



# UNIVERSITY OF TAMPERE

This document has been downloaded from  
Tampub – The Institutional Repository of University of Tampere

Kustantajan versio

3.049Mb

[View/Open](#)

Author(s): Saaresranta, Tarja; Anttalainen, Ulla; Polo, Olli  
Title: Kaksoispaineventilaatio kroonisessa ventilaatiovajauksessa  
Year: 2011  
Journal Title: Duodecim  
Vol and number: 127 : 17  
Pages: 1797-1807  
ISSN: 0012-7183  
Discipline: Internal medicine  
School /Other Unit: School of Medicine  
Item Type: Journal Article

Language: fi  
URN: URN:NBN:fi:uta-201210101039  
URL: <http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo99748.pdf>

All material supplied via TamPub is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorized user.

# Kaksoispaineventilaatio kroonisessa ventilaatiovajakuksessa

Kajoamaton kaksoispaineventilaatiohoito on viimeisen vuosikymmenen aikana mahdollistunut hengityksen tukemisen tavallisella vuodeosastolla ja potilaan kotona. Kaksoispaineventilaattorilla voidaan usein välttää keinoilmatie ja respiraattorihoito, lyhentää potilaan sairaalassaoloaikaa ja säästää kustannuksia. Kaksoispaineventilaatiohoito vähentää kroonisesta hengitysvajakuksesta kärsivän potilaan hengenahdistusta ja väsymystä, jolloin elämänlaatu paranee ja tietyissä tilanteissa myös elinikä pitenee. Hoito vaatii lääkäriltä perustietoja hengitysfysiologiasta ja perehtymistä kaksoispaineventilaattorin säätämiseen. Hoitohenkilökunnalta se edellyttää kokemusta hoidon toteutuksesta ja ohjauksesta.

**Krooninen hengitysvajaus** on yleinen ongelma esimerkiksi vaikeassa keuhkohtaumataudissa ja hermo-lihassairauksissa kuten amyotrofisessa lateraaliskleroosissa (ALS). Myös lihavat saattavat kärsiä siitä (lihavuuteen liittyvä hypoventilaatio). Ongelma kuitenkin tunnustetaan varsin huonosti. Hengitysvajakuksessa hengityskaasujen vaihtuminen ulkoilman ja keuhkoverenkierron välillä on vaikeutunut ja hengitystyö yleensä lisääntynyt. Kaasujenvaihtohäiriön syynä voi olla puhdas diffuusiöhäiriö kuten keuhkofibroosissa, ventilaation ja keuhkoverenkierron epätasainen jakautuminen kuten lihavuuteen liittyvässä hypoventilaatioissa tai pelkästään hengitysilhasten voimien heikkenemisestä johtuva ventilaatiovajaus kuten hermolihassairauksissa. Diffuusiöhäiriötä hoidetaan ensisijaisesti lisäämällä sisäänhengitysilman happiosapainetta (koti-happihoito), kun taas ventilaatiota avustetaan mekaanisesti ventilaattorilla. Ventilaattorihoitoa voidaan tarvita myös vaikean diffuusiö-

häiriön aiheuttaman lisääntyneen ventilaation tukemisessa. Vastaavasti happihoito voidaan liittää ventilaattorihoitoon, jos potilaalla on myös diffuusiöhäiriö. Kirjoituksemme keskittyy kroonisen hengitysvajakuksen hoitoon; äkillisen hengitysvajakuksen hoidosta on tässä lehdessä hiljattain julkaistu kattava katsaus (Brander 2011).

Ventilaatiohoito ei korvaa ventilaatiovajakuksen taustalla olevan perustaudin hyvää lääkkeitä ja fysioterapiaa. Perustaudin oireiden lievitystä ei tule unohtaa (Laaksovirta 2005). Alkoholia, bentsodiatsepiineja ja opiaatteja tulee välttää niiden hengitystä lamaavan vaikutuksen takia. Mikäli hengitykseen vaikuttavia lääkkeitä joudutaan käyttämään, saatetaan ventilaattorin säätöjä joutua muuttamaan.

## Milloin epäilen hengitysvajasta?

Yölliseen hypoventilaatioon viittaavat oireet ja löydökset eivät aina ensimmäisenä tuomieleen hengitysvajasta (TAULUKKO 1). Hen-

**TAULUKKO 1.** Yölliseen hypoventilaatioon viittaavia oireita ja löydöksiä.

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

$\text{PtcCO}_2$  = transkutaaninen  $\text{CO}_2$ -osapaine  
 $\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$  = uloshengityksen  $\text{CO}_2$ -osapaine

gitysvajausta ei helposti osata epäillä potilaan oireiden syyksi muilla kuin keuhkosairautta sairastavalla (TAULUKKO 2). Aamupäänsärky voi olla oire yön aikana suurentuneesta hiilidioksidipitoisuudesta, johon liittyy aivoverisuonten laajeneminen. Hiilidioksidista johutuva päänsärky lievenee tai häviää kokonaan aamupäivän aikana, koska ventilaatio tehostuu hereillä ollessa ja hiilidioksidiosapaine pienenee. Yöuni on huonoa, ja toistuvat heräämiset ja painajaiset aiheuttavat päiväväsymystä. Potilaille voi ilmaantua kognitiivisen toiminnan ja muistin häiriöitä. Hengenahdistus lisääntyy, rasiuksensieto huononee, potilaalle ilmaantuu toistuvasti sairaalahoitoa vaativia hengenahdistuksen pahenemisvaiheita, hengitystieinfektioita ja lisähapen tarvetta.

### Miten tutkin?

Perusterveydenhuollossa anamneesin ja tavanomaisen kliinisen tutkimuksen lisäksi kiinnitetään huomiota erityisesti hengityksen työläyteen. Pallean toimintaa, lihassurkastumia ja nielemisvaikeuksia selvitetään. Huulisyanoosi ja sormioksimetri antavat helposti käsityksen happautumisesta valveaikana. Perusverenkuva, seerumin tyreotropiinipitoisuus ja virtaus-tilavuusspirometria kuuluvat perustutkimuksiin. Lisätutkimukset tehdään erikoissairanhoidossa, lähinnä keuhkosairauksien yksiköissä. Muun kuin keuhkoperäisen perussairauden selvittelyt hoidetaan kyseisellä erikoisalalla.

