



# Is mechanische ventilatie nodig bij kinderen met gezonde longen?

---

*Dhr. S. Körver, dr. E. Duval, Care Training Group B.V., MUMC+, oktober 2016*

# Is mechanische ventilatie nodig bij kinderen met gezonde longen?

Dhr. S. Körver, dr. E. Duval, oktober 2016

## Samenvatting

Kunstmatige beademing is een standaardbehandeling op de intensive care afdeling om de ademhaling van ernstig zieke patiënten te ondersteunen. Hoewel beademing vaak een levensreddende procedure is kan het ook schadelijk zijn. Beademing bij kinderen is anders dan bij volwassenen. Er zijn verschillen tussen de longen van kinderen en volwassenen: resultaten uit studies bij volwassenen kunnen niet rechtstreeks worden toegepast bij het beademen van een ernstig zieke long van een kind.

Kinderen met een bovenste luchtwegproblematiek die intubatie nodig hebben, worden soms beademd terwijl ze gezonde longen hebben. In dit onderzoek wordt de vraag gesteld of het mogelijk is om kinderen met hoge luchtwegproblematiek met gezonde longen te laten ademen via een nasale tube zonder mechanische beademingsondersteuning. Voorafgaand aan het vergelijkende onderzoek hebben we de literatuur bekeken: er zijn slechts een beperkt aantal studies waarin gekeken is naar ademarbeid die kinderen leveren bij verschillende devices of vormen van beademen. De resultaten hiervan ondersteunden onze hypothese dat kinderen inderdaad door een open tube weinig arbeid leveren. Retrospectief werden dan 8 kinderen bestudeerd die voldeden aan de in- en exclusiecriteria, 4 beademd en 4 ademend door een open tube met kunstneus. Parameters en kliniek werden vergeleken tussen beide groepen. Gezien de kleinschaligheid van ons onderzoek mogen er geen conclusies aan verbonden worden, maar er was wel een opvallend verschillende trend in parameters en kliniek tussen de kunstneus- en beademingsgroep. Het gaf de indruk dat in ons onderzoek de groep aan de kunstneus comfortabeler was dan de groep aan de beademing.

Het doel van dit onderzoek was om meer inzicht te krijgen in dit onderwerp, na te gaan of het veilig is, en het onder de aandacht te brengen aangezien er weinig onderzoek is verricht onder kinderen. Onze data ondersteunen de in de literatuur beschikbare gegevens dat het een veilige en perfect mogelijke techniek is.

## Inleiding

De pediatrie intensive care afdeling (PICU) van het MUMC<sup>+</sup> is een multidisciplinaire intensive care afdeling met 8 bedden waar kinderen in de leeftijd van 3 weken tot en met 18 jaar met dreigende of manifeste verstoring van één of meerdere orgaansystemen worden opgenomen voor bewaking, diagnostiek en behandeling. Alle medische disciplines zijn in het MUMC<sup>+</sup> vertegenwoordigd behoudens de cardiopulmonale chirurgie bij kinderen. Deze kinderen worden voor operatieve ingrepen verwezen naar een academisch ziekenhuis elders.

De PICU heeft naast een faciliterende functie voor het MUMC<sup>+</sup> tevens een regionale functie voor de algemene ziekenhuizen in de regio Limburg en Zuidoost-Brabant. Daarnaast is er een samenwerkingsverband met Tongeren (België).

Uit ongeveer 600 opnames per jaar worden rond de 1000 beademingsdagen gehaald, waarvan circa 300 ademhalings-ondersteunende therapie betreft als CPAP en high flow nasal cannula.

Kunstmatige beademing is een standaardbehandeling op de intensive care afdeling om de ademhaling van ernstig zieke patiënten te ondersteunen. Daarnaast is mechanische beademing ook onmisbaar tijdens operaties onder algehele anesthesie. Hoewel beademing vaak een levensreddende procedure is kan het ook schadelijk zijn. Kunstmatige beademing kan longschade induceren en ook reeds bestaande longschade verergeren. Deze ongewenste effecten noemen we beademing geïnduceerde longschade (ventilator-induced lung injury, VILI). Overmatige rek van longweefsel en het herhaaldelijk openen en dichtgaan van longblaasjes zijn mechanismen die verantwoordelijk worden gehouden voor het ontstaan van beademing geïnduceerde longschade<sup>8</sup>.

Kinderen zijn geen kleine volwassenen en dat geldt ook voor het beademen van kinderen. Ondanks het feit dat er veel gelijklopende (patho)fysiologische mechanismen zijn, mogen aanbevelingen uit studies van beademing bij volwassenen niet zomaar rechtstreeks worden overgenomen bij het beademen van een ernstig ziek kind.

Allereerst verandert de anatomie met het ouder worden: het totale aantal alveoli neemt flink toe tot de leeftijd van 3 jaar, waarna de groei trager wordt en bijna volledig stopt rond de leeftijd van 8 jaar. Nadien nemen de alveoli nog wel in oppervlakte toe, van 32m<sup>2</sup> op de leeftijd van 8 jaar tot 75m<sup>2</sup> bij volwassenen. Kohn's poriën (inter-alveolaire connecties) en de kanalen van Lambert (verbinding tussen bronchioli en alveoli), die beide collaterale ventilatie waarborgen en zo atelectase helpen voorkomen, ontwikkelen zich pas na de leeftijd van 4 jaar. Atelectase komt bij beademde jonge kinderen dan ook vaker voor dan bij volwassenen.

De compliantie bij de zuigeling op het einde van het eerste levensjaar is hoger dan die bij volwassenen, voornamelijk vanwege de hoge compliantie van de borstkas. Hierdoor zijn de longen van een baby of kind gevoeliger voor zowel collaps als overdistentie, is er meer arbeid nodig en treedt sneller uitputting op. Bovendien bevat de longmatrix van neonaten weinig collageen waardoor ze nog meer gevoelig zijn voor overdistentie. De oriëntatie van de ribben is horizontaal bij de zuigeling en meer naar beneden gericht bij volwassenen: ook dit draagt bij tot inefficiëntie van de ademhaling waardoor sneller respiratoir falen ontstaat. Door toenemende ossificatie van het kraakbeen en toename van de intercostale spiertonus, zal de compliantie van de thorax de volgende jaren traag afnemen.

De perifere luchtwegweerstand ligt bij kinderen onder de 5 jaar 4 keer hoger dan bij volwassenen. Kleine veranderingen als oedeem of mucus kunnen al snel tot ernstige problemen aanleiding geven.

