



Hanna Soukka
dosentti, lastentautien
erikoislääkäri, neonatologi
Tyks, Lasten ja nuorten klinikka,
Vastasyntyneiden teho-osasto
hanna.soukka[a]tyks.fi



Vilhelmiina Parikka
LT, lastentautien erikoislääkäri,
neonatologiaan erikoistuva lääkäri
Tyks, Lasten ja nuorten klinikka,
Vastasyntyneiden teho-osasto
vilhelmiina.parikka[a]tyks.fi



Liisa Lehtonen
lastentautiopin professori,
osastonylilääkäri
Tyks, Lasten ja nuorten klinikka,
Vastasyntyneiden teho-osasto
liisa.lehtonen[a]tyks.fi

Kokemuksia NAVA-hoidosta

Tyksin vastasyntyneiden teho-osastolla

NAVA-ventilaatiossa neuraalinen Edi-signaali triggaa uuden hengityksen, jolloin hengityskone seuraa synkronisesti potilaan hengitystä.

Pallean sähköistä aktivaatiota on käytetty hengityksen tutkimiseen jo 1950-luvulla. Pallean sähköisen signaalin (*Diaphragmatic electromyography, EMG*) käyttö kliinisessä työssä mahdollistui, kun ruotsalais-kanadalainen pariskunta Christian Sinderby ja Jennifer Beck kehitti 90-luvulla nenämahaletkun, johon istutetut elektrodit mittaavat luotettavan pallean EMG-signaalin minimoimalla EKG:n aiheuttaman taustahälyn (1). Tätä pallean EMG-signaalia alettiin käyttää hengityskoneen ohjaamiseen (Servo-i tai Servo-n respiraattori, Maquet, Solna, Ruotsi), jolloin hengityskoneen antama hengitystuki perustuu neuraaliseen ohjaukseen (NAVA-ventilaatio = *Neurally Adjusted Ventilatory Assist*) (2).

NAVA-ventilaatiosta

Hengityskeskus säätelee hengitystä lähettämällä palleaan sähköimpulssin palleahermoja pitkin. NAVA-ventilaatio perustuu tämän sähköisen

signaalin (Edi-signaali = *Electrical Activity of the Diaphragm*) jatkuvaan mittaamiseen erikoisvalmistaisen nenämahaletkun avulla (Edi-katetri). Edi-katetrin alaosan seinämän sisään on istutettu neljä miniatyyrielektrodiparia, jotka rekisteröivät pallean Edi-signaalia 62,5 kertaa sekunnissa. Edi-katetrin oikea kohta palleassa etsitään EKG-signaalin avulla. Edi-katetri toimii tavallisen nenämahaletkun tapaan eikä maidon kulku letkussa häiritse Edi-signaalia.

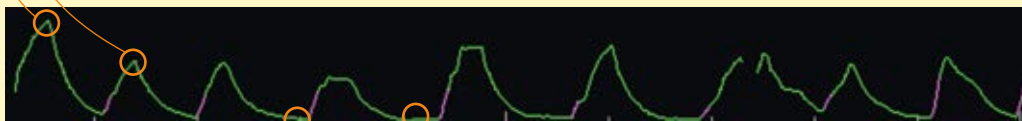
Edi-signaali vahvistetaan, digitalisoidaan ja suodatetaan ympäristön muista sähköisistä impulsseista. Tätä varten tarvitaan Servo-i tai Servo-n respiraattoriin liitetty Edi-moduuli sekä respiraattoriin asennettu ohjelmisto. Hengityskoneen näytöllä nähdään prosessoitu potilaan hengitysdraivia kuvaava Edi-signaali, joka esitetään sekä jatkuvana aaltoviivana että numeerisesti. Yksi aalto edustaa yhtä hengityssykliä, aallon korkein kohta (Edi peak tai Edi max) neuraalista sisäänhengitystyötä ja aallon pohja (Edi min) pallean relaksaatiota uloshengityksen lopussa (Kuva).

