

# Transpulmonaal drukken op een middelgrote IC?

Onderzoek naar toepassing van de oesofagusballon op een middelgrote IC van een perifeer ziekenhuis.

Vletter WJ, *Intensive Care practitioner i.o. uitstroomprofiel ventilatie*; Petjak M, *internist intensivist & praktijkopleider*; Verbeek F, *physician assistant & werkbegeleider*; Oostrom van J, *afdelingsmanager IC*; Noppe G, *internist intensivist & medisch begeleider*.

Intensive Care afdeling, Groene Hart Ziekenhuis te Gouda

December 2023

## Abstract

**Introductie** - Transpulmonaal druk lijkt een belangrijke parameter te zijn om patiënten long protectief te beademen. Deze druk geeft informatie of alveoli cyclisch collabereren dan wel permanent in een staat van overdistentie zijn. Door het gebruik van de oesofagusballon kan de transpulmonaal druk worden berekend waardoor inzichtelijk wordt gemaakt wat het gewenste PEEP-niveau is voor long protectieve beademing.

**Doelstelling** - Onderzoeken of het berekenen van de transpulmonaal druk leidt tot een aanpassing van long protectieve beademingsvoorwaarden bij patiënten, opgenomen op de Intensive Care (IC) van een perifeer ziekenhuis.

**Setting** - Single center onderzoek op een middelgrote IC van een perifeer ziekenhuis

**Methodiek** - Observationeel retrospectief onderzoek. Het onderzoek werd uitgevoerd van 1 februari 2023 tot 1 mei 2023. Het PEEP niveau werd na intubatie conventioneel ingesteld. Vervolgens een transpulmonaal druk meting uitgevoerd waarin de PEEP dusdanig werd ingesteld tot een eindexpiratoire transpulmonaal druk ( $P_{Lee}$ ) van  $0 \pm 2$  cmH<sub>2</sub>O werd behaald.

**Resultaten** - Het gemiddelde niveau van PEEP was 8,8 cmH<sub>2</sub>O (range 6 – 12,  $\sigma$  2.68,  $P$  0.200) met een bijbehorend  $P_{Lee}$  van 1.14 cmH<sub>2</sub>O (range -4.9 - 4.2,  $\sigma$  3.470,  $P$  0.200). Op basis van de  $P_{Lee}$  werd de PEEP verhoogd naar gemiddeld 9,2 cmH<sub>2</sub>O ( $\sigma$  3.03,  $P$  0.200), een gemiddelde toename van 0,4 cmH<sub>2</sub>O ( $\sigma$  1.673,  $P$  0.621)

**Conclusie** - Statistische relevantie is niet aangetoond in dit onderzoek. Van de onderzoeksgroep,  $n=5$ , werd in 60% de PEEP aangepast op basis van de uitkomst van de  $P_{Lee}$ . Klinische relevantie voor gebruik van de oesofagusballon op de IC van het GHZ, lettende op het percentage waarin PEEP werd aangepast, werd hiermee aangetoond.

## Inleiding

Long protectief beademen gaat gepaard met het interpreteren van verschillende parameters<sup>1,2</sup>. Een van deze parameters is de transpulmonaal druk ( $P_L$ )<sup>3,4</sup>. Deze aan de long gerelateerde druk kan worden berekend middels een oesofagusdruk ( $P_{es}$ ). De  $P_{es}$ , waarvan wordt aangenomen dat deze de pleurale druk ( $P_{PL}$ ) reflecteert<sup>5</sup>, kan enkel worden gemeten via een oesofagale ballon catheter. De  $P_L$  is een berekening van de luchtwegdruk ( $P_{aw}$ ) minus de  $P_{es}$ . De formule is dan  $P_L = P_{aw} - P_{es}$ . Hoewel de EPvent trial een betere outcome liet zien na PEEP-titratie op basis van de  $P_{es}$ , kon dit niet worden bevestigd in vervolgstudies<sup>6</sup>. In deze vervolgstudies werd reductie van beademingsdagen als eindpunt opgenomen. Daarbij is er ook nog geen consensus over de state of the art methode van berekenen. Er heerst bijvoorbeeld nog verschil van inzicht over het optimale volume voor de oesofagusballon om een meting uit te voeren<sup>7</sup>.

Het gebruik van de oesofagusballon en daarmee het meten van onder andere de  $P_L$ , geeft meer informatie over de patiënt. Bijvoorbeeld het juiste positieve eind expiratoire druk (PEEP) niveau<sup>8</sup>. Voor het instellen van het juiste geïndividualiseerde PEEP niveau is nog geen gouden standaard geformuleerd. Een patiënt heeft recht op het juiste PEEP niveau aangezien zowel een te hoge PEEP al een te lage PEEP schadelijk is voor de patiënt.

Om tot het juiste PEEP niveau te bepalen, zijn verschillende methodes beschikbaar<sup>9</sup> niveau te meten. Zo kan er gebruik worden gemaakt van een P/V tool<sup>® 10</sup>. Deze diagnostische tool, welke beschikbaar is op een Hamilton™ beademingsmachine, kan worden toegepast om het Lower Inflection Point (LIP) te bepalen. Om tot dit punt te komen, zal er gedurende een tijdsspannen van 30-60 seconden de luchtwegdruk ( $P_{aw}$ ) tot 40 cmH<sub>2</sub>O gebracht moeten worden. Tijdens deze toename van druk zal het inkomende volume worden gemeten. Deze twee variabelen worden gevormd tot een grafiek, waarin de toename van volume wordt uitgezet tegen de gegenereerde druk. Een evidente toename van volume bij een minimale stijging dan de  $P_{aw}$  wordt het LIP genoemd. Er wordt geadviseerd<sup>11</sup> om het niveau van PEEP 2 cmH<sub>2</sub>O boven het LIP in te stellen.

Een andere manier is om de PEEP te verhogen en te objectiveren wat de invloed van de PEEP verhoging heeft op de dynamische compliantie van het respiratoire systeem ( $C_{rs}$ ). Compliantie<sup>12</sup> is een parameter die de verandering in volume uitzet tegen de verandering in druk. Zo wordt een statische compliantie ( $C_{stat}$ ) gemeten door het inspiratoire volume ( $V_t$ ) te delen door de uitkomst van de som de plateau druk ( $P_{plat}$ ) minus PEEP. Oftewel,  $C_{stat} = V_t / (P_{plat} - PEEP)$ . Om een  $C_{stat}$  te meten is het noodzakelijk dat er een no-flow situatie wordt gecreëerd middels een inspiratoire- ( $P_{plat}$ ) en een expiratoire (PEEP) hold manoeuvre. De dynamische compliantie ( $C_{dyn}$ ) wordt teug op teug gemeten, waarbij er vaak geen sprake is van een no-flow fase. De  $C_{dyn}$  kan daarom beter gebruikt worden om de verandering te monitoren, bijvoorbeeld tijdens het verhogen van PEEP. Als er nog geen situatie is waarbij de geventileerde longdelen overgedistendeerd zijn, zal het teug volume en daarmee de  $C_{dyn}$  toenemen. Dit is een indicator dat het PEEP niveau verhoogd kan worden. Er is echter geen significant verschil in mortaliteit en overleving als een laag PEEP niveau wordt gehanteerd ten opzichte van de groep patiënten die het PEEP niveau getitreerd krijgen op basis van  $C_{rs}$ <sup>13</sup>.

Er bestaat ook een methode die de luchthoudendheid van een long weergeeft. Deze elektronische impedantie technologie (EIT) is een techniek waarbij 16-32 elektrodes rond de thorax van een patiënt worden geplakt. Door middel van wisselstroom worden er elektronische signalen verstuurd en ontvangen. Het verschil in ontvangst van deze signalen wordt gelieerd aan de luchthoudendheid van de long<sup>14</sup>. Op basis van PEEP titratie kan middels de EIT het ideale PEEP niveau worden gevonden<sup>15</sup>. Er zal bij een PEEP trial met de EIT worden gezocht naar een PEEP niveau waarbij overdistentie en cyclische collaps tot een minimum worden beperkt om een optimaal luchthoudende long te bewerkstelligen.

De methode die in dit onderzoek zal worden gebruikt is de methode waarbij wordt gekeken naar de  $P_{Lee}$ . Deze methode werd gekozen op basis van toenemende toepassing in klinieken binnen de regio (IC regio west). Het titreren van PEEP, lettend op de  $P_{Lee}$  lijkt mogelijk wel een reductie van mortaliteit op te leveren voor de patiënt<sup>16</sup>. Om de  $P_{Lee}$  te meten, moet een expiratoire hold worden uitgevoerd. Het is van belang de  $P_{Lee}$  te meten tijdens een statische, no-flow, fase. Richtpunt in dit onderzoek is om de  $P_{Lee}$  op  $0 \pm 2$  cmH<sub>2</sub>O<sup>16,17</sup> te verkrijgen, middels een aanpassing van de PEEP. De hypothese is dat patiënten, opgenomen op de IC van het GHZ, een adequater PEEP niveau krijgen bij gebruik van de  $P_{Lee}$  met behulp van de oesofagusballon.