De functionele residu capaciteit (FRC) is lager bij kinderen, zelfs in die mate dat bij kinderen onder de 6 jaar die anesthesie ondergaan, de FRC de "closing capacity" (het volume waarbij de kleinste luchtwegen dichtklappen) benadert wat leidt tot ventilatie-perfusieverhouding (V/Q) mismatch met desaturatie tot gevolg. Bij wakkere kinderen zijn er compensatoire mechanismen als actieve tonus van het diafragma en de intercostale spieren die sluiting van de alveoli voorkomen. Bij slapende kinderen echter niet, daarom moet er steeds PEEP gegeven worden tijdens anesthesie. De ratio FRC ten opzichte van de totale longcapaciteit (TLC) is klein, wat de gasuitwisseling limiteert (weinig reserve).

De ontstekingsreactie speelt een rol bij het ontstaan van VILI: bij zuigelingen is de immuniteit nog immatuur en ontwikkelt de anti-inflammatoire reactie langzamer dan de pro-inflammatoire, waardoor er een overwegend pro-inflammatoire balans is tijdens stress<sup>6</sup>.

Al deze factoren maken deze jonge longen meer at risk voor VILI.

## Probleemstelling/vraagstelling

### Probleemstelling

Op dit moment worden in het MUMC+ kinderen met een bovenste luchtwegproblematiek die intubatie nodig hebben (zoals post tracheale chirurgie, ernstige laryngitis subglottica, laryngo/tracheomalacie), geïntubeerd en nadien mechanisch beademd onder sedatie om de luchtweg een rustig herstelproces te bieden. Over het algemeen doen bij deze kinderen de longen niet mee aan het ziekteproces. Men kan zich dan ook de vraag stellen of deze kinderen eenmaal (liefst nasaal) geïntubeerd überhaupt beademing nodig hebben. Men zou ze kunnen laten wakker worden, weanen van de beademing, en uiteindelijk alleen de artificiële luchtweg behouden zonder verdere ondersteuning. Immers, de beste manier om VILI te voorkomen, zowel bij zieke als gezonde longen, is niet beademen.

### Doelstelling

Het doel van deze studie is om op basis van literatuurstudie en onderzoekgegevens in de praktijk inzicht te krijgen of het haalbaar is een kind, geïntubeerd omwille van slechts bovenste luchtwegproblematiek, wakker te laten worden en dan zonder mechanische beademing (open tube met kunstneus) verder te laten herstellen. Moest dat inderdaad zo zijn, kan een protocol worden opgesteld voor de afdeling met als doel de patiëntenzorg te verbeteren.

### Vraagstelling

Is het veilig en efficiënt om kinderen in het MUMC+ met hoge luchtwegproblematiek met gezonde longen te laten ademen via een nasale tube zonder mechanische beademingsondersteuning?

### Deelvraag

Welke nadelen worden voorkomen wanneer kinderen met gezonde longen met een bovenste luchtwegproblematiek wel geïntubeerd doch niet beademd worden? Jonge, niet erg zieke kinderen zijn vaak beweeglijk wat aanleiding kan geven tot tracheale

letsels door een (aan de beademingsslang vastzittende) tube en hogere sedatienood met ontweningsverschijnselen achteraf. Ervaren deze kinderen dus mogelijk complicaties of andere problematiektijdens beademing die voorkomen had kunnen worden door ze los te leggen?

## Onderzoeksmethode

Het betreft een retrospectief dataonderzoek en een literatuurstudie.

Als eerste is er een literatuurstudie verricht om na te gaan of er informatie bestaat over de impact van ademen door een open tube bij kinderen, zowel gezonde kinderen als kinderen met luchtwegproblematiek.

Tevens werd de studie-opzet vastgelegd: er zouden twee groepen kinderen vergeleken worden waarbij de ene groep wel beademd wordt, en de andere niet. Gezien beide methoden (zowel het los leggen als het verder beademen) nationaal en internationaal erkende behandelingen zijn, én gezien er in de literatuur geen duidelijke consensus is om de ene behandeling boven de andere te verkiezen, werden tot voor kort kinderen binnen de MUMC<sup>+</sup>-PICU preferentieel los gelegd. Om de controlegroep uit te breiden werd daarom beroep gedaan op retrospectieve data-analyse uit de PICU van het K. Paolakinderziekenhuis te Antwerpen. Hier worden kinderen standaard los gelegd van de beademing bij geïsoleerde bovenste luchtwegproblematiek.

In- en exclusiecriteria waren de volgende:

### Inclusie-/exclusiecriteria

#### Inclusie

- Leeftijd 0 t/m 18 jaar.
- Bovenste luchtwegproblematiek (epiglottitis, laryngitis subglottica, post tracheale chirurgie, trauma trachea, laryngo/tracheomalacie).
- Beademd.
- Nasaal geïntubeerd.
- Gecuffte of ongefuffte tube.

#### Exclusie

- Leeftijd > 18 jaar.
- Longproblematiek.
- Niet geïntubeerd.

De nulhypothese was:

H<sub>0</sub> = er is geen verschil tussen de kunstneus- en beademingsgroep wat betreft hartfrequentie, saturatie, ademhaling en/of pCO<sub>2</sub>.

HA = er is wel verschil tussen de kunstneus- en beademingsgroep wat betreft hartfrequentie, saturatie, ademhaling en/of pCO<sub>2</sub>.

Van beide groepen worden volgende parameters verzameld:

- Opname indicatie.
- Geslacht.
- Lengte en gewicht.
- Elke 2 uur hartslag, saturatie, ademhaling.
- O<sub>2</sub> behoefte (tijdsduur en hoeveelheid).
- Incidenten zowel qua hartslag (stijgen of dalen) als saturatie (daling), tevens events als extubatie.
- Klinische observaties elke 2 uur (of indien nodig frequenter) aan de hand van een observatielijst (transpireren, intrekkingen, neusvleugelen, verkleuren).
- Discomfort elke 2 uur aan de hand van een observatielijst (angst, stress, onrust, pijnscore VAS).

Aanvullend worden van de groep die beademd wordt ook nog de volgende gegevens verzameld:

- Elke 2 uur EtCO<sub>2</sub>, V<sub>T</sub>, piekdruk.
- RASS sedatie score.

De data van alle kinderen werden gedurende 3 dagen genoteerd. Deze patiënten data werden geanalyseerd met behulp van SPSS, aan de hand van de t-test for equality of means (2-tailed). Data werden als significant verschillend beschouwd bij een p-waarde < 0.05.

Deze data zullen maximaal 15 jaar worden bewaard. De codering van de patiënten data is als volgt: elke patiënt krijgt een willekeurig nummer van 1 t/m 10. De combinatie tussen nummer en patiënt zijn alleen bij dr. Duval en dhr. S. Körver bekend. Er worden alleen fysiologische parameters verzameld. Op deze manier is het verder niet mogelijk data te herleiden naar een patiënt.

