

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Hoitotyön koulutusohjelma / hoitotyö

Marjo Piispa

SERVO-I-TIETOKOOSTE

2014

SISÄLLYS

1 HENGITYSKONE SERVO I	5
1.1 Servo-i-hengityslaitejärjestelmä V7.0	5
1.2 Laitteen osat	6
1.2.1 Käyttöliittymä	7
1.2.2 Potilasyksikkö	8
1.2.3 Hengityskanava	9
1.3 Aktiivikostutin, suodatin ja bakteerisuodatin	10
1.4 Servo-U -hengityskone	12
2 HENGITYSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO JA HENGITYSKONEHOIDON LOPETTAMINEN	12
2.1 Hengityskoneen käyttöönotto	12
2.2 Hengityskonehoidon lopettaminen	14
3 HENGITYSHOITON LIITTYVÄT KÄSITTEET	15
3.1 Hengityskoneen säädetyt ja mitatut arvot	15
3.2 Hengityskonearvojen lyhenteet ja selitykset	16
4 HENGITYSMUODOT JA -TILAT	18
4.1 Invasiiviset hengitysmuodot (invasive ventilation)	18
4.1.1 SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation)	18
4.1.2 Paineohjaus (PC)	19
4.1.3 Painetuki (PS)	19
4.1.4 NAVA eli Neuraalisesti ohjattu ventilaatio	20
4.1.5 Spontaani hengitys/CPAP	20
Muut invasiiviset hengitysmuodot, jotka ovat harvemmin teholla käytössä	20
Painesäätöinen tilavuusohjaus (PRVC)	20
Volyymituki (VS)	21
Volyymikontrolli (VC)	21
BI-vent	21

Korkeataajuusventilaatio HFOV eli high-frequency oscillatory ventilation	21
4.2 Ei-invasiiviset hengitysmuodot eli NIV (non-invasive ventilation)	22
4.2.1 NASAALI CPAP	22
4.2.2 NIV-paineohjaus ja -painetuki	22
4.2.3 NAVA eli Neuraalisesti ohjattu ventilaatio	24
5 NAVA JA NIV NAVA	25
5.1 Edi-katetrin käyttöönotto	26
5.2 Mahdolliset ongelmat	28
6 LÄÄKEAINESUMUTIN AERONEB	29
6.1 Hoidon aloittaminen	32
6.2 Erillinen inhalointi-moduuli	33
7 TYPPIOKSIDI	34
7.1 Pääperiaatteet typpihoidosta	34
7.2 Uusi Inovent -laite	36
8 HELIOX-KAASU	37
8.1 Pääperiaatteet Heliox-hoidosta	37
8.2 Heliox-hoidon aloitus, kun helium aloitetaan samaan aikaan, kun potilas kytetään ventilaattoriin	38
8.3 Heliox-hoidon aloitus, kun potilas on jo kytkettynä ventilaattoriin	38
8.4 Heliox-hoidon lopetus	39
8.5 Kun helium-pullo tyhjenee hoidon aikana	39
9 LISÄTOIMINNOT	40
9.1 Varmistushengitystila (backup ventilation)	40
9.2 Imutuki	41
9.3 Vertailukäyrien eli loopien näyttäminen	42
9.4 Erityistoiminnot	43
9.5 Hiilidioksidimittaus	44
10 HENGITYSKONEEN KULJETTAMINEN JA AKUT	45
11 NÄYTÖN HÄLYTYKSET	47

11.1 Hälytysrajojen näyttäminen ja asettaminen	47
11.2 Hälytyksen aktivoituminen	47
Seuraavat tiedot tulevat monitorin näyttöön:	47
11.3 Käytössä olevien hälytysten näyttäminen	48
11.4 Hälytyksiin vastaaminen	48
11.5 Erityistä huomioitavaa hälytyksistä	49
12 SYVENTÄVÄÄ TIETOA ITSEOPISKELTAVAKSI	56
12.1 Hengityskonehoito	56
12.2 Lapsipotilaan hengityskonehoito teholla	58
12.3 Lapsipotilaan säästävä mekaaninen ventilaatio	59
12.4 Lapsen hengittämisen anatomiset ja fysiologiset erityispiirteet	62

1 HENGITYSKONE SERVO I

1.1 Servo-i-hengityslaitejärjestelmä V7.0

Servo-i-hengityslaitejärjestelmä on tarkoitettu lapsi- ja aikuispotilaiden hoitoon ja tarkkailuun, kun potilaan oma hengitystoiminta toimii puutteellisesti tai ei ollenkaan (Servo-i-käyttöopas, 6). Servo-i-hengityskonetta voidaan käyttää sekä invasiivisessa että ei-invasiivisessa hengityshoidossa. Lasten teho-osastolla on käytössä nk. yleiskäyttöinen versio, josta **valitaan joko lapsi- tai aikuispotilasluokka**.

Hengityskoneen **huoltaa** Maquetin valtuuttama erityiskoulutuksen saanut henkilö säännöllisin väliajoin.

Suorita aina käyttöä edeltävä tarkastus ennen hengityslaitteen kytkemistä potilaaseen. Hengityskoneen käyttö tulee keskeyttää, jos:

- tuntematon valintaikkuna tulee näyttöön
- laite aktivoi hälytyksen, jota ei voida selvittää
- laitteesta kuuluu epäilyttävää ääntä

Hengityslaite tulee olla **pystyasennossa** käytön aikana. **Lukitse pyörät**, mikäli hengityslaitetta ei aiota siirtää. Älä peitä hengityslaitetta millään tavalla, se voi heikentää laitteiston toimintaa.

Varmista, että hengityslaite on käynnissä, kun potilas yhdistetään siihen. Koneen ollessa valmiustilassa lukee näytössä valmiustila-sanan yläpuolella viesti *Potilasta ei ventiloida*.

Käytä aina **lämmön- ja kosteudenvaihtajaa** (aktiivihiilisuodatin lämmittävissä letkuissa tai perussuodatin ei-lämmittävissä letkuissa) keuhkokudoksen kuivumisen estämiseksi.

Taulukko 1. Servo-i:n suosituspainorajat

INVASIIVINEN HENGITYSHOITO		EI-INVASIIVINEN HENGITYSHOITO		
VASTASYNTYNYT	AIKUINEN	NIV PC + PS LAPSI	NIV NAVA LAPSI	NIV NASAALI CPAP
0,5 - 30 KG	10 - 250 KG	3 - 30 KG	0,5 - 30 KG	0,5 - 10 KG

(Servo-i-käyttöopas, 6 - 13.)

1.2 Laitteen osat

1. **Käyttöliittymä** hengityslaitteen eri hengityshoitotilojen säätämiseen, potilastietojen näyttämiseen ja hälytysten osoittamiseen. Asetuksia voidaan säätää joko näytön kosketuspainikkeita tai säätönuppia käyttäen.
2. **Potilasyksikkö** kaasujen sekoittamiseen ja arvojen mittaamiseen. Järjestelmässä on kaksi kaasumoduulia, yksi ilmaa ja toinen happea varten.
3. Potilaan **hengitysletkusto** - kaasujen annosteluun ja vaihtamiseen.



Kuva 1. Servo-i-hengityslaittejärjestelmä

1.2.1 Käyttöliittymä

Käyttöliittymässä on sekä kosketusnäyttö että säätönuppi-toiminto sekä muut näppäimet

Avaa haluttu näyttö painamalla näytön kosketuspainiketta tai näppäintä. Aktivoi haluttu kosketuspainike painamalla sitä. Valittu kosketuspainike on valkoinen ja siinä on sininen reunus. Siihen voidaan asettaa uusi parametriarvo.

Käännä säätönuppia, kunnes haluttu arvo ilmestyy näyttöön. Vahvista asetukset painamalla parametrin kosketuspainiketta tai säätönuppia. Painike muuttuu takaisin harmaaksi osoittaen, että uusi arvo on asetettu. Ota uudet asetukset käyttöön painamalla *Hyväksy* tai aloita alusta painamalla *Peruuta*. (Servo-i-käyttöopas, 22.)

Käyttöliittymässä on kolme eri näppäinryhmää:

1. Ryhmän 1 näppäimet aktivoivat monitorin toimintoja, kuten *Tallenna*, ja avaavat eri valintaikkunoita, kuten *Valikko*.
2. Ryhmän 2 näppäimet käynnistävät hengityslaitteen erityistoimintoja.
3. Monitorin alaosassa olevat neljä pyöreää nuppia ovat käyttönuppeja. Niiden avulla käyttäjä voi hallita neljää hengitysparametria, jotka valitaan automaattisesti hengityshoitotilan mukaan. Neljän käyttönupin parametrit näytetään näytön alaosassa värillisinä palkkeina.

Käännä muutettavaa parametria vastaavaa käyttönuppia, kunnes haluttu arvo tulee näyttöön. Huomio! Käyttönuppia käytettäessä parametri muuttuu välittömästi alkaen seuraavasta hengityksestä, eikä lisävahvistusta tarvita. Säätönuppi ja käyttönupit lakkaavat toimimasta 2 sekunnin ajaksi, kun käyttäjä saavuttaa säädettävälle parametrille asetetun turvarajan.

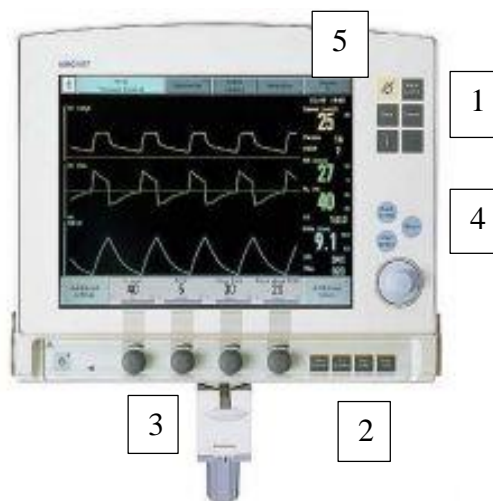
Näytön alaosan värilliset palkit osoittavat, ovatko parametriarvot yleisesti tunnistettujen turvarajojen sisällä. Keltainen palkki osoittaa, että vastaava arvo on turvarajojen ulkopuolella. Näyttöön tulee varoitusviesti ja laite antaa merkkiään. Punainen palkki osoittaa, että vastaava arvo on huomattavasti turvarajojen ulkopuolella. Näyttöön tulee viesti ja laite antaa merkkiään. (Servo-i-käyttöopas, 24-26.)

Käyttöliittymän valintaikkunat avataan Valikko-näppäintä painamalla.

4. Paina Valikko-näppäintä ja näyttöön tulee kosketuspainikkeet, joilla eri ikkunat avataan.(Servo-i-käyttöopas, 26.)

Statuspainike näyttää hengityslaitteen käyttämän teholähteen eli verkkovirta, akkuteho tai ulkoinen 12 voltin tasavirta. Jos hengityslaite käy akkuteholla, näytössä näytetään akun jäljellä oleva varausaika minuuteissa.

5. Valitse Status-painike. Näyttöön tulee statusikkunan painikkeet. (Servo-i-käyttöopas, 26.)



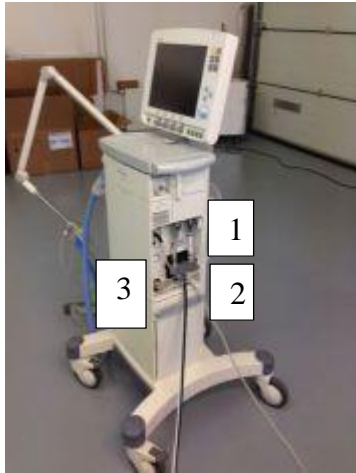
Kuva 2. Servo-i-käyttöliittymä

1.2.2 Potilasyksikkö

Potilasyksikkö koostuu seuraavista osista:

1. Kaasuletkut ja niiden liitinportit
2. Virtajohdot ja niiden liitinportit

3. Lisävarusteiden liitinportit
4. Sisään- ja ulostulohengityksen portit
5. Moduulilokero



Kuva 3. Potilasyksikkö



Kuva 4. Potilasyksikkö

(Servo-i - käyttöopas, 28.)

1.2.3 Hengitysletkusto

Hengityskoneeseen on saatavilla lämmittävät ja ei-lämmittävät letkut. Lämmittäviä letkuja käytetään aktiivisuodattimen kanssa. Yleissääntönä tehollamme on, että ei-lämmittäviä letkustoja käytetään korkeintaan vuorokausi. Hengityshoidon pitkittyessä tulee potilaalle vaihtaa lämmittävät letkustot.

Valittavana ovat joko pienet letkut (alle 15kg painavalle potilaalle) tai isot letkut (yli 15kg painavalle potilaalle).

Hengitysletkustot ovat kertakäyttöisiä. Letkustot vaihdetaan kerran viikossa, tällöin on suoritettava myös letkuston tiivistystarkastus.



Kuva 5 Hengitysletkusto (ei-lämmittävät)

(Servo-i-käyttöopas, 6.)

1.3 Aktiivikostutin, suodatin ja bakteerisuodatin

Lämmittävien letkujen kanssa käytetään erillistä kostutinta, nk. aktiivikostutinta. Tällöin ei käytetä suodatinta letkuston ja intubaatioputken välissä. Bakteeri-virussuodatin tulee kuitenkin aina hengityskoneen ja ulostuloilmaletkun väliin (nk. uloshengitysporttiin).

Käyttöä edeltävä tarkastus on tehtävä niin, että vesi ja aktiivikostutin on lisätty järjestelmään. Näiden käyttö voi aiheuttaa muutoksia hengityskoneen antamaan potilaspaineeseen.

Ei-lämmitettävien letkujen kanssa käytetään HME-suodatinta (heat moisture exchanger) letkuston ja intubaatioputken välissä sekä bakteeri-virussuodatinta hengityskoneen ja ulostuloilmaletkun välissä.

Aktiivikostuttimesta tulee valita joko intubaatio- tai maskivaihtoehto potilaan hengityshoitotyyppin mukaan. Muita säätöjä ei kostuttimessa ole hälytyksen vaimennusnapulaa ja virtakytkintä lukuun ottamatta.

(Servo-i-käyttöopas 2012, 186.)



Intubaatio/maski -nap-
pula

Virtakytkin

Hälytyksen vaimennus

Kuva 6. Aktiivikostutin



Kuva 7. Aktiivikostutin liitettynä Servo-i -hengityskoneeseen sekä vihreä bakteeri-
virussuodatin uloshengitysportissa.

1.4 Servo-U -hengityskone

Hengityskoneet päivittyvät tekniikan kehittymisen myötä. Teholle ollaan hankkimassa yksi uusi Servo-U -hengityskone. Pääperiaatteiltaan kone on Servo-i:n kaltainen, mutta uuden koneen käyttöliittymää ohjataan kosketusnäytöstä.

2 HENGITYSKONEEN KÄYTTÖÖNOTTO JA HENGITYSKONEHOIDON LOPETTAMINEN

2.1 Hengityskoneen käyttöönotto

1. Kytke laitteen **virta- ja kaasujohdot** (ilma ja happi). Hengityskone **käynnistää** monitorin takaa, käynnistysnappi on sivulle tai alas vedettävän läpän alla.
2. Näyttöön tulee ruutu, jossa tarjotaan **käyttöä edeltävää tarkistusta**. Suorita käyttöä edeltävä tarkastus ennen hengityslaitteen kytkemistä potilaaseen valitsemalla *Kyllä*-vaihtoehto. Jos potilasletkusto vaihdetaan, potilasletkuston tiiviystarkastus on tehtävä uudestaan. Näyttöön tulee viesti jokaisen käyttöä edeltävän tarkastuksen jälkeen: *Peruutettu, Epäonnistunut, Kesken, Hyväksytty tai Käynnissä*. Vahvista ja tallenna käyttöä edeltävät tarkastukset painamalla *OK*. Hengityslaite siirtyy valmiustilaan.

