

Hengitysilman kostuttaminen suojaa infektioilta

Arno Vuori ja Kristiina Ylitalo-Liukkonen

Hengitysilman riittävä kostuttaminen on potilaan hoidon perusasia, joka heijastuu sairaala- ja tehohoito päivien määrään sekä kokonaiskustannuksiin etenkin infektioiden ehkäisyä kautta.

Normaalisti nenänielu huolehtii potilaan hengitysilman riittävästä kostuttamisesta. Nenänielun ohittaminen keinoilmatiellä ja huonosti kostutettu hengitysilma sitkistää limaa, karstoittaa kanyyliä, aiheuttaa atelektaaseja sekä heikentää värekarvatoimintaa. Liman viskositeetti on ratkaisevaa etenkin, jos yskimiskyky on heikko. Hyvin pienissä ilmäteissä liman nousemisen vaikuttaa viskositeetin lisäksi kaasun virtaus ja koostumus. Erityisesti lisähapen käyttäminen vähentää typen osuutta ja lisää riskiä absorptioatelektaseille. Tässä katsauksessa punnitaan kostutusvaihtoehtoja etenkin tilanteissa, joissa potilaan hengitys- ja yskimiskyky ovat heikentyneet ja/tai yläilmätiet on ohitettu keinoilmatiellä.

Keinoilmatiellä ohitetussa nenänielussa huonosti kostutettu hengitysilma lamaa limakalvon normaalin toiminnan ja aiheuttaa eritteiden kertymisen hengitysteihin. Pääkeuhkoputkiin saattaa syntyä kohta, josta karstoittunut ja kuiva lima ei liiku ylöspäin (stagnation point, isoterminen kyllästymisraja). Liman viskositeetti ratkaisee, saadaanko se ulos keuhkoista, etenkin jos potilaan yskimiskyky on heikko. Yskimiskyky vaikuttaa liman poistumiseen lähinnä vain suurista ilmäteistä, mikä rajoittaa esimerkiksi yskimistä avustavien laitteiden hyödyllisyyttä (kuten Cough Assist®). Yskänrefleksin voi myös saada aikaan ruiskuttamalla pienen määrän (0,5–1 ml) keittosuolaa kanyyliin ennen imua. Tätä ei kuitenkaan nykyisin enää suositella rutiinisti suoritettavaksi, koska sen on osoitettu aiheuttavan happetusongelmia akuutisti sairailta potilailla.

Limaa nousemisen vaikuttavia keskeisiä tekijöitä ovat potilaan kyky syventää sisäänhengitystään sekä yskäisyvoima. Korkea selkäydinvamma, etenevä neuromuskulaarinen sairaus, kipua tai merkittävä lihavuus heikentää näitä toimintoja, jolloin

potilaalla on lisääntynyt alttius saada hengitystieinfektio. Hyödyllinen spirometriasuure on Peak Cough Flow (PCF), jossa summittaisena kynnysarvona voi pitää 200 litran virtausta minuutissa. Myös potilaan nielun toimintahäiriöt (bulbaariset funktiot) lisäävät aspiraatio- ja infektiolttiutta.

Keuhkoiltaan terve ja lihasvoimaltaan hyvä trakeostomoitu potilas (esim. kurkunpään poiston jälkeen) saattaa pärjätä vähemmällä hengitysilman kostuttamisella. Toistuvien infektioiden esiintyessä tulee riittävä hengitysilman kostutus tarkistaa yksilöllisesti. Hengitysilman kostutusta voidaan toteuttaa erilaisilla passiivikostuttimilla, aktiivikostuttimilla ja kosteuslämpövaihtimilla (”keinonenillä”), joihin voidaan liittää tarvittaessa happilisa. Happi on mielletävä lääkkeeksi, joka imeytyy alveolista verenkiertoon ja aiheuttaa absorptioatelektasia. Sisäänhengityksen 30 %:n happilisa nostaa alveolaarisen happiosapaineen lähes kaksinkertaiseksi. Erityisesti heikosti ventiloituissa, ahtaautuneen ilmatien takana olevissa alveoleissa happi sitoutuu hanakasti hemoglobiiniin ja imeytyy verenkiertoon aiheuttaen keuhkorakkulan kollapsin.

Happea ei pidä käyttää siis ilman kritiikkiä, vaan jatkuvan potilaskohtaisen tarvearvion perusteella. Jokaiselle potilaalle tulisi määrittää yksilölliset happisaturaation tavoitteet sisältäen sekä ala- että ylärajan. Happeutumishäiriön hoidossa ensisijaisena tavoitteena on kaasujen vaihtoon osallistuvan alveolimäärän lisääminen. Sisäänhengitysilman happipitoisuuden lisääminen tulee kyseeseen vasta sen jälkeen. Poikkeuksen muodostavat tietenkin hätätilanteet. Kroonisessa hypoventilaatiossa ja infektiotilanteessa tulee käyttää tarkoin harkittua happilisiä yhdessä kaksoispaineventilaation (2PV) kanssa.

