

Vergelijking tussen twee methodes om de PEEP in te stellen: Lower Inflection Point versus positieve eind-expiratoire transpulmonale druk.

Oktober 2018

J.W.M. Snoep Ventilation Practitioner i.o., F. van der Velde anesthesioloog-intensivist, A. Schoe internist-intensivist

Samenvatting

Introductie: Bij dierproeven laat het toepassen van een geïndividualiseerde positieve end-expiratory pressure instelling (PEEP) een duidelijke vermindering van VILI zien. Een geïndividualiseerde PEEP-instelling bij patiënten heeft tot nu toe echter niet geleid tot een reductie in de mortaliteit. In dit onderzoek worden twee methoden van een geïndividualiseerde PEEP-instelling met elkaar vergeleken.

Doelstelling: Onderzoeken of er een verschil is tussen het instellen van de PEEP tot een positieve eind-expiratoire transpulmonaaldruk bereikt wordt (beschreven door Talmor et al.) en het instellen van de PEEP boven het Lower Inflection Point (LIP), bepaald met een quasi-statische druk-volume.

Setting: Single-centre studie in een academisch ziekenhuis, uitgevoerd op een level 3 Intensive Care.

Methodiek: Bij invasief beademde patiënten werden zowel een LIP bepaald, als het drukniveau waarbij de eind-expiratoire transpulmonale druk positief was.

Resultaten: Bij 13 patiënten was zowel een transpulmonale druk gemeten als een quasi-statische druk-volume loop geregistreerd. Bij 10 patiënten was er een LIP zichtbaar. De R-kwadraat van het LIP en de PEEP volgens de oesophagusdrukmethode is 0,0004 ($P=0,95$).

Conclusie: Er is geen correlatie gevonden tussen de PEEP ingesteld op het LIP en de PEEP ingesteld op een eind-expiratoire transpulmonaaldruk van 2 cmH₂O.

Introductie

Het toepassen van positieve end-expiratory pressure (PEEP) tijdens mechanische beademing vindt plaats sinds de eerste beschrijving van acute respiratory distress syndrome (ARDS)¹. Waar PEEP in eerste instantie met name gebruikt werd voor het verbeteren van de arteriële oxygenatie, veranderde dit na de herkenning van ventilation-induced lung injury (VILI) en de potentiële rol die PEEP hierbij speelt. PEEP kan de homogeniteit van de long verbeteren door het voorkomen van alveolaire collaps aan het einde van de expiratie. De cyclische alveolaire collaps kan leiden tot atelectrauma en is naast overdistentie een belangrijke oorzaak van VILI².

In onderzoek met dieren is aangetoond dat een geïndividualiseerde PEEP cyclische alveolaire collaps voorkomt, met verschillende positieve gevolgen. Er is een betere gaswisseling en longmechanica. Daarnaast wordt de inflammatoire reactie in de longen tegengegaan³. Bij mensen zijn er in oudere studies wel aanwijzingen dat zero end expiratory pressure (ZEEP) schadelijk is. Echter, wat niet goed is aangetoond is hoe hoog het PEEP-niveau moet zijn.

Op dit moment is er geen consensus over de optimale PEEP-instelling. Verschillende methodes worden beschreven voor het bepalen van de optimale PEEP. Twee van deze methodes worden in dit onderzoek met elkaar vergeleken.

Positieve eind-expiratoire transpulmonale druk

Eén van de methodes die beschreven wordt is het verhogen van de PEEP tot een positieve eind-expiratoire transpulmonale druk bereikt wordt⁴. De methode maakt gebruik van oesophagusballoncatheters, welke de oesophagusdruk kunnen meten. De gemeten oesophagusdruk geldt hierbij als representant van de pleuradruk⁵. De transpulmonale druk is de eind-expiratoire druk minus de gemeten oesophagusdruk. Deze methode gaat ervan uit dat de eind-expiratoire transpulmonaaldruk positief moet zijn om alveolaire collaps te voorkomen. De PEEP wordt zo ingesteld dat eind-expiratoire transpulmonaaldruk (Plung,ee) positief is.

Lower Inflection Point

Een andere wijze om de juiste PEEP te vinden is gebaseerd op het vinden van het lower inflection point (LIP), bepaald middels een (quasi-)statische druk-volume loop (zie figuur 1). In de afgelopen decennia is er onderzoek gedaan welke rol dit LIP kan spelen in het vinden van de optimale PEEP-instelling. Het LIP is zichtbaar op het inspiratoire been van de (quasi-)statische druk-volume loop. Het is de plaats waar een toename in compliantie is. Bij diffuse ARDS is het LIP is waarneembaar. Het is een uiting van massale recruitment van eerder gecollabeerde alveoli.⁶ PEEP gelijk of groter dan het LIP resulteert in een significante alveolaire recruitment en een verminderde pulmonaire shunt⁷. Het zou het ontstaan van VILI als gevolg van cyclische alveolaire collaps moeten voorkomen.

Setting

Het onderzoek vond plaats in het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC). Het LUMC is een academisch, derdelijns ziekenhuis. Daarnaast is het een verwijscentrum voor hoog-complexe zorg binnen en buiten de regio. De twee intensive care units hebben in totaal 26 bedden. In 2017 werden er in totaal 2426 patiënten opgenomen op de intensive care. Het aantal invasieve beademingsdagen op deze units deze periode was 4366. Dit onderzoek vond plaats op de intensive care volwassenen units.

