

De kracht van de occlusiedruk; Wat is de waarde van de maximale inspiratoire druk bij kinderen aan de mechanische ventilatie die een spontaneous breathing trial ondergaan?

Januari 2023, Kinder intensive care, Beatrix Kinderziekenhuis, Universitair Medisch Centrum Groningen, Nederland

A. van der Werff, Kinder-intensive care verpleegkundige, Intensive Care Practitioner profiel Ventilatie Kinderen, i.o.
R.G.T. Blokpoel, Drs, Kinderintensivist, medisch begeleider
A.A. Koopman, MSc, Technisch geneeskundige, medisch begeleider
M.C.J. Kneyber, Dr, Kinderintensivist, medisch begeleider

Aanleiding

Spontaneous breathing trials (SBT) worden uitgevoerd op de kinder-IC, bij mechanisch beademde kinderen om deze vroegtijdig te herkennen als zij geëxtubeerd kunnen worden. De occlusiedruk (P_{occl}) is een maat voor respiratory effort (ademkracht), welke gevalideerd is voor volwassenen. Bij kinderen zijn nog geen normaalwaarden bekend van de occlusiedruk en is ook niet bekend of de P_{occl} van voorspellende waarde is voor het slagen dan wel falen van de SBT of voor de extubatie.

Methode

Het onderzoek betreft een retrospectief observationele studie, waarbij gekeken wordt naar de resultaten van SBT-data van kinderen in de leeftijd van 0-18 jaar, die opgenomen waren op de kinder-IC van het Beatrix kindziekenhuis van het Universitair Medisch Centrum Groningen. Kinderen ondergingen een SBT volgens protocol, waarbij de occlusiedruk werd gemeten bij aanvang van de SBT (met pressure support) en na de SBT (zonder pressure support).

Resultaten

274 kinderen (51.1% mannelijk), mediane leeftijd van 6.1 [1.70 ; 24.1] maanden oud, ondergingen een SBT. Meer dan de helft van de patiënten, 59.5%, werd opgenomen met respiratoire insufficiëntie. 201 kinderen slaagden voor de SBT (73,4%), waarvan 194 kinderen (70.8%) binnen 24 succesvol geëxtubeerd werden. Van de gehele populatie was de P_{occl} voorafgaand aan de SBT -9 [-14 ; -6] cm H₂O, de P_{occl} na de SBT was -14 [-19 ; -9.75] cm H₂O. Het verschil in P_{occl} voor en na de SBT (delta P_{occl}) was 5 [2 ; 8] cm H₂O. Er is geen relatie tussen de P_{occl} en het slagen of falen van de SBT. Er is een statistisch significante correlatie tussen een geslaagde extubatie en de P_{occl} voor de SBT ($p = 0.041$). Er was in de groep spierzwakke patiënten ($n = 24$) geen statistisch significante correlatie met de delta P_{occl} ($p = 0.052$), mogelijk wel een klinisch relevante; deze kinderen hadden een grotere delta P_{occl} ten opzichte van niet spierzwakke kinderen.

Conclusie

De P_{occl} is niet voorspellend voor het slagen dan wel falen van de SBT. Een geslaagde extubatie binnen 24 uur is statistisch significant gecorreleerd met de P_{occl} voorafgaand aan de SBT; de P_{occl} voorafgaand aan de SBT is een goede voorspeller voor een geslaagde extubatie. Er is geen statistisch significante correlatie tussen de delta P_{occl} en de patiëntencategorie die spierzwak is, maar mogelijk wel een klinisch relevante. Deze delta P_{occl} is groter bij deze groep kinderen, wat suggereert dat zij bij aanvang van de SBT een minder negatieve P_{occl} genereren en aan het einde van hun SBT meer respiratoire effort moeten leveren om zonder ondersteuning (PS) te ademen.

Inleiding

Respiratoir falen, met de noodzaak tot beademen, is de meest voorkomende indicatie voor een opname op de kinder-IC. Mechanische beademing wordt toegepast bij kinderen om de gasuitwisseling te verbeteren en de work of breathing (WOB) te reduceren. Door mechanische beademing is de overleving van kinderen de afgelopen decennia enorm verbeterd. Echter geeft mechanische beademing ook de nodige risico's, zoals ventilator induced lung injury (VILI), ventilator associated pneumonia (VAP), bovenste luchtwegschade, hemodynamische instabiliteit en de noodzaak tot sedatie en soms verslapping. Daarnaast geeft een langere beademingsduur atrofie van de ademhalingspijpen. Het is daarom van belang de beademingsduur zo kort mogelijk te houden en het moment van extubatie zo vroeg mogelijk te herkennen.

De spontaneous breathing trial (SBT) is een hulpmiddel om kinderen die klaar zijn voor extubatie vroegtijdig te herkennen¹. Net als volwassenen, kunnen kinderen geëxtubeerd worden zonder te weanen. Uit onderzoek bleek dat 42% van 313 kinderen, met een beademingsduur van meer dan 24 uur, slaagde voor de SBT, voordat het weanproces begon². Deze kinderen werden ook nog eens succesvol geëxtubeerd. Er is weinig consensus in de literatuur over de juiste manier van de SBT. Er zijn pediatrische studies waarin kinderen tijdens hun SBT alleen PEEP van 5 cmH₂O met extra FiO₂ krijgen als ondersteuning, of daarbij ook PS krijgen, bijvoorbeeld afhankelijk van hun tubemaat³. Door de verschillende methoden die worden toegepast is het lastig om resultaten van onderzoeken met elkaar te vergelijken en conclusies te trekken. Er blijkt niet zo zeer een beste methode te zijn van een SBT, het is vooral van belang om een vorm van een SBT toe te passen om kinderen die geëxtubeerd kunnen worden, te herkennen.

De occlusiedruk geeft een indicatie van de maximale druk die de patiënt kan genereren gedurende een inademing en is hiermee een maat voor de effort van de respiratoire spierkracht. Een kind is echter niet

instrueerbaar om zo diep mogelijk in te ademen, waardoor de gemeten occlusiedruk niet vergeleken kan worden met volwassen waarden. Maar de waarde van deze negatieve luchtwegdruk geeft wel inzicht in de respiratoire effort van de patiënt en is gecorreleerd met de druk gegenereerd door de respiratoire ademhalingspijpen die tijdens mechanische, geassisteerde beademing nodig is⁴. De waarde geeft mogelijk ook inzicht in de kracht die de patiënt kan genereren na extubatie, wanneer de patiënt zelf verantwoordelijk is voor zijn gasuitwisseling.