Alahengitysteissä on oltava riittävä kosteus, jotta värekarvatoiminta nostaa liman ja mikrobit kurkunpäähän asti. Jos bronkuspuston yläosaan muodostuu kuiva vyöhyke, seurauksena on liman kertymistä ja infektiolta.

Normaalisti pääkeuhkoputkiin tuleva sisäänhengitysilma on 100 % kostunutta 37 °C:ssa. Yksi litra ilmaa sisältää 44 mg vettä. Oikein käytettyinä parhaat kertakäyttökostuttimet yltävät vain 30–32 mg/l kostutukseen, mikä vastaa noin 70 % suhteellista kosteutta 37 asteessa, loppu 30 % haihtuu ylähengitysteiden limakalvoilta, jotka kuivuvat tämän vuoksi ja värekarvaliike lakkaa. Liman poistumista suurista ilmasteistä voidaan edistää imemisellä, jo-

ka lisää toisaalta atelektaseja, limakalvovaurioita ja siten myös infektiolta.

Aerosolimudossa oleva vesi lisää infektiolta. Partikkelikoosta johtuen vesihöyryllä ei ole vastaavaa ominaisuutta. Vesihöyrymolekyylin halkaisija on 0,0001, virusten 0,017–0,3 mikronia ja bakteerien 0,2–10 mikronia. Vesiaerosolin pisarakoko on 1–40 mikronia. Suurempina pisarana vesiaerosoli kantaa mikrobit pinnallaan alempiin hengitysteihin.

Hoidon taloudellisuuden ratkaisee lopulta potilaiden morbiditeetti ja mortaliteetti, eivät lyhytvaikutteiset kustutustilanteeseen liittyvien järjestelyjen välittömät kustannukset. Kustannuksia laskettaessa on huomioitava, että kertakäyttöisten laitteiden lisäksi osa laitteista kestävä lähes kymmenen vuotta. Laadukkaaseen kustutusjärjestelmään, koulutukseen, hoidon ohjaamiseen ja seurantaan kannattaa panostaa, jotta sairaala- ja tehohoitopäiviä saadaan vähennettyä. Samalla vapautetaan resursseja muuhun käyttöön.

Teho-osaston potilaista jopa 25 % sairastuu sairaalaperäiseen infektiin. Näistä 80 % liittyy hengitysteihin (Melson ym. 2009). Tehohoitoon liittyvän keuhkokuumeen ehkäisyyn on jo vuosia noudatettu määrättyjä rutiineja, joista keskeisimmät on listattu Britannian NHS:n suositustaulukkoon

Taulukko 1. Hengityslaittehoitoon liittyvän keuhkokuumeen ehkäisyn keskeisiä käytäntöjä.

Sängyn pääpuolen kohoasento 30–45°	Pneumonian esto
Ohjattu sedaatio	Lyhentää mekaanisen ventiloinnin pituutta ja ehkäisee pneumoniaa
Syvän laskimotromboosin esto	Tromboembolisten komplikaatioiden esto
Mahahaavan esto	Tehohoitokomplikaatioiden vähentäminen
Riittävä sisäänhengitysilman kostutus	Eritteiden poistuminen
Letkuston huolto	<ul style="list-style-type: none"> • Vaihda jos näkyvää likaa • Vaihda jos toimintahäiriöitä • Vaihdon suhteen noudatettava valmistajan ohjeita • Ehkäise tiivistyneen veden joutuminen potilaan ilmasteihin
Hengitystie-eritteiden imeminen	Noudata hyviä käytäntöjä kuten tehdaspuhtaiden käsineiden käyttöä ja käsien desinfektiota ennen ja jälkeen imemisen
Suuhygieniat	Päivittäinen suun hoito yksikkökohtaisten ohjeiden mukaan

Taulukko 2. Absoluuttisen ja suhteellisen kosteuden sekä kastepisteen riippuvuus toisistaan sairaalahoidon kannalta oleellisissa lämpötiloissa

Lämpötila, astetta	Absoluuttinen kosteus (mg/l), kun suhteellinen kosteus = 100 %	Kastepiste (jota alhaisemmassa lämpötilassa kosteus tiivistyy), astetta
+15	12,8	+15
+20	17,3	+20
+37	44,0	+37
+40	51,1	+40

(Taulukko 1. High Impact Intervention No 5. Care Bundle for Ventilated Patients or tracheostomy where Appropriate. NHS, Department of Health 2007).

