

READER

# Anatomie en Fysiologie van het Ademhalingsstelsel bij kinderen

Respiratoire insufficiëntie waarbij  
chronische beademing nodig is

Centra voor Thuisbeademing  
Nederland

## Inhoudsopgave

Voorwoord	3
1. Inleiding chronische beademing	4
2A. Fysiologie van de ademhaling	4
2B. Fysiologie van de ademhaling bij kinderen	7
3. Problemen met de ademhaling	8
4. Centra voor Thuisbeademing	10
5. Chronische beademing	12
6. Apparatuur en disposables	13
7. Literatuur	16

## Bijlagen

1. Begrippen die met de ademhaling te maken hebben	17
2. Ziekten of afwijkingen die op de kinderleeftijd in aanmerking kunnen komen voor chronische beademing buiten het ziekenhuis	20



## Voorwoord

Deze reader is geschreven ter ondersteuning van de e-learning welke door de vier Centra voor Thuisbeademing (CTB) in Nederland wordt aangeboden en is onderdeel van een serie van drie, te weten:

1. Anatomie en Fysiologie van het Ademhalingsstelsel bij kinderen en respiratoire insufficiëntie waarbij chronische beademing nodig is;
2. Non-Invasive Positive Pressure Ventilation (NPPV) of positieve drukbeademing via een masker;
3. Tracheostomal Positive Pressure Ventilation (TPPV) of positieve drukbeademing via een tracheacanule.

In deze eerste reader zal ook aandacht worden geschonken aan het ontstaan van de Centra voor Thuisbeademing. Tevens zullen de basisbegrippen over chronische beademing worden besproken.



## 1. Inleiding

### Chronische beademing

De eerste beademingscentra zijn in Nederland opgericht naar aanleiding van de polio-epidemie in 1955. De beademing vond plaats in het ziekenhuis waar de eerste intensive care units in die tijd werden opgericht. In 1960 werd de eerste patiënt met beademing naar huis ontslagen.

Thuisbeademing bij kinderen volgde eind jaren 70 van de vorige eeuw. Sindsdien is het aantal kinderen met chronische ademhalingsondersteuning snel toegenomen. Aanvankelijk betrof het voornamelijk kinderen met neuromusculaire aandoeningen. Inmiddels worden ook kinderen met andere aandoeningen chronisch beademd (zie bijlage 1 Ziektebeelden). In 2019 zijn er ruim 280 kinderen afhankelijk van chronisch beademing. Jaarlijks komen daar zo'n 50 nieuwe kinderen bij en verdwijnen er ook zo'n 25 kinderen uit deze statistiek omdat ze overstappen naar de volwassenenzorg, geen beademing meer nodig hebben of aan hun ziekte overlijden.

De Vereniging Samenwerkingsverband Chronische Ademhalingsondersteuning (VSCA) is een organisatie van zorgvragers en verschillende hulpverleners die bij de zorg voor chronisch beademden betrokken zijn. De VSCA fungeert als centraal aanspreekpunt, vraagbaak en informatieverschaffer voor chronisch beademden, mantelzorgers, vrijwilligers, hulpverleners, verzekeraars en beleidsmakers. Dus voor iedereen die vanuit welke invalshoek dan ook te maken heeft met chronische ademhalingsondersteuning. De VSCA is te bereiken via website: [www.vsca.nl](http://www.vsca.nl)

## 2A Fysiologie van de ademhaling

### De ademhaling

Bij de ademhaling (respiratie) stroomt er lucht naar de longen, langs de neus of mondholte, de luchtpijp, de luchtpijpvertakkingen en de bronchioli naar de longblaasjes (alveoli), waar de gaswisseling plaatsvindt. De lucht wordt door de neusharen vrijgemaakt van stofdeeltjes. De fijnere deeltjes zoals bacteriën, schimmelsporen of virussen blijven kleven in het slijm dat zich op de oppervlakte van neusholte, luchtpijp en bronchiën bevindt. Daarnaast wordt door het slijmvlies de lucht vochtig gemaakt en verwarmd. Verder stroomt de lucht langs het reukslijmvlies, waardoor er geuren waargenomen kunnen worden.

Door de ademhaling vindt gaswisseling plaats. Hierbij wordt zuurstof vanuit de buitenlucht opgenomen in het bloed en wordt het koolzuur via de longen uitgeademd.



fig. 1 De luchtwegen

### Het ademhalingsproces.

Ademhaling gebeurt meestal onbewust maar men kan ook bewust in- en/of uitademen of de adem even inhouden. Onbewuste inademing wordt gestuurd door een impuls vanuit het ademhalingscentrum in het verlengde merg van de hersenstam. Dit centrum reageert op de koolzuurconcentratie in het bloed. Stijgt deze concentratie, dan wordt krachtiger geademd om de concentratie terug te brengen op het optimale niveau.

Bij het inademen of het actief uitademen worden de ademhalingspijlen gebruikt. Dit zijn het middenrif, de buikspieren, de binnenste en buitenste tussenribpijlen en de supraclaviculaire (boven het sleutelbeen gelegen) spieren. Bij het inademen maken de spieren het volume van de borstholte groter, zodat de longen, die zich in de borstholte bevinden, kunnen ontplooiën. De druk in de borstholte wordt dan lager dan die van de buitenlucht, waardoor de lucht de longen instroomt. Bij het uitademen ontspannen de spieren zich en wordt het volume van de longen (door de elasticiteit van de longen, borstkas en buikwand) weer kleiner. Daarmee neemt de druk in de longen toe en wordt de lucht weer naar buiten gestuwd.

