



SAVONIA

Kylmähauteen jäähdytysteho verikaasuanalyysissä

Sanna Tulkki

Opinnäytetyö

____. ____.

Valitse kohde.

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Koulutusohjelma Bioanalytiikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Sanna Tulkki	
Työn nimi Kylmähauteen jäähdytysteho verikaasuanalyysissä	
Päiväys 6.5.2013	Sivumäärä/Liitteet 59/3
Ohjaaja(t) Lehtori Leena Tikka	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Itä-Suomen laboratorokeskuksen kuntaliikelaitosyhtymä (ISLAB)	
Tiivistelmä Suurin osa laboratoriosprosessin virheistä tapahtuu preanalyttisen vaiheen aikana. Preanalyttiset virhetekijät tarkoittavat näytteenotossa, näytteen käsittelyssä ja säilytyksessä tapahtuneita tekijöitä, jotka muuttavat näytettä ennen analysointia ja vaikuttavat tutkimuksen mittaustuloksiin. Tässä tutkimuksessa selvitettiin kylmähauteen jäähdytysteho verikaasuanalyysin preanalyttisen vaiheen aikana sekä virheellisen säilytyksen vaikutus näytteen arvoihin. Tutkimus toteutettiin kokeellisen tutkimuksen keinoin vertailemalla eri kylmähaudevaihtoehtojen jäähdytystehoa. Tutkimuksen tuloksena löydettiin jäähdytysteholtaan sekä käytettävyydeltään paras vaihtoehto verikaasunäytteiden jäähdyttämiseen. Tutkimuksessa selvitettiin jäähdytysvaihtoehtot sekä verikaasuruiskuille että -kapillaareille. Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi verikaasuanalyysin osasuureiden muuttuminen ja arvojen oikeellisuus, kun näytettä säilytettiin virheellisen pitkään. Tutkimuksen taustaksi kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin aiemmin tehtyihin tutkimuksiin sekä havainnoitiin näytteenotto- ja analyysiprosessia ISLABin kliinisen kemian laboratoriossa. Tutkimus suoritettiin keväällä 2013. Tulokset kirjattiin taulukkoon, jolloin niiden eroja ja riippuvuussuhteita voitiin havainnoida parhaiten. Tutkimuksen tuloksena ISLABilla nyt käytössä olevat jäähdytysvaihtoehtot havaittiin jäähdytysteholtaan ja käytettävyydeltään parhaiten soveltuviksi menetelmiksi. Tutkimus osoitti, että pitkän säilytysajan vaikutus osasuureiden muuttumiseen on vähäinen elektrolyytteihin, pH-arvoon, glukosiin, happisaturaatioon sekä HCO_3^- -arvoon. Sen sijaan säilytysaika vaikuttaa BE-arvoihin, laktaattiarvoon, hiilidioksidi- ja happiosapaineisiin ja Hb-arvoon.	
Avainsanat verikaasuanalyysi, jäähdyttäminen, preanalytiikka	