Kostutus

Hengitysilmän kostutuksen tavoite on bronkiolitaisella 37 °C lämpötila ja vesihöyryn 100 % suhteellinen kosteus (= 44 mg/l absoluuttinen kosteus). Jos ylähengitystiet on ohitettu intubaatioputkella tai trakeostomiakanyylillä tavoitteeseen päästään ainoastaan aktiivisesti lämmittävällä kostuttajalla. (Taulukko 2).

Passiivikostuttajat ("keinonenä", kosteuslämpövaihdin, Heat and Moisture Exchanger = HME)

"Keinonenän" kostutusteho ilmaistaan tehokkuutena tiettyä kertahengitystilavuutta kohden. (esimerkiksi 500 ml mitattuna täysin tiiviissä laboratoriojärjestelmässä). Keinonenä on valmistajienkin ilmoittamana yleensä kostutusteholtaan heikko, n. 27 mg/hengitysilmalitra jääden kauaksi tavoitteesta henkitorven yläosassa (yli 34 mg/l). Parhaat tällaiset kostuttimet yltyvät 30–32 milligramman kostutustehoon.

Mikäli tällaista kostuttajaa halutaan käyttää, on spontaanisti hengittäville keinoilmatiepotilaille todennäköisesti turvallisimmin "tynnyrimallinen" kostutin, jossa on suodatin molemmissa päissä. Sillä on vähäisin tukkeutumisalttius ja pieni virtausvastus. Mekaanisesti ventiloituilla potilailla tukkeutumisaluttius ei ole yhtä kriittinen asia, eikä virtausvastuksella ole samanlaista merkitystä, koska sen voittamiseen ei tarvita potilaan omaa lihasvoimaa.

Passiivikostuttajien hyvä puoli on niiden varsin hyvä virus- ja bakteerinsuodatuskyky. Useilla tuotteilla on myös bakteeristaattisia ominaisuuksia. Kostuttimien haittapuolena on ns. kuollut tila (hukatila, Dead Space), jonka läpi on hengitettävä edestakaisin. Se vaihtelee tuotekohtaisesti suuresti 10–90 millilitran välillä. Hukatilalla on sitä suurempi merkitys, mitä pienempi kertahengitystilavuus on. Tämän vuoksi se on huomioitava etenkin pinnallisesti hengittäville ja lapsipotilailla.

Passiivikostuttajien toiminta perustuu uloshengitysilmasta tiivistettävään kosteuteen, joka sitten haihdutetaan sisäänhengitysilmään. Jotta kostutin voisi sitoa maksimaalisen määrän vettä, pitää koko uloshengityksen tapahtua passiivikostuttajan kautta. Täten tällainen kostutin ei sovellu esimerkiksi puhekanyylien yhteydessä käytettäväksi tai jos kuffin ilmavuoto on runsasta. Lisähapen käyttö poti-

laalla kuivattaa ilmaa ja heikentää entisestään kostuttimen tehoa.

Kostuttimen tavallinen vaihtoväli on vuorokausi. Tarpeen mukaan vaihtoväliä voidaan joko lyhentää tai pidentää. Limaisella potilaalla vaihtovälin on oltava lyhyt tukkeutumisaluttisuuden vuoksi. Passiivikostutin ei useinkaan ole riittävä potilaalle, jonka ylähengitystiet on ohitettu ja jos liman poistuminen on tehotonta. Sen sijaan kostutin on usein riittävä potilaalle, joka yskii tehokkaasti hyvin irtaavaa limaa hengitysteistään.

Kylmäkostutus (seinähappi + "kuplapullo")

Sairaalan kaasuputkiston hapen lämpötilan olettaa olevan noin 22 °C. Happikaasun paine alenee sen ohjautuessa rotametrin läpi ja lämpötila alenee noin 16 °C:een. Happi on täysin kuivaa (= 0 % vettä). Jos tällainen 16 °C happikaasu onnistuttaisiin vesihöyryllä kostuttamaan 100 %, sisältäisi se silloin fysiikan lakien mukaan vettä noin 12 mg/l. Anatomisten hengitysteiden kautta hengitettävän kaasun vesipitoisuuden tavoite on n. 20 mg/l (vastaa huoneilmaa). Keinoilmatiepotilaita ohittaessa ylähengitystiet vesipitoisuuden tavoitteena on vähintään 34 mg/l, joten "kuplapullo" ei riitä lisähapen kostutukseen. "Kuplapulloa" käytettäessä ollaan siis kaukana tavoitteesta ja sen käyttö tehottomana kostuttajana on tarpeetonta. Varsinkin viiksiä käytettäessä virtaus kuivattaa lisää nenän limakalvoja. Toisaalta "kuplapullo" saattaa myös olla kontaminoitunut aiheuttaen infektoriskin. (Kuva 1.)

