

Het EtCO₂ in relatie tot myocardiale contractiliteit tijdens VA-ECMO

Daphne Keuenhof

Intensive Care Practitioner, uitstroomprofiel circulatie i.o. &

IC- verpleegkundige

Afdeling: Intensive Care



Presentatie *Research*
11 oktober 2023



<https://clinicaquest-hospital/wp-content/uploads/sites/7/2021/10/ecmo-768x768.jpg>



Inhoud

Welkom

IC
HagaZiekenhuis

Onderzoek

Gediplomeerd
Hoe nu verder?

Dankwoord

Vragen

Welkom



Hallo



Daphne Keuenhof

📍 Den Haag









Intensive Care HagaZiekenhuis





Daphne Keuenhof

werkt het liefst:

Werkgroepen:

- Circulatie
- Reanimatie
- Spoed interventie team (SIT)
- Obstetrie/gynaecologie

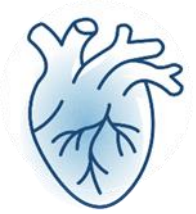


HagaAcademie

- Advanced Life Support
- SIT/EWS

- late dienst
- nachtdienst
- 12-uurs
nachtdienst
- 12-uurs
dagdienst
- (...)
- (...)
- dagdienst

Intensive Care Practitioners





Intensive Care

Opname capaciteit	24-28 bedden
Personele capaciteit	12-16 bedden
Niveau	3
Specialisatie	interventiecardiologie, cardio-thoracale chirurgie



**Zorgzaamheid
Innovatie
Samenwerking**



Intensive Care

Opnames 2022	N= 1900	
Cardiopulmonale chirurgie	n= 875	(46%)
OHCA	n= 79	
Ligdagen	N= 5315	
Beademingsdagen	N= 2307	(43%)

Opnames 2023 (t/m 1/9)	N= 1234	
Cardiopulmonale chirurgie	n= 560	(45%)
OHCA	n= 51	
Ligdagen	N= 3506	
Beademingsdagen	N= 1497	(43%)





ECMO programma

Start ECMO verpleegkundigen	januari 2019 34
01-2019 t/m 12-2022	VA-ECMO (N=50) VV-ECMO (N=13)
01-2023- heden	VA-ECMO (N=14) VV-ECMO (N=2)
ECMO studies	On-scene REMAP ECMO



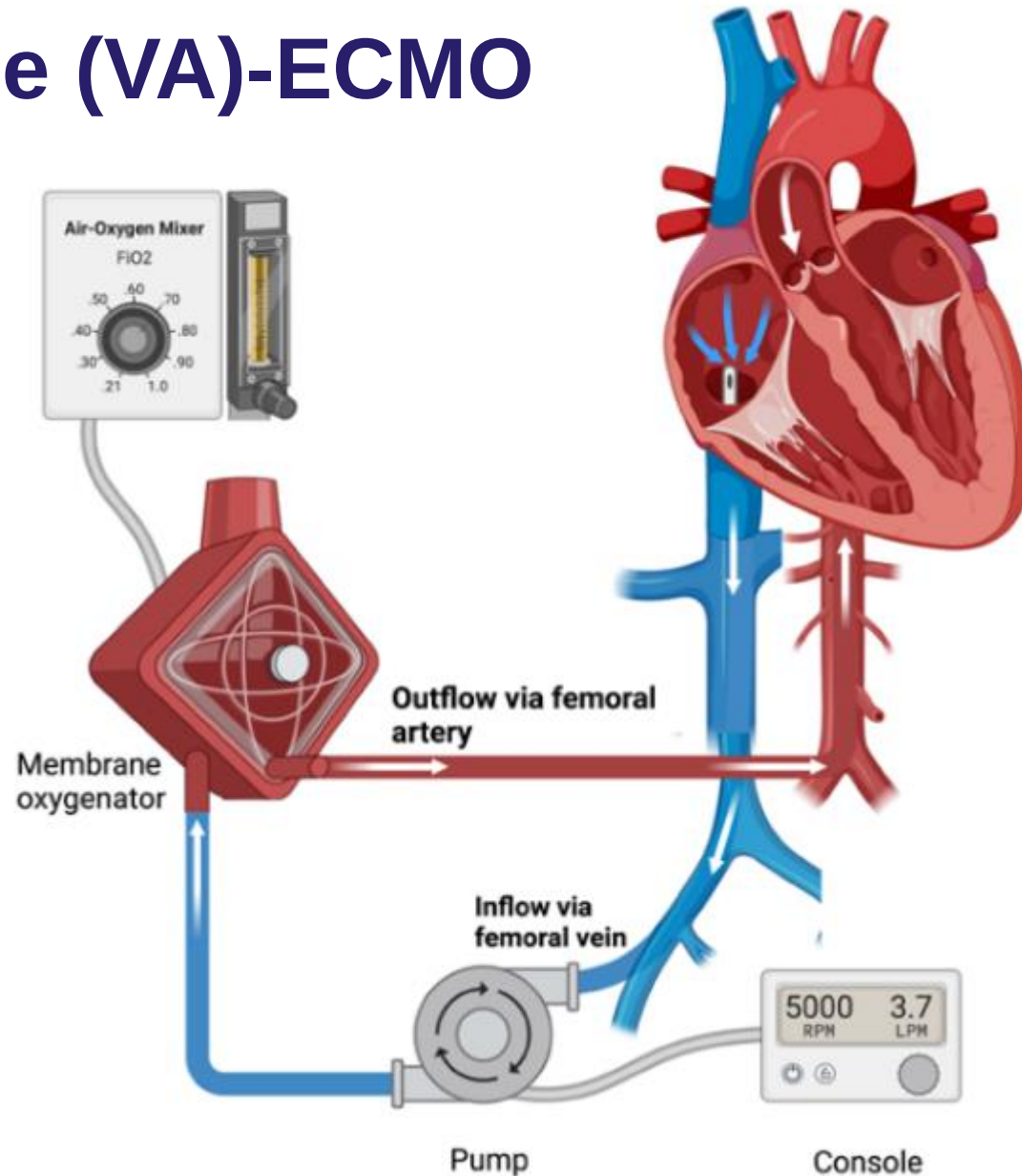
Veno Arteriële (VA)-ECMO

Cardiogene shock

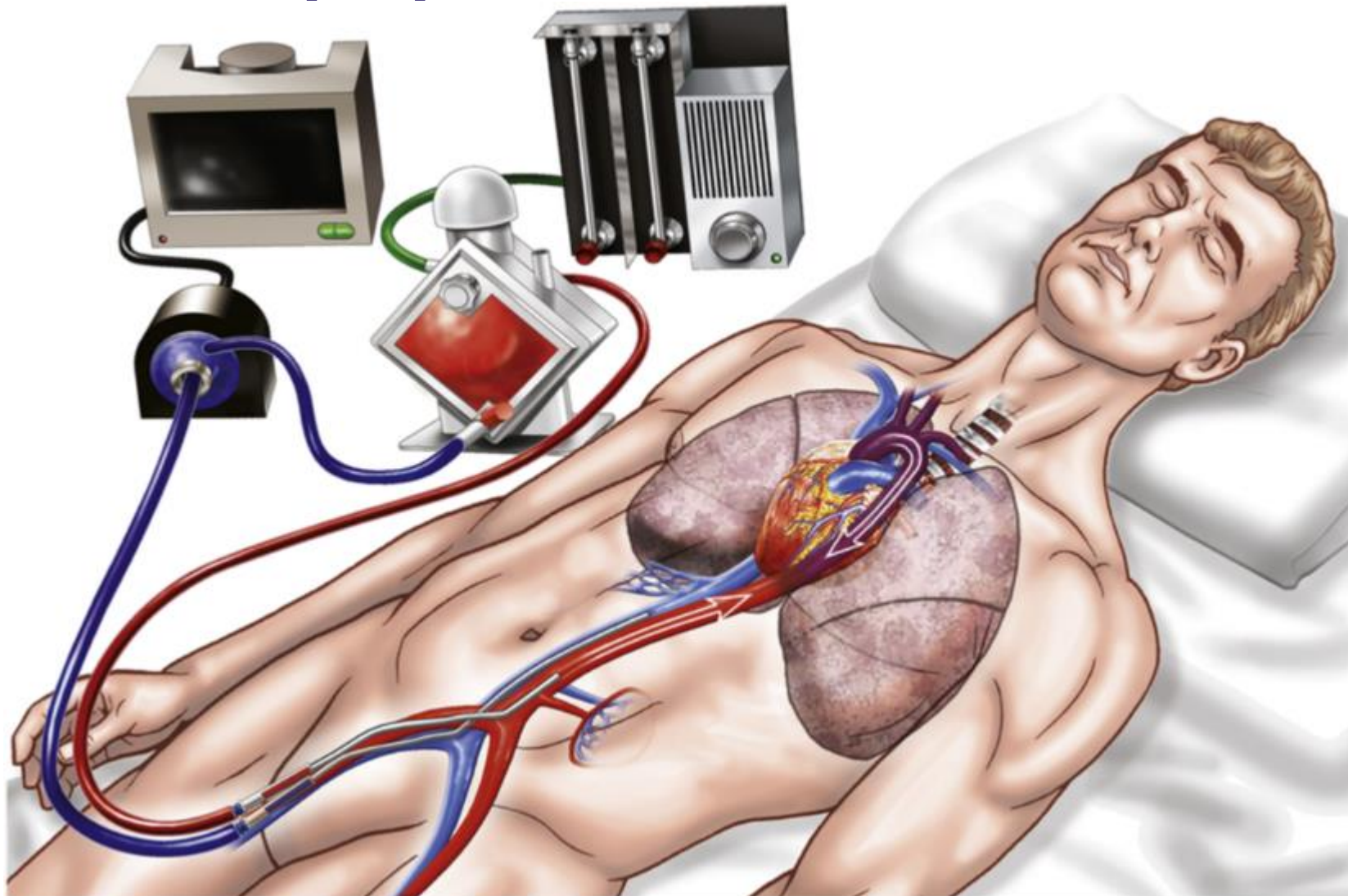
Lage cardiac output

Cardiopulmonaal
arrest

???