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme in Biomedical Laboratory Science			
Author(s) Sanna Tulkki			
Title of Thesis Refrigeration in blood gas analysis			
Date	6.5.2013	Pages/Appendices	59/3
Supervisor(s) Senior lecturer Leena Tikka			
Client Organisation /Partners Eastern Finland Laboratory Centre Joint Authority Enterprise (ISLAB)			
<p>Abstract</p> <p>Most of the mistakes in the laboratory process happen during the preanalytical period. Preanalytical errors are mistakes that happen during sample taking, sample handling and storing samples. Preanalytical errors are modifying sample before analysing it and they have an effect on the results. The purpose of this study was to find out what kind of refrigeration effectiveness the refrigeration pad has in the blood gas analysis during the preanalytical period and what kind of an effect the incorrect store of samples has.</p> <p>The study was using the method of experimental research by comparing the refrigeration effectiveness of different kind of refrigeration pads. The aim of this study is to find out the best refrigeration pad from the point of view of refrigeration effectiveness and usability. In this study different kind of refrigeration pads are found both to the blood gas syringes and capillaries. Research in the incorrect store time to find out the change of the parameters of blood gas analysis and the validity of the results are made also in this study.</p> <p>As the basis of this study a literature review of earlier researches was conducted and the process of sample taking and analysing was observed in the Laboratory of Clinical Chemistry in Eastern Finland Laboratory Centre Joint Authority Enterprise (ISLAB). This study was made in spring 2013. The results were documented in the tables which helped to compare the differences and relationships between the values.</p> <p>The results show that the refrigeration pads which are used in the ISLAB are best by the effectiveness and usability. This study shows that long store time of samples affects the parameters of blood gas analysis and is minor with the values of electrolytes, pH, glucose, oxygen saturation and bicarbonate. Instead long store time affects the values of BE, lactate, oxygen partial pressure, carbon dioxide partial pressure and Hb.</p>			
<p>Keywords blood gas analysis, refrigeration, preanalytic</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	VERIKAASUANALYYSI.....	8
2.1	Osatutkimukset	8
2.2	Säätelyjärjestelmät	9
2.3	Häiriötilat järjestelmässä	10
2.4	Näytteenotto	12
2.5	Preanalyytiset virhetekijät	14
3	TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN	17
4	TIEDONHAKU	18
4.1	Kylmähaudevaihtoehdot.....	18
4.2	Kirjallisuuskatsaus aiempiin tutkimuksiin	18
5	TYÖN TOTEUTTAMINEN JA TULOKSET	26
5.1	Menetelmälliset lähtökohdat	26
5.2	Verikaasuanalyysiprosessin havainnointi	27
5.3	Kylmähauteiden jäähdytystehon selvittäminen	30
5.3.1	Verikaasuruiskut.....	31
5.3.2	Verikaasukapillaarit	33
5.4	Jäähdytyslaatikon jäähdytystehon selvittäminen	35
5.5	Tutkimus verikaasunäytteen osasuureiden muutoksista pitkäaikaisessa jäähdytyksessä	39
6	POHDINTA	44
6.1	Tutkimustulosten tulkitseminen.....	44
6.2	Tutkimuksen luotettavuus	48
6.3	Tutkimuksen eettisyys.....	50
6.4	Tutkimuksen kehittämisideat	52
6.5	Oma oppiminen ja ammatillinen kasvu	52
	LÄHTEET	54
	Kuvaluettelo	
	LIITTEET	
	Liite 1 Kylmähauteen jäähdytysteho verikaasuruiskuilla	
	Liite 2 Jäähdytyslaatikon sisälämpötilan pitkäaikaisseuranta	
	Liite 3 Osasuureiden tulokset	

1 JOHDANTO

Laboratorioprosessi koostuu useista osaprosesseista ja se voidaan jakaa preanalyttiseen, analyttiseen ja postanalyttiseen vaiheeseen. Standardissa SFS-EN ISO 15189:2003 kerrotaan kaikki laboratorioprosessin vaiheet sekä näille asetetut erityisvaatimukset. Lääketieteellisissä laboratorioissa suurin osa laboratorioprosessin virheistä tapahtuu preanalyttisen vaiheen aikana. Standardin avulla voidaan tarkastaa laboratorioprosessin preanalyttisen vaiheen laatu sekä kehittää laboratorioprosessin osa-alueita. (Linko 2007, 21.)

Preanalyttisten tekijöiden vaikutuksille herkistä tutkimuksista tarvitaan kokeellista tietoa. Tulosten epävarmuutta voivat aiheuttaa biologiset, biokemialliset ja tekniset tekijät, jolloin mittaustuloksiin tulee hajontaa. Yksi preanalyttisen vaiheen mittaus-epävarmuutta aiheuttava vaihe on näytteiden esikäsittely, säilytys ja kuljetus. Laboratoriotulokset voivat muuttua, mikäli näyte joutuu odottamaan esikäsittelyä. Näytteen kuljetustapa voi vaikuttaa näytteen tuloksiin, ja myös näytteen säilytyslämpötilalla on merkitystä. Tämän vuoksi olisi suositeltavaa, että näytteiden kuljetusta ja säilytystä arvioitaisiin laboratorio- tai sairaanhoitopiirikohtaisesti. Monet tutkimukset vaativat tietyt säilytys- ja kuljetusolosuhteet. Väärä toimintatapa johtaa virhehuomautukseen analysoinnin yhteydessä tai näyte on hylättävä kokonaan. (Kouri ym. 2002, 139–140.)

Tämän tutkimuksessa selvitetään kylmähauteen jäähdytysteho verikaasuanalyysissä. Tutkimus liittyy keskeisesti verikaasuanalyysiprosessin preanalyttiseen vaiheeseen. Verikaasuanalyysin virheistä noin 60 % tapahtuu preanalyttisen vaiheen aikana. Verikaasuanalyysien määrittämisessä saatujen arvojen oikeellisuuden vuoksi on tärkeää, että näytteiden jäähdytys on sujunut annetun ohjeen mukaisesti. Saatujen verikaasuarvojen perusteella tehdään arvioita potilaan hengityksen ja verenkierron tehokkuudesta sekä elimistön aineenvaihdunnasta. Niiden avulla diagnosoidaan potilaan tilaa ja tehdään hoitopäätöksiä. Verikaasuanalyysinäytteen virheellinen jäähdytys (liian hidas, virheellinen lämpötila, ei jäähdytystä ollenkaan) vaikuttaa arvoihin ja voi johtaa väärin hoitopäätöksiin. (Salorinne 2003, 208–209; Wennecke & Juel 2007)

