

Noninvasiivinen ventilaatio – äkillisen hengitysvajauksen käypää hoitoa

Pirkko E. Brander ja Tero Varpula

Respiraattori ja invasiivinen keinoilmatie ovat anesthesiologeille tuttuja jokapäiväisiä työvälineitä. Noninvasiivisella ventilaatiolla on kuitenkin takanaan pitempi historia. Se tarjoaa tutkitusti tehokkaan ratkaisun moniin sellaisiin tilanteisiin, joissa tavanomainen hengitystuki ei riitä, mutta invasiivinen respiraattorihoitokin tuntuu turhan raskaalta vaihtoehdolta. Moderni teknologia näyttää vauhdittavan tätäkin perinteistä hoitomuotoa uuteen kukoistukseen.

Tiivistelmä

Noninvasiivinen ventilaatio tarkoittaa mekaanista hengityslaittehoitoa, joka toteutetaan ilman keinoilmatieitä. Endotrakeaaliputken sijasta ventilointiin käytetään nenä- tai kasvonaamaria. Noninvasiivinen ventilaatio soveltuu äkillisen hengitysvajauksen hoitoon erityisesti silloin kun kyseessä on kroonisen hengitystä huonontavan sairauden akuutti pahenemisvaihe johon liittyy hiilidioksiditason nousu ja respiratorinen asidoosi. Keuhkohtaumatauti-potilaille taudin pahenemisvaiheessa ajoissa aloitettu noninvasiivinen ventilaatio vähentää tarvetta invasiiviseen hengityslaittehoitoon, lyhentää sairaalahoidon kestoa, vähentää komplikaatioita, alentaa kustannuksia ja parantaa ennustetta. Noninvasiivisen ventilaation merkitys äkillisen kaasujenvaihtohäiriön hoidossa on vaihtelevampi. Hyöty on parhaiten osoitettu sydänperäisen keuhkopöhön hoidossa sekä äkillisessä hengitysvajauksessa silloin kun immuunivaste on merkittävästi häiriintynyt. Noninvasiivinen ventilaatio on näyttöön perustuvaa hoitoa useissa erilaisissa hengitysvajaus tilanteissa. Hoidon tuleekin olla saatavilla kaikissa hengitysvajauspotilaita hoitavissa sairaaloissa.

Johdanto

Äkillisen hengitysvajauksen hoidon tavoitteena on

turvata kudosten riittävä hapensaanti ja hiilidioksidin poistuminen elimistöstä, vähentää hengitystyötä ja helpottaa potilaan kokemaa hengenahdistusta sekä antaa aikaa hengitysvajaukseen johtaneen perussyyn hoidolle. Näiden tavoitteiden toteuttamiseksi käytetään sisäänhengitysilman happipitoisuuden suurentamista, naamarin avulla hengitysteihin luotua jatkuvaa positiivista ilmatiepainetta (CPAP = continuous positive airway pressure) sekä mekaanista hengityslaittehoitoa, joka voidaan toteuttaa joko noninvasiivisesti (ilman keinoilmatieitä, nykyään yleensä käyttämällä kasvo- tai nenänaamaria) tai invasiivisesti (käyttämällä endotrakeaalista intubaatiota). Kirjallisuudessa noninvasiivinen ventilaatio (NIV) äkillisen hengitysvajauksen hoidon yhteydessä sisältää usein myös akuutin kaasujenvaihtohäiriön CPAP-hoidon. Tässä kirjoituksessa noninvasiivinen ventilaatio tarkoittaa noninvasiivista hengityslaittehoitoa. Suomessa on vakiintunut käyttöön ilmaisu ”BIPAP-hoito” (BIPAP = bilevel positive airway pressure) erään laitteen nimen mukaan silloin kun tarkoitetaan yleisesti noninvasiivista hengityslaittehoitoa. Terminologia on valitettavan sekavaa; anesthesiologit yleensä mieltävät BIPAP:n APRV:n (airway pressure release ventilation) kaltaiseksi hengitysmalliksi, kun taas noninvasiivinen BIPAP vastaa painekontrolloitua assist/control-hengitysmallia. Kirjoittajat ehdottavatkin, että laitevalmistajien tuotteista johdettuja slangitilmaisuja vältettäisiin sekaannusten ehkäisemiseksi.