Bij kinderen is weinig onderzoek gedaan naar de occlusiedruk als voorspeller voor het wel of niet slagen van de SBT en de eventuele extubatie. Wel is duidelijk dat lagere waarden (dat wil zeggen minder negatieve waarden) duiden op verminderde neuromusculaire kracht en dat dit geassocieerd is met reïntubatie. Als kinderen met deze lagere waarden post-extubatie stridor ontwikkelen, zijn de reïntubatiecijfers meer dan 40%⁵. Meer negatieve waarden zijn juist geassocieerd met een hoge ademarheid, waarbij het kind mogelijk kan falen als het onvoldoende ondersteuning krijgt. Met dit onderzoek wordt gekeken naar het verband tussen de Pocc en het al dan niet slagen van de SBT en eventuele extubatie.

Probleemstelling

Op de kinder-IC van het UMCG wordt de SBT volgens protocol uitgevoerd bij kinderen aan de mechanische beademing, die voldoen aan de criteria van de SBT. Voor het starten van de SBT wordt de occlusiedruk gemeten met pressure support (PS) en aan het einde van de SBT nogmaals, zonder PS. Er is nog niet bekend wat normaalwaarden zijn van de occlusiedruk, als maat voor respiratoire effort van kinderen aan de mechanische beademing. In deze studie wordt gekeken naar het verschil in occlusiedruk tussen kinderen die slagen en falen voor de SBT en voor de extubatie, als eerste stap naar de normaalwaarden.

Vraagstelling

De primaire onderzoeksvraag is of er een relatie bestaat tussen de waarden van de

occlusiedruk en het al dan niet slagen van de SBT en de extubatie:

- Wat zijn de waarden van de occlusiedruk aan het begin en einde van de SBT, van kinderen aan de mechanische beademing die falen voor de SBT en voor kinderen die slagen voor de SBT?
- Is de occlusiedruk voor en na de SBT een voorspeller voor het slagen of falen van de SBT?
- Wat zijn de waarden van de occlusiedruk voor en na een SBT in het voorspellen van extubatiefalen bij kinderen aan de mechanische beademing?
- Is de occlusiedruk voor en na de SBT een voorspeller voor extubatiefalen in mechanisch beademde kinderen?

Doelstelling

Inzicht krijgen in de waarden van de occlusiedruk bij kinderen, als maat voor de respiratoire effort, die een SBT ondergaan. Daarnaast zal gekeken worden of er een verband is tussen de occlusiedruk en het al dan niet slagen van de SBT en de extubatie.

Methode

Studie design

Het onderzoek betreft een retrospectief observationele studie, waarbij gekeken wordt naar de resultaten van SBT-data van kinderen in de leeftijd van 0 tot 18 jaar, die opgenomen waren op de kinder-IC van het Beatrix kinderziekenhuis van het Universitair Medisch Centrum Groningen. De verzameling van data vond plaats in de periode van november 2020 tot en met november 2022. Het betreft een nWMO studie (METc number METc 2022/590, project ID 11369) en werd zodanig goedgekeurd door de METc van het Beatrix Kinderziekenhuis, Universitair Medisch Centrum Groningen.

Setting

De kinder-IC van het Beatrix kinderziekenhuis, Universitair Medisch Centrum Groningen, is een tertiaire multidisciplinaire afdeling met 20 beademingsbedden. Hier wordt hoog complexe zorg in alle specialismen geboden

voor een grote regio, namelijk Groningen, Drenthe, Friesland en Overijssel. Daarnaast is het UMCG het landelijk centrum waar levertransplantaties bij kinderen worden uitgevoerd en waar kinderen met pulmonale hypertensie worden behandeld. Kinderen worden volgens afdelingsprotocol beademd met de beademingsmachine van AVEA (Vyaire, Mettawa, III, USA), met een drukgecontroleerde modus (PC/AC of CPAP/PSV) of een volume gecontroleerde modus (VC/SIMV) afhankelijk van hun leeftijd en longcompliantie. Ten tijde van de spontaneous breathing trial worden de kinderen met pressure support (PS) beademd. Bij de verschillende modi worden expiratoire teugvolumes (V_{Te}) van 5-7 ml/kg nagestreefd, gemeten bij het Y-stuk van het patiëntencircuit. Piekdrukken worden hierbij kleiner dan 28 cm H₂O gehouden. FiO₂ en PEEP worden getitreerd om saturaties van 92 tot 97% te behalen. Inspiratietijd en ademhalingsfrequentie worden leeftijdsadequaat ingesteld en/of gemonitord (PSV). Er wordt normocapnie nagestreefd, zonodig permissive hypercapnia, met een pH > 7.20. De flowtrigger staat op 0.5 of 1.0 L/min ingesteld. Voor bevochtiging werd een heat moist exchanger (HME) (Gibeck, Teleflex Medical, Vianen, Nederland) gebruikt en kinderen waren geïntubeerd met endotracheale tubes met microcuff (KimVent, Paediatrics, Roswell, USA). Kinderen werden gesedeerd met midazolam of dexmedetomidine en morfine of fentanyl om adequate comfortscores van 8-12 (COMFORT schaal) te behalen. Hierbij is het van belang dat de patiënt comfortabel genoeg is, maar ook zoveel mogelijk zelf spontaan ademt (PSV), voor het behoud van de diafragmafunctie. Reïntubatie wordt gedefinieerd als de noodzaak tot intubatie binnen 48 uur na extubatie. Op de kinder-IC van het UMC Groningen ondergaan kinderen protocolair een SBT als zij triggeren, hemodynamisch stabiel zijn (inclusief low dose inotropie), de oxygenatie index (OI) of oxygenatie saturatie index (OSI) kleiner is dan 6 (mmHg) en er de voorafgaande 12 uren voor de SBT geen intensivering van de beademingsvoorwaarden heeft plaatsgevonden. Voor de verdere uitvoering

van de SBT zie het flowdiagram in bijlage 1. Tijdens de artsensite wordt een extubation readiness test gedaan om de SBT en de andere extubatievoorwaarden te evalueren.