Kylmä aerosolikostutus

Aerosoli muodostuu nebulisaattorin pilkkoesä vesipisarat 1–40 mikronia läpimitaltaan oleviksi pienemmiksi vesipisariksi, joko törmäystekniikalla tai ultraäänen avulla. Usein tähän tarkoitukseen käytetään painehappivirtausta ja huoneilmaa. Huoneilman lämpötilan ollessa 22 °C on hengitysilmän lämpötila tätä matalampi, koska vesipisaroiden pinnalta haihtuu vettä ja tapahtuu jäähtymistä. Lopputuloksena saadun aerosolin lämpötila on 18 °C, joka voi maksimissaan sisältää höyrymäisessä muodossa noin 15 mg/l vettä. Vesipitoisuuden jäädessä näin alhaiseksi kostutusteho on riittämätön varsinkin kun pieniin ilmäteihin asti pääsee vain höyry eivätkä kooltaan suurehkot aerosolipisarat. Tätä kostutusjärjestelmää käytettäessä potilaalle aiheutuu lämmönhukkaa. Lisäksi kylmä aerosoli altistaa potilaan bronkospasmille lisäten hengitystyötä.

Järjestelmään tulee liittää T-kappaleen avulla aikuispotilaalle 20–40 cm mittainen uloshengityslet-

ku. Kostutusteho paranee, kun noin 150 ml juuri uloshengitettyä 100 % kostutettua kaasua hengitetään uudelleen sisään. Uloshengitysletkun käyttö korjaa tilannetta oleellisesti, jos kertahengitystilavuus on pieni. Uloshengitysletkun aiheuttaman kuolleen tilan merkitys kaasujen vaihtoon tulee arvioida potilaskohtaisesti.

Kylmäaerosolikostutuksen yhteydessä on myös muistettava ylihydraatioriski, koska potilaan keuhkoihin tiivistyy vettä. Vesipisararat ovat kookkaampia kuin virukset ja bakteerit, joten ne voivat myös kantaa mikrobeja hengitysteihin. Veden tiivistyminen letkustoon lisää infektioriskiä. Tämä on otettava huomioon letkuston vaihdossa ja puhdistuksessa.

Kylmäaerosoli kostutusjärjestelmä tuottaa kylmä riittävästi pisaroita estämään kanyylin tukkautumista. Kostutusjärjestely on kuitenkin katsottava välttäväksi ratkaisuksi potilaalle, jonka ylähengitystiet on ohitettu. Järjestelmä on suljettu, joten sitä voidaan käyttää pitkään. Yleisen suosituksen mukaan kostutusjärjestelmä on syytä vaihtaa uuteen kerran viikossa.

Järjestelmien yleinen haitta on myös ”pakollinen”, tosin säädettävä happilisä, ellei laitetta muokata siten, että painekaasuna voidaan käyttää myös pelkkää huoneilmaa. Tarpeeton happilisä aiheuttaa absorptioatelektaasia, koska happi imeytyy verenkiertoon ahtaan ilmatien takana olevista alveoleista pienentäen siten niiden kokoa. (Kuva 2.)

Lämmitetty aerosolikostutus

Järjestelmä letkuineen on samanlainen kuin kuvassa 2, mutta siihen on liitetty aktiivilämmitin, joka lämmittää aerosolin lisäten laitteen tuottaman höyrymuodossa olevan kosteuden määrää. Tarpeeksi tehokas aktiivilämmitin tekee laitteesta kostutusteholtaan riittävän, mutta aerosolikostutuksen muut ongelmat lukuun ottamatta bronkospas-

mia ja potilaan lämpötasapainoa eivät poikkea kylmästä aerosolikostutuksesta.

Tässäkin järjestelmässä 21 % happi olisi myös edelleen toiveena, jotta absorptioatelektaasitaipumusta voitaisiin vähentää. Tällainen järjestelmä olisi lääketieteellisesti tyydyttävä ratkaisu potilaalle, jonka ylähengitystiet on ohitettu lyhytaikaisesti.

Lämmin höyrykostutus – ideaalinen pitkäaikaisratkaisu

Höyrymäistä lämmintä kosteutta tuottavassa järjestelmässä vettä ei pilkota pisaroiksi, vaan se lämmitetään riittävän kuumaksi ja haihdutetaan laajalla haihdutuspinnalla sisäänhengityskaasuun. Potilasletkusto itse hengittävälle potilaalle on kuvan 2 järjestelyn mukainen uloshengityspuolelle liitettävine 20–40 cm mittaisine reservoaariletkuineen.