Huom! Tarkastuksessa tarvitaan Servo-i:n etulaatikossa olevaa sinistä testiletkaa. Kone ohjaa, koska letku liitetään sisäänhengitys- ja uloshengitysportteihin.

Huom! Liitä hengitysletkusto, kun kone antaa käskyn. Liitä samalla myös lämmitävien letkujen aktiivikostutin ja lisää kostuttimen kennossa valmiina olevaan letkuun Aqua Steril-pussi.

Huom! Letkujen tiiviystarkastuksessa letkuston voi tukkia letkussa kiinni olevalla korkilla tai käsin.

Huom! Kohdassa irrota virtajohto - seuraa koneen ohjeita (irrota ja liitä rauhassa).

Huom! Tarkastuksessa on kohta Y-sensori, tätä laitetta ei meillä ole eikä tarkastus siltä osin mene läpi (ts. kohta jää keltaiseksi).

Huom! Katso taulukko 3.

3. Kun käyttöä edeltävä tarkastus on suoritettu, käyttäjää pyydetään joko säilyttämään tai poistamaan vanhat potilaaseen liittyvät tiedot. Uuden potilaan kohdalla poista tiedot, saman potilaan kohdalla säilytä tiedot tarvittaessa.

4. **Potilasletkuston tarkastuksen** tila näytetään kohdassa *Status/potilasletkusto*. Potilasletkuston testi tehdään valmiustilassa. Potilasletkuston testi ei korvaa käyttöä edeltävää tarkastusta, vaan se on suoritettava aina ennen hengityslaitteen kytkemistä potilaaseen.
5. Jos testi epäonnistuu, tarkista mahdollinen korjaustoimenpide Servo-i-käyttöopasta. (Servo-i-käyttöopas, 44 - 49.)
6. **Valitse potilaskategoria:** aikuinen tai lapsi. Hengityshoidon aikana *Valikko*-näppäimestä painamalla tulee esiin komento *Muuta potilaskategoriaa*, vahvista tämä valitsemalla *Kyllä* tai peruuta valitsemalla *Ei*. (Servo-i-käyttöopas, 53.)
7. **Hengityshoitotyypin valitseminen.** Valitse invasiivinen ventilaatio tai ei-invasiivinen ventilaatio (mikäli koneessa NIV-toiminto).
8. Paina *Tila*-painiketta. Seuraavaksi paina aktivoitun tilapainikkeen nuolta. Valittavana olevat hengityshoitotilat tulevat näyttöön. Valitse haluttu hengityshoitotila.
9. Aseta hengityshoitotilaan liittyvät parametrit samassa ikkunassa säätönuppia kääntämällä. Vahvista jokainen tehty asetus painamalla parametrin painiketta tai säätönuppia.
10. Ikkunan kaikki asetukset aktivoidaan painamalla *Hyväksy* tai asetukset peruutetaan painamalla *Peruuta*. (Servo-i-käyttöopas, 53 - 57.)
11. **Hälytysrajojen asettaminen.** Paina *Hälytysprofiili* -näppäintä. Valitse säädettävää hälytysrajaa vastaava painike tai *Hälytysäänitaso*. Säädä arvoja säätönuppia kääntämällä. Vahvista jokainen tehty asetus painamalla parametrin painiketta tai säätönuppia. Ota uudet hälytysrajat käyttöön valitsemalla *Hyväksy*. Voimassa olevat hälytysrajat näytetään hengityshoidon aikana pienempinä numeroina näytön oikeassa reunassa.
Huom! Säätönappi ei toimi 2 sekuntiin, kun säädettävälle hälytysrajalle määritetty turvaraja saavutetaan. Tämän jälkeen se toimii taas. (Servo-i-käyttöopas, 53 - 57.)
12. **Hengityshoidon aloittaminen.**
Invasiivisen hengityshoidon aloittaminen: Painamalla *Käynnistys/Valmiustila*-näppäintä tai painamalla *Aloita hengittäminen* -painiketta näytössä.
NIV-hengityshoidon aloittaminen: Kun *Käynnistys/Valmiustila*-näppäintä painetaan ja Servo-i-hengityslaittejärjestelmä on ei-invasiivisessa hengityshoitotilassa, näyttöön tulee odotusvalintaikkuna. Paina *Aloita hengittäminen*. Huom! Hengityshoito alkaa automaattisesti potilaan hengitysyhteyksestä.
13. **Muut säädöt -valintaikkuna.**

Muut säädöt -painike on näytön vasemmassa alakulmassa (esim. sisäänhengitysaika sekunneissa)

(Servo-i-käyttöopas, 58 - 59.)

Taulukko 2. Käyttöönottotarkastuksen suoritteet

Sisäinen vuototesti	Kytke sininen testiletku sisäänhengityksen ulostuloportin ja uloshengityksen sisääntuloportin väliin.
Akun kytkentätesti	Kun näyttöön tulee ohje, kytke hengityslaite irti verkkovirrasta. Kun näyttöön tulee ohje, kytke hengityslaite takaisin verkkovirtaan. Huom! Testiä ei suoriteta, jos akkutehoa on jäljellä vähemmän kuin 10 min.
Potilasletkuston tiiviystarkastus	Kytke potilaalla käytettävä kokonainen hengitysjärjestelmä. Jos aktiivikostutinta käytetään, se on täytettävä vedellä. Tuki hengitysjärjestelmän puoleinen pää ja noudata näytön ohjeita. Letkuston komplianssi ja vastus mitataan automaattisesti. Avaa hengitysjärjestelmän puoleinen pää ja noudata näytön ohjeita.
Hengitysletkuston kompensatio	Kun näyttöön tulee valintaikkuna <i>Kompensoidaanko letkustoa?</i> - Valitse <i>Kyllä</i> .

(Servo-i-käyttöopas, 46 - 48.)

2.2 Hengityskonehoidon lopettaminen

1. Kytke hengityslaitteen liitännät irti potilaasta.
2. Paina *Käynnistys/Valmiustila* -näppäintä.
3. Lopeta hengityshoito valitsemalla *Kyllä*.
4. Sammuta hengityslaite monitorin takana olevasta virtakytkimestä. (Servo-i-käyttöopas,63.)



Kuva 8. Käynnistys/valmiustila -näppäin

3 HENGITYSHOITON LIITTYVÄT KÄSITTEET

3.1 Hengityskoneen säädetyt ja mitatut arvot

Hengityskoneeseen **säädetyt** hengitysparametrien arvot näkyvät monitorissa **näytön alaosassa**. Arvot säädetään näiden alapuolella olevista nupeista tai *Tila*-painikkeen kautta valitsemalla *Hengityshoitotila* ja sieltä säätämällä parametria. Hengityshoidon aikana hengitysparametrien **mitatut tai lasketut** arvot näytetään monitorissa **näytön oikealla puolella**.

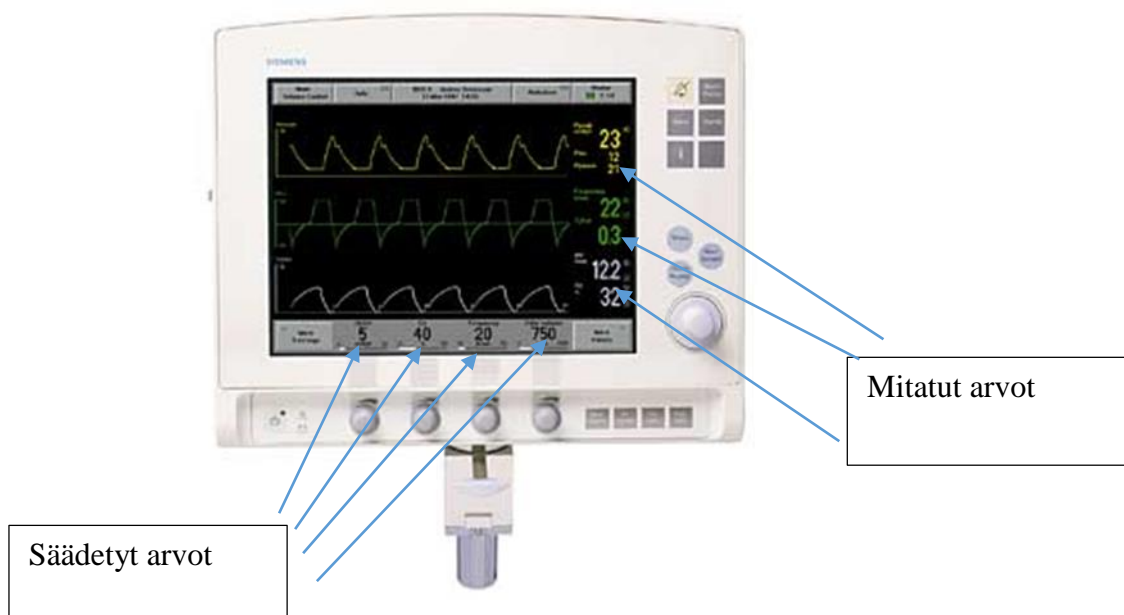
Hälytysrajat ilmaistaan pienin numeroin. Ylä- tai alanuoli ilmaisee, onko hälytyksen ylä- tai alaraja ylitetty.

* Ruutu on punainen, jos korkean tason hälytysraja ylitetään

*Ruutu on keltainen, jos keskitason hälytysraja ylitetään

*Asteikon ulkopuolella olevat arvot näytetään näytössä kolmena tähtenä ***

(Servo-i-käyttöopas, 66.)



Kuva 9. Säädetyt ja mitatut arvot

3.2 Hengityskonearvojen lyhenteet ja selitykset

Ohjattu/tuettu painetaso = PEEP-arvon yläpuolinen PC (paineohjaustaso) on jokaisen paineohjatun ja SIMV (PC) + PS -toiminnon *pakollisen hengityksen* sekä *painetukitoiminnon* ja NAVA:n *varmistushengitystilän* asetettu sisäänhengityspaineen taso. Painetuetussa tilassa painetukitaso on asetettu trigattuja hengityksiä varten.

Phuippu = Maksimi sisäänhengityspaine

Pkeski = Keskimääräinen hengitystiepain

PEEP = Positiivinen uloshengityksen loppupaine. Positiivista uloshengityksen loppupainetta ylläpidetään keuhkorakkuloissa ja sen avulla voidaan estää hengitysteiden luhistuminen.

CPAP = Jatkuva positiivinen hengitystiepain

RR = Hengitystaajuus. Hengitystaajuus on ohjattujen pakollisten hengitysten määrä minuutissa ohjatuissa tiloissa. Huomio: Kokonaisfrekvenssi voi olla suurempi, jos potilas hengittää ”koneen sekaan”.

SIMV-taajuus = Ohjattujen pakollisten hengitysten määrä SIMV-tiloissa, synkronoitu jaksottain pakotettu ventilaatio.

O₂ = Mitattu happipitoisuus tilavuusprosentteina. Kaasunsekoittimen asetusalue on 21 - 100% O₂. Hälytysrajat asetetaan automaattisesti noin viisi prosenttia asetetun O₂-pitoisuusarvon ala- ja yläpuolelle.

T_i = Sisäänhengitysaika, eli asetettu aika sisäänhengityksen kestolle

I : E = Sisään- ja uloshengityksen suhde (ainoastaan ohjatun hengityshoidon aikana) eli säädetään sisään- ja uloshengitysaika potilaan tarpeen mukaan. Lapsen normaali sisään-uloshengityksen suhde (I:E eli inspiratory:expiratory) on 1:2.

Hengitysjakson aika = Hengityksen kesto, ts. SIMV-toiminnon asetetun pakollisen hengityksen koko jakson pituus: sisäänhengitys, tauko ja uloshengitys.

Tilavuusasetus = Potilaalle määrätään painon mukainen minuuttitilavuus/kertahengitystilavuus. Nykysuositusten mukaan vastasyntyneille suositellaan 4-6 ml/kg kertatilavuutta ja isommille lapsille 5-8 ml/kg. Aikuisten suositus on 5-8ml/kg.

MV_e = Uloshengityksen minuuttitilavuus

MV_i = Sisäänhengityksen minuuttitilavuus

VT_i = Sisäänhengityksen kertahengitystilavuus

VT_e = Uloshengityksen kertahengitystilavuus

Vuoto = Vuoto % (NIV-muodoissa). Kuinka paljon tapahtuu maskin tai nenäkanyylien ohi vuotoa.

(Servo-i-käyttöopas, 67.)

Triggaustoiminto = Triggausherkkyydellä valitaan se potilaan oman hengitystoiminnan taso, joka käynnistää hengityslaitteen sisäänhengitystoiminnon. Triggausherkkyyys voidaan asettaa virtausohjattuun triggaukseen tai paineohjattuun triggaukseen. Herkkyyys asetetaan mahdollisimman suureksi itsetriggauksen poissulkemiseksi. Tämä takaa sen, että triggaus käynnistyy potilaan hengitystoiminnolla eikä hengityslaitteen kierron aiheuttamalla itsetriggauksella. (Servo-i-käyttöopas, 79 - 83.)

4 HENGITYSMUODOT JA -TILAT

Hengityslaitetta voidaan käyttää ohjatussa hengityshoidossa (controlled), tuetussa hengityshoidossa (supported) tai spontaanin hengityksen apuna (CPAP/NIV NAVA).

Hengitysmuodot jaetaan invasiiviseen ja ei-invasiiviseen muotoon. Invasiivinen hengityshoito toteutetaan intubaatioputken tai trakeakanyylin välityksellä hengityskoneella. Ei-invasiivinen tarkoittaa tiiviin naamarin/ nenäkanyylin (nenäprongit) avulla toteutettavaa joko jatkuvaa positiivista painetta hengitysteihin tuottava CPAP-hoitoa tai sisään- ja uloshengityksen aikana vaihtelevaa positiivista painetta aikaansaavaa ventilaatiota (NIV-hoitoa) hengityskoneessa.

4.1 Invasiiviset hengitysmuodot (invasive ventilation)

4.1.1 SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation)

Yhdistelmätila, jossa potilaalle annetaan hengityksen kanssa synkronoituja ja valitun SIMV-tilan mukaisia pakollisia hengityksiä. Potilas voi hengittää pakollisten hengitysten välillä spontaanisti painetuella. Pakollinen hengitys toimitetaan, jos asetetun hengitysjakson kestosta on kulunut 90% ilman käynnistysyritystä. Pakollinen hengitys määräytyy perusasetuksista, jotka ovat: valittu hengityshoitotila, hengitysjakson kesto, hengitystapa ja tilavuudet/paineet. Spontaanit/painetuetut hengitykset määräytyvät painetuen asetuksista.

SIMV-tiloja on kolmea eri tyyppiä:

1. SIMV (tilavuusohjaus) + painetuki

2. SIMV (paineohjaus) + painetuki
3. SIMV (PRVC) + painetuki

(Servo-i-käyttöopas, 111 - 121.)

4.1.2 Paineohjaus (PC)

Paineohjattu hengitys on ohjattu hengityshoitotila. Hengitystuki toimitetaan pakollisena esivalitulla painetasolla. Toimitettu tilavuus riippuu PEEP-tason ylittävästä paineesta, keuhkojen komplianssista (myötävyys) ja potilasletkuston sekä hengitysteiden vastuksesta. Tämä tarkoittaa, että kertahengitystilavuus voi vaihdella. Paineohjattua hengityshoitotilaa suositellaan silloin, kun hengitysjärjestelmässä on vuoto, esim. cuffitonta intubaatioputkea käytettäessä, tai silloin, kun suurinta mahdollista hengitystiepainetta pitää kontrolloida. Sisäänhengityksen aikainen virtaus on hidastuva. Potilas voi trigata ylimääräisiä hengityksiä. (Servo-i-käyttöopas, 93 - 96.)