## Methode

### Studiedesign

Dit single center onderzoek is een observationeel, retrospectief onderzoek. Het onderzoek is goedgekeurd door de Raad van Bestuur en wetenschapscommissie van het GHZ. Er is geen toestemming van het METC nodig geweest voor dit onderzoek.

### Setting

Het onderzoek vond plaats op de IC van het GHZ. De IC van het GHZ is een afdeling bestaande uit één unit met 12 boxen waarvan 10 operationeel. Ook hebben wij binnen het GHZ de enige 2 bewaakte isolatiesluizen met drukverschil voor de opvang van patiënten met een indicatie voor strike isolatie en aerogene isolatie. Op alle 12 bedden is volwaardige ic-behandeling mogelijk. Het 11<sup>e</sup> bed wordt ingezet als calamiteiten bed. Hiermee maken we een spoedopvang op onze IC altijd mogelijk. Jaarlijks worden er gemiddeld 200 patiënten beademd met een gemiddelde beademingsduur van 4 dagen<sup>18</sup>. Dit maakt de IC van het GHZ een middelgrote IC van een perifeer ziekenhuis.

## Populatie

Patiënten voor wie invasieve beademing noodzakelijk was, werden geïncludeerd voor het onderzoek. Zie tabel 1 voor in- en exclusie criteria. Alle patiënten werden beademd middels de drukgecontroleerde beademingsmodus van de Hamilton beademingsmachine (PCMV). In dit onderzoek zijn geen vastgestelde beademingsvoorwaarden van toepassing, naast de geldende richtlijnen, zoals de ARDS richtlijn<sup>19</sup>.

Inclusie	Exclusie
ARDS	Oesofagus varices > graad 3
Non-ARDS, maar hoge beademingsvoorwaarden	Gastro-oesofageale maligniteit
Verhoogde abdominale druk	< 18 jaar
Obesitas	Intra thoracale afwijkingen
	Pneumectomie

Tabel 1, Inclusie- en exclusie criteria

## Methode

Patiënten die tussen 1 februari 2023 en 1 mei 2023 werden opgenomen op de IC én werden geïntubeerd én voldeden aan de indicaties voor een oesofagusballon werden geïncludeerd in het onderzoek. Zie voor inclusie en exclusie criteria tabel 1. Bij alle patiënten is de Nutrivent™ catheter gebruikt.

De IC van het GHZ beschikt over 3 typen beademingsmachines van het merk Hamilton™. De C6 (n=9), G5 (n=2) en S1 (n=1). Na intubatie stelde de intensivist het adequate PEEP niveau in (T0). Voor het instellen van het PEEP niveau is geen protocol voor handen. Het instellen van de overige beademingsvoorwaarden viel buiten de scope van het onderzoek. Na instelling van de beademingsparameters werd de oesofagusballon geplaatst. Na plaatsing werd de positionering van de oesofagusballon geïjkt. Voor de plaatsing en ijking van de ballon is een protocol opgesteld, zie bijlage III. Als werd vastgesteld dat de ijking goed was, werd de  $P_L$  gemeten zowel eind-inspiratoir als eind-expiratoir. De parameters van deze meting werden genoteerd in een rekenhulp, zie bijlage IV. Deze rekenhulp berekende onder andere de  $P_{Lee}$ , eind-inspiratoire transpulmonaaldruk ( $P_{Lei}$ ) en de elastance ratio<sup>20</sup>. De uitkomst van de berekening, samen met de parameters waarmee werd gerekend, werd opgenomen in het medisch dossier. De uitkomst van de  $P_{Lee}$  was de belangrijkste parameter in dit onderzoek om aan te tonen of het ingestelde PEEP niveau adequaat was ingesteld (T1). De PEEP was adequaat ingesteld als de  $P_{Lee}$   $0 \pm 2$  cmH<sub>2</sub>O<sup>16,17</sup> was. Als bleek dat het PEEP niveau niet toereikend was om de  $P_{Lee}$   $0 \pm 2$  cmH<sub>2</sub>O te bereiken, werd de PEEP aangepast. De PEEP werd aangepast mits dit geen verslechtering gaf in  $C_{dyn}$  dan wel  $V_t$ .

12-24 uur na intubatie werd de  $P_L$  opnieuw gemeten. De beademingsinstelling voor aanvang van de  $P_{Lee}$  meting werd gelabeld als moment T2. Deze meting werd ook in het medisch dossier opgenomen en ingevoerd in de rekenhulp. Ook nu was de  $P_{Lee}$  de parameter die aangaf of het ingestelde PEEP niveau nog adequaat was. Op basis van het gemeten  $P_{Lee}$  op T2 kon de PEEP worden aangepast. Deze aanpassing wordt inzichtelijk op T3.

## Dataverzameling

De data werd verzameld van 1 februari 2023 tot en met 1 mei 2023. De data werd verkregen uit het patiënt data management systeem (PDMS), NEXUS (Workspace IC, Vianen). De PEEP instelling wordt vanuit de Hamilton™ beademingsmachine geïmporteerd in het PDMS. De parameters  $P_{Lee}$ ,  $\Delta P$  en  $\Delta P_L$  werden handmatig door de intensivist in het medisch dossier gezet, nadat de  $P_{Lee}$ ,  $\Delta P$  en  $\Delta P_L$  werden berekend via het rekenmodel, zie bijlage IV.

## Statistische analyse

De statistische analyse werd uitgevoerd middels SPSS (IBM, Chicago). Demografische gegevens van de patiënt werden beschreven. Het PEEP niveau bleek niet normaal verdeeld, derhalve werd er gebruikt gemaakt van de One Sample Kolmogorov-Smirnov Normal Test. De correlatie tussen de PEEP op T0 en T1, gepaard effect, werd

aangetoond middels de Cohens's en Hedges' correction. Ook werd de correlatie tussen de PEEP op T0 en de  $P_{Lee}$  op T0 middels de T-test uitgevoerd. Een  $P$ -waarde van  $<0.05$  werd beoordeeld als statistisch significant. De meetmomenten T2 en T3 zijn slechts eenmaal ( $n=1$ ) behaald. Als gevolg van overplaatsing naar een tertiair centrum ( $n=1$ ) of noodzakelijke plaatsing van een duodenumsonde ( $n=2$ ), waarbij de Nutrivent™ catheter werd verwijderd tijdens de plaatsingsprocedure en extubatie binnen 24 uur ( $n=1$ ).

## Resultaten

In de onderzoeksperiode van 3 maanden, werden vijf ( $n=5$ ) patiënten geïncludeerd. Er zijn 7 patiënten beademend in deze periode. De mediane leeftijd van de onderzoeksgroep was 62,2 jaar (42-78). De overige demografische en beademings-karakteristieken zijn te vinden in tabel 2.

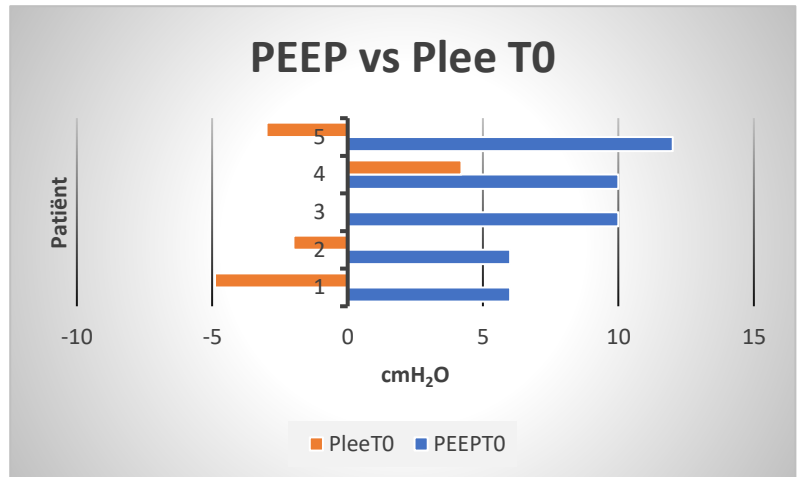
Het niveau van PEEP, gemeten na plaatsing van de oesofagusballon was gemiddeld 8,8 cmH<sub>2</sub>O (range 6 – 12,  $\sigma$  2.68,  $P$  0.200). De  $P_{Lee}$  op datzelfde meetmoment was gemiddeld 1.14 cmH<sub>2</sub>O (range -4.9 - 4.2,  $\sigma$  3.470,  $P$  0.200).