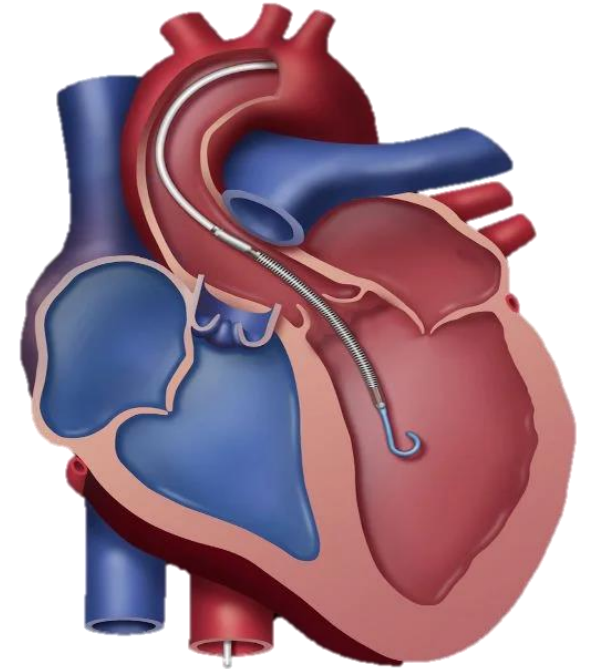
Veno Arteriële (VA)-ECMO



Aanleiding onderzoek



Klinische situatie



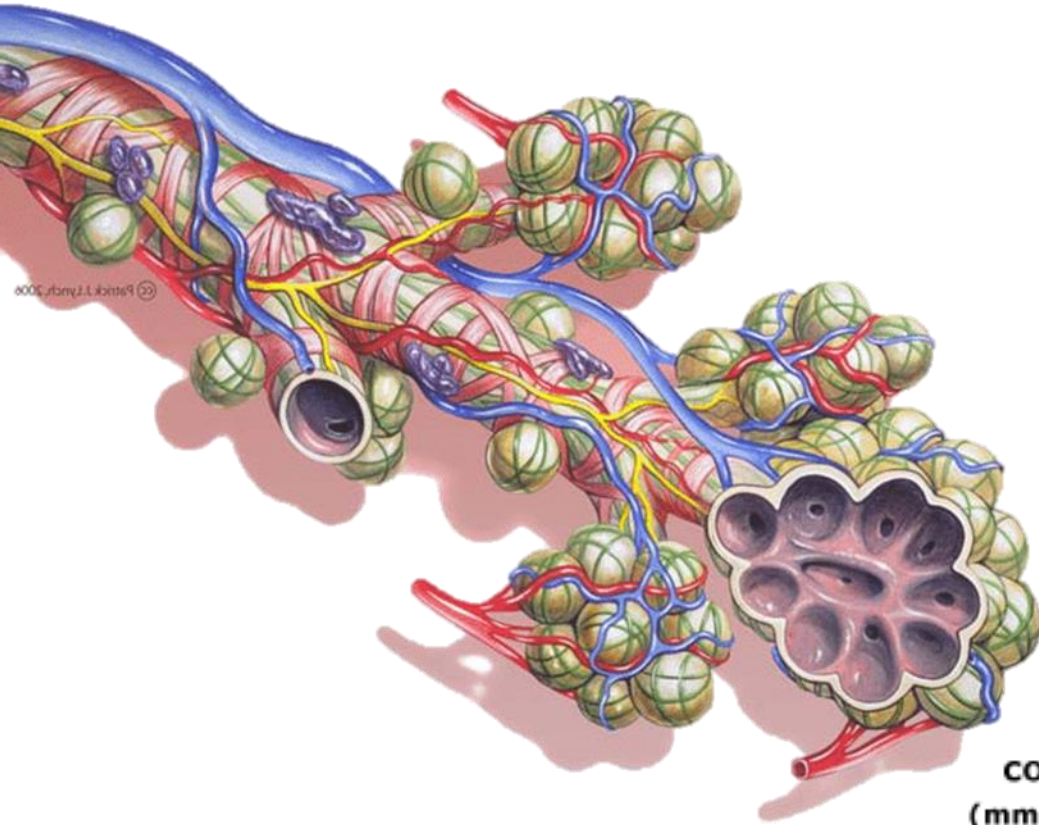


Klinische situatie





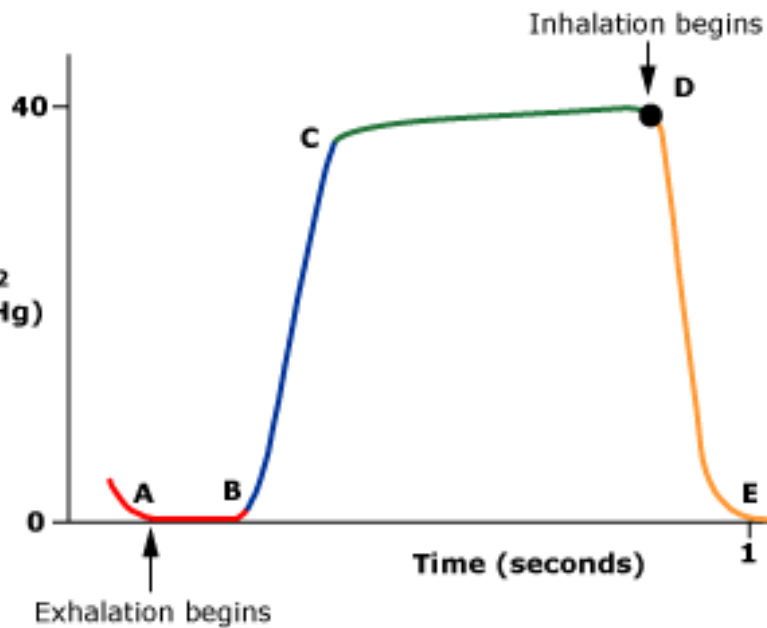
Waarom EtCO₂ ?



Afbeelding: Haberthür, D. (2010) High resolution tomographic imaging of the alveolar region of the mammalian lung

End-tidal CO₂ (EtCO₂)

- Metabolisme
- Ventilatie
- Circulatie



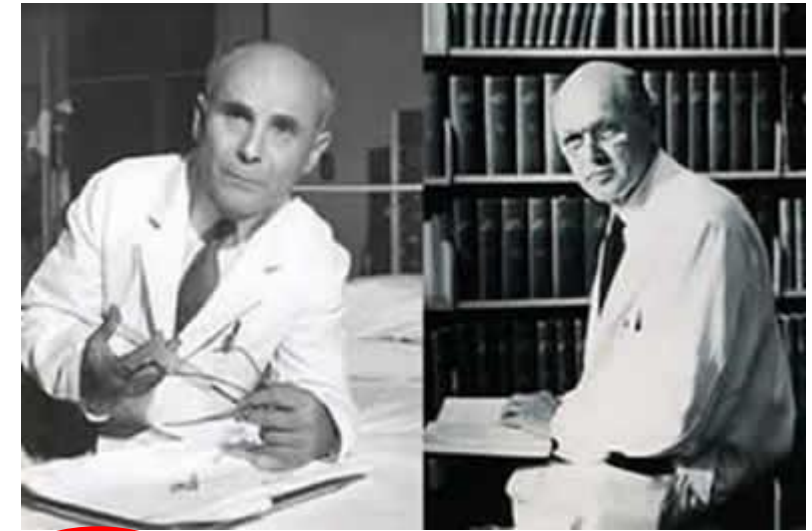
Cournand & Richards

Cardiopulmonale fysiologie

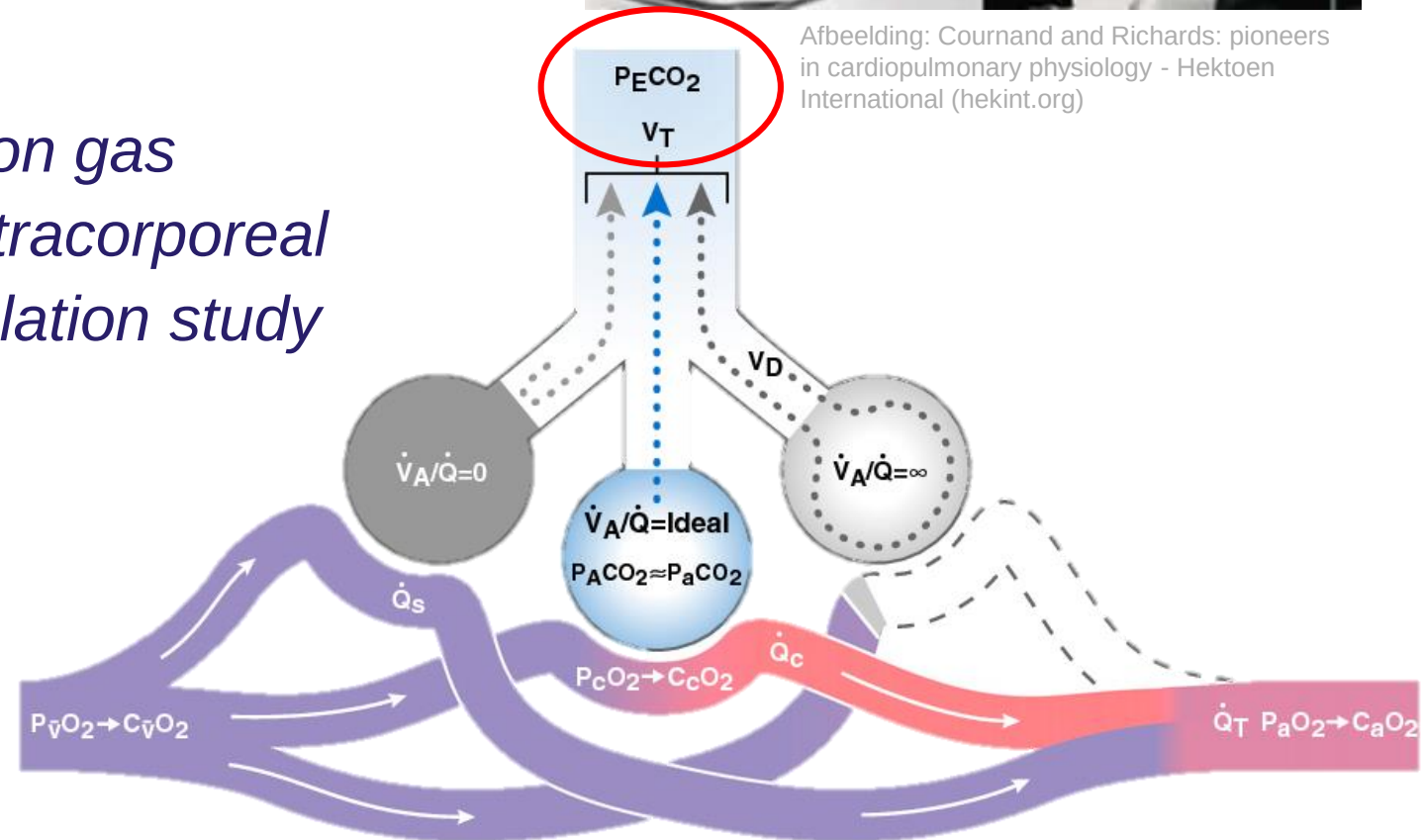
Fick principe

Estimating cardiac output based on gas exchange during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in a simulation study using paediatric oxygenators

