



Intraoperatieve monitoring



Dr. Liesbeth Brullot
Dienst Anesthesie

UZ Leuven | Herestraat 49
B- 3000 Leuven | www.uzleuven.be
tel. +32 16 33 22 11 | UNIVERSITY HOSPITALS LEUVEN

1



Inhoud

- Inleiding
- Respiratoir systeem
- Cardiovasculair systeem
- Centraal zenuwstelsel
- Perifeer zenuwstelsel
- Temperatuur
- Literatuur

2

1. Inleiding



3

Inleiding

- Minimum standaarden ter continue evaluatie van oxygenatie, ventilatie, circulatie en temperatuur (sinds 1990 in België)
- Daarnaast vaak additionele monitoring

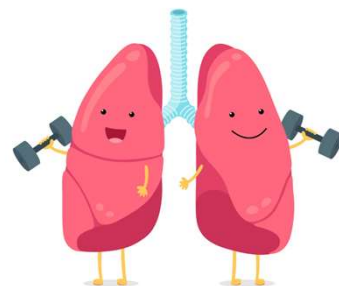
4

Inleiding

- Standaard monitoring:
 - ECG
 - Niet-invasieve bloeddruk
 - Pulse oxymetrie
 - Temperatuur
 - Inspiratoire zuurstof
 - Capnografie
 - Beademingsdrukken en tidal volume

5

2. Respiratoir systeem



6

Respiratoir systeem

- O_2
kleur- en geurloos gas, noodzakelijk voor celmetabolisme, geen zuurstof = celdood
- CO_2
eindproduct van dat metabolisme, moet verwijderd worden uit de weefsels voor een goed zuur-base evenwicht

Belang van monitoring van oxygenatie en ventilatie

30-1-2024

7

A) Oxygenatie



8

1) Pulse oxymetrie



- Saturatiemeter
- Niet-invasieve meting
- Schatting van arteriële hemoglobine saturatie (SaO₂)

30-1-2024

9

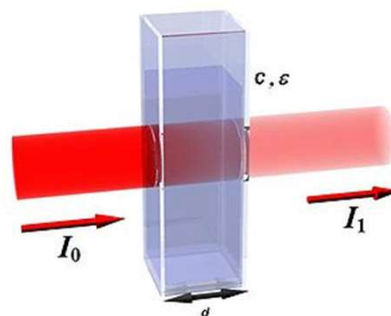
1) Pulse oxymetrie: hoe het werkt

Spectrophotometry gebaseerd op wet van Lambert-Beer

$$\frac{I_1}{I_0} = 10^{-E} = 10^{-\epsilon cd}$$

of:

$$E = \epsilon cd = -\log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right) = \log_{10} \left(\frac{I_0}{I_1} \right)$$

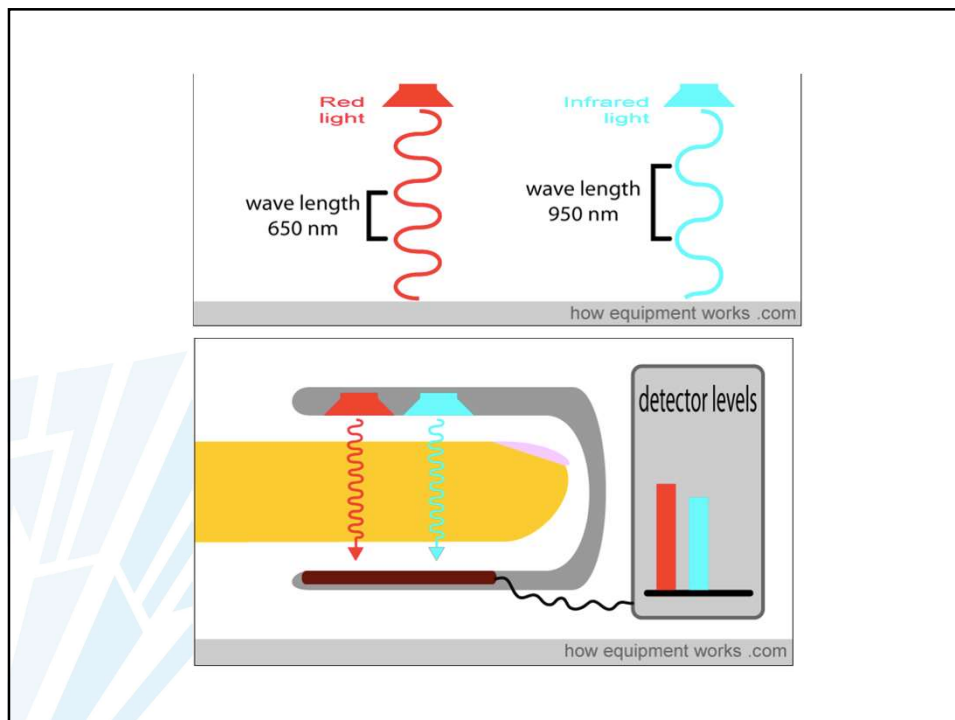


Als een lichtbundel met **intensiteit** I_0 door een absorberend materiaal valt, zal de bundel bij het verlaten van het materiaal een lagere **intensiteit** I_1 hebben. Een deel van de bundel wordt namelijk geabsorbeerd. De **extinctie** E (ook: absorptantie) hangt af van de absorberende stof in het materiaal (met **extinctiecoëfficiënt** ϵ), maar ook van de **molaire concentratie** c van die absorberende stof en de **dikte** d van het materiaal.

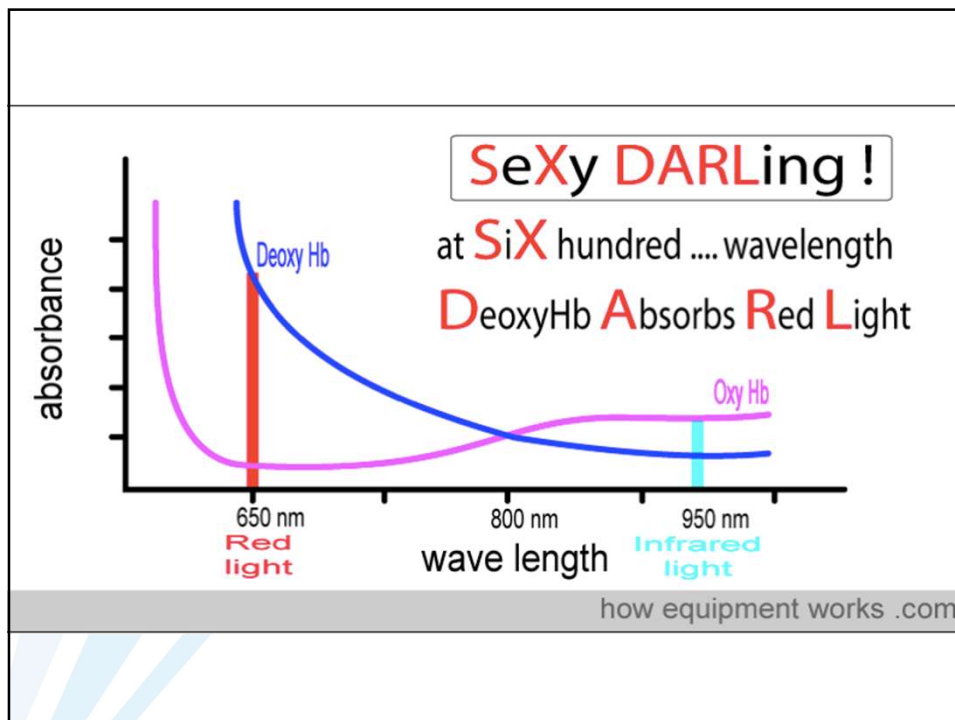
10

- Constante lichtintensiteit en hemoglobineconcentratie nodig om saturatie te kunnen berekenen
- 2 lichtgolflengtes nodig om HbO_2 van HbO te onderscheiden
- 660 nm = red light (geabsorbeerd door HbO) 940 nm = near infrared light (door HbO_2)
- Het percentage van HbO_2 wordt berekend door de ratio infrarood en rood licht te meten dat wordt opgevangen door een photodetector

11



12



13

- Plethysmografische analyse:

Onderscheid tussen pulsatieel 'arterieel' signaal en niet-pulsatieel signaal dat afkomstig is van veneus bloed, maar ook van andere weefsels. (Huid, spier en bot)

Enkel het arterieel signaal willen we overhouden.