Tavallisesti kroonisen ventilaatiovajakuksen diagnoosi perustuu valtimoveren valveaikaiseen verikaasuanalyysiin (TAULUKKO 3). Alkavassa kroonisessa ventilaatiovajakuksessa verikaasujen poikkeavuus paljastuu vasta potilaan nukkuessa, jolloin valveaikaisen sympaattisen hermojärjestelmän hengitystä tehostava vaikutus poistuu ja hengityksen säätely on lähes täysin epäherkistyneiden kemoreseptoreiden (metabolisen) ohjauksen varassa. Voimakaimmat happikyllästeisyyden pienentymiset ja hiilidioksidipitoisuuden suurentumiset ilmaantuvat vilkeudessa (REM-unessa). Silloin hengityksen metabolinen säätely on epäherkimmillään ja keuhkorakkuloiden tuuletus paljolti pallealihaksen varassa (McNicholas

**TAULUKKO 2.** Pitkäaikaisen kaksoispaineventilaatiohoidon aiheita.

Keuhkosairaudet
Stabiili hyperkapninen keuhkohtaumatauti
Lihavuuteen liittyvä hypoventilaatio
Rintakehän epämuotoisuus
Keuhkosiirtoa vaativa sairaus
Vaikea uniapnea
Hermo-lihassairaudet
Korkea selkäydinvaurio
Pesäkekovettumatauti (MS = multipeliskleroosi)
Syringomyelia
Myeliitti
Motoneuronitaudit (yleisin amyotrofinen lateraaliskleroosi, ALS)
Polio, polion myöhäisoiroyhtymä
Spinaalinen lihastrofia
Polyradikuliitti (Guillain-Barrén oireyhtymä)
Palleahermon sairaudet
Myasthenia gravis
Lihasdystrofiat
Duchennen lihasdystrofia
Myotoninen dystrofia
Hartia-lantiodystrofia
Synnynäiset lihastaudit
Metaboliset lihastaudit (maltaasihapon puutos, mitokondriaaliset myopatiat)
Polymyosiitti

**TAULUKKO 3.** Valtimoverikaasulöydökset kroonisessa ventilaatiovajakuksessa.

Valtimoveren hiilidioksidiosapaine > 6 kPa
Valtimoveren happiosapaine < 8 kPa
Valtimoveren pH ↔
Valtimoveren emäsylimäärä ↑
Standardibikarbonaatti ↑

2000, Goldstein ym. 2002). Valveilla tehdyt mittaukset eivät luotettavasti ennusta yöllisen hypoventilaation vakavuutta. Yksinkertaisimmillaan riittää yöllinen oksimetrirekisteröinti, jonka lisäksi tutkitaan valtimoverikaasuanalyysi aamulla. Yöllisen ihohiilidioksidin ja nenän virtauspainemittauksen rekisteröiminen mahdollistaa myös hypoventilaation, uniapnean tai osittaisen ylähengitystiehtauman toteamisen.

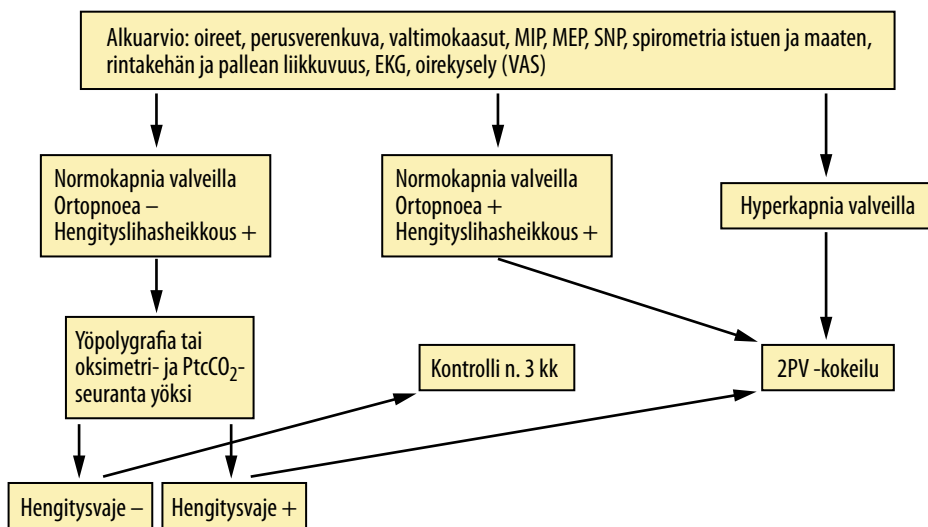
Uloshengitysilman CO<sub>2</sub>-mittaus (end-tidal CO<sub>2</sub>, P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>) ei ole luotettava, jos potilaan keuhkojen tuuletus tai verenkierto eivät ole taiseesti jakautuneet. Univaiheiden rekisteröinti ei ole tarpeen taudinmäärityksessä.

Vitaalikapasiteetin pienennettyä alle 30 %:iin viitearvosta (tai alle yhden litran) ventilaatiovajakuksen esiintyminen on todennäköistä. Toisaalta normaali vitalikapasiteetti ei sulje pois ventilaatiovajausta. Neurologisilla potilailla spirometria on hyvä mitata istuen ja makuulla. Sisäänhengityskäyrä voi paljastaa poikkeavuuden lievästi bulbaarioireisella hermo-lihassairaudesta kärsivällä potilaalla, jolla uloshengityksen spirometrialöydös on normaali. Istuma-asennossa mitatun vitalikapasiteetin pieneneminen makuuasennossa vähintään 30 % viittaa molemminpuoliseen pallean toimintahäiriöön. Löydöstä tukee happikyllästeisyyden huononeminen ja pallean olematon tai paradoksaalinen liike makuuasennossa. Neurologisilla potilailla sisään- (MIP) ja uloshengityksen (MEP) enimmäispaineiden mittausta antaa lisätietoa. Mikäli MIP on negatiivisempi kuin -7,8 kPa, voidaan merkittävää hengitysilhasten heikkoutta pitää pois suljettuna. TYKS:n keuhkosairauksien klinikan

hermolihassairauspotilaan hengitysvajakuksen tutkimus- ja hoitokaavio on esitetty KUVASSA 1.