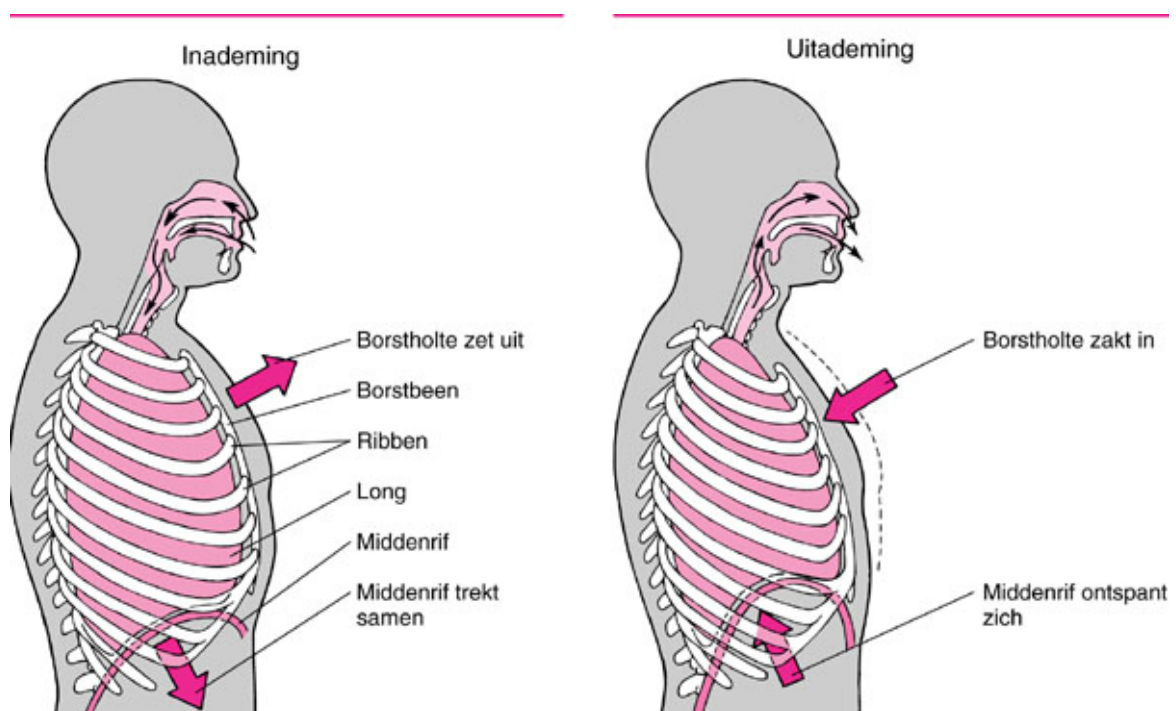


Fig. 2 De in –en uitademing

### Gaswisseling in de longen

Gaswisseling is de uitwisseling van de gassen zuurstof (O<sub>2</sub>) en koolzuur (CO<sub>2</sub>) tussen een organisme en zijn omgeving. Bij mensen vindt gaswisseling plaats in de longen, waarbij zuurstof wordt opgenomen in het bloed en koolzuur wordt uitgeademd. Het bloed bevat rode bloedcellen (erythrocyten) waarin hemoglobine (Hb) zit; hemoglobine kan zuurstof en, in mindere mate, koolzuur aan zich binden. Zuurstof diffundeert door de wand van de longblaasjes (alveoli) en de wand van de haarvaten naar het bloed en bindt zich in de rode

bloedcel aan het hemoglobine. Het wordt, gebonden aan hemoglobine, naar de weefsels vervoerd waar het wordt gebruikt bij de cellulaire verbranding. Dit levert energie en koolzuur op. De vrijgekomen koolzuur lost op in het bloedplasma, bindt zich aan bloedeiwitten en hemoglobine en wordt door de circulatie terug vervoerd naar de longen. In de longen diffundeert het koolzuur door de wand van de haarvaten en de wand van de longblaasjes (alveoli) naar de lucht in de longen; bij het uitademen wordt de lucht in de longen ten slotte uit het lichaam verwijderd.