Er bleek geen significante relatie tussen de PEEP en de  $P_{Lee}$  ( $P$  0.509), zie figuur 1. Deze gegevens bleken wel normaal verdeeld ( $P$  0.003)

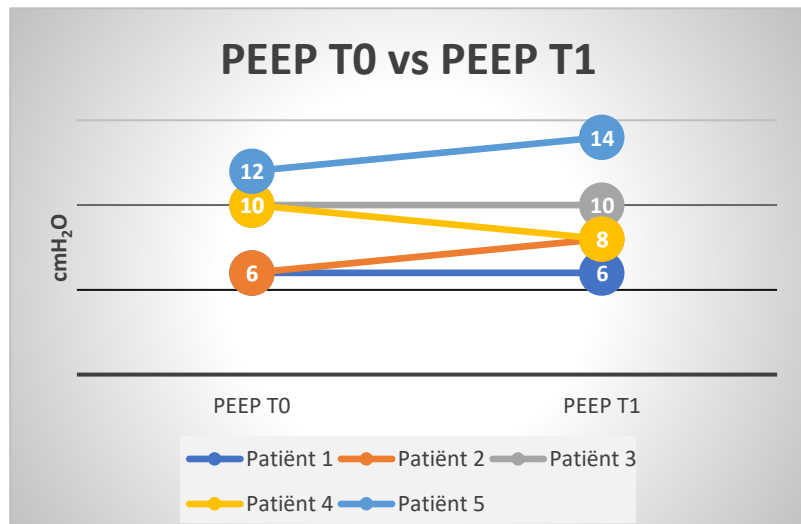
Op basis van de uitgevoerde meting, inspiratoire en expiratoire hold manoeuvre, werd de PEEP aangepast om de  $P_{Lee}$  op  $0 \pm 2$  cmH<sub>2</sub>O te verkrijgen. Bij  $n=3$  patiënten is er een aanpassing in de PEEP toegepast om de  $P_{Lee}$  te optimaliseren, zie figuur 2. In 60% van de metingen is er een aanpassing in PEEP uitgevoerd. Dit kan zowel een verhoging als een verlaging betekenen. De PEEP werd enkel opgehoogd als de  $C_{dyn}$  en  $V_t$  toenamen en er geen hemodynamische instabiliteit ontstond. Als dit niet het geval was, werd gekozen om de PEEP te laten staan op de aanvankelijke stand. Er werd gestreefd naar een  $P_{Lee}$  zo dicht mogelijk bij de 0, en het liefst positief. Om daarmee cyclische alveolaire collaps te voorkomen.

Het gemiddelde PEEP niveau na aanpassing kwam uit op 9.2 cmH<sub>2</sub>O ( $\sigma$  3.03,  $P$  0.200). Gemiddeld is de PEEP daarmee met 0,4 cmH<sub>2</sub>O ( $\sigma$  1.673,  $P$  0.621) toegenomen.

Dit is gemeten over de gehele onderzoeksgroep.



Figuur 1, niveau van PEEP uitgezet tegen de  $P_{Lee}$  op T0. PEEP T0 (mean 8.8,  $\sigma$  2.68,  $P$  0.200) en  $P_{Lee}$  (mean 1.14,  $\sigma$  3.470,  $P$  0.200). Correlatie tussen PEEP en  $P_{Lee}$  was 0.396 ( $P$  0.509).  $n=5$ .



Figuur 2, niveau van PEEP gemeten op T0 uitgezet tegen het PEEP niveau op T1. PEEP T0 (mean 8.8,  $\sigma$  2.68,  $P$  0.200) en PEEP T1 (mean 9.2,  $\sigma$  3.03,  $P$  0.200). De correlatie tussen PEEP op T0 en T1 was 0.836 ( $P$  0.078).  $n=5$

Karakteristieken	Populatie (n=5)
Leeftijd (jaren)	62.2 (42-78)
Gewicht (kg)	74.9 (53-96.5)
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.72 (21.7-26.1)
Geslacht (aantal)	
man	5
vrouw	0
Patiëntencategorie (aantal)	
ARDS (severe)	3
Aspiratiepneumonie	1
Post operatief, buikchirurgie	1
Beademingsvorm (%)	
PCMV	100
Spontaan	0
P <sub>plat</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	21.8 (16-32)
ΔP (cmH <sub>2</sub> O)	12.08 (8-18)
P <sub>L</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	13.06 (6-32)
Vt	
Vt (ml)	459.6 (205-580)
Vt/kg (ml/kg)	7.3

Tabel 2, patiënt karakteristieken

## Discussie

De resultaten laten een beeld zien dat in 60% van de gevallen het PEEP niveau is aangepast. Hierbij dient vermeld te worden dat bij 1 patiënt aan de hand van de P<sub>Lee</sub> de PEEP werd verhoogd wat vervolgens een verlaging gaf van de compliantie en verkleining van het teugvolume. Op basis van deze observaties is er bij deze patiënt niet een aanpassing van de PEEP gekozen.

Bij geen enkele patiënt gaf de verandering van PEEP een episode van hemodynamische instabiliteit<sup>21</sup>. 80%, n=4, patiënten ontwikkelde een acute respiratory distress syndrome (ARDS)<sup>19</sup> op basis van een primaire longziekte en/of infectie. In dit onderzoek is geen patiënt geïncludeerd met een ARDS secundair aan een infectie/inflammatie extra thoracaal, e.g. pancreatitis of abdominale sepsis. Dit kan worden gezien als een beperking in dit onderzoek. Een patiënt, n=1, werd postoperatief beademd na buikchirurgie, maar deze patiënt ontwikkelde geen secundair ARDS beeld.

In de onderzoeksgroep is tevens geen patiënt geïncludeerd met een abdominaal compartimentsyndroom (ACS)<sup>22</sup>. ACS geeft een verhoogde intra abdominale druk wat kan bijdragen aan een verhoogde P<sub>pl</sub>.

De P<sub>pl</sub> is een weergave van de stijfheid, dan wel elasticiteit, van de thoraxwand<sup>20</sup>. De thoraxwand bestaat anatomisch uit de thoraxkooi en het diafragma. De elasticiteit van de thoraxwand kan onder andere worden beïnvloed door een verhoogde intra-abdominale druk, vorming van oedeem en een veranderde anatomie.

Het vulvolume van de oesofagusballon was in alle gevallen 4 ml lucht. Er is voor dit volume gekozen aangezien dit wordt aanbevolen vanuit de fabrikant, Nutrivent™. Volgens fabrikant voorschrift werd de ballon eerst gevuld met 6 ml lucht waarna 2 ml lucht werd teruggetrokken. Het is mogelijk dat, lettende op de meest uitgesproken P<sub>es</sub>-curve bij het minste volume<sup>23</sup>, hiermee de P<sub>es</sub>-curve is over of onderschat.

Een beperking voor de keus van de Nutrivent™ oesofagusballon catheter is het kostenaspect. De Nutrivent™ oesofagusballon catheter is binnen de range aan oesofagusballon catheters een van de duurdere keuzes (€ 128,- per stuk). Er is echter wel bewust voor deze catheter gekozen. Een voordeel van deze catheter is dat er over kan worden gevoed en desgewenst kan worden gebruikt als maaghevel. Bij enkele patiënten was het

voeden via een duodenumsonde noodzakelijk, als gevolg van onvolledige maaglediging. Doordat de duodenumsonde met behulp van een gastroscop werd geplaatst, werd de oesofagusballon voor aanvang van de procedure verwijderd. Hierdoor zijn de metingen op T2 en T3 niet meegenomen in dit onderzoek. Er is voor het weglaten van deze data gekozen, aangezien dit niet bijdragend bleek voor het onderzoek.

In dit onderzoek is de oesofagusballon enkel gebruikt voor PEEP titratie. Er zijn echter meer toepassingen te noemen waarvoor een oesofagusballon ingezet kan worden zoals detectie van asynchronie<sup>5,24</sup>. Deze overige toepassingen zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Dit kan als beperkt gebruik worden gezien van de mogelijke toepassingen van de oesofagusballon. Hierbij moet gemeld worden dat op de Hamilton C6™ een plotse negatieve drukcurve niet voldoende wordt weergegeven. Daardoor kan onder andere de occlusiedruk ( $P_{occ}$ ) niet worden gemeten.

Het aantal geïncludeerde patiënten in dit onderzoek,  $n=5$ , is een beperking. Er zijn tijdens het onderzoek 2 patiënten niet geïncludeerd als gevolg van human factor. Echter, ook met  $n=7$  blijft de beperking van een laag aantal inclusies overeind. Bij aanvang van het onderzoek was de verwachting  $n=12$  patiënten te kunnen includeren. Hiermee zou geen statistische relevantie worden aangetoond, maar met de uitkomsten van dit onderzoek, wellicht een stevigere uitkomst wat betreft klinische relevantie.

Het niet opnemen van het meten van de  $P_{Lee}$  op T1 is een missende parameter, wat als beperking kan worden gezien. Bij het opstellen van het onderzoeksprotocol, zie bijlage II, is dit niet opgenomen. Hierbij is uitgegaan van het principe dat een verandering van de PEEP geen invloed heeft op de  $P_{pi}$ <sup>25</sup> en daarmee ook niet op de  $P_{Lee}$ . Wel neemt de  $P_{Lee}$  evenredig toe met de toename van de PEEP. Om het effect op de  $P_{Lee}$  te objectiveren had het vollediger geweest dit tevens mee te nemen in het onderzoek.