NAVA-terminologiaa

- **Edi** – Palleen sähköinen aktiviteetti
 - Kuvastaa hengitysdraivia
 - Esitetään sekä aaltoviivana että numeerisesti

- **Edi peak** – Neuraalinen sisäänhengitystyö
 - Hengityssyklin suurin Edi-arvo
 - Määrää hengityksen syvyyden ja keston

Edi max
(μV) 8.4
Edi min
(μV) 0.5



- **Edi min** – Edustaa pallean relaksaatiota uloshengityksen lopussa
 - Hengityssyklin pienin Edi-arvo
 - Estää atelektaasia uloshengityksen lopussa

NAVA-ventilaatiossa hengityskonetta ohjaa potilas

Konventionaalisessa hengityskoneessa pallean sähköinen aktivaatio johtaa pallean supistumiseen, rintakehän ja keuhkojen laajenemiseen ja lopulta muutokseen ilmatiepaineessa tai virtauksessa, joka triggaa hengityskonepuhalluksen. NAVA-ventilaatiossa neuraalinen Edi-signaali triggaa uuden hengityksen, jolloin hengityskone seuraa synkronisesti potilaan hengitystä. NAVA-ventilaatiossa potilas kontrolloi myös hengitystaajuuden, sisäänhengityssajan, käytetyn paineen sekä hengityksen lopetuksen. Täten potilas ja hengityskone toimivat synkronisesti myös hengityksen syvyyden ja hengityssyklin lopetuksen suhteen.

NAVA-ventilaatiossa säädettävät arvot

NAVA-taso määrää hengityksen tuen suuruuden: NAVA-taso on kerroin, jolla Edi-signaali (μV) muunnetaan sisäänhengityspaineeksi (cmH_2O).

Jos potilas tekee paljon hengitystyötä, eli Edi max on korkea (yli $15 \mu\text{V}$), nostetaan NAVA-tasoa hengitystuen lisäämiseksi. Jos taas Edi-signaali on matala (alle $5 \mu\text{V}$), vähennetään vastaavasti hengityksen tukea. Potilaat, joiden keuhkojen komplianssi on pieni, tarvitsevat suurempaa hengitystukea. Vastasyntyneen toipuessa keuhkosairaudesta, esimerkiksi RDS:ta tai pneumoniasta, laskee Edi-signaalin voimakkuus sopivaksi. Signaalin muututtua matalaksi tuen määrää voidaan vähentää. NAVA-tason muutokset välittyvät heti hengityssykliin, joten muutosten vaikutus on nopeasti arvioitavissa. Vastasyntyneen voi turvalisesti ekstuboida, kun NAVA-taso on matala, eli laskenut tasolle alle $0,5\text{--}1,0$.

Edi-signaalia voidaan hyödyntää myös sopivan PEEP-tason löytämiseksi. Edi min edustaa pallean toonista aktiviteettia uloshengityksen lopussa. Se on lähellä nollaa pallean relaksoituessa. Jos Edi min on pysyvästi korkea (yli $1\text{--}2 \mu\text{V}$), on se merkki jatkuvasta pallean supistumisesta. Tällöin on aiheellista lisätä PEEP-painetta FRC:n >>

NAVA-ventilaation on todettu kiistatta parantavan potilaan ja hengityskoneen välistä synkroniaa

Pienin NAVA-ventilaatiossa ollut potilaamme painoi 340 grammaa ja nuorin on syntynyt 23+0 raskausviikolla.

(*Functional residual capacity*) saavuttamiseksi (3). Tällaista kliinistä työkalua sopivan PEEP-tason löytämiseksi ei ole aiemmin ollut käytettävissä vastasyntyneiden tehohoidossa.

Tärkeää on huomata, että potilaalla pitää olla riittävä hengitysdraivi NAVA-ventilaation onnistumiseksi. Kun hengityksen sentraalinen säätely toimii, lapsi säätää jokaisen hengityksensä ajoituksen ja voimakkuuden hiilidioksiditason mukaisesti. NAVA-tasolla vaikutetaan hengitystyöhön, mutta ei hiilidioksiditason säätelyyn.