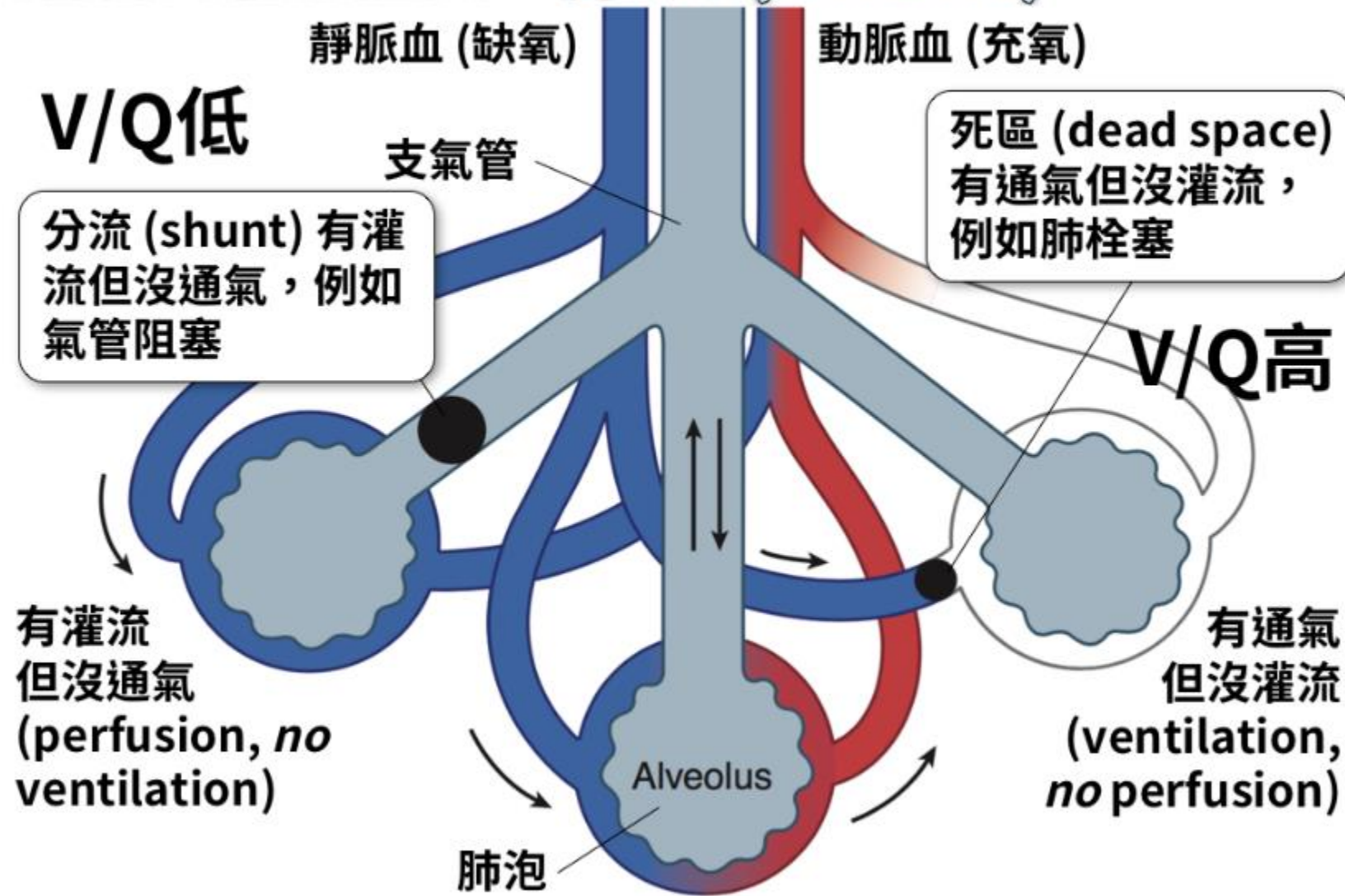
(Bachmann et al. 2021)



Afbeelding: Cournand and Richards: pioneers in cardiopulmonary physiology - Hektoen International (hekint.org)



通氣與灌流差異，分流 (Shunt) the New England Journal of Stupid





Klinische situatie



EtCO₂?

0,5 kPa (3,75 mmHg)

OF

2,3 kPa (17,25 mmHg)





Literatuur VA-ECMO EtCO₂ ?



Anis et al. (2004), Cusmà Piccione et al. (2019), Eliet et al (2018), Lim et al. (2017) Mourad et al. (2020), Takashi Naruke et al. (2010)

EtCO₂?

Wat zegt dit over de
*NCO en
pulsatiliteit/ pulse
pressure?*





@haga_intensiverecare



vinden dit leuk

haga_intensiverecare ° actiefoto °

Onze cardioloog-intensivist dr. Akin maakt een echo cor bij een patiënt aan de ECMO.

EtCO₂?

Wat zegt dit over de
myocardiale
contractiliteit?





Het EtCO₂ in relatie tot myocardiale contractiliteit tijdens VA-ECMO

Retrospectief observationeel onderzoek naar EtCO₂ in relatie tot myocardiale contractiliteit tijdens Veno-Arteriële Extra Corporele Membraan Oxygenatie met behulp van echocardiografie

Daphne Keuenhof^{*1#}, dr. Şakir Akin^{*2}, drs. Emanuele Favaron⁺³ & Arnold de Zoete^{*4}

^{*}Afdeling Intensive Care, HagaZiekenhuis locatie Den Haag

⁺Afdeling Intensive Care Erasmus MC

[#]Correspondentie: d.keuenhof@hagaziekenhuis.nl

Volledige beschrijving van auteur informatie is beschikbaar aan het einde van dit artikel

SAMENVATTING

Inleiding: Veno-Arteriële extra corporele membraan oxygenatie (VA-ECMO) resulteert gezamenlijk met een verminderde hartfunctie tot een afname van de cardiopulmonale circulatie. Bij de zorg voor patiënten in een cardiopulmonaal *arrest* (CPA) wordt de maat van cardiopulmonale circulatie gemonitord middels het EtCO₂. Tijdens VA-ECMO ondersteuning is EtCO₂ eerder onderzocht, maar geen parameter die door deskundige wordt geadviseerd te bewaken. EtCO₂ variaties zijn in op de IC waargenomen bij herstel van myocardiale contractiliteit met toename van de native cardiac output (NCO). Middels dit onderzoek is getracht de correlatie tussen de myocardiale contractiliteit en EtCO₂ tijdens VA-ECMO ondersteuning te achterhalen en de toegevoegde waarde van deze parameter te onderzoeken.

Methode: Middels dit *single*-centrum retrospectief observationeel onderzoek is de relatie tussen het EtCO₂ en de myocardiale contractiliteit tijdens VA-ECMO ondersteuning onderzocht. Alle patiënten met VA-ECMO ondersteuning tussen januari 2019 en december 2022 binnen de IC van het HagaZiekenhuis, zijn geïnccludeerd voor deelname aan de studie. Op basis van *eyeballing* is een schatting gemaakt van de linkerventrikel ejection fraction (LVEF).

*Retrospectief observationeel onderzoek
naar EtCO₂ in relatie tot myocardiale contractiliteit
tijdens Veno-Arteriële Extra Corporele Membraan
Oxygenatie
met behulp van echocardiografie*

Methode & In- en exclusie criteria

Onderzoeksmethode

Single centrum

Retrospectief onderzoek

Data-analyse

Echocardiografie tijdens VA-ECMO

- EtCO₂
- ECMO-instellingen
- beademingsinstellingen/- parameters
- hemodynamische parameters
- laboratoriumwaardes



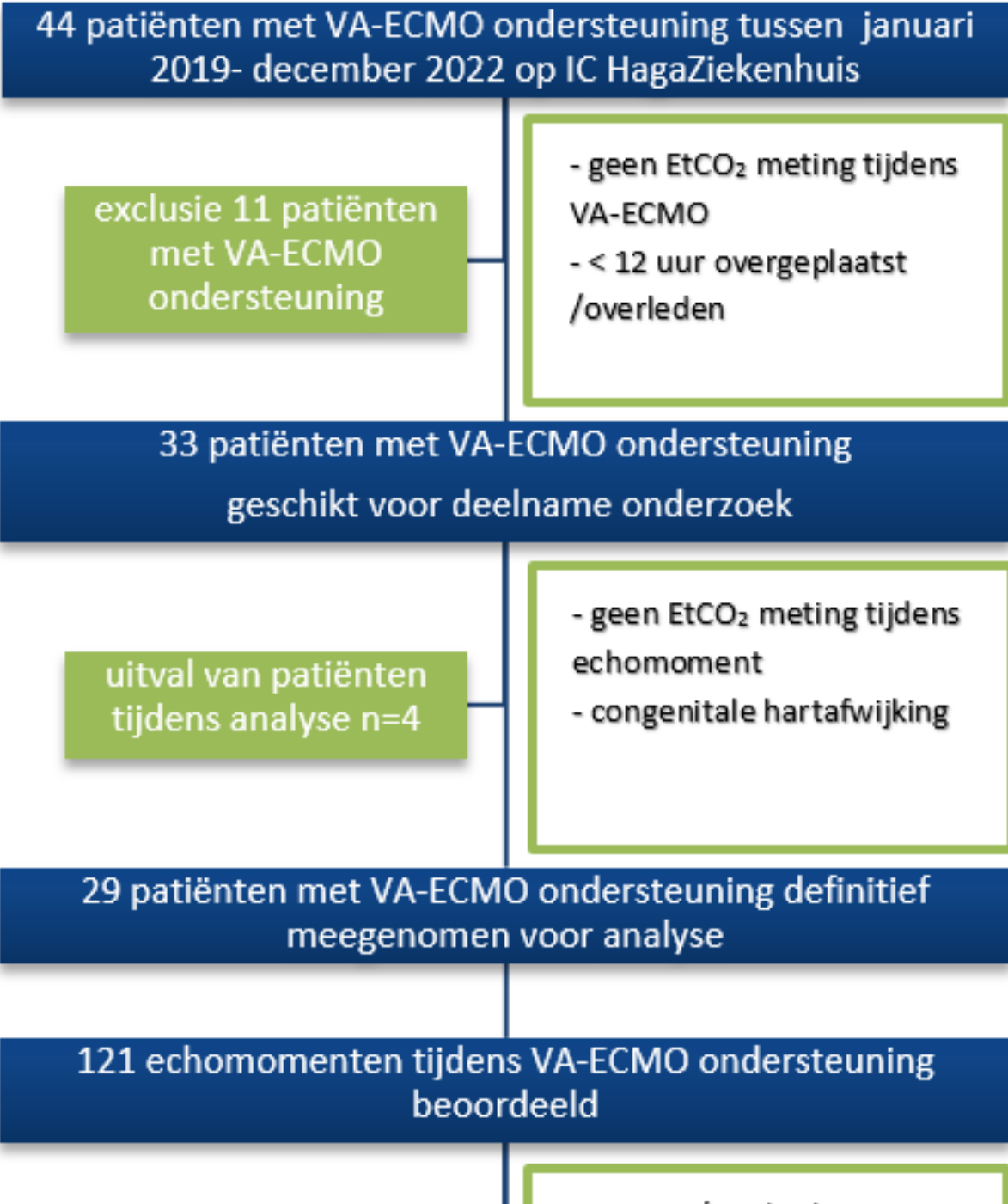
Stroomdiagram inclusie

Inclusiecriteria

- VA-ECMO 1/2019 en 12/2022
- VA-ECMO op IC

Exclusiecriteria

- overplaatsing of overlijden < 12 uur
- ontbreken van EtCO₂ meting
- variatie van > 0,5 kPa (3,75mmHg)
- instabiele Vt
- echobeelden van slechte kwaliteit