Paineohjaus takaa esiasetetun sisäänhengityksen painetason säilymisen keskeytyksettä koko sisäänhengityksen ajan. Hengitykset toteutetaan esiasetetun hengitystaajuuden, sisäänhengityksajan ja sisäänhengityksen painetason sekä hidastuvan virtauksen mukaisesti. Sisäänhengitys käynnistyy esiasetetun hengitystaajuuden mukaisesti tai potilaan hengitysyrityksen triggaamana. (Servo-i-käyttöopas, 93 - 96.)

4.1.3 Painetuki (PS)

Painetuki on potilaan käynnistämä hengityshoitotila, jossa hengityslaite tukee potilaan hengitystoimintaa asetetulla vakiopaineella. Potilaan hengitysyrityksen aktivoimaa sisäänhengitystä tukee esiasetettu vakiopaine. Potilaan hengitysyritykset määräävät hengitystiheyden ja hengityksen keston. (Servo-i-käyttöopas, 102 - 105.)

Painetuetun hengityksen aikana potilas säätää hengitystaajuutta ja kertahengitystilavuutta hengityslaitteen tuella. Potilaan oman hengitystoiminnan voimistuessa painetukea voidaan asteittain vähentää. Jos apnean hälytysraja saavutetaan, hengityslaite siirtyy automaattisesti varmistushengitystilaan eli nk. backup-tilaan. (Servo-i-käyttöopas, 102 - 105.)

4.1.4 NAVA eli Neuraalisesti ohjattu ventilaatio

Tämä ventilaatiomalli hyödyntää potilaan spontaanin hengityksen aiheuttamaa pallean sähköistä aktiviteettia ja ohjaa sen avulla hengityskonetta. NAVA:a voidaan käyttää invasiivisen ja ei-invasiivisen hengitysmuodon kanssa. NAVA:n aikana potilas itse määrää kertahengitystilavuuden, hengitysfrekvenssin sekä paineolosuhteet PEEP-tasoa lukuun ottamatta. Hengityskoneen antama tuki määräytyy palleasignaalin avulla ja tätä voidaan tarkkailla asettamalla Edi-katetri ruokatorven kautta mahalaukkuun. Palleasignaalia kutsutaan Edi-signaaliksi eli ”electrical activity of diaphragm”. NAVA:a voidaan käyttää kaikilla potilailla, jotka tarvitsevat hengitystukea. Käyttö edellyttää, että sähkösignaali aivoista palleaan toimii ja että nenä-mahaletkun sisäänviennille ja vaihtamiselle ei ole vasta-aiheita. (Peltoniemi & Kallio 2013, 22.)

4.1.5 Spontaani hengitys/CPAP

Jatkuvaa positiivista hengitystiepainetilaa (CPAP) käytetään, kun potilas hengittää spontaanisti. Sisäänhengitys käynnistyy potilaan yrityksestä.

Huom! Apnea-aika on asetettava kunkin potilaan tilan mukaisesti. Jos apnean hälytysraja saavutetaan, hengityslaite siirtyy automaattisesti varmistushengitystilaan. Hälytys hälyttää henkilökunnan suorittamaan tarvittavat toimenpiteet, ts. joko palaamaan tuettuun tilaan tai siirtymään ohjattuun hengityshoitotilaan. (Servo-i-käyttöopas, 82 - 122.)

Muut invasiiviset hengitysmuodot, jotka ovat harvemmin teholla käytössä

Painesäätöinen tilavuusohjaus (PRVC)

Hengitykset suoritetaan pakollisesti esiasetus-tilavuuksien varmistamiseksi ja vakiolla sisäänhengityspaineella, joka sopeutuu jatkuvasti potilaan tilaan. Hengityslaite toimittaa esiasetetun kertahengitystilavuuden. Paineita säännöstellään automaattisesti toimitamaan esiasetettu tilavuus. (Servo-i-käyttöopas, 96 - 99.)

Volyymituki (VS)

Potilaaseen sopeutettu vakiosisäänhengitystuki toimitetaan potilaan oman hengitysyri-tyksen aktiivisena. Tuloksena saatavaa tilavuutta tarkkaillaan ja vakiosisäänhengitys-
paine säädetään automaattisesti halutulle tasolle. Hengitystaajuus ja kesto määräytyvät
potilaan hengityksen mukaan. (Servo-i-käyttöopas, 99 - 102.)

Volyymikontrolli (VC)

Virtaukseen/tilavuuteen keskittyvissä tiloissa ohjatulla virtauksella ylläpidetään asetet-
tua sisäänhengityksen kertahengitystilavuutta. Tilavuusohjattu hengityshoito takaa,
että potilas saa tietyn esiasetetun minuutti/kertahengitystilavuuden. (Servo-i-käyttö-
opas, 88 - 93.)

BI-vent

Paineohjattu hengityshoitotila, joka antaa potilaalle mahdollisuuden rajattomaan spon-
taaniin hengitykseen. Kaksi painetasoa asetetaan yhteen ja molemmilla on erikseen
asetettu kesto-aika. Spontaaneja hengitysyriytyksiä voidaan auttaa painetuella. (Servo-i-
käyttöopas, 120 - 122.)

Korkeataajuusventilaatio HFOV eli high-frequency oscillatory ventilation

Tämä toteutetaan Sensor Medics -hengityskoneella. Korkeataajuusventilaatiohoitoa
käytetään vaikeassa kaasujen vaihto-ongelmassa, kuten esimerkiksi vaikea akuutti
keuhkosairaus, jossa perinteinen hengityskonehoito ei auta. Ventilaatio toteutetaan
taajuudella 600-900/min kertatilavuuksien ollessa 1-2ml/kg. Tässä ventilaatiomu-
dossa keskipaine on normaalia korkeampi ja HFOV:n hyödyksi ovat osoittautuneet
atelektattisten keuhkonosien avautuminen, parempi kaasujen vaihto korkean ilmatie-
paineen avulla ja toisaalta paineen pieni vaihtelu pienentää keuhkojen syklistä venyt-
tymistä ja näin jopa vähentää keuhkovaurion riskiä. Hiilidioksidin poistoa säädetään
amplitudia säätämällä ja happeutumista keskipainetta säätämällä. Keuhkojen veny-
tysaste tarkistetaan röntgenkuvalla. (Peltoniemi & Kallio 2013, 22.)

4.2 Ei-invasiiviset hengitysmuodot eli NIV (non-invasive ventilation)

NIV tarkoittaa hengityshoitoa, jossa ei käytetä hengitys- tai intubaatioputkea eikä traakeakanyyliä. Siinä käytetään nenämaskia, kasvo- tai kokokasvosuojusta tai nenäkanyylejä. Maskin/happiviiksien valinnassa tulee ottaa huomioon oikea koko ja tarkka mukautuminen potilaan kasvoihin. Ei-invasiivisessa hengityshoidossa mitattu uloshengitystilavuus voi poiketa potilaan todellisesta uloshengitystilavuudesta maskin ympäriltä tapahtuvan vuotamisen takia. (Servo-i-käyttöopas, 123 - 126.)

Huom! Vältä korkeaa sisäänhengityspainetta, koska se voi johtaa mahalaukun distensioon ja aspirointivaaraan. Se saattaa myös aiheuttaa liikavuotoa. (Servo-i-käyttöopas, 123 - 126.)

4.2.1 NASAALI CPAP

Jatkuvaa nasaalista positiivista hengitystiepainetilaa käytetään, kun potilas hengittää spontaanisti. Nasaali CPAP-tilassa ei ole varahengityshoitoa. (Servo-i-käyttöopas, 123 - 128.)

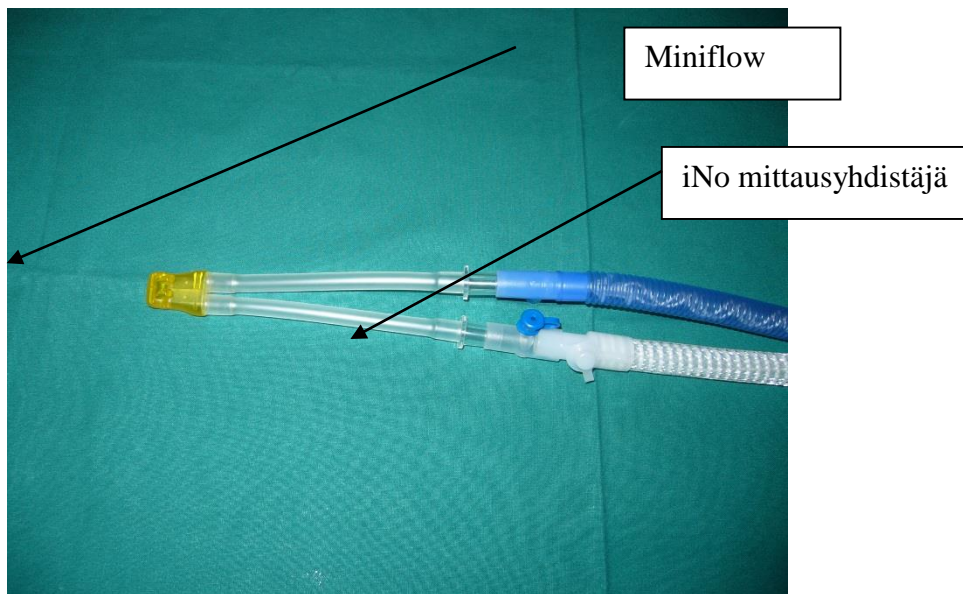
Huom! Kun käytetään nenäreittistä CPAP-tilaa, varmista, että hengitystiet ovat puhtaat ja esteettömät. Jos käytetään nenäsiivekkeitä, varmista, että ilma pääsee virtaamaan vapaasti kummankin siivekkeen kautta. Varmista, että potilasliitäntä on oikeankokoinen ja mukautettu oikein potilaille. (Servo-i-käyttöopas, 123 - 128.)

4.2.2 NIV-paineohjaus ja -painetuki

NIV PC on ohjattu hengitystoimintotila. NIV-toiminnon aikana hengityslaite sopeutuu automaattisesti vuodon vaihteluun vaaditun paine- ja PEEP-tason säilyttämiseksi. NIV PS on potilaan käynnistämä hengitystila, jossa hengityslaite tukee potilaan hengitystoimintaa asetetulla vakioaineella. (Servo-i-käyttöopas, 123 - 126.)

NIV pienillä hengityskoneletkuilla

1. Ota sellainen servo i ventilaattori, jossa teksti **NIV**. NIV:ssa potilaalle käytetään lämmittäviä hengityskoneen letkuja.
2. Ota letkustosta pois yhdistäjä, jolla letkusto liitetään intubaatioputkeen.
3. Laita uloshengitysetkuun pieni iNo mittauksessa käytettävä yhdistäjä.
4. Yhdistä letkustoon miniflow yhdistäjä. Valitse potilaan koonmukainen PRONG (nenäkanyyli) tai MASKI.
5. Kiinnitä PRONG tai MASKI miniflowhun
6. Valitse sopiva myssy, johon nenäkappale kiinnitetään tarranauhoilla.
7. Mikäli käyttöön otetaan **NIV NAVA**, varmista että Servo-i:ssä on NIV NAVA **ohjelma**. Aseta tarvittaessa Edi-katetri. (Sallankivi 2012.)



Kuva 10. NIV-letkusto



Kuva 11. NIV-myssy ja liitosletkusto

4.2.3 NAVA eli Neuraalisesti ohjattu ventilaatio

Tämä ventilaatiomalli hyödyntää potilaan spontaanin hengityksen aiheuttamaa pallean sähköistä aktiviteettia ja ohjaa sen avulla hengityskonetta. NAVA:a voidaan käyttää invasiivisen ja ei-invasiivisen hengitysmuodon kanssa. NAVA:n aikana potilas itse määrää kertahengitystilavuuden, hengitysfrekvenssin sekä paineolosuhteet PEEP-tasoa lukuun ottamatta. Hengityskoneen antama tuki määräytyy palleasignaalin avulla ja tätä voidaan tarkkailla asettamalla Edi-katetri ruokatorven kautta mahalaukkuun. Palleasignaalia kutsutaan Edi-signaaliksi eli ”electrical activity of diaphragm”. NAVA:a ja NIV NAVA:a voidaan käyttää kaikilla potilailla, jotka tarvitsevat hengitystukea. Käyttö edellyttää lisäksi, että sähkösignaali aivoista palleaan toimii ja että nenä-mahalletkun sisäänviennille ja vaihtamiselle ei ole vasta-aiheita. (Peltoniemi & Kallio 2013, 22.)

5 NAVA JA NIV NAVA

Annetun hengityskonetuen voimakkuutta säädetään nk. NAVA-tasolla, joka määrää kuinka monta vesisenttimetriä kutakin palleasignaalin mikrovoltia kohden kone antaa painetukea (cmH₂O/mcrV). Palleasignaalin voimakkuus määräytyy keuhkojen komplianssin eli myötäävyyden perusteella: mitä huonompi komplianssi - sitä voimakkaampi signaali. Tämä lisää hengityskoneen antamaa tuen määrää. NAVA-tason ollessa korkea, tarvitsee potilaan tehdä vähäisesti hengitystyötä saadakseen tarvittavan määrän painetukea. Toipumis- ja vieroitusvaiheessa NAVA-tasoa lasketaan ja potilaan pallealihaksen aktiivisuus voimistuu. Oikean NAVA-tason löytymiseksi seurataan Edi-signaalin voimakkuutta, käyrän muotoa sekä verikaasuanalyseja. NAVA mahdollistaa fysiologisen vaihtelun tilavuudessa ja sisäänhengitysjasssa hengityskerrasta toiseen. (Peltoniemi & Kallio 2013, 22; Servo-i-käyttöopas, 153 - 172.)

Edi-katetri on kertakäyttöinen, mittaelektrodeilla varustettu syöttöletku. Se sijoitetaan ruokatorveen siten, että mittaelektrodit ulottuvat pallean liikealueen päästä päähän. Edi-katetri tulee vaihtaa joka 6. päivä tai vaihtoehtoisesti, jos Edi-mittausta ei enää tarvita, voi katetria käyttää tavallisen nenämahaletkun tapaan. (Servo-i-käyttöopas, 153 - 172.)

ERITYISHUOMIOT:

- Potilaan hengitystoiminnon tulee olla normaali.
- Huom! Edi-katetri on poistettava potilaasta ennen MRI-tutkimusta.
- Huom! Muut käytössä olevat laitteet (esim. lämpöpeitteet, aktivoitu defibrillaattori) voivat häiritä Edi-signaalia. Myös Edi-katetrin liike esim. kehoa vasten ja Edi-katetrin sähköliittimen kastuminen häiritsee Edi-signaalia.
- NAVA-hengityshoidon aikana potilas kontrolloi hengitysnopeutta ja kertahengitystilavuutta hengityslaitteen avustamana. Käyttäjät asettaa NAVA-tason. Mitä korkeampi NAVA-taso asetetaan, sitä enemmän hengitystukea potilaalle annetaan.

- NAVA-hoitoon tarvitaan hengityskone, jossa on NAVA-moodi. Tämä selviää hengityskoneen monitorin reunalla olevista tarroista. Tarkista, että EDI-moduuli on kiinni koneen moduulitilassa. Tarkista, että EDI-kaapeli on kiinni moduulissa.

- NIV NAVA:ssa käytetään nenämaskia, nenäkanyyleja tai kasvomaskia. Hengitysmuodoksi valitaan NIV NAVA. (Servo-i-käyttöopas, 153 - 172.)