Onderzoek

Doelstelling

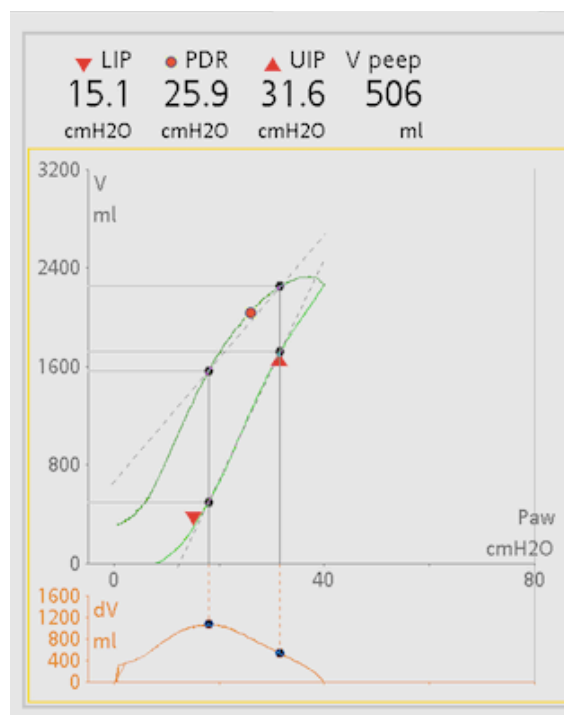
Onderzoeken of er een verschil is tussen het instellen van de PEEP tot een positieve eind-expiratoire transpulmonaaldruk bereikt wordt en het instellen van de PEEP boven het lower inflection point, bepaald met een quasi-statische druk-volume.

Vraagstelling

Is er een verschil tussen het instellen van de PEEP op basis van een positieve eind-expiratoire transpulmonaaldruk (PEEP-L) en het instellen van de PEEP boven het lower inflection point (PEEP-LIP)?

Methode

Bij patiënten opgenomen tussen 15 maart 2018 en 15 september 2018 werd data verzameld middels het invullen van een case report form. Demografische en klinische data werd verkregen uit het PDMS (Metavision®). LIP, oesophagusdruk (Pes), transpulmonale druk (Plung) en overige beademingsparameters werden overgenomen



Figuur 1 Afbeelding van een quasi-statische druk-volume curve met daarop zichtbaar het LIP (lower inflection point), UIP (upper inflection point) en PDR (Point of Derecruitment)

van de beademingsmachine (Hamilton C6™). Alle patiënten worden druk-gecontroleerd beademd.

Het LIP wordt bepaald middels een quasi-statische PV-loop middels de PV-tool pro™. De PV-tool pro™ verlaagd voor het registreren van de PV-curve tijdelijk (5 seconden) het PEEP-niveau naar 0 cm H₂O (Zero PEEP, ZEEP). De druk wordt vanaf dit punt met een snelheid van 2 cmH₂O/seconde verhoogd tot een maximale druk van 40 cmH₂O. Hierna daalt de druk met dezelfde snelheid tot 0 cm H₂O. Na het registreren van de PV-curve wordt het PEEP-niveau van voor de procedure gehanteerd. Het gebruik van de PV-tool gebeurt aan de hand van het protocol “PV-tool” (zie bijlage 2).

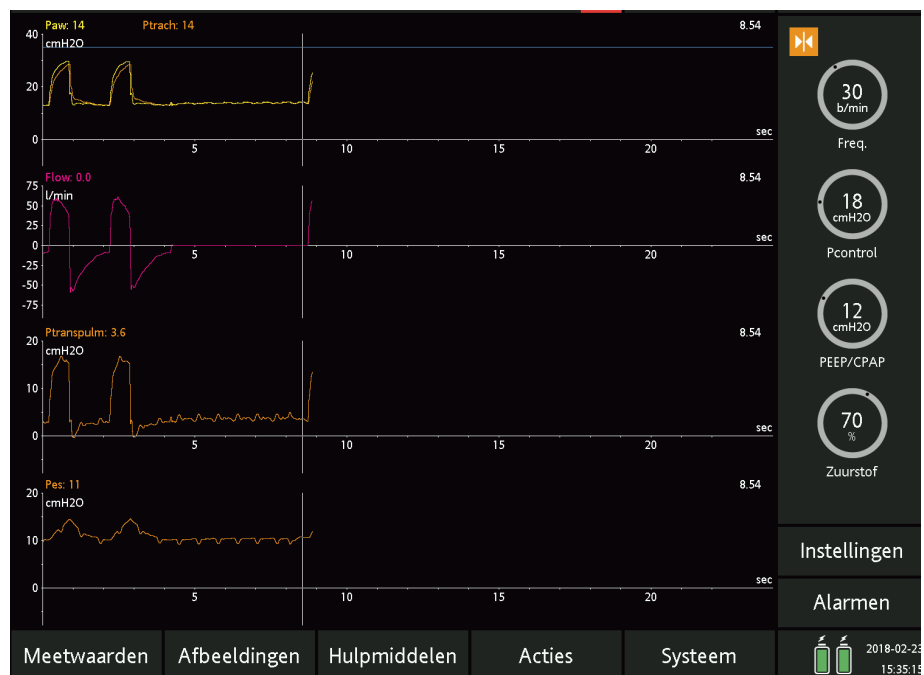
Demografische gegevens	
Geslacht man, N (%)	11 (82%)
Geslacht vrouw, N (%)	2 (18%)
Leeftijd in jaren (SD)	53,4 (14)
Beademingsduur in uren, mean (SD)	135,9 (140,7)
PaO ₂ /FiO ₂ ratio, mean (SD)	24,3 (13,6)
APACHE IV, mean (SD)	75,7 (29,8)

Figuur 2. Demografische gegevens

Het gebruik van de oesophagusballon (esophageal balloon catheter set van Cooper Surgical™) gebeurt aan de hand van het protocol “inbrengen en kalibreren oesophagusballon” (zie bijlage 3). De eind-expiratoire transpulmonale druk wordt als volgt bepaald: de eind expiratoire luchtwegdruk wordt bepaald door middel van een eind-expiratoire occlusie van 5 seconden, en van de deze waarde wordt de oesophagusdruk afgetrokken. De oesophagusdruk is hierbij een representant van de pleuradruk⁵. Vervolgens wordt PEEP elke 20 seconden verlaagd of verhoogd in stappen van 2 cm H₂O tot een positieve eind-expiratoire transpulmonaaldruk bereikt wordt van 2 cm H₂O. Als limiet wordt hierbij een maximale PEEP gehanteerd van 24 cm H₂O. Na het bepalen van het drukniveau waarbij de eind-expiratoire transpulmonale druk positief is, wordt het PEEP-niveau ingesteld op het niveau van voor de procedure.