Onderzoekspopulatie

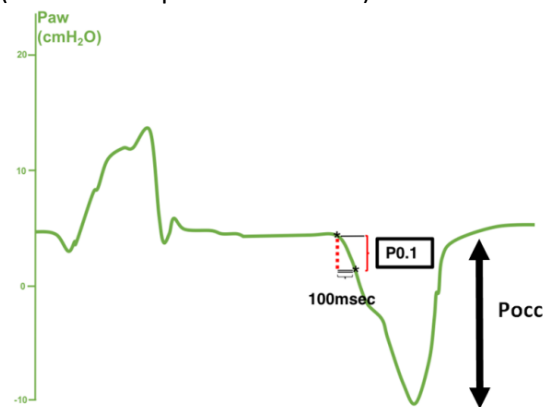
Kinderen tussen de 0 en 18 jaar oud die een SBT ondergingen binnen 48 uur voor extubatie werden geïnccludeerd voor deze studie. Patiënten waarbij de Pocc alleen te meten was met een lagere gevoeligheid dan 2 cm H₂O zijn geëxcludeerd, aangezien deze verandering in gevoeligheid de metingen beïnvloedt. Kinderen die een bovenste luchtwegobstructie (B.L.W.O.) ontwikkelden post-extubatie of kinderen die gereïntubeerd moesten worden vanwege een interventie werden eveneens geëxcludeerd.

De patiënten die slaagden voor de SBT hebben een Pocc voor de SBT (met PS) en een Pocc na de SBT (zonder PS). Het verschil in de Pocc voor de SBT en na de SBT wordt omschreven als delta Pocc. De patiënten die faalden voor de SBT werden terug gezet op de voorgaande beademingsinstellingen, aangezien zij niet in staat waren hun gasuitwisseling adequaat te houden zonder ondersteuning.

Dataverzameling

De Pocc werd gemeten met behulp van de MIP (maximal inspiratory pressure) manoeuvre op de AVEA beademingsmachine, voor 5 seconden met een gevoeligheid van 2 cm H₂O. De patiënt kan hierbij gedurende 5 seconden meerdere inademingen doen. Tijdens de occlusiemanoeuvre genereert de patiënt een negatieve luchtwegdruk tegen een gesloten klep van de AVEA, de beademingsmachine. De beademingsmachine meet dan de buiging in de drukweergave als de patiënt probeert in te ademen, echter blijft tijdens deze manoeuvre de inspiratie-flowklep gesloten en wordt de inademing niet ondersteund. De occlusiedruk geeft hierbij een indicatie van de maximale druk die de patiënt kan genereren, gedurende een inademing (zie afbeelding 1, Pocc). Tijdens het ondergaan van de SBT werd gedocumenteerd of de patiënt voldeed aan de extubatie-criteria, of als de patiënt faalde, op basis waarvan dit was. De

patiëntenkarakteristieken werden uit EPIC (elektronisch patiëntendossier) verzameld.



Afbeelding 1: Afbeelding bewerkt, afkomstig van <https://coemv.blog/airway-occlusion-pressure-p0-1/>

Statistische analyse

De data werd verwerkt in Excel en SPSS en getoetst in SPSS. De data wordt weergegeven als mediaan [interquartile range], percentage (%) of aantal (n).

De Mann-Whitney toets, Kruskal-Wallis toets en de Wilcoxon W toets werden gebruikt om te kijken of er sprake was van een correlatie tussen de gemeten occlusiedruk en de verschillende variabelen.

P-waarden < 0.05 worden als statistisch significant beoordeeld. Als de richtingscoëfficiënt (R^2) tussen 0.80-1.00 is, wordt dit beschouwd als een sterke correlatie.

Resultaten

274 kinderen (51.1% mannelijk), mediane leeftijd van 6.1 [1.70 ; 24.1] maanden oud, ondergingen een spontaneous breathing trial, waarbij de occlusiedruk middels de MIP manoeuvre werd gemeten. Er werd een Pocc voorafgaand aan de SBT gemeten en na de SBT. Het verschil in deze twee waarden wordt omschreven als delta Pocc.

De patiëntenkarakteristieken worden beschreven in tabel 1. De grootste groep, 163 kinderen (59.5%), werd opgenomen met primaire respiratoire insufficiëntie. Er waren 24 (8.8%) kinderen spierzwak. 201 kinderen slaagden voor de SBT (73,4%), waarvan 194 kinderen (70.8%) binnen 24 uur succesvol werden geëxtubeerd. 35 kinderen hadden respiratoire ondersteuning nodig post-extubatie, in de vorm van nCPAP (6.6%), high flow zuurstoftherapie (5.8%) of een non-rebreathing mask (0.4%).

Tabel 1 Patiëntenkarakteristieken N=274 (%) [IQR]

Man	140	(51.1%)
Vrouw	134	(48.9%)
Leeftijd in maanden	6.1	[1.7 ; 24.1]
Opname reden		
Respiratoire insufficiëntie	163	(59.5%)
Circulatoire insufficiëntie	8	(2.9%)
Cardio-chirurgie	42	(15.3%)
Chirurgie	39	(14.2%)
Trauma	5	(1.8%)
Overig	17	(6.2%)
Spierzwak		
Ja	24	(8.8%)
Behandeling		
Conventioneel	224	(81.8%)
HFO/conventioneel	44	(16.1%)
ECLS/conventioneel	6	(2.2%)
SBT		
Geslaagd	201	(73.4%)
Gefaald	73	(26.6%)
Extubatie		
Binnen 24 uur	194	(70.8%)
24 - 48 uur	25	(9.1%)
Nee	55	(20.1%)
Ondersteuning na extubatie		
High flow zuurstoftherapie	16	(5.8%)
nCPAP	18	(6.6%)
Non rebreathing mask	1	(0.4%)
Reïntubatie	8	(2.9%)
Opnameduur PICU, dagen	8	[6 ; 12]
Pocc voor SBT (cm H ₂ O)	-9	[-14 ; -6]
Pocc na SBT (cm H ₂ O)	-14	[-19 ; -9.75]
Delta Pocc (cm H ₂ O)	5	[2 ; 8]

