

# Kaksoispaineventilaatio akuutissa ja kroonisessa ventilaatiovajauksessa



# Kaksoispaineventilaatio akuutissa ja kroonisessa ventilaatiovajauksessa -taskuoppaan käyttäjälle

Kaksoispaineventilaatiolaitteiden (2PV) yleistyessä tarve lääkäreille ja hoitajille laadittuun tiiviiseen ”2PV-keittokirjaan” lisääntyi. 2000-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä Tyksissä neuromuskulaaristen hengitysvajepotilaiden hoidosta vastaavan Hengitystukiyksikön osastonylilääkäri Arno Vuori, keuhkosairauksien osastonylilääkäri Tarja Saaresranta ja erikoislääkäri Ulla Anttalainen vastasivat tähän käytännön tarpeeseen laatimalla ohjelehtisen, joka myöhemmin päivittyi akuutin ventilaatiohoidon osuudella. Ohjelehtinen herätti laajempaakin kiinnostusta ja ResMed tarjoutui painattamaan ohjeet taskuoppaaksi. Vuosien ajan taskuopas on osoittautunut hyödylliseksi ja siitä on päädytty ottamaan uudistettu painos.

Toivomme, että tästä pienestä taskuoppaasta on apua käytännön työssä erityisesti 2PV-hoitoon tutustuville lääkäreille ja hoitajille. Tärkeää on kuitenkin pitää mielessä, että mikään ohjeistus ei sovi kaikille potilaille eikä vähennä yksilöllisen hoidon arvioimisen ja laitteen yksilöllisten säätöjen ja käyttöohjeeseen tutustumisen tärkeyttä.

Turussa 9.12.2022

## Tarja Saaresranta

Keuhkosairauksien ja allergologian erikoislääkäri  
Unilääketieteen erityispätevyys  
Professori, ylilääkäri  
Turun yliopisto ja Tyks,  
Uni- ja hengityskeskus

## Ulla Anttalainen

Keuhkosairauksien ja allergologian erikoislääkäri  
Unilääketieteen erityispätevyys  
Dosentti, osastonylilääkäri  
Turun yliopisto ja Tyks,  
Uni- ja hengityskeskus

## Ydinasiat

- Kaksoispaineventilaatio mahdollistaa hengityksen mekaanisen tukemisen tavallisella vuodeosastolla, päivystyksyksiköissä, tehovalvontaosastoilla, kardiologisissa yksiköissä ja potilaan kotona.
- Kaksoispaineventilaatio ei ole elämää ylläpitävä hoitomenetelmä, vaan se avustaa potilaan hengitystyötä silloin, kun potilas vielä yrittää hengittää itse.
- Kaksoispaineventilaatiolla voidaan vähentää teho-osastolla toteutettavan keinoilmateitse tapahtuvan ventilaation tarvetta ja siihen liittyviä riskejä kuten hengitysteiden painevammoja ja infektioita.
- Kaksoispaineventilaatio vähentää sairaalapäiviä, säästää kustannuksia, parantaa elämänlaatua ja osalla potilaista pidentää myös elinikää.
- Kaksoispaineventilaatio mahdollistaa potilaan sanallisen kommunikoinnin.
- Kaksoispaineventilaatiohoitoa tulisi hyödyntää nykyistä enemmän.



## Yölliseen hypoventilaatioon viittaavia oireita ja löydöksiä

- Levoton yöuni
- Painajaiset
- Yöhikoilu
- Aamupäänsärky ja tokkuraisuus
- Päiväaikainen väsymys ja uupumus
- Muistin ja keskittymiskyvyn huononeminen
- Rasituksensiedon huononeminen
- Hengenahdistus
- Infektioalttiuden lisääntyminen
- Valveilla  $\text{PaO}_2 < 8 \text{ kPa}$  ja/tai  $\text{PaCO}_2 > 6 \text{ kPa}$
- Yöllinen  $\text{SpO}_2$  vähintään 20 % ajasta  $< 90 \%$ , alimmillaan  $< 85 \%$
- Yöllinen  $\text{PtcCO}_2$  ja/tai  $\text{PETCO}_2$  suurentunut ( $> 7-8 \text{ kPa}$ )