14

$$R = \frac{\text{AC rood} / \text{DC rood}}{\text{AC IR} / \text{DC IR}}$$

Met R = absorptiegraad

AC-fractie = pulserend gedeelte van de absorpties

DC-fractie = niet-pulserend gedeelte van de absorpties

De absorptiegraad R staat in verhouding tot de SaO_2 . Deze absorptietabellen zijn gecalibreerd op basis van bloedgaswaarden afgenomen bij vrijwilligers onder verschillende hypoxische omstandigheden. Waarden onder 75% SpO_2 zijn op theoretische base geëxtrapoleerd.

R=1 komt overeen met SpO_2 85%

R=0,4 SpO_2 100%

15

Beperkingen

- Aanwezigheid van carboxyhemoglobine en methemoglobine
 - Carboxyhemoglobine (COHb) wordt voor 90% verward met HbO_2 (R-> 0.4 neigt naar SpO_2 100%)
 - Methemoglobine (MetHb) met gereduceerd Hb (R-> 1 neigt naar SpO_2 85%)
- Een bloedgaswaarde bepaling of bepalingen met de nieuwste pulsoximeters (duurdere en weinig duurzame probe), die werken met 8 golflengten, tonen deze fracties wel.
- Afwezigheid van pulsaties (vasoconstrictie door hypothermie of hypoperfusie, vasculaire pathologie, extracorporele circulatie)
- Nagellak
- Storing door omgevend TL-licht (witte lichtbundel wordt mee gemeten)
- Inspuiten van methyleenblauw of indocyaangroen
- Bewegingsartefacten

16

2) Inspiratoire zuurstof



17

- Inspiratoire zuurstof kan op 2 verschillende manieren gemeten worden door de ventilator:
 - Polarografische zuurstofmeter
 - Paramagnetische zuurstofmeter
- **Cave:** hypoxisch mengsel bij low flow en lage instelling van FiO₂



18

B) Ventilatie

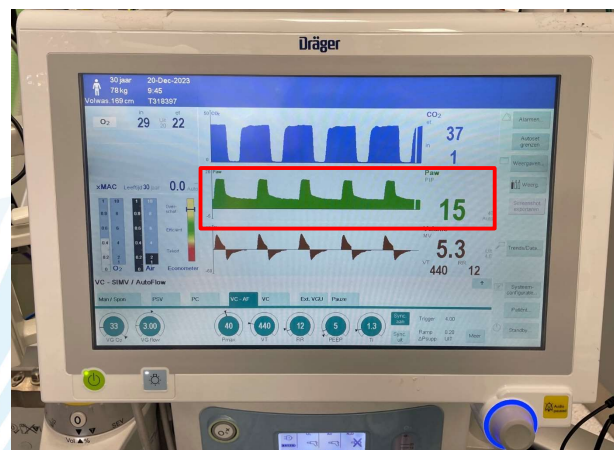


- Ademhalingsfrequentie
- AH patroon
- AH diepte

- **Klinische beoordeling** Kijk (thoraxexpansies), luister (wheezing, silent chest,...) en voel (ballon)
- Nuttig in acute situaties (spanningspneumothorax, acuut bronchospasme, endobronchiale intubatie, longoedeem, geen ventilatie,...)

19

1) Luchtwegdrukken



20

Luchtwegdruk >30cmH₂O

- Thoraxwandcompliantie ↓
 - Rigiditeit door opioïden
 - Pneumoperitoneum
 - Obesitas
 - Buikligging
 - Patiënt ademt tegen,...
- Longcompliantie ↓
 - Pneumothorax
 - Bronchospasme
 - Aspiratie
 - Longoedeem,...
- Afgeknikte tube, secreties in de tube
- Blockage of verkeerd geïnstalleerde buizen
- Te hoge tidal volumes

21

Geen drukopbouw

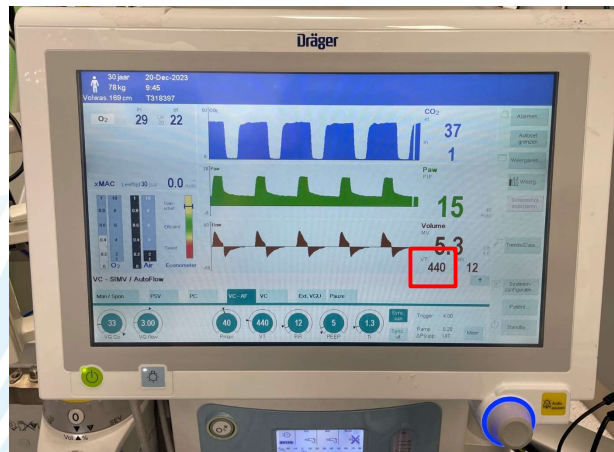
- Tube gedeconnecteerd
 - Gat in ballon
 - Gat in beademingsbuizen
 - Verlies via capnometer
 - Verlies via CO₂korrels
 - ...
- Indien oorzaak niet onmiddellijk gevonden wordt:

AMBU



22

2) Tidal volume



6-8ml/kg van het ideaal lichaamsgewicht

23

3) Capnografie/ End-tidal CO₂



24

Capnografie/ End-tidal CO₂

- Goede monitor voor
 - Ventilatie
 - Circulatie
 - Integriteit van ademhalingsstelsel

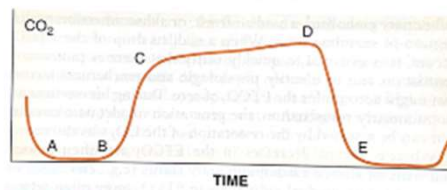
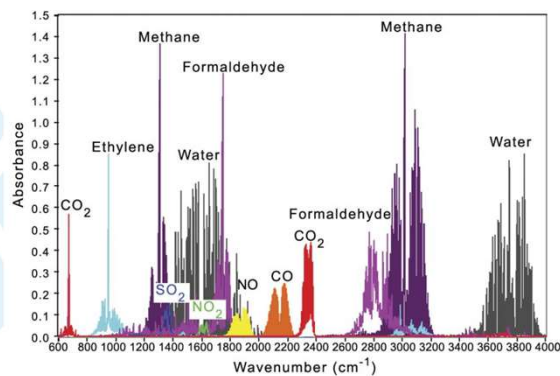


Figure 26-3 The normal capnogram. Point D delineates the end-tidal CO₂ (ETCO₂). ETCO₂ is the best reflection of the alveolar CO₂ partial pressure.

25

Hoe?

- Met behulp van infrarode absorptie
- Mainstream of sidestream



26

- Mainstream (CO₂ meting): 'in-line' meting meest correct, maar
 - Zwaarder (risico deconnectie stijgt)
 - Moet worden verhit om condensatie tegen te gaan
 - Fragieler

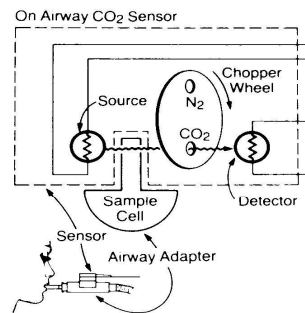


Fig. 11-19. Schematic of the Hewlett-Packard mainstream capnometer. (From Carver,¹³⁸ with permission.)

27

- Sidestream: afzuigen van 50 à 150 ml/ thv expiratie ademhalingscircuit, maar
 - Condensatie R/ Water-trap, Naphion tube
 - Verlies deel gassen beademingscircuit + pollutie OK
 - Tragere reactiesnelheid, mengen van gassen in afzuigslang

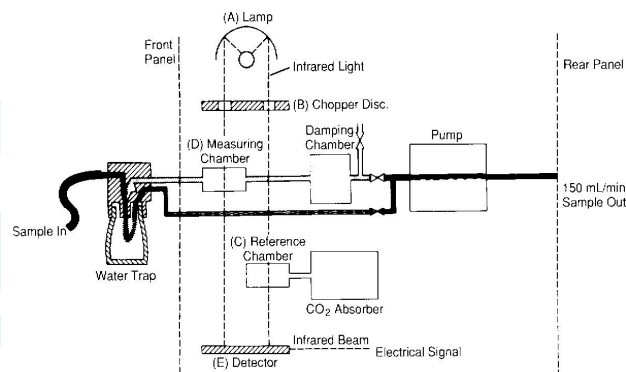
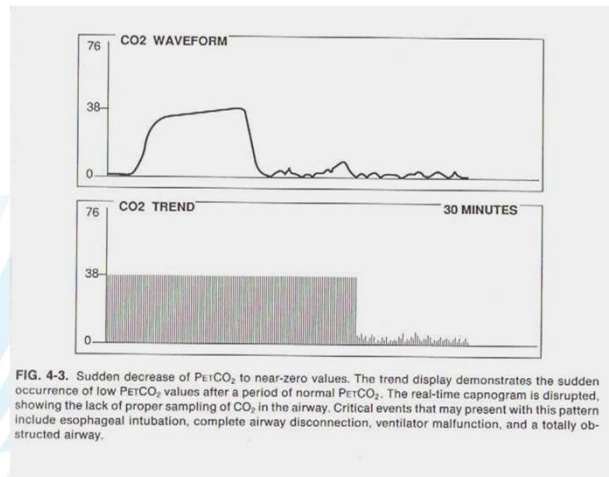


Fig. 11-18. Schematic of a clinical sidestream capnometer. (From Mogue and Rantala,⁸⁶ with permission.)

