



Mika Valtonen

dosentti, osastonylilääkäri
Tyks, aikuisten teho-osasto
mika.valtonen[at]tyks.fi

Ylipainehappihoidon lääketieteellinen käyttö – indikaatiot ja toteutus

Ylipainehappihoitoa vaativien sairauksien tunnistaminen ja potilaan nopea hoitoon toimittaminen parantavat merkittävästi hoitokriteerit täyttävien potilaiden ennustetta.

Ylipainehappihoidolla (*Hyperbaric Oxygen Therapy, HBOT*) tarkoitetaan lääketieteellistä hoitomuotoa, jossa potilas hengittää 100-prosenttista happea normaalia ilmanpainetta korkeammassa paineessa. Hoito toteutetaan yksi- tai monipaikkaisessa painekammiossa (kuvat 1 ja 2), jossa paine tavallisesti kohotetaan 1,5 ilmakehän (1,5 bar) ylipaineeseen, joka vastaa painetta 15 metrin sukelluksessa. Yksipaikkainen kammiotäytetään kokonaan hapella ja monipaikkaisessa kammiossa happea annostellaan hengityskoneen kautta tai hengittämällä spontaanisti naamarin tai hupun välityksellä. Yleensä hoitokammiot kestävät 90 minuuttia ja niitä annetaan 1–2 kertaa

vuorokaudessa usean päivän ajan. Ylipainehappihoidon hyväksytyt indikaatioita Suomessa ovat mm. sukeltajantauti, ilma- ja kaasuembolian hoito,

hätämyrkytys, vaikeat nekrotisoivat pehmytkudosinfektiot, diabeettiset alaraajahaavat sekä erilaiset sädeauriot. Lupaavia tuloksia on saatu myös esimerkiksi traumaa seuranneessa äkillisessä kudosiskeemiassa, iho- ja lihassirteiden hoidossa, keskushermoston tulehduksissa sekä äkillisessä meluvammassa. Ylipainehappihoidon aiheita ja näytön aste on esitetty taulukossa 1. Turun yliopistollisessa keskussairaalassa toimii Suomen ainoa ympärivuorokautisesti päivystävä ylipainehappikammio, jossa voidaan hoitaa myös tehohoitoa vaativia potilaita.

Ylipainehappihoidon vaikutusmekanismit

Ylipaineen vaikutuksesta kaasukuplat puristuvat pienemmiksi ja niiden liukeneminen nopeutuu. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi esimerkiksi sukeltajantaudin hoidossa. Ylipainehappihoidon vaikutuksesta kudosten happiosapaine nousee yli kymmenkertaiseksi ja korkea osapaine siirtää happea 3–4 kertaa etäämmälle kapillaareista. Plasmaan liukenee 1,5 ilmakehän ylipaineessa 6 % happea, kun vastaavasti ilmahengityksellä normaalipaineessa happea liukenee vain 0,3 %.

Turun yliopistollisessa keskussairaalassa toimii Suomen ainoa ympärivuorokautisesti päivystävä ylipainehappikammio, jossa voidaan hoitaa myös tehohoitoa vaativia potilaita.



Kuva 1. Yksipaikkainen ylipaineammio.

Runsashappisen plasman ja hapen puutteesta kärsivän kudoksen välinen suuri osapaine-ero tehostaa hapen siirtymistä hypoksisille alueille. Ylipaineen vaikutuksesta plasmaan liunneen hapen määrä riittää kudoksille jopa ilman punasolujen hemoglobiinin sitoutunutta happea. Ylipainehappihoito vähentää myös kudosturvotusta, lisää kapillaarisuonten uudiskasvua sekä tehostaa fibroplastien toimintaa. Infektioissa ylipainehappihoito estää anaerobibakteerien kasvua ja toksiinien muodostumista sekä parantaa valkosolujen toimintaa iskemisissä kudoksissa. Ylipainehappihoito myös

tehostaa eräiden antibioottien kuten aminoglykosidien vaikutusta (1–2).