5.1 Edi-katetrin käyttöönotto

1. Edi-moduuli kytketään Servo-i- laitteen moduulilokeroon ja Edi-kaapeli moduuliin. Testaa Edi-moduuli ja Edi-kaapeli testipistokkeella:

*** Yhdistä Edi-kaapeli Edi-moduuliin.**

*** Irrota testipistokkeen suojus ja yhdistä pistoke Edi-kaapelin toiseen päähän. Edi-moduulin testi alkaa automaattisesti. Huom! Noudata suurta varovaisuutta yhdistäessäsi kaapelia testipistokkeeseen. Laita harmaat palkit vastakkain, ne yhdistyvät todella kevyesti kun ovat oikeassa asennossa. ÄLÄ KÄYTÄ VOIMAA!**

*** Odota kunnes näytössä näkyy testin onnistumisesta ilmoittava viesti.**

*** Paina ”OK”, irrota testipistoke ja aseta suojus paikalleen.**

*** Jos testi epäonnistuu, vaihda kaapeli ja/tai moduuli ja kokeile uudestaan. Irrota Edi-kaapeli pitämällä kiinni liittimen uurretusta osasta ja vetämällä sitä varovasti.**

2. Valitse oikeankokoinen Edi-kateri pakkauksen ohjeiden mukaan. Mittaa etäisyys nenänvarresta korvalehden kautta miekkalisäkkeeseen -> NEX-mitta. Arvioi potilaalla käytettävän Edi-katetrin pituus alla olevan taulukon mukaan.

Huom! Suun kautta suoritettavaa sisäänvientiä varten on hieman erilainen laskenta-kaava (NEX x 0,8).

Taulukko 3. Edi-katetrin koko

Edika- tetrin koko	Sisäänvientipituus Y
6 Fr/ 49cm	$(NEX \times 0,9) + 2,5 = Y \text{ cm}$
6 Fr /50cm	$(NEX \times 0,9) + 3,5 = Y \text{ cm}$
8 Fr /100cm	$(NEX \times 0,9) + 8 = Y \text{ cm}$
8 Fr /125cm	$(NEX \times 0,9) + 18 = Y \text{ cm}$
12 Fr	$(NEX \times 0,9) + 15 = Y \text{ cm}$
16Fr	$(NEX \times 0,9) + 18 = Y \text{ cm}$

3. Kasta Edi-katetri hetkeksi veteen (aqua) muutamaksi sekunniksi (ei geeliin tms.!) liukastuksen aktivoimiseksi. Liian pitkä vedessäoloaika tekee katetrin todella geelimäiseksi ja silloin sitä on vaikea laittaa potilaalle. Varaa peanit, joita voit käyttää apuna katetrin sisäänviennissä. Huom! Säilytä katetrin valkoinen tulppa, jonka voit laittaa katetrin päähän, jos potilas otetaan välillä pois navasta.

4. Vie Edi-katetri sisään ja työnnä se laskettuun Y-pituuteen ruokatorvessa.

5. Edi-katetrin paikka tarkistetaan (kuten nml) ja katetri kiinnitetään huolellisesti potilaaseen. Kiinnitä ”ylimenoteipillä” eli niin, että teippi menee katetrin yli poskelta poskelle.

6. Tarkista Edi-katetrin paikka neuraalivalikon kautta. Alimmassa käyrässä näkyvä QRS -kompleksi tulisi näkyä selkeästi pienempinä kuin muissa käyrissä ja yleensä P-aalto katoaa tai siitä tulee inversio.

- Jos QRS ja P näkyvät pieninä ylimmässä käyrässä -> työnnä katetria alaspäin. Sini-set markkerit (pystyviivat) tulisi näkyä kahdessa keskimmaisessa käyrässä. Jos markkerit näkyvät alimmaisessa käyrässä -> työnnä katetria alaspäin. Jos markkerit näkyvät ylimmässä käyrässä -> vedä katetria ulospäin.

8. Yhdistä potilaan Edi-katetrin kaapeliliitin Edi-kaapeliin. Huom! Estä Edi-katetrin kaapeliliittimen kontaminoituminen pitämällä liittimen suojatulppa aina paikallaan, kun liitin ei ole kytkettynä hengityslaitteeseen.

9. Lääkäri asettaa NAVA-tason. Asetettu paine vaihtelee koko sisäänhengityksen ajan Edi-vaihtelun takia.

10. Lääkäri asettaa NAVA tai NIV NAVA, hengityshoito- ja varmistusparametrit ja käynnistä hengityshoito. (Kts. lisäohjeet Servo- i-käyttöopas, 168 - 172.)

11. Uloshengitysvaiheessa Edi ei yleensä vaikuta hengitystukeen, joten käyttäjän tulee asettaa asianmukainen PEEP-arvo. Mutta jos palleaan jää sähköistä aktiviteettia uulo-shengityksen loppuvaiheessa, tekee potilas tekee itse gas trappingin.

(Servo-i-käyttöopas, 153 - 172.)

5.2 Mahdolliset ongelmat

Jos Edi-aktiviteettia ei ole tai se on heikkoa:

... tarkista, että lihaksia rentouttavien lääkkeiden vaikutus on loppunut

... tarkista potilaan sedaatiotaso. Apneakynnys voi olla korkeampi keskushermostoa rauhoittavien lääkkeiden takia

... varmista verikaasu- tai etCO₂ -mittauksella, että potilas ei hyperventiloi. Hyperventilaatio saattaa vaikuttaa Edi-signaaliin vaimentamalla signaalia.

... jos Edi-signaalia ei ole synkronoitu paineen ja virtauksen kanssa -> katetri on mahdollisesti siirtynyt pois paikaltaan ja rekisteröi muun lihaksen sähköistä aktiiviteettia.

NAVA:ssa tästä hälyttää *Pneumaattinen Edi ei synkronoitu* -hälytys ja NIV

NAVA:ssa *Edi-signaali ei luotettava* -hälytys. Tarkista tällöin:

- Edi-signaali
- Katetrin sijainti
- Pneumaattisen trigauksen asetus
- Edi-trigausasetus

Ikkuna sulkeutuu, kun tarpeelliset korjaukset on tehty. Vaihtoehtoisesti sulje itse ja valitse *Jatka tukimuodossa*.

(Servo-i-käyttöopas, 153 - 172)

6 LÄÄKEAINESUMUTIN AERONEB

Teholla on käytössä Aeroneb-sumutin. Tämän saa yhdistettyä Servo-i hengityslentukseen sekä tarvittaessa myös Infant Flow -nasaalilaitteeseen. Lääkeainesumutin on tarkoitettu inhaloitavien lääkkeiden annostelemiseen potilaille, jotka tarvitsevat mekaanista hengitystukea tai intubaatioputken, kasvomaskin tai nenäkanyylin kautta annettavaa ylipainehoitoa.

Huom! Sumuttamisen yhteydessä lääkepitoisuus voi nousta suuremmaksi käytettäessä Helium-kaasua ilman sijaan.

Huom! Aktiivikostuttimen samanaikainen käyttö voi vaikuttaa annettavan lääkeaineen hiukkaskokoon. Teholla on kuitenkin sovittu, että kostutinta ei tarvitse sulkea lääkesumutuksen ajaksi (unohtuu helposti pois päältä -> suurempi haitta).

Hengitystiepainetta on tarkkailtava huolellisesti sumutuksen aikana. Tukkeutunut suodatin voi aiheuttaa hengitystiepaineen nousua. Tarkista sumutuksen aikana säännöllisesti, että lääkesumua muodostuu. Poista suodatin sumutuksen ajaksi (ei-lämmittämissä letkuissa). Lääke saattaa jäädä suodattimeen tai tukkeutua.

Huom! Tiivistynyt lääke saattaa kertyä hengityslaitteen letkuihin ja tukkia ne. Sijoita hengityslaitteen letkut aina niin, että kondensoitunut neste tyhjenee potilaasta pois päin.

Jos lääkeainesumutinta ja CO₂-analysointia käytetään yhtä aikaa, tällä saattaa olla vaikutusta CO₂-lukemiin. On kuitenkin sovittu, että CO₂ analysointin mittauspiuha ei tarvitse kytkeä irti Aeronebin käytön ajaksi. Muutamassa Servo-i -hengityslaitteissa on valmiina lääkeainesumutinta varten tarvittava moduli + kaapeli. Teholla on lääkeainesumutin-laitteisto nimeltään Aeroneb. Tähän tarvittava moduuli + kaapeli löytyy koneen liitinportista valmiina.

(Servo-i -käyttöopas, 152 - 172.)



Kuva 12. Aeroneb-liitäntä ei-lämmittäviin letkuihin



Kuva 13. Aeroneb asennettuna ei-lämmitettäviin letkuihin



Kuvat 14. ja 15. Aeroneb-liitettä lämmittäviin letkustoihin. Aeroneb-laite liitetään pieniin hengityskoneletkuihin T-kappaleella ja hengityskuston mukana (pieni pussi letkupussissa) tulevalla liitinosalla. Isoihin hengityskustoihin laite liittyy suoraan T-kappaleella.



Kuva 16. Aeroneb liitettynä NIV-letkuihin

6.1 Hoidon aloittaminen

1. Liitä lääkeainesumutin T-kappaleeseen. Teholta löytyy T-kappale niin pieniin kuin isoihinkin lämmittäviin letkuihin. Ei-lämmittäviin letkuihin liitoskappale kuvan mukaan. NIV-letkuihin liitoskappale varustepussissa.
2. Aseta lääkeainesumutin ja T-kappale hengitysletkustoon niin, että T-kappaleen nuoli osoittaa letkuston ilmavirtaussuuntaan.
3. Kytke säätökaapeli sumuttimeen.
4. Avaa läkeainesumuttimen täyttötulppa.
5. Lisää lääkeainetta ruiskulla (ei neulaa!) sumuttimen täyttöporttiin. Maksimiannos on 6ml.
6. Sulje täyttöaukon tulppa. Pidä lääkesumutin pystysuorassa sumutuksen aikana.

Huom! Lääkeainetta voidaan lisätä myös sumutuksen aikana. Tämä ei keskeytä sumutusta tai hengityshoitoa.

7. Valitse monitorin näytöltä *Lääkesumutin*. Aseta haluttu lääkeainesumutus painamalla Aika-painiketta. Aseta aika säätönuppia käyttäen.

8. Hyväksy aika ja käynnistä sumutus painamalla *Hyväksy*.
9. Kone näyttää jäljellä olevan sumutusajan.
10. Tarvittaessa muuta aikaa tai peruuta sumutus valitsemalla *Lääkesumutin*.

(Servo-i-käyttöopas, 187 - 194.)

Teholla on olemassa myös vanhempi lääkeainesumutin Servo Ultra Nebulizer. Tätä ei enää ole käytetty eikä niitä enää valmisteta. Lääkeainesumutusta voidaan tarvittaessa antaa myös manuaalisesti ventiloiden vanhoilla Spira-laitteistoilla.

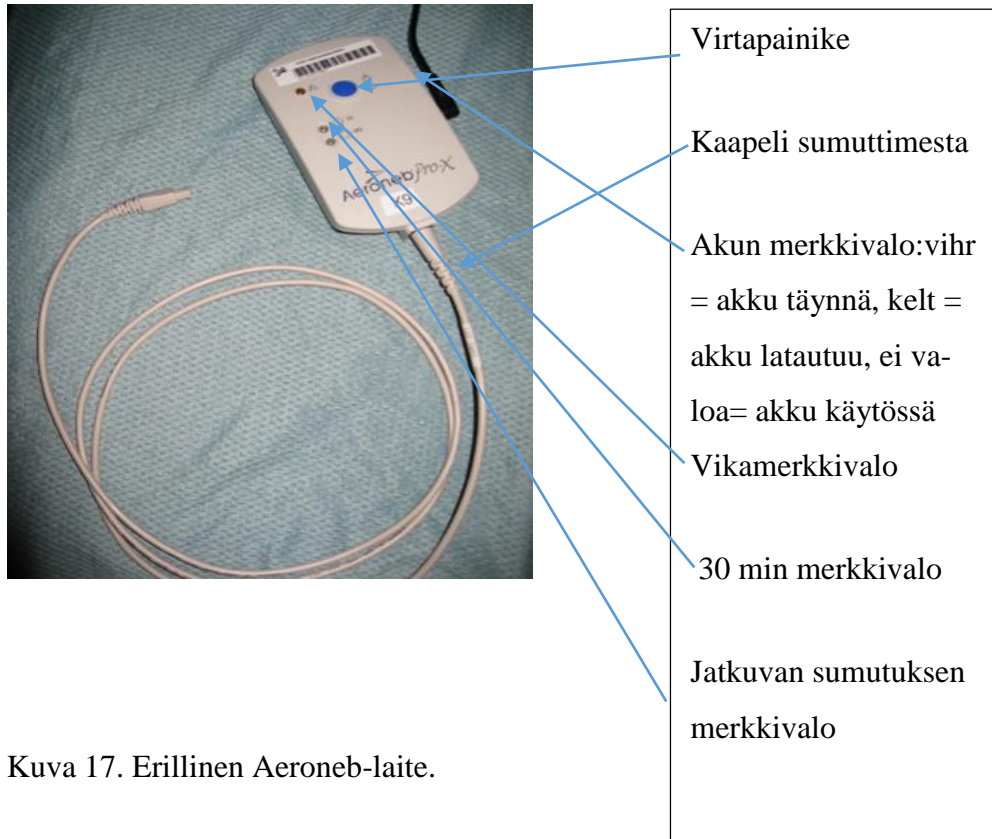
6.2 Erillinen inhalointi-moduuli

Toimi näin:

1. Liitä inhalointi-moduulin kaapeli Aeroneb-sumuttimeen.
2. Liitä moduuli sähköverkkoon. Laita säätömoduuli päälle sinisestä virtapainikkeesta.
3. Valitse jaksottainen annos painamalla lyhyesti sinistä *on/off* -virtapainiketta. Sumutus kestää tällöin 30 minuuttia. Toinen vaihtoehto on jatkuva sumutus, mutta tätä ei teholla käytetä.
4. Lääkesumutin sammuu automaattisesti, kun 30 minuuttia on kulunut.

Huom! Laitteessa on akku, joka kestää max 45min.

(Sallankivi 2012.)



Kuva 17. Erillinen Aeroneb-laite.

7 TYPPIOKSIDI

7.1 Pääperiaatteet typpihoidosta

Typpioksidia annostellaan inhalaationa hengityslaitteen avulla. Typpioksidi laajentaa keuhkojen verisuonistoa ja tällä tavoin laskee keuhkoverenkierron vastusta. Kaasu myös parantaa potilaan happautumista vähentämällä keuhkoverenkierron ohivirtausta. Typpioksidilla on lyhyt puoliintumisaika eli se poistuu elimistöstä nopeasti. Tämän lisäksi typpikaasun vaikutus on nopea. Kaasu on korkeilla pitoisuuksilla myrkyllistä (kaasunpoisto tulee olla asianmukaisesti järjestetty ja letkustot tiiviit). (Ritmala-Castrén, 2010.)

Typpioksidi yhdistyy elimistössä hemoglobiinin kanssa ja tällöin muodostuu methemoglobiinia. Tämän johdosta elimistön hapenkuljetuskapasiteetti pienenee. Methemoglobiinimäärää seurataan laboratoriokokeilla (tulee olla alle 5%). Typpioksidi pyrkii

yhdistymään happimolekyylien kanssa, ja tällöin muodostuu keuhkokudosta vaurioitettavaa typpidioksidia (NO₂). Lisähapen määrä olisi mahdollisuuksien mukaan pidettävä < 60%, Typpidioksidi taas veden kanssa yhdistyessään muodostaa typpihappoa, ja tässä muodossa vaurioittava typpidioksidi pysyy keuhkokudoksessa pitkään. Siksi hengitysteiden kostutusta typpioksidihoidon aikana tulee välttää. Raskaana olevan hoitajan ei suositella hoitavan typpioksidihoidoa saavaa potilasta. (Ritmala-Castrén, 2010.)