Noninvasiivisen ventilaation kehitys

Mekaanisen hengityslaitteiden ensimmäiset kliiniset sovellukset edustivat noninvasiivisia tekniikoita. 1800-luvulla käyttöön otetut ensimmäiset rautakeuhkot ja sittemmin 1900-luvun alkupuoliskolla kukoistuskautensa kokeneet tankkiventilaattorit olivat alipaineventilaattoreita, joiden toiminta perustui rintakehän ympärille muodostettuun sykliiseen alipaineeseen. Alipaineventilaattorit ovat tankkiventilaattoriajoista kehittyneet, ja niitä käytetään edelleen jossain määrin kroonisen ventilaatiovajakseen pitkäaikaishoitoon. Alipaineventilaatiolla saata-va apu keuhkotuuletukseen on usein kuitenkin rajallinen ja menetelmään liittyy myös ylähengitystien obstruktiotaipumusta.

Keinoilmatie ja invasiivinen hengityslaittehoito osoittivat tehonsa 1950-luvun puolivälissä polioepidemian aikana, ja syrjäyttivät nopeasti muut tekniikat akuutin hengitysvajauksen hoidossa. Keinoilmatien käyttäminen ei kuitenkaan ole ongelmaton. Intubaatioputki estää potilaan normaalin puhumisen, syömisen ja yskimisen, edellyttää potilaan sedaatiota ja analgesiaa sekä lisää merkittävästi vaaraa saada sairaalainfektio¹. Onkin ymmärrettävää, että kiinnostus noninvasiivisiin hengitystukimuotoihin on herännyt uudestaan. Kasvonaamarin avulla toteutettava CPAP-hoito tuli akuutin kaasujenvaihtohäiriön hoitoon 1980-luvulla. Naamari-CPAP:n avulla spontaanisti hengittävän potilaan hengitysteihin luotu jatkuva positiivinen ilmatiepainne on osoittautunut tehokkaaksi hoidoksi äkillisessä sydänperäisessä keuhkopöhdössä², ja sitä käytetään yleisesti muissakin kaasujenvaihtohäiriöissä. Nenänaamarin avulla toteutettu CPAP- hoito vakiinnutti asemansa uniapnean hoidossa 1980-luvulla. Sittemmin nenänaamarit osoittautuivat käyttökelpoisiksi myös mekaanisen hengityslaitteiden toteuttamisessa kroonisen ventilaatiovajakseen pitkäaikaishoidossa jos potilaat tarvitsivat hengitystukihoitoa vain osan aikaa vuorokaudesta.

Vähitellen naamari-ventilaatiota alettiin kokeilla myös akuutin hengitysvajauksen hoitoon. Ensimmäiset tapauselostukset nenänaamari-ventilaation onnistuneesta käytöstä keuhkohtaumatautipotilaiden akuutin pahenemisvaiheen hoidossa ilmestyivät noin 15 vuotta sitten³. Uusi hoitomuoto toi terveltulle vaihtoehdon näiden yleensä vaikeasti kroonisesti sairaiden potilaiden hoitoon tilanteissa, joissa tavanomainen pahenemisvaiheen hoito ei enää riittänyt mutta tehohoitoa ja invasiivista ventilaattorihoitoa haluttiin välttää. Menetelmä tulikin ensimmäisenä keuhkolääkärin työkaluksi⁴. Viimeisten

vuosien aikana noninvasiivinen ventilaatio on osoittanut tehonsa myös monissa muissa akuuteissa hengitysvajauksilanteissa. Hengityslaitteet, hengitysmallit ja potilasliittymät ovat kehittyneet ja monipuolistuneet. Noninvasiivinen ventilaatio on tullut osaksi äkillisen hengitysvajauksen hoitovälikoimaa myös päivystysalueilla ja tehovalvontaosastoilla. Koska noninvasiivinen ventilaatio on uusi hoitomuoto, on sitä tutkittu paljon ja näyttö sen tehosta perustuu lukuisiin kontrolloituihin tutkimuksiin. Se on poikkeuksellista akuutin hengitysvajauksen hoitokäytäntöjen yhteydessä.