Käyttöaiheet

1. Sukeltajantauti

Sukellusonnettomuuksia ei rekisteröidä Suomessa keskitetysti minnekään. Epävirallisten tilastojen mukaan suomalaisten sukelluskuolemia oli 2000-luvulla 0–7 tapausta vuosittain. Myöskään sukeltajantautiin sairastuneiden lukumäärästä ei ole tarkkaa tietoa, mutta sukeltajantautiin >>



Kuva 2. Monipaikkainen ylipaineammio.

sairastuneita hoidetaan Suomessa vuosittain noin 30–50 henkilöä. Taudin esiintyvyys kirjallisuuden mukaan on 1,5–9,5/10 000 sukellusta (3). Sukeltajantauti kehittyi, kun sukeltajan noustessa pintaan vereen ja kudoksiin liuennut hengityskaasu (typpi tai helium) muodostaa verenkiertoon tai kudoksiin kuplia suuren liunneen kaasun määrän

takia (pitkät ja syvät sukellukset) tai liian nopean pintaan nousun takia. Syntyneet kuplat voivat painaa kudoksia, tukkia verisuonia ja aktivoita hyytymisjärjestelmää (4).

Sukeltajantaudin oireet jaetaan kahteen ryhmään (taulukko 2). Tyypin I on lievä ja käsittää vain nivelkipuja (”bends”) ja iho-oireita, kuten kutinaa (”sukeltajan kirput”), turvotusta sekä poikkeavaa väsymystä. Tyypin II sukeltajantaudissa on kyseessä suuren kaasukuorman aiheuttama keskushermoston, hengityksen ja verenkierron merkittävä häiriintyminen, joka voi ilmetä mm. huimauksena, näkö-,

kuulo- ja tuntehäiriöinä, yleistilan romahtamisena ja vaikeimmissa tapauksissa halvauksina ja tajuttomuutena. Sukeltajantaudin vakavat oireet ilmenevät yleensä pian pintaan nousun jälkeen, mutta I tyypissä viive voi olla useitakin tunteja. Tajuttomuus heti pintaan tulon jälkeen viittaa hukkumiseen, sairauskohtaukseen tai keuhkorepeämien aiheuttamaan ilmaemboliaan (5). Tällöin kuplat päätyvät keuhkolaskimoiden kautta valtimokiertoon ja sitä kautta aivo- ja sepelvaltimoihin. Sydämen avoin eteisväliseinäaukko (PFO) voi myös mahdollistaa kuplien oikovirtauksen suoraan valtimoverenkiertoon ja lisätä riskiä saada oireinen sukeltajantauti (6).

Muita sukeltajantaudille altistavia tekijöitä ovat huomattava ylipaino, huono fyysinen kunto, kuivuminen (immersio- ja kylmädiureesi) sekä lentäminen heti sukellusten jälkeen (7). Hoitamattoman tai pitkällä viiveellä hoidetun sukeltajantaudin mahdollisia myöhäsoireita ovat nivelpintojen aseptiset osteonekroosit sekä erilaiset keskushermoston myöhäisvauriot, jotka voivat kehittyä vasta kuukausien kuluttua (8).

Sukeltajantautiin tunnetaan vain yksi tehokas hoito eli uudelleen paineistaminen ja puhtaan hapen hengittäminen. Rekompresion tavoitteena

Sukeltajantautiin tunnetaan vain yksi tehokas hoito eli uudelleen paineistaminen ja puhtaan hapen hengittäminen.