Resultaten

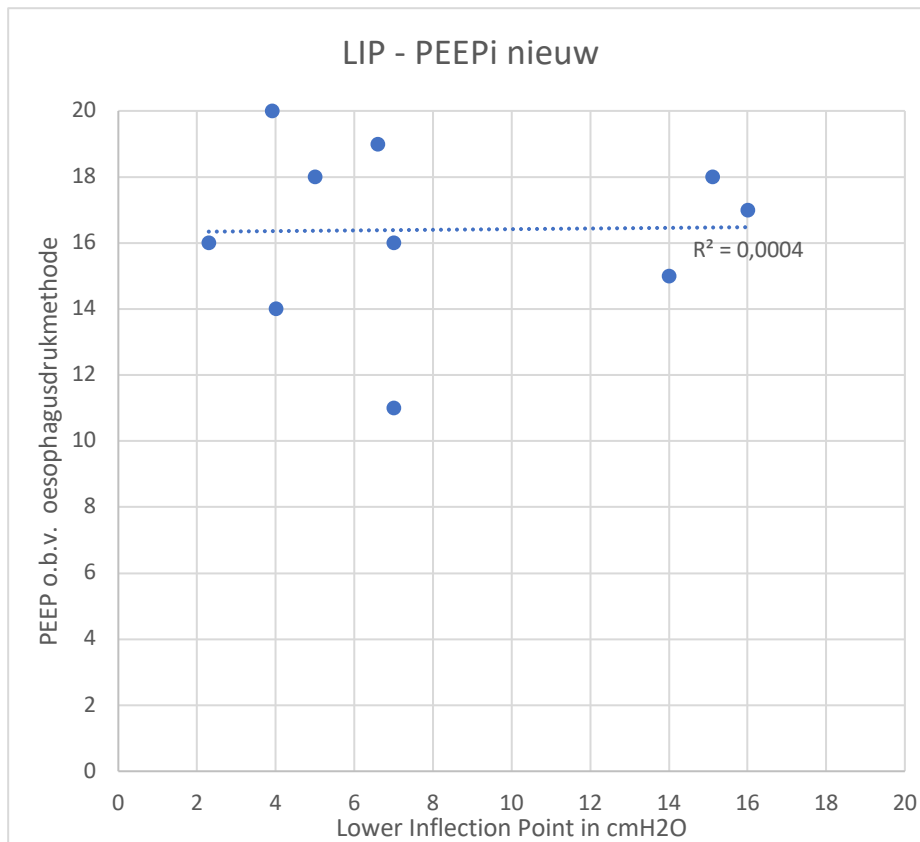
De data zijn verzameld van 12 patiënten. Demografische gegevens staan vermeld in tabel 1. Bij deze patiënten was zowel een transpulmonale druk gemeten als een quasi-statische druk-volume loop geregistreerd. Bij één patiënt is data van verschillende momenten verzameld en dus als twee patiënten geregistreerd. Bij 10 patiënten was er een LIP zichtbaar op de quasi-statische druk-volume loop. Dit drukniveau is vergeleken met het drukniveau



Figuur 3. Screenshot van van boven naar beneden de volgende curven: Pressure Airway (Paw), Flow, transpulmonale druk (Ptranspulm), oesophagusdruk (Pes). De eind-expiratoire transpulmonaaldruk is hier 3,6 cm H₂O

waarbij een eind-expiratoire transpulmonale druk van 2 cmH₂O bereikt werd.

Er is geen correlatie gevonden tussen de PEEP ingesteld op het LIP en de PEEP ingesteld volgens de oesophagusdrukmethode (zie figuur 4). De R^2 van deze twee variabelen is 0,0004 ($P=0,95$)



Figuur 4: Spreidingsgrafiek van het Lower Inflection Point en de PEEP ingesteld o.b.v. positieve eind-expiratoire transpulmonale druk van 2 cm H₂O

Discussie

De belangrijkste bevinding is dat er geen correlatie is tussen de PEEP bij de twee methodes van het instellen van de PEEP. Slechts voor een aantal gevallen is het LIP en de PEEP-L van gelijke grootte, maar vaker is de PEEP-L groter dan het LIP. Een van de oorzaken van het gebrek aan correlatie zou het geringe aantal patiënten kunnen zijn. Deze bevindingen zouden evengoed op toeval kunnen berusten.

In tegenstelling tot de methode beschreven door Talmor, zijn alle PEEP-niveaus ingesteld tot een eind-expiratoire transpulmonale druk van 2-3 cm H₂O. Talmor's EPVent 2 trial hanteert een streefdruk variërend van 0-6 cm H₂O, afhankelijk van de ingestelde zuurstoffractie⁸. Voor dit onderzoek is het midden van deze range geselecteerd en is de ingestelde zuurstoffractie buiten beschouwing gelaten.

In veel onderzoeken naar de bruikbaarheid van het LIP werd het LIP bepaald middels een statische druk-volume curve. Deze werden geregistreerd met behulp van de super-syringe techniek. De quasi-statische druk-volume loop zoals in dit onderzoek gebruikt, is een low flow druk-volume loop. Deze kan gezien worden als het equivalent van de super-syringe techniek, zolang de flow tijdens de registratie onder de 10 L/min blijft⁹. Bij elke geregistreeerde loop is gecontroleerd of de flow tijdens de registratie onder dit niveau bleef.

Bij patiënten met ARDS kan het LIP gerelateerd worden aan de visco-elasticiteit van zowel de thoraxwand als het longparenchym. Beschreven wordt dat een LIP tussen de 0 en 5 cmH₂O het gevolg kan zijn van het verslechteren van de visco-elastische eigenschappen van de thoraxwand door een positieve vochtbalans, verhoogde abdominale druk, oedeem van de weken delen of pleuravocht¹⁰. Met deze kennis valt het volgende op bij de spreidingsgrafiek: er lijkt een cluster van data te zijn tot een LIP van 7 cmH₂O en een cluster boven de 12 cmH₂O. Dit terwijl de PEEP ingesteld op basis van de transpulmonale druk over de hele range vergelijkbaar is. Bij eerste cluster is geen relatie te zien tussen LIP en PEEP op basis van de transpulmonale druk ($R^2 = 0,05$). Het LIP tot 7 cmH₂O zou het gevolg kunnen zijn van een veranderde thoraxwand elasticiteit. Bij het tweede cluster lijkt wel een relatie zichtbaar ($R^2 = 0,48$). Dit zou een kunnen betekenen dat boven een bepaald drukniveau beide methoden dezelfde waarde aangeven voor de “alveolar threshold opening pressure”, de waarde waarbij gederecruiteerde alveoli openen. Op basis van het geringe aantal patiënten kunnen geen conclusies worden getrokken.