Typpihoito lopetetaan asteittain (Ritmala-Castrén, 2010).

Typeä annostellaan Inovent-laitteella. Inoventin injektorimoduuli kiinnitetään sisäänhengityspuolelle. Modulin päällä oleva nuoli kuvaa virtauksen suunnan. Moduuli on aina kiinnitettävä letkustoon ennen kostutinta.

Liitä mittausyhdistäjä sisäänhengityspuolelle.



Kuva 18. Typpioksidin mittauspiuhan liittäminen isoon hengitysletkustoon



Kuva 19. Typpioksidin mittauspiuha liitettynä pieniin letkuihin



Kuva 20. Typpioksididi-moduuli liitettynä Servo-i:hin

7.2 Uusi Inovent -laite

Teholle ollaan hankkimassa 6 kpl uusia, pienempiä Inovent-laitteita.



Kuva 21. Uusi Inovent-laite

8 HELIOX-KAASU

8.1 Pääperiaatteet Heliox-hoidosta

Heliox on heliumin (He) ja hapen (O₂) seos (79/21). Helium on kevyt jalokaasu (tiheys 1/7 ilman ja hapen tiheydestä). Tämä alhainen tiheys tuottaa laminaarivirtauksen ja vähentää hengitystievastusta. Happi-ilma -seos aiheuttaa turbulenssin ilmavirtauksen.

- > vähentää hengitystyötä
- > alhaisempi huippupaine riittää virtauksen ylläpitoon
- > nopeuttaa CO₂ poistumista ja parantaa kaasujenvaihtoa
- > pienentää hengitystaajuutta ja auto PEEP -painetta
- > parantaa lääkkeiden kulkeutumista hengitysteiden distaaliin

Heliox-kaasua käytettäessä tulee valita siihen yhteensopiva Servo-i-hengityslaitejärjestelmä. Heliox-ohjelmoitu hengityskone kompensoi valvonnan ja virtauksen, kun käytetään HeO₂ -kaasua. Teholla on käytössä 2 Servo-i -ventilaattoria, joista löytyy Heliox-ohjelma.

Varmista, että O₂-kaasu on aina kytkettynä, kun HeO₂:ta käytetään.

Heliox voidaan kytkeä ventilaattoriin ennen alkutarkastusta tai kesken ventilaattori-hoidon. Jos Heliox kytketään kesken ventilaattorihoitoa, ei ventilaattorihoitoa tarvitse keskeyttää kytkemisen ajaksi.

Heliox soveltuu kaikille aikuis- ja lapsipotilaille, myös vastasyntyneille ja se on yhteensopiva kaikkien invasiivisten/noninvasiivisten ventilaatiotilojen kanssa. Helsingin Lastenkliniikka on Suomen ainoa, joka käyttää hoitona Heliox-kaasua.

Heliox on aktiivinen, kun asetettu **O₂-pitoisuus on 75%** tai vähemmän (Huom! Älä nosta O₂% imutuessa korkeammalle kuin 75%). Heliox-kaasun ollessa käytössä **laskee virtaustriggausherkkyyttä automaattisesti tasolle 1.**

8.2 Heliox-hoidon aloitus, kun helium aloitetaan samaan aikaan, kun potilas kytketään ventilaattoriin

- Helium-pullot löytyvät laitevarastosta, ota kärry, jossa on 2 pulloa
- Valitse ventilaattori, jossa on Heliox-ohjelma. Ventilaattorissa roikkuu helium-letku
- Tee ventilaattorin alkutarkastus normaaliin tapaan
- Avaa helium-pullon korkki ja laita korkki pullossa roikkuvaan narupussiin
- Liitä helium-letku pulloon
- Irrota ventilaattorista ilmaletku
- Laita helium-letku ilmaletkun tilalle
- Avaa helium-pullon päähana
- Kytke potilas ventilaattoriin

8.3 Heliox-hoidon aloitus, kun potilas on jo kytkettynä ventilaattoriin

- Avaa helium-pullon korkki ja laita korkki pullossa roikkuvaan narupussiin
- Liitä helium-letku pulloon
- Avaa helium-pullon päähana
- Irrota ilmansyöttö ja kytke Heliox-sovitin
- Odota rauhassa. Kestää jonkin aikaa, että kone tunnistaa kaasun. Tällöin näyttöön tulee teksti:

Kaasun vaihto

Järjestelmä kompensoi HeO₂. Triggausherkkyyttä ja O₂ hälytys rajoitettu. Tarkista ventilaattoriasetukset. Kertavolyymi alle 100ml, käytä ulkopuolista potilasmonitorointia (esim. SpO₂, CO₂).

- Hyväksy painamalla *OK*
- Nyt ventilaattori käyttää heliumia, näytön yläpalkissa teksti HeO2

8.4 Heliox-hoidon lopetus

- Sulje helium-pullon päähana
- Odota kunnes helium-pullon paineensäädin näyttää lukemaa 0
- Irrota helium-letku ventilaattorista
- Laita ilmaletku takaisin ventilaattoriin. Näyttöön tulee teksti:

Kaasun vaihto

Järjestelmä kompensoi ilmaa. Tarkista hengityslaitteen asetukset.

- Hyväksy painamalla *OK*
- Irrota helium-letku helium-pullosta ja laita narupussissa oleva korkki takaisin helium-pulloon

8.5 Kun helium-pullo tyhjenee hoidon aikana

- Näytön ylälaitaan tulee teksti:

HeO2 -syöttöpaine: Matala

- Sulje helium-pullon päähana
- Irrota helium-letku pullosta
- Avaa uuden pullon korkki
- Yhdistä helium-letku uuteen pulloon
- Avaa päähana
- Ota tyhjä pullo heti pois telineestä ja ilmoita huoltomiehille, että hakevat tyhjän pullon pois ja tuovat uuden tilalle

Helium-kaasun kulutus

<p>pullon paine X pullon koko ----- = kesto minuutteina käytettävä virtaus</p>
--

- NIV-muodossa katso potilaan minuuttiventilaatio ja lisää siihen taustakierron kuluttama 7l/min
- Isoilla ventilaattorin letkuilla (taustavirtaus 2l/min), kun potilaan MV 5l/min, kulutus = 7l/min
- Pienillä ventilaattorin letkuilla (taustavirtaus 0,5l/min), kun potilaan MV 1l/min, kulutus = 1,5l/min
- Heliox-pullo on 20 litraa

Esimerkki:

Pelkällä heliox-kaasulla, isoilla letkuilla, 5l MV:lla pullo kestäisi n.7h.

Pienillä letkuilla 1l MV:lla noin 33h.

(Niina Sallankivi, 11.4.12)

9 LISÄTOIMINNOT

9.1 Varmistushengitystila (backup ventilation)

Varmistushengitystila on satavana kaikissa tukitiloissa paitsi nasaali-CPAP-tilassa. Varmistushengityksen vähimmäispainetaso on 5 cmH₂O. Apneatilanteessa hengityslaitte siirtyy varmistushengitystilaan asetetun apnea-ajan lopussa ja hälytystekstinä on ”*Ei potilaan hengitysyrittystä*”. Jos potilas triggaa hengityksen, hengityslaitte siirtyy automaattisesti takaisin tukitilaan.

Invasiivisessa hengityshoidossa hälytyksenä on ”*Ei yhtenäistä hengitystyötä*” ja hengityslaitte lukittuu varmistushengitystilaan. Hengityslaitteesta pitää tällöin valita joko

1. Näytä hengityslaitteen asetukset (edellinen tila, peruuta tai hyväksy) tai
2. Jatka tukitilassa

Invasiivisessa hengityshoidossa varmistushengitys siirtyy

TILAVUUSTUKI -> TILAVUUSOHJAUS

PAINETUKI/CPAP -> PAINEKONTROLI

NAVA > PAINETUKI->PAINEKONTROLI

Ei-invasiivisessa hengityshoidossa varmistushengitys siirtyy

NIV-PAINETUKI -> NIV-PAINEOHJAUS

NIVNAVA -> PAINEOHJAUS

(Servo-i-käyttöopas, 123 - 136)

9.2 Imutuki

Imutukeen kuuluu esihapetus, irrottamisvaihe ja jälkihapetus. PEEP-minimitaso imutuen aikana on 3cm H₂O. Hengityslaite siirtyy minimitasolle, jos PEEP-taso on alle 3 cm H₂O, jotta potilaan irti kytkeytyminen järjestelmästä voidaan havaita.

Hälytykset ovat pois käytöstä irrottamisvaiheen ajan enintään 60 sekuntia. Ellei potilasta kytketä uudelleen laitteeseen 60 sekunnin sisällä, kaikki hälytykset aktivoituvat.

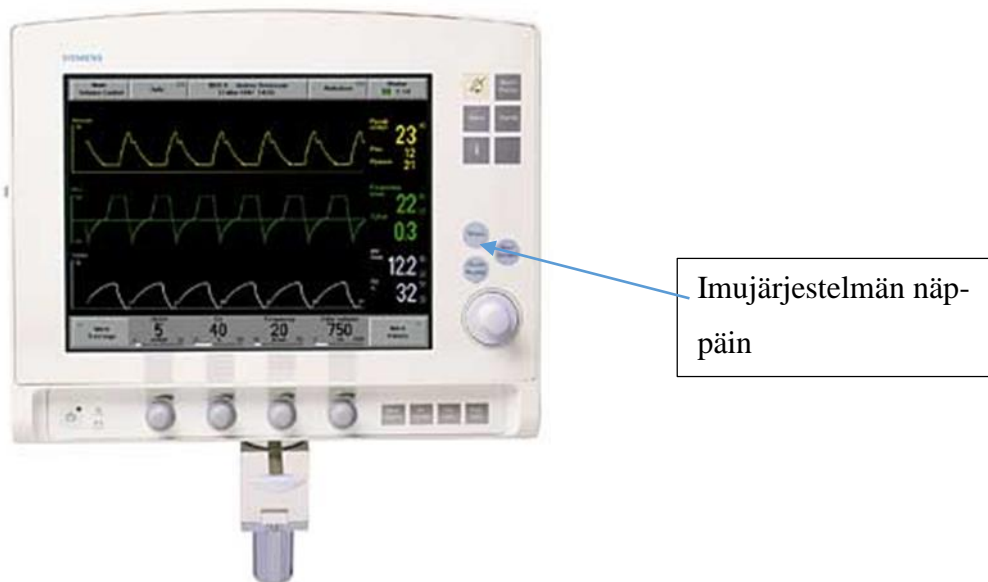
Imutoiminto ei ole käytettävissä NIV-tilassa tai kun O₂-hengitystoiminto on käytössä.

Imutuen irrottamisvaiheen aikana lääkesumutin on tilapäisesti taukotilassa.

Esihapetusvaiheeseen siirrytään:

1. Paina *Pikavalinta*-näppäintä. Valitse *Imemisen tukiohjelma*. Aseta esihapetusarvo säätönappia kääntämällä ja painamalla *Hyväksy*. Koneeseen on asetettu esihapetusprosentiksi + 30% potilaan konearvoon. Esihapetusvaiheen enimmäiskesto-aika on 120 sekuntia. Huom! *Peruuta* sulkee imutukitoiminnon.

2. Järjestelmä siirtyy automaattisesti irrottamisvaiheeseen, kun potilas kytketään irti laitteesta esihapetusvaiheen aikana.
3. Kun potilas kytketään takaisin laitteeseen, järjestelmä siirtyy automaattisesti jälkihapetusvaiheeseen ja aloittaa hengityshoidon. Hengityslaitte toimittaa saman happipitoisuuden kuin esihapetusvaiheessa 60 sekunnin ajan. Tämän jälkeen järjestelmä palaa automaattisesti hengityshoitotilaan käyttäen aiempia happiasetuksia. Hengityshoito voidaan käynnistää myös manuaalisesti valitsemalla *Aloita hengittäminen* -painike.
(Servo-i-käyttöopas, 60 - 61.)

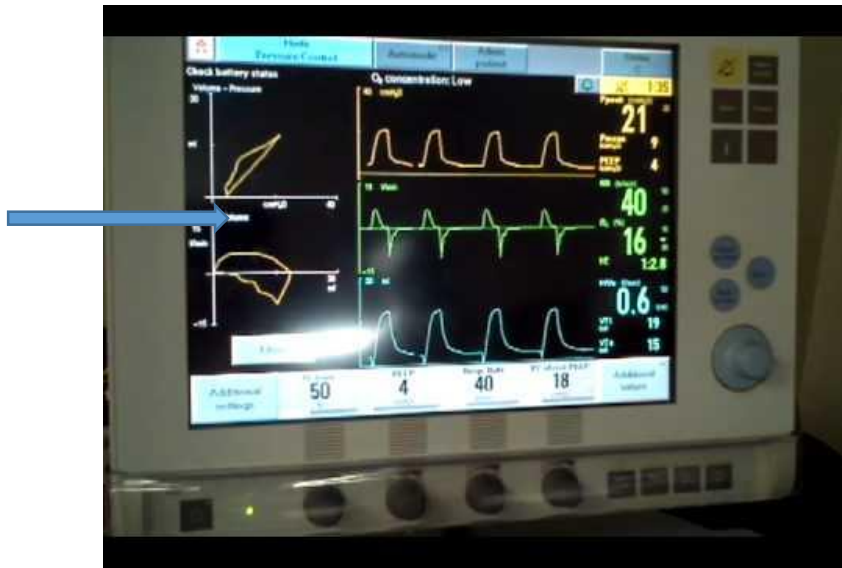


Kuva 22. Imujärjestelmän näppäin

9.3 Vertailukäyrien eli loopien näyttäminen

Vertailukäyrä näyttää graafisen esityksen virtaus- ja painetilavuuksien suhteesta. Vertailukäyrätoiminto aktivoidaan seuraavasti:

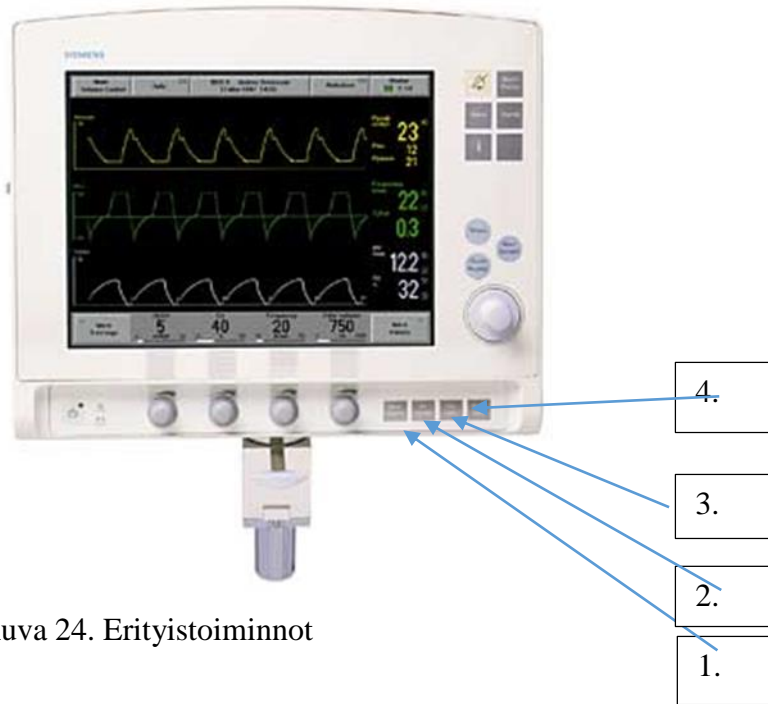
1. Paina *Pikavalinta*-näppäintä
2. Valitse *Loopit*
3. Tallenna viitekäyrä painamalla viitekäyrä-kuvaketta
4. Näytä kaksi edellistä vertailukäyrää samanaikaisesti painamalla viitekäyrä-kuvaketta, jossa on lukema +2.