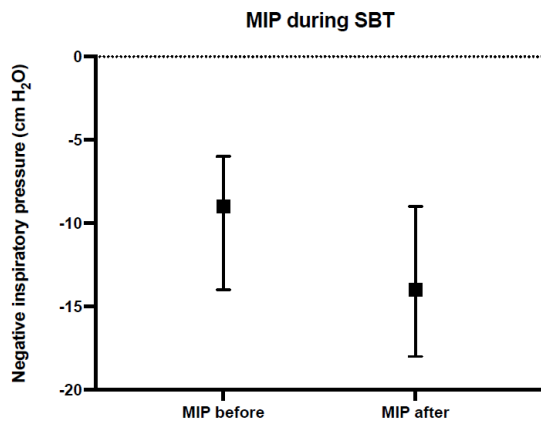
Data als nummer (% van totaal) of mediaan [IQR]

De medianen [IQR] van de occlusiedruk (in cm H₂O) in de verschillende patiëntencategorieën worden weergegeven in onderstaande tabel, tabel 2:

Tabel 2: Waarden Pocc

	N	Pocc voor SBT	Pocc na SBT	Delta Pocc
Gehele populatie	N=274	-9 [-14 ; -6]	-14 [-19 ; -9.75]	5 [2 ; 8]
Populatie spierzwak	N=24	-9 [-13 ; -5]	-14 [-19 ; -11.5]	7.5 [4 ; 10.75]
Populatie niet spierzwak	N=250	-9 [-14 ; -6]	-13 [-19 ; -9]	5 [2 ; 8]
Geslaagde SBT	N=201	-10 [-14 ; -7]	-14 [-19 ; -10]	4 [2 ; 8]
Gefaalde SBT	N=73	-9 [-12.5 ; -5.5]	-12 [-19 ; -9]	6 [2 ; 9]
Geslaagde extubatie < 24 uur	N=194	-9 [-14 ; -7]	-14 [-19 ; -10]	5 [2 ; 8]
Niet geëxtubeerd	N=55	-9 [-12 ; -6]	-12.5 [-19.5 ; -9]	6 [2 ; 9]
Ondersteuning na extubatie	N=35	-10 [-14 ; -6]	-14 [-18.25 ; -8.75]	5 [3 ; 8]
Reïntubatie < 48 uur	N=8	-11.5 [-17.75 ; -6]	-14 [-30 ; -12]	7 [3 ; 11]

Er is voor de gehele populatie (n=274) geen correlatie tussen de occlusiedruk voorafgaand aan de SBT ($p = 0.054$), Pocc na de SBT ($p = 0.346$) bij een geslaagde, dan wel gefaalde SBT, voor bijbehorende waarden zie grafiek 1. Ook de delta Pocc is niet gecorreleerd aan een geslaagde of gefaalde SBT ($p = 0.162$).



Grafiek 1
(MIP before = Pocc voor SBT, MIP after = Pocc na SBT)

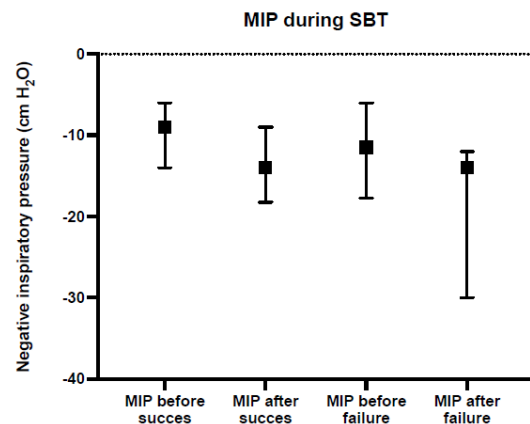
Er is wel een correlatie tussen de occlusiedruk voorafgaand aan de SBT, na de SBT en delta Pocc met de leeftijd; met het toenemen van de leeftijd wordt de Pocc minder negatief. De richtingscoëfficiënt (R^2) van de leeftijd en de Pocc voorafgaand aan de SBT is -0.281 , de R^2 van de Pocc na de SBT is -0.520 en van de delta Pocc is de R^2 0.411 . Er is dus sprake van een zwakke correlatie tussen de waarden van de Pocc en de leeftijd.

De opnameduur (2 tot 6 dagen) is niet gecorreleerd met de occlusiedruk; de Pocc voorafgaand aan de SBT ($p = 0.221$), de Pocc na de SBT ($p = 0.316$) of met de delta Pocc ($p = 0.969$).

Een geslaagde extubatie (in grafiek 2 'succes' genoemd) binnen 24 uur (n = 194) is wel statistisch significant gecorreleerd aan de Pocc voorafgaand aan de SBT ($p = 0.041$). Dit is niet het geval voor de Pocc na de SBT ($p = 0.539$) of delta Pocc ($p = 0.333$).

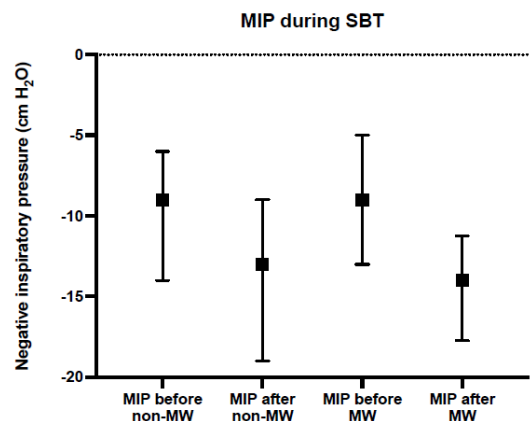
Kinderen die ondersteuning nodig hadden na extubatie (n = 35) hadden geen gecorreleerde waarden van de Pocc voor de SBT ($p = 0.999$), de Pocc na de SBT ($p = 0.572$) en de delta Pocc ($p = 0.234$). Ook reïntubatie binnen 48 uur (n = 8) op basis van respiratoir falen, was niet geassocieerd met de delta Pocc ($p = 0.289$),

Pocc voorafgaand ($p = 0.624$) of Pocc na de SBT ($p = 0.198$). De bijbehorende waarden zijn zichtbaar in grafiek 2, bij 'failure'.