## Conclusie en aanbevelingen

Dit onderzoek heeft aangetoond dat op basis van de  $P_{Lee}$  de PEEP in 60% ( $n=5$ ) is aangepast. Bij deze aanpassing nam de PEEP met gemiddeld 0,4 cmH<sub>2</sub>O ( $\sigma$  1.673,  $P$  0.621) toe. De toename van het PEEP niveau is hiermee niet als statistisch relevant te kwalificeren. Het gegeven een wijziging in het PEEP niveau heeft plaatsgevonden in 60% van de onderzoeksgroep, kan een signaal zijn dat er echter wel klinische relevantie is voor het gebruik van de oesofagusballon op een middelgrote IC van een perifeer ziekenhuis. Om dit mogelijke signaal statistisch te kwantificeren is meer onderzoek nodig. De aanbeveling is om een multicenter Randomized Controlled Trial op te zetten waarbij verschillende middelgrote perifere IC's participeren in een onderzoek waarin harde eindpunten zijn opgenomen zoals beademingsdagen, mortaliteit en morbiditeit. Om deze eindpunten op te nemen in dit onderzoek leek niet realistisch gezien het tijdsbestek en de opzet van dit onderzoek.

## Literatuurlijst

1. Goligher, E. C. *et al.* Lung- And diaphragm-protective ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* **202**, 950–961 (2020).
2. Williams, E. C., Motta-Ribeiro, G. C. & Melo, M. F. V. Driving Pressure and Transpulmonary Pressure: How Do We Guide Safe Mechanical Ventilation? *Anesthesiology* vol. 131 155–163 Preprint at <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002731> (2019).
3. Umbrello, M. & Chiumello, D. Interpretation of the transpulmonary pressure in the critically ill patient. *Ann Transl Med* **6**, (2018).
4. Gattinoni, L. *et al.* The future of mechanical ventilation: Lessons from the present and the past. *Critical Care* vol. 21 Preprint at <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1750-x> (2017).
5. Mauri, T. *et al.* Esophageal and transpulmonary pressure in the clinical setting: meaning, usefulness and perspectives. *Intensive Care Medicine* vol. 42 1360–1373 Preprint at <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4400-x> (2016).
6. Garegnani, L. *et al.* Esophageal pressure monitoring during mechanical ventilation in critically ill adult patients: A systematic review and meta-analysis. *Medicina Intensiva* vol. 45 <http://www.medintensiva.org/en/> (2021).
7. Shimatani, T., Kyogoku, M., Ito, Y., Takeuchi, M. & Khemani, R. G. Fundamental concepts and the latest evidence for esophageal pressure monitoring. *Journal of Intensive Care* vol. 11 Preprint at <https://doi.org/10.1186/s40560-023-00671-6> (2023).
8. Talmor, D. *et al.* Mechanical Ventilation Guided by Esophageal Pressure in Acute Lung Injury. *New England Journal of Medicine* **359**, 2095–2104 (2008).
9. Sahetya, S. K., Goligher, E. C. & Brower, R. G. Fifty years of research in ARDS. Setting Positive End-Expiratory Pressure in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* **195**, 1429–1438 (2017).
10. Caramez, M. P. *et al.* A comparison of methods to identify open-lung PEEP. *Intensive Care Med* **35**, 740–747 (2009).
11. Albaiceta, G. M. *et al.* Inspiratory vs. expiratory pressure-volume curves to set end-expiratory pressure in acute lung injury. *Intensive Care Med* **31**, 1370–1378 (2005).
12. 'Desai, J. & 'Moustarah, F. Pulmonary Compliance. in *StatPearls* (StatPearls Publishing, 2023).
13. Cavalcanti, A. B. *et al.* Effect of lung recruitment and titrated Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) vs low PEEP on mortality in patients with acute respiratory distress syndrome - A randomized clinical trial. *JAMA - Journal of the American Medical Association* **318**, 1335–1345 (2017).
14. Mansouri, S. *et al.* Electrical Impedance tomography – recent applications and developments. *J Electr Bioimpedance* **12**, 50–62 (2021).
15. Sella, N. *et al.* Electrical impedance tomography: A compass for the safe route to optimal PEEP. *Respir Med* **187**, 106555 (2021).
16. Sarge, T. *et al.* Effect of esophageal pressure-guided positive end-expiratory pressure on survival from acute respiratory distress syndrome: A risk-based and mechanistic reanalysis of the EPVent-2 trial. *Am J Respir Crit Care Med* **204**, 1153–1163 (2021).
17. Jonkman, A. H., Teliás, I., Spinelli, E., Akoumianaki, E. & Piquilloud, L. The oesophageal balloon for respiratory monitoring in ventilated patients: updated clinical review and practical aspects. *European Respiratory Review* **32**, (2023).
18. NICE, stichting. NICE. Preprint at (2022).
19. Grasselli, G. *et al.* ESICM guidelines on acute respiratory distress syndrome: definition, phenotyping and respiratory support strategies. *Intensive Care Med* **49**, 727–759 (2023).
20. Gattinoni, L., Chiumello, D., Carlesso, E. & Valenza, F. Bench-to-bedside review: Chest wall elastance in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. *Critical Care* vol. 8 350–355 Preprint at <https://doi.org/10.1186/cc2854> (2004).
21. Kuckelt, W. *et al.* Effect of PEEP on gas exchange, pulmonary mechanics, and hemodynamics in adult respiratory distress syndrome (ARDS). *Intensive Care Med* **7**, 177–185 (1981).
22. Cheatham, M. L. Abdominal Compartment Syndrome: pathophysiology and definitions. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* **17**, 10 (2009).

23. Mojoli, F. *et al.* Technical aspects of bedside respiratory monitoring of transpulmonary pressure. *Ann Transl Med* **6**, 377–377 (2018).
24. Dres, M., Rittayamai, N. & Brochard, L. Monitoring patient-ventilator asynchrony. *Current Opinion in Critical Care* vol. 22 246–253 Preprint at <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000307> (2016).
25. Persson, P., Lundin, S. & Stenqvist, O. Transpulmonary and pleural pressure in a respiratory system model with an elastic recoiling lung and an expanding chest wall. *Intensive Care Med Exp* **4**, 26 (2016).



## Bijlagen

### Bijlage I, Visie op functie Intensive Care Practitioner, uitstroomprofiel ventilatie.

#### **Persoonlijke groei en ontwikkeling**

In mijn huidige functie als Ventilation Practitioner (VP) i.o. heb ik geleerd om mijzelf meer te profileren richting de medische staf. De functie van VP is al bekend op de Intensive Care (IC) van het Groene Hart Ziekenhuis (GHZ). Naast dat de functie bekend is, is deze ook volledig geaccepteerd. Naast de functie van VP zijn er ook twee Circulation Practitioners werkzaam op de IC van het GHZ. Echter heb ik wel de visie dat een VP een actievere en meer zichtbare rol op de afdeling en in het ziekenhuis mag en kan vervullen. Om dit te bereiken heb ik het voorstel gedaan dat de VP tijdens een uitgeplande dag de verpleegkundige- en medische overdracht bijwoont om vervolgens tot advies te komen richting de intensivisten voor een beademingsstrategie. Dit is de "ventilatie-ronde" gaan heten. Om dit voorstel te kaderen is er een document opgesteld waarin beschreven is wat de ventilatieronde inhoudt, wat er verwacht mag worden van de VP en wat er nodig is qua randvoorwaarden.

Om dit voor te stellen moest ik wel over wat drempels heen. Deels vanwege onzekerheid over mijn kennis, deels vanwege onterechte "angst" voor de reactie van de medische staf en deels door het besef dat ik nog in opleiding ben en daarmee nog niet een beroep 'mag' doen op het VP-schap. Ik realiseer mij dat dit processen en denkwijzen in mijn hoofd zijn die ik moet omdraaien tot een motivatie. En dat lukt mij steeds beter. Ik ervaar dat de drempel lager aan het worden is en mij daardoor meer durf te profileren als VP. Ik ga er dan ook vanuit dat naar mate de ervaring groeit, de schroom om mij te profileren zal verdwijnen. Dit mede door de positieve houding die de intensivisten en PA's hebben richting de functie van de VP. Ook geloof ik dat door mijn kennis bij te houden, middels het lezen van relevante en actuele wetenschappelijke artikelen, mijn zelfvertrouwen zal groeien. Hierdoor zal ik in staat zijn om met een gedegen en onderbouwd advies te komen richting de intensivisten voor een beademingsstrategie.

Ik merk dat de drempel richting de intensivisten al een stuk verlaagd is door de opdrachten die vanuit de opleiding gegeven werden. Voor de uitvoer van de opdrachten is samenwerking met de medische staf noodzakelijk. Deze noodzaak heeft ervoor gezorgd dat ik de drempel, die ik aanvankelijk ervoer, is weggenomen. Deze duw in de rug heeft zeker geholpen en is een startschot geweest om deze ontwikkeling verder uit te breiden.

