

# **Happo-emästasapaino ensihoidossa**

Christian Mäki  
Sho13kms

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2017  
Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala  
Sairaanhoitaja (AMK)

Tekijä(t) <b>MÄKI, Christian</b>	Julkaisun laji <b>Opinnäytetyö, AMK</b>	Päivämäärä <b>Maaliskuu 2017</b>
	Sivumäärä <b>33</b>	Julkaisun kieli <b>Suomi</b>
		Verkkojulkaisu- lupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Happo-emästasapaino ensihoidossa</b>		
Tutkinto-ohjelma Sosiaali- ja terveystieteiden tiedekunta, sairaanhoitaja (AMK)		
Työn ohjaaja(t) PAALANEN, Kaisu & SERIOLA, Leena		
Toimeksiantaja(t) Ensihoidon päällikkö PYLKKÄNEN, Marko & ensihoidon vastuulääkäri KUUSELA, Janne		
Tiivistelmä <p>Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelu aloitti verikaasuanalyysien ottamisen potilaan tilanteen selvittämiseksi keväällä 2016. Happo-emästasapainon häiriöt ja niiden toteaminen tulivat mahdollisiksi. Ensihoitopalvelun mahdollisuudet happo-emästasapainon häiriöissä ovat rajalliset ja käsitteet vieraita. Mitä tarkoittavat happo-emästasapaino, asidoosi ja alkaloosi ja mitä käsitteet tarkoittavat ensihoidon toiminnassa? Ensihoitajille verikaasuanalyysi ja tämän analysointi ovat uusia asioita, joten opastusta asiaan kaivattiin.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus on tehdä ”Happo-emästasapaino tarkastuskortti” ensihoidossa toimivalle henkilöstölle, jonka avulla selvitetään happo-emästasapainon merkitystä ja verikaasuanalyysin käyttämistä potilaan tilan selvittämisessä. Tavoitteena on lisätä ensihoidossa työskentelevän henkilöstön tietoisuutta happo-emästasapainosta ja sen merkityksestä ensihoidossa.</p> <p>”Happo-emästasapaino tarkastuskortti” on laadittu systematisoidun tiedonhaun avulla. Perehtyminen happo-emästasapainon merkitykseen on elimistön toiminnan kannalta tärkeää ja syventää hoitotyön ammattilaisen tietoperustaa.</p>		
Avainsanat ( <a href="#">asiasanat</a> ) Happo-emästasapaino, happo-emästasapainon häiriöt, ensihoito, asidoosi, alkaloosi		
Muut tiedot Liite 1. Happo-emästasapaino tarkastuskortti		

Author(s) <b>MÄKI, Christian</b>	Type of publication <b>Bachelor's thesis</b>  Number of pages <b>33</b>	Date <b>March 2017</b>  Language of publication: <b>Finnish</b>  Permission for web publication: x
Title of publication <b>Acid-base balance in emergency treatment</b>		
Degree programme Degree programme in nursing		
Supervisor(s) PAALANEN, Kaisu & SERIOLA, Leena		
Assigned by Chief of emergency medical services PYLKKÄNEN, Marko & Head doctor of emergency medical services KUUSELA, Janne		
Description  <p>The Emergency Services of the Etelä-Savo Health Care District started taking blood gas analyses for patient situation statements in the spring of 2016. Detecting disturbances in the acid-base balance became then possible. The opportunities of the emergency services to treat acid-base balance disturbances are limited, and the related concepts, acid-base balance, acidosis and alkalosis, are unfamiliar to them. For paramedics, a blood gas analysis and the ability to interpret it immediately are new issues so that guidance was required.</p> <p>The purpose of this thesis was to make an "Acid-base balance check card" for emergency service personnel. The card gives guidance on the importance of the acid-base balance and on the use of a blood gas analysis in specifying the patient's condition. The aim was to increase emergency personnel's awareness of the acid-base balance and of its importance in emergency care.</p> <p>The "Acid-base balance check card" was compiled by using a systematized information retrieval. Learning about the importance of the acid-base balance and its effects on the human body is important, and it deepens the nursing professionals' knowledge base.</p>		
Keywords (subjects) Acid-base balance, acid-base equilibrium, acid-base disorder, emergency treatment, acidosis, alkalosis		
Miscellaneous Insert 1. Acid-base balance check card		

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Sairaanhoitajan osaaminen.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Ensihoitopalvelu Etelä-Savon sairaanhoitopiirissä .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Elimistö ja fysiologia .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Happo-emästasyapaino .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Happo-emästasyapainon häiriöt .....</b>	<b>15</b>
	6.1 Metabolinen asidoosi .....	15
	6.2 Respiratorinen asidoosi .....	17
	6.3 Metabolinen alkaloosi.....	19
	6.4 Respiratorinen alkaloosi .....	21
<b>7</b>	<b>Tarkoitus ja tavoite.....</b>	<b>23</b>
<b>8</b>	<b>Kehittämistoiminta .....</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>Aineiston kerääminen.....</b>	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>Pohdinta .....</b>	<b>27</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>30</b>
	<b>Liitteet.....</b>	<b>32</b>
	Liite 1. Happo-emästasyapaino tarkastuskortti.....	32

# 1 Johdanto

Ensihoitotyön on kehittynyt viime vuosina valtavasti, ja suuntaus on lisätä ja kehittää kotiin vietäviä palveluja. Vuoden 2015 lopulla Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun suunnitelmat sisälsivät suunnitelman verikaasuanalyysien ottamisesta ensihoitoyksiköissä. Verikaasuanalyysien ottaminen käynnistyi talvella 2016.

Ensihoitajille verikaasuanalyysit ja niiden analysointi ovat uusia asioita heidän työssään. Opastusta verikaasuanalyysiin ja happo-emästasapainon merkitykseen kaivataan ensihoitajien keskuudessa. Mitä happo-emästasapaino, asidoosi ja alkaloosi ovat? Ja mitä käsitteet tarkoittavat ensihoidon toimesta. Nämä kysymykset toimivat opinnäytetyöni pohjana.

Ensihoitopalvelun mahdollisuudet happo-emästasapainon häiriöissä ovat rajalliset ja käsitteet vieraita. Hoito-ohjeet verikaasuanalyysien ottamisesta ensihoidotilanteessa opastavat ensihoitajia verikaasuanalyysin ottamiseen. Opinnäytetyö käsittelee happo-emästasapainon termistöä ja oireistoa ensihoidon kannalta.

Opinnäytetyön tuloksena valmistunut ”Happo-emästasapainon tarkastuskortti” on tarkoitettu ensihoidossa työskentelevälle henkilöstölle ja kortin tarkoitus on parantaa ensihoitajien ymmärrystä verikaasuanalyysin analysoinnissa ja lisätä potilaan oireiden ymmärtämistä happo-emästasapainon häiriötilanteessa. (Liite 1)

## 2 Sairaanhoidajan osaaminen

Sairaanhoidajan ammatillinen pätevyys muodostuu asiakaslähtöisyydestä, hoitotyön eettisyydestä ja ammatillisuudesta, johtamisesta ja yrittäjyydestä, sosiaali- ja terveydenhuollon toimintaympäristöstä, kliinisestä hoitotyöstä, näyttöön perustuvasta toiminnasta ja päätöksenteosta, ohjaus- ja opetusosaamisesta, terveyden ja toimintakyvyn edistämisestä, sekä sosiaali- ja terveyspalveluiden laadusta ja turvallisuudesta. (Eriksson, Korhonen, Merasto & Moisio 2015, 7-8.)

Sairaanhoidajan tulee hallita kehittämistoimintaa koskevan osaamisen erialueet. Hänen tulee osata käsitellä ja hankkia oman alan tietoa sekä kyetä kriittiseen arviointiin tiedon käsittelyn ja kokonaisuuksien hahmottamisessa. Tutkimus- ja kehittämistoiminnan perusteet ja niiden menetelmäosaamisen käyttäminen pienissä tutkimus- ja kehittämishankkeissa kuuluu sairaanhoidajan osaamisalueisiin. Päätöksenteko ja kehittävä oma-aloitteinen työtapa ja ongelmanratkaisutaidot ovat merkittävässä roolissa sairaanhoidajan toimenkuvassa. (Eriksson, Korhonen, Merasto & Moisio 2015, 15.)

Terveydenhuoltoon syntyy uudenlaisia toimintamalleja, palveluiden järjestäminen ja alueellinen yhteistyö laajenee väestöpohjan kasvaessa. Tulevaisuuden sosiaali- ja terveyspalveluiden uudistaminen aiheuttaa perus- ja erikoispalveluiden integroitumisen. Teknologian ja telelääketieteen kehittyminen tukevat asiakkaan omaa aktiivista roolia sosiaali- ja terveyspalveluiden käyttäjinä. Terveyden edistämisen vaatimuksina sairaanhoidajille lisääntyvät näyttöönperustuvien toimintatapojen käyttöönotto, sekä tehtävien siirrot lääkäreiltä sairaanhoidajille lisäävät osaamisen kehittymistä. (Eriksson, Korhonen, Merasto & Moisio 2015, 16.)

