

### 3. Trakeostomoidun potilaan sisäänhengitysilman kostutus

**Käytä mekaanisesti ventiloitulla trakeostomoidulla potilaalla sisäänhengitysilman lämmintä höyrykostutusta, sillä**

- **korkeavirtauksisella lämminhöyrykostuttimella saavutettaneen korkeampi absoluuttinen kosteus verrattuna kosteuslämpövaihtimeen (HME). (C)**

Kosteuslämpövaihtimen (HME) ja korkeavirtauksisen lämminhöyrykostuttimen käytöllä trakeostomoiduilla potilailla saavutettiin 100 % suhteellinen kosteus. Absoluuttinen kosteus oli HME:tä käytettäessä 30,2 +/-1,8 mg/L, kun taas korkeavirtauksista lämminhöyrykostutinta käytettäessä absoluuttinen kosteus oli 40,3 +/-1,8 mg/L.

Japanilaisessa kvasikokeellisessa tutkimuksessa<sup>1</sup> tutkittiin kosteuslämpövaihtimen (HME) ja korkeavirtauksisen lämminhöyrykostuttimen kostutustehokkuuden eroja trakeostomoiduilla potilailla. Tutkimuksessa verrattiin seuraavia kostutuslaitteita: kosteuslämpövaihdin (HME, merkiltään Trach-Vent+, Sweden) ja korkeavirtauksinen lämminhöyrykostutin (heated and humidified highflow device, merkiltään MR850 and Optiflow tracheostomy interface, Fisher and Paykel, New Zealand). Aikasarjan harhan vähentämiseksi, kunkin koehenkilön tutkimusprotokolla oli kolmivaiheinen: 1) korkeavirtauksinen lämminhöyrykostutin, 2) kosteuslämpövaihdin (HME) ja 3) korkeavirtauksinen lämminhöyrykostutin. Jokainen vaihe kesti 60 minuuttia. Kunkin vaiheen jälkeen mitattiin sisäänhengitysilman lämpötila sekä sisäänhengitetyn kaasun absoluuttinen ja suhteellinen kosteus. Absoluuttinen kosteus laskettiin vastaavasta lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Tutkimuksessa mukana olleista (n = 10) viisi oli miehiä ja viisi naisia, iältään 72 +/-12 vuotta.

**Tutkimuksen laatu:** Hyvä (JBI 6/9)

**Näytön vahvuus:** 2d

**Sovellettavuus suomalaiseen väestöön:** Hyvä. Tutkimus suoritettiin japanilaisessa yliopistosairaalassa, joten tutkimus on verrattavissa eurooppalaiseen väestöön.

**Kommentti:** Pieni otoskoko.

- **hengitysilman lämminhöyrykostutus saattaa vähentää hengitysteiden imemisen tarvetta erityisesti tupakoivilla trakeostomoiduilla potilailla. (C)**

Hengitysteiden imemisen tarve oli vähäisempää niillä trakeostomoiduilla potilailla, joilla käytettiin lämminhöyrykostutinta kuin niillä, joiden hengitysilmaa kostutettiin kylmällä aerosolikostuttimella (mean 3 imukertaa/vrk, vaihteluväli 1–14 vs. 5 imukertaa/vrk, vaihteluväli 1–13; p < 0,001).

Saksalaisessa kvasikokeellisessa tutkimuksessa<sup>2</sup> verrattiin hengitysilman kylmää aerosolikostutusta ja lämminhöyrykostutusta suhteessa hengitysteiden imemisen tarpeeseen. Tutkimuksessa potilaat (n = 20), joilla yhtä lukuun ottamatta trakeostomian indikaationa oli nielun tai kurkun maligniteetti, jaettiin joko ennen trakeostomiaa tai välittömästi

sen jälkeen kahteen ryhmään, joista toisessa käytettiin kylmää aerosolikostutusta ja toisessa lämmintä hengitysilman kostutusta. Potilaista 18 oli mukana tutkimuksen loppuun saakka, ja heistä 12 oli miehiä. Potilaiden mediaani-ikä oli 70 vuotta (48–88 v) ja yhtä lukuun ottamatta he kaikki tupakoivat. Kylmä aerosolikostutus toteutettiin Cirrus nebulisaattorilla (Intersurgical) ja lämmin hengitysilman kostutus AIRVO 2 kostuttimella (Fisher & Paykel Healthcare). Kostutusta käytettiin vähintään kahdeksan tuntia vuorokaudessa. Kliinisen tarpeen perusteella suoritettujen hengitystieimut dokumentoitiin seurantalomakkeelle 14 vuorokauden ajan trakeostomian jälkeen.