In mijn functie als VP heb ik diverse scholingen gegeven aan zowel IC- als SEH verpleegkundigen met betrekking tot de beademing. De lessen waren zowel opleiding gerelateerd als mede geïnitieerd om een leerbehoefte te vervullen van het team. Mede daardoor weten collega's mij te vinden als er vragen zijn rondom beademing gerelateerde zaken. Ik probeer mij dan ook open op te stellen richting collega's in de hoop dat ik geen drempel opwerp om een volgende vraag te stellen.

Daarnaast wil ik vooral met bedside teaching, samen met de IC-verpleegkundige, naar de beademingsinstellingen kijken en evalueren of dit de optimale instellingen zijn. Bijvoorbeeld door te kijken naar de curves en loops en door middel van een leergesprek. Niet als een betweterige VP die wel-even-de-beademing-komt-aanpassen. Ik geloof dat die manier van werken er een is die het draagvlak binnen zeer korte tijd laat verdwijnen. Daarom zal ik mij inzetten om kennis te doseren en het stapje voor stapje uit te leggen.

Ik kwalificeer bovengenoemde competenties als respectievelijk, vakinhoudelijk handelen & samenwerking & communicatie en scholing & onderwijs. Competenties waarin ik een groei ervaar in de afgelopen periode en waarin ik mij in de toekomst verder en meer wil ontwikkelen.

Waar ik het meest over verrast ben, is de ontwikkeling in kennis & wetenschap. Voor de start van deze opleiding had ik niet eerder een wetenschappelijk artikel gelezen, laat staan gekeken naar de statistische relevantie van een wetenschappelijk artikel. Ik heb inmiddels geleerd dat op de IC niet alles gebeurt omdat een intensivist zomaar iets doet. Dit is vaak gebaseerd op gedegen onderzoek wat beschreven is in een wetenschappelijk artikel en gepresenteerd op een internationaal IC symposium. Uiteraard, niet alles is onderzocht en zeker op respiratie vlak komt de gepersonaliseerde beademing steeds meer naar voren. Echter reviews die longmechanica beschrijven, guidelines en landmarkstudies geven wel een duidelijke visie weer op wat wel en niet long protectief is bij mechanische beademing.

Ik merk dat ik door het lezen van wetenschappelijke artikelen van het ene artikel naar het volgende artikel ga. Vaak is dit om dat veel artikelen gerefereerd worden naar elkaar. Ik stel mij dan ook voor dat ik in de toekomst een deel van de tijd zal besteden om de nieuwste wetenschappelijke inzichten te volgen.

Tijdens de opleiding heb ik voor de implementatie opdracht de oesofagusballon geïmplementeerd. Onder andere de competentie techniek & materiaal is hierin geoefend. De keuze voor het type oesofagusballon is er een geweest van verkennen van de markt, de voor- en nadelen van een oesofagusballon bestuderen in combinatie met het kostenaspect. Hierdoor is ook het contact gestart met vertegenwoordigers van de industrie. Het onderhouden van contact met vertegenwoordigers is ook een taak van een VP. Ik hoop dit in de toekomst dan ook voort te zetten en op die manier op de hoogte te blijven van de laatste technologische ontwikkelingen.

Als ik reflecteer op afgelopen 15 maanden VP opleiding ben ik aan het groeien in de functie richting VP. Ik heb langzaam een andere functie verkregen binnen het team, heb veel nieuwe kennis opgedaan, ben uit de comfort zone gegaan en heb daarmee nieuwe persoonlijke inzichten verkregen. Ik heb niet de overtuiging dat het behalen van het CZO erkende diploma het einde is van mijn persoonlijke en professionele ontwikkeling. Ik zie dit vooral als startpunt om, met de opgedane kennis en ervaring, de beademing op de IC van het GHZ naar een hoger niveau te brengen en daarmee de patiëntenzorg te verbeteren.

### **Huidige- en gewenste positie**

Op dit moment heeft de VP geen actieve bedside rol tijdens een uitgeplande dag. De VP is tijdens een uitgeplande dag veel bezig met noodzakelijke kantoorwerkzaamheden. Binnen deze werkzaamheden vallen:

- Updaten van respiratoire protocollen;
- Updaten van AskMe modules;
- Onderhouden van contacten met de industrie;
- (Klinische) lessen voorbereiden;
- Scholing geven aan professionals, zowel verpleegkundig als medisch, in opleiding (PiO);
- Contact/ inspelen op behoeftes van de verpleegafdelingen;
- Contact met andere practitioners in het land wat betreft ontwikkelingen.

In de wenselijke situatie zal de VP, tijdens een uitgeplande dag, de verpleegkundige en medische overdracht bijwonen. Hierdoor is de VP op de hoogte van de actuele situatie op de afdeling.

De VP is aanwezig bij de radiologie bespreking. Hierdoor zal de ervaring voor het beoordelen van thoraxfoto's en CT-scans vergroten.

De VP loopt met de intensivist, arts-assistent en/of physician assistant (PA) mee tijdens de ochtendvisite. Tijdens de visite zal de focus voor de VP liggen op de respiratie. Op deze manier heeft de VP een indruk van de patiëntgebonden situatie rondom de respiratie. Hierin kan een snelle strategie worden besproken wat betreft de respiratie. Een uitkomst van deze strategie kan zijn dat de VP aanvullende diagnostiek zal verrichten om tot een individuele beademingsstrategie te komen. Hiervoor kan de VP gebruik maken van de diagnostische tools van de beademingsmachine, long-echo, oesofagusballon en eventueel X-thorax. De VP zal vervolgens een voorstel doen voor de beademingsstrategie en opgedane bevindingen terugkoppelen aan de arts/PA die verantwoordelijk is voor de bewuste patiënt. De intensivist zal dan het beademingsbeleid bepalen. Deze terugkoppeling kan plaats vinden tijdens het multidisciplinair overleg (MDO).

In de middag zal de VP kantoorwerkzaamheden uitvoeren, die ook horen bij de functie van VP.

### **Functie van VP binnen het GHZ over 1 en 3 jaar (missie en visie)**

#### *Missie*

Ik zal, als VP op de IC van het GHZ, mij op de hoogte houden van de nieuwste ontwikkelingen op respiratoir gebied, de deskundigheid van de (leerling-) IC-verpleegkundigen, arts assistenten, PA en intensivisten bevorderen en mij op die manier inzetten om de kwaliteit van de patiëntenzorg op respiratoir gebied te vergroten.

#### *Visie*

Over 1 jaar heeft de VP zich geprofileerd op de IC van het GHZ en op de verpleegafdeling longgeneeskunde, kindergeneeskunde, de cardiac care unit (CCU) en de spoedeisende hulp (SEH). Dit zal worden bereikt door de ventilatie rondom de IC van het GHZ uit te gaan voeren. Bedside teaching verlenen aan IC-verpleegkundigen zal hierbij een sleutelrol krijgen. De visie is dat het niveau van vaardigheden en kennis vooral wordt vergroot door het geven van bedside teaching. Het vooraf beoogde effect zal na een jaar worden geëvalueerd onder de IC-verpleegkundigen en de medische staf.

De afdelingen buiten de IC zullen worden bezocht door de VP en zij zullen zich daarin voorstellen. In eerste instantie zal de functie van VP worden uitgelegd en zullen verwachtingen worden uitgesproken die de afdelingen mogen hebben van een VP.