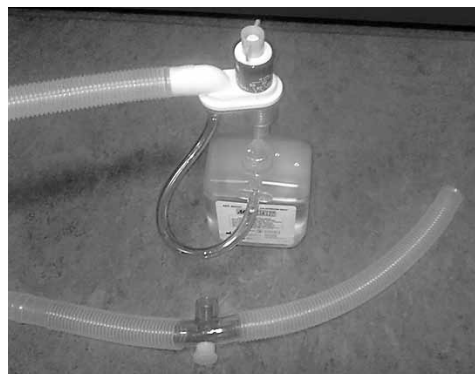
Järjestelmä sopii kaikille potilaille, mutta se on edullinen etenkin niille, joilla ylähengitystiet on ohitettu keinoilmatiellä. Kostutusjärjestelmä tuottaa potilasliitynnästä mitattuna 37–40 °C kaasumaista höyryä, joka kostuttaa ilman tehokkaimmin ja pääsee aina alveolitasolle saakka. Vesihöyry ei myöskään toimi mikrobin kuljetusvehikkelinä. Höyry on lämmintä, jolloin sen vesisisältö on suuri (luokkaa 40 mg/l) eikä potilaan lämpötasapaino vaarannu. Letkusto on myös lämmitetty, joten se pysyy kuivana ja vähentää järjestelmään liittyvää kontaminaatiovaaraa. Infektioiden torjuntaa tehostaa myös kammion kuumuus.

Virtaus kehitetään esimerkiksi venturi-periaatteella toimivalla 8 litran happi-ilmasekoittimella, johon kytketään 8 l/min paineilmavirtaus rotametristä silloin kun happilisää ei tarvita. Pieni happilisä (esim. < 2 l/min) voidaan liittää suoraan kostutuskammioon. Suurempaa happilisää (28–60 %) käytettäessä, aktivoidaan virtaus säädettävällä happi-ilmasekoittimella painehapella rotametristä. (Kuva 3.)

A. Vuori



Kuva 1. ”Kuplapullo”.



Kuva 2. Esimerkki kylmää aerosolia tuottavasta järjestelmästä (Kendall Respiflo®).



Kuva 3. Esimerkki lämpimästä höyrykostutuksesta (Fisher&Paykel®-järjestelmä).

Spira Oy

Hoidossa huomioitavaa

Lämmön- ja kosteusvaihdinta ("keinonenä") käytettäessä esiintyy muita menetelmiä suurempi riski siitä, että lima saattaa yllättäen tukkia kostuttimen, jolloin voi syntyä hätätilanne. Täten tynnyrimallinen kostutin on itse hengittävälle keinoilmatiepotilaalle paras ja turvallisin vaihtoehto. "Keinonenä" ei tule kuitenkaan käyttää yhdessä aktiivikostutuksen kanssa, koska virtausvastus lisääntyy ja "keinonenässä" käytettyä bakteriostaattista sekä hygroskoopista ainetta (esim. kalsium- tai litiumkloridi) saattaa liueta vesihöyryyn ajautuen potilaan keuhkoihin. Keinonenän tiheä vaihtotarve ja tukkiutumisalttius lisäävät limaisen potilaan valvontatarvetta. "Keinonenällä" on lisäksi muihin tekniikoihin verrattuna suuri virtausvastus (luokkaa 0,25 cmH₂O/60 LPM), joka vaikuttaa hengitystyöhön ja yskimisen tehokkuuteen.

Aikaisemmin mainitut kuolleet tilat on muistettava ottaa huomioon (hukatila, Dead Space). "Keinonenä" käytettäessä kuolleen tilan suuruus vaihtelee välillä 10–90 ml. Potilaan ollessa respiraattorissa mekaaninen ventilaattori tuulettaa tämän hukkatilan yleensä ongelmitta. Sen sijaan spontaanisti hengittävälle potilaalle tulee valita sellainen passiivikostutin jolla on pieni kuollut tila ja vähäinen virtausvastus. Asian merkitys korostuu lapsilla, pinnallisesti hengittävillä sekä respiraattorihoidosta vieroitettavilla potilailla.

Nenähengittäjällä myös happiviikset saattavat aiheuttaa yllättävän suuren vastuksen (tukkiavat sieraimet osin) yhdessä kuivuvien limakalvojen kanssa.

Aerosolikostutusta ja lämmintä höyrykostutusta käytettäessä on muistettava huolehtia siitä, että kullekin potilaalle saadaan aikaan riittävä "tuorekaasun" kokonaisvirtaus, etenkin jos potilas on spontaanisti hengittävä.