Klinisch wetenschappelijk onderzoek moet aantonen of een geïndividualiseerde PEEP-instelling een verbeterde overleving geeft. Enige aanknopingspunten lijken er op dit moment te zijn voor de methode gebaseerd op de transpulmonale druk. Dit onderzoek toont aan dat er mogelijk een relatie is tussen de invasieve methode van het meten van de oesophagusdruk en de non-invasieve methode van het registreren van de quasi-statische druk-volume loop. Verder onderzoek is nodig om deze relatie daadwerkelijk aan te tonen.

Aanbevelingen

Op basis van de resultaten van dit onderzoek lijkt het LIP geen betrouwbaar alternatief voor de oesophagusdrukmethode. Uit literatuur blijkt dat er verschillende factoren van invloed kunnen zijn op de aanwezigheid en de hoogte van het LIP. Verder onderzoek is nodig om een beter beeld te krijgen van hoe het LIP zich verhoudt tot de PEEP volgens de oesophagusdrukmethode. Daarom is het goed dit onderzoek te continueren in de komende periode.

Hoewel de methoden niet vergelijkbaar zijn en er weinig bewijs is voor het instellen van de PEEP op het LIP, geeft het LIP en de quasi-statische druk-volume curve ons informatie over de longmechanica. Informatie waar we tot voor kort nog geen inzicht in hadden. Met deze informatie kunnen de beademingsstrategie aangepast worden. Om deze reden is het goed om de quasi-statische druk-volume curve te integreren in de zorg voor patiënten met acuut respiratoir falen. Hetzelfde geldt voor de oesophagusdrukmethode. Op basis van de literatuur die beschikbaar is over deze onderwerpen, kunnen wij met deze informatie de beademingsinstellingen optimaliseren. Dit onderzoek richtte zich op de PEEP ingesteld aan de hand van de oesophagusdruk. Daarnaast geeft het ons informatie maximale transpulmonale druk en de transpulmonale ‘driving pressure’. Het gebruik van oesophagusdrukmeting zou daarom routine moeten zijn bij patiënten met acuut respiratoir falen.

Literatuurlijst

¹ Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. *Lancet*. 1967;2:319–323

² Gattinoni L, Carlesso E, Cadringer P, et al. Physical and biological triggers of ventilator-induced lung injury and its prevention. 2003

³ Protti A, et al. Lung stress and strain during mechanical ventilation: any difference between statics and dynamics. 2013

⁴ Talmor D, et al. Mechanical ventilation guided by esophageal pressure in acute lung injury. 2008

⁵ Talmor D, Fessler HE. Are esophageal pressure measurements important in clinical decision-making in mechanically ventilated patients? 2010

⁶ Qin L, Measurement of pressure-volume curves in patients on mechanical ventilation: methods and significance. Crit. Care 2000

⁷ Muscedere JG, Mullen JBM, Gan K, Slutsky AS. Tidal ventilation at low airway pressure can augment lung injury. Am J Respir Crit Care Med. 1994;149:1327–1334

⁸ Fish E, Novack V, Banner-Goodspeed VM, Sarge T, Loring S, Talmor D. The Esophageal Pressure-Guided Ventilation 2 (EPVent2) trial protocol: a multicentre, randomised clinical trial of mechanical ventilation guided by transpulmonary pressure. BMJ Open. 2014;4:e006356.

⁹ Qin L u Q, Vieira S, Richecoeur J, et al: A simple automated method for measuring pressure-volume curve during mechanical ventilation. Am J Respir Crit Care Med. 1999, 159: 275-282.

¹⁰ Mergoni M, Martelli A, Volpi A, et al. Impact of positive end-expiratory pressure on chest wall and lung pressure-volume curve in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med . 1997;156:846–854.

Bijlage 1

Rol van Ventilation Practitioner

De rol van Ventilation Practitioner op de intensive care volwassenen in het LUMC is een bijdrage leveren aan de kwaliteit van de respiratoire zorg. Als goed hulpverlener is het je taak om te streven naar excellentie. Als Ventilation Practitioner wil ik hier vorm aan geven met betrekking tot de respiratoire zorg.

De rol van Ventilation Practitioner kent verschillende aspecten. De belangrijkste aspecten zijn volgens mij deskundigheidsbevordering van het team, zorgdragen voor evidenced based protocollen en de introductie van nieuwe werkwijzen of apparatuur. Daarnaast wil ik als Ventilation Practitioner bijdragen aan het opzetten en uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek met betrekking tot de beademing. Dit doel wil ik na de opleiding concretiseren door het hierboven beschreven onderzoek te continueren na de opleiding.

Het hierboven beschreven onderzoek heeft bijgedragen aan de (her)positionering van de rol van Ventilation Practitioner op de intensive care volwassenen van het LUMC. De taken die dit onderzoek en de bijbehorende projectimplementatie met zich meebrachten, zijn taken die de Ventilation Practitioner in de toekomst verder uit kan breiden. In dit project bestonden die taken uit de conceptualisering van het onderwerp, de literatuurstudie, het schrijven van de protocollen en de introductie van de oesophagusdrukmeting en PV-tool proTM in het team op de intensive care.

Tijdens de uitvoering van het project en het onderzoek hebben de betrokken veel kennis en vaardigheden opgedaan met betrekking tot oesophagusdrukmeting. In de huidige fase is het belangrijk om meer ervaring op te doen. Het is mijn doel om op termijn met mijn medisch-supervisor een training voor oesophagusdrukmeting op te zetten. Daardoor kan de kennis die we hebben opgedaan hebben, overgedragen worden naar collega's binnen en buiten ons ziekenhuis.

Als laatste participeert de Ventilation Practitioner in het LUMC in het lesgeven aan de specialistische verpleegkundige vervolgoopleidingen. De kennis en vaardigheden die ik in de opleiding heb opgedaan, kan ik op deze wijze overdragen op studenten van verschillende specialistische opleidingen.