Noninvasiivisen ventilaation indikaatiot

Keuhkohtaumataudin pahenemisvaihe

Noninvasiivisen ventilaation hyöty keuhkohtaumatautipotilaiden akuutin pahenemisvaiheen hoidossa on osoitettu useissa satunnaistetuissa kontrolloidussa tutkimuksissa. Vuonna 2003 aiheesta ilmestyi systemoitu katsaus⁵. Katsauksessa oli mukana kahdeksan satunnaistettua kontrolloitua tutkimusta ja yhteensä yli 500 keuhkohtaumatautipotilasta, joilla oli sairaalahoitoa edellyttävä pahenemisvaihe, johon liittyi valtimoveren hiilidioksidiosapaineen PaCO₂ nousu yli 6 kPa:n. Katsauksessa osoitettiin, että noninvasiivinen ventilaatio liitettynä tavanomaiseen lääke- ja happihoitoon on tehokkaampi menetelmä välttämään intubaatiota, vähentämään kuolleisuutta ja komplikaatioita sekä lyhentämään sairaalahoidon kestoa kuin tavanomainen hoito yksinään. Katsaukseen sisältyvässä suurimmassa yksittäisessä tutkimuksessa⁶ oli mukana 236 COPD-potilasta, joiden taudin akuuttiin pahenemisvaiheeseen liittyi lievä hiilidioksiditason nousu (PaCO₂ >6 kPa) ja respiratorinen asidoosi (pH >7.25, <7.35). Noninvasiivisesta ventilaatiosta hyötyivät selvimmin potilaat, joiden asidoosi oli lähtötilanteessa vain kohtalainen (pH ≥7.30 vs pH 7.25–7.30). Noninvasiivinen ventilaatio tulee aloittaa riittävän varhaisessa vaiheessa, jos halutaan estää tilanteen ajautuminen invasiiviseen hengityslaittehoitoon. Keuhkohtaumatautipotilaille hoito kannattaa aloittaa jo silloin kun akuutin pahenemisvaiheen yhteydessä alkuvaiheen lääke- ja happihoidon jälkeenkin valtimoveren pH on alle 7.35 ja PaCO₂ on korkeampi kuin 6–6.5 kPa (tai kroonisessa ventilaatiovajakseen potilaan normaalitasoa korkeampi)^{7–10}.

Muut ventilaatiovajaustilanteet

Noninvasiivista ventilaatiota kannattaa kokeilla muissakin sellaisissa tiloissa, joissa akuutti hyper-

kapninen hengitysvajaus liittyy muihin kroonisiin hengitystä huonontaviin sairauksiin⁷⁻¹⁰, (taulukko 1). Hoitoa on käytetty menestyksellisesti mm. lihasteihin, kyfoskolioosiin ja liikapainoon liittyvän hengitysvajauksen pahenemisvaiheen hoidossa, postoperatiivisessa hengitysvajauksessa ja astman pahenemisvaiheessa¹¹. Tuoreen pilottitutkimuksen¹² mukaan vaikeassa astmakohtauksessa noninvasiivinen ventilaatio nopeutti keuhkojen toiminnan korjaantumista ja vähensi sairaalahoidon tarvetta.

Noninvasiivisen ventilaation yksi käyttöalue on akuutin hengitysvajauksen hoito silloin kun invasiivisesta ventilaatiosta ja tehohoidosta pidättäytyttäisiin joka tapauksessa vaikean perustaudin tai huonon ennusteen vuoksi. Näiden potilaiden noninvasiivinen ventilaatio palliatiivisena hoitona lievittää hengitysvajauksen oireita ja saattaa auttaa potilasta selviytymään kotiin vielä yhdestä tilapäisestä pahenemisvaiheesta, vaikka pitkäaikaisennuste olisikin huono^{7-10,13}.

Alveolitason kaasujenvaihtohäiriö (hypokseeminen hengitysvajaus)

Äkillisen kaasujenvaihtohäiriön hoidossa noninvasiivisen ventilaation käyttö on toistaiseksi vähemmän vakiintunutta ja heterogeenisemmän potilasmateriaalin takia tutkimusnäyttö on hajanaisempaa. Hoidon hyöty näyttää vaihtelevan sen mukaan mikä on kaasujenvaihtohäiriön syy ja kuinka pitkään hengitysvajauksen hoitoa tarvitaan^{7-10,14}. Keuhkopöhdössä, jossa hengitysvajauksen hoitoa tarvitaan usein suhteellisen lyhyen aikaa, noninvasiivisen hoidon teho näyttäisi olevan hyvä, kun taas keuhkokuume- ja keuhkovauriopotilaiden ennuste tuntuu olevan selvästi huonompi.