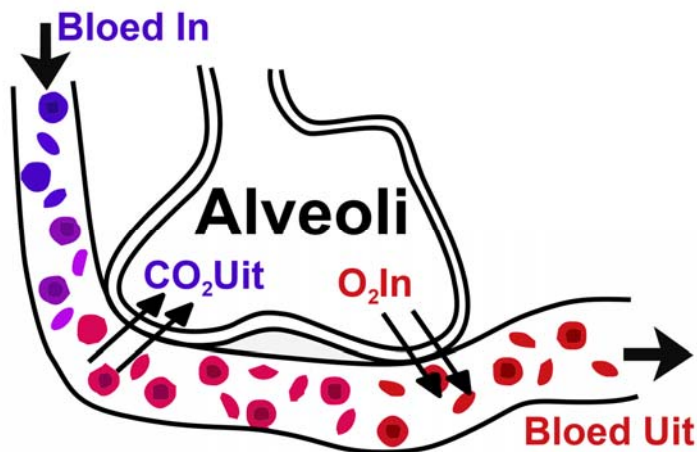


Fig. 3. De gaswisseling ter hoogte van een longblaasje (alveolus)

### Ademhalingscentrum

Ademhalen is meestal onbewust, ook 's nachts gaat het proces gewoon door. Er bestaat een aandoening waarbij dit niet het geval is, dit is het congenitaal centraal hypoventilatie syndroom (CCHS, ook wel Ondine's vloek genoemd). De inademing wordt onbewust gestuurd door een impuls vanuit het ademhalingscentrum in het verlengde merg van de hersenstam. Dit centrum reguleert dus op basis van de koolzuurconcentratie in het bloed de ademhaling en houdt zo het koolzuurgehalte in het bloed vrijwel constant. Stijgt deze concentratie, dan wordt krachtiger ingeademd om de concentratie terug te brengen op het optimale niveau. Anders dan bij de hartslag, kunnen we de ademhaling echter wel bewust een poos onderdrukken dan wel extra snel ademhalen zoals bij hyperventilatie. Op deze wijze wordt tegelijkertijd de zuurstofconcentratie in het bloed op peil gehouden. Als de ademhaling door ziekte bemoeilijkt is, ontstaat een benauwd gevoel dat *dyspneu* wordt genoemd. Dit benauwdheidsgevoel is het gevolg van een verhoogde koolzuurconcentratie en/of een verlaagde zuurstofconcentratie in het bloed. De hulpademhalingspijpen komen dan in actie. Om de werking van die spieren te vergemakkelijken, ziet men benauwde kinderen de voor hen meest comfortabele houding aannemen.

### **2B Fysiologie van de ademhaling bij kinderen**

De verschillen tussen kinderen en volwassenen worden gekenmerkt door groei en ontwikkeling. Het is belangrijk om hiermee rekening te houden. In het algemeen gesproken ontsporen lichamelijke functies bij kinderen sneller dan bij volwassenen omdat bijvoorbeeld de reserve capaciteit beperkter is. Daardoor kan een kind bij ziekte veel sneller verslechteren dan volwassenen.

### Anatomie en fysiologie:

De lichaamsbouw verandert van baby, via het oudere kind naar een volwassene. Baby's hebben in verhouding een heel groot hoofd. Bij een kind van 1 jaar is dat nog goed voor ongeveer 20% van het lichaamsoppervlak, terwijl het bij volwassenen maar 9 % bedraagt. Baby's hebben een ronde borstkas, waarbij de ribben meer horizontaal lopen. Als zij extra moeten ademen, kunnen zij hun borstkas minder goed uitzetten dan een volwassene. Die hebben een veel plattere borstkas, met meer verticaal staande ribben, waardoor ze voor meer volume vergroting kunnen zorgen. De borstkas van baby's is wel soepeler en gemakkelijker te vervormen. Dit betekent dat er snel intrekkingen kunnen ontstaan, zoals bij vernauwing van de bovenste luchtwegen. Bij een zuigeling of jong kind met een bovenste luchtweg- of ademhalingsprobleem kan snel of langzaam benauwdheid ontstaan.

Luchtwegen: Baby's hebben in verhouding nauwere luchtwegen dan oudere kinderen en volwassenen. Bij de geboorte is ongeveer 10% van de alveoli (longblaasjes) aanwezig, de luchtwegen zijn nauw en voor de gaswisseling is slechts 5% van de uiteindelijke oppervlakte beschikbaar. De volgroeide structuur van de longen wordt pas bereikt na de puberteit, op volwassen leeftijd. In de eerste 6 maanden kunnen baby's vrijwel alleen door hun neus ademen. Bij een verkoudheid, waarbij slijmvlieszwelling in de luchtweg plaatsvindt, kunnen baby's het benauwd krijgen door obstructie van de luchtwegen. De afweer van het immuunsysteem is in de eerste jaren nog in ontwikkeling. Om die reden hebben ze ook meer kans op luchtweginfecties.

Baby's hebben met name een buikademhaling. Zij ademen vooral door hun middenrif heen en weer te bewegen (middenrifspier of diafragma) waardoor je de buik op en neer ziet gaan.

De middenrifspier raakt sneller uitgeput dan de andere ademhalingsspieren. Dat maakt dat baby's en jonge kinderen bijvoorbeeld bij een luchtweginfectie sneller uitgeput raken en de buik krachtig op en neer gaat.

Kinderen ademen afhankelijk van hun leeftijd sneller en de hoeveelheid lucht per ademhaling is kleiner. De hoeveelheid lucht per ademteug (tidal volume) is 5 - 7 ml per kilo ideaal lichaamsgewicht en onafhankelijk van de leeftijd.

Zuigelingen hebben een hogere hartfrequentie dan oudere kinderen en de bloeddruk is bij zuigelingen veel lager dan bij oudere kinderen of volwassenen (zie tabel 1). Kinderen die benauwd zijn hebben meestal een sterk verhoogde hartfrequentie.