5. Sulje ikkuna valitsemalla *Sulje*

Kuva 23. Loopit eli vertailukäyrät

9.4 Erityisoinnit

1. Manuaalinen kertahengitys: hengityslaite käynnistää uuden hengitysjakson voimassa olevien hengityslaiteasetusten mukaisesti.
2. O₂ -hengitykset: 100% happea toimitetaan yhden minuutin ajan. Sen jälkeen happipitoisuus laskee esiasetettuun arvoon. Happihengitykset voidaan keskeyttää painamalla 1 minuutin tauon aikana uudelleen O₂ -heng. näppäintä.
3. Uloshengityksen pito: Uloshengityksen pitotoiminnolla voidaan uloshengityksen lopputaakopaine mitata tarkasti. Sen avulla voidaan määrittää kokonais-PEEP sekä sisäänhengityksen pitotoiminnon kanssa staattinen komplianssi. Maksimiaika 30s.
4. Sisäänhengityksen pito: Tällä toiminnolla voidaan mitata sisäänhengityksen loppupaineen tarkka arvo. Sitä voidaan käyttää loppupaineen määrittelyssä tai yhdessä uloshengityksen pitotoiminnon kanssa staattista komplianssia laskettaessa. (Servo-i-käyttöopas, 137 - 138.)



Kuva 24. Erityistoiminnot

9.5 Hiilidioksidimittaus

Hiilidioksidimittari mittaa potilaan uloshengityksen hiilidioksidipitoisuutta. Mittauspiuha asetetaan uloshengitysletkuun mahdollisimman lähelle potilasta. Pieni neste-
 kuppi tyhjenetään/vaihdetaan tarvittaessa. Pieni mittausletku kannattaa myös vaihtaa, jos se on kovin kostea. CO₂ mittausletku irrotetaan potilaasta imujen ajaksi, jos esimerkiksi kostutetaan potilaan hengitysteitä, koska tällöin letku kostuu ja näyttää virheellisiä lukemia. (Tammivuori, 2014.)



Kuva 25. Hiilidioksidimittari



Kuva 26. Hiilidioksidimittaus näytöllä

10 HENGITYSKONEEN KULJETTAMINEN JA AKUT

Hengityskonetta kuljettaessa varmistaa, että potilasyksikkö ja monitori on kiinnitetty kunnolla ja lukittuna. Varmista myös, että kaikki lisävarusteet (esim. moduulit, kaasupullot ja kostutin) ovat kunnolla kiinni ja lukittu.

- Varmista että kaasupulloissa on riittävästi kaasua ja että hihnat on kunnolla sidottu kaasupullojen keskelle.
- Varmista, että akut on ladattu kokonaan. Kuljetuksen aikana on pidettävä vähintään kahta akkua asennettuna. Akkuja voidaan lisätä niille varattuihin lokeroihin käytön aikana. Käyttöliittymän näytön oikeassa yläkulmassa on *Status*-painike. Sitä painamalla löytyy kohta *Status*-ikkuna, josta löytyy *Akut - Akun* status. Täältä löytyy jäljellä oleva käyttöaika minuuteissa. Kone vähentää itse 10 minuuttia kokonaisajasta ja aloittaa jatkuvan hälytyksen, kun akkukapasiteettia on 10 minuuttia jäljellä. Tällöin hälytystä ei voi kytkeä pois päältä.
- Kuljeta laitevaunua sen kahvoista.
- Siirrä vuodetta ja hengityslaitetta hitaasti ja tarkkaile potilaaseen kytkettyjä letkuja, etteivät ne pääse kiristymään tai liikkumaan.
- Varo, ettei laitevaunu kaadu estettä, kuten oven kynnystä, ylitettäessä.

- Kun Servo-i on säilytyksessä, hengityslaite on pidettävä kytkettynä verkkovirtaan akkujen täyden latauksen ylläpitämiseksi.
- Jos *Vaihda akku* näkyy näytössä, akku ei enää toimi luotettavasti ja on vaihdettava. Ensin näkyy teksti *Vanhenee pian*. jolloin uusi akku tulee tilata ja *Vaihda akku* kun ei ole enään vakaa. Jos vaihda akku teksti näkyvissä, akun varauskapasiteetti voi luhistua
- Vaihda akut aina, kun hengityslaitteen ohjelma ilmoittaa, että akun varaus on loppumaisillaan tai sen käyttökapasiteetti on vähissä. Jos akku pitää vaihtaa. kannattaa huomioida että ollaan verkkovirrassa tai että toisissa akuissa on riittävästi tehoa. Jos kaikki akut ovat lopussa, voi laite sammua, jos tehot ei riitä, ja laite ei ole verkkovirrassa. .Kun uusi akku on asennettu, avaa akun statusikkuna akun turvallisen toiminnan varmistamiseksi.
- Kun hengityslaite toimii akkuteholla, Aeroneb-nebulisaattori toimii. (Servo-i-käyttöopas, 34 - 40; Viljamaa 2014.)

Taulukko 4. Statusviestit akkua käytettäessä

VIESTI	KUVAUS
<i>Tekninen vika nro 1-6, 29, 10001</i> (tekninen vika)	Virtakatkos
<i>Tarkista akkustatus</i> (viesti)	Akkumoduuleissa on ongelma. Yksi tai useampi akkumoduuli on vaihdettava.
<i>Akku käytössä! Sumutin ei käytettävissä</i> (keskitason hälytys)	Virrankulutuksen säästämiseksi ei lääkeainesumutin ole käytössä.
<i>Akun varassa</i> (keskitason hälytys)	Verkkovirta ei toimi.
<i>Akku on tyhjenemässä</i> (korkean tason hälytys)	Akun varausta on jäljellä alle 10 min
<i>Akkukapasiteetti lopussa</i> (korkean tason hälytys)	Akun varausta on jäljellä alle kolme minuuttia
<i>Akun varaus heikko</i> (korkean tason hälytys)	Akun varaus on liian heikko. Hengityslaitteen jatkuva toimintaa ei voida taata.

(Servo-i -käyttöopas, 41.)

11 NÄYTÖN HÄLYTYKSET

11.1 Hälytysrajojen näyttäminen ja asettaminen

1. Hälytysrajat voidaan näyttää mitattujen arvojen kentässä näytön oikealla puolella.
2. Hälytysrajat asetetaan painamalla näytön oikeassa yläkulmassa olevaa Hälytysprofiili-näppäintä.

Huom! Hälytysrajat palautuvat oletusasetuksiin kun:

- hengityslaite käynnistetään uudestaan
- uusi potilas kirjataan sisään
- hengityshoitotila muutetaan
- potilasryhmä muutetaan
- ventilaattori on ollut täysin ilman virtaa yli 2 minuuttia

11.2 Hälytyksen aktivoituminen

Seuraavat tiedot tulevat monitorin näyttöön:

1. Hälytyskentässä vilkkuu viesti, joka selittää hälytyksen syyn. Järjestyksessä tärkein hälytys näytetään ensimmäiseksi.
2. Vastaava mittaus- tai asetusarvon ruutu alkaa vilkkua ja nuoli osoittaa rajan ylittävää arvoa. Huom! Kaksi hälytyskentässä näkyvää kelloa merkitsee, että useampi kuin yksi hälytys on aktivoitunut.

Järjestelmä voi antaa neljän eri tyyppisiä hälytyksiä:

Korkean tason hälytys - **punainen tausta**

Keskitasen hälytys - **keltainen tausta**

Alhaisen tason hälytys - **keltainen tausta**

Tekninen hälytys - **numerokoodi**

11.3 Käytössä olevien hälytysten näyttäminen

Jos useampi kuin yksi hälytys on aktivoitunut, aktiivit hälytykset voidaan näyttää seuraavasti:

1. Paina hälytysviestikentän kellokuvaketta. Kaikki hälytykset (enintään 10 lueteltuna) näytetään dynaamisessa ikkunassa (monitorissa).
2. Paina Näytä nykyiset hälytykset.
3. Paina Historia-painiketta. Edelliset 16 hälytystapahtumaa luetellaan aikajärjestyksessä viimeisin tapahtuma alimmaisena.

11.4 Hälytyksiin vastaaminen

Korkean tai keskitasen hälytykseen vastataan seuraavasti:

1. Vaimenna hälytys kahdeksi minuutiksi haluttaessa pitämällä Hälytystauko-painiketta painettuna.
2. Ryhdy toimenpiteisiin hälytystilanteen korjaamiseksi.
3. Nollaa lukittu hälytys ja poista hälytysviesti näytöstä painamalla Hälytystauko-näppäintä (näppäimessä kellon päällä X). Hälytykset eivät nolaudu, vaikka hälytystilanne selvitetään.

Alhaisen tason hälytykseen vastataan seuraavasti:

1. Pitämällä Hälytystauko-näppäintä painettuna alle 2s.
2. Ryhdy toimenpiteisiin hälytystilanteen korjaamiseksi. Hälytys nollautuu automaattisesti, kun hälytystilanne on selvitetty.

Tekniseen hälytykseen vastataan seuraavasti:

Joissakin tapauksissa järjestelmän käynnistäminen uudestaan voi selvittää teknisen hälytyksen. Usein nämä hälytykset vaativat kuitenkin laitteen huoltoa.

(Servo-i-käyttöopas, 173 - 183.)

11.5 Erityistä huomioitavaa hälytyksistä

Huom! Akkukapasiteetti lopussa -hälytystä ja teknisiä hälytyksiä ei voi vaimentaa.

Huom! Invasiivisessa ventilaatiossa minuuttiventilaation alarajahälytys voidaan poistaa pysyvästi käytöstä (Ääni pois), kun minuuttiventilaation ylärajahälytyksen arvona on 1l/min tai vähemmän. Tämä on erikoistilanne, joka tulee sopia lääkärin kanssa (esim. jos putki falskaa ja potilaan vointi sen kestää - näin välttyttäisiin hengityskoneen turhalta hälyttämiseltä.). Tämä hälytys toimii myös potilaan irtoamishälytyksenä!! Toinen mahdollisuus on ottaa komplianssin kompensointi pois käytöstä hälytyksen aktivoinnin estämiseksi.

Muita vastaavia erikoistilanteita ovat: Apneahälytyksen kytkeminen pois päältä nasaa-li-cpap:ssa, liian korkean vuotoprosentin hälytyksen poistaminen käytöstä (NIV NAVA) ja NAVA-apneahälytysten kytkeminen pois päältä. Ohjeet näihin Servo-i-käyttöoppaassa s.179 - 182, ja jokainen tapaus on sovittava erikseen lääkärin kanssa. (Servo-i -käyttöopas 173 - 185.)

Taulukko 5. Korkean tason hälytyksiä

HÄLYTYSVIESTI	MAHDOLLISET SYYT	KORJAUSTOIMENPITEET
<i>Apnea</i>	Esiasetettu tai oletushälytysraja on ylitetty. Kahden peräkkäisen sisäänhengitysyriksen välinen aika ylittää asetetun hälytysrajan.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista hengityslaitteen asetukset.
<i>Varmistushengitys</i>	Varmistushengitys käytössä alhaisen Edi-signaalin johdosta.	Tarkista Edi-katetrin paikka.
<i>Tarkista letkut</i>	Potilasletkuihin tai uloshengitysilman paineanturiin on tullut vika. Paineanturi on irronnut/tukkeutunut. Vettä hengityslaitteen uloshengityshaarassa. Märkä tai tukkeutunut bakteerisuodatin. Liikavuoto.	Ota yhteys huoltoon. Poista vesi letkuista. Tarkista kostuttimen lämpöjohdot. Tarkista letkujen liittännät ja uloshengityskasetti. Vaihda bakteerisuodatin.
<i>Tarkista katetrin sijainti/Edi-signaali väärä</i>	Varmistushengitys käytössä väärän Edi-signaalin johdosta.	Tarkista Edi-katetrin paikka.
<i>Tarkista Heliox-sovitin</i>	HeO ₂ syöttöpaine korkea	Tarkista, että Heliox-sovitin on kytketty Air-ilmaliitäntään asianmukaisesti. Ota yhteys huoltohenkilöön.
<i>Edi-monitorointi ei käytössä</i>	NAVA-tila aktivoidaan, kun Edi-moduulia ei ole kytketty.	Aseta Edi-moduuli paikalleen.
<i>Uloshengityskasetti irrotettu</i>	Uloshengityskasetti on irti tai sitä ei ole kytketty kunnolla paikalleen.	Kytke kasetti kunnolla paikalleen. Vaihda kasetti. Suorita käyttöä edeltävä tarkastus asetuksen jälkeen.

<i>Uloshengityksen minuuttivolyyymi:korkea</i>	Hälytysraja on ylitetty. Lisääntynyt potilasaktiiviteetti. Hengityslaitteen itsetriggaus.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista triggausherkeyden asetus. Tarkista hälytysrajat.
<i>Uloshengityksen minuuttivolyyymi:matala</i>	Potilaan spontaani hengitysaktiiviteetti alhainen. Vuoto mansetissa/hengitysjärjestelmässä. Huom! Tämä hälytys toimii myös potilaan irtoamishälytyksenä.	Tarkista potilas. Tarkista mansetin paine. Tarkista hengitysjärjestelmä. Harkitse hengitystuen lisäämistä.
<i>Kaasunsyöttöpaine matala</i>		Tarkista kaasuliitännät.
<i>Korkea jatkuva paine</i>	Tukos korkeassa hengitystiepainneessa.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä, hengityskoneen asetukset. Ota yhteys huoltoon.
<i>Paw high (korkea hengitystiepainne)</i>	Hengitystiepainne ylittää esiasetetun paineen ylärajan. Taittunut tai tukkeutunut letku. Limasta tai muusta eritteestä syntynyt tukos it-putkessa tai hengitysteissä. Potilas yskii tai hylkii hengityslaitetta. Sisäänhengitysvirtausnopeus liian korkea. Väärä hälytysasetus. Tukkeutunut uloshengitysuodatin.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista hengityslaitteen asetukset ja hälytysrajat.
<i>Sallitun alueen ulkopuolella oleva vuoto</i>	Liikavuoto maskia/happiviiksiä käytettäessä. Koko, istuvuus.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista koko ja sopivuus potilaalle.
<i>Akku tyhjenemässä</i>	Akun käyttöaikaa jäljellä alle 10 min.	Asenna uusi akku tai kytke verkkovirtaan.
<i>Akun varaus heikko</i>	Hengityslaitteen jatkuvaa toimintaa ei voida taata	Kytke laite verkkovirtaan. Vaihda akut.

