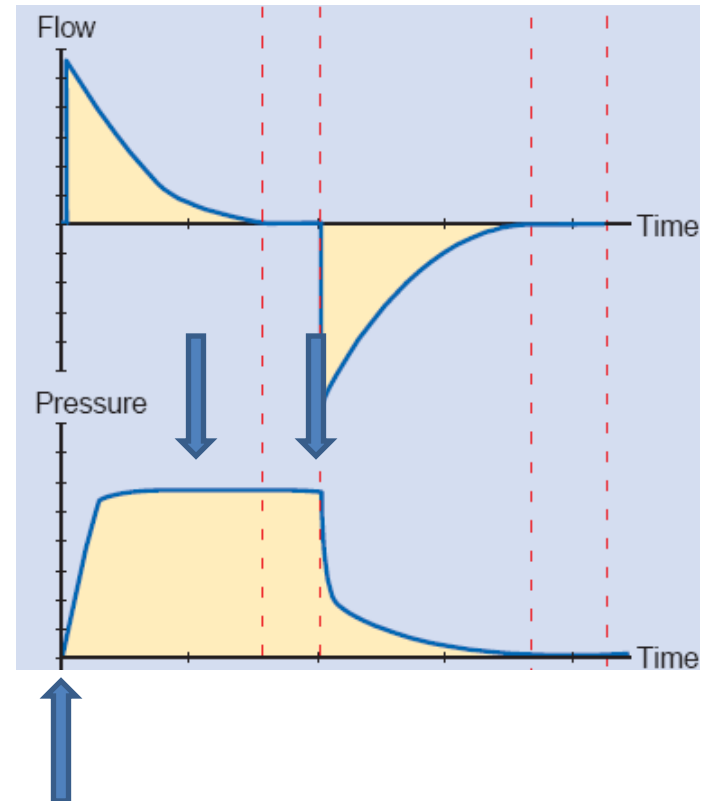
- **Piekdruk:**
  - wordt bepaald door PEEP, teugvolume, compliance, patiëntactiviteit én resistance
- **Plateaudruk:**
  - wordt bepaald door PEEP, teugvolume, compliance en patiëntactiviteit

# Drukgecontroleerd beademen (PC, PCV, BIPAP, BiLevel, enz)

Tijd- en patiënt getriggerd

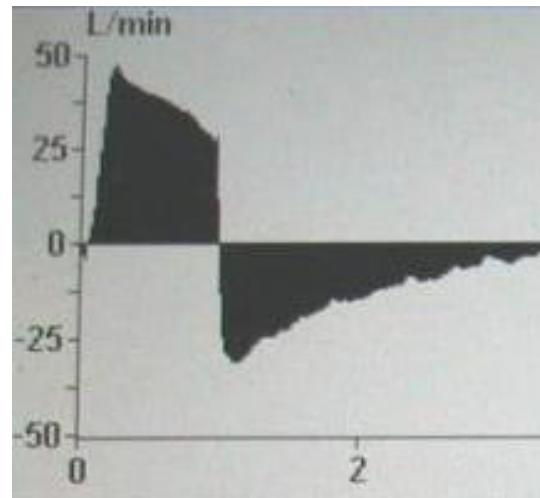
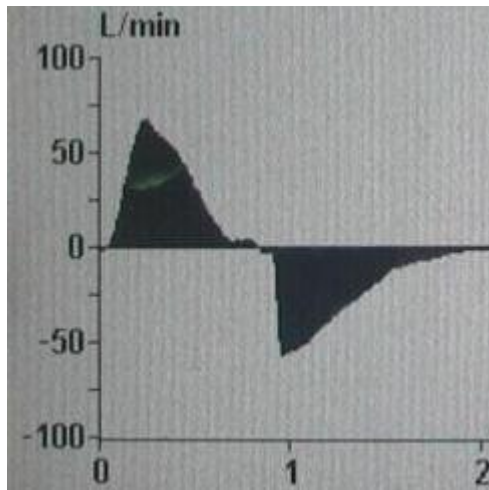
Druk gecontroleerd