De medisch-ethische toetsingscommissie (METC) MUMC<sup>+</sup> heeft geen bezwaar tegen de uitvoering van dit onderzoeksvoorstel en brengt derhalve een positief advies uit.

In eerste instantie wordt dit onderzoek gebruikt voor opleidingsdoeleinde binnen de Ventilation Practitioner opleiding. Verder hopen we dat de resultaten in combinatie met de literatuurstudie aanleiding geven tot het opstellen van aanbevelingen om de huidige zorg te verbeteren bij kinderen met een hoge luchtweg problematiek. Het is nog niet zeker of dit onderzoek gepubliceerd gaat worden.

## Resultaten

Voor dit onderzoek kwamen uiteindelijk 8 kinderen in aanmerking die aan de criteria voldeden en waarbij voldoende data kon worden geanalyseerd. Hiervan zijn 4 kinderen beademd en 4 kinderen hebben losgelegen aan de kunstneus. Binnen het MUMC<sup>+</sup> waren er 4 beademde kinderen en 1 kind los aan de kunstneus. Uit de Antwerpse data kwamen 3 kinderen los aan de kunstneus. Deze 8 kinderen werden ingedeeld in 4 leeftijdsgroepen om ze beter met elkaar te kunnen vergelijken daar elke leeftijdscategorie een eigen range van normaalwaarden kent voor de gevolgde fysiologische parameters. De indeling is als volgt; categorie 1 zijn pasgeborenen tot de leeftijd van 6 weken ( $n=3$ , 1 beademd en 2 kunstneus); categorie 2 zijn zuigelingen van 6 weken tot 1 jaar ( $n=1$ , beademd); categorie 3 zijn peuters met een leeftijd tussen 1 en 3 jaar ( $n=3$  waarvan 2 beademd en 1 kunstneus); categorie 4 zijn kinderen ( $>3j$ ) ( $n=1$  (6j), kunstneus). Alle 8 patiënten hebben tijdens het onderzoek geen temperatuurverhogingen/of circulatoire problemen gekend die eventueel fysiologische parameters als hartactie of ademhaling kunnen beïnvloeden. Kinderen die beademd werden kregen standaard sedatie en pijnstilling intraveneus.

Van categorie 1 en 3 worden de data weergegeven op respectievelijk pagina 8 en 9 van dit artikel: in tabelvorm worden hartactie, ademhaling en saturatie vergeleken tussen de kinderen met kunstneus en die met beademing. Daar er een wisselende zuurstoftoediening heeft plaatsgevonden, worden de data betreffende de saturatie verder niet meegenomen in de resultaten. Data van categorie 2 en 4 worden niet grafisch weergegeven doch beschreven in dit artikel, gezien het telkens om slechts 1 kind gaat. Alle data werden zoals hoger vermeld, verwerkt met behulp van de t-test for equality of means (2-tailed). De p-waarden staan weergegeven in dezelfde tabel als de data. Tevens werden de data weergegeven als boxplots. Er was een statistisch significant verschil van de gemiddelde ademhaling en hartfrequentie bij de kinderen met beademing en zonder, en dit voor zowel categorie 1 als 3.

Uit de rapportage bleek dat de geïntubeerde kinderen aan de beademing meer stressmomenten en discomfort ondervonden dan geïntubeerde kinderen zonder beademing (niet weergegeven data). Bij deze laatste groep werden meer comfortabele momenten beschreven waarbij kinderen op de schoot van ouders gaan en liggen te spelen in bed. Ze geven niet aan dat ze last hebben van de nasale tube, grijpen ook niet naar de

tube. Bij kinderen aan de kunstneus komt wel meerdere malen terug in de rapportages dat ze vaak last hebben van slijm en regelmatig uitgezogen moeten worden.

Data van categorie 2 en 4 kan men niet statistisch vergelijken daar het om verschillende leeftijdscategorieën gaat. We kunnen wel kijken hoe deze data zich verhouden ten opzichte van de normaalwaarden voor elke leeftijdscategorie. Hiervoor werden het gemiddelde berekend van 12 metingen tijdens dag 1, dag 2 en dag 3.

Als men kijkt naar de hartfrequentie en ademhaling in categorie 2 (zie onder) blijven deze gemiddeld binnen de normaalwaarde voor deze leeftijd (hartfrequentie 90-120 sl/min, ademhaling 25-40 x/min):

dag 1 gemiddelde hartfrequentie (HF) 107 sl/min, gemiddelde ademhaling (AH) 38 x/min  
dag 2 HF 113 sl/min, AH 40 x/min  
dag 3 HF 98 sl/min, HF 39 x/min

In categorie 4 (zie onder) waren er voor de hartfrequentie tijdens de eerste 2 dagen een aantal uitschieters boven de normaalwaarde (hartfrequentie 75-100 sl/min) te zien. Op dag 3 waren deze allemaal binnen de range van de normaalwaarde. Wat de ademhalingsfrequentie betreft, deze bleef tijdens de 3 dagen rondom de ondergrens van de normaalwaarde (ademhaling 18-25 x/min).

dag 1 HF 102 sl/min, AH 18 x/min  
dag 2 HF 100 sl/min, AH 16 x/min  
dag 3 HF 88 sl/min, AH 15 x/min

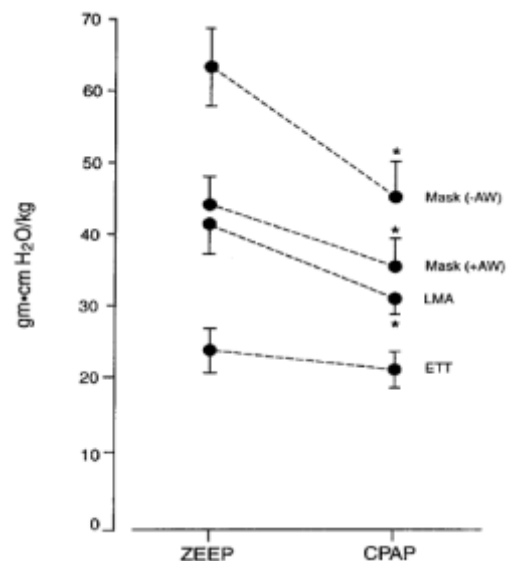
Tabel 3 geeft de resultaten van de bloedgasanalyse weer: gezien deze niet afhankelijk zijn van de leeftijd werden hier alle data van de groep met beademing vergeleken met die van de groep zonder beademing. Hierbij vertonen de kinderen met een kunstneus een lagere (normale)  $pCO_2$  waarde dan de beademde kinderen, dit zowel per dag als gemiddeld over de 3 dagen. Uiteraard speelt de door de arts ingestelde beademing hier een rol. De 3 beademde kinderen hadden de volgende instellingen: patiënt 1 (pasgeborene) PRVC-modus, gemiddelde  $V_T$  6.6 ml/kg; patiënt 3 (baby) Pressure Control modus, gemiddelde  $V_T$  6.0 ml/kg; patiënt 4 (peuter) Pressure Support modus, gemiddelde  $V_T$  9.6 ml/kg; patiënt 5 (peuter) PRVC modus, gemiddelde  $V_T$  6.5 ml/kg.