Sydänperäisessä keuhkopöhdössä noninvasiivinen ventilaatio korjaa kaasujenvaihtoa nopeammin ja vähentää invasiivisen hengityslaittehoitoa tarvetta tehokkaammin kuin pelkkä lääke- ja happihoito¹⁵⁻¹⁷. Vasemman kammion vajaatoiminnassa CPAP-hoidon verenkiertoaikutukset ovat ratkaisevan tärkeitä hoidon kokonaisvaikutusten kannalta. Rintaontelon paineen nousun aikaansaama liiallisen oikean puolen laskimopaluun ja vasemman kammion jälkuormen väheneminen parantavat vasemman kammion toimintaa ja antavat aikaa lääkehoidon tehon optimoimiseen. CPAP-hoidon ja varsinaisen noninvasiivisen ventilaation välisiä eroja on tutkittu keuhkopöhdön hoidossa toistaiseksi niukasti. Ensimmäinen tällainen tutkimus jouduttiin keskeyttämään ennenaikaisesti sen vuoksi, että noninvasiivisella ventilaatiolla hoidetuille potilaille ilmaantui enemmän akuutteja sydäninfarkteja¹⁸. Sittemmin uudemmissa tutkimuksissa ei lisääntynyttä vaaraa sy-

Taulukko 1. Noninvasiivisen ventilaation aiheet äkillisen hengitysvajauksen hoidossa

- Keuhkohtaumataudin pahenemisvaihe
- Muun kroonisen keuhkotulehduksen huonontavan sairauden akuutti pahenemisvaihe:
Hermoston tai lihaksiston sairaus, kyfoskolioosi tai muu rintakehää jäykistävä rakennevikä, liikapainoon liittyvä ventilaatiovajaus, vaikea uniapnea (Pickwickin oireyhtymä)
- Postoperatiivinen hengitysvajaus
- Astman pahenemisvaihe
- "Do not intubate"-potilas (oireiden lievitys, hoitokokeilu)
- Immunosuppressiopotilaan ja elinsiirtopotilaan akuutti hengitysvajaus
- Keuhkopöhö
- Keuhkokuume (valikoiduilla potilailla)
- Keinoilmatiestä vieroittaminen

däninfarktien suhteen ole havaittu^{17,19}. Keuhkopöhdössä naamari-CPAP on ensisijainen hoito silloin kun pelkkä lisähapen anto ei riitä. Noninvasiivinen ventilaatio näyttäisi olevan hyödyllistä erityisesti silloin kun keuhkopöhdön liittyy happeutumishäiriön lisäksi hiilidioksiditason nousu¹⁵⁻¹⁷. Akuutin koronaarisyndrooman yhteydessä noninvasiiviseen ventilaatioon tulee edelleen suhtautua varoen^{7,19}.

Valikoituja keuhkokuumeipotilaita hoidettaessa (erityisesti silloin jos potilailla on myös keuhkohtaumatauti ja hiilidioksiditason nousu) noninvasiivinen ventilaatio vähentää tarvetta keinoilmatiem käyttöön²⁰. Tuoreessa kansainvälisessä hoitosuosituksessa noninvasiivisen ventilaation teho sepsikseen liittyvässä vaikeassa hengitysvajausoireyhtymässä on arvioitu epävarmaksi, ja sen käyttöä voidaan harkita vain silloin kun potilaan tajunta on hyvä ja on todennäköistä että potilas toipuu hengitysvajauksestaan nopeasti (48–72 tunnissa)²¹. Noninvasiiviseen ventilaatioon liittyen vaarana saattavat olla väistämättömän intubaation viivytystä johtuvat ongelmat; aspiraatio, lisääntyneeseen hengitystyöhön liittyvä lisääntynyt hapenkulutus ja verenkierron ongelmat.

Sairaalainfektioita voidaan vähentää käyttämällä noninvasiivista ventilaatiota hengitysvajauksen hoitoon invasiivisen ventilaation sijasta silloin kun se on mahdollista²². Tämä on erityisesti hyödyksi silloin kun hoidetaan immunosuppressiopotilaiden ja elinsiirtopotilaiden hengitysvajauksia. Näille potilaille riittävän varhain aloitettu noninvasiivinen ventilaatio vähentää invasiivisen mekaanisen ventilaation tarvetta, komplikaatioita ja kuolleisuutta^{23,24}.