Tijdgestuurd



# Drukgecontroleerd beademen

- Decelererende flowcurve
  - vorm wordt bepaald door inspiratiedruk, C, R en patiëntactiviteit
  - Oppervlak flowcurve is het teugvolume



# I:E ratio

- Verhouding inspiratie/expiratie
  - Normaliter 1:2
  - Bij oxygenatieproblemen langere inspiratietijd gebruiken
  - Bij verhoogde weerstand langere expiratietijd gebruiken
  - Niet instelbaar bij ondersteunende beademingsvormen



# Positief Eind Expiratoire Druk (PEEP)

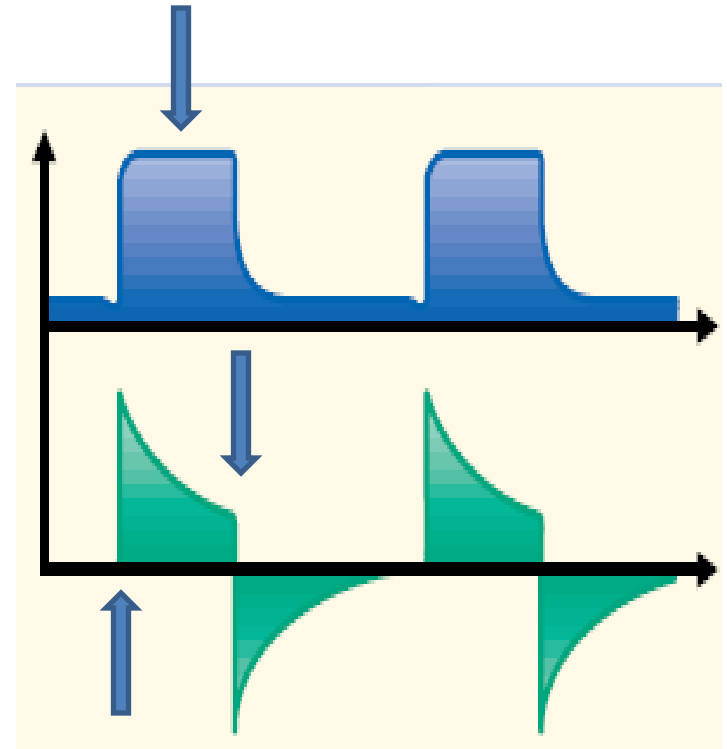
- Nodig om de long open te houden tijdens expiratie
- Voorkomt cyclische collaps van alveoli
- Met name nodig bij ziektebeelden met lage totale compliance (ARDS, atelectase, pneumonie, fibrose, hoge buikdruk)
- Negatieve invloed op de circulatie

# Pressure support of Assisted spontaneous breathing

Patiënt getriggerd

Druk gecontroleerd

Flow gestuurd



# Pressure support of Assisted spontaneous breathing

- Is in feite drukgecontroleerd beademen zonder verplichte slagen (patiënt bepaalt frequentie).
- Flowgestuurd
- Eindflow bepaalt in zekere zin I:E ratio
- Volume wordt bepaald door inspiratiedruk, PEEP, C, R en patiëntactiviteit.

# Weet welke druk je geeft!

- De ene machine geeft zijn druk weer boven PEEP terwijl de andere zijn druk boven atmosferische druk weergeeft.