Bijlage 2

Protocol PV tool Pro met Hamilton C6

1. Doel

Met behulp van de PV-tool kan een statische druk-volume curve gemaakt worden. Van de druk-volume curve kan (mogelijk) het lower-inflection-point worden afgelezen, als ook het drukniveau waarbij ΔV (delta volume of maximale hysteresis) het grootst is.

2. Afkortingen en definities

- statische druk-volume curve: low flow druk-volume curve, waarbij door de lage flow snelheid drukverschil door de weerstand van het respiratoire systeem grotendeels wordt uitgesloten
- LIP Lower-inflection-point
- UIP Upper-inflection-point
- PDR Point of derecruitment
- ΔV Volumeverschil tussen en inflatie-been en deflatiebeen van de druk-volumecurve. Punt van maximale hysteresis is het drukniveau waarbij het volumeverschil tussen in- en deflatie-been het grootst is.
-

3. Algemene opmerkingen

- De P/V Tool kan hoge drukken genereren voor een korte periode.
- Bij patiënten met COPD moet extra voorzichtig omgegaan worden met de P/V Tool om extreem hoge volumes te voorkomen.
- Gebruik de P/V Tool alleen als de patiënt volledig passief is. Triggering door de patiënt tijdens het gebruik van de P/V Tool kan discomfort en foutieve metingen veroorzaken.
- Sommige patiënten moeten naast sedatie ook neuromusculaire blokkade (spierverslapping) toegediend krijgen. Dit om spontane ademhaling tijdens het gebruik van de P/V Tool te voorkomen.
- De cuffdruk moet tijdelijk verhoogd worden, aan de hand van de ingestelde Ptop tot maximaal 65 cmH₂O. Na de procedure moet de cuffdruk weer terug gebracht worden naar de vooraf ingestelde cuffdruk.

4. Contra-indicaties

- Spontane ademhaling
- Ernstig COPD/longemfyseem
- Hemodynamisch instabiliteit
- Hoge intracraniele druk
- Pneumothorax
- Recente bronchusnaad
- Bronchopleurale fistel
- Rechter hartfalen
- Zwangerschap

5. Benodigdheden

- Hamilton C6
- Voldoende sedatie, zo nodig neuromusculaire blokkade
- Cuffdrukmeter

6. Handelswijze

Voor gebruik:

Voor gebruik van de PV tool moeten patiënt en beademingsmachine aan de volgende voorwaarden voldoen:

- Geïntubeerde patiënt
- Patiënt mag geen spontane ademhaling hebben, de patiënt moet dus diep gesedeerd zijn dan wel neuromusculaire blokkade toegediend krijgen
- De cuffdruk van de endotracheale tube wordt verhoogd tot 5 cmH₂O boven de ingestelde P_{top} om lekkage tijdens de procedure te voorkomen.
- Geen luchtlekkage in slangensysteem
- De PV tool is inactief in de volgende beademingsmodi: Spont, NIV, NIV-ST en back-up modi
- Correcte kalibratie van de flow-sensor

Werkwijze:

Druk op de knop “hulpmiddelen” en druk rechtsboven op “PV tool” om de PV tool te activeren. Druk op “Instellingen” en stel in volgens onderstaande instellingen:

- Pstart = 0 cmH₂O
- Ptop = 40 cmH₂O
- End PEEP = 0 cmH₂O
- Rampsnelheid = 2 cmH₂O/sec
- T-pauze = 0 seconde

Wanneer de End PEEP instelling veranderd is ten opzichte van de huidige PEEP instelling zal er bericht op het scherm getoond worden. Hierin staat de huidige PEEP instelling, de nieuwe PEEP instelling en de vraag “Wilt u de PEEP instelling veranderen na de manoeuvre?”. Selecteer “Nee”. Druk op “Start/Stop manoeuvre” om te starten met het maken van de PV curve.

Om de kwaliteit van de manoeuvre te beoordelen moet de Paw/Flow plot bekeken worden. Hierin kan gecontroleerd worden of de flow tijdens de manoeuvre onder de ± 10 l/min blijft. Vermindering van de Rampsnelheid moet overwogen worden als de flow ergens in het plot boven de ± 10 l/min is gekomen. De flow moet onder de 10 l/min blijven om het drukverschil door weerstand van het respiratoire systeem grotendeels uit te sluiten.

Na het maken van de PV curve worden (indien mogelijk) het LIP, UIP en PDR weergegeven. Ook geeft de machine de maximale compliantie weer, gemeten tussen de 2 cursors. Om het punt van maximale hysteresis te bepalen moet de $\Delta V/P$ curve bekeken worden. Door met de cursor het punt van de hoogste ΔV te gaan, kan de hierbij behoren druk afgelezen worden.

7. Complicaties

- Bloeddruk daling door hoge intrathoracale druk
- Pneumothorax
- Volutrauma
- Barotrauma

8. Verantwoordelijkheden/bevoegdheden

De handling wordt uitsluitend verricht door een intensivist

Protocol oesophagus drukmeting met Hamilton C6

1. Doel

- I. Door middel van het meten van de oesophagusdruk, welke representatief is voor de pleurale druk, kan de transpulmonale druk berekend worden. De transpulmonale druk geeft informatie over de kracht die uitgeoefend wordt op de long. Deze transpulmonale druk kan worden gebruikt om de beademingsinstellingen aan te passen.
- II. Het detecteren van diafragma activiteit.
- III. Het meten/schatten van transpulmonale drukverschillen bij spontaan ademende patiënten.

2. Afkortingen en definities

- Oesophagusdruk (P_{es}) → Druk in de oesophagus gemeten middels balloncatheter
- Pleuradruk (P_{pl}) → De druk die heerst in pleuraholte
- Transpulmonale druk (P_L) → Ademwegdruk minus oesophagusdruk
- P_{aw} → Druk in de luchtwegen
- P_{plat} → Inspiratoire druk bij “inspiratory hold” manoeuvre

3. Indicaties

Opgelegde beademingsvorm:

- ARDS
- Verhoogde buikdruk
- Obesitas
- Patiënt-ventilator asynchronie
- Patiënt-ventilator interactie

Spontane beademing

- Patiënt-ventilator asynchronie
- Patiënt-ventilator interactie
- Intensiteit (“Pressure swings”) ademarbeid meten

4. Contra-indicaties

Contra-indicaties voor het plaatsen van een oesophagusballoncatheter:

- Recente gastro-intestinale bloedingen (< 1 maand)
- Oesophagusvarices graad 3 of hoger
- Trombocytopenie <50 (relatief)
- Gastro-oesophageale maligniteit
- Gastro-oesophageale chirurgie in de voorgeschiedenis
- Andere ziekten in de oesophagus die kunnen leiden tot complicaties of tot onbetrouwbare metingen

5. Handelswijze

Vorbereiding

Er zijn twee beschikbare opties voor de oesophagus balloncatheter:

- Balloncatheter van Cooper Surgical: een dunne balloncatheter met stilet.