Tabel 1. Ademfrequentie en hartfrequentie per minuut in rust naar leeftijd:

Leeftijd	Ademhaling per minuut	Hartslagen per minuut
Baby <1 jaar	30 – 40	110 – 160
Kind 1 – 2 jaar	23 – 35	100 – 150
Kind 2– 5 jaar	25 – 30	95 – 140
Kind 5 – 12 jaar	20 – 25	80 – 120
Kind > 12 jaar	15 – 20	60 – 100

### 3. Problemen met de ademhaling

Een benauwd kind gaat sneller ademen, de hulpademhalingsspieren gebruiken en de neusvleugels opvallend spreiden tijdens de inademing in een poging meer zuurstof binnen te krijgen (neusvleugelen) en koolzuurgas af te blazen. Inademen en/ of uitademen wordt hoorbaar. Ook andere geluiden kunnen opvallen, zoals een zeehonden blafhoest en piepen. Na een tijdje kan de zuigeling of het kind ook blauw worden en bewusteloos raken. Sommige aangeboren afwijkingen zorgen pas voor problemen als een kind een ontsteking krijgt (infectie) van de bovenste luchtwegen, omdat de ademweg door de zwelling dan nog kleiner wordt.

Andere tekenen van ademhalingsproblemen zijn:

- groeiachterstand
- terugkerende longinfecties
- snurken/ademstops

De eerste problemen met ademhaling komen vaak 's nachts naar voren. 's Nachts is bij iedereen de ademhaling het minst effectief. In de liggende houding moeten de ademhalingsspieren tegen de zwaartekracht in bewegen en gedurende diepe slaapstadia zijn, behalve het diafragma, de ademhalingsspieren uitgeschakeld. Bij kinderen met een verhoogd risico op ademhalingsproblemen (bv. bij een spierziekte), kan daarom juist tijdens de slaap het koolzuurgehalte fors oplopen.



Als het proces van afgeven van koolzuurgas en opnemen van zuurstof niet goed verloopt is er sprake van respiratoire insufficiëntie.

### Respiratoire insufficiëntie

Respiratoire insufficiëntie kan in twee verschillende vormen voorkomen:

- *Type I*: respiratoire insufficiëntie of long-insufficiëntie wordt gekenmerkt door hypoxemie. De zuurstofspanning (PaO<sub>2</sub>) in het bloed is te laag en de koolzuurgas spanning (PaCO<sub>2</sub>) is normaal.
- *Type II*: respiratoire insufficiëntie of adempomp- insufficiëntie (ventilatoir falen) wordt gekenmerkt door in ieder geval hypercapnie (een te hoog koolzuurgas gehalte) met of zonder hypoxemie (een te laag zuurstofgehalte).

We maken onderscheid in:

- een acute respiratoire insufficiëntie
- een acute, bovenop langer bestaande chronische respiratoire insufficiëntie
- een chronische respiratoire insufficiëntie

Het CTB houdt zich voornamelijk bezig met de laatste twee categorieën.

Bij chronisch (langdurig) respiratoire insufficiëntie op basis van ventilatoir falen is chronische beademing een goede behandeling. Chronische beademing is in feite het aanvullen of overnemen van het adempompsysteem.

Chronische beademing wordt meestal voorgeschreven op het moment dat er nachtelijke hypoventilatie optreedt. Ziekten of afwijkingen die op de kinderleeftijd in aanmerking kunnen komen voor chronische beademing zijn: neuromusculaire ziekten, afwijkingen van het centraal zenuwstelsel, aandoeningen aan de luchtwegen, afwijkingen aan het skelet en slaap gerelateerde ademhalingsproblemen (zie bijlage ). Kinderen met een risico op nachtelijke hypoventilatie en/of slaap gerelateerde ademhalingsproblemen worden regelmatig op de polikliniek gecontroleerd.

Klachten die kunnen wijzen op nachtelijke hypoventilatie zijn: vermoeidheid, kortademigheid, gewichtsverlies, benauwdheid bij platliggen, ochtendhoofdpijn, slaperigheid overdag, stemmingsveranderingen, concentratiestoornissen, onrustige slaap, angst om te gaan slapen, nachtmerries, bedplassen, moeite met ophoesten en terugkerende luchtweginfecties. Bij lichamenlijk onderzoek kunnen de volgende symptomen zichtbaar zijn : het achterblijven van slijm in de longen (sputumretentie), snel ademen (tachypneu), snelle hartslag (tachycardie), gebruik van de hulpademhalingspijpen, neusvleugelen, verminderde adembeweging en blauw zien (cyanose).

Verdere diagnostiek kan bestaan uit:

- longfunctieonderzoek, afhankelijk van het begrip van het kind (meestal vanaf een leeftijd van 5-6 jaar mogelijk)
- bloedgasanalyse, vooral de koolzuurspanning is bepalend voor de start van de beademing
- nachtelijke transcutane meting waarbij gedurende de slaap het koolzuur, de zuurstofsaturatie en de hartactie gemeten wordt.