Keskosille tyypillisiä ovat toistuvat sentraaliset apneat, jolloin Edi-signaali puuttuu. Tämä tilanne huomioiden respiraattoriin säädetään apnea-aika, jonka jälkeen kone toteuttaa automaattisesti IMV-puhalluksia (*backup*-säädöt). Tavallisesti aloitetaan viiden sekunnin apnea-ajalla, mutta jos keskonen on epästabiili ja hengitys epäsäännöllistä, apnea-aikaa voidaan lyhentää kahteen sekuntiin. Kun hengitys on vakaata ja halutaan vähentää *backup*-hengitystä, niin apnea-aikaa voidaan pidentää aina 20 sekuntiin asti. On tärkeä huomioida, etteivät *backup*-säädöt ole liian suuret, jolloin niiden aiheuttama hyperventilaatio estää spontaan hengityksen ja Edi-signaalin palautumisen. Apneoinnin vähentämiseksi ja NAVA-ventilaation tukemiseksi aloitetaan hyvin ennen aikaisille keskosille kofeiinisitraattihoito.

Trendimonitoroinnista

Trendimonitoroinnin avulla saadaan tietoa vastasyntyneen hengityksestä edeltävän 24 (Servo-i) tai 72 (Servo-n) tunnin ajalta. Trendikäyrät antavat tietoa vastasyntyneen käyttämistä huippupaineista ja PEEP:sta, hengitystiheydestä, pallean aktiivisuudesta ja *backup*-hengityksen tarpeesta (kertoja per minuutti ja aika prosentteina per minuutti). Trenditiedot ovat arvokkaita hengityksen tuen suunnittelussa ja lapsen kliinisen tilan arvioinnissa.

Tutkimustuloksia

SIMV-säädöiltä NAVA-hoitoon siirtymisen jälkeen potilaan käyttämät huippupaineet yleensä pienenevät huomattavasti ja hengitystiheys nousee. Sisäänhengityksen huippupaineiden pieneneminen on osoitettu useissa vastasyntyneitä käsittelevissä NAVA-tutkimuksissa (4–8). NAVA-ventilaation on myös todettu kiistatta parantavan potilaan ja hengityskoneen välistä synkroniaa (4, 8–10).

Omia kokemuksia NAVA-hoidosta

Tyksin keskola on 18-paikkainen perhehuonemallinen vastasyntyneiden teho-osasto, jossa on 10 tehohoitopaikkaa ja 8 tehovalvontapaikkaa. Hoidamme vuosittain noin 600 vastasyntynyttä, joista kolmannes on ennen aikaisina syntyneitä keskusia. Heistä noin 70 on alle 32 raskausviikolla tai alle 1 500 gramman painoisena syntyneitä pikkukeskosia. Otimme NAVA-ventilaation käyttöön osastollamme vuonna 2009. Käyttöönottoa helpotti osastolla jo käytössä olleet Servo-i -respiraattorit, jotka päivitettiin NAVA-ohjelmalla ja -moduulilla. Implementoinnin alussa koulutimme kolme lääkärää ja hoitajaa ”superkäyttäjiksi”, ja nämä henkilöt kouluttivat vähitellen koko henkilökunnan. Hoitokäytäntönämme on asettaa kohtuullisen hintava Edi-katetri ainoastaan niille potilaille, jotka tarvitsevat hengityskonehoitoa yli vuorokauden ajan. Olemme hoitaneet yli 200 vastasyntynyttä invasiivisella NAVA-ventilaatiolla.

Tyypillisin NAVA:ssa hoidettu lapsi on pikkukeskonen, joka tarvitsee respiraattorihoitoa RDS-taudin takia. Pienin NAVA-ventilaatiossa ollut potilaamme painoi 340 grammaa ja nuorin on syntynyt 23+0 raskausviikolla. Pisimmät hoitoajat ovat kestäneet kuukausia lisenkefaliapaisen, 390 grammaa painaneen BPD-lapsen ja komplisoituneen kylothorax-lapsen kohdalla.

Hoidon kulmakivi vastasyntyneiden teho-osastolla on aivojen suojaaminen vastasyntyneiden myöhemmän normaalin kehityksen turvaamiseksi.

NAVA-ventilaatio on ollut hyödyksi vieroittaesamme palleaherniapotilaita iNO- ja respiraattorihoidosta ja optimoidessamme kirurgisten potilaiden kipulääkitystä. Edi-signaalia olemme käyttäneet diagnostiikan apukeinona arvioidesamme lähes täysiaikaisten lasten apneonia ja mahdollista hypoventilaatiota.