## Discussie

Eerst worden de resultaten uit literatuuronderzoek weergegeven. Zoals eerder beschreven zijn er verschillen tussen de longen van kinderen en volwassenen. Voor dit onderzoek hebben we ons in de literatuur vooral toegespitst op het subglottis-gebied. Dit gebied is bij een kind 20 maal groter in verhouding tot het lichaamsoppervlak dan bij een volwassene. Een kind van 3 kg heeft een tube maat van 3.0 mm en een volwassene van 60 kg tolereert een tube maat van 9.0 mm. Dit is een verschil van 20 keer het lichaamsgewicht en maar 3 keer de tube maat. Relatief gezien heeft een kind dus een veel grotere tube. Bij een tubediameter die tweemaal kleiner is, wordt de weerstand echter liefst 16 keer groter ( $R = 8\eta l / \pi r^4$  waarbij de weerstand zich in een vierde macht tot de straal verhoudt,  $2^4 = 16$ , = de wet van Hagen-Poiseuille). Dit zou betekenen dat een zuigeling een veel hogere weerstand moet overwinnen. Dit mag men echter niet zomaar afleiden want de tube is veel korter en genereert minder flow. Belangrijke determinanten voor een tubeweerstand zijn behalve de inwendige diameter immers ook de lengte. Wat niet in alle literatuur naar voren komt, is dat men moet nagaan of de weerstand bij een bepaalde flow klinische relevantie heeft. Een voorbeeld: piek en mid-inspiratoire flows bedragen bij mensen ongeveer 0,5 L/kg/min. Bij een volwassene van 60 kg is dit dus 30 L/min met een weerstand van 10 cm H<sub>2</sub>O/L/sec bij een tube van 6.5 mm. Als men dit vergelijkt met een kind van 3 kg met een tube maat van 3.0 mm is de inspiratoire flow 1,5 L/kg/min met een weerstand van 15-20 cm H<sub>2</sub>O/L/sec. Dit is bijna het dubbele dan bij een volwassene van 60 kg maar fysiologisch en klinisch irrelevant als men weet dat de inspiratoire weerstand van een normale gezonde zuigeling al 80-90 cm H<sub>2</sub>O/L/sec bedraagt<sup>1,2</sup>. De flow blijft laminair, zelfs in kleine tubes van 2.5 mm, en studies toonden aan dat flowlimitatie pas optreedt bij een flow van 24 L/min, ruim boven de flow van 1,5 L/kg/min die meestal gehaald worden bij zuigelingen (zie verder). Het netto-effect is dat een kind eerder door een tuinslang ademt dan door een rietje<sup>2</sup>.

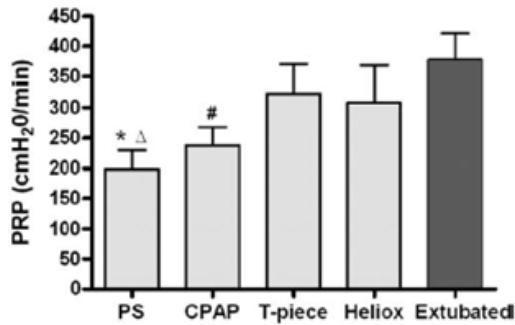
Er zijn twee kleine studies gedaan in het verleden die aantonen dat ademen door een tube mogelijk is zonder mechanische beademing. Keidanl. heeft bij 24 gezonde kinderen met een gemiddelde leeftijd van 2 jaar, onder anesthesie met gas, "Work of Breathing" (ademarbeid) bepaald en dit in 4 groepen: spontaan ademende kinderen met een masker (-AW), een masker met orale overbrugging (+AW), een larynxmasker (LMA) en via een endotracheale tube (ETT). De metingen werden gedaan bij CPAP van 5-6 cm H<sub>2</sub>O en bij ZEEP (grafiek 1). De

resultaten waren als volgt: de groep met ETT had significant de laagste inspiratoire WOB vergeleken met de andere 3 groepen bij ZEEP, vermoedelijk vooral te wijten aan lagere  $V_T$  in deze groep. Een toevoeging van CPAP was geassocieerd met een significante vermindering van WOB bij -AW, +AW en LMA. Bij de ETT-groep was er geen statistisch significant verschil in WOB tussen ZEEP en CPAP, wat er op zou kunnen wijzen dat de lagere ademarbeid ingeval van CPAP te wijten was aan een betere doorgankelijkheid van de luchtweg in de ETT groep en niet op basis van een toename in FRC of longcompliance<sup>7</sup>.



Grafiek 1<sup>7</sup>

Willis BC onderzocht welke ademarbeid kinderen moeten leveren wanneer ze spontaan ademen door een ETT met verschillende modi (PS/PEEP, CPAP, T-Piece, T-Piece met Heliox) voorafgaand aan en na extubatie. Hij heeft 17 kinderen met een mediane leeftijd van 28 maanden bestudeerd die allemaal binnen 48 uur geëxtubeerd werden. Ze waren hemodynamisch stabiel en werden willekeurig in de 4 groepen geplaatst (grafiek 2). De resultaten waren als volgt: PRP (pressure-rate product = gemiddelde verandering in oesofagusdruk vermenigvuldigd met de ademfrequentie = een maat voor ademarbeid) was significant hoger na extubatie dan tijdens beademing met PS/PEEP of CPAP. PRP was eveneens significant hoger op T-piece met of zonder Heliox vergeleken met PRP tijdens beademing met PS/PEEP. PRP tijdens T-piece, T-piece Heliox en extubatie waren echter statistisch niet significant verschillend<sup>9</sup>. Een drietal opeenvolgende studies van Farias et al in 1998, 2001 en 2002, toonden bij in totaal 634 baby's en kinderen ook al aan dat bij een succesvolle trial van 2 u spontaan ademen via een kunstneus (T-piece) de kans op succesvol extubereren groter is<sup>2,3,4,5</sup>.