<i>Akkukapasiteetti lo- pussa</i>	Akun varausta jäljellä alle 3 min	Yhdistä verkkovir- taan. Asenna uudet akut.
<i>Laitevika sumuttimessa</i>	Laitevika lääkeainesumutti- messa.	Vaihda sumutin.
<i>Ei yhtenäistä hengitys- työtä</i>	Hengityslaite on vaihdettu tue- tun ja varmistushengitystilan välillä neljä kertaa kahden mi- nuutin sisällä. Potilas on trigannut vain yhden hengenvedon, joka keskeytti kummatkin kahdesta peräkkäi- sestä varmistusjaksosta.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista hengityslait- teen asetukset.
<i>Ei potilaan hengitys- työtä</i>	Apnea on aiheuttanut sen, että hengityslaite siirtyi varmistus- hengitystilaan.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista hengityslait- teen asetukset.
<i>O2 kenno/sensorivika</i>	Kenno puuttuu tai on irti	Tarkista kenno ja lii- tämä.
<i>Pneumaattinen Edi ei synkronoitu/epäluotet- tava Edi-signaali</i>	Mitattu Edi-signaali on täysin epätahdissa potilaasta saatuihin paine- ja virtaussignaaleihin ver- rattuna.	Tarkista Edi-katetrin paikka. Tarkista/säädä trig- gausasetus. Vaihda hengityshoito- tilaa.
<i>Käynnistä ventilaattori uudestaan</i>	Ohjelmistovirhe	Käynnistä hengitys- laite ja suorita käyt- töä edeltävä tarkas- tus. Ota yhteys huoltoon.
<i>Turvaventtiilin testi epä- onnistui</i>	Järjestelmä tunnisti ongelmia käyttöä edeltävän tarkastuksen aikana varoventtiilin avauspai- neessa.	Ota yhteys huoltoon.
<i>Asetukset kadonneet, käynnistä uudestaan</i>	Ohjelmistovirhe, muisti turmel- tunut.	Käynnistä hengitys- laite ja suorita käyt- töä edeltävä tarkas- tus. Tarkista hengitys- laitteen asetukset.
<i>Tekninen vika uloshen- gityskasetissa</i>	Tekninen vika uh-kasetissa.	Suorita käyttöä edel- tävä tarkastus.

		Vaihda uh-kasetti ja suorita tarkastus uudelleen. Ota yhteys huoltoon.
<i>Tekninen vika: käynnistä uudelleen</i>	Hengityslaitteen asetukset ovat kadonneet.	Käynnistä hengityslaitte uudelleen, suorita käyttöä edeltävä tarkastus ja tarkista kaikki asetukset. Ota yhteys huoltoon.
<i>Odotustila kestänyt yli 2 minuuttia</i>	Valmiustilan kestoaika ylitetty. Potilasta ei ole kytketty hengityslaitteeseen tai liikavuoto.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä.

Taulukko 6. Keskitason hälytyksiä

HÄLYTYSVIESTI	MAHDOLLISET SYYT	KORJAUSTOIMENPITEET
<i>Ilmansyötön paine: korkea</i>	Tuloilman paine liian korkea kaasun sisääntulossa	Tarkista kaasuletkut. Suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Ota yhteys huoltoon.
<i>Ilmansyötön paine: matala</i>	Tuloilman paine liian matala kaasun sisääntulossa. Kaasuletku irti.	Tarkista ja kytke kaasuletkut. Suorita käyttöä edeltävä tarkastus.
<i>Vika hälytysten lähtöliitännässä</i>	Teknisiä ongelmia	Ota yhteys huoltoon.
<i>Akun varassa</i>	Verkkovirtakatkos	Tarkista verkkovirtaliitäntä.
<i>CPAP korkea/matala</i>	Hälytysraja ylitetty	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista maskin koko ja sopivuus. Tarkista hälytysasetukset.

<i>O2 syöttöpaine korkea/matala</i>	Kaasuletku irti.	Tarkista kaasuletkut. Suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Ota yhteys huoltoon.
<i>HeO2 syöttöpaine korkea/alhainen</i>	Kaasuletku irti.	Tarkista kaasuletkut. Suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Ota yhteys huoltoon.
<i>Lääkeainesumutin irti</i>	Sumutin on irronnut sumutuksen aikana. Tekninen vika liitäntäjohdossa.	Kiinnitä sumutin. Vaihda liitinkaapeli.
<i>PEEP korkea</i>	Uloshengityksen loppupaine on asetusarvon tai oletushälytysrajan yläpuolella kolmen peräkkäisen hengityksen ajan.	Tarkista hengitysjärjestelmä. Tarkista liitännät (mansetin paine, it-putken koko). Suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Tarkista asetukset.
<i>PEEP matala</i>	Vuoto potilaan hengitysjärjestelmässä. Vuoto potilasliitännässä.	Tarkista hengitysjärjestelmä. Tarkista liitännät. Suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Tarkista asetukset.
<i>Hengitystaajuus: korkea</i>	Hengitystaajuus liian korkea. Itsetriggaus.	Tarkista potilaan tila. Tarkista triggausasetus.
<i>Hengitystaajuus: matala</i>	Hengitystaajuus liian matala. Triggausherkkyyys asetettu väärin. Suuri kertahengitystilavuus.	Tarkista potilaan tila. Tarkista triggausasetus. Tarkista sisäänhengityksen loppuvirtauksen asetus.
<i>Edi-moduuli irti</i>	Edi-moduulia ei ole asetettu paikalleen oikein.	Aseta Edi-moduuli paikalleen.
<i>Edi-moduulivirhe</i>	Edi-moduulin laitteistovirhe.	Irrota Edi-moduuli ja aseta uudelleen paikalleen. Vaihda Edi-moduuli. Ota yhteys huoltoon.
<i>Edi-katetri ei kiinnitetty</i>	Edi-katetria ei ole asetettu potilaaseen oikein.	Tarkista Edi-katetrin paikka.

<i>Alh. Edi aktiviteetti</i>	Mitattu Edi-aktiviteetti on alhainen NAVA-hengityshoidon aikana.	Tarkista Edi-katetrin paikka. Säädä Edi-triggauksen asetusta. Vaihda hengityshoitotilaa.
------------------------------	--	--

Taulukko 7. Alhaisen tason hälytyksiä

HÄLYTYSVIESTI	MAHDOLLISET SYYT	KORJAUSTOIMENPITEET
<i>Liian korkea vuoto prosentti</i>	Liikavuoto. Maskia/happiviiksiä ei ole sovitettu kunnolla potilaalle tai ne ovat vääränkokoiset. Potilaan suu auki - vuotoa.	Tarkista potilas ja hengitysjärjestelmä. Tarkista maskin koko ja sopivuus.
<i>Näytön/nupin painamis-aika ylitetty</i>	Näyttöä tai nuppia on painettu yli minuutin ajan.	Tarkista näyttö ja nupit. Ota yhteys huoltoon.

Taulukko 8. Tekniset vikaviestit

VIKAKOODI	SYY	KORJAUSTOIMENPITEET
<i>xxxx (yleinen)</i>	Tekninen vika; vikakoodilla xxxxx merkitty vika.	Käynnistä hengityslaite ja suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Ota yhteys huoltoon.
<i>28, 20004</i>	Hälytyksen merkkiäänänen/kaiuttimen virhe.	Tarkista, ettei kaiuttimen edessä ole estettä. Käynnistä hengityslaite ja suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Ota yhteys huoltoon.
<i>22,24,27</i>	Hälytyksen varmistusmerkkiäänänen virhe	Käynnistä hengityslaite ja suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Ota yhteys huoltoon.
<i>20003</i>	Kalvopainikkeen virhe.	Käytä käyttöliittymän painikkeita. Ota yhteys huoltoon.

40,42,44,45,50,54,10003, 2005	Muu virhe.	Käynnistä hengityslaite ja suorita käyttöä edeltävä tarkastus. Ota yhteys huoltoon.
Kaikki muut koodit		Ota yhteys huoltoon.

(Servo-i-käyttöopas, 205 - 216.)

12 SYVENTÄVÄÄ TIETOA ITSEOPISKELTAVAKSI

12.1 Hengityskonehoito

Akuutissa sairaanhoidossa käytetään usein sanaa ”peruselintoiminnot”. Häiriö peruselintoiminnoissa voi pahimmassa tapauksessa johtaa potilaan kuolemaan. Peruselintoimintojen arvioinnissa tarkkaillaan hengitystietä, hengittämistä, verenkiertoa sekä neurologista tilaa. Ruumiinlämpö ja munuaisten toiminta ovat myös osa peruselintoimintoja. (Junttila 2012, 17, 23.)

Hengityksen valvonta jaetaan usein hengitystyön ja kaasujenvaihdon seurantaan. Hengityksessä seurataan hengitystaajuutta (hengityskerta/min) sekä hengitysmekaniikkaa, kaasujenvaihtoa seurataan happikyllästeisyyttä sekä ulostulevaa hiilidioksidipitoisuutta monitoroimalla ja valtimoveren verikaasuanalysein. Tehohoidossa avoimen hengitystien ylläpitoon käytetään usein hengityskonetta yhdistettynä intubaatioputkeen. Muita hengitystä avustavia menetelmiä ovat happihoito, ylipainehoito (CPAP), maskiventilaatio ja non-invasiivinen eli kajoamaton ventilaattorihoito naamarin avulla toteutettuna. (Junttila 2012, 18; Niemi-Murola 2012, 28.)

Hengityslaittehoito on tavallisin elintoimintojen tukihoido teho-osastoilla. Hengityslaitte tuulettaa mekaanisesti keuhkoja hengityskaasulla ja kaasun happipitoisuutta voi tarpeen mukaan lisätä (Varpula & Valta 2003, 1537). Hengityskone, eli toisilta nimiltään respiraattori ja ventilaattori, on kriittisesti sairastuneelle potilaalle elintärkeä. Yhtälailla hengityskonehoitoa tarvitaan esim. leikkauksen jälkeisessä tehohoidossa takamaan riittävä hengitystyö anestesia-aineiden aiheuttaman hengityslaman tai vaikka tajuunantason heikentymisen vuoksi.

Tämän päivän hengityskone on tietokone-ohjattu ja se aistii hengitysteiden virtauksia ja paineita ja pystyy säätämään näitä sähköisesti ohjatuilla venttiileillä. Hengityskoneissa on hyvät valvontaominaisuudet ja näytöllä käyrät paineen, tilavuuden ja virtauksen helppoon ja nopeaan mittaukseen ja seurantaan. Eri sisäänhengityksen virtausmallit sekä hengitysvaiheiden painetasojen ja potilaan ja ventilaattorin suhde ovat teknisen kehityksen myötä laajentuneet. (Niemi-Murola 2012, 29; Varpula & Valta 2003, 1537.)

Mekaanisen ventilaation keskeisinä suureina ovat kertahengitystilavuus, PEEP eli positiivinen uloshengityksen loppupaine ja tavoitellun minuuttiventilaation säätäminen. Keskeinen jako hengityskonetta säädettäessä on valita joko tilavuus- tai painekontrolloitu ventilaatio. Lisäksi on mahdollista säätää hengityskone niin, että se tunnistaa potilaan omia henkäyksiä ja antaa henkäyksen vain, jos potilaan omaa yritystä ei asetussa aikaikkunassa ilmaannu. Tätä hengitysmuotoa kutsutaan SIMV:ksi eli synchronised intermittent mandatory ventilation. Näiden muotojen rinnalle on kehitetty myös potilaan oman hengitystoiminnan säilyttäviä hengitystapoja, APRV eli hengitystiepaineen vapauttava ventilaatio ja BiPAP eli bifaasinen paineventilaatio. (Niemi-Murola 2012, 29 - 30; Varpula & Valta 2003, 1540.)

Hengityskoneen toimintahäiriöt tai väärinkäyttö voivat aiheuttaa potilaalle vaaratilanteen ja siksi terveydenhuollon henkilöstön on osattava hengityskoneen turvallinen käyttö ja tunnistettava hengityskoneen häiriötilat. Hengityslaittehoitoon liittyvä keuhkovaurio voi johtaa monielinvaurion kehittymiseen. Mekaaninen ventilaatio vaikuttaa keuhkokudokseen ja koko elimistön tulehdusreaktion säätelyyn. Siksi hoitohenkilöstön on ymmärrettävä hengityskonehoidon perusteet ja tiedettävä, mitä asioita on seurattava mahdollisimman turvallisen hengityslaittehoidon saavuttamiseksi. (Pommelin 2001, 23; Varpula & Valta 2003, 1537 - 1541.)

12.2 Lapsipotilaan hengityskonehoito teholla

Lapsi tarvitsee hengityskonehoitoa eri syistä johtuvan hengitysvajauksen vuoksi. Tämän kaasujen vaihdon häiriön taustalla voi olla keuhkosairaus, sydämen vajaatoiminta, neurologinen sairaus tai monielinvaurio. Mekaaninen hengityskonehoito (mechanical ventilation) aloitetaan, jos lisähappi happiviiksien tai maskin avulla ja/tai noninvasiivinen CPAP-hoito ovat riittämättömät. Leikkauspotilailla leikkauksen jälkeinen sedaatio ja kivunhoito voivat alkuvaiheessa vaatia hengityskonehoitoa. Hoidon tavoitteena on turvata riittävä hiilidioksidin poiskuljetus ja riittävä kudoshapetus samalla kun hengitystyötä helpotetaan. Erityisesti lapsilla hengityskonehoito on pyrittävä pitämään mahdollisimman kevyenä ventilaatiosta aiheutuvien keuhkovaurioiden välttämiseksi. Säästävässä ventilaatiossa sallitaan usein veren normaalia korkeampi hiilidioksidipitoisuus, jos lapsen elimistö pystyy sen kompensoimaan ilman merkittävän asidoosin kehittymistä. (Peltoniemi & Kallio 2013, 20 - 23.)

Lasten tehohoidossa potilaiden suuri kokoskaala antaa omat haasteensa hoitointerventioihin ja hoidossa käytettävien välineiden valintaan. Lapsen koko vaikuttaa myös hengityskoneen säätöihin. Hengityskoneen antama kertavolyymi arvioidaan sekä volyymi- että painekontrolloidussa ventilaatiossa. Tällä voidaan estää haitallinen keuhkojen ylivenyntyminen. Tärkeää olisi saavuttaa myös koneen ja potilaan välinen synkronia, eli koneen antaman tuen oikea-aikaisuus. Tätä ominaisuutta voidaan säädellä muuttamalla hengityskoneen herkkyyttä tunnistaa potilaan oma hengitys eli triggerustoiminnolla. Lapset ovat yleisesti ottaen nopeita toipumaan, ja tämä tulee huomioida hengityskoneen vieroitusvaiheessa yliventilaation välttämiseksi. (Peltoniemi & Kallio 2013, 20.)

Liian suuri kertatilavuus ja sen aikaan saama alveolien ylivenyntyminen ovat yleisen tietämyksen mukaan merkittävimpiä syitä hengityskonehoidon aiheuttamilla keuhkovaurioille. Liian korkea paine ja tilavuus saattavat johtaa keuhkoödeemaan ja korkea sisäänhengityspaine lisää emfyseeman eli ilmapöhön ja ilmvuotojen riskiä. Myös alveolien jaksottainen avautuminen ja sulkeutuminen sekä korkea sisäänhengityksen happiosapaine lisäävät keuhkovaurion riskiä. (Peltoniemi & Kallio 2013, 20.)

12.3 Lapsipotilaan säästävä mekaaninen ventilaatio

Lapsipotilaan hengityskonehoidossa on tärkeää *seurata kertatilavuutta eli kertavolyymia*. Näin saavutetaan optimaalinen kaasujen vaihto. Nykysuositusten mukaan vastasyntyneille suositellaan 4-6 ml/kg kertatilavuutta ja isommille lapsille 5-8 ml/kg. Kokoon nähden liian suuri kertatilavuus aiheuttaa keuhkojen ylivenyttymisen ja liian pieni vähentää kaasujen vaihtoa ja saattaa aiheuttaa atelektaseja. Lapsipotilaiden kertatilavuudet vaihtelevat eri hengityssykkien välillä. Luotettavimmin toteutunut kertavolyymi mitataan uloshengityksen aikana heti intubaatioputken ulkopuolelta. Mitattuun kertatilavuuteen voi vaikuttaa mm. lämpötilamuutokset, kostutusmuutokset, suljettu imulaite ja hiilidioksidin mittaadapteri. Kuffitonta intubaatioputkea käytettäessä (esim. vastasyntyneellä) uloshengityksen kertatilavuuden mittaus ei ole luotettava ja hengityshoidon riittävyyttä mitataan muilla suureilla. (Peltoniemi & Kallio 2013, 21.)