# Ademminuutvolume (AMV).

- Teugvolume x frequentie
- Dode ruimte ventilatie (DRV):
  - lucht die wel wordt ingeademd maar niet deelneemt aan de gaswisseling.
  - Anatomische DRV; mond, neus en keelholte, trachea, bronchieën, tube.
  - Alveolaire DRV; bij longembolieën, shock, enz.
- Alveolaire minuutventilatie =  $AMV - DRV$

# FiO<sub>2</sub>

- Inspiratoire zuurstoffractie.
- Normaal 0.21, max 1.0
- Hoog FiO<sub>2</sub> is bij intrapulmonale r-l shunting niet effectief → PEEP is hier effectiever
- Hoog FiO<sub>2</sub> leidt tot atelectasevorming en longschade

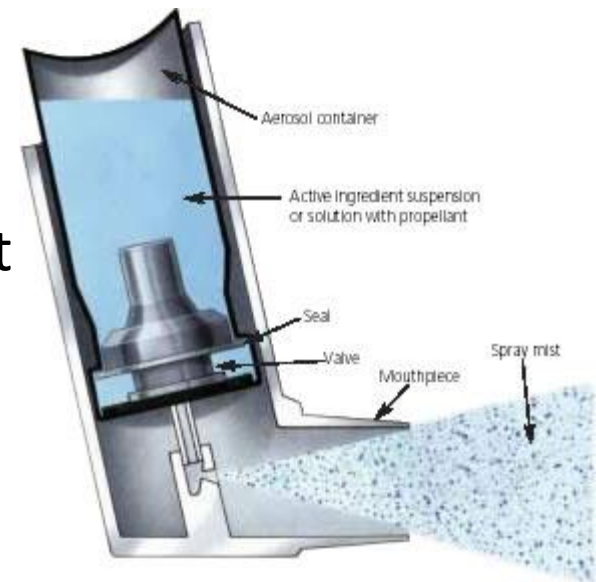


## PC 15, PEEP 5 cm H<sub>2</sub>O

- Bloedgas na 1 uur beademen: *pH 7,34, pCO<sub>2</sub> 58 mmHg (7,7 kPa), pO<sub>2</sub> 80 mmHg (10,6 kPa).*
- Wat zou je aan de machineinstelling veranderen?
- *15 p/min, Pressure level 15 cmH<sub>2</sub>O, PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O, I:E ratio 1:2, FiO<sub>2</sub> 0.5*
- 15 boven atmosferische druk (0) of boven PEEP?!
- Teugvolumes?
- AMV verhogen: freq ↑, bij erg kleine teugen druk ↑
- PEEP 5 cm H<sub>2</sub>O?

# Atrovent<sup>®</sup> /Ventolin<sup>®</sup>

- Vernevelen of metered dose inhaler (MDI)
- MDI is schoner, goedkoper en minstens even effectief als vernevelen
- Aandachtspunten:
  - Hygiëne
  - Voordien zo nodig bronchiaal toilet
  - Correct gebruik materialen
  - Observeer reactie patiënt





## Toename sputum bij PCV

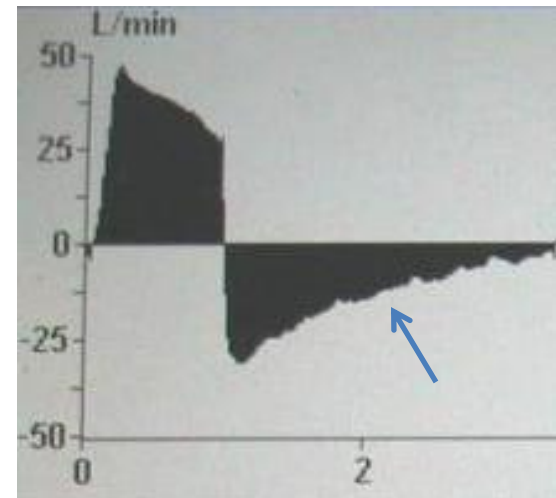
- Wat neem je waar?
- Resistance neemt toe en compliance neemt af
  - → teugvolume zal afnemen
  - → gaswisseling zal verslechteren

## Toename sputum bij VCV

- Wat neem je waar?
- Resistance neemt toe en compliance neemt af
  - → teugvolume zal gelijk blijven
  - → beademingsdruk zal toenemen
  - → gaswisseling zal langer op peil blijven dan bij PCV