Kliininen osaaminen sairaanhoitajan työssä varmistaa potilasturvallisuutta. Lääkehoito ja sen turvallinen toteuttaminen ovat sairaanhoitajalle keskeisiä asioita hoitotyössä. Sairaanhoitajakoulutuksen tulee vahvistaa hoitotyössä tarvittavia tietoja ja taitoja. Anatomian, fysiologian ja patofysiologian tietoa erikoisalojen hoitotyössä tulee vahvistaa lääketieteen osalta. Laaja-alainen tietoperusta yksilöiden, ryhmien ja yhteisöjen terveyden osalta edistää terveyden edistämistä. (Eriksson, Korhonen, Merasto & Moisio 2015, 19.)

Sairaanhoitaja hoitotyön asiantuntija vastaa itsenäisesti useammin tiettyjen potilasryhmien hoidon tarpeen ja toiminnanvajauksien riskin arvioimisesta. Sairaanhoitajan on osattava toimia moniammatillisen tiimin jäsenenä sekä ottaa vastuuta hoitotyön päätöksenteosta. (Eriksson, Korhonen, Merasto & Moisio 2015, 20.)

### **3 Ensihoitopalvelu Etelä-Savon sairaanhoitopiirissä**

Ensihoitopalvelu toteutetaan Etelä-Savon sairaanhoitopiirin alueella pääsääntöisesti omana toimintanaan, mutta myös yhteistyössä Etelä-Savon pelastuslaitoksen kanssa. Pelastuslaitos tuottaa kaksi perustason ensihoidon tukiyksikköä ja ensivastetoiminnan. (Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun palvelutasopäätös 2014.)

Sairaanhoitopiiri tuottaa yhdeksän hoitotason yksikköä:

*Hoitotason ensihoitopalvelun yksikössä ainakin toisen ensihoitajan on oltava ensihoitaja AMK taikka terveydenhuollon ammattihenkilöistä annetussa laissa tarkoitettu laillistettu sairaanhoitaja, joka on suorittanut hoitotason ensihoitoon suuntaavan vähintään 30 opintopisteen laajuisen opintokokonaisuuden yhteistyössä sellaisen ammattikorkeakoulun kanssa, jossa on opetus- ja kulttuuriministeriön päätöksen mukaisesti ensihoidon koulutusohjelma tai sellainen henkilö, joka täyttää ensihoitopalvelua koskevan asetuksen 11§ mukaiset siirtymäsäännökset hoitotason kelpoisuuden osalta. Toisen on oltava vähintään terveydenhuollon ammattihenkilöistä anne-*

*tussa laissa tarkoitettu terveydenhuollon ammattihenkilö, jolla on ensihoitoon suuntautuva koulutus tai pelastajatutkinnon taikka sitä vastaavan aikaisemman tutkinnon suorittanut henkilö. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ensihoitopalvelusta 2011.)*

Näiden lisäksi hoitotason yksikössä voivat Etelä- Savon sairaanhoitopiirin alueella työskennellä henkilöt, jotka ovat suorittaneet sairaanhoitajan tutkinnon ja joilla on riittävä kokemus ensihoidosta, tehohoidosta tai päivystysalueen hoitotyöstä ja jotka ovat osoittaneet omaavansa riittävät valmiudet toimia hoitotasolla. Nämä velvoitteet vahvistaa Etelä- Savon ensihoidon vastuulääkäri ja velvoitteet ovat voimassa vain Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelussa. (Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun palvelutasopäätös 2014.)

Lisäksi sairaanhoitopiiri tuottaa 4 perustason yksikköä jossa on kaksi henkilöä:

*Perustason ensihoito yksikössä ainakin toisen ensihoitajan on oltava vähintään terveydenhuollon ammattihenkilöistä annetussa laissa(559/1994) tarkoitettu terveydenhuollon ammattihenkilö, jolla on ensihoitoon suuntautuva koulutus ja toisen vähintään terveydenhuollon ammattihenkilöistä annetussa laissa tarkoitettu terveydenhuollon ammattihenkilö tai pelastajatutkinnon taikka sitä vastaavan aikaisemman tutkinnon suorittanut henkilö. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ensihoitopalvelusta 2011.)*

Etelä-Savon sairaanhoitopiirin kenttäjohtotoiminta toteutetaan omana toimintanaan. Kenttäjohtajan fyysinen toimipiste sijaitsee Mikkelissä keskussairaalan yhteydessä sijaitsevassa ensihoitokeskuksessa virka-aikana, muina aikoina kenttäjohtaja operoi Mikkelin paloasemalta käsin. (Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun palvelutasopäätös 2014.)

*Ensihoitopalvelun kenttäjohtajan on oltava ensihoitaja AMK taikka terveydenhuollon ammattihenkilöistä annetussa laissa tarkoitettu laillistettu sairaanhoitaja, joka on suorittanut hoitotason ensihoitoon suuntaavan vähintään 30 opintopis-*



*teen laajuisen opintokokonaisuuden yhteistyössä sellaisen ammattikorkeakoulun kanssa, jossa on opetus- ja kulttuuriministeriön päätöksen mukaisesti ensihoidon koulutusohjelma. Lisäksi kenttäjohtajalla on oltava riittävä ensihoidon hallinnollinen ja operatiivinen osaaminen ja tehtävään edellyttämä kokemus. Kenttä-johtaja voi liikkua erillisellä yksiköllä tai osana hoitotason ensihoidon yksikköä, jolloin yksikön toisen henkilön on oltava ensihoitaja AMK taikka terveyden-huollon ammattihenkilöistä annetussa laissa tarkoitettu laillistettu sairaanhoitaja, joka on suorittanut hoitotason ensihoitoon suuntaavan vähintään 30 opintopisteen laajuisen opintokokonaisuuden yhteistyössä sellaisen ammattikorkeakoulun kanssa, jossa on opetus- ja kulttuuriministeriön päätöksen mukaisesti ensihoidon koulutusohjelma tai sellainen henkilö, joka täyttää ensihoito-palvelua koskevan asetuksen 11§ mukaiset siirtymäsäännökset hoitotason ja kenttäjohtajien kelpoisuuden osalta. (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ensihoitopalvelusta 2011.)*

Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelua täydentävät ensihoidon tukiyksiköt pelastuslaitoksen kanssa tuotettuna ja niissä on kaksi pelastuslaitoksen tuottamaan henkilöä. Virka-aikana Etelä-Savossa toimii oma ensihoitolääkäri tunnuksella Esa L3, ja hän liittyy tarvittaessa tehtäville mukaan. Muina aikoina lääkinnällisen johdon vastuu on Kuopiossa sijaitsevalla Finnhems 60-lääkärihelikopterilla. (Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun palvelutasopäätös 2014.)

### **Verikaasuanalysointilaitteet**

Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun kaikki hoitotason yksiköt on varustettu I-Stat verikaasuanalysointilaitteilla. I-stat verikaasuanalysointilaitteiden koulutuksen vastaajana toimii laitetoimittaja ABBOT ja erikseen mainitut henkilöt Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelusta. Laitteiden käyttöä voi harjoittaa henkilöstöön kuuluva ensihoitaja, joka on saanut laitekoulutuksen. (Kuusela 2016.)

### **Verikaasuanalyssaattorin käyttö ensihoitotilanteissa**

Verikaasuanalyssaattoreilla tapahtuvat verikokeet otetaan hoito-ohjeen mukaisesti epäselvissä yleistilanlaskutapauksissa, epäselvästä väsymyksestä kärsivällä potilaalla, sekä vatsaoireiselta ja kuumeiselta potilaalta ja mikäli silloin potilaan tilanteeseen ei löydy selittävää syytä. Jos potilaan kliininen kuva on epäselvä ja tilanne halutaan varmistaa verikaasuanalyssaattorin avulla tapahtuvalla verikokeella, oirekuvan tulee olla lievä ja potilaan kliinisen voinnin tulee olla kokonaisarvion perusteella tapahtumahetkellä hyvä ja potilaan tilanne ei seuranta ajan aikana oleellisesti muutu.

Verikokeiden osoittaman tuloksen ollessa viitearvojen sisällä ja mikäli potilaalla ei ole peruselintoimintojen häiriötä, voidaan harkita potilaan seurannan tapahtumista kotiolosuhteissa tai mahdollisesti tarkkailu voidaan toteuttaa yön ylitse tapahtuvalla terveystakeskusvuodeosastojaksolla. Myös potilas voidaan kuljettaa keskussairaalaan muulla kulkuneuvolla kuin ensihoitoyksiköllä, esimerkiksi taksilla. Näytteenoton jälkeen konsultoidaan perusterveydenhuollon lääkäriä, kun potilaalla ei ole peruselintoimintojen häiriötä. (Kuusela 2016.)

Peruselintoimintojen häiriön ollessa läsnä tulee konsultoida ensihoitolääkäriä tai Mikkelin keskussairaalan anestesiapäivystäjää. Ensihoitotilanteessa verikaasuanalyssaattorin tulokset tukevat kliinistä päätöksentekoa, mutta potilaan oirekuva on kuitenkin kokonaistilanteen kannalta ratkaisevin tekijä. Ensihoitoa koskevat hoitotoimenpiteet ratkaistaan potilaskohtaisesti yhdessä lääkärin kanssa. Kriittiset verikaasuanalyssaattorin verikoearvot edellyttävät aina ensihoitolääkärin tai anestesiapäivystäjän konsultaatiota, vaikka peruselintoiminoissa ei olisi häiriötä. (Kuusela 2016.)