Grafiek 2<sup>9</sup>

Wanneer we alle studies samenvatten kan men concluderen dat een inschatting maken van de ademarbeid die door kinderen geleverd moet worden na extubatie, best gebeurt aan de hand van een T-piece trial. Als zij deze trial niet volhouden dan zal de extubatie waarschijnlijk mislukken. Beoordelen aan de hand van PS/PEEP of CPAP-trials, overschat de succesratio. Het associëren van PS verbloemt als het ware een mogelijke respiratoire insufficiëntie. Bij de overgrote meerderheid van de kinderen zal het niet uitmaken op welke manier we nagaan of ze toe zijn aan extubatie, maar voor de moeilijk te weanen kinderen of kinderen die lang beademd werden, kan het wel een grote rol spelen. Uit deze studies kunnen we concluderen dat de tube op zich geen verhoogde ademarbeid induceert bij kinderen wanneer zij spontaan ademen door een open tube.

Dit lijkt zich te bevestigen in onze, zij het kleinschalige studie: ook bij ons waren bv. parameters als hartfrequentie en ademhaling over het algemeen hoger in de groep met beademing dan in de groep met kunstneus. Kinderen die beademd werden kregen sedatie en pijnstilling intraveneus; daarbij zou men verwachten dat de hartfrequentie en ademhaling lager zouden zijn. De kleine groep laat niet toe hier een conclusie uit te trekken, maar het zou erop kunnen wijzen dat de kinderen aan de kunstneus comfortabeler zijn dan de beademde groep. Uit de rapportage bleek dat de beademde geïntubeerde kinderen meer stressmomenten en discomfort ondervonden dan geïntubeerde kinderen zonder beademing. Hoewel rapportages vaak niet of moeilijk bruikbaar zijn om harde conclusies uit te trekken, zijn dit toch opnieuw bevindingen die er in ieder geval op wijzen dat het zonder beademing minstens even goed zo niet beter gaat dan met beademing. Kijken we naar de data over saturatie, dan zien we opvallend meer saturatiedalingen bij kinderen aan de beademing.

De beperking van dit onderzoek is dat er slechts data verzameld konden worden bij een kleine groep omdat kinderen met een hoge luchtwegproblematiek die voldoen aan hoger vermelde inclusiecriteria, per jaar relatief weinig voorkomen. Daarnaast is het niet gelukt om het comfort in beide groepen te meten door middel van een gerandomiseerde scorelijst zoals bijvoorbeeld een comfort-schaal. Dit omdat het een retrospectief onderzoek betreft en er niet standaard bij ieder kind een scorelijst wordt bijgehouden. Hoe comfortabel de kinderen waren, werd gehaald uit rapportage en dus beschreven middels eigen interpretatie van de verpleegkundige.

In de vergelijking tussen de beide groepen is bij de beademingsgroep merendeel een verplichte ademfrequentie opgelegd omdat ze gecontroleerd beademd worden. Dit beïnvloedt de gemiddelde ademhaling in de beademingsgroep gezien de meeste kinderen deze opgelegde frequentie volgden en er nauwelijks bovenuit kwamen. Eén kind werd beademd door middel van Pressure Support modus.

## Conclusie en aanbevelingen

We kunnen geen wetenschappelijke conclusies trekken uit dit onderzoek want het betreft slechts een kleine groep kinderen. De dataverzameling is te gering om met recht en reden van enige statistische significantie te kunnen spreken. Men kan hoogstens zeggen dat er een opvallende trend is in verschillen tussen bepaalde fysiologische parameters (hartactie, ademhaling en pCO<sub>2</sub>) van beide groepen. Deze verschillen lijken erop te wijzen dat onze H0 bij verder onderzoek verworpen zou kunnen worden met aannahme van de HA. Saturatie wordt als parameter niet meegenomen omdat deze meting beïnvloed wordt door O<sub>2</sub>-toediening die wisselend was bij de verschillende kinderen. Als men kijkt naar comfort lijkt er een trend te zijn waarbij de groep aan de kunstneus meer comfort lijkt te ervaren dan de groep aan de beademing.

Om een significant verschil tussen de beide groepen (met of zonder beademing) aan te tonen moet er een grote, prospectief gerandomiseerde studie opgezet worden, met gebruik van objectieve data zowel qua fysiologische data als scoresystemen voor comfort zoals de comfort-score. Tevens moet er binnen de beademingsgroep liefst gekozen worden voor 1 modus met duidelijke afspraken wat de doelstellingen van de beademing zijn qua oxygenatie en ventilatie om een zo uniform mogelijke vergelijkingsgroep te verkrijgen. Tevens moet er ook prospectief gekeken worden naar het aantal saturatiedalingen met daarbij de interventie

die wordt toegepast. In vervolgonderzoek kan er gedacht worden om de ademarbeid te gaan meten bij deze kinderen d.m.v. bijvoorbeeld een fasehoek meting of drukmetingen oesofageaal.

Het doel van dit onderzoek was om a. meer inzicht te krijgen over dit onderwerp aangezien er relatief weinig onderzoek is verricht onder kinderen en b. na te gaan of het veilig was deze aanpak in het MUMC<sup>+</sup> aan te bevelen. Ondanks het feit dat er weinig gegevens voorhanden zijn, wordt deze techniek (ademen door open tube bij geïsoleerde luchtwegproblematiek) in verschillende centra toegepast. Onze data ondersteunen op zijn minst de weinige literatuur in het feit dat ademen door een open tube perfect mogelijk en veilig is. We mogen dus aanbevelen dat het losleggen van geïntubeerde kinderen met geïsoleerde luchtwegpathologie een optie is die ook binnen het MUMC<sup>+</sup> aanvaard kan worden als een manier om deze groep te ondersteunen tijdens hun opname. Het is echter te vroeg om deze optie als voorkeursbehandeling in een protocol vast te leggen.

6. Halbertsma, F.J.J., et al (2009). The oxygenation ratio during mechanical ventilation in children: the role of tidal volume and PEEP, *Journal of Critical Care*, 24 (2), 220–226.
7. Keidan, I., Fine G.F., et al (2000). Work of Breathing During Spontaneous Ventilation in Anesthetized Children: A Comparative Study Among the Face Mask, Laryngeal Mask Airway and Endotracheal Tube. *Anesthesia & Analgesia*, 91 (6), 1381-1388.
8. Kuipers, M.T., et al (2013). Endogenous danger signals in ventilator-induced lung injury. *Faculty of Medicine (AMC-UvA)*, ISBN: 9789461694607.
9. Willis B.C., Graham A.S., Yoon E., et al (2005). Pressure-rate products and phase angles in children on minimal support ventilation and after extubation. *Intensive Care Med*, 31 (12), 1700-1705.