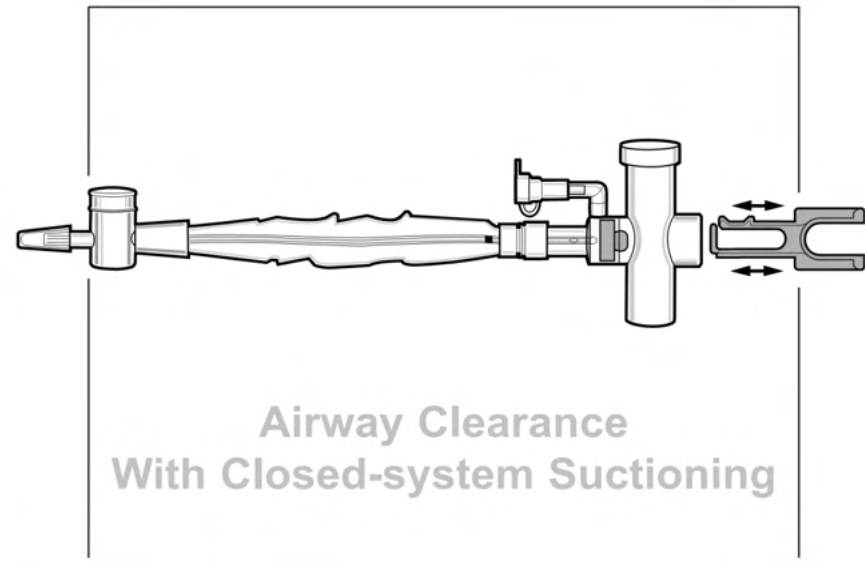
# Bronchiaal toilet

- Op indicatie.
- Kijk, voel en luister.
- Let op expiratoire flowcurve.
- Voordien zo nodig 5-8 ml fysiologisch zout instilleren.
- Balloneren als patiënt niet hoest.



# Bronchiaal toilet

- Gebruik van gesloten zuigsystemen bij VCV leidt tot extreem negatieve druk en atelectasevorming.



# Controles bij bronchiaal toilet

- Observeer
  - sputumhoeveelheid, aspect
  - saturatie, hartfrequentie, bloeddruk, teugvolume, beademingsdruk, flowcurve
  - andere reacties patiënt (meehoesten? stress?)