## 4 Elimistö ja fysiologia

Elimistön toiminnan ylläpitämiselle on merkityksellistä oikea vetyioniväkevyys. Vetyioniväkevyyttä mitataan Ph-asteikolla. Tämän arvon tulisi olla 7.35-7.45 Ph. Kirjallisuudessa puhutaan keskimääräisesti 7.4 Ph-arvoista. Tällöin elimistön happo-emäs-tasapaino on ihanteellinen elimistön toiminnan kannalta. Solut kykenevät uusiutumaan ja toimimaan odotetulla tavalla. Keuhkotuuletuksen mukana poistuva hiilidioksidi poistuu oikeaoppisesti ja sisään hengityksessä elimistöön tuleva happi kulkeutuu veren mukana sitä tarvitseville lihaksille. Elimistö käy niin sanotusti normaalilla joutokäynnillä, ja se kykenee mukautumaan tarpeen vaatiessa ulkopuolisista häiriöistä aiheutuviin haittoihin, esimerkiksi puolustautumaan infektioita vastaan tai antamaan lihaksistolle lisää happea ja proteiineja vaikkapa fyysisessä rasituksessa. Vetyioniväkevyyteen kuormittavia tekijöitä ovat jaettavissa happamiin ja emäksisiin aineisiin. Mitattaessa veren vetyioniväkevyyttä alle tuon 7.35 arvon olevia arvoja kutsutaan asidoottisiksi. Tällöin elimistö on hapan ja päivittäinen elimistön happamoittaja on hiilidioksidi, jota syntyy lihaksien palamistuotteena. Mikäli vetyioniväkevyyttä mitattaessa Ph-arvo osoittaa suurempia lukemia kuin 7.45, on kyseessä alkaloosi. Jolloin elimistö on liian emäksinen. Munuaiset ovatkin tärkein emäksisen aineiden käyttäjä, koska ne erittävät ylimääräisen vedyn virtsan mukana ulos elimistöstä. (Wiederkehr & Krapf 2001, 127-132.)

### **Munuaiset**

Ihmisellä on kaksi munuaista, jotka sijaitsevat kylkikaarien alla selkäpuolella. Munuaisten päällä sijaitsevat lisämunuaiset, jotka toimivat hormonienerittäjinä. Munuaiset saavat hapekkaan veren aortasta, munuaisportin kautta kulkevasta munuaisvaltimosta, laskimo kulkee poispäin myös munuaisportin kautta. (Bjälje, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2008, 377-378.)

Munuaisten tehtävä on pitää solunulkoisen nesteen ja ionipitoisuudet vakaina. Munuaiset huolehtivat nesteiden, suolojen ja kuona-aineiden vakaudesta. Elimistön kuona-aineita ovat esimerkiksi urea, jota ilmenee valkuaisaineiden hajoamistuotteena, sappiväriaine, joka syntyy hemoglobiinin pilkkoutuessa, tästä johtuu virtsan keltainen väri. Munuaisten on huolehdittava, että kuona-aineiden poiston yhteydessä ei elimistöstä katoa tärkeitä ainesosia kuten glukosia ja aminohappoja. Munuaiset osallistuvat happo-emästasapainoon säätelällä vedyn ja bikarbonaatin eritystä. (Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2008, 376.)

Valtimosta tuleva veri suodattuu munuaisten nefroneissa, josta se kulkeutuu kiemuratiehyisiin, joissa verestä otetaan talteen vettä, suoloja ja kuona-aineita. Kiemuratiehyiden ympärillä olevat verisuonet imevät elimistön verenkiertoon takaisin tarpeellisia aineita, kuten vettä ja suoloja. Tämän jälkeen tuleva virtsa kulkeutuu henlenin linkoon, joka kulkee hiussuonikeräsen vierestä valtimon- ja laskimoiden läheisyydessä. Täällä pientenvaltimoiden hiussuonten seinämien sileälihassolut tuottavat reniiniä. Virtsa kulkeutuu kokoojaputkea pitkin kohti munuaisallasta, josta lähtee kaksi virtsajohdinta virtsarakkoon ja edelleen virtsaputkeen. (Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2008, 379-380.)

## **Maksa**

Maksa sijaitsee pallean alapuolella oikeassa kylkikaarella. Maksa saa verta sekä valtimoista että laskimoista. Valtimoveri kulkeutuu maksaan maksavaltimosta, joka lähtee vatsa-aortalta. Laskimoveri kulkeutuu maksaan porttilaskimon kautta mahalaukun ja suoliston alueelta. Valtimo- ja laskimoveri kulkeutuu maksasolujen välisiin onteloihin, joissa hiussuonipoukamat voivat ottaa vastaan suuria molekyyliä, ravintoaineita ja plasman valkuaisaineita. Maksan solut tuottavat sappea, ja sappi kulkeutuu maksasta pois päin kohti sappirakkoa. (Vauhkonen & Holmström 2009, 200.)

Maksan tehtävänä on tuottaa sappia, jolla voidaan pilkkoa ravintoaineita. Veren glukoosipitoisuuden säätelyn kanssa maksalla on suuri rooli. Myös maksa muuttaa monia aineita, kuten hormoneja, myrkyjä ja lääkkeitä tehden niistä vesiliukoisempia, jotta ne voivat siirtyä helpommin virtsan tai sapsen mukaan. Maksa erittää elimistön ja elimistön ulkopuolisia aineita sappien. Maksa myös tuottaa useita valkuaisaineita, hyytymistekijöitä, sappiväriainetta ja kolesterolia. (Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2008, 345.)

### **Verenkierto**

Ihmisen verenkierto on tahdosta riippumattomaa toimintaa, joka vaikuttaa koko elimistön toimimiseen. Verenkierto ja erityisesti sydämentoiminta kuljettaa happea lihaksille ja hapen luovutuksen yhteydessä sitoo itseensä hiilidioksidia. Hiilidioksidi kulkeutuu keuhkojen kautta hengityksen mukana elimistöä ilmaan. Ihmisen verenkierrosta puhuttaessa voidaan verenkierto luokitella kahteen pääryhmään, joita ovat pieni verenkierto ja iso verenkierto. Nämä toimivat kuitenkin yhdessä, mutta niillä on selkeästi kaksi eritehtävää. (Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2008, 223.)

Oikea ylä- ja alaonttolaskimo tuovat hiilidioksidipitoista verta kohti oikeaa eteistä, josta eteisen supistumisen yhteydessä veri kulkee oikean eteiskammion läpi (kolmiliuskaläppä) auetessa oikeaan kammioon. Kammion supistuessa veri taas kulkee keuhkovaltimon läpi kautta kohti keuhkoja. Keuhkoissa tapahtuu kaasujen vaihto, jossa hiilidioksidi poistuu ja verisolut ottavat mukaansa happea. Tämän jälkeen veri matkaa keuhkolaskimoita pitkin takaisin sydämeen. (Vauhkonen & Holmström 2009, 8-9.)

Keuhkolaskimot tuovat hapekasta verta vasempaan eteiseen ja eteisen supistuessa veri kulkeutuu vasemman eteis-kammioläpän (hiippaläppä, mitraaliläppä) kautta kohti vasenta kammioita. Kammioiden supistuessa kulkeutuu hapekas veri aorttaläpän lävitse kohti aorttaa ja sieltä muualle elimistöön. Kun valtimot ovat vieneet hapekkaan veren lihaksille ja saaneet sieltä vaihdossa hiilidioksidia mukaansa, tuovat laskimot veren takasin oikeaan ylä- ja alaonttolaskimoon. (Vauhkonen & Holmström 2009, 8-9.)

### **Maksa ja munuaiset verenkierron säätelyssä**

Verenkierron humoraalinen säätely on ainevälitteistä säätelyä, jonka tärkeimpiä elimiä ovat maksa ja munuaiset. Munuaiset ovat tämän säätelyjärjestelmän tärkein elin, koska niiden erittämä reniini pilkkoo maksan valmistamaa angiotensinogeenia angiotensiini I:ksi. Keuhkojen erittämä angiotensiinin konvertaasinentsyymi (ACE) puolestaan muuttaa angiotensiini I:n angiotensiini II:ksi, joka jo sellaisenaan on voimakkaasti verisuonia supistava ja siten verenpainetta kohottava hormoni. Lisäksi angiotensiini II stimuloi sympaattista hermojärjestelmää, minkä seurauksena verenpaine kohoaa. Koska angiotensiini II lisää myös natriumin pysymistä verenkierrossa estämällä sen virtsaamisen erittymistä munuaisissa, verenpaine nousee edelleen. (Bjälje, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2008, 154.)

### **Aivopaine**

Happamoituneen potilaan elimistö pyrkii tasoittamaan hapokasta verta lisäämällä keuhkotuuletusta, jonka avulla hapokas hiilidioksidi poistuisi nopeammin. Asidoosin vuoksi hyperventiloivalla potilaalla laskee veren hiilidioksidiosapaine tehokkaasti ja vetyioniväkevyys korjaantuu. Aivojen toiminnalle on tärkeää hiilidioksidiosapaineen tasaisuus. Liian korkea hiilidioksidiosapaine laajentaa aivojen verisuonistoa, jolloin kallon sisäinen paine nousee. Tämä

on erityisesti tärkeää aivovammapotilaan hoidossa. Liiallinen hyperventilointi aiheuttaa kuitenkin ajan kanssa liian matalan hiilidioksidipitoisuuden, jolloin aivojen verisuonet supistuvat. Tämä aiheuttaa aivoverenkierron heikkenemistä ja aivokudoksen hapenpuutetta. (Säämänen 2008, 69.)