Hengityskonehoidosta puhuttaessa käytetään *frekvenssi* tai *hengitystaajuus*-sanoja ilmoittamaan minuutin aikana annettavia henkäyskertoja. Frekvenssiä säädettäessä pyritään valitsemaan mahdollisimman fysiologinen määrä ottaen huomioon lapsen iän, koon sekä mahdollisen perussairauden (ks. taulukko 1). Nykyiset ventilaatiomuodot yleensä pitävät sisällään potilaan oman hengityksen tunnistamisen eli *triggauksen*. Useimmat hengityskoneet myös pystyvät tunnistamaan potilaan hengitysyrietykset. Tämä merkitsee, että toteutunut hengitystaajuus voi olla selvästi korkeampi kuin asetettu taajuus. Frekvenssin nostamista käytetään parantamaan kaasujen vaihtumista ja nk. taustafrekvenssiä laskemalla annetaan mahdollisuus potilaan spontaanihengityksen aktivoitumiseen. Pienillä lapsilla korkea frekvenssi voi aiheuttaa ilmasalpausta, sisäänhengityksajan ja I:E (inspiratory:expiratory eli sisään- ja uloshengitys) suhteen seuraaminen on tärkeää. (Peltoniemi & Kallio 2013, 21.)

Yksi tärkeä osa säästävää ventilaatiota on potilaan ja hengityskoneen välinen *synkronia eli samanaikaisuus* sisään- ja uloshengityksen aikana. Thille, Rodriguez, Cabello, Lellouche ja Brochard (2006) ovat tutkineet synkronointia ja sen on todettu vähentävän komplikaatioita (kuten ilmavuoto), sedaation eli rauhoituslääkityksen tarvetta sekä nopeuttavan hengityskoneesta vierottamista (ks. Peltoniemi & Kallio 2013, 21). Synkronointia säädellään *triggausherkkyyden* avulla. Pienillä lapsilla ja erityisesti vas-

tasyntyneillä käytetään yleensä virtaustriggausta. Sen herkkyys voidaan säätää yksilöllisesti. Haittapuolena tässä muodossa on sen alttius virhelähteille ja liika herkkyys voi altistaa autotriggaukseen eli kone antaa henkäyksiä liikaa. Isommilla lapsilla voidaan käyttää painetriggausta. Painetriggaus edellyttää enemmän hengitystyötä koneen antaman tuen aloittamiseksi, tämä voi olla vasta-aiheena syvästi sedatoidun potilaan ventiloimiseen painetriggaus-muodolla. Virtaus- ja painetriggaus voi silti aiheuttaa huomattavaakin epäsynkroniaa potilaan ja hengityskoneen välillä, tämä voi tulla esiin esim. turhan korkeina sisäänhengityspaineina. (Peltoniemi & Kallio 2013, 21.)

Teknologian kehittyminen on tuonut mukanaan NAVA-hengityskonehoitomuodon, joka on taas askeleen lähempänä ihmisen luonnollista hengittämistä. Alander, Peltoniemi, Pokka ja Kontiokari (2012) ovat vertailleet paine-, virtaus- ja NAVA-triggausta ja NAVA eli neurally adjusted ventilatory assist mahdollistaa paremman synkronian potilaan ja hengityskoneen välille. NAVA -ventilaatiossa kone tunnistaa pallean sähköisen aktivaation sisäänhengityksen alkaessa. NAVA tarvitsee toimiakseen erillisen nenämahaletku-katetrin, jossa on anturit Edi-signaalin mittaamiseen. Tämä hengityskonemuoto tunnistaa myös sisäänhengityksen loppumisen ajoittaen näin potilaan uloshengityksen hänen omien tarpeiden mukaisesti. (Ks. Peltoniemi & Kallio 2013, 21.)

Yksi mekaanisen ventilaation perussuure on PEEP eli peak end expiratory pressure. Oikeansuuruisen PEEP:n käyttäminen vähentää pienten keuhkorakkuloiden eli alveolien kokoon painumista hengityssykliden aikana ja pienentää keuhkovaurion riskiä. PEEP voidaan säätää esim. keuhkokomplianssin eli keuhkojen myötäävyyden (elastisuuden) mittauksella. Liian pieni PEEP aiheuttaa atelektaaseja ja huonontaa happautumista kun taas liian suuri PEEP lisää keuhkovaurion riskiä sekä keuhkojen ylivenytystä. Alander, Peltoniemi, Saarela, Anttila, Pokka ja Kontiokari (2013) ovat tutkineet valtakunnallisesti vastasyntyneiden ja lasten hengityskonehoitoa ja saaneet tuloksen, että 5 cmH₂O on tavallisin lapsilla käytetty PEEP-taso (ks. Peltoniemi & Kallio, 2013). Tätä matalampia tasoja käytetään erityisistä syistä, kuten hemodynamiikan poikkeavuus tai aivopaineen hoito). Vastavuoroisesti korkeampaa PEEP-tasoa tarvitaan atelektaasitaipuvaisilla tai keuhkokomplianssin laskusta kärsivillä keuhkosairauspotilailla. Lihaskrelaksantin käyttö tai syvä sedaatio tuovat omat haasteensa PEEP:n määrittämiseen. (Peltoniemi & Kallio 2013, 21.)

Hengityskonehoidon tavoitteena on mahdollisimman lyhyt hengityskonehoito ja siten myös mahdollisimman lyhyt tehohoito. Hengityskonehoidon haittavaikutuksia voivat olla keuhkokuume, keuhko- ja ilmatieauriot sekä liiallinen rauhoittavien lääkkeiden käyttö. Toisaalta liian aikainen hengityskoneesta irrottaminen voi johtaa uudelleen intubaatioon, jossa on aina riski komplikaatioihin. Hengityskoneen antamaa tukea pienennetään asteittain ja koneeseen asetettua hengitysfrekvenssiä lasketaan niin, että spontaanin hengityksen merkitys kasvaa. NAVA-hoito on osoittautunut erinomaiseksi vieroittamisvaiheen hoitomuodoksi. Lapset toipuvat yleensä nopeasti perussairausten korjaannuttua. Siksi hengityskoneasetuksia voi joutua muuttamaan tiheästikin. (Peltoniemi & Kallio 2013, 23.)

Taulukko 9. Eri-ikäisten lasten hengityksen fysiologiset suuret (Tehohoitolehti 2013, 31 (1))

	vasta-syn- tynyt	3-v	15-v
Paino, kg	3	15	60
Hengitystiheys, /min	35	22	16
Kertahengitystilavuus, ml/kg	7	7	7
Alveoliventilaatio, ml/kg/min	120	100	50
Hapenkulutus, ml/kg/min	7	6	3
FRC/Alveoliventilaatio	1/5	1/3	1/1
Ilmatievastus, cmH ₂ O/l/s	30	10	3

Keuhkojen komplianssi, ml/CmH ₂ O	5	30	130
--	---	----	-----

12.4 Lapsen hengittämisen anatomiset ja fysiologiset erityispiirteet

Lapsen ja aikuisen merkittävimmät erot hengitysfysiologian ja tärkeimpien elinten rakenteen suhteen näkyvät selvimmin vastasyntyneisyyskaudella. Sikiön keuhkoputkien määrä ja haaraumat kehittyvät 16. elinviikkoon mennessä. Terminaaliset bronkiolit ja yksinkertaiset alveolit kehittyvät 24. raskausviikkoon mennessä. Tämän jälkeen keuhkojen kaasujenvaihto on mahdollista. Keuhkot jatkavat kehitystään vielä pitkään syntymän jälkeenkin aina kouluikään asti. (Meretoja 2006, 430.)

Syntyessään sikiön rintaontelo puristuu kasaan ja keuhkot tyhjenevät nesteestä. Parin ensimmäisen hengenvedon jälkeen keuhkojen kaasutilavuudet ovat normaalilla vastasyntyneen tasolla. Vastasyntynyt hengittää nenän kautta. Vastasyntyneen kieli sijaitsee taaempana suuontelossa kuin aikuisella. Lapsen ilmäteiden ahtain kohta on murrosikäiseksi asti subgloottisella alueella. (Meretoja 2006, 430 - 431.)

Vastasyntynyt hengittää lähes koko keuhkojensa tilavuudella. Tämä tarkoittaa, että normaalin uloshengityksen jälkeen vastasyntyneelle ei jää paljon reservi-ilmaa keuhkoihin. Tämän johdosta vastasyntynyt on kriittisesti riippuvainen sisäänhengityksen aikana alveolitasolle virtaavasta kaasuseoksesta eikä juuri siedä hengityskatkosta eli apneaa tulematta hypoksiseksi. **Lapsen hengityshoidossa on erityisen tärkeää nk. kuolleen tilan minimointi. Tämä saavutetaan intubaatioputken lyhentämisellä, lasten letkujen käytöllä sekä sopivan kokoisella bakteerisuodattimen käytöllä.** (Meretoja 2006, 431; Puustinen 2013, 245.)

Vastasyntyneen rintakehä on tynnyrimäinen, pehmeä ja kylkiluut sijaitsevat horisontaalisesti. Tämä johtaa siihen, että **vastasyntyneen tärkein hengityselin on pallea.** Leikki-ikänsä jälkeen kylkivälilihaksisto on tärkein hengityselin. Vastasyntyneen pallea on myös hieman erilainen aikuisen palleaan verrattuna: Vastasyntyneellä on puolet vähemmän hitaita ja sitkeitä lihassyitä (nk. oksidatiivisia säikeitä), ja tämä tekee **vas-**

tasynntyneen fyysisesti aikuista väsyvämmäksi, jos lisääntynyt hengitystyö on pitkäkestoista. Lapsella **kurkunpään ärsytys (esim. imukateetrilla) aiheuttaa helposti laryngospasmin.** (Meretoja 2006, 431; Puustinen 2013, 244; Rautiainen 2006, 459.)

Vastasyntyneen ventilaatio (l. hapetus ja tuuletus) on riippuvainen hengitystiheydestä koska itse hengitystilavuus on jo lepotilassa lähes maksimaalisella tasolla. Vastasyntyneen pienet ilmatiet sulkeutuvat uloshengityksen aikana ja aiheuttaa jatkuvan oikovirtauksen tuulettamattomien alveolien ohitse. **Hengityskonehoidossa tämä ominaisuus minimoidaan pitämällä ilmäteissa pientä postitiivista painetta (PEEP).** Lapsen normaali sisään-uloshengityksen suhde (I:E eli inspiratory:expiratory) on 1:2. (Meretoja 2006, 432; Puustinen 2013, 245.)

Vastasyntyneen hengityskeskus (säätelevä automatiikka, hermojen johtonopeudet ja reseptorien reaktioherkkyydet) on epäkypsä ja aiheuttaa normaalillekin vastasyntyneelle ns. periodihengitystä eli vauvalla saattaa olla pidempiä hengitystaukoja. Tämä ilmiö häviää yleensä n. kahden kuukauden ikään mennessä mutta voi jatkua jopa ensimmäisen elinvuoden loppuun. Vastasyntyneen hengityskeskus lamaantuu helposti esim. anestesia-aineista, sepsiksestä tai aivoverenvuodosta ja saturaaion lasku tapahtuu nopeastikin. Erityisesti on muistettava, että **lapsi saattaa hengittää huonosti kivun tai mahassa olevan ilman takia.** (Meretoja 2006, 432; Puustinen 2013, 244; Rautiainen 2006, 459.)

Vastasyntyneen hapenkulutus on 6 - 7 ml/kg/min, eli kaksi kertaa aikuista suurempaa. Tämän vastasyntynyt kompensoi hengittämällä n.40 - 60 kertaa minuutissa kun taas aikuinen hengittää 10 - 20 kertaa minuutissa. Lapsen kertahengitystilavuus (TV= tidal volume) on 6 - 8ml/kg. **Suurin vastasyntyneen happea kuluttava toiminto on normaalin kehonlämmön ylläpito.** (Meretoja 2006, 432; Puustinen 2013, 244; Rautiainen 2006, 459.)

Taulukko 10. Lasten normaali iän mukainen hengitystaajuus (Puustinen 2013, 244; Peltoniemi & Kallio 2013, 21).

Ikä	Keskonen/Vastasyntynyt	Yli 30 päivää	5v	12v	18v

Hengitystaa- juus/min	40-50	30	20	18	10-12
--------------------------	-------	----	----	----	-------

LÄHTEET

Junttila, E. 2012. Peruselintoiminnot ja niiden häiriöt - kriittisesti sairastuneen potilaan tunnistaminen. Teoksessa: Niemi-Murola, L., Jalonen, J., Junttila, E., Metsävainio, K. & Pöyhiä, R. (toim.) Anestesiologian ja tehohoidon perusteet. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, s.17 - 33.

Meretoja, O. 2006. Lapsen fysiologiset muutokset kasvun aikana. Teoksessa: Rosenberg, P., Alahuhta, S., Lindgren, L., Olkkola, K. & Takkunen O. (toim.) Anestesiologia ja tehohoito. 2. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, s.430 - 432.

Niemi-Murola, L. 2012 . Peruselintoiminnot ja niiden häiriöt - kriittisesti sairastuneen potilaan tunnistaminen. Teoksessa: Niemi-Murola, L., Jalonen, J., Junttila, E., Metsävainio, K. & Pöyhiä, R. (toim.) Anestesiologian ja tehohoidon perusteet. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, s.17 - 33.

Peltoniemi, O. & Kallio, M. 2013. Hengityskonehoito lasten tehohoidon aikana. Tehohoito-lehti 2013/31 (1), s.20 - 23.

Pommelin, P. 2001. Hengityshoitolaiteiden turvallinen käyttö. Tabu-lehden artikkeli 5/2001, s.23 - 24.

Puustinen, M.-L. 2013. Peruselintoimintojen seuranta ja hoito. Lapsen anatomiset ja fysiologiset erityispiirteet. Teoksessa: Ilola, T., Heikkinen, K., Hoikka, A., Honkanen, R. & Katomaa, J. (toim.) Anestesiahoitotyön käsikirja. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, s. 244 - 245.

Rautiainen, P. 2006. Vastasyntyneen anestesia. Teoksessa: Rosenberg, P., Alahuhta, S., Lindgren, L., Olkkola, K. & Takkunen O. (toim.) Anestesiologia ja tehohoito. 2. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, s.459 - 464.

Ritmala-Castrén, M. 2010. Teho- ja valvontahoitotyön opas. Terveysportti-verkkosivut. Saatavilla: http://www.terveysportti.fi.xhalax-ng.ky-amk.fi:2048/dtk/aho/koti?p_artikkeli=tht00079&p_haku=typpioksidi [viitattu 9.11.2014].

Sallankivi, N. 2012. Opetushoitaja. Ohje. HUS.

Servo-i-Hengityslaitejärjestelmä V7.0, käyttöopas. 2012. Sweden: Getinge Group.

Tammivuori, A. Opetushoitaja. Sähköpostitiedoksianto 6.11.2014. HUS.

Varpula, T. & Valta, P. 2003. Tehohoitopotilaan hengityslaitehoito. Suomen Lääkärilehti 2003; 58 (13), s.1537 - 1542.

Viljamaa, J. 2014. Regional Manager.. Sähköpostitiedoksianto 25.8.2014. Maquet Finland Oy.