- eventueel een polysomnografie (slaaponderzoek)
- eventueel een röntgenfoto van de longen
- afhankelijk van ziekte en klachten wordt aanvullend onderzoek verricht en consulenten betrokken, zoals medisch maatschappelijk werk, diëtiste, logopediste, fysiotherapeut en revalidatiearts. Denk daarbij ook aan problemen met de hartspier waarvoor consultatie van een kindercardioloog gewenst is.

#### 4. Centra voor Thuisbeademing en chronische beademing

Onder chronische beademing wordt verstaan:

Het buiten het ziekenhuis beademen van kinderen met een chronische respiratoire insufficiëntie of adempompinsufficiëntie.

Het chronisch beademen van kinderen buiten het ziekenhuis heeft als doel:

- • het behouden of verbeteren van de kwaliteit van leven;
- • afname van lichamelijke klachten en symptomen;
- • bevorderen van groei en ontwikkeling;
- • brug naar een volgende therapie;
- • verlengen van het leven.

Kinderen met chronische beademing worden vanuit de Centra voor Thuisbeademing begeleid. Er zijn vier Centra voor Thuisbeademing in Nederland, die allen verbonden zijn aan een Universitair Medisch Centrum. De centra zijn gevestigd in Utrecht, Maastricht, Groningen en Rotterdam. Deze centra hebben een regionale functie, dat wil zeggen dat kinderen verwezen worden naar het Centrum voor Thuisbeademing (CTB) in hun regio.

- De centra werken met elkaar samen op het gebied van zorgverlening, kwaliteitsverbetering, onderwijs en onderlinge consultatie.
- De Centra voor Thuisbeademing zijn expertisecentra in de zorg voor zorgvragers (volwassenen en kinderen) met een (dreigende) chronische respiratoire insufficiëntie. De multidisciplinaire teams van de CTB's hebben een centrale rol in de chronische beademingsketen.
- Een CTB stelt nieuwe zorgvragers in op chronische beademing en begeleidt zorgvragers met chronische beademing.



Fig 5. De Regio's van de vier CTB's

De taken van een CTB zijn:

- informatievoorziening
- stelt de indicatie voor chronische beademing
- instellen op chronische beademing
- scholing van zorgvragers (volwassenen en kinderen), mantelzorgers en professionals
- begeleiding van volwassenen en kinderen met chronische beademing, zowel binnen zorginstellingen als thuis
- het controleren van volwassenen en kinderen die in de toekomst mogelijk chronische beademing nodig hebben
- aandacht voor hoesttechnieken (sputummobiliserende technieken), zoals airstacken en hoestmachine
- beoordeling comfort en effectiviteit chronische beademing in thuissituatie
- samen met andere disciplines zorgen voor een goede afstemming in de zorgketen
- onderzoek en innovatie

Het team van een Centrum voor Thuisbeademing bestaat ten minste uit:

- medisch specialisten: longarts, internist en kinderarts
- verpleegkundig consulenten en verpleegkundig specialisten
- technici met specifieke kennis van beademingsapparatuur, alarmering, rolstoelopbouw, disposables en meetapparatuur
- secretaresses

Bereikbaarheid en medische problemen

Het CTB is 24/7 bereikbaar voor zorgverleners, verpleegkundigen en medici. De telefoonnummers waarop het CTB bereikbaar is zijn terug te vinden in de informatiemap van het kind. Daarnaast krijgt ieder kind een persoonlijk noodstappenplan waarin beschreven staat wat te doen als het kind problemen krijgt rond de ademhaling en/of beademing.

## 5. Chronische Beademing

In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op enkele beademingsprincipes.

### Vormen van chronische beademing

- Niet-invasieve beademing of Non Invasive Positive Pressure Ventilation (NPPV)  
Bij deze vorm van beademing wordt kunstmatige positieve drukbeademing toegepast waarbij de lucht wordt toegediend via een masker. Het masker kan alleen de neus, de mond, de neus en mond of het totale gezicht bedekken. Het voordeel is dat de luchtwegen intact gelaten worden. De beademing kan intermitterend gebruikt worden, bijvoorbeeld alleen tijdens de slaap. Het kan soms lastig zijn om direct een goed passend masker te vinden waarbij lekkage tijdens de slaap minimaal is. Er zijn een aantal risico's bij deze vorm van beademing nl. drukplekken op het gezicht (met name op de neusrug), braken in het masker waarbij aspiratie mogelijk is en aerofagie (luchtophoping in maag en darmen).
- Invasieve beademing of Tracheostomy Positive Pressure Ventilation (TPPV)  
Deze vorm van beademing vindt plaats via een tracheostoma. Dit is een operatief aangelegde opening naar de luchtpijp. Via een in het tracheostoma geplaatste tracheacanule wordt kunstmatige positieve drukbeademing toegepast. De belangrijkste risico's bij deze vorm van beademing zijn de risico's ten gevolge van de tracheacanule: obstructie (verstopping), granulatieweefsel (wild vlees), dislocatie (verkeerde positie), bloedingen en stomaproblemen.

### CPAP

Het geven van continue beademingsdruk ook wel Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) genoemd is geen beademingsvorm. Wel wordt er ook gebruik gemaakt van een masker op neus of neus/mond. Het CPAP apparaat genereert een continue druk, waardoor de luchtwegen open blijven en de gebruiker zelf in staat is voldoende te ademen. Deze behandeling wordt o.a. gegeven bij het obstructief slaapapneusyndroom (OSAS) of het centraal slaapapneusyndroom (CSAS) .