Huonosti yskivä, limaa keräävä pinnallisesti hengittävä ongelmapotilas saattaa tarvita ainakin osa-aikaisesti noninvasiivista mekaanista hengitystukea liman poistamiseksi ja lepohekien antamiseksi hengitysilhaksille. Tällöin voidaan käyttää esimerkiksi käsiventilaattoria, vaikkapa 6 kertaa 10–20 puhallusta vuorokaudessa, noninvasiivista kaksoispaineventilaatiota ja aktiivikostutusta sekä aktiivista hengitysfysioterapiaa.

Huonosti hengittävä, limainen potilas tarvitsee kunnon kostutuksen lisäksi myös kaiken muun hyvän perushoidon sekä hyvän ja riittävän hengitysfysioterapian. Potilaan asentoon tulee luonnollisesti kiinnittää huomiota koko hoidon ajan. Imu-

tekniikan on oltava atraumaattinen, jotta turhilta atelekteaseilta ja limakalvovaurioilta vältyttäisiin. Myös riittävästä nesteytyksestä on huolehdittava.

Keinoilmatiepotilaat altistuvat sairaalaympäristön aiheuttamille infektioille. Sairaala-alkuisista keuhkokuumeista esiintyy 10–65 % tehopotilasta, mortaliteetti lisääntyy 13–55 % (Kollef, 1994) ja hoitoajat pitenevät 4–9 päivää (Guidelines for the Management of Adults with Hospital-acquired, Ventilator-associated, and Healthcare-associated Pneumonia, 2005). Yhdysvalloissa tästä aiheutuu diagnostiikan ja hoidon lisäkustannuksia, jotka ylittävät 12 miljardia dollaria vuodessa.

Välittömät kustannukset

Välittömät kustannukset on koottu taulukkoon 3.

Kokonaiskustannukset

Kokonaiskustannukset koostuvat resurssien käytöstä, aineista ja tarvikkeista sekä komplikaatioiden hoitokustannuksista. Yksi infektio aiheuttaa 4–9 lisähoitopäivää, mahdollisesti tehohoitopäiviäkin. Hengitysilman kostuttaminen on taloudellista, jos osataan käyttää laadukkaita aineita sekä tarvikkeita tehokkaasti ja voidaan näin ehkäistä infektioiden ilmaantumista.

Lopuksi

Hoitoyksikkökohtainen kostutussuositusohje on hallinnollinen päätös, joka pohjautuu lääke- ja hoitotieteelliseen tietoon sekä kustannusanalyysiin. Edellä esitetyt näkökohdat esittävät suositukset lääketieteellisin ja hoitotieteellisin perustein. Nykyisin lyhytnäköinen välittömien kustannusten ylikorostamisaipumus saattaa johtaa komplikaatioalttiiseen ja kokonaistaloudellisesti heikkoon tulokseen, kun julkisten hankintojen kilpailutus on otettu kaiken hankinnan perusteeksi. Tämän seurauksena valintakriteerit saattavat muodostua väärin perustein. Välillä on vaikeata, ellei joskus suorastaan mahdotonta tehdä "ammattimiehen valinta" eli puhtaasti ammatillisin perustein parhaaseen ja lopulta halvimpaan lopputulokseen johtava ratkaisu.

Vanha suomalainen sananlasku: "Köyhällä ei ole varaa ostaa halpaa". □

Kirjallisuutta

Andersson, Besser, Bridges, Hajjeh, Tablan. Guidelines for Preventing Health Care-Associated Pneumonia, 2003.

Branson RD. Humification for patients with artificial airways.