Critical Care echocardiografie

weaning
echomomenten

geen weaning
echomomenten

met of zonder impella (=ECPELLA)

geschatte
LVEF%

eyeballing

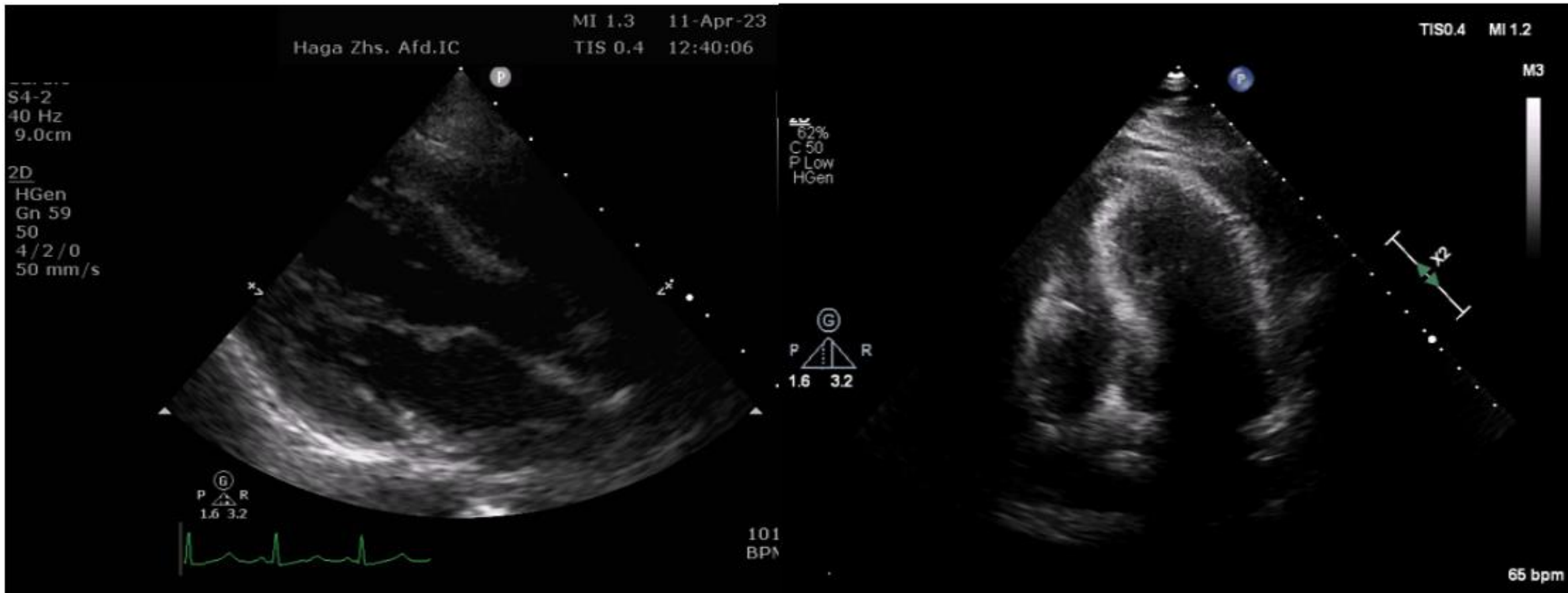
globale LV-
functie

1. goed
2. redelijk
3. matig
4. slecht



Vieillard- Baron et al. (2019)

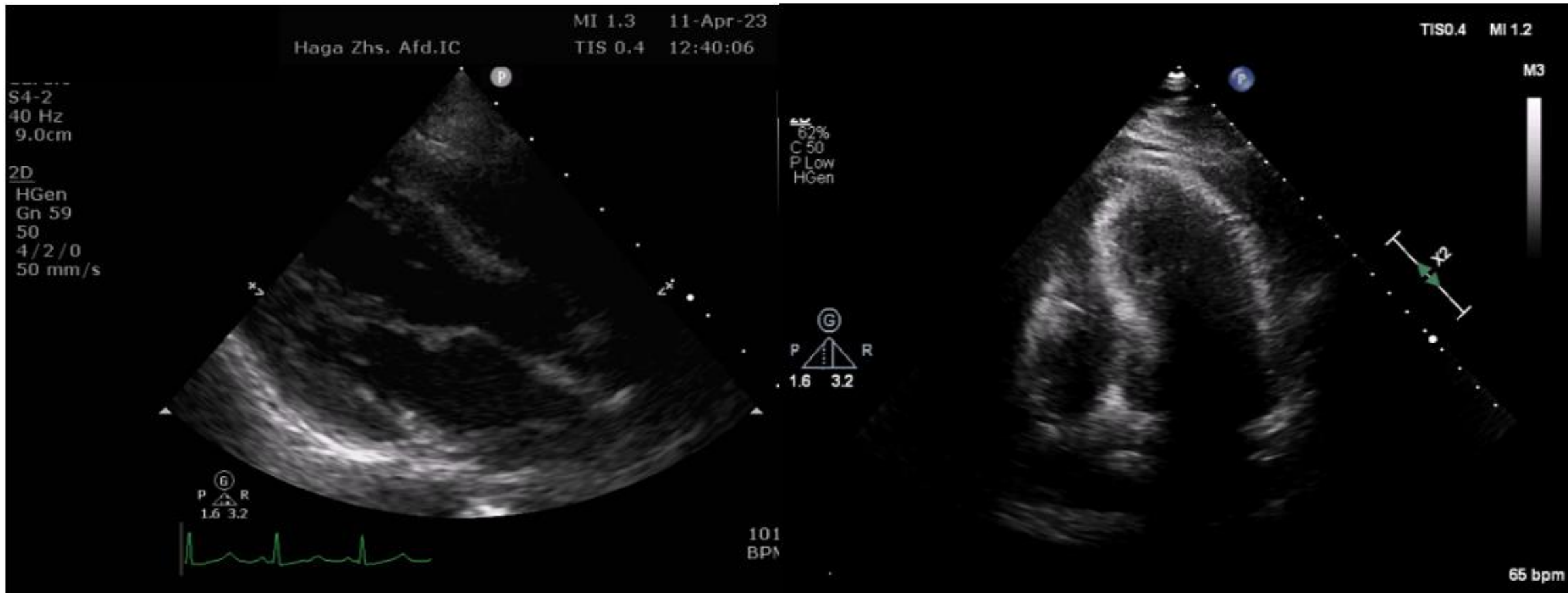
VOORBEELD



LV-functie = goed
LVEF% = 65%

LV-functie = slecht
LVEF% = 5-10%

VOORBEELD

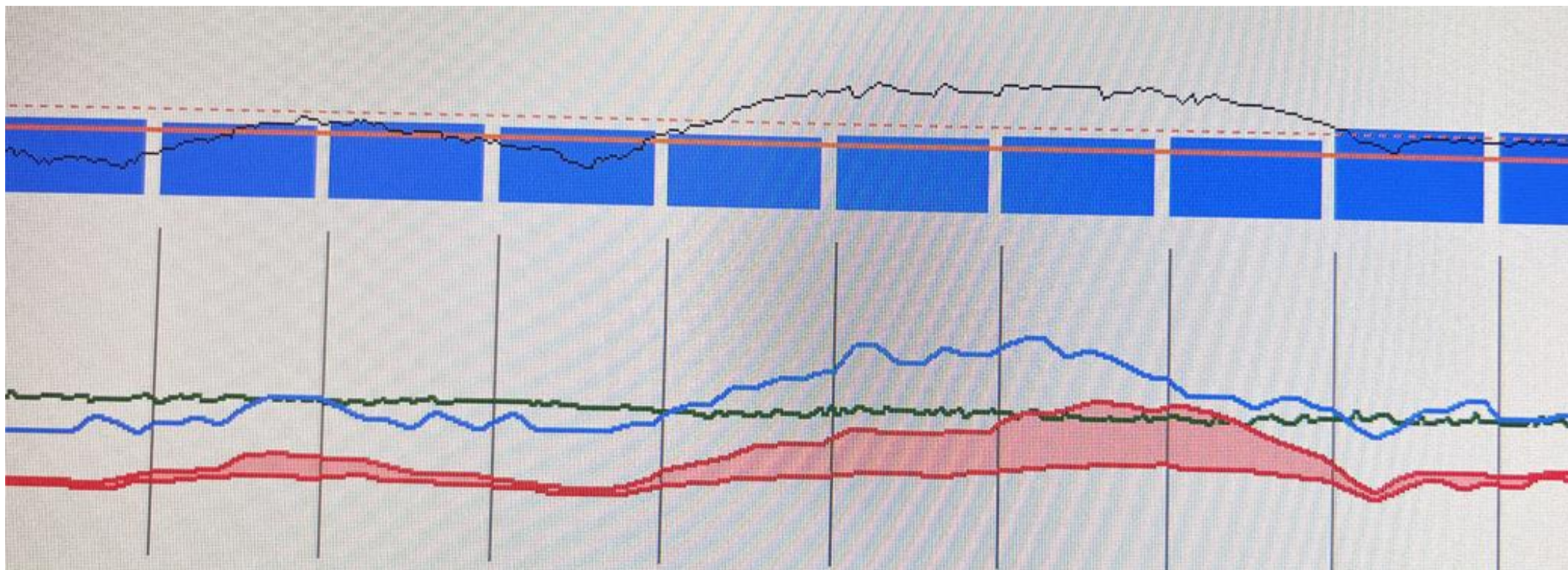


LV-functie = goed
LVEF% = 65%

LV-functie = slecht
LVEF% = 5-10%

Dataverzameling

- EtCO₂
- CVD
- Hartfrequentie
- ABP



Statistische analyse



Data-analyse met R.