Grafiek 2
(MIP before = Pocc voor SBT, MIP after = Pocc na SBT)

Er is geen statistisch significante correlatie tussen de delta Pocc en de patiëntencategorie die spierzwak (n = 24) is, met een p -waarde van 0.052 . De Pocc voorafgaand aan de SBT ($p = 0.345$) en de Pocc na de SBT ($p = 0.209$) zijn ook niet gecorreleerd aan deze groep. In grafiek 3 zijn de waarden van de Pocc voor en na de SBT te zien, voor de groep niet spierzwak (n=250), 'non muscle weakness', en de groep spierzwak, 'muscle weakness'.



Grafiek 3
(MIP before = Pocc voor SBT, MIP after = Pocc na SBT)

Discussie

Uit dit onderzoek blijkt dat er geen statistisch significante correlaties zijn tussen de occlusiedruk en het wel of niet slagen van de spontaneous breathing trial.

De Pocc waarden worden steeds minder negatief, met het toenemen van de leeftijd. Deze correlaties met bovengenoemde

richtingscoëfficiënten geven een zwakke correlatie weer (sterke correlatie $R^2 = 0.80-1.00$). Dat de Pocc waarden minder negatief worden als de leeftijd van de kinderen toeneemt is verrassend, aangezien men zou verwachten dat deze waarden negatiever zouden worden met het stijgen van de leeftijd en daarmee het toenemen van de kracht en de afname van de compliantie van de thoraxwand. Hiervoor is geen verklaring uit de literatuur. Aan de andere kant zou een verklaring voor de minder negatieve Pocc waarden kunnen zijn dat met het toenemen van de leeftijd er minder respiratoire effort nodig is om te ademen. Daarnaast zullen oudere kinderen grotere tube-maten hebben, wat het mogelijk ook makkelijker maakt om hogere piekflows te genereren als er zonder PS spontaan wordt geademd.

De occlusiedruk aan het einde van de SBT (zonder PS) is meer negatief dan aan het begin van de SBT (met PS). Zonder PS zal de patiënt zelf de energie moeten leveren voor het ademen, zonder ondersteuning van de machine, wat resulteert in een hogere effort. Dit zal leiden tot meer negatieve waarden van de Pocc, vandaar dat ook is gekeken naar de waarden van de delta Pocc. De meer negatieve waarden van de Pocc zonder het gebruik van PS wordt ondersteund vanuit de literatuur; uit recent onderzoek van van Dijk et al. (2022) blijkt dat kinderen bij het verlagen van de PS een acceptabele verhoogde work of breathing hebben, waarbij een stijging van de work of breathing (WOB) is te zien in Joules/L⁶.

Er werden 4 kinderen gereïntubeerd in verband met een bovenste luchtwegobstructie (n=3) of vanwege een interventie (n=1). Deze patiënten zijn uit de populatie gehaald en dus geëxcludeerd, omdat de reïntubatiereiden niet direct gerelateerd is aan respiratoir falen en zo kan leiden tot vervuiling van de data (bias).

De kinderen die spierzwak werden genoemd, waren om diverse redenen spierzwak; voorbeelden hiervan zijn psychomotore retardatie, spierziekte of ICU acquired weakness. De delta Pocc is met een p -waarde

van 0.052 net niet statistisch significant gecorreleerd, maar mogelijk wel klinisch relevant. Dat de delta Pocc van deze kinderen groter is ten opzichte van niet spierzwakke kinderen zou kunnen betekenen dat deze kinderen bij aanvang van hun SBT een minder negatieve Pocc hebben, als uiting van hun verminderde spierkracht. Tijdens het ondergaan van de SBT genereren zij meer inspiratoire kracht om zonder PS hun gasuitwisseling optimaal te houden. Dit resulteert in een meer negatieve Pocc aan het einde van hun SBT en is mogelijk een uiting van uitputting. De delta Pocc in de groep spierzwakke kinderen is dus interessant om te observeren tijdens de SBT. Voor hen is het timen van het moment van extuberen altijd belangrijk, aangezien deze groep kinderen met verminderde spierkracht een verhoogd risico op reïntubatie heeft als zij post-extubatie stridor ontwikkelen⁵. Het bepalen van de delta Pocc tijdens een SBT kan helpen om het juiste moment van extubatie te kiezen voor deze groep patiënten. Er zal verder onderzoek naar gedaan kunnen worden in een grotere populatie om een statistisch significante correlatie aan te tonen. Opvallend is ook dat deze groep een langere opnameduur heeft, namelijk 12 [8 ; 16] dagen ten opzichte van niet spierzwakke kinderen 8 [6 ; 11] dagen. Waarschijnlijk is deze langere opnameduur ten gevolge van hun onderliggend lijden.

Reïntubatiecijfers uit dit onderzoek zijn laag, 8 van 274 patiënten moesten worden gereïntubeerd. Te lage reïntubatiecijfers kunnen aangeven dat de afdeling voorzichtig is met extuberen en dat patiënten mogelijk langer aan de mechanische beademing liggen dan nodig⁷. Gefaalde extubaties daarentegen zijn weer geassocieerd met een langere opnameduur op de IC en zelfs met een verhoogde mortaliteit⁸. Er zijn gedurende dit onderzoek ook enkele kinderen wel succesvol geëxtubeerd die een gefaalde SBT hadden, deze patiënten zijn niet meegenomen in dit onderzoek. Maar dit laat zien dat er ook goed gekeken moet worden naar individuele casuïstieken.

Tot slot laat dit onderzoek zien dat het doen van een SBT zonder het gebruik van pressure

support veilig kan. Vanuit de literatuur is dit ook te onderbouwen. Er wordt vaak gedacht dat er PS aan CPAP moet worden toegevoegd om de imposed work of breathing (WOBimp), de energie die nodig is om de extra work of breathing ten gevolge van de tube te genereren, te compenseren. Khemani et al. concludeerden in 2016 dat ongeacht de tubemaat, het gebruik van pressure support tijdens een SBT de work of breathing van de patiënt post-extubatie overschat⁹. Van Dijk et al. lieten in 2020 in een bench-studie zien dat ongeacht de grootte van de tubemaat de imposed work of breathing laag was, als spontaan ademen, met leeftijdsadequate piekflows, werd nagebootst¹⁰.