Tutkimuksen toimeksiantajana on Itä-Suomen laboratoriokeskuksen liikelaitoskuntayhtymä (ISLAB). Tutkimus on työelämälähtöinen ja toimeksiantajalle tarpeellinen, sillä ISLABilla ei ole ennestään tutkittua tietoa erilaisten kylmähauteiden jäähdytystehosta verikaasuanalyysissä. Tässä tutkimuksessa selvitetään verikaasuanalyysiin

vaikuttavista preanalyttisistä tekijöistä tutkittua tietoa kirjallisuuskatsauksen muodossa sekä havainnoidaan verikaasunäytteenotto- ja analyysiprosessia. Tämän jälkeen eri kylmähaudevaihtoehtojen jäähdytysteho selvitetään verikaasuruiskuilla ja -kapillaareilla, jolloin kylmähaudevaihtoehtoista löydetään sekä jäähdytysteholtaan että käytettävyydeltään ISLABille sopivin vaihtoehto. Tutkimuksen viimeisessä vaiheessa selvitetään virheellisen säilytysajan avulla näytteen säilyvyys ja näytteen osatutkimusten mahdollinen tutkimuskelpoisuus verikaasuanalyysin määrittämisestä annettua ohjetta pidemmän säilytysajan jälkeen.

Laboratorioprosessin laadun kehittämisen edellytyksenä on laadun seuranta. Laboratoriotoinnassa havaitut mahdolliset poikkeamat annetusta työohjeesta tulisi huomioida ja niiden vaikutus näytteen analysointiin tulisi arvioida. (Linko 2007, 21.) Tämä kokeellinen tutkimus tuottaa näyttöön perustuvaa tietoa. Näyttöön perustuvalla toiminnalla (Evidence-Based Practice, EBP) tarkoitetaan parhaan saatavilla olevan ajantasaisen tiedon käyttöä potilaan hoitoprosessissa (Sarajärvi, Mattila & Rekola 2011, 11).

Bioanalyttikon toimenkuvaan kuuluvat laboratoriotutkimukset, joilla saadaan luotettavaa tietoa potilaan terveydentilasta, ja joita käytetään potilaan hoitoratkaisujen tukena. Laboratoriotutkimuksilla selvitetään potilaan fysiologista tai biologista tilaa elin-, kudoksen-, solu- tai molekyyllitasolla. Laboratoriotutkimusprosessin preanalyttisessä vaiheessa bioanalyttikon tehtäviin kuuluu asiakaspalvelu, näytteenotto ja laboratoriotutkimusten suorittaminen. Potilas on valmisteltava ja ohjattava tutkimukseen tutkimuksen mukaisesti, näyte on otettava edustavasti siten, että se vastaa elimistön sen hetkistä tilaa, ja näytteiden säilyminen näytteenotosta analyysihetkeen on turvattava. Tärkeitä bioanalyttikon toimenkuvaan kuuluvia tehtäviä ovat lisäksi laadunhallinta, toiminnan kehittäminen, opetus-, ohjaus- ja muut asiantuntijuustehtävät. Bioanalyttikko vastaa siitä, että tutkimusprosessi tehdään laadukkaasti ja potilasturvallisesti yhdessä muun terveydenhuollon henkilöstön kanssa. (Bioanalyttikkoliitto 2002.)

Verikaasuanalyysi kuuluu fysiologiselta ja teoreettiselta taustaltaan kliinisen fysiologian alaisuuteen. Verikaasuanalyysiprosessi suoritetaan kuitenkin kliinisen kemian laboratoriossa. Tämä työ toteutettiin ISLABin kliinisen kemian laboratoriossa. Asiantuntijana työn suorituksessa oli apulaisylikemisti Kari Savolainen.

2 VERIKAASUANALYYSI

2.1 Osatutkimukset

Verikaasuanalyysin tutkimusnimikkeenä on B-VeKaas ja se sisältää osatutkimukset pH, $p\text{CO}_2$, $p\text{O}_2$, BE, sHCO_3 ja HbO_2Sat . Verikaasuanalyysianalyysillä mitataan valtimoveren happamuutta (pH) sekä happi- ja hiilidioksidiosapaineita ($p\text{O}_2$ ja $p\text{CO}_2$). Veren pH ilmoittaa vety-ionien (H^+) määrää. Valtimoveren pH on yleensä 7,35–7,45, joten arvo on hiukan emäksinen. Happi- ja hiilidioksidiosapaineet puolestaan kertovat, kuinka hyvin keuhkot pystyvät siirtämään happea verenkiertoon ja poistamaan hiilidioksidia verestä. (Thompson 2010; Ahola 1994, 94–96; ISLAB, web-ohjekirja.)