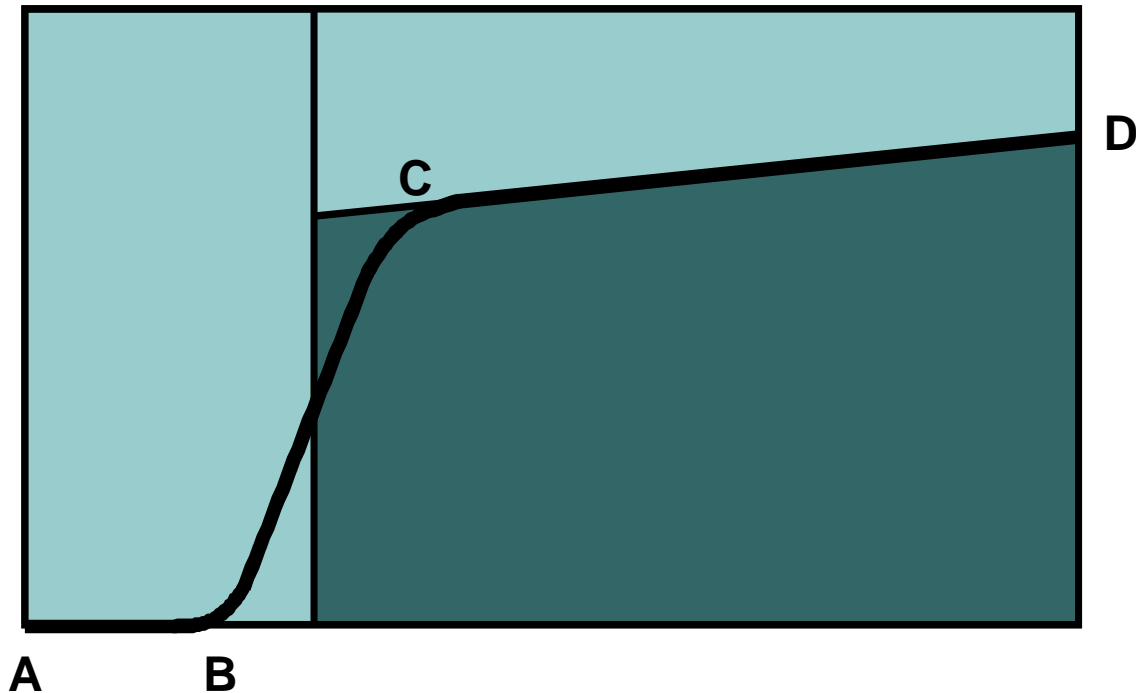
# Capnografie en capnometrie

- Non-invasieve techniek voor meten van CO<sub>2</sub> in uitgeademde lucht.
- Capnografie: grafische weergave (curve)
- Capnometrie: numerieke waarde (getal)
- Mainstream en sidestream sensoren

# Capnografie en capnometrie

- Indicaties:
  - Meten EtCO<sub>2</sub>
  - Ernst longlijden en resultaat therapie evalueren
  - Tracheale intubatie willen bewijzen
  - Bewaking beademingscircuit/ademweg
  - Effectiviteit van mechanische beademing monitoren
  - Monitoren circulatie (indirect)
- Contra-indicaties:
  - Geen

# Capnogram



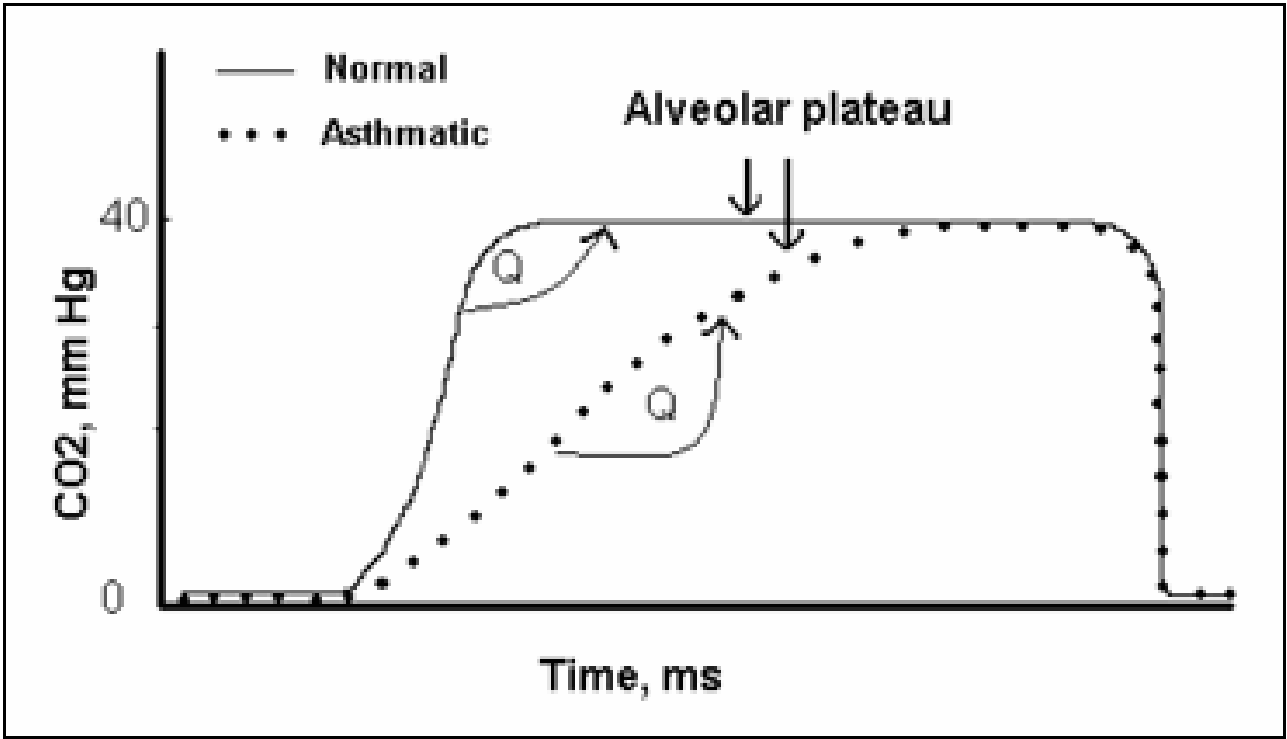
**A-B:** begin expiratie, anatomische dode ruimte, CO<sub>2</sub> = nul