Een eerste beperking van dit onderzoek is dat de waarde van de Pocc uit de AVEA wordt afgelezen. Opvallend is dat de resultaten van de Pocc veel lager zijn (dat wil zeggen minder negatief) vergeleken met waarden uit de literatuur. Khemani et al. (2017) beschrijven bijvoorbeeld waarden van aPiMax van > 30 cm H₂O als maat voor adequate inspiratiekracht⁵. Deze andere waarden kunnen verklaard worden door patiëntgerelateerde factoren (patiëntenpopulatie, intrinsieke PEEP, etc.) of technische factoren (plaats van de meting, gevoeligheid van de meting, berekening, etc.) die de meting beïnvloeden. Dat de Pocc een statistisch significante correlatie heeft met een geslaagde extubatie is een heel mooi resultaat van dit onderzoek. Het bevestigt het belang van de kracht van de ademhalingspijpen post-extubatie. Maar doordat de meting afhankelijk is van zoveel factoren, lijkt het ook nog steeds belangrijk om een SBT te doen. In onderzoek bij volwassenen wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van een manometer en wordt de patiënt geïnstrueerd voor het meten van de Pocc. Bij kinderen is dit niet mogelijk.

Bij dit onderzoek is niet gekeken naar andere (klinische) parameters of metingen waarop kinderen faalden of slaagden voor de SBT. Knox et al. (2022) concludeerden dat het beoordelen van de patiënt tijdens een SBT op alleen klinische observaties mogelijk kinderen laat slagen, die op basis van andere parameters zouden falen voor de SBT¹¹. Er zijn

natuurlijk veel parameters geassocieerd met extubation readiness. Voorbeelden hiervan zijn rapid shallow breathing index (RR/Tv), deltaPes (verandering in oesofageale druk gedurende de inspiratie, in cmH₂O), ademhalingsfrequentie (RR, x per minuut), saturatie, etCO₂, Tv (ml/kg), Pressure-rate product (deltaPes x RR) en work of breathing (Joules/L). Deze laatste twee metingen blijken uit het onderzoek van Knox (2022) van meest voorspellende waarde te zijn tijdens een SBT. Een andere beperking van dit onderzoek is, dat er niet gekeken is naar de duur van de SBT. Bij de invoering van de SBT, in november 2020, was het gebruikelijk een langere duur aan te houden, meestal 120 minuten. Daarna werd 30 minuten meer gebruikelijk en bij twijfel of kinderen toe waren aan extubatie werd de SBT verlengd naar 120 minuten. Uit het onderzoek van Knox et al. (2022) blijkt dat een SBT van 30 minuten mogelijk kinderen mist, die wel zouden falen na 30 minuten¹¹. Echter includeerden zij patiënten met ARDS en includeerden zij heel strikt op OI en OSI en niet al onze patiënten hadden ARDS. Daarnaast hebben wij niet gekeken naar hoe de OI of de OSI zich verhoudt tot onze resultaten, er is alleen bekend dat de kinderen een OI of OSI hadden van < 6. Een laatste beperking is dat dit onderzoek een single center onderzoek betreft. De onderzoekspopulatie is wel groot (n=274) te noemen.

Conclusie

De Pocc gemeten met de MIP manoeuvre is niet voorspellend voor het wel of niet slagen van de SBT. Er is geen statistisch significante correlatie tussen de delta Pocc en de patiëntencategorie die spierzwak is, maar mogelijk wel een klinisch relevante correlatie. Deze delta Pocc is groter bij deze groep kinderen, wat suggereert dat zij aan het einde van hun SBT meer effort moeten leveren om zonder ondersteuning (PS) te ademen. Een geslaagde extubatie binnen 24 uur is statistisch significant gecorreleerd met de Pocc voorafgaand aan de SBT, met waarden van -9 [-14 ; -7] cm H₂O. De Pocc voorafgaand aan de SBT is dus een goede voorspeller voor een geslaagde extubatie.

Aanbevelingen

Bij spierzwakke kinderen zou een SBT langer, of altijd minimaal 2 uren, moeten duren om goed te herkennen of deze kinderen klaar zijn voor extubatie. De delta Pocc zou dan een goede maat kunnen zijn om te vervolgen in deze patiëntencategorie tijdens het ondergaan van een SBT. De Pocc zou in deze specifieke patiëntengroep verder onderzoek verdienen.

Er zou in de nabije toekomst onderzocht kunnen worden wat de relatie van andere metingen is met extubation readiness, zoals

pressure rate product en deltaPes, aangezien het 'standard care' is dat kinderen een oesofageale drukcatheter hebben op de kinder-IC. Daarnaast zal bij de aanschaf van een nieuwe beademingsmachine geïnformeerd moeten worden naar de wijze waarop de occlusiedruk wordt bepaald, zodat de waarde van de meting beter geïnterpreteerd kan worden. Ook om te beoordelen of deze meting op een andere beademingsmachine van voorspellende waarde is voor een geslaagde extubatie.