## 5 Happo-emästatapaino

Verestä voidaan määrittää happipitoisuus ja hiilidioksidipitoisuus. Iso osa hiilidioksidista veressä on hiilihapon muodossa. Hiilidioksidi itsessään on tärkeimpiä veren happamuutta lisääviä tekijöitä. Verikaasuanalyysimäärittelyssä yleensä otetaan veren happo-emästatapainoa mittaavia kokeita. Näitä kokeita ovat verenhappamuus (pH-arvo), bikarbonaatti ( $\text{HCO}_3$ ) joka mittaa veren luonnollisen emäksen määrää, emäsyylimäärää mittaava (BE, Base Excess), veren happiosapainetta mittaava ( $\text{PO}_2$ ) ja veren hiilidioksidipitoisuutta mittaava ( $\text{PCO}_2$ ). (Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan & Taskinen 2015, 187.)

Verenhappamuuden lasku, jolloin pH-arvo on alle 7,35, on kyseessä asidoosi ja vastaavasti pH-arvon ollessa yli 7,45 on kyseessä alkaloosi. Luonnollisen emäksen määrää mittaa bikarbonaatti ( $\text{HCO}_3$ ), jonka viitearvot ovat 22-26 ja emäsyylimäärää mittaava (BE) viitearvot 0-2,5. Näiden arvojen ollessa matalat on elimistössä liiallinen määrä happoja tai elimistö on menettänyt bikarbonaattia. Liian korkeat arvot kertovat liiallisesta happojen menetyksestä tai liiallisesta emäsyylimäärästä. Veren happiosapaine ( $\text{PO}_2$ ) viitearvo 11-13,3 kPa, ei vaikuta happo-emästatapainoon mutta kertoo potilaan hapen veren hapekkuudesta. Hiilidioksidiosapaineen ( $\text{PCO}_2$ ) viitearvo 4,5-6 kPa kertoo matalana ollessaan mahdollisesta respiratorisesta alkaloosista ja korkeat viittaavat respiratorisesta asidoosista. (Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan & Taskinen 2015, 187.)

Laskimonäytteestä otettu verikaasuanalyysi poikkeaa hieman viitearvoiltaan. Laskimosta otetun näytteen Ph viitearvo on 7,32- 7,42, bikarbonaatti ( $\text{HCO}_3$ ) viitearvo on 24- 28 mmol/l ja emäsyylimäärää mittaava (BE) viitearvo -2,5 - 2,5 mmol/l. Myös hiilidioksidi- ja happiosapaineen suhteen tapahtuu muutoksia laskimonäytteessä. Hiilidioksidiosapaineen ( $\text{PCO}_2$ ) viitearvot ovat 5,3 – 7,3 kPa ja happiosapaineen ( $\text{PO}_2$ ) viitearvo 4- 6,7 kPa. (Verikaasuanalyysi, 2013.)

Laskimo- ja kapillaariverinäytteestä voidaan luotettavasti osoittaa vaikea happamuustila eli asidoosi ja vaikea emäsyylimäärä eli alkaloosi. Näiden arvojen suuret riippuvat suuresti ääreiskudosten aineenvaihdunnasta ja ääreisverenkierrasta, joten ne eivät suoraan kerro sydämen ja keuhkojen toiminnasta. Tämän vuoksi verikaasuanalyysinäyte tulisi mitata ensisijaisesti valtimoverinäytteestä. Näyte otetaan ensisijaisesti ranne-, kyynärtaive- tai reisivaltimosta. Näyte tulee analysoida nopeasti, koska hengitystiekaasujen arvot muuttuvat, jos näyte on yhteydessä ulkoilmaan. (Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan & Taskinen 2015, 188.)

Verikaasuanalyysimääritys kertoo hengitystoiminnasta ja veren hapettumisesta. Happo-emästasapainon syyn hakeminen potilaan elimistön ollessa häiriöttilassa on haastavaa. Elimistö pyrkii aina kompensoimaan happo-emästasapainon häiriöitä. Mitä pidempiaikaisempi tai vaikeampi asidoosi tai alkaloosi on, sitä enemmän esiintyy vastavaikuttavia häiriöitä. Lyhytaikaisena kompensaatiomekanismina voidaan pitää hengityksen tihentymistä. Pidempiaikaisen kompensaatiomekanismina munuaiset, maksa ja koko aineenvaihdunta puuttuvat peliin. Häiriöiden yhteydessä arvioidaan aina respiratorisia (hengitys) sekä metabolisia (aineenvaihdunta) kompensaatiomekanismeja. Verenhappamuus kertoo, kumpi niistä on vallitsevana. (Kuisma, Holmström, Nurmi, Porthan & Taskinen 2015, 188.)



### **Kompensaatio ja puskurijärjestelmät**

Vetyionipitoisuus ilmaistaan Ph-arvolla, ja mitä matalampi arvo, sitä suurempi vetyionipitoisuus elimistössä vallitsee jolloin elimistö on hapan eli asidoottinen, kun vetyionipitoisuus on korkeampi elimistö on emäksinen eli alkalootinen. Elimistö kompensoi vetyionipitoisuuden muutoksiin kemiallisella puskurijärjestelmällä, hengitystoiminnan säätelyllä ja munuaisten toiminnan lisäämisellä. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 40.)

Puskurijärjestelmät kykenevät viiveittä suojaamaan elimistöä happo- tai emäslisäyksiä vastaan siten, että vetyionipitoisuus ei oleellisesti muutu. Puskurit eivät poista elimistöstä vetyioneja, mutta ne kykenevät sitomaan tiettyyn rajaan asti ylimäärän happoa tai emästä. Puskurijärjestelmät ovat sidoksissa toisiinsa ja vetyionipitoisuuden muutokset vaikuttavat kaikkien puskurijärjestelmien tasapainoon. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 40.)

Hiilihappo-bikarbonaattipuskuri on tärkein solunulkoisen nesteen puskurijärjestelmä. Bikarbonaatti-ionit sitovat itseensä vetyioneja yrittäen estää vetyionipitoisuuden laskua ja näin elimistön asidoitumista. Hiilihappo kykenee luovuttamaan vetyionin ja estää vetyionipitoisuuden nousua eli elimistön alkaloitumista. Puskurin merkitys johtuu osittain suuresta hiilidioksidin ja bikarbonaatin määrästä elimistössä, toisaltaan järjestelmän kytkeytymisestä muihin vetyionipitoisuuden säätelymekanismeihin, kuten keuhkotuuletuksen määrään, joka säätelee hiilidioksidin määrää ja munuaisten toiminta määrittää bikarbonaatin määrää. Hengitystoiminnan lisäämisellä elimistö kykenee reagoimaan vetyionipitoisuuden muutoksiin minuuteissa (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 40-41.)

Elimistön respiratorinen säätely saa käskynsä aivojen ydinjatkeen hengityskeskuksesta. Ihminen poistaa keuhkotuuletuksen avulla tehokkaasti hiilidioksidia, jopa 20 000 mmol/vrk. Aivo-selkäydinnesteen vetyionipitoisuuden mataluminen stimuloi hengityskeskusta voimakkaasti, kun taas Ph-arvon nousu ei taas lamaa hengityskeskusta yhtä voimakkaasti. Asidoosista kärsivä elimistö pyrkii kompensoimaan happojen liikamuodostusta poistamalla hiilidioksidia keuhkotuuletuksen avulla. Aineenvaihdunta tuottaa päivittäin 70-100 mmol haihtumattomia happoja, jotka erittyvät virtsaan. Munuaiset säätelevät elimistön vetyionipitoisuutta aktiivisesti erittämällä joko hapanta tai emäksistä virtsaa. Säätely tapahtuu kontrolloimalla bikarbonaatin tasoa alkuvirtsassa ja vetyionien erittymistä virtsaan. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 42-43.)

## **6 Happo-emästasapainon häiriöt**

### **6.1 Metabolinen asidoosi**

Metabolisen asidoosin syitä ovat happojen kerääntyminen elimistöön tai emästen menettäminen. Kun happoja kerääntyy elimistöön, puskurijärjestelmä ylikuormittuu ja emäsvarastot vähenevät suuren kulutuksen seurauksena. Verinäytteessä verenhappamuus, Ph-arvo pienenee, bikarbonaatti,  $\text{HCO}_3^-$ -arvo pienenee ja emäsylimäärä,  $\text{Be}$  on negatiivinen. Ja hengityksen lisääntyä respiratorisena kompensoatiomekanismina pienenee myös hiilidioksidiosamäärä  $\text{PaCO}_2$ - arvo. Metabolinen asidoosi on yleisin happo-emästasapainon häiriö, ja sen kehittyminen on varhainen merkki uhkaavasta elimistön vaaratilanteesta. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 46.)

## Oireet

Kliiniset oireet ilmenevät metabolisessa asidoosissa vasta kun vetyionipitoisuus, Ph-arvo on laskenut 7,2 tai sen alle. Havaittavissa olevin oire on hyperventilaatio ja sydämen pumppaustehon oireet. Mikäli arvo pääsee laskemaan 7,0 tai alle on kyse henkeä uhkaavasta tilanteesta, koska monet elimistön omat säätelymekanismit ovat menettäneet tehonsa. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 47.)