## Literatuurlijst

1. Argent A.C., Newth C.J., Klein M., et al (2008). The mechanics of breathing in children with acute severe croup. *Intensive Care Med*, 34 (2), 324-332.
2. Christopher J.L., Newth, C. J.L., et al (2009). Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med*, 10 (1), 1-11.
3. Farias J.A., Alia I., Esteban A., et al (1998). Weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care patients. *Intensive care Med*, 24, 1070-1075.
4. Farias J.A., Retta A., Alia I., et al (2001). A comparison of two methods to perform a breathing trial before extubation in pediatric intensive care patients. *Intensive care Med*, 27 (10), 1649-1654.
5. Farias J.A., Retta A., Alia I., et al (2002). An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive care Med*, 28 (6), 752-757.

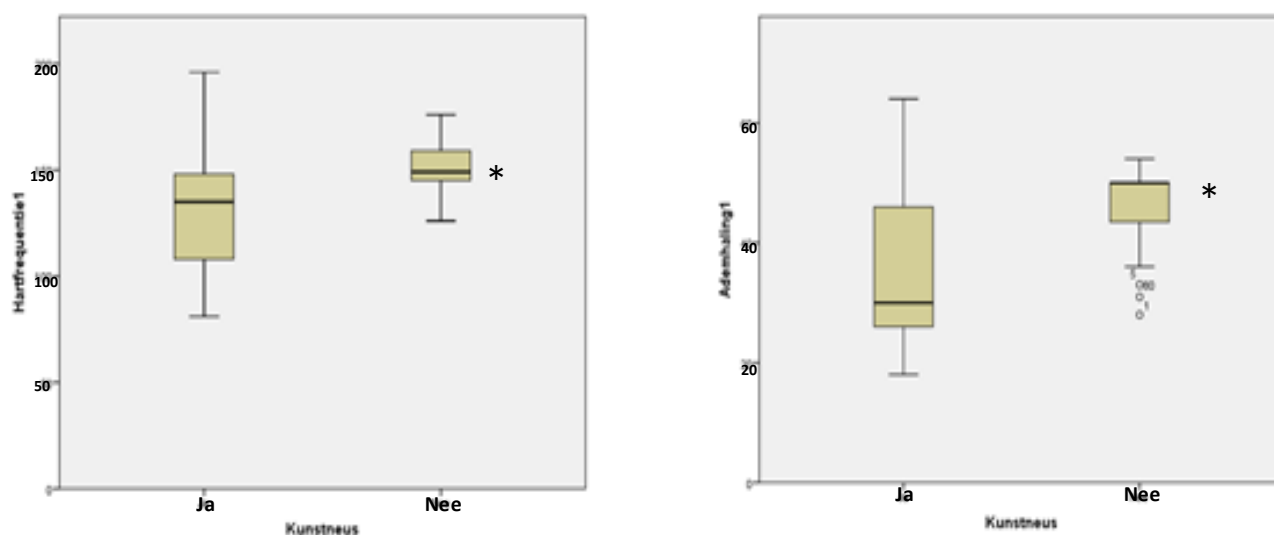
## Bijlage 1

**Tabel 1: fysiologische parameters (hartfrequentie, saturatie en ademhaling) van categorie 1**

Categorie 1 Pasgeborenen 3kinderen 1x beademing 2x kunstneus

| Group Statistics |           |    |        |                |                 | t-test for Equality of Means / Sig. (2-tailed) |
|------------------|-----------|----|--------|----------------|-----------------|------------------------------------------------|
|                  | Kunstneus | N  | Mean   | Std. Deviation | Std. Error Mean |                                                |
| Hartfrequentie   | Ja        | 65 | 131,31 | 25,113         | 3,115           |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 36 | 151,69 | 11,053         | 1,842           |                                                |
| Saturatie        | Ja        | 65 | 99,05  | 1,152          | ,143            |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 36 | 99,08  | 1,317          | ,220            |                                                |
| Ademhaling       | Ja        | 53 | 35,91  | 13,296         | 1,826           |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 36 | 46,56  | 6,349          | 1,058           |                                                |

**Figuur 1. Boxplot categorie 1 met vergelijking van gemiddelde hartfrequentie (links) en ademhaling (rechts) tussen patiënten met en zonder kunstneus. \* wijst  $p < 0.05$ .**



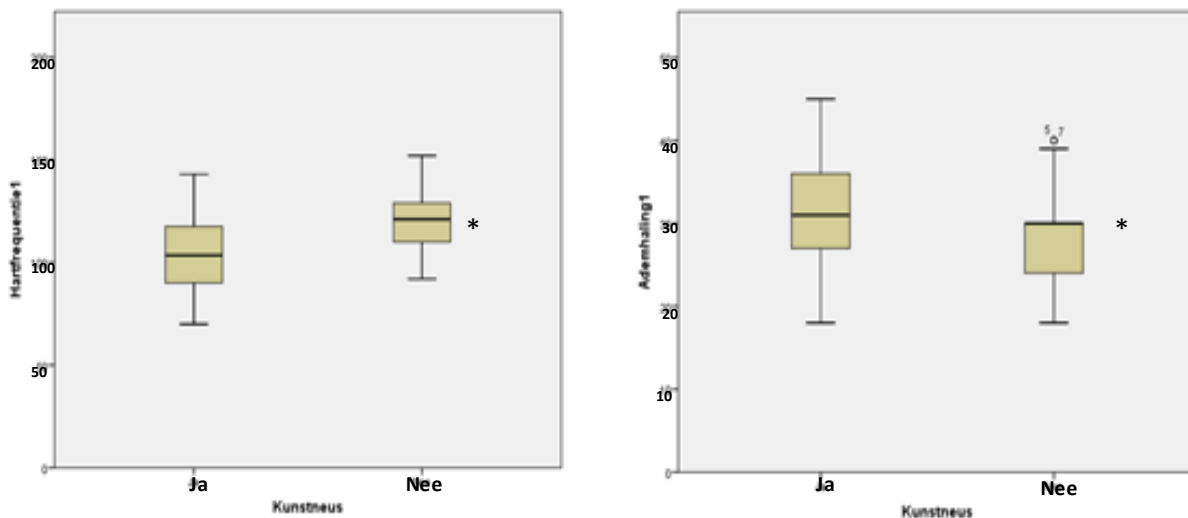
(Tabel 1)

Categorie 1 Pasgeborenen, 3 kinderen: 1x beademing 2x kunstneus. Pt. 1 Beademing PRVC: Insp. Stridor, verdenking stembandparese. Pt. 2 Kunstneus: Insp. Stridor, verdenking stembandparese. Pt. 7 Kunstneus: Slokdarm verbranding, toename zwelling -> intubatie