Taulukko 1. Ylipainehappihoidon (HBOT) indikaatioita ja näytön aste (2,15)

1. Sukeltajantauti ja ilma/kaasuembolia	C
2. Häikämyrkytys	A
3. Nekrotisoivat pehmytkudosinfektiot	C
4. Ongelmahaavat (DM säärihaava)	B
5. Sädehoidon aiheuttamat komplikaatiot	B
6. Keskushermostoinfektiot (aivopaise)	C
7. Hoitoresistentti osteomyeliitti	C
8. Murskavammat (traumaattinen iskemia)	B
9. Iskeemiset ihokielekkeet	C
10. Verkkokalvon keskusvaltimon tukos	C
11. Äkillinen kuulonmenetys (akuutti meluvamma)	C

Taulukko 2. Sukeltajataudin oireet ja löydökset

Tyyppi I

- Ihon kutina ja turvotus
- Ihottumat
- Nivelkivut
- Poikkeava väsymys

Tyyppi II

- Huimaus ja pahoinvointi
- Näkö-, kuulo-, tunto- ja koordinaatiohäiriöt
- Hengitysvaikeudet, rintakipu, rytmihäiriöt
- Halvaukset, rakon toiminnan häiriöt
- Tajunnan tason lasku

on kuplien pienentäminen ja kaasujen uudelleen liuottaminen uloshengitettäväksi. Nykykäsitöksen mukaan myös lievät sukeltajataudit kannattaa aina hoitaa paineistamalla. Sukeltajantautiin sairastuneet pitää ohjata hoitoon nopeasti. Tyyppi II:n potilaat on paineistettava heti ja tyyppi I:n mielellään tuntien kuluessa. Hoitoprotokollana käytetään tavallisesti Yhdysvaltain laivaston hoitotaulukkoa 6 (hoitosyvyys 18 metriä, kesto 4 tuntia 50 minuuttia), jolla on saavutettu parhaat tulokset. (9.) Lievän sukeltajataudin hoidoksi riittää yleensä yksi hoitokerta, mutta vakavammat ja viiveellä hoitoon tulevat tapaukset saattavat vaatia toistuvia hoitoja.

2. Häikämyrkytys

Suomessa menehtyy vuosittain häikämyrkytyksiin noin sata ihmistä. Näistä tapauksista noin neljäsosassa on kyseessä itsemurha (10). Häikämyrkytys voi myös aiheuttaa eriasteisia pysyviä tai myöhemmin väistyviä neurologisia oireita. Alkuvaiheessa lähes 70 % vaikean häikämyrkytyksen saaneista esiintyy neurologisia oireita (11) ja lähes joka kolmannella alkuvaiheessa toipuneelle ilmaantuu myöhemmin muistin, keskittymiskyvyn ja

persoonallisuuden häiriöitä sekä dementian ja Parkinsonin taudin kaltaisia oireita. Häikä eli hiilimonoksidia (CO) muodostuu epätäydellisessä palamisessa. CO:n sitoutuminen hemoglobiiniin on 210-kertainen verrattuna happeen. Tämä vähentää veren happipitoisuutta, ja hapen luovutus hemoglobiinista kudoksille heikkenee (dissosiaatiokäyrä siirtyy vasemmalle). CO:lla on myös suora soluhengitystä salpaava vaikutus. Häikämyrkytyksen oireet ovat epäspesifisiä, eivätkä ne suoraan korreloi myrkytyksen vaikeusasteeseen. Tavallisimpia oireita ovat päänsärky, hengenahdistus, pahoinvointi, sekavuus, kouristelu, tajuttomuus ja lopulta kuolema. Kliininen epäily tapahtumatietojen perusteella on tärkeä (tulipalo, puulämmitteinen huoneisto, pölttomoottori, autotalli) ja potilaasta pitää määrittää valtimoveren karboksihemoglobiini (COHb %). COHb:n pitoisuus on pyrittävä ekstrapoloimaan altistuksen loppuhetkeen (esimerkiksi sairaalaan kuljetuksen aikana hengitetty 100 % happi pienentää pitoisuutta noin 50 % tunnissa). COHb yli 10 % merkitsee aina myrkytystilaa.