- Mixed Models* - verschillen patiëntgroepen
- ANOVA- test - vergelijking niet-categorische waarde tussen patiëntgroepen
- Tukey's test - *post hoc* analyse verschillen tussen afzonderlijke groepen

Statistische analyse



Formule van Satterthwaite - p -waardes voor *fixed effect* in subgroep analyse

Lineaire regressie model - correlatie coëfficiënt

Pearson's correlatie - mate van correlatie

P -waarde < 0.05 - statistisch significant

Onderzoeks- resultaten

Deelnemers

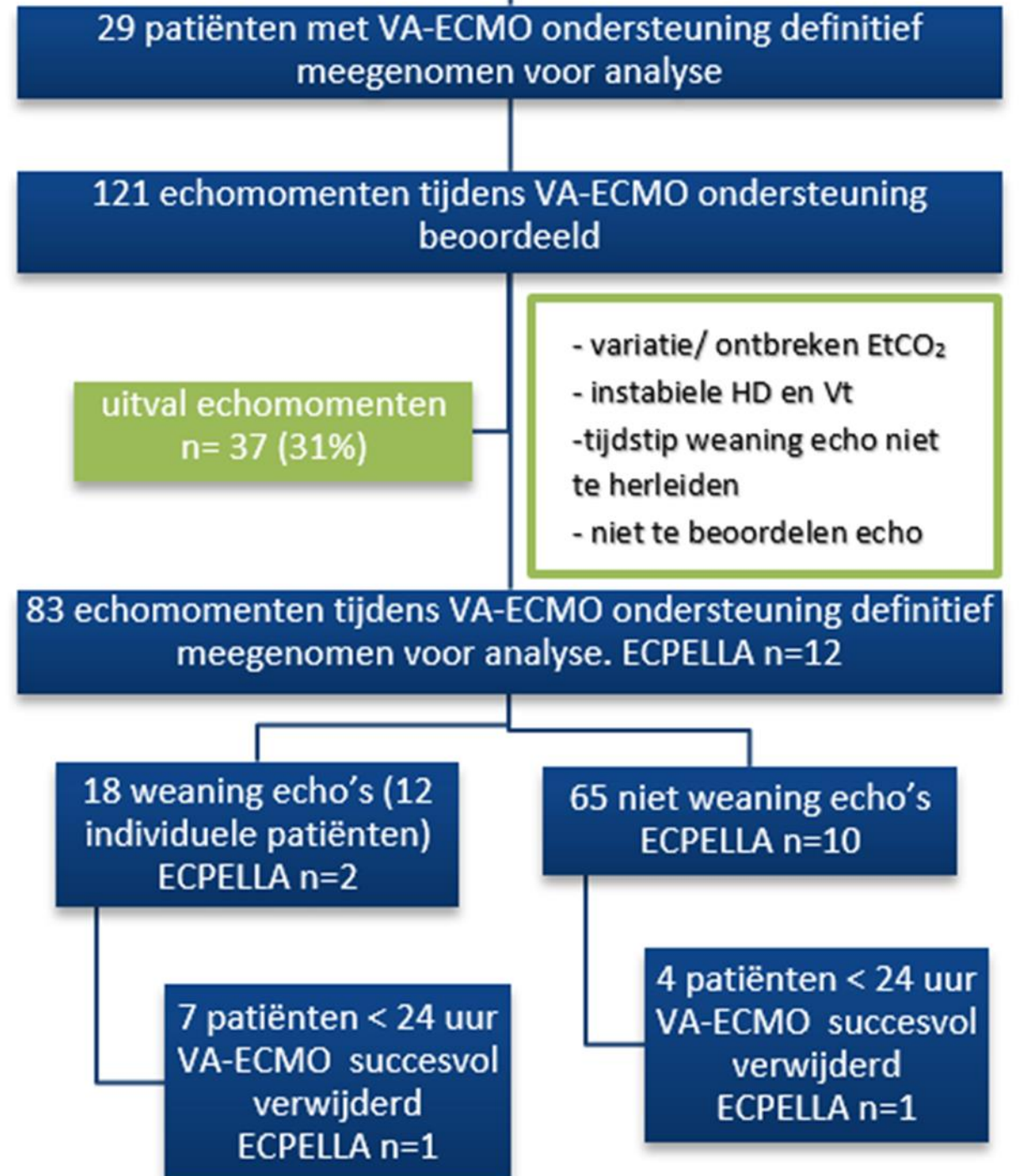


N= 29



N= 83

18 weaning echo's
65 niet weaning echo's



Patiëntkarakteristieken



PATIËNTKARAKTERISTIEKEN	Totaal	IC-overlevers	IC-overledenen	p-waarde
<i>Leeftijd (jaren)</i>	57.1 ±11.9	58 ±10.6	56 ±13.6	0.67
<i>Vrouwelijk geslacht</i>	(11) 38%	(6) 21%	(5) 17%	0.98
<i>BMI (kg/m²)</i>	26 (24-29)	25 (23.1-27.4)	27.9 (24.4-30)	0.18
<i>SOFA-score</i>	13.1 ±2.66	12.4 ±2.60	14 ±2.55	0.10
ETIOLOGIE VA-ECMO INDICATIE				
<i>Ischemische cardiomyopathie</i>	(12) 41%	(6) 21%	(6) 21%	0.66
<i>Non-ischemische cardiomyopathie</i>	(4) 14%	(3) 10%	(1) 3.5%	0.42
<i>Post-cardiotomie shock</i>	(10) 35%	(5) 17%	(5) 17%	0.71
<i>Longembolie</i>	(1) 3%	(1) 3.5%	(0) 0%	0.41
<i>Hypothermie</i>	(1) 3%	(1) 3.5%	(0) 0%	0.41
<i>Metabole stoornissen</i>	(1) 3%	(0) 0%	(1) 3.5%	0.41
<i>IHCA</i>	(6) 21%	(4) 14%	(2) 7%	0.55
<i>OHCA</i>	(12) 41%	(6) 21%	(6) 21%	0.66

Tabel: E. Favaron, D.Keuenhof

EtCO₂ tijdens niet-weaning echo's

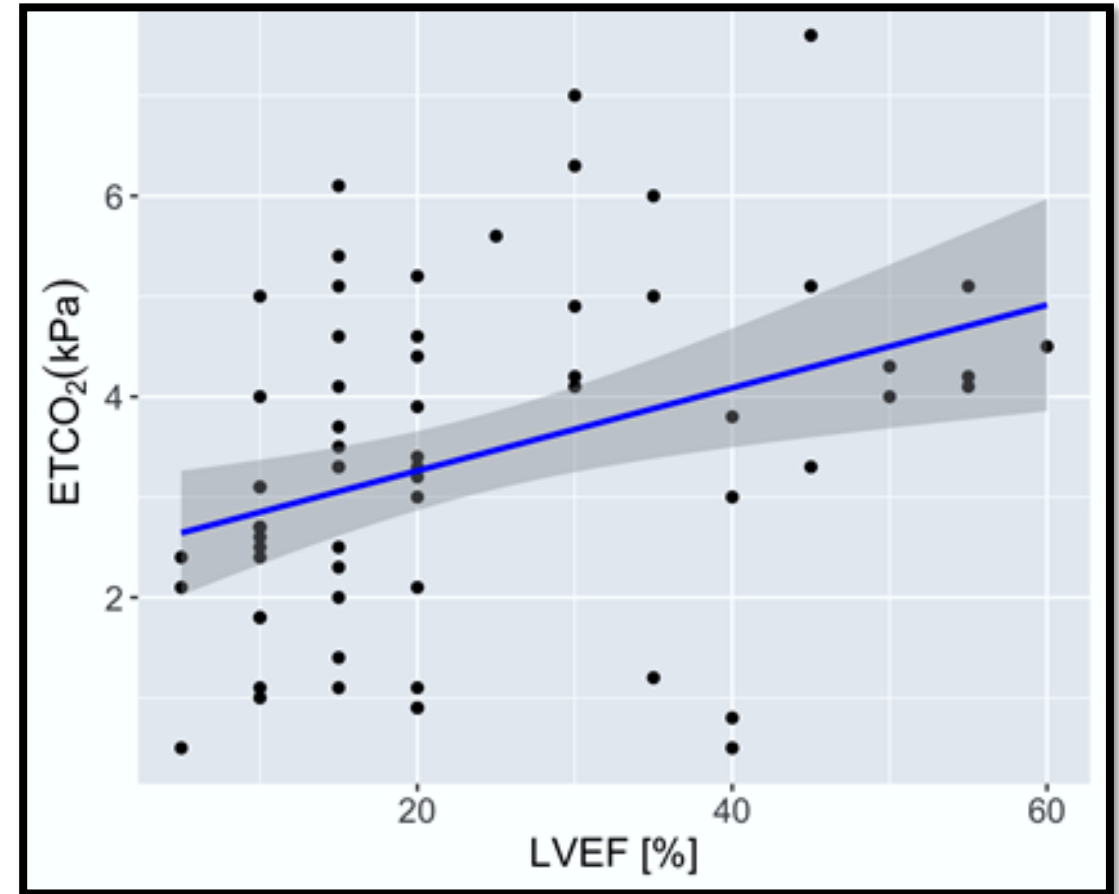
Correlatie statistisch significant
n= 65

EtCO₂ en LVEF%

(gecorrigeerd R^2 0.117)
($p = 0.003$)

EtCO₂ en LV-functie

(gecorrigeerd R^2 -0.091)
($p = 0.008$)