28

Capnografie (vb 1)



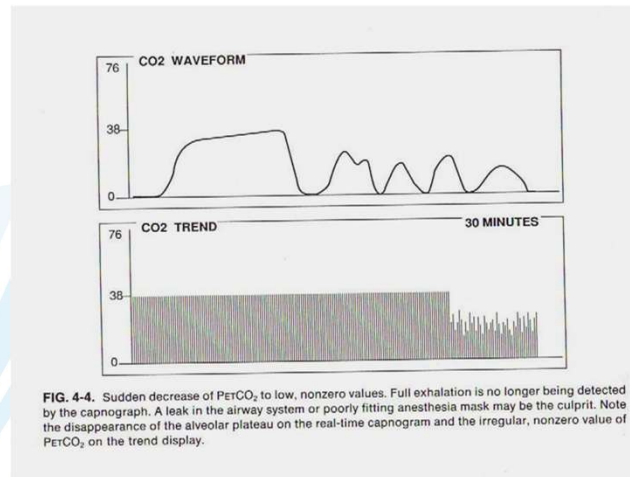
29

Capnografie (vb 1)

- Foute sampling
- Oesofagale intubatie
- Deconnectie luchtweg
- Ventilator dysfunctie
- Volledige obstructie luchtweg
- Quasi onmiddellijke probleem melder !!!
En daardoor medicolegaal noodzakelijk.

30

Capnografie (vb 2)



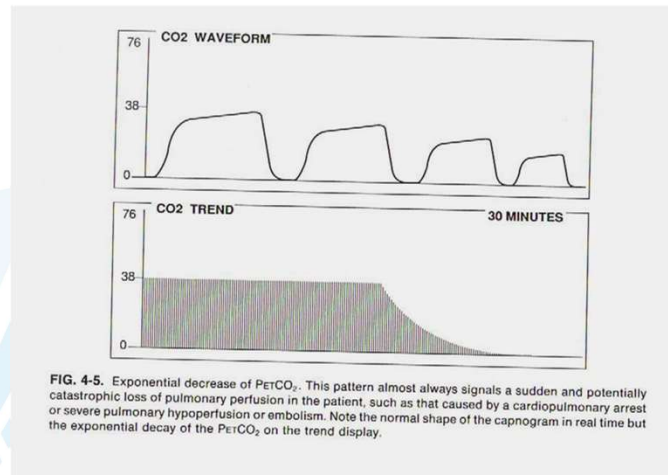
31

Capnografie (vb 2)

- Onvolledige detectie uitademing
 - Lek in luchtwegsysteem
 - Onvolledig aansluitend masker of LMA

32

Capnografie (vb 3)



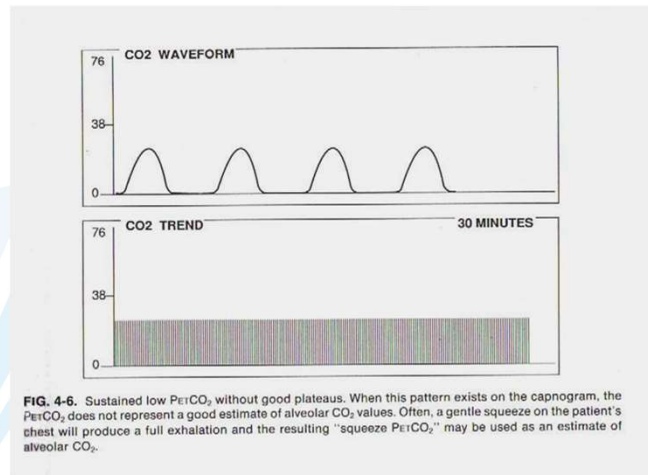
33

Capnografie (vb 3)

- Exponentiëel verlies $P_{ET}CO_2$
- Plots verlies pulmonaire circulatie, zoals bij
 - Cardiopulmonair arrest
 - Longembolie (stolsel, lucht, CO_2 bij lap'sc)
 - Verbeteren van de longperfusie laat $P_{ET}CO_2$ terug stijgen bij succesvolle reanimatie.

34

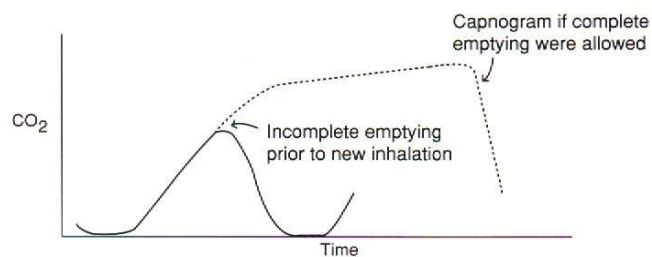
Capnografie (vb 4)



35

Capnografie

▼ Incomplete Alveolar Emptying

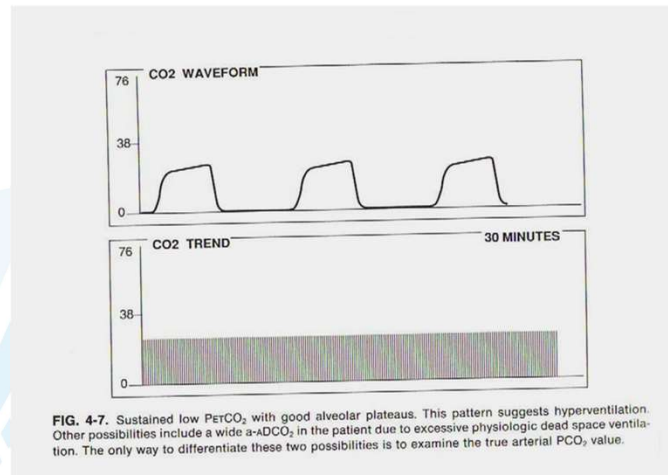


Conditions which cause incomplete alveolar emptying:

- COPD
- Asthma
- Upper airway obstruction
- Partial endotracheal tube obstruction

36

Capnografie (vb 5)



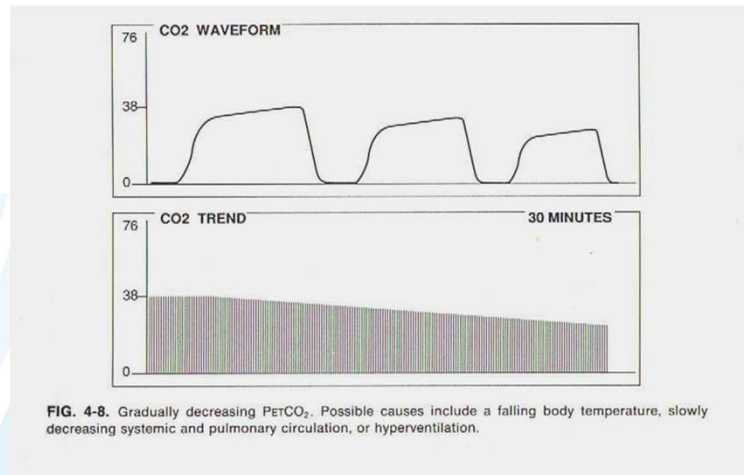
37

Capnografie (vb 5)

- Blijvend lage $P_{ET}CO_2$ met goed alveolair plateau
 - Hyperventilatie
 - Grote fysiologische dode ruimte ventilatie (groot $a-ADCO_2$). Aan te tonen met art BGW.

38

Capnografie (vb 6)



39

Capnografie (vb 6)

- Progressief dalend $P_{ET}CO_2$
 - Dalen lichaamstemperatuur
 - Progressief verminderen systeem- en pulmonaire circulatie
 - Hyperventilatie

40

Capnografie (vb 7)

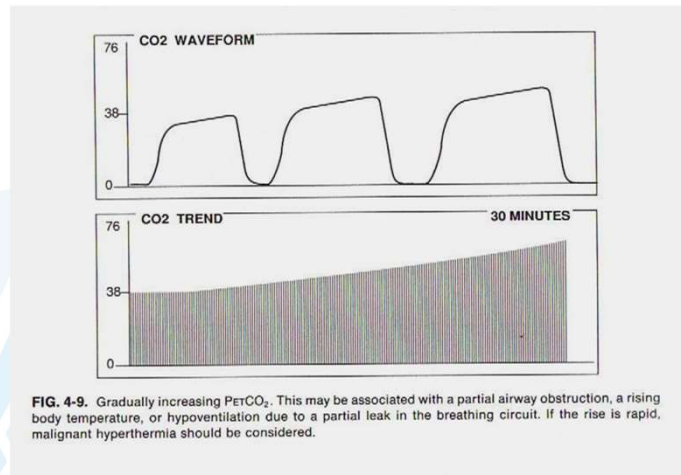


FIG. 4-9. Gradually increasing $P_{ET}CO_2$. This may be associated with a partial airway obstruction, a rising body temperature, or hypoventilation due to a partial leak in the breathing circuit. If the rise is rapid, malignant hyperthermia should be considered.