## Miten kaksoispaineventilaatiohoito vaikuttaa?

Kaksoispaineventilaattori (KUVA 2) avustaa potilaan hengitystä sekä sisään- että uloshengityksen aikana. Sisäänhengityspaineen avulla hengitystyö vähenee. Uloshengityspaine jarruttaa uloshengitysilman virtausta niin, että myös obstruktiivisten bronkiolien takana olevat keuhkorakkulat tyhjenevät. Uloshengityspaine jättää keuhkoihin myös suuremman jäännösilmatilavuuden parantaen keuhkojen happivarastoja. Yöllinen ventilaatiotuki vähentää keuhkojen mikroatelektaseja ja parantaa keuhkojen komplianssia. Ventilaatio parantaa kemoreseptorien herkkyyttä reagoida hiilidioksidipitoisuuden suurentumiseen, jolloin hypoventilaatio vähenee myös valveilla. Unen laadun ja päiväaikaisen suorituskyvyn paranemisen lisäksi myös hengitysvajakuksen äkilliset pahenemisvaiheet sairaalahoitoineen ja kustannuksineen vähenevät (Turkington ja Elliott 2000, Goldstein ym. 2002, Hill 2004, Simonds 2007).



**KUVA 1.** Hermo-lihassairauspotilaan hengitysvajakuksen hoitokaavio TYKS:n keuhkoklinikassa.

MIP = sisäänhengityksen enimmäispaine, MEP = uloshengityksen enimmäispaine, SNP = sniff nasal pressure

## Kaksoispaineventilaation peruseriaatteita

Kaksoispaineventilaattorissa on jatkuva virtaus, joka huuhtelee uloshengityksen tuottaman hiilidioksidin naamarissa tai letkustossa sijaitsevan ohivuotoreiästä kautta. Laite pysyy yleensä kompensoimaan varsin suuretkin naamarivuodot virtausta lisäämällä, joten naamarin ilmavuodoista huolimatta ventilaatio-tuki voi säilyä tehokkaana.

Kaksoispaineventilaatio muodostuu peruspaineesta (= uloshengityspaine, expiratory positive airway pressure, EPAP) ja sen päälle rakennettavasta sisäänhengityksen painetuesta (= sisäänhengityspaine, inspiratory positive airway pressure, IPAP). Kolmas tärkeä säädettävä muuttuja on sisäänhengityspaineen nousuaika. Kaksoispaineventilaatioon liittyvää terminologiaa on koottu **TAULUKKOO** 4.

**Uloshengityspaine** vastaa uniapneapotilaan CPAP-laitteesta tuttua vakiopainetta tai respiraattorin PEEP-arvoa (positive end expiratory pressure), jonka avulla voidaan varmistaa keuhkojen riittävä toiminnallinen jäännös-

kapasiteetti ja keuhkojen happivarasto. Riittävä uloshengityspaine pitää potilaan ylähengitystiet avoimina unen aikana. Uloshengityspaineella jarrutetaan myös uloshengitystä keuhkorakkuloiden tasaisen tyhjenemisen varmistamiseksi. Uloshengityspaine on tavallisimmin 4–8 cmH<sub>2</sub>O, mutta ylipainoisilla ja uniapneasta kärsivillä usein jopa 8–14 cmH<sub>2</sub>O. Eteisvärinäpotilailla tavallista korkeammat uloshengityspaineet voivat johtaa laskimopaluun estymisen hemodynaamiseen ongelmaan (matala pulssipaine). Jos rintakehä on sairauden vuoksi jäykistynyt (esim. ALS), voidaan joutua käyttämään poikkeuksellisen matalia uloshengityspaineita (2–4 cmH<sub>2</sub>O).

**Sisäänhengityksen painetuella** (pressure support, PS) tarkoitetaan sisäänhengityksen ajaksi kytkeytyvää korkeampaa painetta, jonka avulla ulkoilma saadaan virtaamaan keuhkoihin. Sisäänhengitys kytkeytyy yleensä automaattisesti, kun laite tunnistaa potilaan vaimeankin sisäänhengitysyrittäksen. Sisäänhengityksen painetuen avulla saadaan suurennettua kertahengitystilavuutta ja keuhko-tuuletusta. Painetuen tulee olla riittävä (6–

**TAULUKKO 4.** Kaksoispaineventilaatiohoidossa käytettyjä termejä.

Lyhenne	Selitys
IPAP	Sisäänhengityspaine (inspiratory positive airway pressure)
EPAP	Uloshengityspaine (expiratory positive airway pressure)
PS	Painetuki (pressure support), sisään- ja uloshengityspaineen erotus
Nousuaika	Aika, jonka kuluessa säädetty sisäänhengityspaine kussakin sisäänhengityssyklissä saavutetaan (rise time)
IPAP <sub>max</sub> = T <sub>i</sub> <sub>max</sub>	Enimmäisaika, jonka sisäänhengityssykli kestää
IPAP <sub>min</sub> = T <sub>i</sub> <sub>min</sub>	Vähimmäisaika, jonka sisäänhengityssykli kestää
Taustataajuus	Pienin sallittu hengitystaajuus (back-up rate). Jos potilaan oma hengitystaajuus pienenee alle taustataajuuden, käynnistyy sisäänhengitysvaihe automaattisesti.
S-moodi	Spontaani hengitysmalli, vain spontaaneja sisäänhengityksiä tuetaan
S/T-moodi	Spontaanin ja ajastetun hengitysmallin yhdistelmä
T-moodi	Ajastettu hengitysmalli, ventilaatio tapahtuu laitteeseen säädetyn kiinteän hengitystaajuuden mukaan
Laukaisu(herkkyys)	Pienin sisäänhengitysvirtaus, joka vaaditaan, jotta kone tunnistaa sisäänhengitysyrittäksen (trigger) ja laukaisee sisäänhengityspaineen
Jaksotus	Sisäänhengitysvirtauksen väheneminen tiettyyn raja-arvoon, jolloin kone siirtyy uloshengityssykliin (cycle)

16 cmH<sub>2</sub>O) hengitystyön vähentämiseksi ja keuhkotuuletuksen turvaamiseksi. Sisäänhengitys voidaan myös ajastaa, jolloin sisäänhengityspaine kytkeytyy päälle ilman tunnistettavia sisäänhengitysyrikyksiä. Ilman potilaan spontaaneja hengitysyrikyksiä ajastettujen sisäänhengitysten kyky tuulettaa potilasta on kyseenalainen.