Ylipainehappihoito on tehokkain keino nopeuttaa hiilimonoksidin poistumista elimistöstä. Ilmahengityksellä normaalissa ilmanpaineessa >>

Taulukko 3. Ylipainehappihoidon (HBOT) aiheet häikämyrkytyksessä

- Potilas on tai on ollut tajuton
- Päänsäryn lisäksi muita neurologisia oireita
- Vaikeita kardiovaskulaarisia oireita
- Altistushetkeen ekstrapoloitu COHb-pitoisuus yli 40 %, vaikka potilas olisi muuten oireeton
- Raskaana olevalla COHb-pitoisuus yli 20 % (sikiöllä suuri myrkyttymisvaara)
- Amerikkalaisessa suosituksessa (UHMS 2014) HBOT:ta suositellaan aina, kun COHb yli 25 %

veren COHb:n puoliintumisaika on noin 5 tuntia ja 100 % hapella 80–100 minuuttia ja ylipainehappihoidolla (1,5 bar ylipaine) aika lyhenee noin 20 minuuttiin. Häikämyrkytyksen ensihoitona aloitetaan välitön sataprosenttisen hapen anto. Happihoitoa jatketaan, kunnes COHb-pitoisuus on alle 5 %, jos potilasta ei lähetetä jatkohoitoon.

Kaikki oireilevat häikämyrkytyspotilaat pitää lähettää ylipainehappihoitoon (taulukko 3) välittömien ja myöhäisten neurologisten komplikaatioiden ehkäisemiseksi. Paras teho ylipainehappihoidosta saadaan, kun hoidon aloittamiseen kuluu alle kuusi tuntia (1). Yli 24 tunnin viiveen jälkeen ylipainehappihoidosta on vähemmän hyötyä. Lindell Weaverin tutkijaryhmän vuonna 2002

julkaisema tutkimus (12) on edelleen ainoa satunnaistettu, lumekontrolloitu kliininen tutkimus, jossa arvioitiin häikämyrkytyksen eri hoitomuotojen pitkäaikaistuloksia. Tuloksissa todettiin, että ylipainehapella hoidetuilla potilailla oli huomattavasti vähemmän kognitiivisia toimintahäiriöitä

kuuden viikon kuluttua myrkytyksessä ja ero havaittiin vielä vuodenkin kuluttua. Neurologisen myöhäisvaurion NNT oli tutkimuksen mukaan 6.

Suomessa häikämyrkytyksen saanut potilas hoidetaan kolmasti ensimmäisen vuorokauden aikana (hoitosyvyys 15 metriä, kesto 90 minuuttia) ja tulos näyttää paranevan hoitoviiveen lyhentyessä. Yhdysvalloissa AHA:n (American Heart Association) suosituksen mukaan näytönaste ylipainehappihoidon tehosta akuutissa häikämyrkytyksessä on A (2).

3. Nekrotisoivat pehmytkudosinfektiot

Käsite NSTI (*necrotizing soft-tissue infection*) pitää sisällään pehmytkudoksissa nopeasti leviävät infektiot, kuten kaasukuolion, nekrotisoivan faskiitin sekä genitaalialueelta peräisin olevan Fournierin gangreenan. Näiden infektioiden viivästynyt diagnosointi ja siitä johtuva myöhäinen hoidon aloittaminen voivat pahimmillaan johtaa potilaan kuolemaan. Hoidon kulmakiviä ovat laaja kirurginen revisio (kuva 3), laajakirjoinen antibioottihoito sekä vaikeimmissa tapauksissa ylipainehappihoito.

Nekrotisoivan pehmytkudosinfektion hoidon aloituksen viivästyminen yli vuorokaudella nostaa tautiin kuolleisuutta merkittävästi.



Kuva 3. Syvän kaulainfektion laaja revisio.