- Respiratory Care 1999; 44: 630–642.
- Care of the Adult with a Tracheostomy. A Practical guide, NHS Grampian, Australia, 2005; www.nhsgrampian.org/nhsgrampian/.../CareoftheAdultwithaTracheostomyMay2005.doc.
- Çelik SS, Elbas NÖ. The standard of suction for patients undergoing endotracheal intubation. Intensive and Critical Care Nursing 2000; 16: 191–98.
- Ciliska D, Cullum N, Marks S. Evaluation of systematic reviews of treatment or prevention interventions. Evidence-Based Nursing 2001; 4: 100–04.
- Closs SJ, Cheater FM. Evidence for nursing practice: a clarification of the issues. Journal of Advanced Nursing 1999; 30: 10–17.
- Cullum N. Evaluation of studies of treatment or prevention interventions. Evidence-based nursing 2000; 3: 100–02.
- Day T, Wainwright SP, Wilson-Barnett J. An evaluation of a teaching intervention to improve the practice of endotracheal suctioning in intensive care units. Journal of Clinical Nursing 2001; 10: 682–97.
- Dennis-Rouse MD, Davidson JE. An evidence-based evaluation of tracheostomy care practices. Critical Care Nursing Quarterly 2008; 31: 150–160.
- Gray JAM. Evidence-based Healthcare. How to make health policy and management decisions. Kirjassa Evidence-based Healthcare, 2. Painos, s.169–379. Churchill Livingstone, Glasgow, 2001.
- Griggs A. Tracheostomy: suctioning and humidification. Nurs Stand 1998; 13: 49–53, 55–56.
- Holland AE, Denehy L, Buchan CA, et al. Efficacy of a heated passover humidifier during noninvasive ventilation: a bench study. Respiratory Care 2007; 52: 38–44.
- Guidelines for the Management of Adults with Hospital-acquired, Ventilator-associated, and Healthcare-associated Pneumonia. Am J Respir Crit Care Med 2005; 171: 388–416.
- Yamashita K, Nishiyama T, Yokoyama T. A Comparison of the Rate of Bacterial Contamination to Prefilled Disposable Reusable Oxygen Humidifiers. J Crit Care 2009; 20: 172–175.
- Iretton J. Tracheostomy suction: a protocol for practice. Pediatric Nursing 2008; 19: 14–18.

Taulukko 3. Hengitysilmän kostutusmuotojen kustannukset (aineet ja tarvikkeet, sh Anne Ojanto tammikuu 2010)

Hengitysilmän kostutusmuoto	hinta/kpl	kustannus per		huomioitavaa	
		kk (30pv)	vuosi		
1. Keinonenä	<i>yhteensä</i>	1,8	54	660	vaihto 1 × vrk
2. Kylmä aerosoli					vaihto 1 × vko
hapenkostutuspullo	1,9	8	100		
T-kpl	3,5	14	185		
letkusto, ine 1574, 22 mm	0,7	2,7	36		0,337 eur/m
nebulizer adaptor	2,4	10	130		
<i>yhteensä</i>	8,404	33,616	451		
3. Lämmin aerosoli					vaihto 1 × vko
hapenkostutuspullo	1,9	8	100		
T-kpl	3,5	14	185		
letkusto, ine 1574, 22 mm	0,7	2,7	36		
sovitin	2,4	10	130		
aerosolin lämmittäjä					ei tällä hetkellä saatavissa, koska osoittautunut rikkoutumisalttiiksi
<i>yhteensä</i>	–	–	–	–	kokonaiskustannuksia ei voida laskea
4. Lämmitetty höyrymuotoinen					vaihto 1 × vko
laite (hinta 1100 e / 7 vuotta)	0,45	13	165		anturien hintoja ei erikseen huomioitu
letkusto+kammio	22	88	1144		
ilmansekoituskappale	5,2	21	270		(22–90 % hapelle)
T-kpl, hansa 788591	3,5	14	185		
aqua-muovipullo	2,45	36	447		joka 2. pvä vaihto
<i>yhteensä</i>	33,6	175	2211		halvemmalla setillä
5. Ilmarotametrit					kulutustavaran vaihto × 1 viikossa?
Ilmarotametri (itseheng. pot., kytketään ilmaan, ei happeen)					käyttöikä ei määritelty, hankintahinta n. 90 eur
Happirotametri, lääkinnällinen laite					käyttöikä ei määritelty, hankintahinta n. 90 eur
Venturimaski, eri prosentit	0,3	1	14		käyttöikä ei ole erikseen toimittajan puolesta määritelty
happiletku	0,2	0,8	10		0,0946 eur/m
<i>yhteensä</i>	0,5	1,8	24		