**Sisäänhengityspaineen nousuajalla** tarkoitetaan viivettä, joka alkaa laitteen tunnistettua potilaan sisäänhengityksen ja päättyy, kun sisäänhengityksen painetuki on noussut tavoite- tasolle. Nopea nousuaika syöttää tehokkaasti ilmaa henkeä haukkovalle potilaalle mutta saattaa johtaa sisäänhengitysilman epätasaiseen jakaumaan keuhkojen eri osien välillä. Kroonisessa ventilaatiovajeessa pitkä nousuaika (500–800 ms) on yleensä suositeltava. Pitkä nousuaika helpottaa suuremkin painetu- en sietämistä. Toisaalta jos hengitystaajuus on niin tiheä, että sisäänhengitys jää nousuaikaa lyhyemmäksi, ei tavoiteltu sisäänhengityspai- ne ehdi toteutua lainkaan sisäänhengityksen aikana.

**Sisäänhengityksen enimmäisajalla** (IPAP max, Ti max) tarkoitetaan enimmäisai- kaa IPAP-vaiheessa ennen EPAP-vaiheeseen siirtymistä. Normaalisti kaksoispaineventilaat- tori siirtyy IPAP:stä EPAP:hen potilaan spon- taanin hengityksen tahdissa, ja tämän vuoksi sisäänhengityksen enimmäisaika säädetään selvästi potilaan spontaania sisäänhengityksen enimmäisaikaa pidemmäksi (usein 2,0–2,5 s). Mikäli potilas ei pysty säädettyssä ajassa siir- tymään uloshengitysvaiheeseen, säädetty si- säänhengityksen enimmäisaika varmistaa, että sisäänhengitysvaihe ei jatku loputtomiin, jos laite ei tunnista potilaan uloshengitystä.

**Sisäänhengityksen minimiajan** (IPAP min, Ti min) säädöllä (usein 0,8–1,7 s) puolestaan varmistetaan sisäänhengityksen riittävä kesto nopeasti ja pinnallisesti hengittävällä potilaal- la. Pidempi sisäänhengityksen enimmäisaika ja sisäänhengityksen minimiaika mahdollis- tavat huonomminkin ventiloituvien keuhko- rakkuloiden värväämisen ja parantavat osal- taan ventilaatio-perfuusiosuhdetta. Keuhko- ahtaumatautipotilailla tulee toisaalta muistaa myös riittävä uloshengityksen kesto.

## Kaksoispaineventilaation aiheet kroonisessa ventilaatiovajakuksessa

Keuhkohtaumataudin vuoksi hyperkapniset potilaat ovat suurin kaksoispaineventilaat- toria pitkäaikaisesti käytävä potilasryhmä (TAULUKKO 2). Näyttö laitteen hyödyistä keuh- kohtaumataudin pitkäaikaishoidossa on osin kiistanalainen, mutta useissa Euroopan maissa sitä käytetään tässä potilasryhmässä enemmän kuin Suomessa (Consensus conference 2000, Wijkstra 2003, Lloyd-Owen ym. 2006, Si- monds 2007, McEvoy ym. 2009). Hyperkap- nisilla keuhkohtaumatautipotilailla näytön aste on luokkaa B (Simonds 2007). Kirjoit- tajien omat kokemukset puoltavat ventilaat- iohoidon käyttöä erityisesti hyperkapnisilla keuhkohtaumatautipotilailla, joilla hengen- ahdistus tai unihäiriöt ovat keskeinen ongel- ma. Osin ristiriitaiset tulokset kaksoispai- neventilaation hyödyistä keuhkohtaumataudissa johtunevat muun muassa potilasaineistojen erilaisuudesta ja käytettyjen ventilaattorien ja niiden säätöjen eroista. Kaikissa tutkimuksissa ei laitehoidon vaikuttavuutta ole suhteutettu esimerkiksi laitteen käyttötunteihin.

Monet neurologiset sairaudet, kuten ALS, lihasdystrofiat ja polion jälkitila, johtavat ventilaatiovajakukseen hengityselinten heike- tessä. Kaksoispaineventilaatio tehostaa näi- den potilaiden hengitystä, parantaa unen- ja elämänlaatua sekä pidentää elinikää. Se on osa vakiintunutta hoitoa (Consensus confe- rence 1999, Hill 2004, Saaresranta ja Polo 2005). ALS-potilailla näyttö hoidon tehosta on luokkaa A, mutta muun muassa Duchenne-potilailla luokkaa C (Simonds 2007). Duchenne-potilailla elinikä on tutkimusten mukaan pidentynyt vuosia kaksoispai- neventilaatiohoidon myötä, mutta satunnaistettuja

### NÄYTÖNASTEEN LUOKITUS

- A = vahva tutkimusnäyttö
- B = kohtalainen tutkimusnäyttö
- C = niukka tutkimusnäyttö
- D = ei tutkimusnäyttöä

kontrolloituja tutkimuksia ei nykytiedon valossa ole enää eettistä tehdä. Näin ollen näytönasteluokitus jää heikoksi (Simonds 2007). Rintakehän epämuodostumia ja restriktiivisiä ventilaatiovajausta aiheuttavat esimerkiksi kyfoskolioosi ja torakoplastian jälkitila. Tavanomaisessa uniapneassa CPAP-hoito on riittävä. Jos uniapneapotilaalla on lisäsairautena keuhkohtaumatauti, lihavuudesta johtuva hypoventilaatio (osalle näistäkin potilaista vaste CPAP-hoitoon on hyvä) tai restriktiivinen keuhkosairaus, kaksoispaineventilaatiolla voidaan hoitaa molempia sairauksia. TAULUKOSSA 2 on esitetty pitkäaikaisen kaksoispaineventilaatiohoidon aiheita ja TAULUKOSSA 5 hoidon aloituskriteerit obstruktiivisissa ja restriktiivisissä keuhkosairauksissa sekä hermo-lihassairauspotilailla (Consensus conference 1999, Hill 2004). Aloitusta voivat kuitenkin aikais-  
taa potilaan oireisuus tai taudin nopeutuva eteneminen.