- Balloncatheter Nutrivent van Sidam: een balloncatheter met geïntegreerde voedingslumen. Deze balloncatheter wordt alleen geplaatst na overleg met een intensivist en wordt te allen tijde onder zicht geplaatst.
- Beide sets bevatten een balloncatheter met stilet, een driewegkraan en een drukmeetlijn

Overige benodigdheden:

- Hamilton C6 beademingsmachine
- 3cc luer-lock spuit (bij catheter Cooper Surgical)
- 10cc luer-lock spuit (aanwezig in set Nutrivent Sidam)
- Druklijn om lijn te verlengen.
- Instillagel
- Eventueel Xylocaine-spray bij wakkere patiënt

Stap 1

- Geef, indien mogelijk, uitleg aan de patiënt.
- Sluit de meegeleverde drukmeetlijn aan op de Pes-poort op de beademingsmachine
- Selecteer op de display van boven naar de beneden de volgende curven:
 - Paw
 - Flow
 - Pes (oesofagusdruk)
 - Ptranspulm
 - Check of Pes (oesofagusdruk) op machine nul is
- Bepaal lengte voor insertie: meet de NEX (nose-earlob-xyphoïd) en teken af op oesophaguscatheter.
- Kies een neusgat zonder obstructie.
- Gebruik Instillagel op de distale tip van de catheter.

Stap 2

Inbrengen van oesofagusballon:

- Breng de catheter via het neusgat langzaam in. Als de catheter een obstructie tegenkomt, breng de catheter niet geforceerd verder in. Probeer het opnieuw via het andere neusgat.
- Schuif de catheter voorzichtig verder op tot in de maag, welke ongeveer 15cm verder is dan het vooraf afgetekende punt

Stap 3

Bevestig het verlengstuk welke is meegeleverd aan de Y connector van de introductie-catheter. Blaas de ballon op met 3ml lucht via de 3-weg kraan en trek vervolgens 2 ml terug (in geval de balloncatheter Cooper Surgical gebruikt wordt, bij de Nutrivent catheter 8ml in en 5ml terugtrekken met als doelvolumen ca 3ml). Draai de 3-weg kraan naar de machine open. Check de oesofagusdruk op de machine. De oesofagusdruk zou moeten toenemen tijdens inspiratie en zou omhoog moeten gaan tijdens een zachte manuele compressie op het abdominale linker boven kwadrant (figuur 1). Als de curve van de oesofagusdruk gelijk is aan de ademwegdrukcurve met dezelfde drukwaarden, denk aan tracheale positie van de balloncatheter. Zuig ballon dan leeg en verwijder direct catheter.

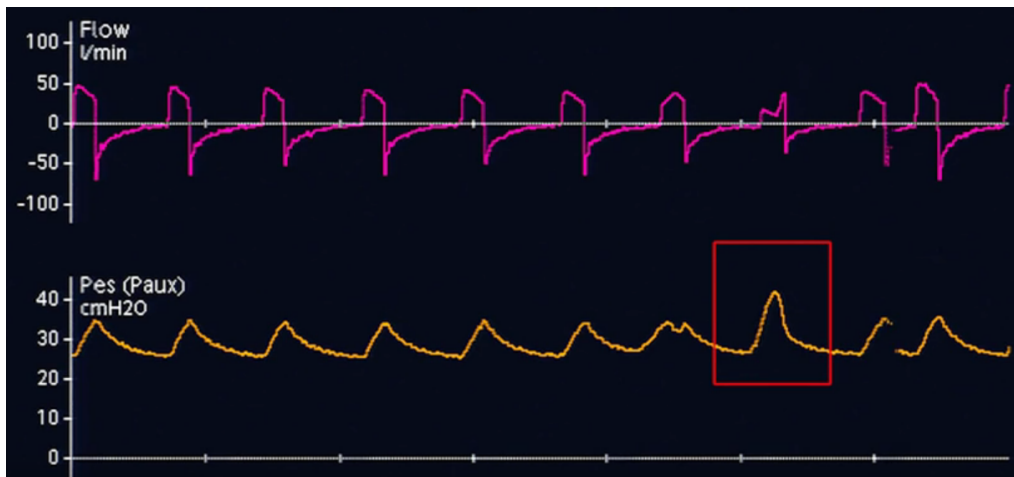


Fig. 1. Drukverhoging oesophagusdruk bij manuele compressie abdomen.

Stap 4

Trek de catheter nu langzaam terug tot de vooraf bepaalde diepte. Er moet nu een verandering van curve zichtbaar zijn met het verschijnen van cardiale oscillaties. Bij spontaan ademende patiënten zou de oesophagusdruk negatief moeten zijn tijdens inspiratie. Bij opgelegde beademing zou de oesophagusdruk positief moeten zijn tijdens inspiratie (afbeelding 2).