**Tutkimuksen laatu:** Tasokas (JBI 8/9)

**Näytön vahvuus:** 2c

**Sovellettavuus suomalaiseen väestöön:** Hyvä

**Kommentti:** Tutkijat tunnistavat seuraavia rajoituksia tutkimuksessaan: randomoinnin puute, sokkouttaminen ei ollut kostutusmenetelmän suhteen mahdollista ja pieni otoskoko. Huomioitavaa on myös se, että lähes kaikki potilaat olivat tupakoivia.

➤ **hengitysilman lämminhöyrykostutuksen käyttö saattaa ylläpitää hengitysteiden värekarvojen värähtelytaajuutta paremmin kuin kylmä aerosolikostutus erityisesti tupakoivilla trakeostomoiduilla potilailla. (C)**

Hengitysteiden värekarvojen värähtelytaajuus (ciliary beat frequency) oli korkeampaa niillä potilailla, joilla käytettiin lämminhöyrykostutinta kuin niillä, joiden hengitysilmaa kostutettiin kylmällä aerosolikostuttimella ( $6,36 \pm 1,46$  Hz vs.  $3,99 \pm 1,39$  Hz;  $p < 0,001$ ).

Saksalaisessa kvasikokeellisessa tutkimuksessa<sup>2</sup> verrattiin hengitysilman kylmää aerosolikostutusta ja lämminhöyrykostutusta suhteessa hengitysteiden värekarvojen värähtelytaajuuteen. Tutkimuksessa potilaat ( $n = 20$ ), joilla yhtä lukuun ottamatta trakeostomian indikaationa oli nielun tai kurkun maligniteetti, jaettiin joko ennen trakeostomiaa tai välittömästi sen jälkeen kahteen ryhmään, joista toisessa käytettiin kylmää aerosolikostutusta ja toisessa lämminhöyrykostutinta. Potilaista 18 oli mukana tutkimuksen loppuun saakka, ja heistä 12 oli miehiä. Potilaiden mediaani-ikä oli 70 vuotta (48–88 v) ja yhtä lukuun ottamatta he kaikki tupakoivat. Kylmä aerosolikostutus toteutettiin Cirrus nebulisaattorilla (Intersurgical) ja lämmin hengitysilman kostutus toteutettiin AIRVO 2 kostuttimella (Fisher & Paykel Healthcare). Kostutusta käytettiin vähintään kahdeksan tuntia vuorokaudessa. Trakeasta otettiin trakeostomian jälkeen päivinä 2, 4, 6, 8 ja 10 soluharjalla epiteelinäyte, josta värähtelyn taajuutta mitattiin mikroskoopin, suurnopeuskameran ja videoanalyysiohjelman avulla.

**Tutkimuksen laatu:** Tasokas (JBI 8/9)

**Näytön vahvuus:** 2c

**Sovellettavuus suomalaiseen väestöön:** Hyvä

**Kommentti:** Tutkijat tunnistavat seuraavia rajoituksia tutkimuksessaan: randomoinnin puute, sokkouttaminen ei ollut kostutusmenetelmän suhteen mahdollista, pieni otoskoko sekä solunäytteen käsittely

ja mittaus huoneenlämpöisessä (22 °C) ympäristössä lämmitetyn ympäristön sijaan. Huomioitavaa on myös se, että lähes kaikki potilaat olivat tupakoivia.