### De beademing

De ademhaling kent een aantal aaneengesloten fasen:

1. **Start van de ademhaling.** Deze fase wordt ook de *trigger* genoemd. Hiermee wordt bedoeld de factor die de start van de inademing veroorzaakt. Dat kan door het beademingsapparaat worden bepaald of door het kind. Wordt de start van de ademhaling bepaald door het beademingsapparaat dan kan er bijvoorbeeld een frequentie van 20x per minuut ingesteld zijn en zal de machine elke 3 seconden een inademing starten. Als het kind de factor is die de inademing start dan zal de poging tot inademing door het beademingsapparaat worden opgemerkt (triggering) en zal de poging worden beloond met een inademing door het beademingsapparaat.

2. **Inademing of inspiratiefase.** Er zijn twee varianten mogelijk, positieve drukbeademing of volumebeademing.
- Positieve drukbeademing of Pressure Control Ventilation. De inspiratoire fase kenmerkt zich doordat de druk constant is, wanneer de ademmechanica van het kind verandert, zal dit resulteren in een afname of toename van het teugvolume. Belangrijk bij deze vorm van beademing is de controle van het teugvolume omdat deze niet constant is.
  - Volume-beademing of Volume Control Ventilation. De inspiratoire fase wordt gekenmerkt doordat een vooraf ingesteld teugvolume door het beademingsapparaat wordt afgeleverd. Dit gebeurt ook wanneer de ademmechanica van het kind verandert. De benodigde druk die hiervoor nodig is kan soms sterk oplopen. Belangrijk bij deze vorm van beademing is de controle van de bovendruk omdat deze niet constant is.
3. **Einde inademing.** Hiermee wordt het afbreken van de inspiratie bedoeld en kan door het beademingsapparaat of door het kind worden bepaald. Het beademingsapparaat kan bepalen wanneer de inspiratiefase wordt afgebroken en er over gegaan wordt naar de expiratiefase. De duur van de inspiratie kan worden ingesteld, waarna het beademingsapparaat overschakelt naar de expiratie. Als het kind het einde van de inademing bepaald, bemerkt het beademingsapparaat dit op basis van het onder- of overschrijden van een bepaalde flow (luchtstroom). Deze vorm wordt meestal gebruikt bij druk ondersteunende beademing. Door het bereiken van de ingestelde bovendruk zal de inspiratoire flow steeds meer afnemen. Indien een bepaalde minimale flow is bereikt wordt de inspiratie afgebroken. Een gangbare flow waarbij dit gebeurt is 25-35% van de Piekflow.
4. **Uitademing of expiratiefase.** Gedurende de expiratiefase is er een expiratie flow. Indien er niets gebeurt, zal de druk in de longen en het beademingssysteem naar 0 (atmosferische druk) dalen. Er zal dan ook geen flow meer optreden. De beademingsmachine kan deze fase beïnvloeden. Deze beïnvloeding vindt plaats op basis van druk. Dit betekent dat de expiratoire flow niet naar 0 kan dalen maar eerder wordt afgebroken op een vooraf ingestelde positieve einddruk. Deze druk noemen we PEEP (Positive End Expiratory Pressure) of EPAP (expiratoire positieve luchtwegdruk).

## 6. Apparatuur en disposables

De keuze van de beademingsapparatuur hangt samen met de vorm van beademing, de leefomstandigheden en de veiligheidseisen. Ook de duur van de beademing, noodzaak tot accuvoorziening en eventuele plaatsing op een rolstoel spelen een rol.

### Apparatuur

Er worden verschillende typen beademingsapparatuur gebruikt. In essentie zijn er geen grote verschillen. Het betreft zowel drukgestuurde als volumegestuurde

beademingsmachines. Onder overige apparatuur valt alle mogelijke randapparatuur die bij een beademd kind gebruikt kan worden:

- saturatiemeter (bewaking zuurstof saturatie en hartactie)
- elektrische bevochtigingsapparatuur
- uitzuigapparatuur
- externe accu's
- hoestmachine
- kabels voor een medisch alarm in een woonvorm of hospice m.b.t. de beademingsmachine

#### Taken en verantwoordelijkheden

Het onderhoud en de afhandeling van storingen van beademingsgerelateerde apparatuur is vastgelegd in een overeenkomst die wordt opgemaakt door het UMC waar het CTB is gevestigd en de firma die de betreffende apparatuur levert en onderhoudt. In deze overeenkomst staan afspraken over instructie, onderhoud en het verhelpen van storingen. Het CTB is eigenaar van de apparatuur. De ouders/verzorgers van de kinderen onderhouden de apparatuur volgens de richtlijnen van het CTB en de leverancier. De leverancier verricht periodiek onderhoud.

#### Reinigen en vervangen van disposables

Het CTB bepaalt welke disposable materialen er door het kind gebruikt kunnen worden. De ouders/verzorgers van het kind kunnen de materialen zelf bestellen bij de firma waar het CTB een contract mee heeft. Voor het reinigen en vervangen van disposables gelden de instructies van de CTB's.