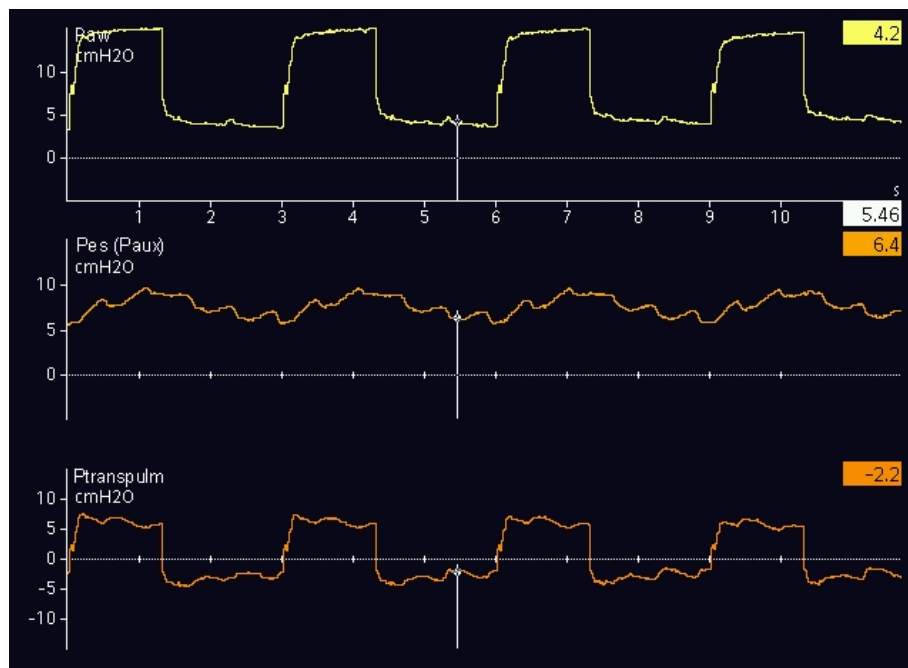


Fig. 2. Oesophagusdruk bij opgelegde beademing patiënt. De kleine golfvormen in curves zijn cardiale oscillaties.

Controle oesofagusballon bij passieve ventilatie:

Om de juiste positie van de oesophagusballon te controleren wordt de expiratory hold knop ingedrukt. Vervolgens wordt er kortdurend een manuele compressie gegeven op de thorax van de patiënt. Laat de expiratory hold knop los en pauzeer de curven. De positieve uitslag op de uitslag op de Pes curve moet even hoog zijn als de als de positieve uitslag op de beademingsdruk curve

$$\left(\frac{\Delta P_{\text{Pes}}}{\Delta P_{\text{Paw}}} = 1 \pm 0,2; \text{zie afbeelding 3}\right).$$

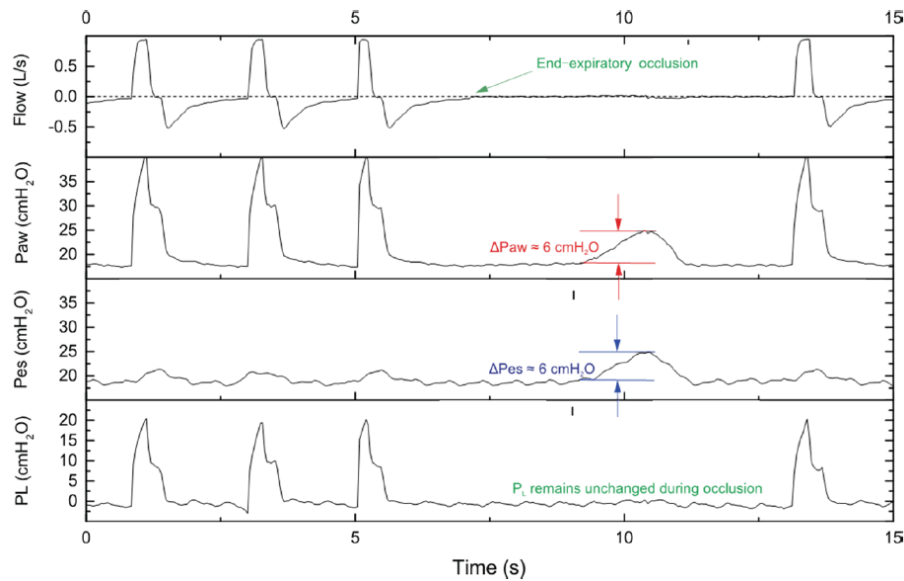


Fig. 3. curven bij passieve ventilatie.

Controle oesophagusballon bij spontane ventilatie:

Om de juiste positie van de oesophagusballon te controleren wordt de expiratory hold knop ingedrukt gedurende een adempoging van de patiënt. Pauzeer vervolgens de curven. De negatieve uitslag op de drukcurve van de beademingsdruk moet even groot zijn als de negatieve uitslag op de Pes.

$$\left(\frac{\Delta P_{\text{Pes}}}{\Delta P_{\text{Paw}}} = 1 \pm 0,2; \text{ . afbeelding 4} \right).$$

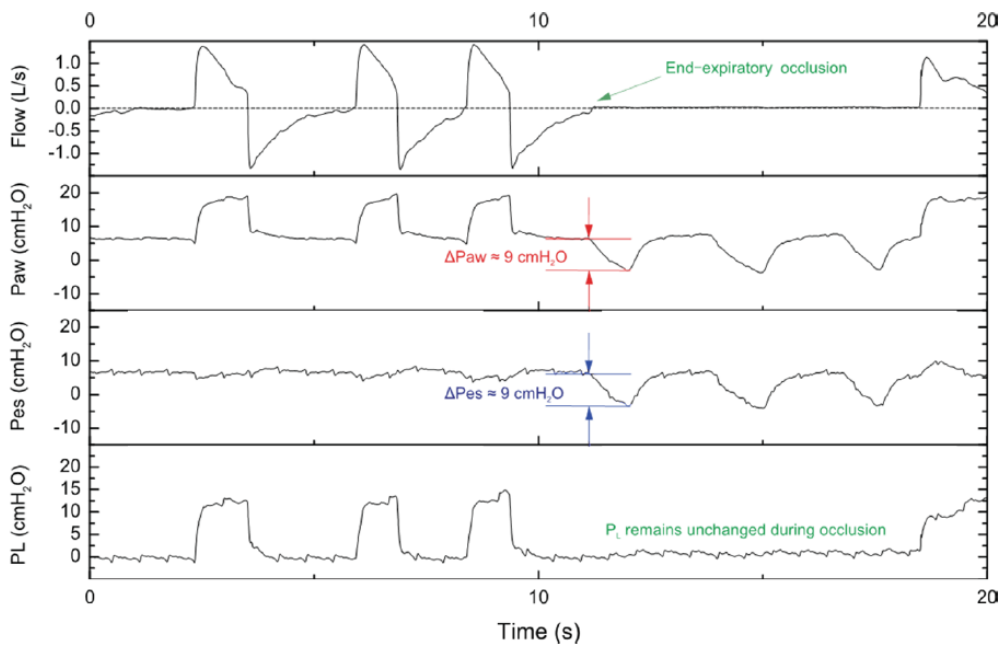


Fig. 4. curven bij spontaan ademende patiënt.