Hengityselimistö kärsii liiallisesta hapettumisesta, joka johtuu hyperventilaatiosta. Tällöin hengityslihakset väsyvät ja heikkenevät, joka voi pahimmillaan johtaa hengityslamaan. Sydän kärsii minuuttivirtauksen laskusta, johtumishäiriöistä ja sekä nopeista että hitaista rytmihäiriöistä. Valtimot pääsevät laajenemaan ja keuhkovaltimoissa tapahtuu supistumista joka lisää keuhkovaltimopaineen nousua. Hemoglobiinin hapensitoutumiskyky alenee ja hapen kuljetus soluille heikkenee. Potilaalla voi ilmetä sekavuutta ja tajunnantason laskua, myös ihotunto heikkenee. Metabolia kiihtyy ja elimistö kärsii lopulta energiavarastojen tyhjenemisestä. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 46.)

Metabolinen asidoosi voi olla myös täysin oireeton. Vaikutukset hemodynaamiikkaan ovat vaarallisimpia, kun pH on alle 7,2, jolloin pumppaustoiminta sydänlihaksessa alkaa huonontua. Keuhkoverisuoniston supistuminen aiheuttaa keuhkoverenkierron vastuksen lisääntymistä, joka kuormittaa sydämen oikeaa kammiota. Sydämen sileässä lihaksessa sijaitsevat pienet verisuonet pääsevät laajenemaan ja tämän seurauksena verenpaine laskee ja verenkierto heikkenee nopeasti. Keuhkosairautta sairastavalla asidoosi aiheuttaa hengityslihasten väsymistä ja hengitysvajauksen kehittymistä. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 48.)

Pelkkä Ph-arvon poikkeama on merkittävä löydös verikokeissa, koska elimistön säätelymekanismit pyrkivät pitämään arvon happoemästäsapainon normaalina. Mikäli Ph-arvo on normaali, voivat muut suureet paljastavat kompensatiomekanismien olevan aktiivisina. Pieni hiilidioksidiosapaine kertoo hyperventilaatiosta ( $P_{aCO_2}$ ). Pieni bikarbonaattipitoisuus ( $HCO_3$ ) tai negatiivinen emäsyylimäärä (BE) paljastavat bikarbonaattivarastojen kulutuksesta. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 48.)

## **6.2 Respiratorinen asidoosi**

Respiratorinen asidoosi kehittyy, kun elimistön hiilidioksidintuotanto ylittää hiilidioksidin eliminaation. Veressä hiilidioksidiosapaine nousee ja veren Ph-arvo laskee. Veri muuttuu vähähappiseksi. Vetyioniväkevyyden muutos on suorassa suhteessa hiilidioksiditason muutoksiin ja vaikea asidoosi voi kehittyä muutamissa minuuteissa. Hiilidioksidinarkoosi voi pahentaa hengityslamaa ja hengitys voikin pysähtyä. Veren hiilidioksiditason noustessa hiilidioksidimolekyylejä siirtyy soluun ja solun Ph laskee. Tällöin erittyä kaliumia ja hyperkalemia on mahdollista. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 61.)

### **Akuutti respiratorinen asidoosi**

Keskushermostoon liittyvät äkilliset sairaudet, kuten kallovammat, voivat lamata hengityskeskusten toimintaa. Tämä voi tapahtua joko suoralla vaurio-mekanismilla tai hengityskeskusten verenkierron heikkenemisellä aivopaineen noustessa. Keuhkotuuletus voi heikentyä rintakehän alueen vammojen seurauksena. Keuhkoembolia tai ilmasalpaus voi aiheuttaa epäsuhdannetta

keuhkotuuletuksen ja nestetäytön välille, joka voi syntyä liiallisesta nesteiden kertymisestä keuhkoihin tai liian korkeasta mekaanisesta ventilaatiosta. Anestetit ja hengitystielaitehoito voivat aiheuttaa äkillisen respiratorisen alkalosin. Keuhkosairaalla hengitysteiden ahtautuminen aiheuttaa epäsuhdannetta keuhkotuuletuksen ja nestetäytön välille, mutta elimistö kykenee aluksi kompensoimaan tilannetta ja happoemästäsapaino, sekä hapettuminen voivat pysyä normaalina. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 62-63.)

### **Oireet**

Matala hengitystaajuus ja huokaileva hengitys voivat olla oireina respiratoriossa asidoosissa, mikäli taustalla on hengityskeskuksen aiheuttama hengitysvajaus. Keuhkosairauden yhteydessä hengitystaajuus on yleensä korkea, mikäli ei ole kehittynyt hengityslamaa. Rintakehän vammojen tai vaikean sydän- tai keuhkosairauden äkillisen pahenemisen yhteydessä hengitys voi olla koholla ja pinnallista. Yleisin oire on hengenahdistus. Ahtautuneiden hengitysteiden hengitysäänet vinkuvat tai voivat jopa hiljentyä. Asidoosiin liittyviä oireita ovat yleensä päänsärky, sydämentykytys, väsymys ja uneliaisuus, jopa nukahtelua voi ilmetä. Perifeeriset verisuonet laajenevat hiilidioksidin vaikutuksesta ja verenpaine voi laskea. Potilaalla voi olla lämmin periferia, mutta hän voi olla takykardinen matalan verenpaineen takia. Keuhkokroonikolle voi kehittyä alkaloosi, koska ventilaatio ylittää potilaan normaalin ventilaatiotarpeen. Hiilioksidiosapaine ( $\text{CO}_2$ ) laskee viitealueelle, jolloin  $\text{pH}$ -arvo nousee. Kohonneet emäsylimäärä- (BE) ja bikarbonaatti ( $\text{HCO}_3$ ) arvot kertovat kuitenkin tilan kroonisuudesta. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 65.)

### **Metabolinen kompensatio**

Munuaiset pyrkivät kompensoimaan käsillä olevaa asidoottista tilaa. Kompensaatiomekanismit käynnistyvät hiilidioksiditason noustessa. Munuaiset tehostavat hapon eritystä virtsaan ja bikarbonaatin takaisinimeytyminen tehostuu. Lisäksi munuaiset tuottavat itse bikarbonaatti-ioneja. Metabolinen kompensatio vähentää respiratorisen asidoosin aiheuttamaa vetyionipitoisuuden laskua ja pienentynyt bikarbonaatti-hiilihappo- osamäärä muuttuu normaaliksi. Mekanismien vaikutus alkaa 12 tunnin kuluessa ja vaikutuksen maksimiteho on viidentenä vuorokautena. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 64.)

### **6.3 Metabolinen alkaloosi**

Metabolisessa alkaloosissa bikarbonaattitaso ( $\text{HCO}_3$ ), vetyioniväkevyys (Ph) ja emäsyylimäärä (BE) ovat koholla sekä hiilidioksidiosapaine ( $\text{CO}_2$ ) nousee kompensatiomekanismin takia. Usein metabolisesta alkaloosista kärsivillä potilailla on myös hypokalemia, hypokloremia ja hypokalsemia. Elimistön ongelma on joko liiallinen vedyn menetys tai bikarbonaatin liiallinen saanti, jolloin elimistö muuttuu emäksiseksi. Tehohoitopotilaalla metabolinen alkaloosi on usein hoitotoimenpiteistä aiheutuvaa, joita voivat olla verensiirrot, liialliset diureetit ja natriumbikarbonaatin liiallinen saanti. Piilevä hypovolemia ylläpitää herkästi metabolista alkaloosia, jolloin elimistö pidättää natriumia ja lisää kaliumin ja vetyionin eritystä. Näin elimistö pyrkii ylläpitämään riittävän verivolyymien. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 58.)

### **Oireet**

Vakavan metabolisen alkaloosin yhteydessä Ph-arvo kohoaa yli 7,60, jolloin voi potilaalla ilmetä seuraavia neurologisia oireita: päänsärkyä, pahoinvointia,

kouristuksia ja sekavuutta. Aivoverisuonissa verenkierto heikkenee valtimoiden supistuessa ja sydämen minuuttivirtaus alenee, sekä voi ilmetä rytmihäiriöitä. Ventilaatiotarve vähenee metabolisen alkaloosin takia ja minuuttiventilaation pienentyessä hypoksia ja hyperkapnia ilmenevät. Alkaloosin seurauksena happi irtoaa heikommin hemoglobiinista ja korostaa lihasten heikkoutta, liiallista erittämistä ja digitalisherkkyyttä, jotka aiheutuvat hypokalemian sivuvaikutuksina. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 58)

Metabolisessa alkaloosissa bikarbonaatin nousu tai natriumsuolojen liiallisen saannin takia elimistö muuttuu emäksiseksi ja kalsiumin osamäärä elimistössä pienenee. Liiallinen kloridittomien nesteiden (esim. Ringer) antaminen, verensiirrot, oksentelu ja diureetit aiheuttavat kloridipuutosta, jolloin elimistössä natrium vetäytyy takaisin ja kalium sekä vetyionit erittyvät virtsaan. Hypokalemia stimuloi vetyionieritystä munuaisissa ja virtsan erityis lisääntyy. Negatiivisen hiilihappo-bikarbonaatti eron takia munuaistiehyessä tapahtuu bikarbonaatin takaisinvetäytymistä, tällöin bikarbonaattia kertyy vereen ja aiheutuu alkaloosi. Hypovolemisella potilaalla on usein puute kloridipitoisesta nesteestä. Tällöinkin natrium pyrkii imeytymään virtsasta takaisin ja virtsaan jää kalium ja vetyioni. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016,59)

### **Kompensaatio**

Metabolisen alkaloosin seurauksena elimistö pyrkii kompensoimaan tilannetta hiilidioksidin nousulla aiheuttaen hengityksen madaltumista. Hypoventilaatio on kuitenkin tehoton kompensoimismekanismi. Hiilidioksidiosapaineen kertyminen on voimakas ärsyke aivojen hengityskeskukseen ja aivot pyrkivät estämään hypoventilaatiota. Alkaloosi korjaantuu bikarbonaatin erityksen lisääntyessä, kun munuaistiehyeen kloridipitoisuus suurenee. Tämä tapahtuu

solunulkoisen nesteytyksen lisäämisellä, johonka voidaan käyttää natriumkloridia tai kaliumkloridia. Ensisijaisesti pyritään palauttamaan potilaan normi verivolyymi ja korjata kaliumvajausta. Veren Ph-tasoksi alkaloosista kärvälle riittää 7,55 tai alhaisempi. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 60.)