#### Kennis rondom de beademing

Van de zorgverlener wordt verwacht dat hij/zij kennis heeft van de werking van de beademingsmachine en de randapparatuur.

Denk hierbij aan:

- het aan-en uitzetten van de beademingsmachine
- het controleren en interpreteren van de alarmen
- het aansluiten van het kind op de beademingsmachine
- het aanzetten van de elektrische bevochtiger en het bijvullen van de bevochtigingspot met gekookt afgekoeld of gedestilleerd water
- de werking van de accu
- het aan –en uitzetten van de uitzuigapparatuur
- het instellen van de zuigkracht van de uitzuigapparatuur
- het vervangen van filters
- het bedienen, aansluiten op de saturatiemeter
- het interpreteren van de alarmen van de saturatiemeter

Deze onderwerpen zullen worden behandeld en gedemonstreerd tijdens de praktijkdag van het CTB. Tenslotte zullen de zorgverleners worden getoetst en gecertificeerd voor een periode van 3 jaar.

#### Alarmen beademingsmachine en saturatiemeter



Een alarm is altijd belangrijk: het treedt op als er iets niet goed is. Het geeft een akoestisch signaal waarop gereageerd en indien nodig gehandeld moet worden. Het is essentieel dat alarmen en calamiteiten adequaat opgelost worden. Zie voor verdere uitleg over alarmen van de beademingsmachine de readers NPPV of TPPV. Omdat een jong kind zelf niet kan alarmeren bij problemen wordt het ook door middel van een saturatiemeter bewaakt, zodra een kind in staat is om bij problemen alarm te geven dan is een saturatiemeter niet meer nodig. Eventueel kunnen geluidsignalen doorgegeven worden via een intercom of een piepersysteem.

### Stroomstoring

Een stroomstoring welke langer duurt dan zes uur dient gemeld te worden bij het CTB. Gemiddeld genomen levert een accu acht uur aan stroom. Zie stroomschema in bijlage 3 in de reader NPPV of TPPV.

## Literatuurlijst

1. Turner N.M., Kieboom J.K.W. Advanced Pediatric Life Support. 5de druk 2017
2. Perrin C, Unterborn JN, Ambrosio CD, Hill NS. Pulmonary complications of chronic neuromuscular diseases and their management. Muscle Nerve 2004;29:5-27.
3. Veldnorm chronische beademing bij kinderen. Versie 1.0 2015. Vereniging Samenwerkingsverband Chronische Ademhalingsondersteuning. Baarn.
4. Wet Beroepen Individuele Gezondheidszorg (BIG), 1996. Onder voorbehoud. Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport. Rijswijk.

### Internetbronnen:

- [www.vsca.nl](http://www.vsca.nl)
- [https://www.vsca.nl/wp-content/uploads/veldnorm\\_webversie.pdf](https://www.vsca.nl/wp-content/uploads/veldnorm_webversie.pdf)
- [www.vsn.nl](http://www.vsn.nl)
- [www.umcutrecht.nl/subsite/Thuisbeademing](http://www.umcutrecht.nl/subsite/Thuisbeademing)
- [www.mijnkinderarts.nl](http://www.mijnkinderarts.nl)
- [https://mijnkinderarts.nl/spoedeisende-hulp/algemene-opmerkingen/kinderen-zijn-geen-  
kleine-volwassenen/](https://mijnkinderarts.nl/spoedeisende-hulp/algemene-opmerkingen/kinderen-zijn-geen-<br/>kleine-volwassenen/)
- [www.bigregister.nl](http://www.bigregister.nl)
- <https://www.hetwkz.nl/nl/Ziekenhuis/Ziekte/luchtweg-en-ademhalingsproblemen>
- Bronchopulmonale dysplasie bij ex-prematuuren die volwassen worden  
E.J.L.E.Vrijlandt, J.Gerritsen, E.J. Duiverman  
<https://www.ntvg.nl/system/files/publications/2007124450001a.pdf>



## Bijlagen

### Bijlage 1: Begrippen die met de ademhaling te maken hebben

#### Alveoli

Longblaasjes

#### Apneu

Ademstilstand of apneu (niet ademen) is de medische term voor een onderbreking van de ademhaling die langer dan 10 seconden aanhoudt. Tijdens een apneu is er geen beweging van de spieren betrokken bij de ademhaling en de longinhoud blijft in eerste instantie onveranderd.

#### Bronchioli

Een bronchiolus is de kleinste vertakking van de luchtpijptakken. De trachea splitst in de bronchi die verder vertakken tot bronchioli.

#### Dyspneu

Benauwdheid of dyspneu of dyspnoe is het gevoel bij het kind dat hij of zij niet genoeg lucht krijgt. Dit is een veel voorkomende klacht die meestal wijst op aandoeningen van het ademhalings- en/of circulatiestelsel.

#### Epiglottis of strotklepje

Het strotklepje is een dun, dekselachtig kraakbeenklepje, bedekt met slijmvlies, dat zich aan de basis van de tong bevindt. Dit klepje controleert de toegang tot de ruimte tussen de stembanden en vormt in feite de ingang van de glottis. De epiglottis is ook één van de kraakbeenstructuren die het strottenhoofd vormen. Normaal gezien is de klep naar boven gericht, maar bij het slikken wordt door het optrekken en naar voren verplaatsen van het strottenhoofd het strotklepje in een passieve beweging als een deksel boven de stembanden naar beneden gevouwen, zodat voedsel en drank via de slokdarm naar de maag gaan en niet in de luchtpijp terecht kunnen komen. De epiglottis heeft daarnaast een belangrijke functie bij het produceren van bepaalde spraakklanken.