### Kaksoispaineventilaation vasta-aiheet

Aina kaksoispaineventilaatio ei ole oikea hoitomuoto (TAULUKKO 6). Ventilaatiovajauksen aiheuttama lievä tai kohtalainen sekavuus korjaantuu yleensä nopeasti ventilaatiohoidon alettua. Runsas tai sitkeä lima ja heikko yskemisvoima aiheuttavat naamariventilaatiossa ongelmia, koska imeminen on hankalampaa kuin keinoilmatien kautta.

### Kaksoispaineventilaatiohoidon toteutus

Kaksoispaineventilaatio toteutetaan yleensä nenä-suunaamarin kautta (KUVAT 2 ja 3). Hoito voi onnistua myös pelkän nenänaamarin, sieraintulppien, suukappaleen tai henkitorviavanteen avulla. Nenä-suunaamarilla voidaan nenänaamaria paremmin estää hoitopaineen vuoto suusta sekä nenän kuivuminen. Potilaalle kerrotaan aluksi hoidon tarkoitus ja toteutustapa. Yhdessä potilaan kanssa tarkistetaan puhallin, letku, naamari ja uloshengitysilman poistumisreitti. Nenä-suunaamarista esitellään turvaventtiilin avautuminen siltä varalta, että

**TAULUKKO 5.** Pitkäaikaisen kaksoispaineventilaatiohoidon aloituskriteerit.

#### Oireita optimaalisen lääkehoidon tai happihoidon aikana sekä jokin seuraavista

##### Hermosto- ja lihassairaudet ja rintakehän sairaudet

PaCO<sub>2</sub> ≥ 6,0 kPa

Yöllinen hypoventilaatio<sup>1</sup>

FVC < 50 % odotusarvosta

MIP < 5,9 kPa

Toistuvia hiilidioksidin retentiosta aiheutuvia sairaalahoitojaksoja

##### Stabiili keuhkohtaumatauti

PaCO<sub>2</sub> ≥ 7,3 kPa ja yöllinen hypoventilaatio<sup>1</sup>

PaCO<sub>2</sub> ≥ 6,7 kPa ja sairaalahoitajakso vähintään kahdesti 12 kk:n aikana

<sup>1</sup>PaCO<sub>2</sub> ≥ 6,7 kPa ja yöllinen hypoventilaatio SaO<sub>2</sub> < 89 % vähintään viiden minuutin ajan yhtäjaksoisesti potilaan hengittäessä huoneilmaa tai tavallisesti käyttämäänsä happiisää PaCO<sub>2</sub> = valtimoveren hiilidioksidin osapaine, SaO<sub>2</sub> = valtimoveren oksihemoglobiinin happi-  
kylläisyys, FVC = voimistettu vitalkapasiteetti, MIP = maksimaalinen sisäänhengityspaine

**TAULUKKO 6.** Kaksoispaineventilaatiohoidon vasta-aiheet.

#### Absoluuttiset

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 aiheuttama

Hoitamaton ilmarinta

#### Suhteelliset

Sekavuus tai huono yhteistyökyky

Tuore sydäninfarkti

Epävakaa angina pectoris

Kohtalainen nielun toiminnan heikkous

Heikko yskänrefleksi tai sen puuttuminen

Tuore ruokatorven tai maha-suolikanavan leikkaus

Kasvojen epämuodostuma

puhallin sammuu esimerkiksi sähkökatkoksen aikana. Naamarin valintaan ja kiinnityksen säätämiseen paneudutaan huolellisesti. Ilmaletkusto kiinnitetään laitteeseen ja naama-



**KUVA 2.** Kaksoispaineventilaattoria suu-nenänaamarin kautta käyttävä potilas.



**KUVA 3.** Erilaisia kaksoispaineventilaatiohoidossa käytettäviä naamareita.

riin. Alkuvaiheessa potilas itse, hoitaja tai lääkäri voi pitää naamaria kasvoilla ja vasta pienen totutteluajan jälkeen se kiinnitetään paikoilleen. Aluksi käytetään yleensä nenä-suunaamaria, jonka kanssa potilas voi hengittää sekä suun että nenän kautta. Pitkäaikaisessa hoidossa pienempi ja kevyempi nenänaamari voi olla mukavampi ja naamarivuodot vähäisempiä. Silmiin suuntautuvaa naamarivuotoa ei saa esiintyä. Liian kireälle vedetty naamari aiheuttaa helposti ihon painevaurioita erityisesti nenänvarteen. Hengitysilman riittävästä kostuttamisesta huolehditaan mielellään lämminvesikostuttimen avulla. Kostutus lievittää nenän limakalvon ärsytystä, kuivuutta, kutinaa, verenvuotoja, tukkoisuutta ja vesinuhaa sekä suun kuivumista. Se myös helpottaa liman irtoamista.

Ennen puhaltimen käynnistämistä siihen säädetään sopivat aloitusasetukset. Aloituspainena voidaan pitää laihoilla potilailla 8/4 cmH<sub>2</sub>O. Lihavilla potilailla alkupaineiden on oltava korkeammat, esimerkiksi 12–14/6–8 cmH<sub>2</sub>O. Lääkärin tai hoitajan tulee olla aloitusvaiheessa potilaan äärellä ja kokeilemalla etsiä ja säätää hengitystä parhaiten ja miellyt-

tävimmin avustavia asetuksia. Alkuvaiheessa on tärkeää varmistaa, että laite seuraa potilaan hengitystä ja että paineet ovat riittäviä helpottamaan hengitystyötä. Niin ikään on huolehdittava potilaan sopeutumisesta koneeseen. Usein sopeutumisen ongelmana on liian matalien paineiden käyttö. Sisäänhengityksen nousuaikaa pidentämällä potilas sietää paremmin suuremmankin painetuen. Vaikeassa ventilaatiovajakuksessa oleva potilas kärsii usein myös unen puutteesta. Ventilaation tukeminen vähentää sympatikotoniaa, yhtenäistää ja syventää unta ja korjaa erityisesti vilkeunen vajetta. Unenaikainen happikylläisyys voi tuolloin jopa aluksi huonontua, samoin aamun hiilidioksidiarvo.