## 6.4 Respiratorinen alkaloosi

Respiratorinen alkaloosi aiheuttaa hiilidioksidiosapaineen laskua ja Ph-arvon nousua. Ph-arvon noustessa vetyionit siirtyvät ulos soluista ja kalium siirtyy solun sisään, jolloin aiheutuu hypokalemia. Ventilaation kasvaessa hiilidioksidia poistuu elimistöstä liiaksi ja hiilidioksidiosapaine laskee normaalia matalammaksi (alle 4.7 kPa). Elimistön ensimmäinen puolustusvasteen reaktion merkki on hengitystaajuuden nousu. Akuutisti sairaalla potilaalla ilmenee usein respiratorista alkaloosia sympaattisen hermoston stimulaation seurauksena. Asidoosin kompensatio mekanismien seurauksena voi myös ilmetä respiratorista alkaloosia, kun kudosten happeutumishäiriötä kompensoidaan ensisijaisesti ventilaation lisäyksellä. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 66-67.)

Primaarisesta hyperventilaatiosta kärsivällä potilaalla on hengityksen säätelyyn liittyvä häiriö, joka voi olla toistuvaa tai jatkuvaa. Jännitys-, kauhu- ja tuskatilat voivat aiheuttaa primaarista hyperventilaatiota, tällöin fyysinen kuormitus aiheuttaa liiallista minuuttiventilaatiota ja hengitys jää usein kiihtyneeksi, jolloin ventilaatio ylittää rasituksen aiheuttaman metabolisen asidoosin kompensatiotarpeen. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 67.)



Hengityskeskusta stimuloivat sairaustilat, kuten aivokasvain tai aivotulehdukset, sekä lääkkeiden aiheuttamat vaikutukset (asetyliinialisilylihappomyrkytys, keskushermostostimulantit ja sympatomimeetit), voivat aiheuttaa sekundaarista hyperventilaatiota. Myös astmakohtaukset ja keuhkoembolia altistavat sekundaariselle hyperventilaatiolle. Kouristelu, raskaus ja alkoholin sekä lääkkeiden vieroitusoireet lisäävät riskiä sekundaariselle hyperventilaatiolle. Kuume- ja sepsistilanteisiin voi liittyä lisääntynyt hiilidioksidin tuotanto, joka lisää ventilaatiota. Hypoksemia tai kudoshypoksia lisäävät ventilaatiota ja laskevat elimistön hiilidioksidiosapainetta. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 67.)

### **Löydökset**

Ilman loppumisen tunne ja haukkova syvä hengitys, jolloin hengitystaajuus on kohonnut, ovat tyypillisiä oireita hyperventilaatiosta kärsivälle potilaalle. Mikäli potilas hengittää suuria kertavolyymeja voi hengitystaajuus olla normaali tai matalahko, mutta hengitystyö on huokaileva, syvä ja epätasainen. Hiilidioksiditason lasku aiheuttaa raajojen puutumista, koska periferinen verenkierto on osittain salpaantunut. Veren hiilidioksidin madaltuminen supistaa verisuonia, mikä aiheuttaa huimausta, näköhäiriöitä, tykyttely tunnetta ja rintakipua. Lisääntynyt hypokapnia aiheuttaa neuronien ärsytystä, josta seuraa lihaskouristuksia ja lihasvapinaa. Vaikea respiratorinen alkaloosi voi johtaa tajuttomuuteen ja kouristeluun. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 68.)

Tehohoidossa liiallinen ventilaatio johtuu usein hengityslaitesäädöistä, mikä voi olla syynä potilaan respiratoriseen alkaloosiin. Hengitystyön helpottuminen ja hyperventilaation vähentyminen ovat myös merkki onnistuneesta hengityslaittehoidosta. Mikäli potilaalla on kohoavaa hengitystaajuus hengityslaittevieroituksen yhteydessä, potilas ei ole valmis vieroitettavaksi mekaanisesta

hengitystuesta. Potilaan aivopaineen nousua epäiltäessä voidaan potilasta hetkellisesti hyperventiloida hengitystuen avulla. Korkea hiilidioksidipaine nostaa aivopainetta, mutta liiallinen hyperventilointi voi aiheuttaa aivosuonten supistumista ja aivoverenkierron heikkenemistä sekä iskemisiä vaurioita. (Alahuhta, Ala-Kokko, Kiviluoma, Ruokonen & Silvast 2016, 68.)

## **7 Tarkoitus ja tavoite**

Opinnäytetyön tarkoitus on tehdä ”Happo-emästatapaino tarkastuskortti” ensihoidossa toimivalle henkilöstölle, jonka avulla selvitetään happo-emästatapainon merkitystä ja verianalyysin käyttämistä potilaan tilan selvittämisessä. Tavoitteena on lisätä ensihoidossa työskentelevän henkilöstön tietoisuutta happo-emästatapainosta ja sen merkityksestä ensihoidossa.

## **8 Kehittämistoiminta**

Nykypäivän työelämässä kehittämistoiminta on keskeinen osa-alue organisaatioiden, alueiden ja yhteiskunnan tasolla. Kehittämistoiminnan määrittäminen on hankalaa, ja kehittämisen kohde, menetelmä ja perustelut voivat suuresti vaihdella eri kehittämishankkeiden yhteydessä. Kuitenkin kehittämistoiminnasta voidaan puhua oman työn kehittämisen, työyhteisöjen kehittämisen, menetelmien kehittämisen ja palveluiden, sekä tuotekehityksen yhteydessä. (Rantanen & Toikko 2009, 1.)

Tutkimuksessa vastataan tutkimuskysymyksiin tutkimusmenetelmiä käyttäen, erilaisia aineistoja tuottaen ja analysoiden. Kehittämistoiminnassa ei ole

keskeistä keskittyä esitettäviin sanallisiin kysymyksiin vaan keskeistä on toiminta, jonka avulla pyritään ennalta sovittuun tavoitteeseen. Kehittämistoiminnan ohjaajana toimii tavoitelähtöisyys. Kuitenkin tutkimuksen ja kehittämisen rajapinnalla voi tapahtua samaa toimintaa, jossa käsitellään tutkimusta ja kehittämistä. Toimintatutkimuksessa käsitellään tieteellistä tiedontuottoa ja konkreettista kehittämistä. (Rantanen & Toikko 2009, 4.)

Projektityössä kehittämistoiminta on käsitelty rajatuksi ja organisoiduksi toiminnaksi, jossa on suunnitelman, toteutuksen ja arvioinnin vaiheet. Kehittämistoiminta on usein jäsennetty organisaatioiden ja yksilöiden oppimisen kautta. Vertaisoppiminen ja oppiva organisaatio korostuu, myös kehitetyt käytännöt ja toimintatavat asetetaan arvioitavaksi ja uudelleen kehitettäväksi. Suunnittelun ja oppimisen sijasta kehittämistoiminnassa voi olla kyse arjen kommunikaatiosta, jossa kehittämistiedon tuottaminen on joustavaa, luovaa ja tilannekohtaista. (Rantanen & Toikko 2009, 2.)

Luotettava ja koeteltavissa oleva tieto kuuluu tutkimuksen peruslähtökohtiin. Kehittämistoiminnan lähtökohtiin kuuluvat tuotteen kehittäminen, tehostaminen, mutta kehittämistoiminta voi keskittyä organisaation rakenteisiin tai työyhteisötoimintaan. Kehittämistoiminta tavoittelee konkreettisen asian muuttamista, ja tutkimuksellinen tiedon tuottaminen jää vähäisemmäksi. Käyttökelpoisuus on olennaista kehittämistoiminnan osalta. Yritys tai organisaatio, jossa kehittämistoimintaa tehdään, määrittää projektin käyttökelpoisuuden. (Rantanen & Toikko 2009, 3.)

Tieto- ja todellisuuden käsitys toimivat kehittämistoiminnan lähtökohtina, vaikka niitä ei selkeästi analysoitaisikaan. Tiedon luotettavuutta voidaan korostaa osana kehittämissuunnitelman vaiheita, suunnittelua, dokumentointia ja arviointia, mutta joiltakin osin voidaan tukeutua epäsystemaattiseen kokemuksen tuomaan tietoon menettelytapojen käyttökelpoisuudesta. Kehittämis-

toiminta voi palvella toimintojen tehostamista tai työntekijöiden intressejä.  
(Rantanen & Toikko 2009, 7.)