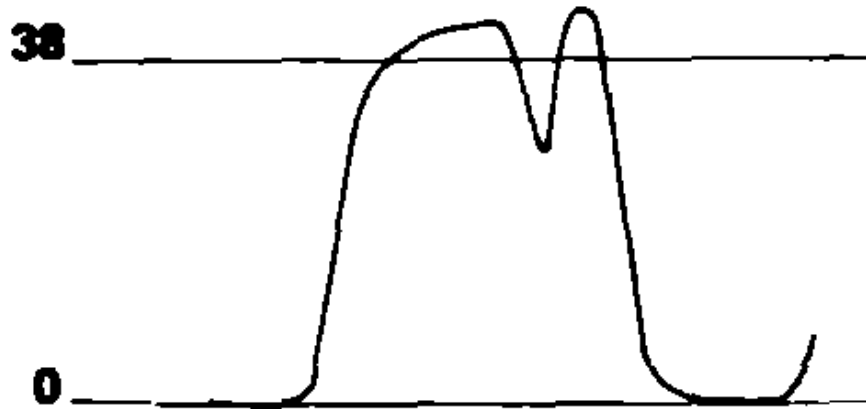
**B-C:** alveolair gas mengt met anatomische dode ruimte

**C-D:** alveolair gas

**D:** EtCO<sub>2</sub>, hierna start inspiratie







“Curare capnogram”.

Wordt veroorzaakt door discoördinatie tussen intercostaalmusculatuur en diafragma t.g.v restwerking spierverslappende medicatie.

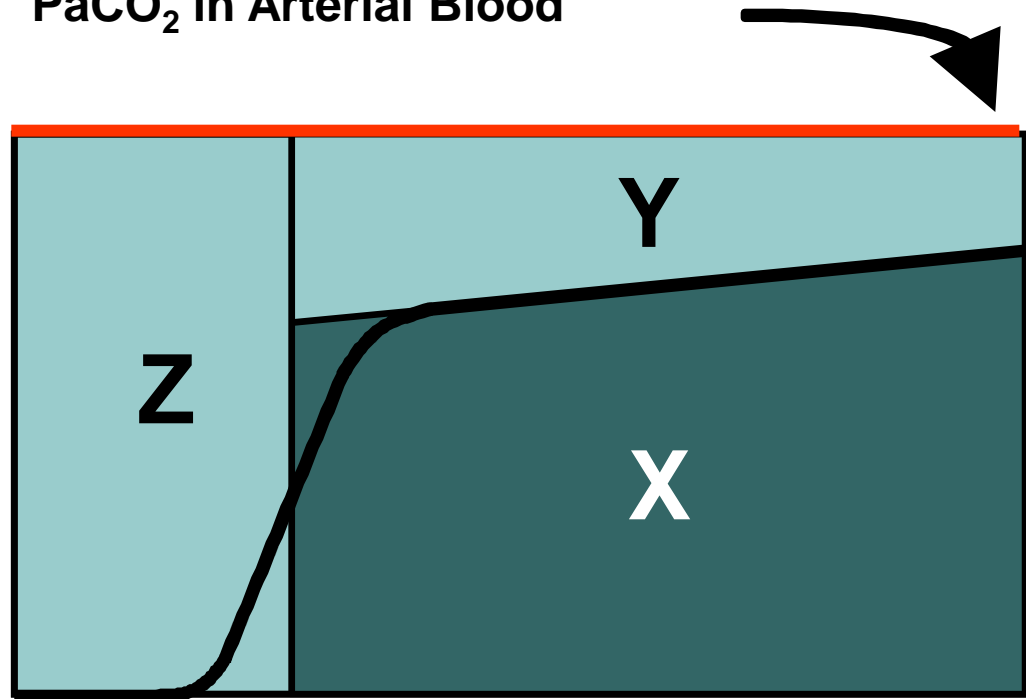
# PaCO<sub>2</sub> versus EtCO<sub>2</sub>