$\text{PtcCO}_2$  = transkutaaninen  $\text{CO}_2$ -osapaine  
 $\text{PETCO}_2$  = uloshengityksen  $\text{CO}_2$ -osapaine

## Valtimoverikaasulöydökset kroonisessa ventilaatiovajakuksessa

- Valtimoveren hiilidioksidiosapaine  $> 6 \text{ kPa}$
- Valtimoveren happiosapaine  $< 8 \text{ kPa}$
- Valtimoveren pH useimmiten normaali
- Valtimoveren emäsylimäärä  $\uparrow$
- Standardibikarbonaatti  $\uparrow$

## Valtimoverikaasulöydökset akuutissa ventilaatiovajakuksessa

- Valtimoveren hiilidioksidiosapaine  $> 6 \text{ kPa}$
- Valtimoveren happiosapaine  $< 8 \text{ kPa}$
- Valtimoveren pH  $< 7,35$  asidoottinen
- Valtimoveren emäsylimäärä useimmiten normaali
- Standardibikarbonaatti useimmiten normaali

## Kaksoispaineventilaatiohoidon vasta-aiheita

- Välitön intubaation tarve, esim. hengityspysähdys
- Kooma
- Vaikea hemodynaaminen epävakaus, esim. vasopressorien tarve
- Enemmän kuin kahden elinjärjestelmän vaurio (potilaalla, jolla tehohoito aiheellinen)
- Vaikea nielun toiminnan heikkous
- Laaja kasvojen vamma tai ylähengitysteiden ahtauma
- Hoitamaton ilmarinta
- Oksenteleva potilas

## Tavallisimmat perussairaudet hiilidioksidiretention aiheuttavassa ventilaatiovajakuksessa

Krooninen ventilaatiovajaus	Akuutti ventilaatiovajaus
• COPD	• Äkillinen COPD:n paheneminen
• Hermolihassairaus	• Keuhkopöhö
• Obesiteettihypoventilaatio	• Vaikea keuhkokuume
• Kyfoskolioosi	• Keuhkoveritulppa
• Vaikea selkärankareuma	• Hermolihassairauden pahenemisvaihe
• Palliatiivinen hengenahdistuksen hoito	• Interstitiaalinen keuhkosairauden pahenemisvaihe
	• Äkillinen hengitysvajausoireyhtymä