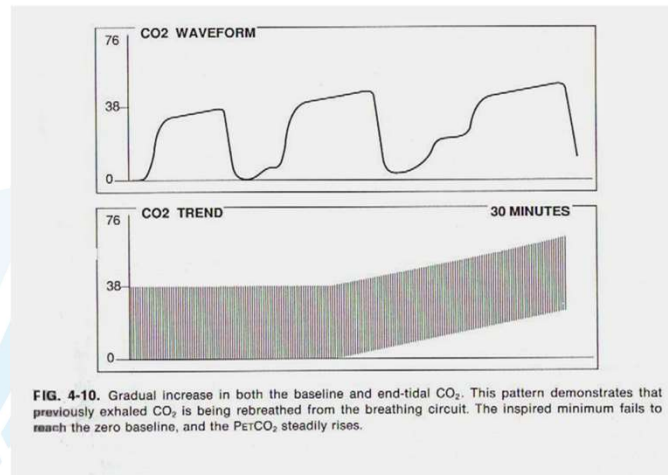
41

Capnografie (vb 7)

- Progressief oplopende $P_{ET}CO_2$
 - Partiële obstructie luchtweg
 - Hyperthermie
 - Hypoventilatie
- Snel oplopen van $P_{ET}CO_2$ is één van de eerste tekenen bij **MALIGNNE HYPERTHERMIE !**

42

Capnografie (vb 8)



43

Capnografie (vb 8)

- Progressief oplopen van baseline CO_2 en $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$
 - Rebreathing vanuit beademingscircuit (oa door uitputten CO_2 absorberende korrels)

44

Capnografie: curare capnogram

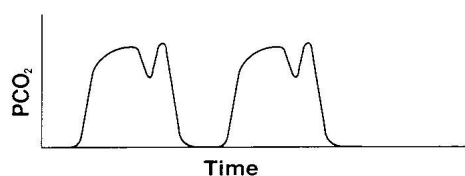


Fig. 11-22. The “curare” capnogram, so called because it is often seen when patients are recovering from neuromuscular blockade. Since the diaphragm regains neuromuscular function prior to the chest wall muscles, it may contract slightly during the end of expiration, causing a mini-inspiration and producing the notch in the end of the expiratory cycle.

45

Capnografie: cardiogene oscillaties

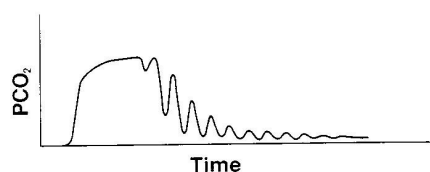


Fig. 11-23. A frequently seen capnographic pattern, especially during slow respiratory rates. The oscillations during the end of the phase III and phase IV portions of the capnogram are known as *cardiogenic oscillations*. The peaks are produced during systole as blood is pumped into the pulmonary bed producing a mini-expiration. During cardiac contraction, the right heart pumps more blood into the lungs, producing less alveolar dead space and, therefore, higher expired CO_2 values. During diastole, as blood drains from the pulmonary bed to the left heart, there is a mini-inspiration, producing a dip between each peak.

46

Capnografie: 'camel' capnogram

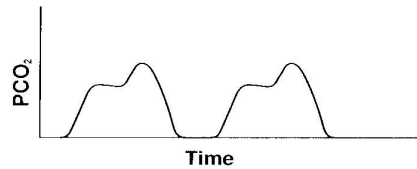


Fig. 11-21. The "camel" capnogram, so called because of the hump. This capnogram may occur when patients are placed in the lateral position, causing the upper lung to have a higher \dot{V}/\dot{Q} and, consequently, more alveolar dead space. The upper lung empties first, forming a lower plateau, because of the increased alveolar dead space. As the alveolar gas with lower lung (with lower \dot{V}/\dot{Q}) reaches the detector, there is an increase in CO_2 , causing the hump. A late phase III peak or hump may also be produced when a sidestream capnometer has a leak in the sampling tube.

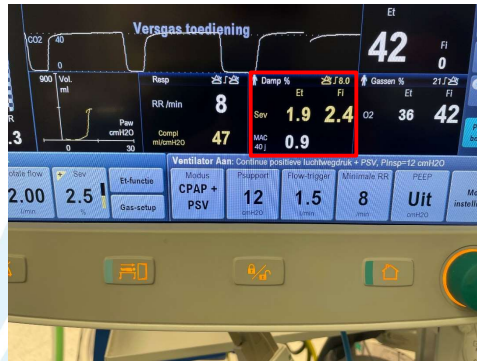
47

'Camel' capnogram

- In laterale decubitus
 - Bovenste long met hogere V/Q verhouding en meer dode ruimte ventilatie
 - Bovenste long geeft eerste 'bult' met lager plateau
 - Alveolair gas van onderste long (met lagere V/Q) geeft daarna hoogste plateau
- Door lek in sampling line (sidestream)

48

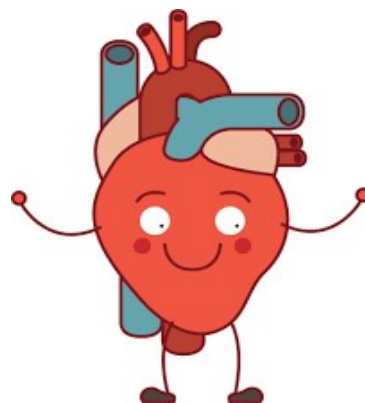
4) Anesthesiegas analyse



- Diepte van de anesthesie
- Via infrarode spectroscopie (massaspectrometrie en Raman spectroscopie zijn ook mogelijk)

49

3. Cardiovasculair systeem



50

A) ECG

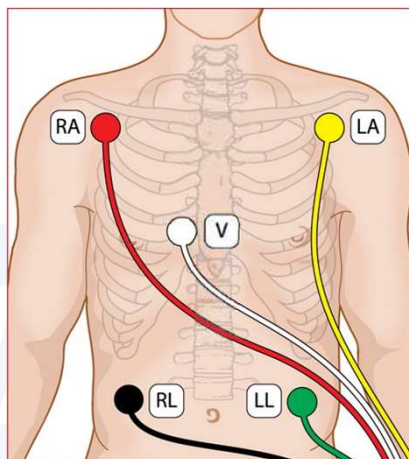
Detectie van

- Aritmieën
- Myocardische
- Elektrolytenstoornissen
- Pacemakerdysfunctie



51

ECG



- Afl II : toont 33% ischemie
- Afl V₅ : 75%
- Afl II + V₅ : 80%
- Afl II + V₄ + V₅ : 96%

5 leads dus veel sensitiever om ischemie te detecteren

52

B) Bloeddrukmeting

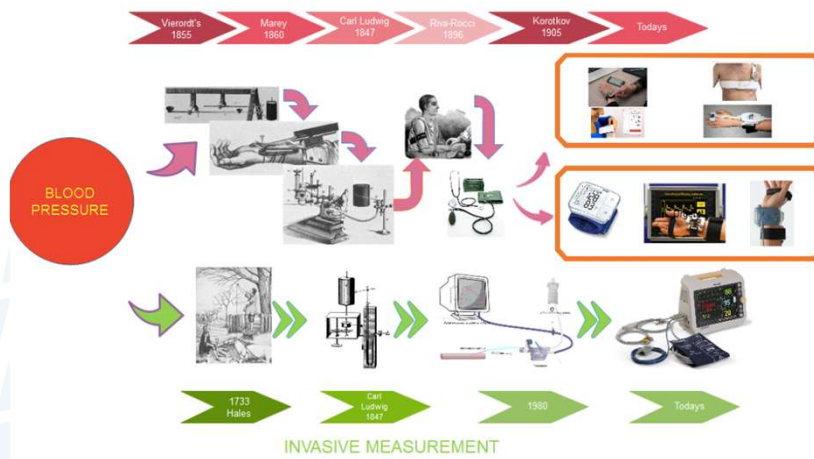


Figure 5: Historical development of Blood Pressure Measurement

Umit Sent urk, Kemal Polat, _Ibrahim Y ucedag/TurkJ Elec Eng & Comp Sci

53

Bloeddrukmeting

- Zegt iets over de circulatietoestand
- $MAP = CO \times SVR$
 - MAP = mean arterial pressure
 - CO = cardiac output
 - SVR = systeem vasculaire weerstand

54

1) Niet-invasieve bloeddrukmeting



55

Niet-invasieve bloeddrukmeting

- = automatische oscillometrische BD-meter
- Om de 3-5 min
- Cave: petechiën bij te frequente bloeddrukmetingen
- Juiste cuffbreedte!