Vieroitus

Noninvasiivista ventilaatiota voidaan käyttää vieroitettaessa potilasta invasiivisesta hengityslaittehoitosta. Tuoreen systemoidun katsauksen²⁵ perusteella noninvasiivista ventilaatiota hyödyntävä vieroitustrategia näyttäisi olevan perinteistä T-kappalevieroitusta parempi ainakin keuhkoahtraumatautipotilaille. Jos keuhkoahtraumatautipotilas on jouduttu intuboimaan hengitysvajauksen vuoksi, varhainen extubaatio ja extubaation jälkeen välittömästi aloitettu noninvasiivinen ventilaatio vähentää kuolleisuutta ja hengityslaittehoitoon liittyviä keuhkokuumeita, lyhentää sairaalahoidon kokonaiskestoa, tehohoidon kestoa ja hengitystukihoidon kokonaiskestoa. Sen sijaan noninvasiivisesta ventilaatiosta ei ole osoitettu olevan hyötyä tilanteissa, joissa potilaan hengitysvajaus extubaation jälkeen myöhemmin uudelleen vaikeutuu ("postextubation respiratory failure"), ja se saattaa jopa olla haitaksi viivästyttämällä reintubaatiota ja invasiivisen hoidon aloittamista.^{26,27}

Noninvasiivisen ventilaation vasta-aiheet

Noninvasiivinen ventilaatio korjaa kaasujenvaihtoa nopeammin kuin pelkkä happi- ja lääkehoito mutta hitaammin kuin invasiivinen ventilaatio. Tämä on otettava huomioon kun harkitaan noninvasiivisen hoidon aloittamista. Hoito tulee aloittaa mieluummin turhan aikaisin kuin viivyttaa hoidon aloittamista niin kauan ettei noninvasiivinen hoito enää tehoa. Noninvasiivinen hengityslaittehoito epäonnistuu keskimäärin noin kolmasosassa tapauksista. Hoitotuloksen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat potilaan perustaudin vaikeusaste, potilaan yleistila ja asidoosin vaikeusaste ennen hoidon aloittamista sekä hoitovasteen nopeus.^{7,28,29} Noninvasiivinen ventilaatio edellyttää yleensä sitä, että potilas on ainakin jossain määrin yhteistyökykyinen ja että kyseessä ei ole sellainen tilanne (kuten esim. hengityspysähdys tai äärimmäisen epävakaata verenkierto) joka vaatii välitöntä intubaatiota. Hengitystie tulee olla turvattu ilman keinoilmätietä ja naamari tulee saada tiiviiksi (taulukko 2). Jos invasiivinen hengityslaittehoito katsotaan kuitenkin potilaan vaikean perustaudin vuoksi joka tapauksessa epätarkoituksenmukaiseksi, voidaan harkita noninvasiivisen ventilaation aloittamista hoitokokeiluna ja oireenmukaisena hoitona vasta-aiheista huolimatta⁷.

Taulukko 2. Noninvasiivisen ventilaation vasta-aiheita äkillisen hengitysvajauksen hoidossa

- Hengityspysähdys, sydänpysähdys
- Tajuttomuus, vaikea sekavuus, hemodynaamisesti epävakaata tila
- Vaikea kaasujenvaihtohäiriö (ARDS)
- Tuore kasvojen, ylähengitysteiden tai ruoansulatuskanavan vamma tai leikkaus
- Ylähengitysteiden ahtauma tai hengitysteiden avoimuus muuten uhattuna ilman keinoilmätietä
- (oksentelu, runsaat eritteet, verenvuoto)
- Naamarin käyttö ei onnistu
- Ilmarinta (ilman dreeniä)