Säädettävä muuttuja ja sen lyhenne	Merkitys	Tavanomainen arvo
Uloshengityspaine (EPAP)	Varmistaa riittävän toimimallisen jäännöskapasiteetin ja keuhkojen happivaraston, ylähengitysteiden avoimuuden ja keuhkorakuloiden tasaisen tyhjenemisen.	4–10 cmH <sub>2</sub> O, ylipainoisilla ja uniapneapotilailla usein 8–14 cmH <sub>2</sub> O, neuromuskulaaripotilailla 3–6 cmH <sub>2</sub> O.
Sisäänhengityspaine (IPAP)	Varmistaa riittävän painetuen ja kertahengitystilavuuden.	6–24 cmH <sub>2</sub> O korkeampi kuin EPAP (aloitusvaiheessa voi olla pienempi, hyperkapniassa korkeampi).
Painetuki (PS)	Sisään- ja ulohengityspaineen erotus varmistaa riittävän kertahengitystilavuuden ja keuhkotuuletuksen. Ei mahdollisuutta vaikuttaa sisäänhengitysjakson kestoan.	6–16 cmH <sub>2</sub> O (aloitusvaiheessa voi olla pienempi, <b>akuutissa</b> hyperkapniassa korkeampi).
Nousuaika	Aika, jonka kuluessa säädetty sisäänhengityspaine kussakin sisäänhengitysyksikössä saavutetaan. Jos hengitys on niin tiheää, että sisäänhengitys jää nousuaikaa lyhyemmäksi, säädetty sisäänhengityspaine ei ehdi toteutua.	100–800 ms, <b>akuutissa</b> tilanteessa lyhyt 100–400ms ja kroonisessa tilanteessa pitempi 400–800ms.
Sisäänhengityksen enimmäisaika (IPAP max, T <sub>max</sub> )	Sisäänhengitysyksikön enimmäiskesto varmistaa, ettei sisäänhengitysvaihe jatku loputtomiin. Jos laite ei tunnista potilaan uloshengitystä, se mahdollistaa potilaan syvän henkäisyn.	2,0–3,0 s
Sisäänhengityksen vähimmäisaika (IPAP min, T <sub>min</sub> )	Sisäänhengitysyksikön vähimmäiskesto varmistaa sisäänhengityksen riittävän keston. Pidempi aika yleensä varmistaa tasaisen man ventilaation jakautumisen. Keuhkohtaumataudissa muistettava riittävä uloshengityksen kesto.	0,6–1,9 s, <b>akuutissa</b> tilanteessa yleensä 0,6–1,2 s ja kroonisessa tilanteessa 0,8–1,9 s.
Taustataajuus	Pienin sallittu hengitystaajuus: jos potilaan oma hengitys harvempaa, sisäänhengitys käynnistyy automaattisesti. Jos taajuus on yli potilaan spontaanin taajuuden, aiheutetaan kontrolloitu ventilaatio.	Potilaan spontaanista hengitystaajuutta harvempi, 10–18/min, käytetään neuromuskulaaripotilailla sekä sentraalisessa hypoventilaatiossa, jos runsaasti sentraalisia apnoeita (harjitse myös servoventilaatiota). Taustataajuuden käytöllä voidaan rauhoittaa myös nopeaa pinnallista hengitystä <b>akuutissa</b> tilanteessa. Terminaalihoitovaiheessa lisätään tapauskohtaisesti.
S-moodi	Vain spontaaneja sisäänhengityksiä tuetaan.	
T-moodi	Laitteen taajuus määräytyy säädetyn kiinteän hengitystaajuuden mukaan, ei potilaan ohjaamana.	
S/T-moodi	Kytkee toiminnon ”taustataajuus” päälle.	Käytetään erityisesti potilailla, joilla neuromuskulaarinen sairaus. Ei soveltu sentraalisen apnean tai pitkäkestoisen hengityspysähdyksen hoitoon.
Laukaisuherkkyys (Trigger)	Pienin sisäänhengitysvirtaus, joka vaaditaan, jotta kone tunnistaa sisäänhengitysyrittäksen (trigger) ja laukaisee sisäänhengityksen.	Yleensä tehdasasetus niin <b>akuutissa</b> kuin kroonisessa tilanteessa, neuromuskulaaripotilailla tarvittaessa herkistetään, etenkin terminaalihoitovaiheessa.
Jaksottus (Cycle)	Mahdollistaa siirtymisen sisäänhengitysvaiheesta uloshengitysvaiheeseen potilaan ohjaamana (cycle).	Yleensä tehdasasetus kroonisessa tilanteessa, neuromuskulaaripotilailla tarvittaessa pitkittään (”matala”), <b>akuutissa</b> tilanteessa ”korkea”, usein tarpeen alkuun.
PAC (avustettu paineohjattu)	PAC-tilassa sisäänhengitysaika on esiasetettu. Siinä ei ole spontaanivirtauksen jaksoita. Potilas voi laukaista sisäänhengityksen, kun hengitystaajuus on ennalta asetettua arvoa suurempi, tai ajastetut hengitykset annetaan taustataajuuden mukaan.	
VAPS (älykäs tilavuusavustimen painetuki)	Suunniteltu ylläpitämään emalta asetettu tavoiteventilaatio joka voi olla alveolaarinen ventilaatio tai minuutiventilaatio riippuen laitevalmistajan hoitomuodosta. Tämä toteutetaan ventilaatiota seuramalla, painetukea ja taustataajuutta mukauttamalla. Vaihtoehtoisesti AutoEPAP-ominaisuus säätää EPAP-arvoa automaattisesti siten, että ylähengitystiet pysyvät avoimina.	