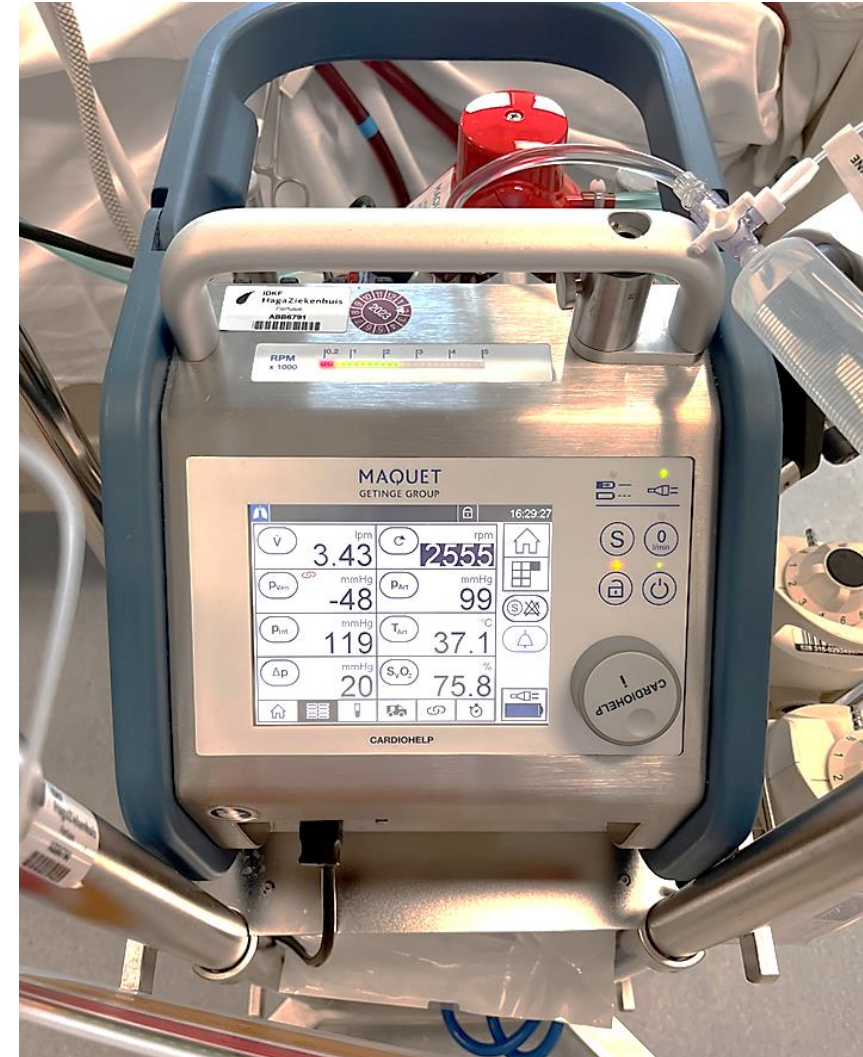
Spreidingsdiagram: E. Favaron, D.Keuenhof

EtCO₂ tijdens weaning echo's

Totaal weaning echo's (n= 18)

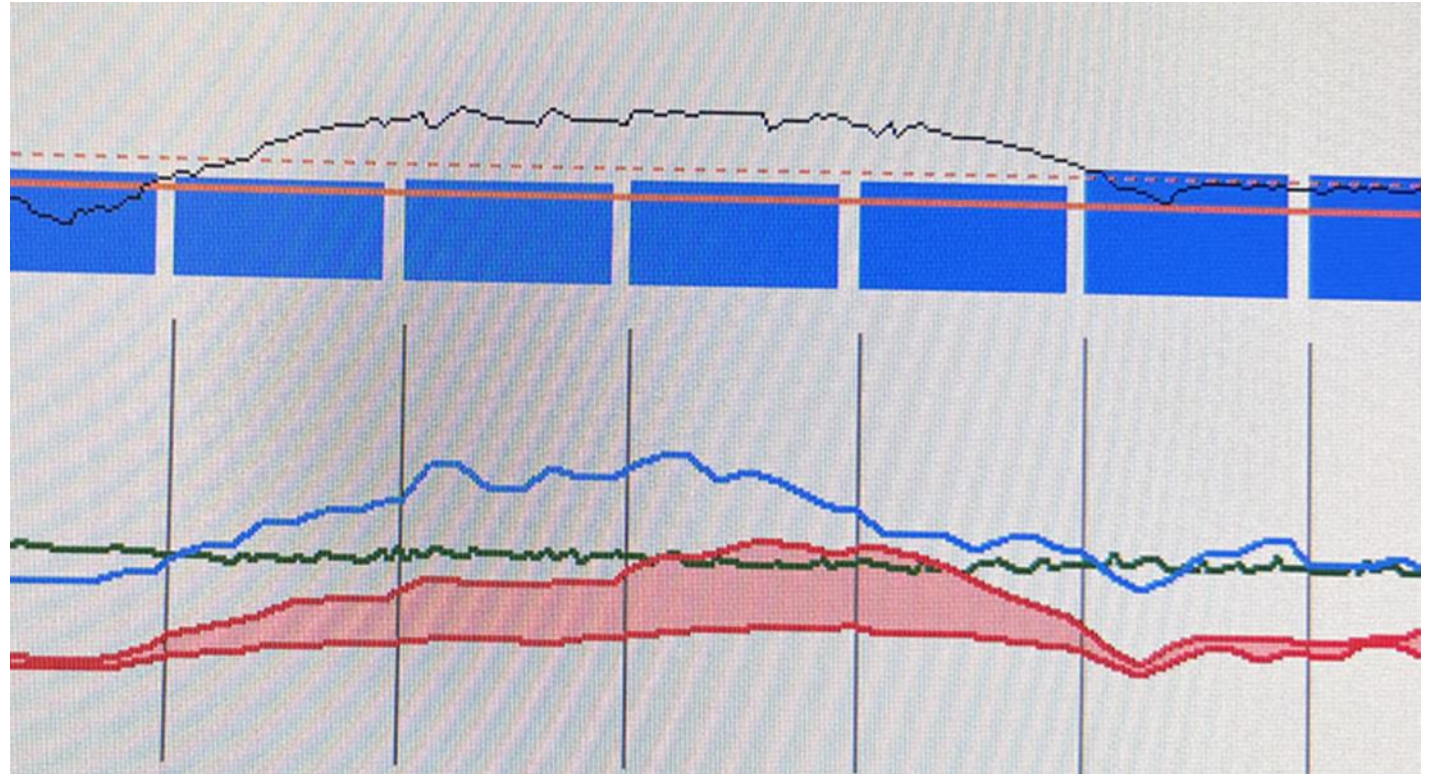
- geen correlatie LVEF% ($p = 0.19$)
- geen correlatie LV-functie ($p = 0.32$)

Zonder ECPELLA ($p = 0.97$)



Stijging Δ -EtCO₂ en daling Δ -bloedflow tijdens weaning echo's

Niet statistisch significant
($p = 0.44$)



EtCO₂ en globale LV-functie tijdens alle echomomenten

Statistisch significante correlatie
ANOVA $p = 0.02$

Post hoc Tukey's test niet
significant

Zelfde analyse zonder ECPELLA
ANOVA $p = 0.35$

<i>Globale LV-functie</i>	<i>Aantal (=n)</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Een- heid</i>
<i>Goed</i>	5	4.68	0.60	kPa
<i>Redelijk</i>	12	4.35	1.56	kPa
<i>Matig</i>	10	4.35	2.24	kPa
<i>Slecht</i>	55	3.28	1.44	kPa

Tabel: E. Favaron, D.Keuenhof

EtCO₂ wanneer VA-ECMO <24 uur succesvol is verwijderd

weaning echomomenten

< 24 uur
verwijderd

5.15 ±0.68 kPa
z. ECPELLA
5.18 ±0.76 kPa

niet < 24 uur
verwijderd

4.36 ±0.88 kPa
z. ECPELLA
4.31 ±0.91 kPa

($p = 0.07$), zonder ECPELLA ($p = 0.76$)

alle echomomenten

< 24 uur
verwijderd

4.72 ±0.70 kPa
z. ECPELLA
4.77 ±0.74 kPa

niet < 24 uur
verwijderd

3.48 ±1.64 kPa
z. ECPELLA
3.50 ±1.67 kPa

($p = 0.02$), zonder ECPELLA ($p = 0.02$)

EtCO₂ wanneer VA-ECMO <24 uur succesvol is verwijderd

weaning echomomenten

< 24 uur
verwijderd

5.15 ±0.68 kPa
z. ECPELLA
5.18 ±0.76 kPa

niet < 24 uur
verwijderd

4.36 ±0.88 kPa
z. ECPELLA
4.31 ±0.91 kPa

($p = 0.07$), zonder ECPELLA ($p = 0.76$)

alle echomomenten

< 24 uur
verwijderd

4.72 ±0.70 kPa
z. ECPELLA
4.77 ±0.74 kPa

niet < 24 uur
verwijderd

3.48 ±1.64 kPa
z. ECPELLA
3.50 ±1.67 kPa

($p = 0.02$), zonder ECPELLA ($p = 0.02$)

EtCO₂ wanneer VA-ECMO <24 uur succesvol is verwijderd

weaning echomomenten

alle echomomenten

< 24 uur
verwijderd

5.15 ±0.68 kPa
z. ECPELLA
5.18 ±0.76 kPa

niet < 24 uur
verwijderd

4.36 ±0.88 kPa
z. ECPELLA
4.31 ±0.91 kPa

($p = 0.07$), zonder ECPELLA ($p = 0.76$)

< 24 uur
verwijderd

4.72 ±0.70 kPa
z. ECPELLA
4.77 ±0.74 kPa

($p = 0.02$), zonder ECPELLA ($p = 0.02$)

niet < 24 uur
verwijderd

3.48 ±1.64 kPa
z. ECPELLA
3.50 ±1.67 kPa

EtCO₂ met ECMO-instellingen en beademingsparameters

Geen correlatie tussen EtCO₂ :

- ECMO-bloedflow ($p = 0.72$)
- ECMO-gasflow ($p = 0.52$)

- teugvolume (Vt) ($p = 0.34$)
- % van Vt t.o.v. 6ml/kg ($p = 0.15$)
- ademminuutvolume ($p = 0.15$)
- ingestelde PEEP ($p = 0.58$)



EtCO₂ bij VA-ECMO en IC-overleving

Statistisch significant hoger EtCO₂ ($p = 0.024$)