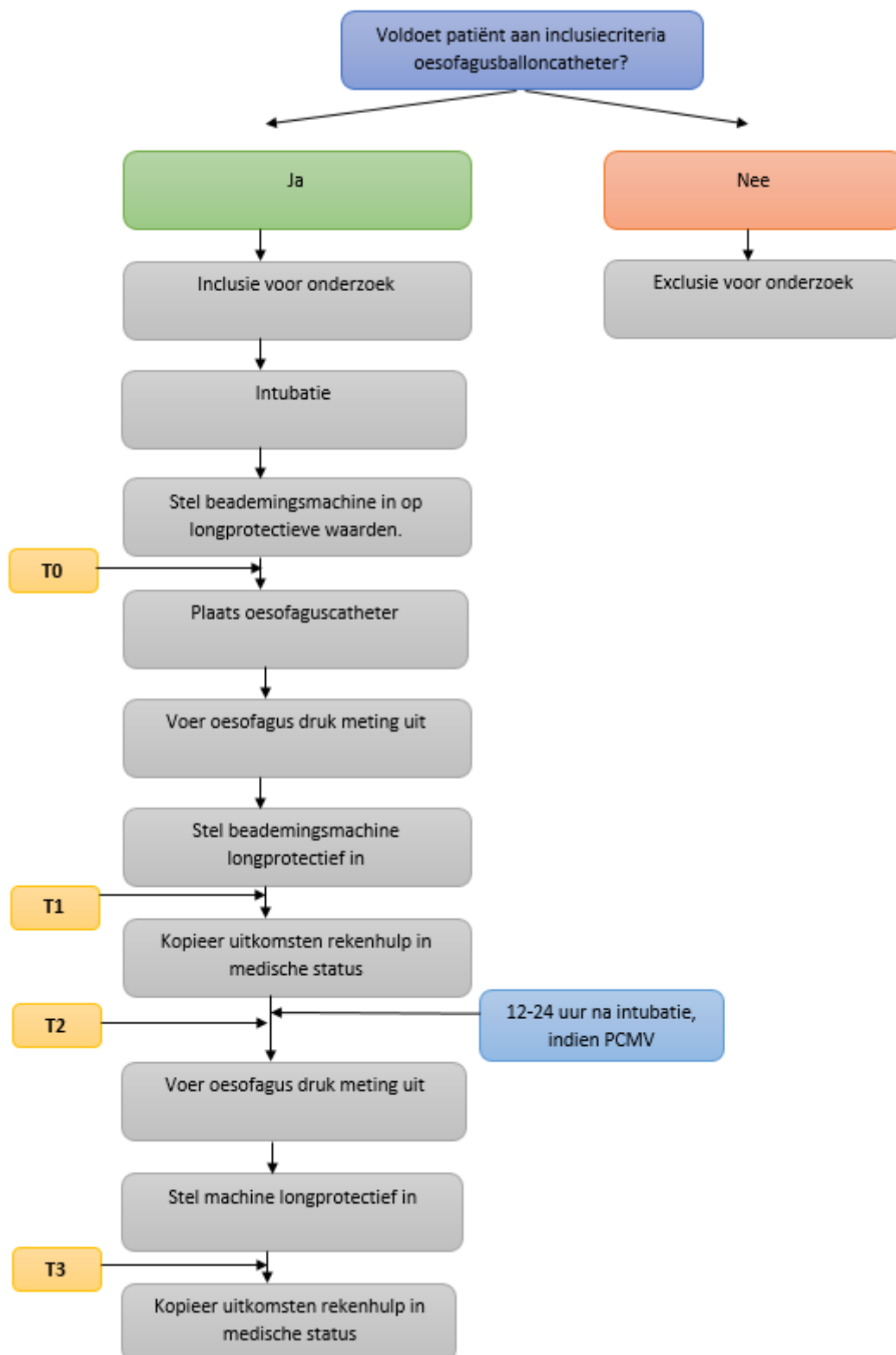
Over 3 jaar zal de VP een vaste plek hebben gekregen op de IC van het GHZ als het gaat om adviseren van beademingsstrategie. Om dit te doen heeft de VP zich bekwaamd en gecertificeerd in het uitvoeren van long echografie. Daarnaast is de VP expert op het gebied van het uitvoeren van transpulmonaaldrücken met de oesofagusballon.

Ook heeft de VP een drempelloos contact met de eerder genoemde afdelingen binnen het GHZ. Hierdoor zijn respiratoire protocollen op elkaar afgestemd en zoveel mogelijk uniform gemaakt. Dit geldt tevens voor materialen en overige technologische behoeften.

De VP heeft een netwerk van collega VP die laagdrempelig contact met elkaar hebben en er is een regionaal VP-netwerk opgericht. Dit regionale netwerk zal worden opgericht om kennis op een informele manier met elkaar te delen.

Werken aan verbetering van de respiratoire zorg, zowel op de IC als daarbuiten, is de visie van de VP.

Bijlage II, Flowchart onderzoek



## Bijlage III, oesofagusballon protocol

Auteur	L.H.Hassing, anesthesioloog-intensivist G. Noppe, internist-intensivist W.J. Vletter, ventilation practitioner io
Afdeling	Intensive Care
Autorisatie door	vakgroep IC
Bestemd voor	IC personeel
Status/ Versie	Definitief / versie 2
Geldig tot	februari 2026
Vindplaats bronbestand	IC protocollen -> respiratie

# Oesofagusballon protocol

Dit protocol beschrijft indicaties voor het meten van de oesofagusdruk, het berekenen van de transpulmonaaldruk, het ijken van de oesofagusballon en de werkwijze om de oesofagusballon in te brengen. Het protocol is bedoeld voor intensivisten, arts-assistenten, physician assistants, ventilation practitioners en IC-verpleegkundigen. Dit protocol beschrijft de handeling met de Nutrivent™ oesofagusballon.

## 1. Inleiding

Een oesofagusdruk meting wordt uitgevoerd om meer inzicht te krijgen wat er daadwerkelijk in de longen gebeurt met de drukken die worden gegeven tijdens mechanische beademing. Met de oesofagusballon wordt de oesofagusdruk gemeten. Deze waarde kan worden geïnterpreteerd als de pleurale druk.

## 2. Indicaties

- PCMV
  - ARDS
  - Non-ARDS met relatief hoge beademingsvoorwaarden;
  - PEEP > 10 cm H<sub>2</sub>O
  - FiO<sub>2</sub> > 50%
  - P<sub>plat</sub> > 20 cm H<sub>2</sub>O
  - Verhoogde abdominale druk, zie protocol [buikdrukmeting](#).
  - Obesitas.
  - Detectie van asynchronie.
- PS
  - Detectie van asynchronie.
  - Kwantificatie van 'pressure swings'.
  - Meting van work-of-breathing.

## 3. Contra-indicaties

Contra-indicaties voor het plaatsen van de oesofagusballoncatheter

- Recente, <1 maand, gastro-intestinale bloeding (relatief)
- Oesofagusvarices > graad 3
- Trombocytopenie, <50 10<sup>9</sup>/l (relatief)
- Gastro-oesofageale maligniteit
- Gastro-oesofageale chirurgie in de voorgeschiedenis (relatief)
- Overige ziekten in de oesofagus en/of thorax die kunnen leiden tot complicaties of tot onbetrouwbare metingen (oesofagus stent, intrathoracale maag etc.)
- Pneumectomie (geen betrouwbare meting)

## 4. Handelwijze

### Vorbereiding

Plaatsing oesofagusballoncatheter geschied te allen tijde in overleg met intensivist.

#### Benodigdheden

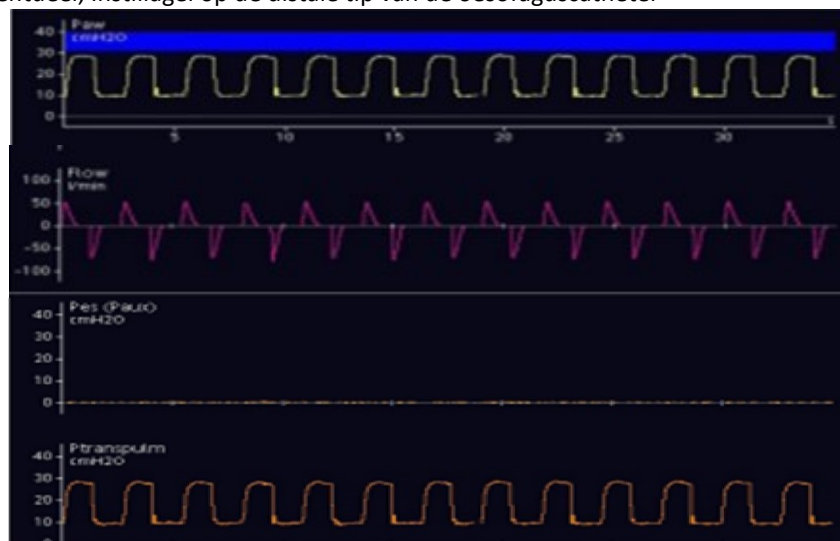
- Nutrivent® balloncatheter set. Wordt op indicatie onder zicht geplaatst.
  - Balloncatheter
  - Stilet
  - Driewegkraan
  - Drukmeetlijn
  - 10 cc luerlock spuit
- Hamilton G5, C6 of S1 machine
- Instillagel
- Druklijn om drukmeetlijn te verlengen (eventueel)
- Xylocaine-spray bij wakkere patiënt (eventueel)
- Nutricair enteral-enfit, tussenstuk voor maagsonde zak.
- Maagsondezak

### Stap 1

- Geef, indien mogelijk, uitleg aan de patiënt
- Sluit de meegeleverde druklijn aan op de Pes-poort van de machine • Zorg voor de juiste lay-out op de beademingsmachine.

Gebruik vier curves, van boven naar beneden

- $P_{aw}$
  - Flow
  - $P_{es}$
  - $P_L$  (Ptranspulm op Hamilton machine)
- Controleer of de  $P_{es}$  een druk van "0" aangeeft op de machine.
  - Bepaal plaatsingsdiepte via NEX (Nose-Earlob-Xyphoid) en teken deze af op de oesofaguscatheter. Hierbij wordt gerekend vanaf onderkant ballon. Niet vanaf de tip van de katheter.
  - Kies een neusgat zonder obstructie
  - Gebruik, eventueel, Instillagel op de distale tip van de oesofaguscatheter



Volgorde curves

## Stap 2

- Voer de voeddraad op via het voedingslumen (paars), maak hiervoor de stilet nat met water.
- Breng de katheter via het neusgat langzaam in. Stop en breek de handeling af bij obstructie. Probeer het opnieuw via het andere neusgat. Overweeg de katheter in te brengen "onder zicht" als de katheter niet soepel op te voeren is, middels een laryngoscoop.
- Schuif de katheter voorzichtig op tot in de maag, ongeveer 15 cm verder dan het voor afgetekende punt.