## Kaksoispaineventilaatiohoidon seuranta aloitusvaiheessa

- Happikyllästeisyyden SpO<sub>2</sub> jatkuva seuranta.
- Ihohiilidioksidin (PtCO<sub>2</sub>) jatkuva seuranta; ellei mahdollista, uloshengityksen hiilidioksidin (PETCO<sub>2</sub>) seuranta.
- Onko potilaan hengitys synkroniassa kaksoispainelaitteen säätöjen kanssa?
- Potilaan hengitystiheyden seuranta.
- Valtimoverikaasuanalyysi tai c-Astrup noin 30 min välein hoitovasteen arvioimiseksi erityisesti, jos ei ole muuta hiilidioksidin seurantamahdollisuutta.
- Potilaan hengityskaasuarvojen ja voinnin pitäisi alkaa korjaantua 1–2 tunnin sisällä **akuutissa** tilanteessa; kroonisessa tilanteessa osittainen korjaantuminen aloitusvaiheessa ja lopullinen vaste nähdään 3 kk:n aikana.

## Kaksoispaineventilaatiohoidon ongelmatilanteita

Ongelma	Mahdollisia aiheuttajia ja korjausehdotuksia
<b>Jatkuva hyperkapnia</b>	<p>Liian pieni painetuki (PS).            Liian pieni kertahengitystilavuus.            Liian lyhyt sisäänhengitysaika.            Liian lyhyt tai joskus pitkä nousuaika.            Liian pieni taustataajuus.            Hiilidioksidin takaisinhengittäminen; kuolleen tilan pienentäminen esim. maskia vaihtamalla.            Potilas hengittää konetta vastaan.            Liian vähän käyttötunteja vuorokaudessa.            Liian suuri happilisa.            Liian suuri bentsodiatsepiini- tai opiaattiannos.            Respiraattorihoidon tarve (mikäli hoidetaan aktiivisesti).</p>
<b>Jatkuva hypoksemia</b>	<p>Liian lyhyt sisäänhengitysaika.            Liian pieni uloshengityspaine (EPAP).            Liian lyhyt nousuaika.            Riittämätön happilisa.            Liian pieni taustataajuus.            Respiraattorihoidon tarve (mikäli hoidetaan aktiivisesti).</p>
<b>AHI &gt; 15</b>	<p>Nosta Ti min aikaa tai EPAP:a, laske jaksotusta sekä nousuaika; 2PV-laite tulkitsee AHI:n herkästi.            AutoEPAP-toiminnon hyödyntäminen, mikäli se on laitteessa valittavana!</p>
<b>AI &gt; 5</b>	<p>Nosta EPAP:a, harkitse tarvittaessa servoventilaattoria.</p>