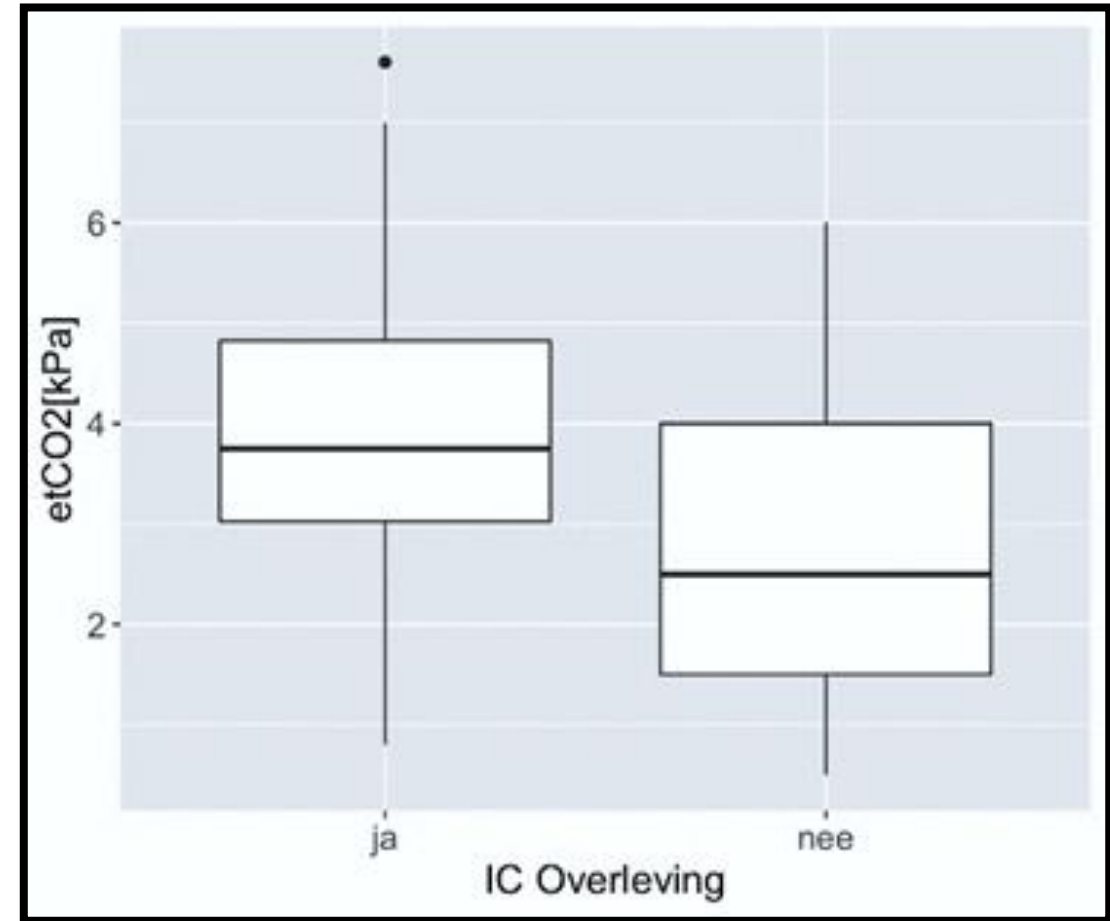
IC-overleving

3.80 ±1.58
kPa

zonder IC-
overleving

2.82 ±1.62
kPa

Geen verschil geschatte LVEF% ($p = 0.26$)



Boxplot: E. Favaron, D.Keuenhof

Conclusie & Aanbevelingen



VA-ECMO en
EtCO₂?

 daar kan ik
wel wat mee!



Conclusie

EtCO₂.....

- is een waardevolle en bruikbare continue hemodynamische parameter bij VA-ECMO
- reflecteert de myocardiale contractiliteit tijdens VA-ECMO
- is een waardevolle parameter in situaties waarin continue *pulse pressure* bewaking niet (continue) mogelijk is



Conclusie en aanbevelingen



EtCO₂ reflecteert
LVEF% en
LV- functie tijdens
VA-ECMO



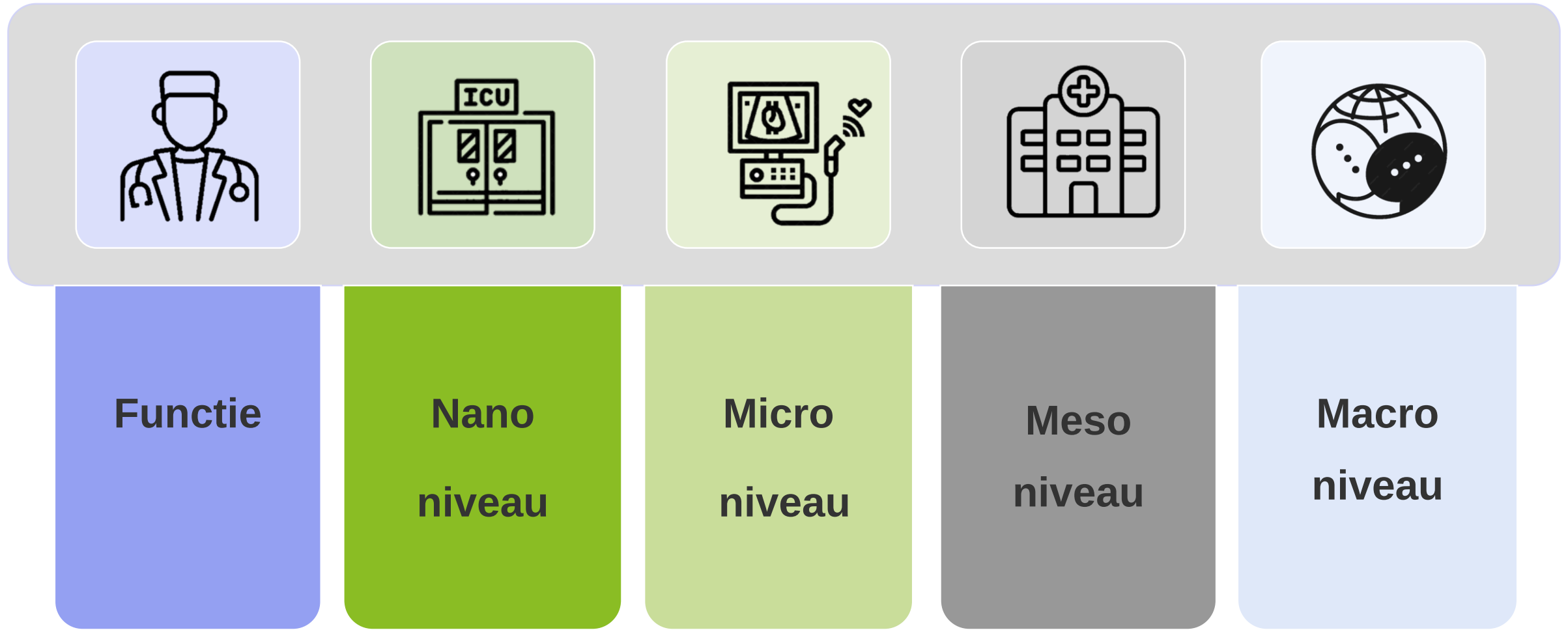
EtCO₂ is een
waardevolle
parameter tijdens
VA-ECMO



Prospectief
onderzoek om
EtCO₂ variaties nog
beter te begrijpen

Gediplomeerd & Hoe nu verder?

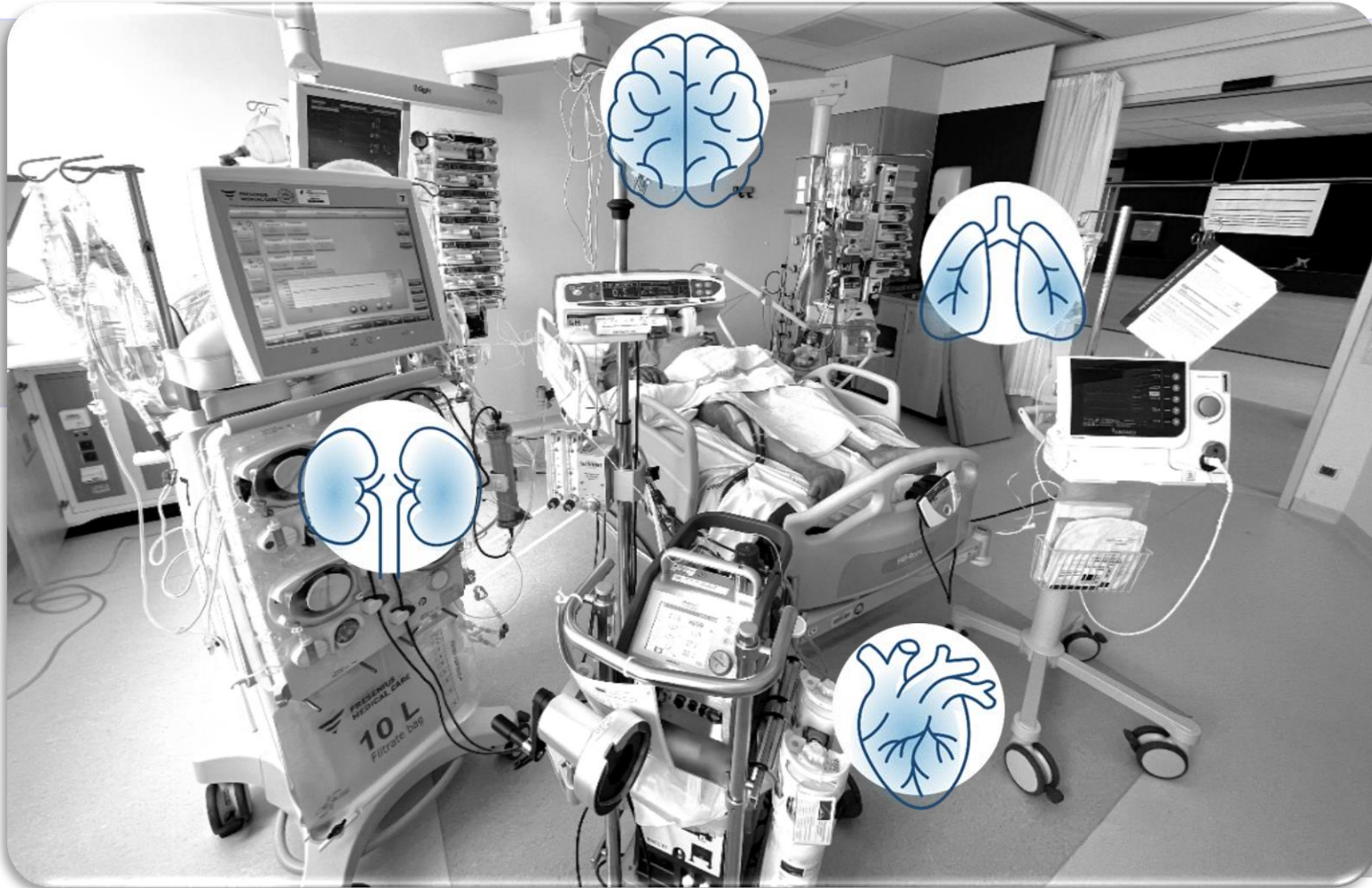
IC practitioner uitstroomprofiel circulatie