6. Complicaties

- Beschadiging slijmvlies van neus, oesophagus of maag met bloeding tot gevolg.
- Plaatsing van catheter in trachea (direct te controleren middels drukcurven)

7. Verantwoordelijkheden

De handeling wordt uitsluitend verricht door een intensivist, fellow IC of ventilation practitioner of onder begeleiding van voornoemden.

8. Gegevens en Interpretatie gegevens

Ad 1: Opgelegde beademingsvormen.

Allereerst is het belangrijk om bij alle verkregen drukwaarden een inspiratory- of expiratory hold manoeuvre te verrichten. Om drukken zo goed mogelijk te kunnen interpreteren is het noodzakelijk dat er geen flow is op dat moment.

Uiteraard dient de veiligheid van de patiënt niet in gevaar te komen tijdens een manoeuvre (dat is zelden het geval). De patiënt dient tijdens de manoeuvre gemonitord te worden. De minimale tijd van een goede hold-manoeuvere is 6 seconden.

De oesophagusdruk wordt gebruikt als een representante van de pleuradruk, ze komen echter niet exact overeen. Ook is de pleuradruk niet overal gelijk. De oesophagusdruk komt het meest overeen met de dependend regions daar waar het vaakst atelectotrauma en sheer stress plaats vindt.

Met de gegevens van de oesophagusdruk kan de **transpulmonale druk** berekend worden: $P_L = P_{aw} - P_{es}$. De transpulmonale druk is de druk die daadwerkelijk op de long staat. Deze wordt op de C6 geplaatst in een curve (zie boven).

Aanpassen beademing opgelegde beademingsmodus:

Er zijn twee verschillende methoden/manieren om de beademing aan te passen afhankelijk van de gemeten waarden.

Allereerst is daar de methode volgens Talmor et al. Deze gebruiken de absolute waarden van de transpulmonale druk.

Het is hierbij wenselijk dat de transpulmonale driving pressure ($\Delta P_L = P_{L-inspiratoir} - P_{L-PEEP}$) maximaal 12 cm H₂O.

De Maximale $P_{L-inspiratoir}$ wordt hierbij op 25 cm H₂O gehouden.

De P_{L-PEEP} wordt hierbij op 0-2 cm H₂O gehouden.

De tweede methode is volgens Gattinoni et al. Zij gaan ervan uit dat de transpulmonale druk afhankelijk is van de ratio tussen de elastance van de Thoraxwand en de elastance van de long volgens de volgende formule:

$$P_L = P_{plat} \left(\frac{E_L}{E_{rs}} \right)$$

$$E_L = \text{Elastance lung} \rightarrow E_L = \frac{\Delta P_L}{V_t}$$

$$\text{Hierbij is } \Delta P_L = P_{L-plat_{inspiratoir}} - P_{L-eind-expiratoir}$$

$$E_{cw} = \text{Elastance chest wall} \rightarrow E_{cw} = \frac{\Delta P_{es}}{V_t}$$

$$\text{Hierbij is } \Delta P_{es} = P_{es-plat_{inspiratoir}} - P_{es-eind-expiratoir}$$

$$E_{rs} = \text{Elastance respiratory system} = E_L + E_{cw}$$

Gattinoni gebruikt dus een afgeleide transpulmonale druk en neemt niet de directe transpulmonale druk. Vervolgens wordt de beademing als volgt ingesteld:

$V_t = 6 \text{ ml/kg IBW}$

PEEP wordt getitreerd tot de berekende P_L van max. 25 cm H₂O is bereikt. Boven deze waarde ontstaat er overdistentie en schade aan de long.

Het is op dit moment nog niet duidelijk welke van de twee methodes de voorkeur verdient. Op dit moment adviseert de beademingswerkgroep de methode van Talmor aan. Dit is de meest praktische aanpak en valt conceptueel het beste te begrijpen. De mening kan echter veranderen naarmate er meer data binnenkomt vanuit het wetenschappelijk veld.

Monitoren diafragma activiteit.

Met een oesophagusdruk catheter is het goed mogelijk om diafragma activiteit te meten. Dit kan gebruikt worden om:

- “Wasted efforts” te detecteren, wat kan wijzen op slechte patiënt-ventilator interactie of onvoldoende paralyse.
- Verkeerde “triggering” te detecteren. Ook dit wijst op slechte patiënt-ventilator interactie.

Ad 2. De spontaan ademende patiënt

Bij de spontaan ademende patiënt is het niet goed mogelijk om hold manoeuvres uit te voeren teneinde een no-flow conditie te bereiken. De bovenstaande drukken en berekeningen zijn dan ook veel minder accuraat. Het is echter wel mogelijk om een redelijk beeld te krijgen over triggering en patiënt-ventilator interactie.

Grote transpulmonale drukverschillen (“pressure swings”) ontstaan wanneer de patiënt een forse negatieve pleuradruk (P_{es}) genereert naast de ondersteuning die hij of zij krijgt van de machine. Uit dierexperimenten blijken grote transpulmonale drukverschillen in nog zieke longen meer longschade te veroorzaken. Tot op heden is hiervan geen data bekend in mensen. Richtlijnen zijn moeilijk te geven en absolute drukken onbetrouwbaar. Toch wordt een transpulmonaal drukverschil van meer dan 30 cm H₂O als onwenselijk gezien. Sedatie en eventueel weer opgelegd beademen zou dan een mogelijke interventie kunnen zijn.

Literatuur

Talmor. NEJM 2008; 359; 1095
Gattinoni. Eur Respir J 2003; 22; Suppl 15s
Gattinoni. Crit Care 2004; 8; 350
Grasso. Intensive Care Med 2012; 38; 395
Yoshida. Am J Respir Crit Care Med 2017; 195; 985
Yoshida. Am J Respir Crit Care Med 2018; 197; 1018
Akoumianaki. Am J Respir Crit Care Med 2014; 189; 520