## Stap 3

- Sluit de druklijn met de meegeleverde 3-wegkraan aan op de oesofaguscatheter (groene lijn). • Blaas via de 3-wegkraan de ballon 6 mL op en trek 2 mL terug (doelvolumen is 4 mL)
- Draai de 3-wegkraan naar de machine open.
- Controleer of de oesofagusdrukcurve ( $P_{es}$ ) op de machine verschijnt. Deze moet overeenkomen met de druk in de maag. De  $P_{es}$  zou moeten toenemen tijdens inspiratie, zowel bij PCMV als bij PS. Ook verhoogd de curve bij korte zachte manuele compressie op de abdominale linker bovenkwadrant (figuur 1). Hou de katheter hierbij in de ingebrachte positie zoals bij stap 2 beschreven. Is de curve van de  $P_{es}$  gelijk aan de  $P_{aw}$  curve? Denk dan aan tracheale positie van de balloncatheter. Zuig de ballon dan leeg en verwijder de katheter direct. Er mogen géén cardiogene oscillaties te zien zijn bij deze stap.

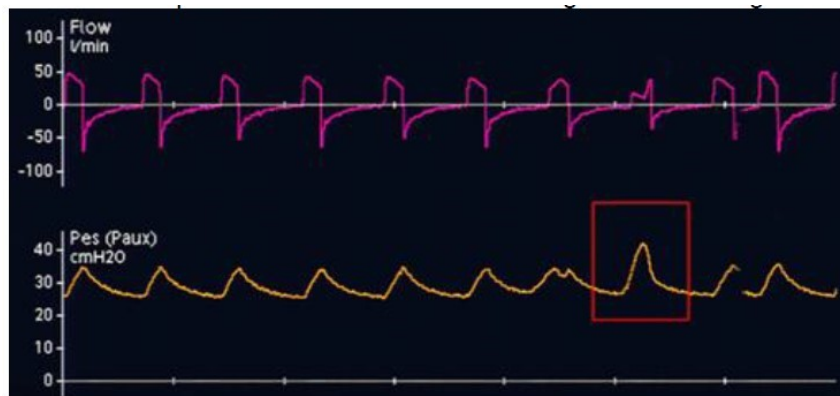


Fig. 1. Drukverhoging oesofagusdruk bij manuele compressie abdomen.

## Stap 4

- Trek de katheter terug tot de vooraf bepaalde diepte. Controleer of de  $P_{es}$  curve verandert als gevolg van het verschijnen van cardiale oscillaties (figuur 2). Ook zal de baseline van de curve veranderen als de ballon de oesofagus in gaat.  
NB. Bij PCMV is de  $P_{es}$  curve positief tijdens inspiratie. Bij PS is de  $P_{es}$  juist negatief.

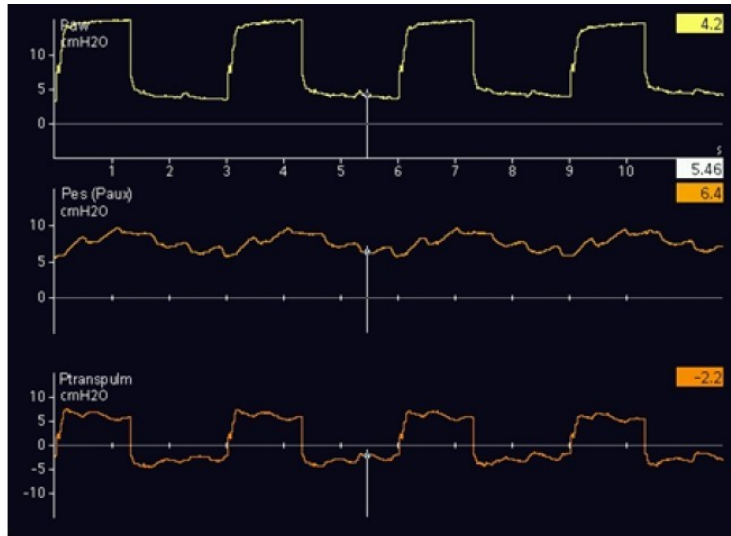


Fig. 2. Oesophagusdruk bij opgelegde beademing patiënt. De kleine golfvormen in curves zijn cardiale oscillaties.

## Stap 5

Controle plaatsing ballon door middel van een occlusie test.

### PCMV

- Voer een expiratory hold uit, druk op de knop expiratory hold.
- Voer een korte manuele compressie uit op de thorax van de patiënt.
- Breek de expiratory hold af, druk op de knop expiratory hold.
- Pauzeer de curves
- Controleer of positieve (!) uitslag  $P_{es}$  en  $P_{aw}$  overeenkomen (figuur 3).  
De uitslag op de  $P_{es}$  en  $P_{aw}$  moeten nagenoeg gelijk zijn, met een maximale afwijking van 20%. (Ratio 0,8-1,2).

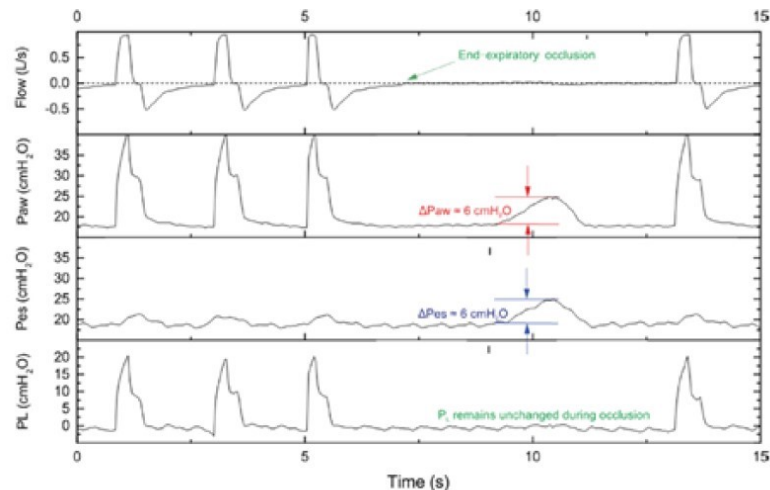


Fig. 3. curven bij passieve ventilatie

### Pressure support

- Voer een expiratory hold uit, druk op de knop expiratory hold.
- Doe dit voor een inspiratoire ademfoging van de patiënt.
- Breek de expiratory hold af, druk op de knop expiratory hold.
- Pauzeer de curves
- Controleer of negatieve (!) uitslag  $P_{es}$  en  $P_{aw}$  overeenkomen (figuur 4).



De uitslag op de  $P_{es}$  en  $P_{aw}$  moeten nagenoeg gelijk zijn, met een maximale afwijking van 20%. (Ratio 0,8-1,2).

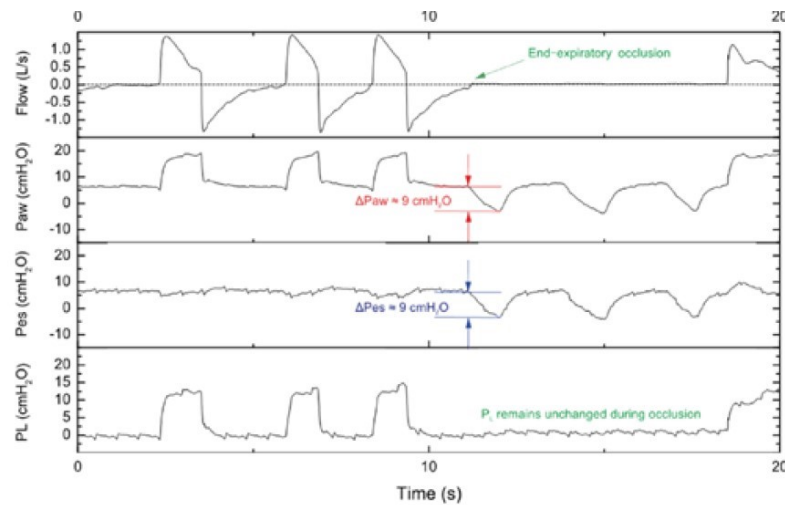


Fig. 4. curven bij spontaan ademende patiënt

## Stap 6

Als de katheter goed gepositioneerd is en de drukken betrouwbaar zijn, kan de oesofagusballon gebruikt worden.

- Fixeer de oesofagus catheter aan de neus mbv een maagsonde pleister (Naso-fix)
- Laat de ballon leeglopen.
- Verwijder de voedraad uit het voedingslumen en sluit deze aan op een hevelzak of sondevoedingspomp. Voor aansluiting met een hevelzak is een tussenstuk nodig.
- Blaas via de 3-wegkraan de ballon 6 mL op en trek 2 mL terug (doelvolumen is 4 mL) alvorens een drukmeting uit te verrichten.
- Na elke meting wordt de ballon leeggemaakt.