56

Petechiën



57

Juiste cuffbreedte



Bij het omslaan van de band rond de arm moet het einde tussen de pijlen terechtkomen.

Te kleine cuff → bloeddruk vals hoog

Te grote cuff → bloeddruk vals laag

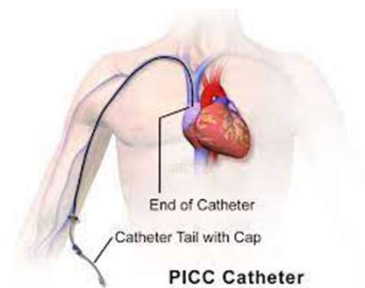
58

Contraindicaties

- Trauma (fractuur, wonde)
- Arterioveneuze fistel (dialyse)
- PICC (peripherally inserted central catheter)
- Okselklierevidement

59

PICC



60

2) Invasieve bloeddrukmeting



61

Indicaties

- Strikte bloeddrukcontrole
- Frequente bloednames
- Grote hemodynamische veranderingen
- Eind-orgaan falen
- Ventilatie-perfusie mismatch (1 long ventilatie, ARDS, pulmonale hypertensie,...)
- Niet-invasieve meting onbetrouwbaar (brandwonden, trauma, dysritmieën)

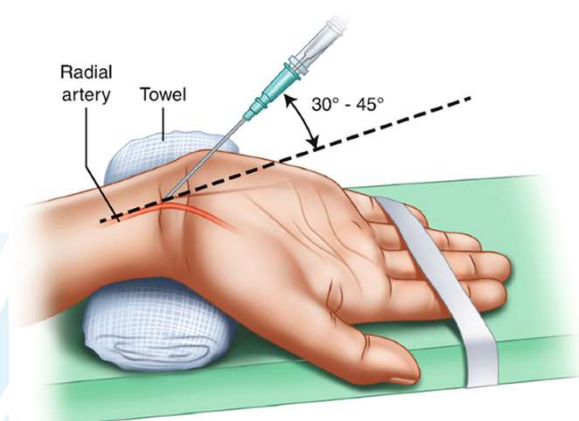
62

Contraindicaties

- Perifeer vasculaire aandoeningen (meer kans op ischemie)
vb: Raynaud, ziekte van Buerger
- Infectie of weefselbeschadiging ter hoogte van de insteekplaats

63

Plaatsing

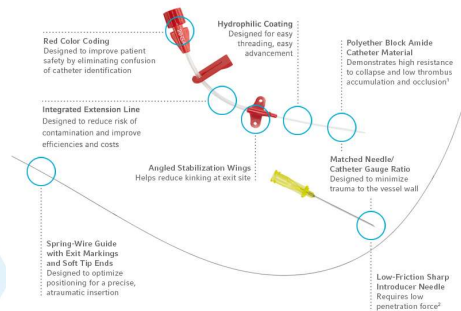


- Aanprikken in 45°
- Bloed in de hub → hoek veranderen naar 30° en 2mm verder inbrengen
- Catheter over de naald schuiven

<https://doi.org/10.1111/1742-6723.14148>

64

Plaatsing: Seldinger techniek

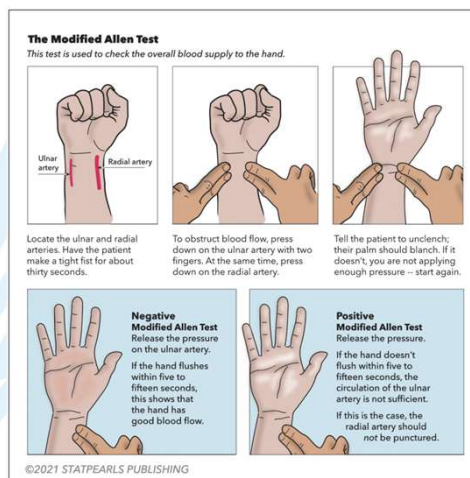


- Aanprikken met introducer naald
- Opschuiven van guide-wire
- Naald verwijderen, catheter over de guide schuiven
- Guide verwijderen
- Steriele procedure

65

Waar te plaatsen

- Arteria radialis
 - Toegankelijk
 - collateraal bloedtoevoer via a. ulnaris (Allen test)



66

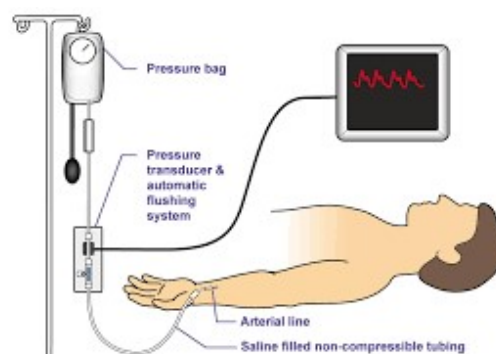
Waar te plaatsen

Table 26-3 Arterial Cannulation and Direct Blood Pressure Monitoring

Arterial Cannulation Site	Clinical Points of Interest
Radial artery	Preferred site for monitoring Nontapered catheters preferred
Ulnar artery	Complication similar to radial Primary source of hand blood flow
Brachial artery	Insertion site medial to biceps tendon Median nerve damage is potential hazard Can accommodate 18-gauge cannula
Axillary artery	Insertion site at junction of pectoralis and deltoid muscles Specialized kits available
Femoral artery	Easy access in low-flow states Potential for local and retroperitoneal hemorrhage Longer catheters preferred
Dorsalis pedis artery	Collateral circulation = posterior tibial artery Higher systolic pressure estimates

67

Het systeem

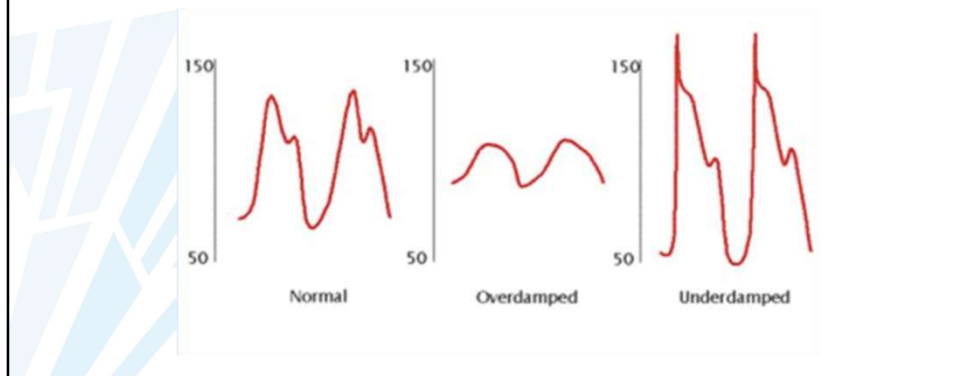


- Arteriële drukgolf wordt doorgestuurd via met vocht gevulde lijnen naar de transducer
- Fourier analyse om de golf om te zetten naar elektrisch signaal
- Calibratie nodig tov heersende atmosferische druk (nullen)
- Transducer op de hoogte van het hart
- Langzame spoeling door flushsysteem nodig (geen verstopping van de catheter)

68

Beperkingen

- Foutieve waarden door
 - Resonantie (vb: te lange lijnen)
 - Overdreven demping (vb: onverharde lijnen, lucht, thrombusvorming in de catheter, drukzak niet voldoende opgeblazen, catheter tegen de wand,...)