Nekrotisoivan faskiitin voi aiheuttaa esimerkiksi kirurginen toimenpide, trauma, palovamma, eläimen purema, ihoinfektio, vatsakatastrofi tai suonensisäisten huumeiden käyttö. Infektion riskiä lisäävät muun muassa diabetes, ylipaino, immunosuppressio ja aliravitsemus. Diagnoosi perustuu kliiniseen kuvaan, joka voi alkuun olla hyvinkin epätyypillinen. Tyypillisiä ensioireita ovat infektoituneen alueen voimakas turvotus, punoitus ja kova kipu. Etenevälle taudinkuvalle on tavallista rakkuloiden esiintyminen, ihon sinerrys ja nekroosit. Kaasukuoliassa esiintyy myös ihon krepitaatiota. Potilas oireilee septisesti eli on korkeakuumeinen, takykardinen ja hypotensiivinen. Tavallisia laboratoriolöydöksiä ovat korkea CRP, laktatemia, asidoosi, leukosytoosi, hypokalsemia ja trombosytopenia. Kliiniseen epäilyyn perustuva varhainen kirurginen revisio on diagnostinen. Ensisijaisia kuvantamismenetelmiä ovat tietokonetomografia tai magneettikuvaus.

Nekrotisoivan faskiitin kirurgisessa hoidossa kudostuhoalueet avataan laajasti ja nekroottiset kudokset poistetaan. Antibioottihoido suunnataan viljelyvastausten ja herkkyysmääritysten mukaan. Ylipainehappihoitoon kannattaa lähettää ensimmäisen revision ja mikrobilääkehoidon

aloituksen jälkeen ne potilaat, joilla on yleisiä toksisia oireita tai joilla infektion eteneminen jatkuu. Nekrotisoivan pehmytkudosinfektion hoidon aloituksen viivästyminen yli vuorokaudella nostaa tautiin kuolleisuutta merkittävästi. Vaikeissa ja hoitoresistenteissä tapauksissa ylipainehappihoito laskee ruotsalaisten tutkijoiden meta-analyysin (13) mukaan kuolleisuutta merkittävästi (34,3 % vs. 17,7 %; NNT=6). Ylipainehappihoito toteutetaan alkuvaiheessa kahdesti päivässä (hoitosyvyys 15 metriä, kesto 90 minuuttia) ja infektion rauhoittuessa kerran päivässä. Hoitokertoja tarvitaan yleensä 7–10.

4. Muita indikaatioita

Ylipainehappihoidon tehoa on tutkittu yllämainittujen indikaatioiden lisäksi monissa muissakin tapauksissa ja hoidosta saattaa olla hyötyä Finoh-tan Cochrane-katsauksiin perustuvan raportin mukaan (14) edellisten lisäksi ainakin ongelmahaavoissa (esimerkiksi diabeettinen alaraajahaava), sädetetyn leukaluun toimenpiteissä, sädehoidon aiheuttamassa kystiitissä ja proktiitissa, hoitoresistentissä aivopaiseessa, osteomyeliitissä, murskavammoissa, kirurgisten kielekkeiden >>