Heti ensi päivinä ihanteellisia paineita ei välttämättä saavuteta ja täysi hyöty kaksoispaineventilaatiosta saadaan vasta kuukausien kuluttua (Shönhofer ja Köhler 2000, Wijkstra 2003). Valtimoveren pH, emäsyylimäärä ja standardibikarbonaatti alkavat pian kohentua, mutta lopulliseen korjaantumiseen kuluu aikaa. Suuriin hiilidioksidipitoisuuksiin totuneilla potilailla hoidon alkuvaiheessa alle 8 kPa:n taso on riittävä.



## YDINASIAIAT

- ▶▶ Kaksoispaineventilaatio mahdollistaa hengityksen mekaanisen tukemisen tavallisella vuodeosastolla ja myös 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.
- ▶▶ Kaksoispaineventilaatiohoitoa tulisi hyödyntää nykyistä enemmän.

Paineita nostetaan yleensä 2 cmH<sub>2</sub>O kerrallaan ja etsitään painetukiarvo, jolla potilas ventiloituu riittävästi. Keuhkohtaumatauti tai uniapneapotilaat tarvitsevat usein melko korkeata IPAP-painetta (14–20 cmH<sub>2</sub>O), kun taas laihoilla hermo-lihassairauspotilailla pienemmät paineet riittävät.

Ventilointitapa voi olla joko spontaani, ajastettu tai näiden yhdistelmä. Spontaani ventiloitintapa on käytetyin; potilas aloittaa itse sisäänhengitysvaiheen ja ventilaattori seuraa sitä (= triggering), jolloin hengitys synkronoituu laitteen kanssa. Vastaavasti laite huomaa potilaan sisäänhengitysvaiheen muuttumisen uloshengitysvaiheeksi ja siirtyy EPAP-paineeseen (= cycling).

Laitteissa on yleensä mahdollisuus käyttää hengityksen taustataajuutta, jonka tarkoituksena on käynnistää sisäänhengitys automaattisesti, mikäli potilaan hengitystaajuus harvenee alle tietyn tason (esim. 8–10/min). Taustataajuuden merkityksestä ei ole tutkimuksia. Kaksoispaineventilaatio ei sovellu sentraalisen apnean tai pitkäkestoisen hengityspysähdyk-

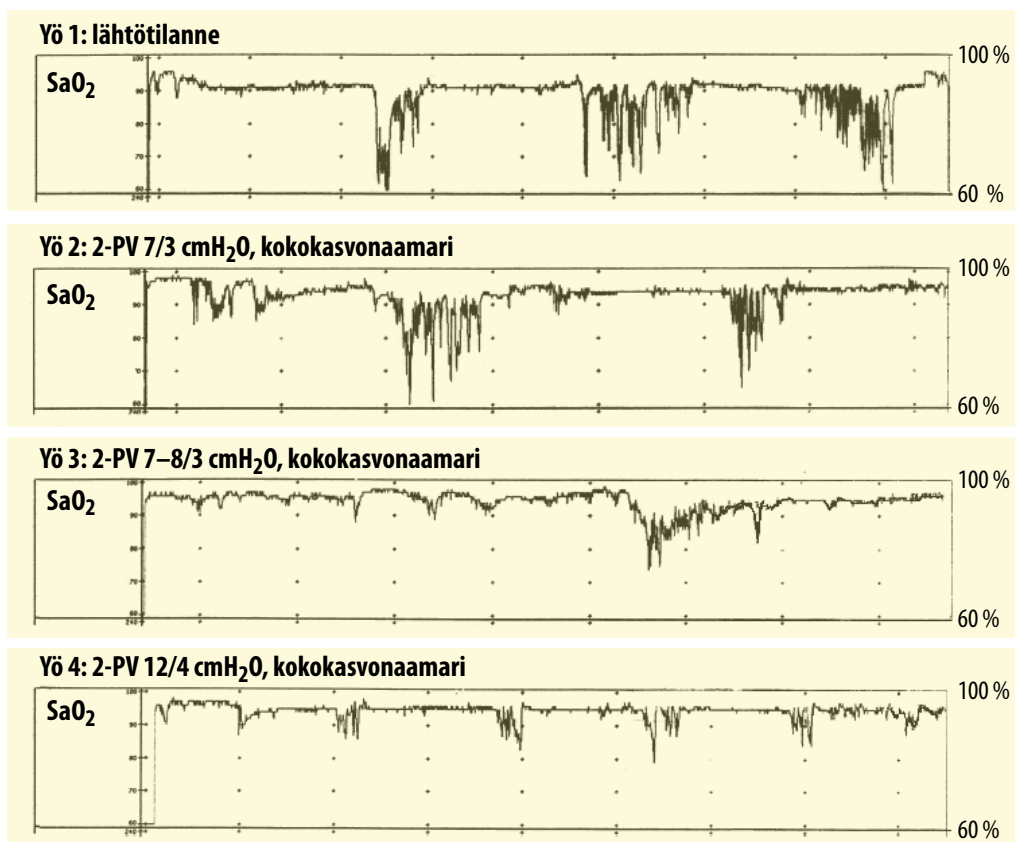
sen hoitoon. Taustataajuus on syytä pitää selvästi spontaania hengitystiheyttä harvempana (esim. 8–10/min), jotta ventilaattori ei sekoita potilaan omia hengitysyrityksiä.

Lisähapen anto kaksoispaineventilaatiohoidon yhteydessä on mahdollista ilman hiilidioksidiretention vaaraa. Letkuun voi ohjata lisähapetta esimerkiksi 0,5–10 l/min; usein jo 0,5 l/min korjaa tilaa. Jatkuvan ohivirtauksen vuoksi lisähapetta huuhtoutuu ulkoilmaan sitä enemmän, mitä korkeampia paineita käytetään. Happi voidaan syöttää paineletkun tyveen T-liittimen kautta tai naamarissa olevien porttien kautta. Optimaalisen ventilaation säilyttämiseksi kroonisessa ventilaatiovajakuksessa lisähapella tavoitellaan 90–92 %:n happikylläisyyttä. Happilisläällä ei tule suurentaa happikylläisyyttä yli 92 %:n.