## Stap 7

Uitvoeren van meting

- Positioneer de patiënt in 30° rugligging
- Controleer plaatsing van ballon, zie stap 5.
- Blaas via de 3-wegkraan de ballon 6 mL op en trek 2 mL terug (doelvolumen is 4 mL).
- Voer een inspiratory hold uit, druk op de knop inspiratory hold. ○ Schrijf de waarde op in het [rekenmodel](#).
- Voer een expiratory hold uit, druk op de knop expiratory hold.
  - Schrijf de waarde op in het rekenmodel.
- Noteer het teugvolume (in mL) in het rekenmodel.
- Noteer de berekende waarde van het rekenmodel in de status onder het kopje respiratie. ( $P_{plat}$ ,  $PEEP_{tot}$ ,  $P_{Lei}$ ,  $P_{Lee}$ ,  $\Delta P_L$ ,  $VT_e$ )
- Pas, indien nodig en gewenst, de beademing aan.
- Maak na het uitvoeren van de meting de ballon weer leeg.

## 5. Gebruik ballon: berekeningen en grenzen.

Metingen worden bij de opgelegd beademde patiënt eind-inspiratoir en eind-expiratoir verricht (doe een inspiratory- danwel een expiratory hold). Bij een spontaan ademende patiënt neem de je laagste (inspiratoire effort) en hoogste waarde (einde inspiratie).

Gebleken is dat het uitrekenen van de  $P_L$ -exp hold volgens Talmor het beste overeenkomt met de drukken gemeten in onderliggende longvelden en de  $P_L$ -insp hold berekend volgens de elastance ratio (Gattinoni) het

beste overeenkomt met de drukken in de bovenliggende longvelden. Gebruik de Talmor-methode om de PEEP te titreren en atelectase te beperken en gebruik de methode volgens Gattinoni om eind inspiratoire overdistentie te beperken.

Formules voor het berekenen van parameters

$P_L$	$P_{aw} - P_{es}$	Algemeen principe
$P_L$ -exp hold (Talmor)	$PEEP - P_{Esee}$	0 - 2 cmH <sub>2</sub> O
$P_{Lei}$ (Gattinoni)	$P_{plat} \times (E_L / E_{rs})$	$\leq 20$ cmH <sub>2</sub> O
$\Delta P_L$ (PCMV)	$P_L$ -insp hold - $P_L$ -exp hold	$\leq 12$ cmH <sub>2</sub> O
$\Delta P_L$ (PS) "Pressure swings"	$P_{Lhoogste} - P_{Llaagste}$	< 20 cmH <sub>2</sub> O

(Sarge et al., 2021)

$P_L$ = transpulmonale druk,  $P_{plat}$ = Plateaudruk,  $E$ = elastance (L=long, RS= Respiratoire system, CW= thoraxkooi)  
Berekening elastance ratio (Gattinoni), NB:  $V_t$  in L

$E_{cw}$	$(P_{Esei} - P_{Esee}) / V_t$	
$E_{rs}$	$(P_{plat} - PEEP) / V_t$	
$E_L$	$E_{rs} - E_{cw}$	
Elastance ratio	$E_L / E_{rs}$	ARDS= 0,2 - 0,8

(Gattinoni et al., 2004; Talmor et al., 2008; Yoshida et al., 2018)

## 6. Veel gebruikte afkortingen

- $P_{es}$  - Oesofagusdruk. Representatief voor de pleurale druk. Druk die wordt gemeten met behulp van de balloncatheter
- $P_{pl}$  - Pleuradruk. Druk die heerst in de pleuraholte.
- $P_{aw}$  - Druk in de luchtwegen
- $P_{plat}$  - Druk aan het einde van een inspiratie tijdens een inspiratoire hold. Een "0-flow fase" is hierbij vereist.  
 $P_L$  - Transpulmonaal druk. (Druk in de luchtwegen) - (Oesofagusdruk), oftewel  $P_L = P_{aw} - P_{es}$ .

### AskMe

Zie ook AskMe '[Oesofagusballon](#)'

## 7. Complicaties

- Beschadiging slijmvlies van neus, oesofagus of maag met bloeding tot gevolg
- Plaatsing van katheter in trachea (direct te controleren middel  $P_{es}$  curve)

## 8. Verantwoordelijkheden

Handeling wordt uitsluitend verricht door een intensivist, arts-assistent, physician assistant, ventilation practitioner of ventilation specialist. Of onder begeleiding van eerdergenoemde.

## 9. Gerelateerde bronnen

- Protocol oesofagusdrukmeting LUMC
- Gebruikshandleiding Nutrivent™ oesofagus ballon.
- Gattinoni, L., Chiumello, D., Carlesso, E., & Valenza, F. (2004). Bench-to-bedside review: Chest wall elastance in acute lung injury/acute respiratory distress syndrome patients. In *Critical Care* (Vol. 8, Issue 5, pp. 350–355). <https://doi.org/10.1186/cc2854>
- Sarge, T., Baedorf-Kassis, E., Banner-Goodspeed, V., Novack, V., Loring, S. H., Gong, M. N., Cook, D., Talmor, D., & Beitler, J. R. (2021). Effect of esophageal pressure–guided positive end-expiratory pressure on survival from acute respiratory distress syndrome: A risk-based and mechanistic reanalysis of the EPVent-2 trial. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 204(10), 1153–1163. <https://doi.org/10.1164/rccm.202009-3539OC>
- Talmor, D., Sarge, T., Malhotra, A., O'Donnell, C. R., Ritz, R., Lisbon, A., Novack, V., & Loring, S. H. (2008). Mechanical Ventilation Guided by Esophageal Pressure in Acute Lung Injury. *New England Journal of Medicine*, 359(20), 2095–2104. <https://doi.org/10.1056/nejmoa0708638>
- Yoshida, T., Amato, M. B. P., Grieco, D. L., Chen, L., Lima, C. A. S., Roldan, R., Morais, C. C. A., Gomes, S., Costa, E. L. V., Cardoso, P. F. G., Charbonney, E., Richard, J. C. M., Brochard, L., & Kavanagh, B. P. (2018). Esophageal manometry and regional transpulmonary pressure in lung injury. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 197(8), 1018–1026. <https://doi.org/10.1164/rccm.201709-1806OC>



Esophageal-balloon-catheter-advanced

## Bijlage IV, voorbeeld rekenhulp

<b>PCMV</b>			<b>PL-exp hold</b>			-7,30	cmH2O	0-2 cmH2O
Pplat (insp hold)	20	cmH2O	Delta PL (PCMV)	9,00				< 12 cmH2O
PL- insp hold	1,7	cmH2O	PLEi(Gattinoni)	20,00	cmH2O			<20 cmH2O
PEEPtot (exp hold)	11	cmH2O	Delta Paw	9,00				< 15 cmH2O
PL- exp hold	-7,3	cmH2O	Elastance ratio	1,00				ARDS 0,2 - 0,8
Vte	523	mL	Delta PL (PS)	0,00	cmH2O			
<b>PS</b>								
Plhoogste		cmH2O						
Pllaagste		cmH2O						
<b>Over te nemen in Status dmv kopiëren / plakken</b>								
6-07-23 13:04:03								
Pplat (insp hold)=			20,00		cmH2O			
PL- insp hold =			1,70		cmH2O			
PEEPtot (exp hold) =			11,00		cmH2O			
PL- exp hold=			-7,30		cmH2O			
Delta Paw =			9,00		cmH2O			
Delta PL=			9,00		cmH2O			
PLEi (Gattinoni) =			20,00		cmH2O			
Vte=			523		mL			

## Groene Hart Ziekenhuis Open voor iedereen

Groene Hart Ziekenhuis  
T.a.v. Dhr. Willem-Joost Vletter Afdeling Intensive  
Care

goedkeuring start onderzoek in het GHZ: Studentonderzoek ICP Ventilatie LI//2022-41  
02-03-2023

Geachte mijnheer Vletter,

U heeft aan de Raad van Bestuur van het GHZ toestemming gevraagd voor de uitvoering van het onderzoek met de titel "Studentonderzoek ICP, uitstroomprofiel Ventilatie — Beademing aanpassen? Na meting met de Oesofagusballon".


Het onderzoek is op de onderstaande punten getoetst en goedgekeurd, namelijk:

- de kosten voor het GHZ (door Landsteiner Instituut);
- anonieme dataverwerking (door Landsteiner Instituut);
- Verklaring van de leiding van de betrokken afdelingen dat zij op de hoogte zijn van dit onderzoek, en dat zij in staat zijn en bereid zijn om aan dit onderzoek mee te werken; Medisch leider Intensive Care.

Op grond hiervan gaat de Raad van Bestuur akkoord met de uitvoering van dit onderzoek in het GHZ.

Wilt u na afronding van het onderzoek de voortgangsrapportages, de resultaten en eventuele publicaties doorgeven aan het Wetenschapsbureau? Mocht de studie voortijdig worden gestopt dan wil ik graag door u worden geïnformeerd over de reden hiervan. Wij wensen u veel succes met de uitvoering van het onderzoek.

Met vriendelijke groet,



L.B. de Beukelaar,  
Raad van Bestuur

cc : Landsteiner Instituut  
Digitaal cc : Willem-Joost Vletter