### **Tarkastuskortti**

*Muistilista, tarkastuslista, tsekkilista* on syntynyt lentoteollisuuden apuvälineeksi, kun todettiin lennon erivaiheiden olevan liian monimutkainen asia yhden muistin hallittavaksi. Yksinkertaisesti tarkastuslista muistuttaa asioista, joita tulee tehdä tai ottaa huomioon. Ihminen muistaa ja reagoi paremmin siihen, mitä voi nähdä ja lukea, jotta toiminta on turvallista, tehokasta ja tasalaatuista. Terveystenhoito on hyvin riskialtis ala, jossa pyritään pienillä resursseilla suorittamaan monimutkaisia tehtäviä ja samalla vaaditaan lähes täydellistä suoritusta. Valitettavasti usein terveydenhuollossa tulee vastaan tilanteita, joissa apuvälineiden käyttö rinnastetaan osaamattomuuteen ja kokemattomuuteen. (Ericson, 2013.)

Tarkistuslistan tarkoitus on parantaa tiimityötä ja kommunikaatiota. Listan avulla varmistetaan potilasta keskeisesti koskevien tietojen huomioonottaminen. Tarkistuslistan käyttöönotto vaatii virallisen päätöksen toimintayksikön johdolta. Myös henkilökunnan tulee tunnistaa listan tarpeellisuus, jotta listan käyttöönotto onnistuisi. Kaikkien tulee sitoutua tarkistuslistan käyttöön, ja tarkistuslista muokataan yksikön tarpeellisuuden mukaan. Potilasvakuutuskeskus edellyttää leikkaustoiminnan yhteydessä tarkistuslistan käyttöä.  
(Leikkaustiimin tarkistuslista, 2016.)

Tämän opinnäytetyön tuloksena syntynyt ”Happo-emästasyyppö tarkastuskortin” on hyväksynyt Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun vastuulääkäri Janne Kuusela.(Liite 1.)

## 9 Aineiston kerääminen

Tiedonhaun hakusanoina käytin opinnäytetyöni peruskäsitteitä, jotka ovat *happo-emästasapaino, asidoosi, alkaloosi ja ensihoito*. Tiedonhaku on suoritettu Jyväskylän ammattikorkeakoulun kirjaston verkkosivustojen kautta.

Finto, asiasanastopalvelun kautta hain hakusanoja: *happo-emästasapainon häiriö*, löytyi alakäsitteet *asidoosi, alkaloosi ja nestetasapainon häiriöt*. Janet-haun kautta käytin hakusanoja: *happo-emästasapaino* ja löytyi teos *Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito* 2014 ja 2016, sekä teos: *Anatomia ja fysiologia: rakenteesta toimintaan* 2013. Yleinen suomalainen ontologia, YSO-palvelun kautta hakusanoina toimivat *happo-emästasapaino*, josta löytyi englanninkielinen termi: *acid-base equilibrium ja acid-base balance*. Hakusanalla *ensihoito*, löytyi englanninkielinen termi *Emergency Treatment*. Vastaavat hakutulokset löytyivät myös hakukoneella Finnmesh.

Englanninkielisellä hakukoneella Cinahl käytin hakutermeinä sanoja *acid-base equilibrium*, jolla löytyi 816 artikkelia ja sanoja *acid-base balance*, minkä avulla löysin 216 artikkelia. Lisätessäni hakuun vuodet 2012-2016 löytyi 51 artikkelia. Osa näistä artikkeleista käsitteli munuaisten, sydämen ja maksan toimintaa osana happo-emästasapainoa. Hakutermeillä löytyi usein ravitsemuksellisia artikkeleita, jotka eivät vaikuta akuuttiin hoitotyöhön tai kehittämistyöni aiheeseen. Hakusanoilla *acid-base balance ja emergency treatment* löytyi vain yksi artikkeli. Artikkelissa käsiteltiin Yhdysvaltojen rannikkovartioston pelastamaa kylmän veden varaan joutunutta 22-vuotiasta miestä. Artikkelin ei vastannut kysymykseen happo-emästasapainosta, asidoosista, alkaloosista tai ensihoidosta. Hakusanat *Acid-base equilibrium ja emergency treatment* löytyi myös yksi artikkeli. Artikkelin käsitteli noninvasiivisen ventilaation merkityksestä akuutin keuhkoturvotuksen yhteydessä. Artikkelin käsitteli pitkäaikaisen te-

hohoitopotilaan hoitoa ja happo-emästasapainon merkitys ei myöskään korostunut tässä artikkelissa.

Terveysportin terminologian tietokannan kautta hakusana *happo-emästasapaino* antoi suppeat selitykset termeille happo-emästasapaino, asidoosi, alkaloosi, respiratorinen asidoosi ja respiratorinen alkaloosi. Duodecium Oppiportti ja erikseen avattavan Terveysportin, Lääkäriin tietokannat antoivat parhaat tulokset hakusanalla *happo-emästasapaino*. Lääkärin tietokannan kautta löytyi *verikaasuanalyysi ja happo-emästasapainon tutkiminen* ja tämän haun yhteydessä löytyi linkki *Akuuttihoito*. Akuuttihoito piti sisällään jo aiemmin muilta hakuko-neilta löydettyjä termejä, kuten happo-emästasapaino, asidoosi ja alkaloosi. Nämä olivat lääkäreille suunnattuja tiivistelmiä kirjasta *Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito 2016*. Opinnäytetyön tuotoksena syntynyt ”happo-emästasapaino tarkastuskortti” on koottu hakutermin *asidoosi, alkaloosi* pohjalta ja hakutermeihin syventyminen on tapahtunut *Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito 2016* pohjalta. Lisäksi kortissa mainitut viitearvot löytyivät Lääkärin tietokannan *akuuttihoito*-linkin kautta.

## 10 Pohdinta

Opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä ”Happo-emästasapaino tarkastuskortti” ensihoidossa toimivalle henkilöstölle, jonka avulla selvitetään happo-emästasapainon merkitystä ja verianalyysin käyttämistä potilaan tilan selvittämisessä. Tavoitteena on lisätä ensihoidossa työskentelevän henkilöstön tietoisuutta happo-emästasapainosta ja sen merkityksestä ensihoidossa. Ensihoitajien keskuudessa happo-emästasapaino on vieras käsite ja verianalyysilaitteiden tuleminen kenttätöihin sai aikaiseksi aiheeseen perehtymisen tarpeen.

Opinnäytetyön tavoitteeseen pääsemiseen liittyi vaikeuksia, koska ensihoidossa verikaasuanalyysin ottaminen on vasta aluillaan, ja tämän vuoksi ei tiedonhakua ensihoidossa tapahtuvasta happo-emästasapainon määrittelystä ole juurikaan saatavilla. Happo-emästasapaino on sairaalamaailmassa tehohoidon erikoisalaa, jota ollaan tuomassa ensihoitoon. Kuitenkin happo-emästasapainon merkityksestä löytyi tehohoidon kirjallisuutta.

Happo-emästasapainon merkityksen havainnointi tiedonhakua käyttäen kerrytti tietoperustaa. Kuitenkin ensihoidollista näkökulmaa happo-emästasapainon merkityksestä sai etsiä ja soveltaa eri kirjallisuuksien kesken, koska ensihoidossa tapahtuva happo-emästasapainon määrittäminen on uusi asia. Ensihoitotyössä verikaasuanalyysin ottamisen tärkeys ja sen analysointi potilastilanteessa perustui alueen hoito-ohjeisiin. Verikaasuanalyysin avulla potilaan turvallinen kotiin jättäminen tehostuu, mutta mitä kriittisille verikaasuanalyysin arvoille voidaan ensihoitotyössä tehdä, jäi avoimeksi kysymykseksi opinnäytetyön aikana. Onko mahdollisesti tulossa neste- ja lääkehoitoon muutoksia? Koska happo-emästasapainon häiriöihin voidaan vaikuttaa nestehoidolla.

Uuden toimintatavan vuoksi asioille ei löytynyt suoraa vastausta, mutta toivottavasti tulevaisuudessa asiaan saadaan varmuutta lisää. Tilanteen selvittämisen yhteydessä ensihoitajille suunnattu tarkastuskortti oli tarpeellinen. Koen tiedonhaun onnistuneen ja perehtymisen happo-emästasapainoon, fysiologiaan ja potilaan oireiden löytämiseen tuo ensihoitohenkilöstölle sekä potilaille lisäarvoa, potilasturvallisuuden kuin hoitotyön näkökulmasta. Potilas saa asiantuntevampaa palvelua ensihoitajilta, ja ensihoitajat voivat kehittyä työssään uudella tavalla verikaasuanalyysiä hyväksikäyttäen. Potilasturvallisuus kehittyy, koska aikaisemmin ei ole otettu verikaasuanalyysijä kotioloissa ja nyt verikaasuanalyysi toimii myös turvana ja tukena hoitopäätöksille.

Happo-emästatapainotarkastuskortti on suunniteltu ensihoitotyöhön ja sen toimii muistilistana potilaan oireiden ja verikaasuanalyysin ottamisen yhteydessä. Happo-emästatapaino tarkastuskortti (liite 1) on hyväksytty ensihoidon vastuulääkärin toimesta ja kortin viitearvot on päivitetty vastaamaan lastkimoverinäytearvoja. Tämä lisää opinnäytteen luotettavuutta ja tuo myös luotettavuutta ensihoitajalle sekä hänen hoitamalle potilaalle.