➤ **lämminhöyrykostutinta käytettäessä potilaalle saattaa aiheutua vähemmän palleanpainetta kuin aktiivista tai passiivista kosteuslämpövaihdinta käytettäessä. (D)**

Lämminhöyrykostutinta käytettäessä potilaalle aiheutui yhtä hengitystä kohden pienempi palleanpaine verrattaessa passiivisen tai aktiivisen kosteuslämpövaihtimen käyttöön (Md 3,11 cmH<sub>2</sub>O X s\*; range 1,27–4,30 vs. 4,00 cmH<sub>2</sub>O X s; 2,89–8,91 vs. 4,50 cm H<sub>2</sub>O X s; 1,50–8,90). Mitattaessa palleanpainetta yhden minuutin ajan, lämminhöyrykostutinta käytettäessä palleanpaine oli pienempi verrattaessa passiivisen tai aktiivisen kosteuslämpövaihtimen käyttöön (80,86 cmH<sub>2</sub>O X s/min; 25,46–110,55 vs. 107,50 cmH<sub>2</sub>O X s/min; 71,47–238,80 vs. 117,10 cmH<sub>2</sub>O X s/min; 34,58–298,60).

Italialaisessa satunnaistetussa kontrolloidussa vaihtovuoroisessa tutkimuksessa<sup>3</sup> selvitettiin, millaisia fysiologisia vaikutuksia kolmella erilaisella kostutusmenetelmällä - aktiivinen ja passiivinen kosteuslämpövaihdin ja lämminhöyrykostutin (MR810) - on potilaan hengitykseen. Tutkittavat (n = 15, 5 naista ja 10 miestä) olivat kaikki trakeostomoituja, ventilaattorissa ja hereillä olevia yli 18-vuotiaita, joiden mediaani-ikä oli 73,07. Kutakin kostutusmenetelmää käytettiin jokaisella potilaalla 20 minuutin ajan ja palleanpainetta mitattiin viimeisen viiden minuutin käytön aikana. Palleanpainetta mitattiin sekä yhtä hengitystä että minuuttia kohden. Kaikilla potilailla oli samanlainen ventilaattori, jonka asetukset oli pyritty standardoimaan samantyyppiseksi kostutusmenetelmästä ja potilaasta riippumatta.

**Tutkimuksen laatu:** Kelvollinen (JBI 7/12)

**Näytön vahvuus:** 1c

**Sovellettavuus suomalaiseen väestöön:** Hyvä

**Kommentti:** 4/15 potilaalle tuli hengenahdistusta ja saturaation laskua aktiivisella kosteuslämpövaihtimella (HME), minkä vuoksi aktiivisen kosteuslämpövaihtimen käyttö jouduttiin keskeyttämään. Kolmelle näistä potilaista kehittyi asidoosi. Otokoko oli kaikkineen pieni.

\*Tuloksessa cmH<sub>2</sub>O X s = hengityspaine/sekunti

➤ **lämminhöyrykostutinta käytettäessä potilaan valtimoveren hiilidioksidipaine saattaa olla matalampi ja pH korkeampi kuin aktiivista kosteuslämpövaihdinta käytettäessä<sup>3</sup>. (D)**

Potilaan valtimoveren hiilidioksidipaine (PaCO<sub>2</sub>) oli lämminhöyrykostutinta käytettäessä matalampi kuin aktiivista kosteuslämpövaihdinta käytettäessä (Md 39,60 mmHg; range 37,50–49,95 vs. 48,50 mmHg; 40,65–53,70). Lämminhöyrykostutinta käytettäessä pH-arvo oli korkeampi kuin aktiivista kosteuslämpövaihdinta käytettäessä (7,45; 7,40–7,51 vs. 7,41; 7,36–7,49). Passiivisen ja aktiivisen kosteuslämpövaihtimen käytön välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja hiilidioksidipaineen määrässä ja pH:ssa. Myöskään passiivisen kosteuslämpövaihtimen käytön ja lämminhöyrykostuttimen käytön välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja hiilidioksidipaineen määrässä eikä pH:ssa.