Hoidon toteutus ja porrastus

Noninvasiiviseen ventilaatioon käytetään sekä tilavuussäätöisiä että painesäätöisiä ventilaattoreita. Yleisesti käytetty ventilaatiomalli on avustava ja/tai kontrolloiva painekontrolloitu hengitysmalli, johon yhdistetään positiivinen loppu-uloshengityspaine (kaksivaiheinen positiivinen paineventilaatio, kaksospaineventilaatio, bilevel positive airway pressure ventilation, ns. BIPAP-hoito). Suhteellinen hengitysavustus (PAV, proportional assist ventilation) on hengitysmuoto, jossa spontaanisti hengittävän potilaan saama hengitystuki vaihtelee suhteessa potilaan oman hengityksen voimakkuuteen. Se näyttäisi helpottavan potilaan sopeutumista ventilointiin silloin kun oma hengitysvireys on suuri³⁰. Noninvasiivinen ventilaatio voidaan toteuttaa tarvittaessa varsin yksinkertaisilla kannettavilla hengityslaitteilla. Samantyyppisiä laitteita käytetään myös kroonisen ventilaativajauksen pitkäaikaishoitoon. Äkillisen hengitysvajauksen erityisesti noninvasiiviseen hoitoon on kehitetty hengityslaitteita, joissa on monipuoliset säätömahdollisuudet hengitysmallien, paineiden ja virtauksien suhteen. Laitteet mahdollistavat sisäänhengityksen happifraktion tarkan säätämisen, mikä on kevyempien laitteiden merkittävin puute. Näissä laitteissa on myös monipuoliset hälytys- ja monitorointiominaisuudet. Useimmat nykyaikaiset varsinaiseen tehohoitoon tarkoitetut ventilaattorit mahdollistavat myös noninvasiivisten hoitomuotojen antamisen. Tehohoitoventilaattorilla hoito on helpointa toteuttaa painetukiventilaatiolla (PS, pressure support) tai painekontrolloidulla assist/control-hengitysmallilla. Hälytysten säätämisessä tulee huomioida hoitomuotoon liittyvä hengitysjärjestelmän vuoto ja varsinkin alkuvaiheessa epäsynkroniaan liittyvät ongelmat turhien hälytys-

ten välttämiseksi. Kasvonaamari potilasliittymänä on paremmin siedetty erityisesti hoidon aloitusvaiheessa, kun hengitysvireys ja minuuttiventilaatiotarve on suuri,³¹. Tilanteen vakiintuessa hoitoa voidaan jatkaa nenänaamarilla.

Kaikissa niissä sairaaloissa, joissa hoidetaan äkillisestä hengitysvajauksesta kärsiviä potilaita, tulee olla mahdollisuus aloittaa noninvasiivinen ventilaatio kaikkina vuorokaudenaikoina⁷. Hoidon toteutamispaikka sairaalan sisällä (päivystyspoliklinikka ja -osasto, valvontaosasto, teho-osasto, vuodeosasto) riippuu hengitysvajauksen tyypistä ja vaikeusasteesta sekä paikallisista olosuhteista. Usein hoito aloitetaan päivystysalueella tai valvontaosastoilla, mutta kun tilanne vakiintuu, potilas on sopeutunut hoitoon ja hoidon jatkaminen nenänaamarilla onnistuu, voidaan hoitoa jatkaa vuodeosastolla. Hoidon seuranta edellyttää etenkin alkuvaiheessa jopa tarkempaa ja työläämpää potilaan kliinistä seurantaa kuin intuboitua potilasta hoidettaessa. Äkillisen hengitysvajauspotilaan monitorointiin kuuluu hoitomuodosta riippumatta vähintäänkin pulssioksimetria ja yleensä valtimokanyyli. Vaikeassa hypoksemiassa ja vaikeassa respiratorisessa asidoosissa (pH <7.25) tulisi potilasta hoitaa sellaisessa yksikössä, jossa tarvittaessa voidaan viipymättä siirtyä invasiiviseen ventilointiin (päivystys/valvontaosasto tai tehostetun valvonnan osasto)⁷⁻¹⁰. □