X = Alveolaire  
Ventilatie

Y = Alveolaire  
Dode Ruimte  
+ Shunt

Z = Anatomische  
Dode Ruimte

PaCO<sub>2</sub> in Arterial Blood



# Interpretatie EtCO<sub>2</sub>

- ↓ EtCO<sub>2</sub>:
  - hyperventilatie, shock, longembolieën.
- ↑ EtCO<sub>2</sub>:
  - hypoventilatie, toenemende cardiac output, opheffen bloedleegte, bloedtransfusies, bicarbonaatinfusie, acute (maligne) hyperthermie.

# Tegenademen

- Term uit de tijd dat vooral volumegecontroleerd beademd werd.
- Patiënt en machine zijn ernstig asynchroon.
- Zeer oncomfortabel voor de patiënt.
- Tegenwoordig vooral moderne varianten van pressure control of pressure support; hierbij staat de machine patiëntenactiviteit veel meer toe.

# Ontwennen van beademing

- **Dagelijks ontwenningsevenster**
  - Ziektebeeld herstellend of stabiel?
  - Gaswisseling adequaat? (sat > 90% bij  $\text{FiO}_2 \leq 0.4$  en  $\text{PEEP} \leq 8 \text{ cm H}_2\text{O}$ )
  - Hemodynamisch stabiel zonder inotropica (muv low dose dopamine)?
  - Is de patiënt in staat spontaan te ademen?
- **Alle vier vragen ja → spontane ademtest**
  - 30 - 60 minuten ademen met kunstneus
  - of 5-8 cm Pressure Support; bij COPD heeft Pressure Support de voorkeur.

# Afbreken spontane ademtest als

- Ademfrequentie  $> 35$ /minuut of toename  $\geq 50\%$
- RSBi  $> 105$
- Sat  $< 90\%$  of  $\text{PaO} \leq 8$  kPa met  $\text{FiO}_2 \geq 0.50$
- Hartfrequentie  $> 140$ /minuut of toename  $\geq 20\%$
- RR<sub>syst</sub>  $> 180$  mmHg of toename  $\geq 20\%$
- RR<sub>syst</sub>  $< 90$  mmHg
- Hartritmestoornissen (nieuw)
- Dyspnoe, onrust, agitatie, stress, transpireren.

# Succesvolle spontane ademtest:

- **Beoordeel voor extubatie**
  - Hoest- en slikfunctie goed?
  - Bronchiaal toilet  $\leq 1$  maal per 2 uur?
  - Bovenste luchtweg vrij?<sup>1</sup>
  - Voert opdrachten uit?
- **Een of meer vragen nee:**
  - Overweeg tracheostomie
- **Alle vier vragen ja  $\rightarrow$  extubatie**



- Bij patiënten die herhaaldelijk niet door de ademtest komen kan tracheostomie overwogen worden en moet het zelf ademen langzaam uitgebreid worden.
- Deze patiënten vereisen een multi-disciplinaire aanpak; oa optimaliseren voedingstoestand, fysiotherapie, mobiliseren, normaliseren milieu interne, psychosociale ondersteuning.

# Na extubatie

- Controle ademfrequentie, ademinspanning, ademgeluiden, saturatie, hartfrequentie, bloeddruk, psyche, transpireren, hoesten, slikken, bloedgas, enz.