Valtimoveren happikylläisyyttä seurataan pulssioksimetrin (KUVA 4) ja mielellään myös transkutaanisen hiilidioksidiosapaineen mittausten avulla ainakin ensimmäisenä yönä kaksoispaineventilaatiohoitoa aloitettaessa. Ventilaattoria säädetään tarpeen mukaan yön mittaan. Laitetta säädellään ensisijaisesti hengitystyön vähentämiseksi, ei valtimoverikaasujen normalisoimiseksi. Hengitystyötä arvioidaan tarkkailemalla potilaan hengitystaajuutta, rintakehän liikkeitä sisään- ja uloshengityksen aikana sekä kykyä puhua hengenvetojen välillä.

Kroonisen hengitysvajauksen vuoksi aloitetun ventilaatiohoidon hoitovaste arvioidaan 1–2 kuukauden kuluttua. Ventilaattoria tulisi käyttää yli viisi tuntia yössä. Laitteen talletamat tiedot hoidon tehosta tarkistetaan. Kertahengitystilavuuden tulisi olla noin 10 ml/kg ja apnea-hypopneaindeksin pienempi kuin 5/h. Naamarin sopivuus tarkistetaan ja potilaan oireet sekä niiden muuttuminen selvitetään hoidon aikana. Tehdään kliininen tutkimus, tutkitaan valtimoverikaasut (mielellään aamulla potilaan herättyä ja hengittäessä vielä laitteen kautta) sekä rekisteröidään koko yön happikylläisyys pulssioksimetrilla ja mahdollisuuksien mukaan myös transkutaaninen hiilidioksidiosapaine.

Potilaan tottuessa kaksoispaineventilaatioon ventilaattorin tehoja voidaan lisätä.



**KUVA 4.** Kroonisessa ventilaatiovajakuksessa yölliset happikyllästeisyyden laskut liittyvät erityisesti vilkeuneen. Kuvassa neljän peräkkäisen yön valtimoveren happikyllästeisyysskäyrät, joissa nähdään vilkeunijaksojen normalisoituminen kolmesta jaksosta viiteen, kun kaksoispaineventilaatiohoitoa on neljäntenä yönä toteutettu riittävin painein.

Myöhempien seurantakäyntien tiheys määräytyy oireiden vaikeuden, perussairauden ja sen oletetun etenemisnopeuden mukaan. Kuntoutusohjaajan kotikäynnit ja laitehuoltajan tekemät laitteen tarkistukset kuuluvat asiaan. Kun hoito sujuu ongelmitta, seurantakäyntejä voidaan tehdä puolen vuoden tai vuoden välein.

### Kaksoispaineventilaatiohoidon ongelmatilanteita

Huonosti säädetty ventilaattori on tavanomaisin syy siihen, ettei potilas sopeudu kaksoispaineventilaatioon. Usein paineet ovat riittämättömät, jolloin potilas voi joutua vedättämään laitetta. Hoidossa esiintyviä ongelmia käsitellään alla ja **TAULUKOSSA 7**.

Naamarin asettaminen kasvoille voi laukaista ahtaan paikan kammon. Joillakin klaustrofobiaa helpottaa mahdollisimman pienen maskin käyttö, toisilla taas kokokasvonaamarin valinta. Mikäli hoito ei paniikin vuoksi onnistu, voidaan potilaalle määrätä paniikkihäiriölääkitys ja aloittaa hoito 6–8 viikon kuluttua.

**Nenän tukkoisuuden lisääntyminen** kaksoispaineventilaatiohoidon aikana viittaa ilmapuotoon suun kautta. Nenän kautta kulkeva kiertoilma kuivaa limakalvon, joka yrittää korjata tilanteen laajentamalla verisuonia. Nenän tukkoisuutta voi parantaa estämällä suuvuoto nenä-suunaamarilla tai käyttämällä lämmitävää kostuttajaa. Nenäkortikosteroideista ja nenän keittosuolahuuhteluista on usein apua. Vesinuhaan kannattaa kokeilla myös ipratro-

**TAULUKKO 7.** Kaksoispaineventilaatiohoidon ongelmatilanteita.

Ongelma	Mahdollisia aiheuttajia ja korjausehdotuksia
Jatkuva hyperkapnia	Liian pieni painetuki (IPAP tai EPAP) Liian pieni kertahengitystilavuus Liian lyhyt sisäänhengitysaika Liian lyhyt nousuaika Liian pieni taustataajuus Hiilidioksidin takaisinhengittely; kuolleen tilan pienentäminen esim. naamaria vaihtamalla Potilas hengittää konetta vastaan Liian vähän käyttötunteja vuorokaudessa Liian suuri happilisa Liian suuri bentsodiatsepiini- tai opiaattiannos Respiraattorihoitoon tarve (mikäli hoidetaan aktiivisesti)
Jatkuva hypoksemia	Liian lyhyt sisäänhengitysaika Liian pieni uloshengityspaine (EPAP) Riittämätön happilisa Liian pieni taustataajuus Respiraattorihoitoon tarve (mikäli hoidetaan aktiivisesti)
Hypokapnia	Liian suuri kertahengitystilavuus; kokeile painetuen pienentämistä Liian suuri koneeseen säädetty taustataajuus
Potilaalla tunne, ettei saa tarpeeksi ilmaa	Riittämätön IPAP Riittämätön painetuki Liian pitkä nousuaika Hyperventilaatioreaktio
Potilas ja kone hengittävät eri tahtiin	Liian pitkä sisäänhengitys (IPAP max = Ti max). Potilaan sisäänhengitys on liian heikko käynnistämään IPAP:n; herkistä koneen triggeraustasoa. Muut virheelliset säädöt Nenänaamaria tai sieraintulpia käyttävä potilas hengittää suun kautta; vaihda nenä-suunaamariin

piumibromidia sisältäviä nenäsuihkeita.

**Nenävarren painevaurioiden** ehkäiseminen on tärkeää. Painevaurioille altistaa sopimaton naamari, jota vuotojen välttämiseksi joudutaan pitämään haluttua kireämmällä. Niin sanottua keinoihoja voidaan käyttää potilaan ihon suoja-  
na. Jos painevaurio on syntynyt, on käytettävä ainakin joitakin päiviä toisentyypistä naamaria, jolloin vaurioitunut iho pääsee paranemaan.