# Kaksoispaineventilaatiohoidon ongelmatilanteita

Ongelma	Mahdollisia aiheuttajia ja korjausehdotuksia
<b>CAI &gt;10</b>	Tarkista, ettei potilaalla ole hypokapnia. Hoida sentraalisia apneoita aiheuttava perussairaus optimaalisesti. Harkitse servoventilaattoria, jos EF > 45%.
<b>Hypokapnia</b>	Liian suuri kertahengitystilavuus; kokeile painetuen pienentämistä. Liian suuri koneeseen säädetty taustataajuus.
<b>Potilaalla tunne, ettei saa tarpeeksi ilmaa</b>	Riittämätön IPAP. Riittämätön painetuki. Liian pitkä nousuaika. Hyperventilaatioreaktio. Suuri maskivuoto.
<b>Potilas ja kone hengittävät eri tahtiin</b>	Liian pitkä sisäänhengitys (Ti min). Potilaan sisäänhengitys on liian heikko käynnistämään IPAP:n; säädä laitteen laukaisutasoa herkemälle ja tarkasta jaksotus. Muut virheelliset säädöt. Nenämaskia tai sierainmaskia käyttävä potilas hengittää suun kautta; vaihda kokokasvomaskiin.
<b>Ilmavaivat</b>	Kokeile kokokasvomaskia tai leukaremmiä. Varmista nenähengitys (nenän hoito, KNK-kons.). Tarvittaessa kostutinkokeilu, ilmavaivalääkkeen kokeilu. Varovasti paineen pienentäminen. Jos potilaalla PEG-letku, päästä ilmaa pois letkun kautta. Onko asennolla merkitystä?

## 2PV-hoitotiedot

<b>Vuoto (leak)</b>	Tavoite <24 l/min.
<b>VT</b>	Kertatilavuus; riippuvainen vuodon määrästä 7–12 ml/kg, (optimoimalla säätöjen IPAP, EPAP ja IPAP min avulla).
<b>RR</b>	Hengitystiheys; kone näyttää suurimman ja pienimmän hengitystaajuuden. (Joissain laitteissa 5 hengenvedon liikkuva keskiarvo/min.)
<b>MV</b>	Minuuttiventilaatio; VT X RR.
<b>Painetuki</b>	Potilaan toteutunut painetuen määrä.
<b>AHI</b>	Apneahypopnea indeksi; sisäänhengitysvirtaus <50 % edellisestä 5 hengityksen kerrasta >10 s ajan viimeisen tunnin aikana.
<b>AI</b>	Apneaindeksi; sisäänhengitysvirtaus <25 % edellisestä 5 hengityksen kerrasta >10 s ajan ennen uutta heng. viimeisen tunnin aikana. AI <5 tavoite.
<b>% Spont Trig</b>	Potilaan käynnistämät mekaaniset hengityssykli; esim. 98 %, tarkoittaa, että potilas on käynnistänyt itse 98 % hengityssykleistä ja kone taustataajuuden perusteella 2 %.
<b>% Spont Cycle</b>	Määrittää kumman säädön perusteella potilas on käynnistänyt uloshengityksen, jaksotus vai Ti min; ts esim. 36 % tarkoittaa sitä, että potilas on katkaissut "Cycle"-säädön perusteella 36 % sisäänhengityksistään siirtyen uloshengitykseen; tällöin 64 % uloshengitysjaksoista on siis alkanut Ti min tai Ti max -säädön perusteella.
<b>SpO<sub>2</sub></b>	Mikäli SpO <sub>2</sub> -mittaus on ollut päällä.

# Neuromuskulaaripotilaan kaksoispaine-ventilaatio stabiilissa vaiheessa

<b>Laitteen lukitus</b>	Avaa lukitus päästäksesi kliiniseen valikkoon	
<b>Tila</b>	ST	
<b>IPAP (cmH<sub>2</sub>O)</b>	6–12, tarv. ad 20	
<b>EPAP (cmH<sub>2</sub>O)</b>	3–6	
<b>Resp Rate (bpm)</b>	6–10	(Hengitystaajuus)
<b>Rise time (ms)</b>	350–800	(Nousuaika)
<b>Ti max (s)</b>	2,0–4,0	
<b>Ti min (s)</b>	0,8–1,9	
<b>Automaattinen päälle/pois toiminto</b>	Kytke pois	
<b>Maski</b>	Valitse käytössä oleva maski laitteen Maski-valikosta	
<b>Hälytykset</b>	Aseta tai poista hälytykset potilaskohtaisesti	
<b>Triggaus*</b>	Keskimääräinen	(Laukaisu)
<b>Cycle**</b>	Keskimääräinen	(Jaksotus)
<b>Potilasletku</b>	Valitse käytössä oleva hengitysletku	
<b>Max viive</b>	Kytke pois	
<b>Aloitus-EPAP</b>	Kytke pois Mikäli laitteessa on AutoEPAP-toiminto ja potilaalla on taipumusta obstruktiivisiin apneoihin voidaan hyödyntää AutoEPAP-toimintoa niissä hoitolaitteissa, joissa se on saatavilla. Rajataan välille 3–6 cmH <sub>2</sub> O.	