**Tabel 2: fysiologische parameters (hartfrequentie, saturatie en ademhaling) van categorie 3**

Categorie 3 Peuter 3 kinderen 2x beademing 1x kunstneus

| Group Statistics |           |    |        |                |                 |                                                |
|------------------|-----------|----|--------|----------------|-----------------|------------------------------------------------|
|                  | Kunstneus | N  | Mean   | Std. Deviation | Std. Error Mean | t-test for Equality of Means / Sig. (2-tailed) |
| Hartfrequentie   | Ja        | 36 | 104,89 | 18,511         | 3,085           |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 65 | 119,78 | 12,708         | 1,576           | ,000                                           |
| Saturatie        | Ja        | 36 | 99,31  | 1,142          | ,190            |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 65 | 97,38  | 1,934          | ,240            | ,000                                           |
| Ademhaling       | Ja        | 36 | 31,11  | 6,032          | 1,005           |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 65 | 27,54  | 5,102          | ,633            | ,002                                           |

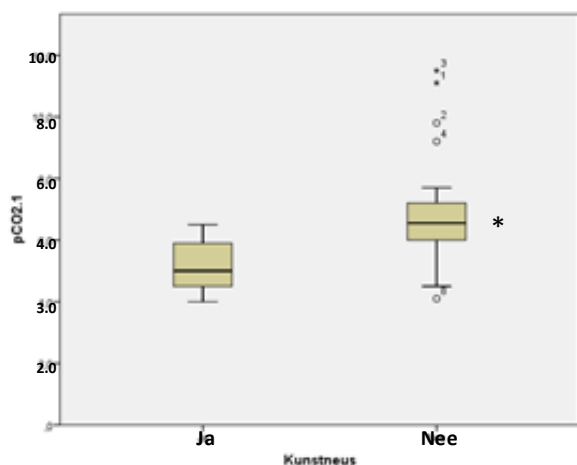
**Figuur 2. Boxplot categorie 3 met vergelijking van gemiddelde hartfrequentie (links) en ademhaling (rechts) tussen patiënten met en zonder kunstneus. \* wijst  $p < 0.05$ .**

(Tabel 2)

Categorie 3 peuters, 3 kinderen: 3 kinderen 2x beademing 1x kunstneus. Pt. 4 Beademing PS: Laryngitis Subglottica. Pt. 5 Beademing PRVC: Depomedral injectie Subglottisch Hemangeoom + adenotomie. Pt. 8 Kunstneus: Laryngitis subglottica.

**Tabel 3: bloedgasanalyse van alle kinderen****Bloedgassen**

| Group Statistics |           |    |        |                |                 |                                                |
|------------------|-----------|----|--------|----------------|-----------------|------------------------------------------------|
|                  | Kunstneus | N  | Mean   | Std. Deviation | Std. Error Mean | t-test for Equality of Means / Sig. (2-tailed) |
| pH               | Ja        | 22 | 7,4282 | ,02954         | ,00630          |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 28 | 7,3546 | ,06251         | ,01181          | ,000                                           |
| pCO <sub>2</sub> | Ja        | 22 | 5,136  | ,7774          | ,1657           |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 28 | 6,882  | 1,7123         | ,3236           | ,000                                           |
| HCO <sub>3</sub> | Ja        | 22 | 25,186 | 3,1884         | ,6798           |                                                |
| 3 dagen          | Nee       | 28 | 28,304 | 3,5435         | ,6697           | ,002                                           |

**Figuur 3. Boxplot gemiddelde pCO<sub>2</sub> van alle kinderen met en zonder kunstneus. \* wijst p < 0.05.**

(tabel 3)

Pt. 1 Beademing PRVC: Insp. Stridor, verdenking stembandparese. Pt. 2 Kunstneus: Insp. Stridor, verdenking stembandparese. Pt. 3 beademing PC: Post OK na resectie subglottisch granuloom. Pt. 4 Beademing PS: Laryngitis Subglottica. Pt. 5 Beademing PRVC: Depomedral injectie Subglottisch Hemangeoom + adenotomie. Pt. 6 Kunstneus: Stridor, post OK na tandextractie, Luchtwegvernauwing (zwellings/oedeem). Pt. 7 Kunstneus: Slokdarm verbranding, Toename zwelling -> intubatie. Pt. 8 Kunstneus: Laryngitis subglottica.

## Bijlage 2:

### Rol van de Ventilation Practitioner

De rol van de Ventilation Practitioner is beschreven in een functieprofiel binnen de PICU. Deze heb ik zelf herschreven in de vorm van een artikel. Samenvattend: Uit de praktijk blijkt dat een VP-er veel kan bereiken met de doelstellingen in de positie en plaats van de VP-er binnen de PICU/MUMC+. De doelstellingen zijn het meewerken aan een heldere visie op beademing volgens de huidige inzichten. Daarnaast houdt de VP-er zich bezig met het ontwikkelen en implementeren van beleid op het gebied van beademing en aanverwante zaken met als doel het bereiken van optimale kwaliteit van zorg, waarbij de veiligheid, comfort en herstel van de patiënt centraal staat. Maar ook scholing staat centraal. De VP-er heeft een ruime vak kennis en biedt de informatie (scholing) en instructies binnen het team over beademing en samenhangende zaken aan, met als doel het bereiken van "best practice".

Tijdens dit onderzoek heb ik de volgende competenties ontwikkeld:

- Literatuurstudie (Engelse literatuur) opzetten betreffende dit onderwerp.
- Het schrijven van een artikel.
- Het opzetten van een wetenschappelijk onderzoek.

Naast onderzoek heb ik ook een start gemaakt om mezelf te profileren als Ventilation Practitioner binnen de PICU/MUMC+.