IC practitioner uitstroomprofiel circulatie



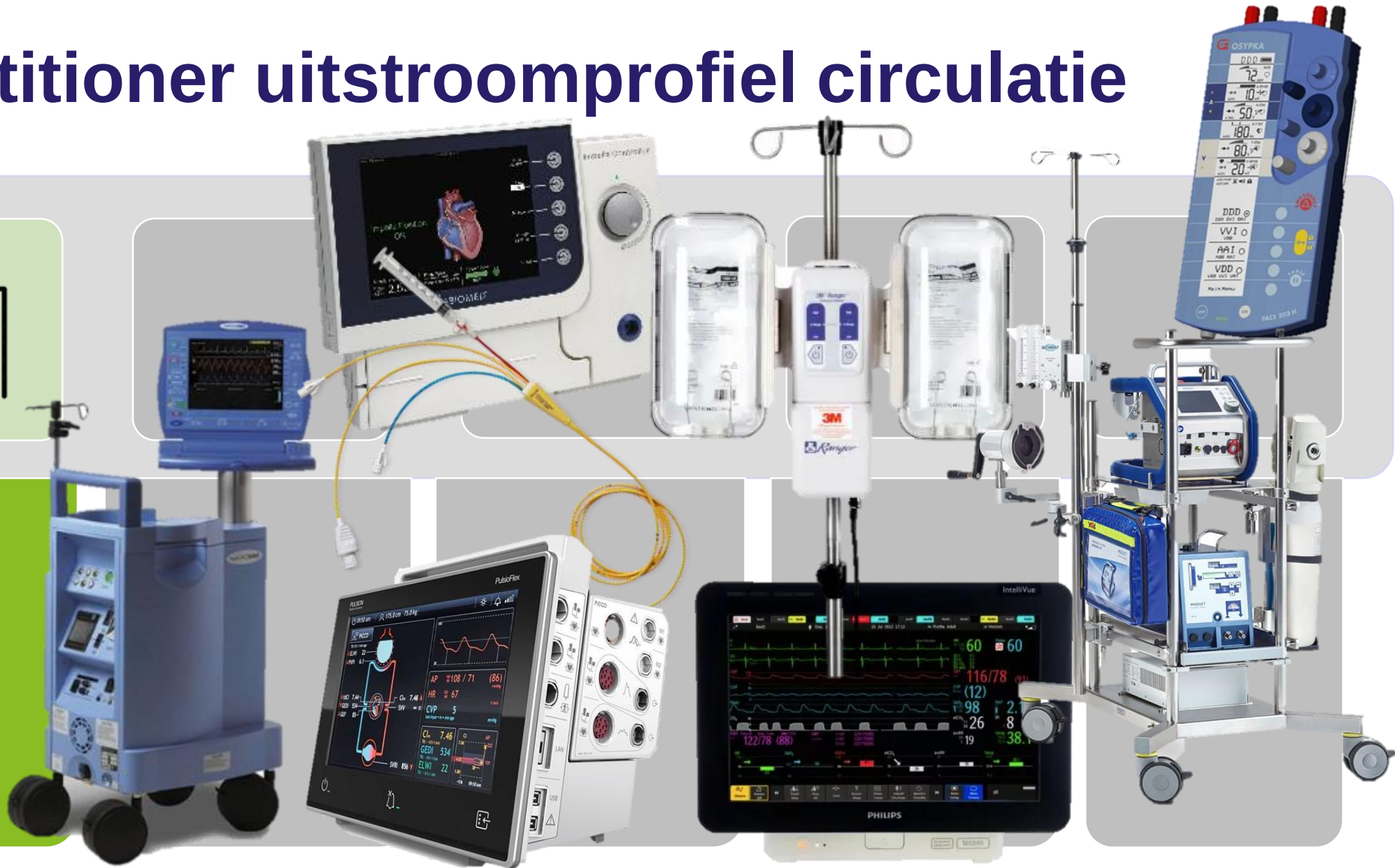
Functie



IC practitioner uitstroomprofiel circulatie



Nano
niveau



IC practitioner uitstroomprofiel circulatie



**Micro
niveau**



IC practitioner uitstroomprofiel circulatie

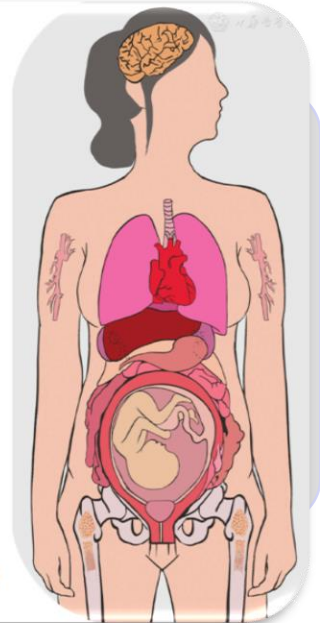


Meso
niveau



Maternale sepsis

Daphne Keuenhof
Circulation practitioner i.o. & IC- verpleegkundige
Refereravond HJGC 4-10-2023



IC practitioner uitstroomprofiel circulatie



Macro
niveau



Het EtCO₂ in relatie tot myocardiale contractiliteit tijdens VA-ECMO

Retrospectief observationeel onderzoek naar EtCO₂ in relatie tot myocardiale contractiliteit tijdens Veno-Arteriële Extra Corporele Membraan Oxygenatie met behulp van echocardiografie

Daphne Keuenhof^{*1#}, dr. Şakir Akin^{*2}, drs. Emanuele Favaron^{*3} & Arnold de Zoete^{*4}

^{*}Afdeling Intensive Care, HagaZiekenhuis locatie Den Haag

^{*}Afdeling Intensive Care Erasmus MC

[#]Correspondentie: d.keuenhof@hagaziekenhuis.nl

Volledige beschrijving van auteur informatie is beschikbaar aan het einde van dit artikel

SAMENVATTING

Inleiding: Veno-Arteriële extra corporele membraan oxygenatie (VA-ECMO) resulteert gezamenlijk met een verminderde hartfunctie tot een afname van de cardiopulmonale circulatie. Bij de zorg voor patiënten in een cardiopulmonaal arrest (CPA) wordt de maat van cardiopulmonale circulatie gemonitord middels het EtCO₂. Tijdens VA-ECMO ondersteuning is EtCO₂ eerder onderzocht, maar geen parameter die door deskundige wordt geadviseerd te bewaken. EtCO₂ variaties zijn in op de IC waargenomen bij herstel van myocardiale contractiliteit met toename van de native cardiac output (NCO). Middels dit onderzoek is getracht de correlatie tussen de myocardiale contractiliteit en EtCO₂ tijdens VA-ECMO ondersteuning te achterhalen en de toegevoegde waarde van deze parameter te onderzoeken.

Methode: Middels dit *single*-centrum retrospectief observationeel onderzoek is de relatie tussen het EtCO₂ en de myocardiale contractiliteit tijdens VA-ECMO ondersteuning onderzocht. Alle patiënten met VA-ECMO ondersteuning tussen januari 2019 en december 2022 binnen de IC van het HagaZiekenhuis, zijn geïncludeerd voor deelname aan de studie. Op basis van *eyeballing* is een schatting gemaakt van de linkerventrikel ejectie fractie (LVEF)% en de globale linkerventrikel (LV)-functie en is onderscheid gemaakt tussen *weaning* en niet-*weaning* echomomenten.

Resultaten: In totaal zijn 121 echomomenten opnieuw beoordeeld waar na exclusie 83 echomomenten overbleven van 29 patiënten. Al deze echomomenten zijn opgesplitst op basis van globale LV-functie waarbij tussen de groepen een statistisch significante correlatie is gevonden ($p = 0.02$) met het EtCO₂. Tijdens niet-*weaning* echomomenten ($n = 55$) is een statistisch significante correlatie gevonden ($p = 0.001$) met het EtCO₂.

Dankwoord

- Şakir
- Bob & Anke
- Emanuele 
- IC collega's



Dankwoord

- Maurice
- Familie
- Vrienden



Literatuur

- Aissaoui, N, Luyt, C-E., Leprince, P., Trouillet, J-L, Léger, P., Pavie, A., Diebold, B., Chastre, J. & Combes, A. Predictors of succesvul extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock. Intensive Care Medicine. (2011)
- Anis S. Baraka M, FRCA;, Marie T. Aouad M, Maya I. Jalbout M, Roland N. Kaddoum, MD; Mohammad F. Khatib P, Sania T.Haroun-Bizri M. End-tidal CO2 for prediction of cardiac output following weaning from cardiopulmonary bypass. The Journal of The American Society of Extra-Corporeal Technology. 2004;36.
- Bachmann KF, Vasireddy R, Heinisch PP, Jenni H, Vogt A, Berger D. Estimating cardiac output based on gas exchange during veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in a simulation study using paediatric oxygenators. Sci Rep. 2021;11(1):11528.
- Cusmà Piccione R SG, Cazzani C and Alberio G. EtCO2 in VA ECMO management: Recognition of Increased Cardiac Output During ECMO and IABP support. Journal of Emergency, Critical Care and Diagnostic Management. 2019.
- Eliet J, Gaudard P, Zeroual N, Rouviere P, Albat B, Mourad M, et al. Effect of Impella During Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation on Pulmonary Artery Flow as Assessed by End-Tidal Carbon Dioxide. ASAIO J. 2018;64(4):502-7.
- Lim HS. The Effect of Impella CP on Cardiopulmonary Physiology During Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Support. Artif Organs. 2017;41(12):1109-12.
- Lorusso R, Shekar K, MacLaren G, Schmidt M, Pellegrino V, Meyns B, et al. ELSO Interim Guidelines for Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Cardiac Patients. ASAIO J. 2021;67(8):827-44.
- McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Bohm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. Eur Heart J. 2021;42(36):3599-726.
- Johnson NJ, Acker M, Hsu CH, Desai N, Vallabhajosyula P, Lazar S, et al. Extracorporeal life support as rescue strategy for out-of-hospital and emergency department cardiac arrest. Resuscitation. 2014;85(11):1527-32.
- Mourad M, Eliet J, Zeroual N, Saour M, Sentenac P, Manna F, et al. Pulse pressure and end-tidal carbon dioxide for monitoring low native cardiac output during venous-arterial ECLS: a prospective observational study. Crit Care. 2020;24(1):569.
- Takashi Naruke TI, Hiroshi Imai, Tomoyoshi Yanagisawa, Emi Maekawa, Tomohiro Mizutani, Tsutomu Osaka, Hisahito Shinagawa, Toshimi Koitabashi, Mototsugu Nishii, Ichiro Takeuchi, Hitoshi Takehana, Naoyoshi Aoyama, Tohru Izumi. End-Tidal Carbon Dioxide Concentration Can Estimate the Appropriate Timing for Weaning Off From Extracorporeal Membrane Oxygenation for Refractory Circulatory Failure. International Heart Journal. 2010;51:116-20.



Dank voor uw aandacht

Graag beantwoord ik uw vragen

✉ d.keuenhof@hagaziekenhuis.nl