Ensihoitajien omatoiminen kouluttautuminen verikaasuanalyysin merkitykseen toimii jatkokehityshaasteena. Kuinka uudesta toimintatavasta saadaan tehtyä rutiininomaista ensihoitotyössä? ”Happo-emästatapaino tarkastuskortti” on suunniteltu helpottamaan ensihoitajaa verikaasuanalyysin tulkitsemisessä.



## Lähteet

- A 340/2011. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus ensihoitopalvelusta. 6.4.2011. Valtion säädöstietopankki Finlex, Ajantasainen lainsäädäntö. Viitattu 19.10.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110340>
- Alahuhta, S., Ala-Kokko, T., Kiviluoma, K., Ruokonen, E. & Silvast, T. 2016. Peruselintoimintojen häiriöt ja niiden hoito. 2 uudistettu painos. Helsinki: Duodecim.
- Bjälje, J., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O. & Toverlund, K. 2008. IHMINEN Fysiologia ja anatomia. 1-5 painos. Helsinki: WSOY
- Ericson, C. 2013. Tarkistuslista osana turvallista terveydenhuoltoa. Viitattu 22.2.2017 <https://potilasturvallisuudesta.wordpress.com/2013/02/19/tarkistuslista-osana-turvallista-terveydenhuoltoa/>
- Eriksson, E., Korhonen, T., Merasto, M. & Moisio, E. 2015. Sairaanhoidajan ammatillinen osaaminen. Porvoo: Bookwell Oy. Viitattu 19.2.2017 <https://sairaanhoitajat.fi/wp-content/uploads/2015/09/Sairaanhoitajan-ammattillinen-osaaminen.pdf>
- Etelä-Savon sairaanhoitopiirin ensihoitopalvelun palvelutasopäätös. 2014. Viitattu 12.10.2016 <http://www.esshp.fi/wp-content/uploads/sites/2/2016/04/ensihoitopalvelun-palvelutasopaaatos-1-1-2014.pdf>
- Huslab. 2013. Verikaasuanalyysi (pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, pH ja laskenta), laskimoverestä. Viitattu 21.2.2017. <http://www.terveysportti.fi.ezproxy.jamk.fi:2048/dtk/ltk/koti>
- Kuisma, M., Holmström, P., Nurmi, J., Porthan, K. & Taskinen, T. 2015. Ensihoito. 3-5 painos. Helsinki: Sanoma Pro OY
- Kuusela, J. 2016. Ensihoitopalvelun toteuttamana vieritestaus Etelä-Savon Sairaanhoidopiirissä. Hoito-ohje, Etelä-Savon sairaanhoidopiiri. Viitattu 9.2.2017
- Leikkaustiimin tarkistuslista. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, 2016. Viitattu 21.2.2017. <https://www.thl.fi/fi/web/laatu-ja-potilasturvallisuus/tutkimus-ja-kehittaminen/tyokalut/vaaratapahtuman-tunnistaminen/leikkaustiimin-tarkistuslista>
- Rantanen, T & Toikko, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Viitattu 20.2.2017. [https://arkisto.uasjournal.fi/kever\\_2009-2/Rantanen%20Toikko%20Kever%202009.pdf](https://arkisto.uasjournal.fi/kever_2009-2/Rantanen%20Toikko%20Kever%202009.pdf)

Säämänen, J. 2008. Ensihoito-osaamisen kehittäminen täydennyskoulutuksen avulla. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.

Vauhkonen, I. & Holmström, P. 2009. Sisätaudit. 1-3 painos. Helsinki: WSOY

Wiederkehr, M. & Krapf, R. 2001. Metabolic and endocrine effects of metabolic acidosis in humans. Swiss Medicine Weekly. Viitattu 18.11.2016

<http://www.smw.ch/docs/pdf200x/2001/09/smw-09666.pdf>

## Liitteet.

### Liite 1. Happo-emästasyapaino tarkastuskortti

#### Happo-emästasyapaino TARKASTUSKORTTI

Viitearvo	Asidoosi	Alkaloosi
<b>Verenhappamuus</b>		
<b>PH</b>		
7.32-7.42	Alle 7.32	Yli 7.42
<b>Bikarbonaatti</b>		
<b>HCO3</b>		
24 - 28	Alle 24	Yli 28
<b>Emäsyylimäärä</b>		
<b>BE</b>		
-2,5 - 2,5	Alle -2,5	Yli 2,5
<b>Hiilidioksidiasapaine</b>		
<b>PCO2</b>		
5,6-7,3 kPa	Yli 7,3	Alle 5,6
<b>Happiosapaine</b>		
<b>PO2</b>		
4 - 6,5kPa	EI VAIKUTA HAPPO-EMÄSTASAPAINOON	

#### **Verenhappamuus**

##### **PH viitearvo 7,32-7,42**

Alle 7,32 PH, elimistö on hapan eli asidoottinen

Yli 7,42 PH, elimistö on emäksinen eli alkaloottinen

##### **Bikarbonaatti**

##### **HCO3 viitearvo 24-28**

Alle 24 HCO3, elimistössä liiallinen bikarbonaatin menetys. Asidoosi

Yli 28 HCO3, elimistössä liiallinen happojen menetys. Alkaloosi

##### **Emäsyylimäärä**

##### **BE viitearvo -2,5 - 2,5**

Alle -2,5 BE, elimistössä liiallinen happomäärä. Asidoosi

Yli 2,5 BE, elimistössä liiallinen emäsyylimäärä. Alkaloosi

##### **Hiilidioksidiasapaine**

##### **PCO2 viitearvo 5,6 -7,3 kPa**

Yli 7,3 PCO2, elimistössä liikaa hiilidioksidia. Liian vähäinen ventilaatio. Asidoosi

Alle 5,6 PCO2, elimistössä vähäinen hiilidioksidin määrä. Liiallinen ventilaatio. Alkaloosi

##### **Happiosapaine**

##### **PO2 viitearvo 4-6,5 kPa**

Ei vaikutusta happo-emästasyapainoon.

Alle 4 PO2, laskimoveressä hapen puute

Yli 6,5 PO2, laskimoveressä liikaa happea

### Metabolinen asidoosi

**PH↓ HCO<sub>3</sub> ↓ BE negatiivinen.**

**Syyt:** Happojen kerääntyminen ja emästen menetys. Nestetasapaino häiriintynyt, esim. ripuli, oksentelu, munuaisten vajaatoiminta, liialliset diureetit, sokereiden lasku, riittämätön hapentarjonta.

**Kompensaatio:** Ventilaation lisääntyminen **PO<sub>2</sub>↑ ja PCO<sub>2</sub>↓**

**Oireet:** *Voi olla oireeton!* Ilmenevät vasta **↓7,2 PH**, hyperventilaatio, hengitysilhasten väsyminen, hengityslama, sydämen rytmihäiriöt, sekavuus, tajunta↓, ihotunto heikkenee, metabolia kiihtyy, energiavarastot heikkenevät.

### Respiratorinen asidoosi

**PCO<sub>2</sub>↑ PH↓**

**Syyt:** Hiilidioksidin kerääntyminen elimistöön, ventilaation vähäisyys, veri vähähappista, hengityskeskuksen lamaantuminen, kallovaraus, aivopaineen nousu, rintakehän vammat, keuhkoembolia, nesteiden kerääntyminen keuhkoihin, anestetit hengityslaittehoito.

**Kompensaatio:** Metabolinen kompensaatio ilmenee viiveellä, virtsaneritys lisääntyy **PH** korjaantuu, **HCO<sub>3</sub>↑** takaisin imeytyminen tehostuu.

**Oireet:** Matala hengitystaajuus, huokaileva hengitys, päänsärky, sydämentykytys, väsymys, uneliaisuus, tajunta ↓, verenpaine↓, takykardia.

### Metabolinen alkaloosi

**PH↑ HCO<sub>3</sub>↑ BE↑**

**Syyt:** Liiallinen vedyn menetys tai bikarbonaatin liiallinen saanti, verensiirto, liialliset diureetit, hypovolemia, oksentelu, liiallinen kloridittomien nesteiden saanti (esim. Ringer).

**Kompensaatio:** Hypoventilaatio, **PCO<sub>2</sub>↑**, aivot pyrkivät estämään hypoventilaatiota hyperventilaatiolla.

**Oireet:** Vakava **PH 7,6↑**, päänsärky, pahoinvointi, kouristukset, sekavuus, rytmihäiriöt, ventilaatio tarve↓, hyperkapnia, hypoksia, liiallinen erittäminen ja lihasheikkous.

### Respiratorinen alkaloosi

**PCO<sub>2</sub>↓ PH↑**

**Syyt:** Vedyn poistuminen solusta ja kaliumin siirtyminen soluun, ventilaation lisääntyminen, hengityslaittehoito, primaarinen hyperventilaatio(jännitys/pelkotilat), sekundaarinen hyperventilaatio(hengityskeskusta stimuloivat sairaudet), kouristelu, vieroitusoireet, kuume ja sepsis.

**Kompensaatio:** Elimistö pyrkii korjaamaan hiilidioksidin määrää hyperventilaatiolla.

**Oireet:** Hyperventilaatio, ilman loppumisen tunne, haukkova syvä hengitys, raajojen puutuminen, huimaus, sydämen tykyttely, rintakipu, lihasvapina, tajuttomuus ja kouristelu.