Kaksoispaineventilaatiohoito voi alkuvaiheessa parantaa liman nousua keuhkoputkista. Hengitystiehtauman riittävä hoito keuhkoputkia laajentavilla lääkkeillä ja kortikosteroidilla tulee varmistaa. Potilaan nesteytyksestä, lämminvesikostuttajasta ja fysioterapiasta on usein apua. Myös painetuen suurentaminen voi auttaa.

**Ilman nielemisestä** aiheutuvia vaivoja voidaan helpottaa antispasmodilääkkein, vasenta kylkiasentoa suosimalla ja hiilihappopitoisia juomia välttämällä.

**Uni on rikkonaista** joillakin potilailla, vaikka yleensä kaksoispaineventilaatio parantaa unen laatua (Schönhofer ja Köhler 2000). Syynä voivat olla masennus, ahdistuneisuus, häiritsevä ilmavuoto suusta, liian suuri painetuki, levottomat jalat -oireyhtymä, säryt tai diagnosoimatta jäänyt unenaikainen ylähengitystiehtauma. Viimeksi mainittua voidaan auttaa suurentamalla uloshengityspainetta.

Jos kaksoispaineventilaatiosta huolimatta potilaan sekavuus lisääntyy, limaisuus on hankalaa, hemodynaamikka muuttuu epästabiliiksi, happeutumisen huononee, hyperkapnia

pahenee ja asidoosi syvenee, on syytä siirtyä respiraattori- tai saattohoitoon. Saattohoidossa on muistettava riittävä opiaatti- ja bentso-diatsepiinilääkitys hengenahdistuksen lievittämiseksi. Kaksoispaineventilaationaamari poistetaan vasta, kun potilas on syvästi tajuton, ellei potilas erityisesti halua siitä aiemmin luopua. Naamarin poistaminen tajuissaan olvalta potilaalta aiheuttaa potilaalle voimakasta hengenahdistusta.

## Lopuksi

Kaksoispaineventilaatio on vakiintunut ja tehokas hoito monissa kroonista ventilaatiovajausta aiheuttavissa tiloissa. Se on potilaalle miellyttävä hoitotapa ja onnistuu sekä tavallisella vuodeosastolla että potilaan kotona. Par-

haimmillaan kaksoispaineventilaatiohoidolla vältetään invasiivinen hengityskonehoito teho-osastolla. Kotona kaksoispaineventilaatio antaa hengitysvajauspotilaalle turvan, jonka varaan hän voi siirtää osan lisääntyneestä hengitystyöstään niin päiväaikaisen hengenahdistuksen kuin yöunenkin aikana. ■

**TARJA SAARES RANTA, LT, dosentti, osastonyliääkäri**  
TYKS:n keuhkosairauksien klinikka

**ULLA ANTTALAINEN, LT, erikoislääkäri**  
TYKS:n keuhkosairauksien klinikka

**OLLI POLO, professori, yliääkäri**  
TAYS:n keuhkosairauksien vastuuyksikkö

### SIDONNAISUUDET

**Tarja Saaresranta:** Luentopalkkio (FILHA ry, Professio Finland, ResMed Finland)

**Ulla Anttalainen:** Ei sidonnaisuuksia

**Olli Polo:** Ei ilmoitusta sidonnaisuuksista

### KIRJALLISUUTTA

- Brander PE. Noninvasiivinen ventilaatio ja äkillinen hengitysvajaus. *Duodecim* 2011;127:167–74.
- Consensus conference. Clinical indications for noninvasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD, and nocturnal hypoventilation – a consensus conference report. *Chest* 1999;116:521–34.
- Goldstein RS, Brooks D, Davis L. Sleep in patients with neuromuscular and chest wall disorders. Kirjassa: McNicholas WT, Phillipson EA, toim. *Breathing disorders in sleep*. Philadelphia, Pennsylvania: W. B. Saunders 2002, s. 310–22.
- Hill NS. Noninvasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care* 2004;49:72–87.

- Laaksovirta H. ALS-potilaan oireenmukainen hoito vaatii osaamista. *Duodecim* 2005;121:222–6.
- Lloyd-Owen SJ, Donaldson GC, Ambrosino N, ym. Patterns of home mechanical ventilation use in Europe: results from the Eurovent survey. *Eur Respir J* 2005; 25:1025–31.
- McEvoy RD, Pierce RJ, Hillman D, ym. Australian trial of non-invasive Ventilation in Chronic Airflow Limitation (AVCAL) Study Group. Nocturnal non-invasive nasal ventilation in stable hypercapnic COPD: a randomised controlled trial. *Thorax* 2009;64:561–6.
- McNicholas WT. Impact of sleep in COPD. *Chest* 2000;17:485–535.
- Saaresranta T, Polo O. Krooninen hengitysvajaus. Kirjassa: Kinnula V, Brander P, Tukiainen P, toim. *Keuhkosairaudet*.

- 3. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim 2005, s. 664–83.
- Schönhofer B, Köhler D. Effect of non-invasive mechanical ventilation on sleep and nocturnal ventilation in patients with chronic respiratory failure. *Thorax* 2000;55:308–13.
- Simonds AK, toim. *Non-invasive respiratory support. A practical handbook*. 3. painos. London: Edward Arnold. Ltd. 2007.
- Turkington PM, Elliott MW. Rationale for the use of noninvasive ventilation on chronic ventilatory failure. *Thorax* 2000; 55:417–23.
- Wijkstra PJ. Non-invasive positive pressure ventilation (NIPPV) in stable patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Respir Med* 2003;97:1086–93.

## Summary

### Possibilities of bi-level positive pressure ventilation in chronic hypoventilation

During the last decade, noninvasive bi-level positive pressure ventilation has enabled respiratory support in inpatient wards and at home. In many cases, a bi-level airway pressure ventilator can be used to avoid artificial airway and respirator therapy, and may shorten hospital stay and save costs. The treatment alleviates the patient's dyspnea and fatigue, whereby the quality of life improves, and in certain situations also the life span increases. The implementation of bi-level positive pressure ventilation by the physician requires knowledge of the basics of respiratory physiology and familiarization with the bi-level airway pressure ventilator.