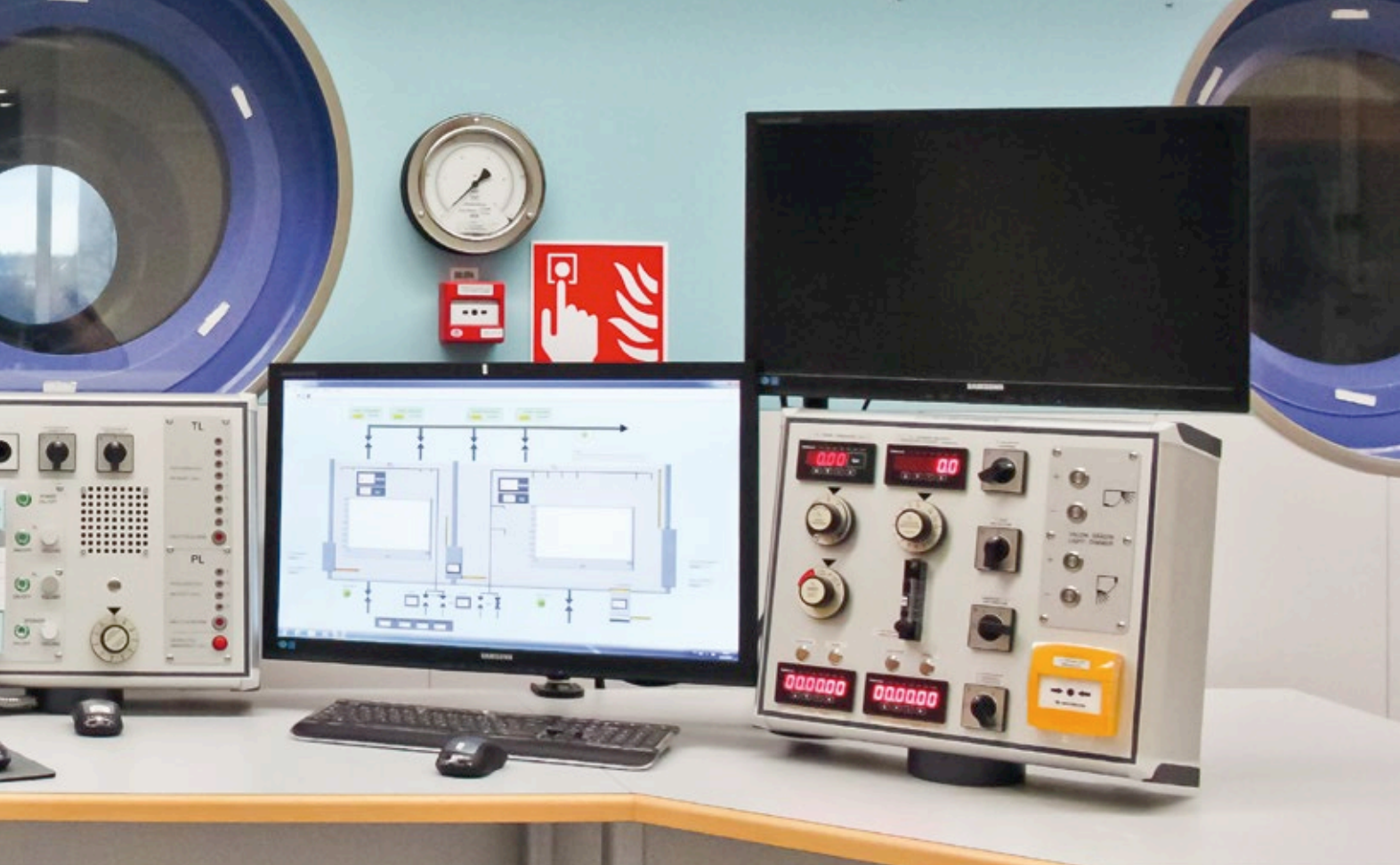
Kuva 4. Monipaikkaisen ylipaineammion ohjauspaneeli.

**Ylipainehappihoitoa
vaativien sairauksien
tunnistaminen ja potilaan
nopea hoitoon toimittaminen
parantavat merkittävästi
hoitokriteerit täyttävien
potilaiden ennustetta.**

hoidossa, verkkokalvon keskuslaskimon tukok-
sessa, traumaattisen aivovamman hoidossa sekä
äkillisessä kuulonmenetyksessä. Useimmissa
edellä mainituissa indikaatioissa tutkimusnäyttö
on edelleen puutteellista. Ylipainehappihoidon
tehosta nekrotisoivassa pehmytkudosinfektiossa
sekä sädehoidon aiheuttaman hemorragisen kys-
tiitin hoidossa (Rich-Art) on parhaillaan menossa
kaksi laajaa Skandinaavista monikeskustutkimus-
ta, joista toivottavasti saamme lisää tietoa. Jälkim-
mäisessä myös Tyks on mukana.