Kirjallisuus

- Pingleton SK. Complications of acute respiratory failure. *Am Rev Respir Dis* 1988; 137: 1463–1493.
- Pang D, Keenan SP, Cook DJ, ym. The effect of positive airway support on mortality and the need for intubation in cardiogenic pulmonary edema: a systematic review. *Chest* 1998; 14: 1185–1192.
- Elliot MW, Steven MH, Phillips GD, Branthwaite M. Non-invasive mechanical ventilation for acute respiratory failure. *BMJ* 1990; 300: 358–360.
- Brander PE, Kallonen E, Lahdensuo A. Nenäventilointi akuutin hengitysvajauksen hoidossa. *Duodecim* 1995; 111: 1765–1771.
- Ram FSH, Lightowler JV, Wedzicha JA. Non-invasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. (Cochrane review). In: *The Cochrane Library*, Issue 4, 2003; Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Plant PK, Owen JL, Elliot MW. Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2000; 355: 1931–1935.
- British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002; 57: 192–211.
- International consensus conference in intensive care medicine: Non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 283–291
- Mehta S, Hill N. Noninvasive ventilation. State of the art. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 540–577.
- Brochard L. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *JAMA* 2002; 288: 932–935.
- Rodrigo GJ, Rodrigo C, Hall J. Acute asthma in adults. A review. *Chest* 2004; 125: 1081–1102.
- Soroksky A, Staw D, Shpirer I. A pilot prospective, randomized, placebo-controlled trial of bilevel positive airway pressure in acute asthmatic attack. *Chest* 2003; 123: 1018–1025.
- Chu C-M, Chan VL, Wong IW, ym. Noninvasive ventilation in patients with acute hypercapnic exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease who refused intubation. *Crit Care Med* 2004; 32: 372–377.
- Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, Hill NS. Does non-invasive positive pressure ventilation improve outcome in acute hypoxemic respiratory failure? A systematic review. *Crit Care Med* 2004; 32: 2516–2523.
- Masip J, Betbese J, Paez J, ym. Non-invasive pressure support ventilation versus conventional oxygen therapy in acute cardiogenic pulmonary oedema: a randomised trial. *Lancet* 2000; 356: 2126–2132.
- Nava S, Carbone G, DiBatista N, ym. Noninvasive ventilation in cardiogenic pulmonary edema. A multicenter randomized trial. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 168: 1432–1437.
- Park M, Sangean MC, Volpe M, ym. Randomized prospective trial of oxygen, continuous positive airway pressure and bilevel positive airway pressure by face mask in acute cardiogenic pulmonary edema. *Crit Care Med* 2004; 32: 2407–2415.
- Mehta S, Jay GD, Woolard H, ym. Randomized prospective trial of bilevel versus continuous positive airway pressure in acute pulmonary edema. *Crit Care Med* 1997; 25: 620–628.
- Bellone A, Monari A, Cortellari F, ym. Myocardial infarction rate in acute pulmonary edema: Noninvasive pressure support ventilation versus continuous positive airway pressure. *Crit Care Med* 2004; 32: 1860–1865.
- Confalonieri M, Potena A, Carbone G, ym. Acute respiratory failure in patients with severe community-acquired pneumonia. A prospective randomized evaluation of noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 190: 1585–1591.
- Sevransky JE, Levy MM, Marini JJ. Mechanical ventilation in sepsis-induced acute lung injury/ acute respiratory distress syndrome: An evidence based review. *Crit Care Med* 2004; 32 (Suppl): S 548–553.
- Girou E, Schortgen F, Delclaux C ym. Association of noninvasive ventilation with nosocomial infections and survival in critically ill patients. *JAMA* 2000; 284: 2361–2367.
- Hilbert Gilles, Gruson D, Vargas F, ym. Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever and acute respiratory failure. *NEJM* 2001; 344: 481–487.
- Antonelli M, Conti G, Bui M, ym. Noninvasive ventilation for treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation: a randomized trial. *JAMA* 2000; 283: 235–241.
- Burns KEA, Adhikari NKH, Meade MO. Noninvasive positive pressure ventilation as a weaning strategy for intubated adults with respiratory failure (Cochrane review). In: *The Cochrane Library*, Issue 4, 2004. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- Keenan S, Powers C, McCormack D, Block G. Noninvasive positive pressure ventilation for postextubation respiratory distress – a randomized controlled trial. *JAMA* 2002; 287: 3238–3244.
- Esteban A, Frutos-Vivar F, Niall D, ym. Noninvasive positive pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med* 2004; 350: 2452–2460
- Moretti M, Cilione C, Tampieri A, ym. Incidence and causes of failure of non-invasive mechanical ventilation after initial success. *Thorax* 2000; 55: 819–825.
- Plant PK, Owen JL, Elliot MW. Non-invasive ventilation in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: long term survival and predictors of in-hospital outcome. *Thorax* 2001; 56: 708–712.
- Wysocki M, Richard J-C, Meshaka P. Noninvasive proportional assist ventilation compared with noninvasive pressure support ventilation in hypercapnic acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2002; 30: 323–329.
- Kwok H, McCormack J, Cece R, ym. Controlled trial of oronasal versus nasal mask ventilation in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med* 2003; 31: 468–473.

Pirkko E. Brander

dosentti, osastonylilääkäri

HUS/Hyvinkään sairaala, keuhkosairauksien vastuualue

pirkko.brander@hus.fi

Tero Varpula

LT, apulaisyylilääkäri

HUS/Jorvin sairaala, Tehohoito-osasto