Literatuur

1. Newth CJ, Venkataraman S, Willson DF, Meert KL, Harrison R, Dean JM, Pollack M, Zimmerman J, Anand KJ, Carcillo JA, Nicholson CE; Eunice Shriver Kennedy National Institute of Child Health and Human Development Collaborative Pediatric Critical Care Research Network. *Weaning and extubation readiness in pediatric patients*. *Pediatr Crit Care Med*. 2009 Jan;10(1):1-11. doi: 10.1097/PCC.0b013e318193724d. PMID: 19057432; PMCID: PMC2849975.
2. Randolph AG, Wypij D, Venkataraman ST, Hanson JH, Gedeit RG, Meert KL, Luckett PM, Forbes P, Lilley M, Thompson J, Cheifetz IM, Hibberd P, Wetzel R, Cox PN, Arnold JH; Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) Network. *Effect of mechanical ventilator weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children: a randomized controlled trial*. *JAMA*. 2002 Nov 27;288(20):2561-8. doi: 10.1001/jama.288.20.2561. PMID: 12444863.
3. van Dijk J, Blokpoel RGT, Abu-Sultaneh S, Newth CJL, Khemani RG, Kneyber MCJ. *Clinical Challenges in Pediatric Ventilation Liberation: A Meta-Narrative Review*. *Pediatr Crit Care Med*. 2022 Dec 1;23(12):999-1008. doi: 10.1097/PCC.0000000000003025. Epub 2022 Jul 14. PMID: 35830707; PMCID: PMC9708079.
4. Bertoni M, Talias I, Urner M, Long M, Del Sorbo L, Fan E, Sinderby C, Beck J, Liu L, Qiu H, Wong J, Slutsky AS, Ferguson ND, Brochard LJ, Goligher EC. *A novel non-invasive method to detect excessively high respiratory effort and dynamic transpulmonary driving pressure during mechanical ventilation*. *Crit Care*. 2019 Nov 6;23(1):346. doi: 10.1186/s13054-019-2617-0. PMID: 31694692; PMCID: PMC6836358.
5. Khemani RG, Sekayan T, Hotz J, Flink RC, Rafferty GF, Iyer N, Newth CJL. *Risk Factors for Pediatric Extubation Failure: The Importance of Respiratory Muscle Strength*. *Crit Care Med*. 2017 Aug;45(8):e798-e805. doi: 10.1097/CCM.0000000000002433. PMID: 28437378; PMCID: PMC5511064.
6. van Dijk J, Koopman AA, de Langen LB, Dijkstra S, Burgerhof JGM, Blokpoel RGT, Kneyber MCJ. *Effect of pediatric ventilation weaning technique on work of breathing*. *Respir Res*. 2022 Jul 13;23(1):184. doi: 10.1186/s12931-022-02106-6. PMID: 35831900; PMCID: PMC9281016.
7. Gommers, D., Rosmalen, J. van (2019). *Beademing, een praktische handleiding*. Venticare.

8. Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, Rice T, Sachdeva RC, Patel NR, Takano J, Easterling L, Scanlon M, Musa N, Brill R, Wells D, Park GS, Penfil S, Bysani KG, Nares MA, Lowrie L, Billow M, Chiochetti E, Lindgren B. *Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes*. Crit Care Med. 2003 Nov;31(11):2657-64. doi: 10.1097/01.CCM.0000094228.90557.85. Erratum in: Crit Care Med. Jul;32(7):1632-3. Scanlon Mathew [corrected to Scanlon Matthew]. PMID: 14605539.
9. Khemani RG, Hotz J, Morzov R, Flink RC, Kamerkar A, LaFortune M, Rafferty GF, Ross PA, Newth CJ. *Pediatric extubation readiness tests should not use pressure support*. Intensive Care Med. 2016 Aug;42(8):1214-22. doi: 10.1007/s00134-016-4387-3. Epub 2016 Jun 18. PMID: 27318942.
10. van Dijk J, Blokpoel RGT, Koopman AA, Brandsema R, Newth CJL, Kneyber MCJ. *Spontaneous Breathing and Imposed Work During Pediatric Mechanical Ventilation: A Bench Study*. Pediatr Crit Care Med. 2020 Jul;21(7):e449-e455. doi: 10.1097/PCC.0000000000002309. PMID: 32427436.
11. Knox KE, Hotz JC, Newth CJL, Khoo MCK, Khemani RG. *A 30-Minute Spontaneous Breathing Trial Misses Many Children Who Go On to Fail a 120-Minute Spontaneous Breathing Trial*. Chest. 2022 Aug 28:S0012-3692(22)03680-7. doi: 10.1016/j.chest.2022.08.2212. Epub ahead of print. PMID: 36037984.

Bijlage 1

Flowdiagram Spontaneous Breathing Trial

De patiënt mag een SBT ondergaan als deze:

- Triggert aan de beademing;
- De oxygenatie index of oxygenatie saturatie index < 6 is;
- Geen intensivering van de beademingsvoorwaarden heeft, 12 uren voorafgaand aan de SBT;
- Hemodynamisch stabiel is (low-dose inotropie inbegrepen)

Uitvoering:

- Zet patiënt op modus CPAP/PSV
- Doe een MIP/P100 manoeuvre (gevoeligheid 2 cm H₂O en duur 5 seconden) en noteer waarden in EPIC
- Zet de PSV naar 0, de PEEP op 5 cm H₂O en de FiO₂ op 0.4-0.5 (Let op: bij patiënten verhoogde longflow FiO₂ 0.21)

Observeer gedurende minimaal 30 tot maximaal 120 minuten:

Teugvolumes > 5 ml/kg, etCO₂, streef SpO₂ $> 92\%$ ($> 75\%$ bij gemengde circulatie) ademhalingsfrequentie (binnen normaalwaarden) en work of breathing.

Patiënt behoudt adequate waarden?

ja

nee

- Patiënt is geslaagd voor SBT.
- Doe een MIP/P100 manoeuvre zonder PS en noteer waarden in EPIC.
- Daarna terug op voorgaande beademingsinstellingen.
- Overleg met arts over afspraken omtrent extubatie (ERT).

- Patiënt is niet geslaagd voor SBT.
- Terug op voorgaande beademingsinstellingen.
- Noteer reden van gefaalde SBT.
- Overleg gefaalde SBT in artsensite.

Bijlage 2: Rol van de Ventilation Practitioner op de kinder-IC

Op de kinder-IC van het Universitair Medisch Centrum Groningen zijn vanaf februari 2023 twee Intensive Care Practitioners, uitstroomprofiel Ventilation PICU werkzaam. Van een Ventilation Practitioner (VP-er) wordt verwacht te participeren, als zijnde onderdeel van de werkgroep respiratie, in het multidisciplinaire team van de kinder-IC.

De werkgroep respiratie bestaat straks uit twee VP-ers, één technisch geneeskundige en twee kinderintensivisten. Een enthousiaste werkgroep, die streeft naar een gezamenlijk doel, namelijk optimale, individuele ademhalingsondersteuning voor het kritisch zieke kind op de kinder-IC. Maar daarnaast is het ook de taak om de kwaliteit van zorg rondom beademingsondersteuning te bewaken; alle collega's zich veilig te laten voelen en bekwaam te laten zijn met de middelen die we hebben, op gebied van respiratoire ondersteuning. Voor het leveren van topklinische zorg moet je meegaan in de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van beademing.