Hoidon kulmakivi vastasyntyneiden teho-osastolla on aivojen suojaaminen vastasyntyneiden myöhemmän normaalin kehityksen turvaamiseksi. NAVA-ventilaatio suojaa aivoja vähentämällä sekä hyper- että hypoventilaatiota, jotka molemmat vaurioittavat vastasyntyneen aivoja. Rauhoittavat lääkkeet ja kipulääkkeet vaikuttavat vastasyntyneen ja erityisesti keskosen aivojen kehitykseen. Niin hoitajat kuin vanhemmatkin raportoivat, että vastasyntyneet ovat NAVA-ventilaation aikana rauhallisempia ja nukkuvat paremmin. Käytännössä tämä näkyy huomattavasti vähentyneenä lääkkeiden tarpeena, sillä NAVA-hoidon aikana lapset harvoin tarvitsevat kipulääkitystä tai rauhoittavaa lääkitystä. Potentiaalisten pitkäaikais- hyötyjen lisäksi NAVA-hoito parantaa tehohoidon aikaista elämänlaatua, mikä on erityisen tärkeää pitkäaikaista respiraattorihoitoa tarvitseville vastasyntyneille. Tyytyväisimpiä NAVA-hoitoon ovatkin olleet pikkupotilaamme.

Lopuksi

Edi-signaali edustaa potilaan hengitysdraivia ja sitä käytetään NAVA-ventilaatiossa synkronoimaan ja optimoimaan jokaiselle hengitykselle annettava hengitystuki. NAVA-ventilaation etuja on hellävarainen ventilaatio, jossa tuki annetaan synkronoidusti ja suhteessa Edi-signaalin suuruuteen. NAVA-ventilaation avulla voidaan lisäksi optimoida PEEP ja välttää pallean atrofioituminen. Aivojen kehityksen kannalta tärkeitä aspekteja ovat hyperventilaation välttäminen, kipulääkityksen minimointi ja optimointi,

potilaan stressin vähentäminen ja unen laadun paraneminen.

NAVA-ventilaatio on antanut osastomme henkilökunnalle uuden työkalun ymmärtää pikkukeskosen hengitysfysiologiaa. Lisäksi keskoset ovat opettaneet meille, että he osaavat säädellä hengitystään myös hengityskoneessa paremmin kuin lääkäriinsä. ■

Viitteet

1. Beck J, Sinderby C, Weinberg J, Grassino A. Effects of muscle-to-electrode distance on the human diaphragm electromyogram. *J Appl Physiol* 1995; 79: 975-85.
2. Sinderby C, Beck J. Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA): an update and summary of experiences. *Neth J Crit Care* 2007; 11: 243-52.
Vai: Sinderby C, Beck J. Neurally adjusted ventilatory assist (NAVA): an update and summary of experiences. *Neth J Crit Care* 2007; 11: 243-52.
3. Soukka H, Lehtonen L. Päivystäjän opas 2. Vastasyntyneiden teho-osaston ja vierihoito-osastojen hoitokäytäntöjä. 6. painos. Tyks-säätiö, 2014.
4. Ålander M, Peltoniemi O, Pokka T, Kontiokari T. Comparison of pressure-, flow-, and NAVA-triggering in pediatric and neonatal ventilatory care. *Pediatr Pulmonol* 2012; 47: 76-83.
5. Lee J, Kim HS, Sohn JA, ym. Randomized crossover study of neurally adjusted ventilatory assist in preterm infants. *J Pediatr* 2012; 161: 808-13.
6. Stein H, Howard D. Neurally adjusted ventilatory assist in neonates weighing <1500 grams: a retrospective analysis. *J Pediatr* 2012; 160: 786-9.
7. Stein H, Alish H, Ethington P, White DB. Prospective crossover comparison between NAVA and pressure control ventilation in premature neonates less than 1500 grams. *J Perinatol* 2013; 33: 452-6.
8. Longhini F, Ferrero F, De Luca D, ym. Neurally adjusted ventilatory assist in preterm neonates with acute respiratory failure. *Neonatology* 2015; 107: 60-7.
9. Beck J, Reilly M, Grasselli G, ym. Patient-ventilator interaction during neurally adjusted ventilatory assist in low birth weight infants. *Pediatr Res* 2009; 65: 663-8.
10. Breatnach C, Conlon NP, Stack M, ym. A prospective crossover comparison of neurally adjusted ventilatory assist and pressure-support ventilation in a pediatric and neonatal intensive care unit population. *Pediatr Crit Care Med* 2010; 11: 7-11.