- De strategie volgens Chatburn heb ik geïntroduceerd binnen de PICU. Dit om het denkproces bij beademingsstrategieën te vergemakkelijken. Hierbij heb ik een scholingsprogramma opgesteld en het team geschoold. Het scholingsprogramma ga ik uitbreiden naar medisch team en uiteindelijk naar andere afdelingen.
- Chatburn is na een jaar een nieuwe denk- verduidelijgingsstrategie binnen de PICU naast de huidige beademingsvormen.
- Scholingsprogramma's blijven ontwikkelen. Begin volgend jaar staat de eerste scholing als Ventilation Practitioner op het programma over de HFOV die ik ga geven aan het PICU-team.
- Scholing geven waaronder Chatburn op symposia zoals LVIZ (Limburgse vereniging voor intensieve zorgen).
- Bedside teaching blijven geven aan collega's binnen de PICU.
- Zichtbaar op de afdeling aanwezig zijn voor vragen van collega's binnen de PICU.
- Lesprogramma's proberen uit te breiden naar arts-assistenten en artsen.
- Eigen kennis up to date houden door het regelmatig volgen van scholing, het lezen van vakliteratuur en het onderhouden van eigen skills op respiratoir gebied, bezoekt symposia, congressen en landelijke VP bijeenkomsten en zorgt voor uitgebreide verslaglegging voor de rest van het team.
- Het meedenken en ontwikkelen van protocollen zoals: Aeroneb, HFOV, ATneb, NO.
- Het introduceren van nieuwe artikelen met proefopstellingen zoals de Closed Suction Catheters.
- Een eigen netwerk opzetten om contacten met de industrie te onderhouden. Maar ook marktverkenningen productinformatie op het gebied beademings-gerelateerde attributen c.q. voorzieningen. Dit zodat ik weet wat er op de markt is en dat ik bij vragen van het team weet waar ik antwoorden kan vinden als het bijvoorbeeld over apparatuur gaat.
- Dit artikel proberen te publiceren in een Engels vakblad.
- Deze onderzoeksresultaten publiceren op congressen/symposia.
- Op het eerste artikel zal een vervolgonderzoek uitgevoerd worden om het eerste artikel meer draagkracht te geven. Hiervoor zal ik een vervolgonderzoek opstellen.
- Graag zou ik als Ventilation Practitioner naast de andere werkzaamheden verder willen gaan met het onderwerp research. Dit door onderzoek opzetten te schrijven en uit te voeren. Proberen de artikelen te publiceren. Door het publiceren van deze artikelen zal de PICU binnen het MUMC ook meer bekendheid gaan krijgen.

Mijn Missie en visie luiden als volgt:

**Missie:** Verlening van best practice in zorg en verbetering van ademhaling en beademing door integratie van patiëntenzorg, onderzoek en onderwijs.

**Visie:** Ventilation "Practitioning" is optimal breathing for the mind!

Beademingsdoelen die voor mij ook altijd centraal staan zijn: **Safe, Comfort en Liberation!**

**Safe:** Oxygeneren / ventileren. Veiligheid. VILI voorkomen.

**Comfort:** Patiënt niet laten vechten met de ventilator. Synchroon beademen. Goede sedatie. Weanen in fasen van beademen. Lage work of breathing.

**Liberation:** Zo snel mogelijk van de ventilator af. Beste beademing is geen of een zo kort mogelijke.

## Bijlage 3

### Conceptualiseren

#### Definitie

- CPAP:  
Continuous Positive Airway Pressure. Spontane ademhaling bij een verhoogde druk (deze druk wordt zowel in- als expiratie opgelegd), gemeten ten opzichte van de atmosferische druk.
- Epiglottitis:  
Een bacteriële infectie van het strottenklepje boven de stembanden veroorzaakt een zwelling. Hierdoor wordt de ademweg acuut bedreigd.
- EtCO<sub>2</sub>:  
End-tidal-CO<sub>2</sub> of niveau van CO<sub>2</sub> aan het einde van de expiratie.
- Fasehoekmeting:  
Bij een normale ademhaling is er een combinatie van zowel de borstkast- als buikbeweging die gemeten kunnen worden met speciale banden die om thorax en abdomen worden aangebracht. Normaal bewegen tijdens de inademing buik en borst gelijktijdig om het volume uit te breiden, en dus de omvang ook. Als er echter een obstructie in de hoge luchtwegen zit, verschuiven de faseringen (graden) van deze momenten ten opzichte van elkaar. Bij een totale obstructie bewegen de borstspieren krachtig om de thorax te kunnen vergroten, tegelijkertijd trekt het middenrif samen (= paradoxaal ademen). De thoracale en abdominale bewegingen zijn omgedraaid in volgorde -> aangeduid als fase hoeken in graden. We spreken van paradoxaal ademen wanneer de fasehoek > 90-100 graden is. Deze meting zegt iets over de work of breathing of ademarbeid.
- Laryngomalacie:  
Dit is de meest voorkomende oorzaak van benauwdheid door bovenste luchtwegproblematiek bij zuigelingen. Op het niveau boven de stembanden wordt het slijmvlies en strottenklepje aangezogen. Hierdoor kan het kind minder goed inademen en ontstaat stridor.
- Letsel door trauma of inslikken (ingestie):  
Door een trauma van de bovenste luchtweg (ingestie vreemd voorwerp, door endoscopie, extern trauma) kan er een zwelling of scheurtje in de luchtpijp ontstaan.
- O<sub>2</sub>:  
Zuurstof.
- PRVC:  
Pressure Regulated Volume Control. Gecontroleerde, aanpassende drukconstante beademing met ademminuutvolumegarantie. Om de streefteugte halen kan de beademingsmachine de druk in kleine stapjes verhogen of verlagen.
- Pseudokroep (laryngitis subglottica):  
Door een (meestal virale) infectie ontstaat er een zwelling van het slijmvlies in de larynx en trachea (luchtpijp), net onder de stembanden.
- RASS sedatie score:  
Evaluatie van het bewustzijn m.b.v. Richmond Agitatie-Sedatie schaal (RASS). Het is een tienpunt-schaal die 3 stappen doorloopt en zowel arousal als inhoud van gedachten, de twee componenten van bewustzijn, meet.
- SBT:  
Spontaneous Breathing Trial. Ontwenningstrial, de patiënt ligt gedurende x aantal minuten los van de beademingsmachine en ademt spontaan door de tube met wat extra zuurstof en/of een T-stuk.
- ventilator induced lung injury' (VILI).  
Schade aan de longen die ontstaat door de beademing. Inzichten in de mechanismen van VILI hebben ons geleerd dat aan de ene kant risico bestaat op overrekking van 'gezonde' longblaasjes tegen het eind

van de inademing als gevolg van hoge druk (barotrauma) doch anderzijds er ook risico bestaat op het samenvallen van 'zieke' longblaasjes tijdens de uitademing bij het gebruik van een te lage positieve eind expiratoire druk (PEEP). Te grote teugvolumina kunnen eveneens aanleiding geven tot VILI.

- V/Q:

ventilatie-perfusie verhouding (V/Q). De verhouding tussen de hoeveelheid gas die de alveolus bereikt en de hoeveelheid bloed die langs de alveolus stroomt. De V/Q kan bepaald worden voor de gehele long of voor een longdeel. Een gebied zonder ventilatie shunt, een gebied zonder perfusie heeft dode ruimte-ventilatie.

- V<sub>T</sub>:

Teugvolume, slagvolume, tidal volume. De hoeveelheid gas die de patiënt per ademhaling of beademingscyclus door de beademingsmachine krijgt toegediend.