Door de vele verschillende specialismen is het van belang dat de ondersteuning van de respiratie wordt afgestemd op de specifieke problemen van de patiënt. Een kind met een neurotrauma heeft heel andere aandachtspunten op het gebied van respiratie dan een patiënt met ARDS of een patiënt met een complexe hartafwijking. De kinder-IC is daarnaast zeer vooruitstrevend op het gebied van beademing. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van oesofageale drukmeting, het gebruik van hoog frequente oscillatie ventilatie (HFO-V) en de functie van de technisch geneeskundige op de afdeling. Maar ook op het gebied van wetenschappelijk onderzoek bij kinderen aan de beademing is de afdeling vooruitstrevend en wordt er geparticipeerd in internationaal wetenschappelijk onderzoek. Van de VP-er wordt verwacht op al deze vlakken bij te dragen. Andere speerpunten van de VP-er op de kinder-IC zijn kortere beademingsduur en (protocollair) weanen, individueel afgestemde beademing, voortzetten van HFO-V en het vergroten van kennis op de afdeling over de nieuwste ontwikkelingen op beademingsgebied.

Kerntaken Zorginhoudelijk

Na het afronden van de opleiding kan de VP-er op de kinder-IC zelfstandig de beademingsstrategie bepalen, bij ongecompliceerde beademingstrajecten. Voorbeelden hiervan zijn het maken van individuele wean-schema's, het aanpassen van de beademingsvoorwaarden (waarna overleg met de kinderintensivist of technisch geneeskundige volgt) en het doen van metingen om te beoordelen of de patiënt nog veilig wordt beademd en vervolgens suggesties doen voor optimaal beademingsbeleid.

De VP-er:

- Gaat actief bij alle patiënten langs om met verpleegkundigen de beademingsdoelen te bespreken en beademingsgerelateerde problemen te signaleren en op te lossen
- Past EIT toe om beademingsondersteuning te optimaliseren of beademingsproblemen inzichtelijk te maken
- Maakt individuele wean-schema's
- Doet recruteermanoeuvres en CDP challenges bij patiënten aan de HFO

Kerntaken innovatie

Het op de hoogte blijven van nieuwe ontwikkelingen wordt gedaan door het volgen van (internationale) symposia en congressen en lidmaatschap van bijvoorbeeld ESPNIC (European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care). Jaarlijks komt de respiratiewerkgroep van de kinder-IC bijeen om een jaarplan te schrijven met hierin de innovaties die de kinder-IC het betreffende jaar wil doen en de manier waarop. Onderling, binnen de respiratiewerkgroep, worden relevante artikelen gedeeld en besproken. Nieuwe materialen op het gebied van beademingsondersteuning worden door de ventilation practitioner geïntroduceerd en geïmplementeerd.

De VP-er:

- Doet een cursus longechografie en kan deze vaardigheden toepassen in de diensten
- Introduceert nieuwe materialen en apparatuur en doet zonodig een PRI (Prospectieve Risico Inventarisatie)
- Onderhoudt contacten met de collega's uit de industrie
- Onderhoudt contacten met collega VP-ers in Nederland en België
- Participeert in de aanschaf en de introductie van de nieuwe beademingsmachine
- Blijft op de hoogte van beademingsgerelateerde wetenschappelijke artikelen
- Kan wetenschappelijke artikelen vertalen naar de verpleegkundige praktijk en deelt dit met verpleegkundig personeel
- Participeert in wetenschappelijk onderzoek
- Bezoekt relevante symposia, zoals ESPNIC

Kerntaken deskundigheidsbevordering en kwaliteit

Deskundigheidsbevordering en kwaliteit zijn taken van de VP-er, zowel binnen het verpleegkundig als het multidisciplinaire team. Deze taken zullen plaatsvinden tijdens de zogenaamde 'maand van', waarbij elk jaar een thema op gebied van respiratie zal worden geschoold. Wekelijks zal de ventilator-round aan bed plaatsvinden, waarbij een casus inhoudelijk en beademingsgerelateerd zal worden besproken met het aanwezige team. Praktische vaardigheden, zoals opbouwen van HFO, iNO, CPAP etc. kunnen getraind worden op scholingsdagen.

De VP-er:

- Heeft een signaleringsfunctie; signaleert knelpunten en draagt proactief oplossingen aan
- Is een vraagbaak voor de collega's in de dienst
- Is verantwoordelijk voor scholing; verpleegkundigen, nieuwe cursisten, nieuw plan voor LMS (leer management systeem) op gebied van beademing
- Maakt lessen/scholing uniform en meer aansluitend op de opleiding tot kinder-IC verpleegkundige
- Doet aan bed-side teaching
- Organiseert wekelijks een 'ventilator round' op een nader te bepalen moment
- Traint praktische vaardigheden; zoals opbouwen iNO/HFO/AVEA/Hamilton transportbrancard
- Is toegankelijk voor ondersteuning en advies aan het verpleegkundig team en is verantwoordelijk voor het in stand houden en verhogen van de kennis van het team op respiratoir gebied
- Maakt een Format voor het schrijven van wean schema's in EPIC
- Houdt protocollen van beademingsondersteuning up to date
- Breidt de werkgroep respiratie uit met verpleegkundigen
- Signaleert knelpunten met betrekking tot materialen en draagt oplossingen aan

Lange termijn doelen

Over 3 jaar staat er een goed lopende respiratiewerkgroep, waarin we de taken hebben verdeeld. Jaarlijks worden gezamenlijke doelen van de respiratiewerkgroep gemaakt, vastgelegd en geëvalueerd in een jaarplan.

De scholing is helder en duidelijk verwerkt, via LMS (leer management systeem). De nieuwe beademingsmachine is in gebruik en protocollen zijn helder en duidelijk vindbaar op één plek. We zijn als VP-ers inzetbaar voor handelingen als; longechografie, het doen van EIT's, het meten van oesofageale drukken met behulp van de polybench, recruteren en CDP challenges aan de HFO en het maken van weanschema's. Daarnaast zal de kinder-IC mogelijk uitgebreid worden, bij het behoud van het kinderhartcentrum, wat meer onderwijs zal betekenen. Het wordt dan een uitdaging om de kennis van deze grotere groep collega's op het zelfde niveau te krijgen en houden.