69

Complicaties

- Ischemie
- Bloeding
- Trombose
- Embool
- Cerebraal lucht embool
- Aneurysma
- Arterioveneuze fistel
- Huidnecrose
- Infectie
- Zenuwshade door plaatsing

70

Complicaties

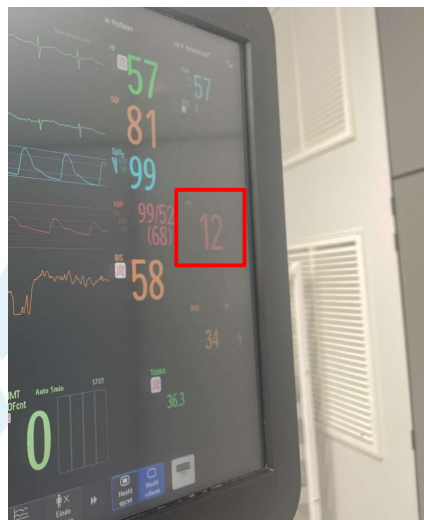
- Cave: bloed geaspireerd via arteriële lijn **NOOIT** arterieel terug inspuiten (tenzij via gesloten systeem)
- Grote kans op **trombo-embolie !!!!**



gesloten systeem

71

Pulse Pressure Variation (PPV)



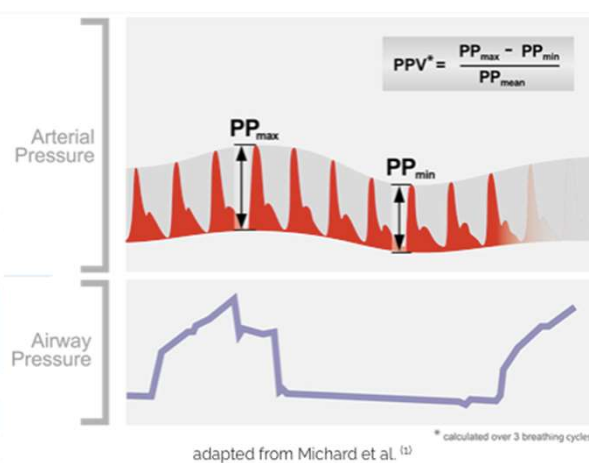
72

Pulse Pressure Variation (PPV)

- kwantificeert de veranderingen in arteriële polsdruk tijdens mechanische ventilatie
- Hoe groter de veranderingen, hoe meer de positieve druk van de beademing invloed heeft op de polsdruk, hoe meer ondervuld de patiënt is
- voorspelt vochtresponsiviteit
 - >13% vochtresponsief
 - 9-13% grijze zone
 - <9% niet vochtresponsief

73

Pulse Pressure Variation (PPV)



1) Michard et al. Clinical use of respiratory changes in arterial pulse pressure to monitor the hemodynamic effects of PEEP. Am J Respir Crit Care Med (1999) vol. 159 (3) pp. 935-9

74

C) Centraal veneuze en pulmonaal arteriële druk



75

1) Centraal veneuze catheter

- Vasculair acces (vocht, antibiotica, anestetica, TPN, vasoactieve medicatie)
- Meting van CVD (centraal veneuze druk)
- Therapie voor veneuze luchtembolen



76

CVD

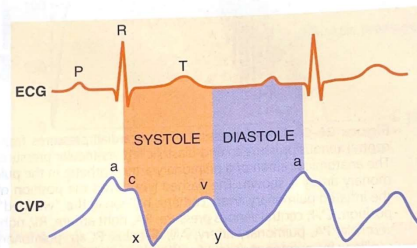


Figure 26-7 The normal central venous pressure (CVP) trace. ECG, electrocardiogram. (Adapted from Mark JB. Central venous pressure monitoring: Clinical insights beyond the numbers. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 1991;5:163-173.)

Waveform Component	Phase of Cardiac Cycle	Mechanical Event
a wave	End diastole	Atrial contraction
c wave	Early systole	Tricuspid bulging (IVC)
v wave	Late systole	Systolic filling of the atrium
x descent	Mid systole	Atrial relaxation
y descent	Early diastole	Early ventricular filling

77

CVD

- Correleert met rechter ventriculaire preload
- En dus met de volumestatus van de patiënt
- Eerder relatief te bekijken dan het absolute cijfer (8-12mmHg)

78

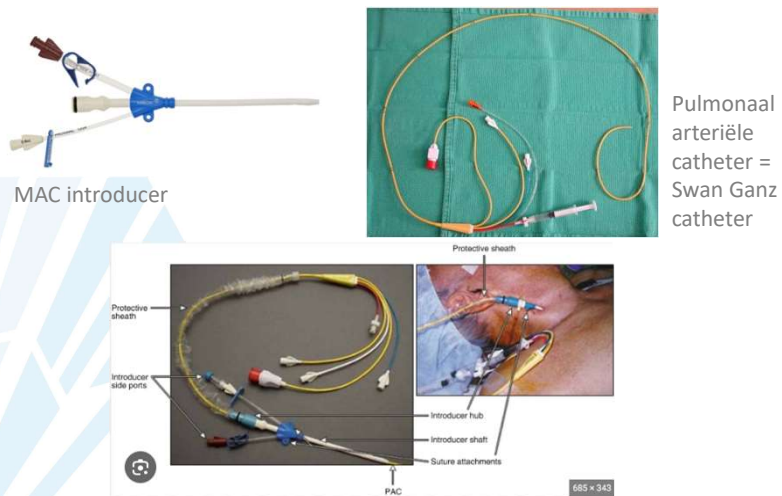
Contraindicaties CVC

- **Absoluut**
 - Vena cava superior syndroom
- **Relatief**
 - Infectie op de prikplaats
 - Coagulopathie
 - Recent geplaatste pacemaker leads

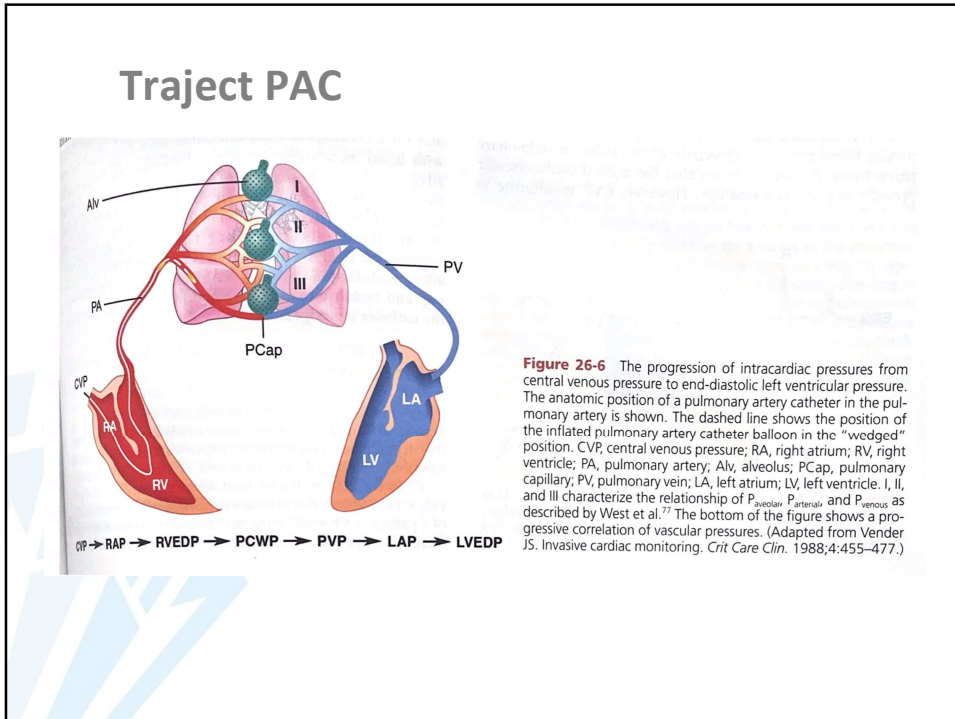
79

2) Pulmonaal arteriële catheter

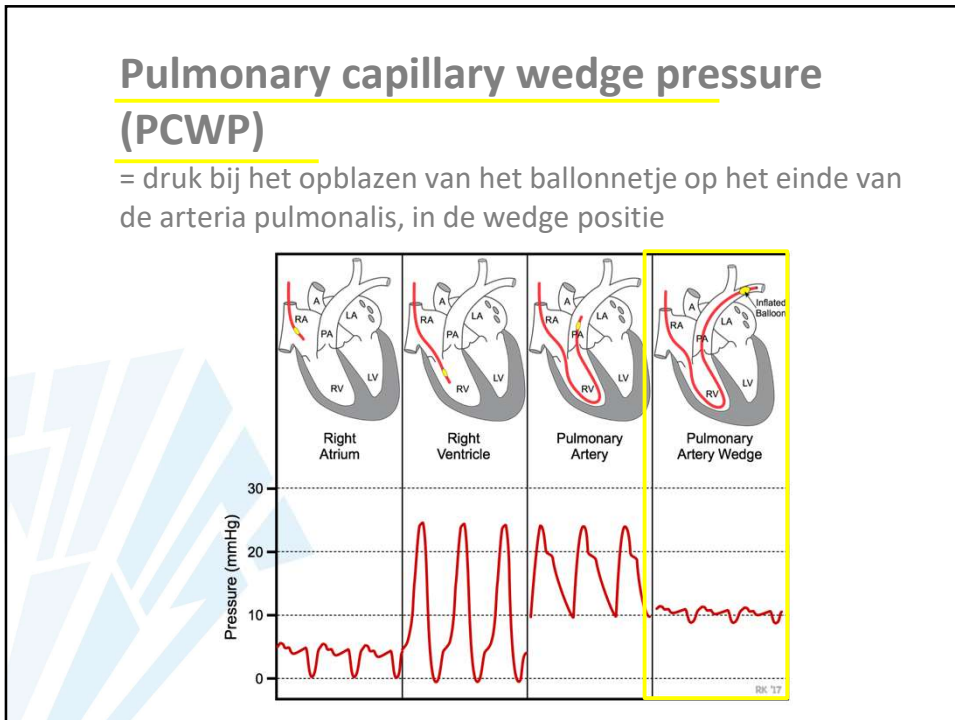
- Via introducer
- Meting van PAP (pulmonary artery pressure)