#### Expiratie

Uitademing

#### Glottis

De glottis is de combinatie van de stembanden en de ruimte daartussen of stemspleet. Wanneer de stembanden aangespannen worden en er lucht door de glottis geperst wordt vibreren de stembanden en geven ze "stem" aan het geproduceerde geluid.

De geproduceerde vibratie is een essentieel onderdeel van stemhebbende medeklinkers en klinkers. Als de stembanden in rust uit elkaar staan kan lucht tussen hen ontsnappen, wat niet in vibratie resulteert, dit is het geval bij het maken van stemloze medeklinkers of bij normaal ademen.

### Hypoventilatie

Dit is verminderde ventilatie (ademhaling) waarbij het koolzuurgehalte te hoog wordt.

### Hypercapnie

Een te hoog koolzuurgehalte in het bloed.

### Hyperventilatie

Dit betekent letterlijk te veel (hyper) ademen (ventilatie). Wie hyperventileert, ventileert meer dan nodig waardoor het koolzuurgehalte in het bloed (CO<sub>2</sub>) te laag wordt.

### Hypoxemie

Zuurstoftekort in het bloed

### Inspiratie

Inademing

### Larynx

Het strottenhoofd of larynx is het orgaan in de hals dat betrokken is bij de ademhaling, bescherming van de luchtpijp en het maken van geluid. Het strottenhoofd bevindt zich in de hypofarynx, beneden op dat punt in de keel waar luchtweg en voedselweg gescheiden worden.

### Normocapnie

Normaal koolzuurgehalte

### Orthopneu

Kortademigheid bij platliggen

### Snurken of ronchopathie

Dit is een geluid dat gedurende de slaap wordt voortgebracht door trillende zachte delen van de neusholte, mond en keel. Snurken kan door mensen die binnen gehoarafstand ook willen slapen als bijzonder irritant ervaren worden. Het kan bij hen ook de slaap verstoren, maar ook de snurker zelf kan door zijn snurken een slechte nachtrust hebben. Ernstige snurklachten kunnen een aanwijzing zijn dat iemand last heeft van korte ademstilstanden gedurende de nacht (slaapapneu). Deze ademstilstanden leiden vaak tot het (bijna) wakker worden waardoor de slaap sterk wordt verstoord.

### Slikken

Slikken is het proces waarbij er voedsel of drank van de mond via de keelholte naar de slokdarm gebracht wordt. Hierbij sluiten het strotklepje, de luchtpijp en de huid de neusholte af. Bij verslikken gaat er voedsel of drank naar de luchtpijp in plaats van naar de slokdarm.

### Stembanden

De stembanden of stemplooien zijn twee gepaarde structuren in het strottenhoofd. Ze vormen een belangrijk deel van het stemvormend apparaat in het strottenhoofd.

Tachypneu

Te snelle ademhaling

Thorax

Borstkas

Trachea

Luchtpijp

Ventilatie

Verversing van lucht in de ademhalingsorganen.

Vitale capaciteit

De totale hoeveelheid lucht die na maximale inademing kan worden uitgeademd.

## **Bijlage 2: Ziekten of afwijkingen die op de kinderleeftijd in aanmerking kunnen komen voor chronische beademing buiten het ziekenhuis**

### **1. Neuromusculaire ziekten**

Motorische voorhoorncel aandoeningen:

- Spinale musculaire atrofie;
- Poliomyelitis.

Motorische en sensibele zenuw afwijkingen:

- Guillain-Barré syndroom.

Myasthenia Gravis

Myopathieën

- Musculaire dystrofie, type Duchenne;
- Myotone dystrofie;
- Congenitale spierdystrofie;
- Congenitale myopathieën (nemaline, central core, minicore disease);
- Metabole myopathieën;
- Infantiel botulisme.

### **2 Centraal Zenuwstelsel afwijkingen**

- Arnold-Chiari afwijkingen;
- CNS trauma/ dwarslaesie;
- Cerebrovasculaire afwijkingen;
- Congenitale of verworven ademhalingscentrum afwijkingen;
- Nervus Phrenicus paralyse;
- Myelomeningocele.

### **3 Respiratoire ziekten**

Lage luchtweg afwijkingen

- BPD;
- Cystic fibrosis;
- Pulmonale fibrose;
- Chronische longziekte na langdurige beademing.

Bovenste luchtweg afwijkingen

- Laryngo/tracheo/bronchomalacie.

### **4 Skelet afwijkingen**

- Kyphoscoliose;
- Thoraxwand afwijkingen;
- Thoraxwand dysplasie;
- Arthrogryposis multiplex congenita.

### **5 Slaap gerelateerde ademhalingsproblematiek**

- Obstructief Slaap Apneu Syndroom (OSAS), die geen baat heeft bij CPAP.

## 6 Syndroomaal

- Syndroom van Down
- Gezichts dysmorfieën
- Overig