Käynnistä laite ja aseta maski kevyesti potilaan kasvoille. Säädä maskia tarvittaessa potilaan asennon muuttuessa. Säädä maskin asentoa joko otsatuen säätimellä tai yläremmeillä. Huomioi, ettei maski tule liian kireälle!

## Happilisiä

Happiliitimellä koneen ja letkun väliin – aloitus 0,5 l/min virtauksella.  
(Joissain laitteissa happiliitäntä on laitteen takana.)  
Tarkista, mikä on ventilaattorin sallima suurin happiviratus (laitteesta riippuen 4–30 l/min).

## \*Laukaisuherkkyys (Trigger)

Laukaisuherkkyys määrittää sisäänhengityksen alun ja voidaan säätää joko herkemäksi jolloin potilas saa laukaistua laitteen sisäänhengityksen pienemmällä hengitystyöllä tai vastaavasti tarvittaessa herkkyyttä voidaan alentaa jolloin tarvitaan suurempi hengitystyö laukaisemaan laitteen sisäänhengitys.  
Tutustu käytettävän kaksoispaineventilaattorin ohjekirjaan herkkyden säädön osalta.

## \*\*Jaksotus

Osassa kaksoispainelaitteita voidaan säätää uloshengitysvaiheeseen siirtymistä eli jaksotusta. Jaksotus uloshengitysvaiheeseen tapahtuu kun sisäänhengitysvirtaus on vähentynyt maksimistaan säädettyyn raja-arvoon.  
Uloshengityksen jaksotuksen säätöä voidaan hyödyntää esim. restriktiivsten potilaiden kohdalla säätämällä jaksotusta myöhäisemmäksi, jolloin estetään sisäänhengitysvaiheen liian aikainen loppuminen tai obstruktiivisten potilaiden kohdalla ja akuutissa hengitysvajauksessa mahdollistamalla potilaan siirtyminen uloshengitysvaiheeseen nopeasti eli aikaistamalla jaksotusta.

# Kostutinkammion käyttäminen

- Liitä kostutinkammio laitteeseen.
- Lämmitettävä letku mahdollistaa miellyttävän, tasaisen kostutuksen ilman kondensaatiota.
- Kostutus on erityisen tärkeää kaksoispaineventilaatiohoidossa, jotta eritemobilisaatio saadaan aikaan ja mahdollistetaan optimaalinen kaasujenvaihto.



## Lähteet:

Arola ja Kreivi. Äkillinen hengitysvajaus. Kirjassa Kaarteenaho, Halme, Koskela, Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet. Diagnostiikka ja hoito. Duodecim 2021.

Comellini ym. Benefits of non-invasive ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Respirology* 2019; 24:308–317.

Ergan ym. European Respiratory Society guidelines on long-term home non-invasive ventilation for management of COPD. *European Respiratory Journal* 2019 54: 1901003; DOI: 10.1183/13993003.01003-2019

Randerath ym. Definition, discrimination, diagnosis and treatment of central breathing disturbances during sleep. *European Respiratory Journal* 2017 49: 1600959; DOI: 10.1183/13993003.00959-2016

Saaresranta ja Anttalainen. Krooninen hengitysvajaus. Kirjassa Kaarteenaho, Halme, Koskela, Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet. Diagnostiikka ja hoito. Duodecim 2021.

Simonds AK. (toim.) ERS Practical Handbook Noninvasive ventilation. European Respiratory Society 2015.





Tehty ResMedin taloudellisella tuella.