Italialaisessa satunnaistetussa kontrolloidussa vaihtovuoroisessa tutkimuksessa<sup>3</sup> tutkittiin, millaisia fysiologisia vaikutuksia kolmella erilaisella kostutusmenetelmällä - aktiivinen ja passiivinen kosteuslämpövaihdin sekä lämminhöyrykostutin (MR810) - on potilaan hengitykseen. Tutkittavat (n = 15, 5 naista ja 10 miestä) olivat kaikki trakeostomoituja, ventilaattorissa ja hereillä olevia yli 18-vuotiaita, joiden mediaani-ikä oli 73,07. Kutakin kostutusmenetelmää käytettiin jokaisella potilaalla 20 minuutin ajan. Hiilidioksidiosapaine mitattiin verikaasuanalyyseillä alkutilanteessa ja 20 minuutin kokeilun jälkeen. Kaikilla potilailla oli samanlainen ventilaattori, jonka asetukset oli pyritty standardoimaan samantyyppiseksi kostutusmenetelmästä ja potilaasta riippumatta.

**Tutkimuksen laatu:** Kelvollinen (JBI 7/12)

**Näytön vahvuus:** 1c

**Sovellettavuus suomalaiseen väestöön:** Hyvä

**Kommentti:** 4/15 potilaasta tuli hengenahdistusta ja saturaation laskua aktiivisella HME:lla, minkä vuoksi aktiivisen kosteuslämpövaihtimen käyttö jouduttiin keskeyttämään. Kolmelle näistä potilaista kehittyi asidoosi. Otoskoko oli pieni.

➤ **lämminhöyrykostutinta käytettäessä potilas saattaa kokea vähemmän hengenahdistusta kuin aktiivista tai passiivista kosteuslämpövaihdinta käytettäessä. (D)**

Lämminhöyrykostutinta käytettäessä potilaan hengenahdistuksen vaikeusaste oli subjektiivisella arviointiasteikolla arvioituna keskimäärin 4 (range 3–5), aktiivista kosteuslämpövaihdinta käytettäessä 3 (2–4) ja passiivista kosteuslämpövaihdinta käytettäessä 3 (1–4).

Italialaisessa satunnaistetussa kontrolloidussa vaihtovuoroisessa tutkimuksessa<sup>3</sup> tutkittiin, millaisia fysiologisia vaikutuksia kolmella erilaisella kostutusmenetelmällä - aktiivinen ja passiivinen kosteuslämpövaihdin ja lämminhöyrykostutin (MR810) - on potilaan hengitykseen. Tutkittavat (n = 15, 5 naista ja 10 miestä) olivat kaikki trakeostomoituja, ventilaattorissa ja hereillä olevia yli 18-vuotiaita, joiden mediaani-ikä oli 73,07. Kutakin kostutusmenetelmää käytettiin jokaisella potilaalla 20 minuutin ajan ja palleapainetta mitattiin viimeisen viiden minuutin käytön aikana. Hengenahdistuksen vaikeusaste arvioitiin jokaisen kostutusmenetelmän käytön jälkeen subjektiivisella arviointiasteikolla, jossa nolla kuvaa pahinta hengenahdistusta ja arvo viisi ei lainkaan hengenahdistusta. Kaikilla potilailla oli samanlainen ventilaattori, jonka asetukset oli pyritty standardoimaan samantyyppiseksi kostutusmenetelmästä ja potilaasta riippumatta.

**Tutkimuksen laatu:** Kelvollinen (JBI 7/12)

**Näytön vahvuus:** 1c

**Sovellettavuus suomalaiseen väestöön:** Hyvä

**Kommentti:** 4/15 potilaasta tuli hengenahdistusta ja saturaation laskua aktiivisella HME:lla, minkä vuoksi aktiivisen kosteuslämpövaihtimen käyttö jouduttiin keskeyttämään. Kolmelle näistä potilaista kehittyi asidoosi. Otos oli kaikkineen kovin pieni.

## Lähteet

1. Nakanishi N, Oto J, Itagaki T, et al. Humidification Performance of Passive and Active Humidification Devices Within a Spontaneously Breathing Tracheostomized Cohort. *Respir Care* 2019; 64: 130–135.
2. Birk R, Händel A, Wenzel A, et al. Heated air humidification versus cold air nebulization in newly tracheostomized patients. *Head Neck* 2017; 39: 2481–2487.
3. Schreiber AF, Ceriana P, Ambrosino N, et al. Short-Term Effects of an Active Heat-and-Moisture Exchanger During Invasive Ventilation. *Respir Care* 2019; 64: 1215–1221.