Lopuksi

Sosiaali- ja terveysministeriön vuonna 2006 anta-
malla asetuksella erityistason sairaanhoidon jär-
jestämisestä ja keskittämisestä ylipainehappihoito
ja siihen välittömästi liittyvä kirurgia keskitettiin
Turun yliopistolliseen keskussairaalaan, joka on
Suomen ainoa ympärivuorokautisesti päivystävä
ylipainehappihoidon keskus. Keskuksen käytös-
sä on kaksi yksipaikkaista painekammioita, sekä
moderni monipaikkainen painekammio, joka
mahdollistaa myös potilaan tehohoidon paineis-
tyksen aikana. Sukeltajantautiin sairastuneet,
oireiset häämyrkytyspotilaat sekä hoitoresistentit



pehmytkudosinfektiot pitäisi aina lähettää yli-
painehoitoon. Ylipainehoitoa vaati-
vien sairauksien tunnistaminen ja potilaan nopea
hoitoon toimittaminen parantavat merkittävästi
hoitokriteerit täyttävien potilaiden ennustetta.
Ylipainehoitoon liittyvissä kysymyksissä saa
konsultointiapua Tyksin aikuisten teho-osastolta
24/7. ■

Viitteet

- Weaver LK. Hyperbaric Oxygen Therapy Indications. The Hyperbaric Oxygen Therapy Committee Report. 13 painos. Undersea and Hyperbaric Medical Society, 2014.
- Weaver LK. Hyperbaric oxygen in the critically ill. *Crit Care Med* 2011; 39: 1-8.
- Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet* 2011; 377:153-64.
- Jain KK. Textbook of Hyperbaric Medicine. Decompression Sickness. Pathophysiology. 4th Edition, Hogrefe & Huber 2004: sivut 87-90.
- Muth CM, Shank ES. Primary care: Gas embolism. *N Engl J Med* 2000; 342: 476-82.
- Wilmshurst PT, Byme JC, Webb-Peploe MM. Relation between interatrial shunts and decompression sickness in divers. *Lancet* 1989; 2: 1302-6.
- Foster PP, Butler BD. Decompression to altitude: assumptions, experimental evidence and future directions. *J Appl Physiol* 2009; 106: 678-90.
- Cimsit M, Ilgezdi, Cimsit C, ym. Dysbaric osteonecrosis in dive masters and instructors. *Avia Space Environ Med* 2007; 78: 1150-4.
- Sayer DJ, Ross AS, Wilson CM. Analyses of two datasets of divers with actual or suspected decompression illness. *Diving Hyperbaric Medicine* 2009; 126: 126-32.
- Vuori E, Ojanperä I, Launiainen T, ym. Myrkytyskuolemien määrä on kääntynyt laskuun. *Suom Lääkäril* 2012; 67: 1735-41.
- Scheinkestel CD, Bailey M, Myles PS, ym. Hyperbaric or normobaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning: a randomized controlled clinical trial. *Med J Aust* 1999; 170: 203-10.
- Weaver LK, Hopkins RO, Chan KJ, ym. Hyperbaric oxygen therapy for acute carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* 2002; 347: 1057-67.
- Lind F, Öhlen G, Linden V, ym. Treatment with Hyperbaric Oxygen (HBO) at the Karolinska University Hospital. The treatment of necrotizing fasciitis with hyperbaric oxygenation – Progress report of a Cochrane review. *Fokusraport* 2011; 102-22.
- Kiura E. Ylipainehoitoindikaatiot: päivitys. *Finohtan tiivistelmä* 2009. <https://mek.thl.fi/ohtanen/2323.aspx>.
- Gibbons RJ, Smith S Antman E. American College of Cardiology/American Heart Association clinical practice guidelines: Part I. Where do they come from? *Circulation* 2003; 107: 2979-86.