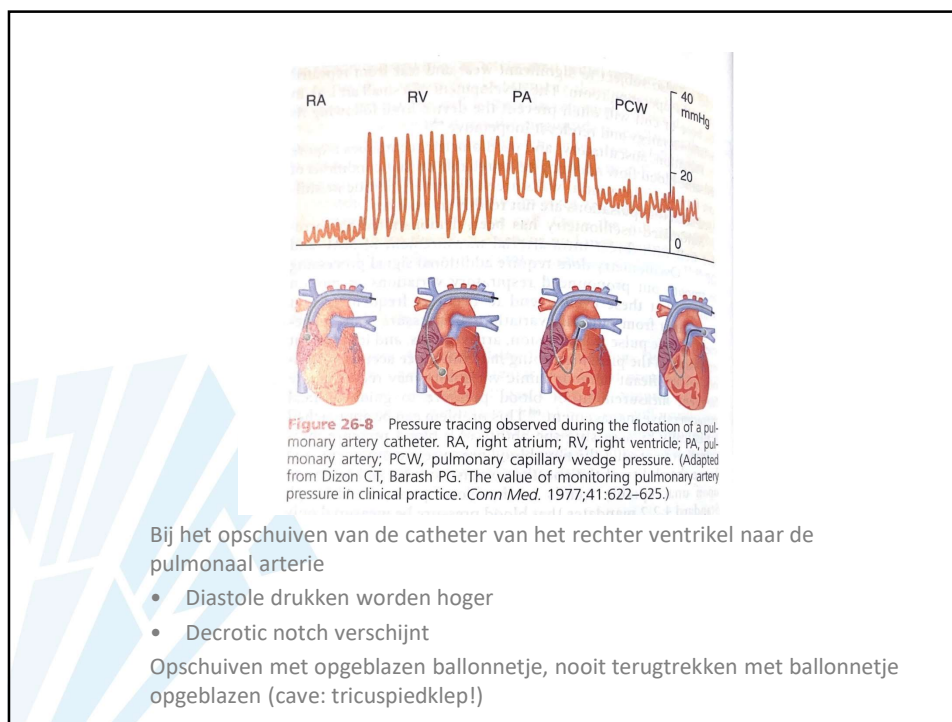
80



81



82



83

Normaalwaarden

Parameter	Measurement	Normal values
Systemic (aortic) pressure	Systolic/diastolic (mean)	140/90 (105) mm Hg
LV pressure	Systolic/end-diastolic	140/12 mm Hg
Right atrial pressure	Mean	6 mm Hg
Right ventricular pressure	Systolic/end-diastolic	25/2 mm Hg
Pulmonary artery pressure	Systolic/diastolic (mean)	25/12 (16) mm Hg
Pulmonary artery wedge pressure	Mean	12 mm Hg

Cornelissen, Heinrich & Arrowsmith, JE. (2006). Preoperative assessment for cardiac surgery. *Continuing Education in Anaesthesia, Critical Care & Pain.* 6. 109-113. 10.1093/bjaceaccp/mkl013.

84

Indicaties PAC

- Ernstige pulmonaal hypertensie
- Differentiatie cardiogene/ niet-cardiogene shock (cardiac output meting en gemengd veneuze saturatie)

85

Contraindicaties PAC

Idem contra-indicaties CVC +

- **Absoluut**
 - Stenose tricuspid/pulmonaalklep
 - Tumor of thrombus in RA/RV
 - Tetralogie van Fallot
 - ASD/VSD
- **Relatief**
 - Onvoldoende gecontroleerde aritmieën

86

Complicaties CVC/PAC

Table 26-4 Adverse Effects Associated with Pulmonary Artery Monitoring

Complication	Reported Incidence (%)
Central venous access	
Arterial puncture	0.1–1.3
Postoperative neuropathy	0.3–1.1
Pneumothorax	0.3–4.5
Air embolism	0.5
Flotation of pulmonary artery catheter	
Minor dysrhythmias	4–68.9
Ventricular tachycardia or fibrillation	0.3–62.7
Right bundle-branch block	0.1–4.3
Complete heart block (prior left bundle-branch block)	0–8.5
Complications associated with catheter residence	
Pulmonary artery rupture	0.03–1.5
Positive cultures from catheter tip	1.4–34.8
Sepsis secondary to catheter residence	0.7–11.4
Thrombophlebitis	6.5
Venous thrombosis	0.5–66.7
Pulmonary infarction	0.1–5.6
Mural thrombus	28–61
Valvular or endocardial vegetations	2.2–100
Deaths attributed to pulmonary artery catheter	0.02–1.5

Reprinted with permission from American Society of Anesthesiologists Task Force on Pulmonary Artery Catheter. Practice guidelines for pulmonary artery catheterization: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Pulmonary Artery Catheterization. *Anesthesiology*. 2003;99(4):988–1014.

87

D) Cardiac output via pulmonaal arteriële catheter



88

Cardiac output (CO)

- Wordt gemeten via thermodilutiecatheter (Swan Ganz met thermodilutie)
- 2 manieren van thermodilutie
 - Injectie van koude bolussen thv rechter atrium
 - Korte lichte opwarming (=Vigilance catheter) thv rechter atrium
- Temperatuurverandering wordt gemeten aan de tip van de catheter
- Oppervlakte onder de tijdscurve van die temperatuurverandering staat omgekeerd in verhouding tot de CO
- Normaalwaarden: 4-8 L/min

89

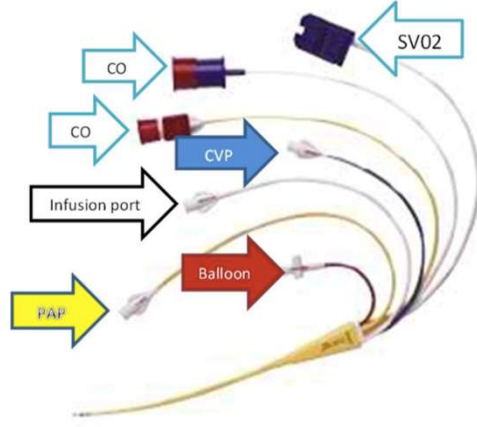
E) Gemengd veneuze saturatie



90

S_{vO_2}


- Gemeten via Swan Ganz catheter
- Normaalwaarde: 75%
- O_2 reserves?



The diagram shows a Swan-Ganz catheter with several ports and sensors. From top to bottom, the ports are labeled: CO (two ports), SV02 (a blue port with a white arrow pointing left), CVP (a blue port with a white arrow pointing right), Infusion port (a white port with a white arrow pointing right), PAP (a yellow port with a white arrow pointing right), and Balloon (a red port with a white arrow pointing right). The catheter is shown as a long, thin tube with a yellow tip.

91

4. Centraal zenuwstelsel



The illustration shows a pink brain with a face, wearing black-rimmed glasses. Above the brain is a grey zigzag line, suggesting a thought or signal. The brain has two small arms and two legs.