- Lundgren-Laine Heljä. Hengitystie-eritteiden imemistarpeen arviointi intuboidulla/trakeostomoidulla respiraattoripotilaalla. Turun yliopisto, Hoitotieteen laitos, julkaisematon lähde, 2003.
- Lundgren-Laine Heljä. Respiraattoripotilaan hengitysteiden imeminen. Turun yliopisto, Hoitotieteen laitos, julkaisematon lähde, 2004.
- Magnuson WG. Critical care therapy and respiratory care section, humidification during mechanical ventilation. Policies, National Institute of Health, 2000. http://clinicalcenter.nih.gov/ccmd/cctrcs/pdf_docs/Ventilator%20Management/04-HME%20Use%20during%20Mech.Vent.pdf.
- Melson WG ym. Ventilator-associated pneumonia and mortality: a systematic review of observational studies. *Critical Care Medicine* 2009; 39: 2709–18.
- Rathgeber J. Devices used to humidify respired gases. *Respir Care Clin N Am* 2006; 12: 165–82.
- Tauru Virpi. Trakeostomoidun potilaan hoito. Sairaanhoidajan käsikirja, 2006.
- Thompson L. Suctioning adults with an artificial airway: a systematic review. NHS Centre for reviews and Dissemination, 2000.
- Thompson L. Tracheal suctioning of adults with an artificial airway. The Joanna Briggs Institute for Evidence Based Nursing and Midwifery, Best Practice 2000; 4: 1–6.
- VSSH:n ohjepankki, www.vssh.fi -> Intuboidun ja trakeostomoidun potilaan hoito, 2005. <http://www.arrc.org/>.
- www.arrc.org <http://www.ich.ucl.ac.uk/>.
www.ich.ucl.ac.uk.
- Kollef MH. The role of selective digestive tract decontamination on mortality and respiratory tract infections. A meta-analysis. *Chest* 1994; 105: 1101–08.
- High Impact Intervention No 5. Care Bundle for Ventilated Patients (or tracheostomy where Appropriate. NHS, Department of Health 2007. www.clean-safe-care.nhs.uk.
- Lorente L, Lecuona M, Jimenez A et al. Ventilator-associated pneumonia using a heated humidifier or a heat and moisture exchanger: a randomized controlled trial. *Critical Care* 2006; 10: R116.

Arno Vuori

LKT, anestesiaeerikoislääkäri
osastonylilääkäri

Kristiina Ylitalo-Liukkonen

erikoissairaanhoitaja
osastonhoitaja

hengitystukiyksikkö/ATEK-klinikka, TYKS
sähköposti: etunimi.sukunimi[a]tyks.fi

Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin hengitystukiyksikön kliiniset kostutussuositukset eri tilanteissa

- **Spontaanisti yläkautta hengittävä potilas, jolla on happi- tai kostutusnaamari ("Ventimaski")**
 - Happi kuivana rotametristä , kuplapullo ei ole tarpeen
 - Hapen tarve ja sen pitoisuus harkittava potilaskohtaisesti
 - Saturaatiotavoite potilaskohtaisesti, alarajan lisäksi myös yläraja
- **Potilas, jonka ylähengitystiet on ohitettu ja hoidon oletettu kesto on lyhyt (alle 1 vrk)**
 - Kertakäyttökostuttaja, happilisa harkiten
 - Huomioi tukkiutumisalttius, kuollut tila ja virtausvastus
 - Saturaatiotavoite potilaskohtaisesti, alarajan lisäksi myös yläraja
- **Potilas, jolla ylähengitystiet on ohitettu ja hoidon oletettu kesto on pitkä (yli 1 vrk)**
 - Lämmin höyrykostutus on lääketieteellisesti paras vaihtoehto
 - Jos potilas on erittäin limainen, yskimiskyky heikko, hengitys pinnallista tai BMI >32
 - Noninvasiivinen/invasiivinen ventilointi integroidulla lämminvesikostuttajalla öisin. Päivisin lämmin höyrykostutus.
 - noninvasiivisen ventiloinnin toteuttaminen trakeostomoidulla potilaalla:
 - ylähengitysteiden "kostutusteho" pyritään hyödyntämään, hengitys siis esim. öisin yläkautta:
 - väljä kanyyli (aikuiselle koko 7–8), jotta ilmaa kulkee trakean ja kanyylin välissä
 - kuffi imetään täysin tyhjäksi, kanyyli tulpataan dekanylaatiokorkilla ja 2PV-ventilointi naamarin avulla
 - Lisäksi käsiventilaatiopalkeella liman nostamiseksi 10–20 puhallusta esim. kuudesti vuorokaudessa huoneilmalla
 - Happilisa harkiten
 - Saturaatiotavoite potilaskohtaisesti, alarajan lisäksi myös yläraja
- **Potilas, jolla on osa-aikainen noninvasiivinen maskiventilaatio ja ylähengitystie on vapaa**
 - Ventilaattoriin integroitu lämmittävä kostutin, kun potilas 2PV:ssä
 - Muuna aikana omat ylähengitystiet toimivat kostuttajana
- **Stabiili pitkäaikaispotilas, jolla on trakeostooma ylähengitystieobstruktion ohittamiseksi ja jonka hengityselinvoima sekä yskimiskyky ovat hyvät**
 - Yksilölliset ratkaisut, HME voi olla usein riittävä – osa-aikaisestikin käytettynä
 - Usein kuitenkin osa-aikaisesti lämmin höyrykostutus tarpeen

Päätös hengityselimen kostutuksesta on potilaskohtainen, lääkärin tekemä päätös, jossa tulee huomioida potilaan erityispiirteet ja lähiajan ennuste.