92

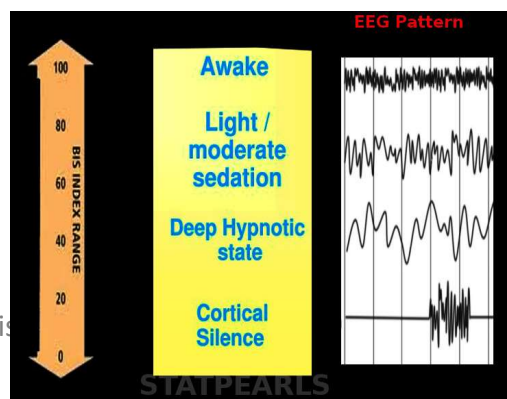
A) BIS monitoring



93

BIS

- = bispectrale analyse
- Narcosediepte bij totaal intraveneuze anesthesie
- Analyseert frontale hersenactiviteit
- Op basis van EEG golven (frequentie, grootte,...)
- 100 = wakker, 0 = iso-elektrisch signaal
- Streefwaarde: 40-60



94

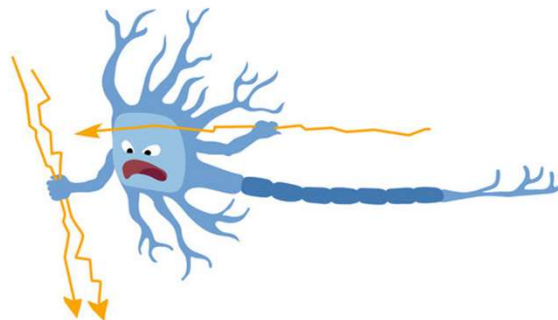
BIS

- Door de complexe berekeningen is er een delay van 104 seconden tussen inductie en dalen van de BIS
- SQI = signal quality index
 - Voorspelt de betrouwbaarheid van het signaal
 - Hoe hoger de SQI, hoe betrouwbaarder



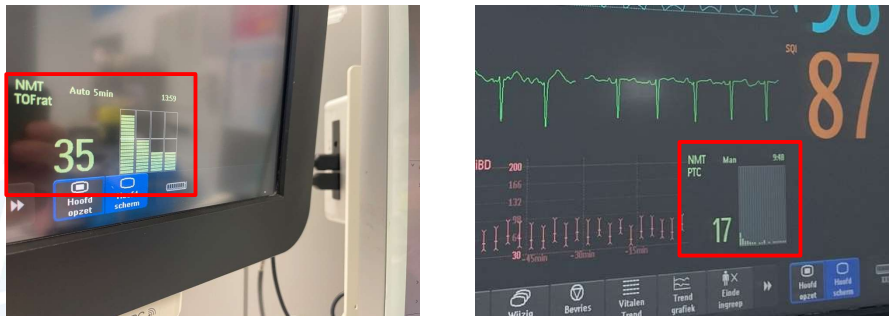
95

5. Perifeer zenuwstelsel



96

A) Neuromusculaire monitoring



97

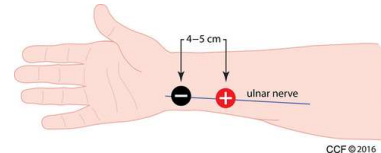
Neuromusculaire monitoring

- Zekerheid volledig herstel van neuromusculair block
- 41% heeft postoperatief een residueel neuromusculair block na intermediair werkende neuromusculaire blockers (vb: rocuronium) indien geen monitoring wordt gebruikt (grote meta-analyse)
- TOF = train of four is de standaard
- PTC = post-tetanic count na tetanische stimulatie (indien TOF = 0)

98

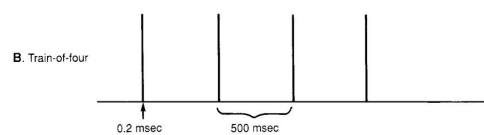
Neuromusculaire monitoring

- Elektrische stimulatie thv n. ulnaris (40-70mA)
- Antwoord = oppositie van de duim (m. adductor pollicis)
- Plakkers radiaal van pees van m. flexor carpi ulnaris
- Negatieve electrode (zwart) 1-2 cm weg van polsplooi
- Positieve electrode (rood) meer proximaal
- Piëzo-electrisch kristal thv duim (acceleratie x massa = kracht)



99

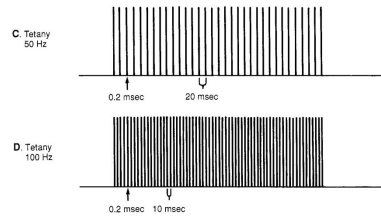
Train of Four



- Vier aparte stimuli iedere halve seconde met een frequentie van 2Hz
- Verhouding tussen de kracht van het eerste en het vierde antwoord
- Gebaseerd op 'fade': progressieve afname van het antwoord bij een partieel niet-depolariserend blok door blokkade van de presynaptische acetylcholinereceptor
- TOF = 1 = 1x contractie van de spier op 4 antwoorden
- TOF = 35% = 4x contractie van de spier, de laatste contractie is slechts 35% zo krachtig als de eerste
- Voldoende decurarisatie: TOF = 90%
- Voldoende chirurgische relaxatie: TOF = 1 tot 2/4

100

Tetanische stimulatie

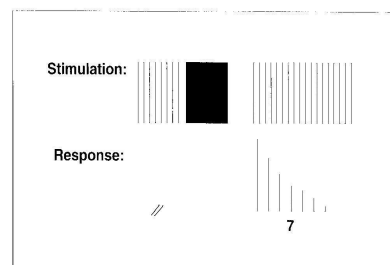


- Tetanische stimulatie aan 50 of 100 Hz gedurende 5 seconden.
- Zeer pijnlijk. Enkel bij diepe narcose toe te passen wanneer geen antwoord volgt op TOF.

101

Post Tetanic Count

- 3 seconden na tetanische stimulatie
- 15x single twitches
- Antwoorden worden geteld
- 0-6 = intens block
- Post tetanic count (PTC) laat toe de curarisatiegraad te volgen bij een te diep motorisch blok (met TOF van 0)



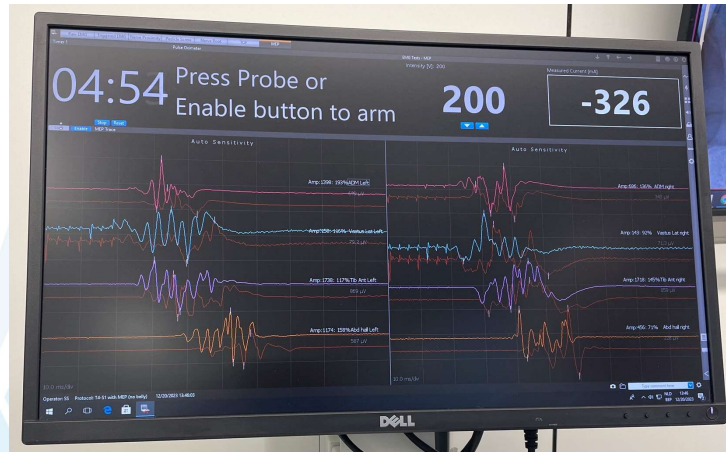
Post Tetanic Count (PTC).

A very deep (intense) neuromuscular block can be monitored by counting the number of single twitches visible after 3 seconds following a 5-second tetanic stimulation. This number can vary between 0 and 12. 0 - 6 twitches indicate an intense block. The PTC can only be tested when the TOF count is 0.

Adapted from Viby Mogensen, J. Anesthesia. Ed., Miller R., Churchill Livingstone. Fourth edition; chapter 39: 1345-1361.

102

B) Geëvoceerde potentialen



MEP's (= motorisch geëvoceerde potentialen)

103

Geëvoceerde potentialen (EP)

- MEP's en SSEP's (motorisch en somatosensorisch)
- Bij operaties met mogelijks neurologische beschadiging (vb: scoliosefusie)

104

MEP's

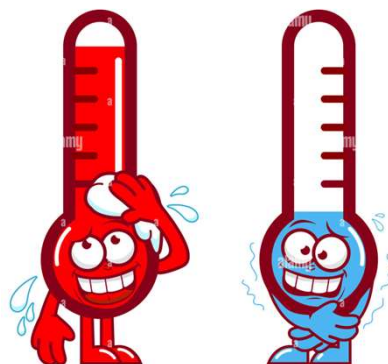
- Monitoring van de integriteit van de motorische banen in het perifeer en centraal zenuwstelsel
- Stimulus (elektrisch via naald in de scalp) wordt thv motorische cortex gegeven
- Motorische respons wordt gemeten thv de spier via naaldjes
- **Geen curarisatie!!**

SSEP's

- Monitoring van de integriteit van de sensorische banen in het perifeer en centraal zenuwstelsel (enkel dorsal column-lemniscal systeem = druk en proprioceptie)
- Stimulus wordt thv de huid van de extremiteiten gegeven
- Respons wordt gemeten thv de somatosensorische cortex

105

6. Temperatuur



106

- Indien ingreep > 1 uur
- Rectaal, nasopharynx, slokdarm of via de blaassonde



107

7. Aanbevolen literatuur

- Clinical anesthesia, eight edition. P.G. Barash Hoofdstuk 5: perioperative monitoring
- Conceptual and technical insights into the basis of neuromuscular monitoring. M. Naguib, S. J. Brull, K. B. Johnson. Anaesthesia. Volume 72, Issue S1

108