Laskennallisilla BE- ja HCO_3^- – suureilla määritetään kehon happo-emästasapaino. BE eli emästase (emäsyylimäärä, base excess) kertoo, kuinka paljon litrassa verta on puskurianioneja yli tai alle keskimääräisen arvon. Laskennallisesti arvo on mukautettu vereen, jonka hiilidioksidiosapaine on 5,3kPa ja HbO_2 (oksihemoglobiini) on yli 97 %. Bikarbonaatti (HCO_3^-) puolestaan on kemiallinen puskuri, joka pyrkii pitämään veren pH:n optimaalisella tasolla. Usein verikaasuanalyysieihin luetaan kuuluvaksi myös kokonaishemoglobiini- ja happisaturaatiomääritykset, joilla saadaan tietoa veren hapenkuljetuskyvystä. (Thompson 2010; ISLAB, web-ohjekirja; Ahola 1994, 94–96.)

Verikaasuanalyysi voidaan tehdä arteriaveren (aB-) lisäksi myös kapillaariverestä (cB-), laskimoverestä (vB-), arterianapaverestä (uA-), venanapaverestä (uV-), pulmonaariverestä (pB-) tai sentraaliverestä (zB-). Kapillaariverestä otettuna tehdään vain osatutkimukset pH, $p\text{CO}_2$, BE ja sHCO_3 . Pulmonaariverestä otettuun näytteeseen sisältyy samat osatutkimukset kuin arteriaverestä otettuunkin sekä vielä lisäksi HbO_2 . Verikaasuanalyysi voidaan pyytää myös laajana, VeKaasL, jolloin näytteestä määritetään VeKaas -analyysin lisäksi spesifisillä elektrodeilla Na, K, aktuaalinen Ca-ion sekä metaboliitit glukoosi ja laktaatti. Hemoglobiinin happisaturaatio, oksihemoglobiinin osuus sekä kokonaishemoglobiini määritetään analysaattorin oksimetrillä. (ISLAB, web-ohjekirja.)

2.2 Säätelijärjestelmät

Elimistö pyrkii pitämään veren pH -arvon vakaana kolmen toisiinsa kytköksissä olevan järjestelmän välisellä vuorovaikutuksella. Näistä kemialliset puskurijärjestelmät tasapainottavat happo- tai emäslisäyksen aiheuttamia muutoksia pH:ssa. Puskurijärjestelmä auttaa elimistöä reagoimaan pH:n muutoksiin välittömästi ilman, että pH muuttuisi merkittävästi. Veren tärkein puskurijärjestelmä on proteiinit, etenkin hemoglobiini. Kudoksiin siirryttyään hemoglobiini on luovuttanut happea ja sitoo vetyioneja, ja pystyy siten kuljettamaan hiilidioksidin kudoksista keuhkoihin bikarbonaatin muodossa. Bikarbonaatti-hiilihappopuskurin osuus on veren koko puskuritoiminnasta vain 5 %, vaikkakin hiilihappo on määrällisesti tärkein syntyvä happo. (Reinikainen 2006, 32–38; Penttilä 2004, 160–161.)

Hengitysjärjestelmällä säädellään hiilidioksidin poistoa. Valtimoveren $p\text{CO}_2$ noustessa myös aivo-selkäydinnesteen $p\text{CO}_2$ nousee ja seurauksena on pH:n lasku. Tämä stimuloi hengityskeskuksen neuroneita ja viesti kulkee keuhkotuuletuksen tärkeimmälle säätelijälle, ydinjatkoksen hengityskeskukselle. Elimistön vasteaika säätelylle on vain muutamia minutteja. Kolmantena pH:n säätelystä vastaavat munuaiset. Ne kykenevät tarpeen mukaan poistamaan happo- tai emäsyylimäärää virtsan mukana. Säätely toteutuu kontrolloimalla bikarbonaatin takaisinimeytymistä primaarivirtsasta ja vetyionien eritystä virtsaan. (Reinikainen 2006, 32–38; Penttilä 2004, 160–161; Larmila 2010.)

Veren happi- ja hiilidioksidiosapaineet sekä happo-emästasapaino kertovat hengityksen ja verenkierron tehokkuudesta sekä elimistön aineenvaihdunnasta. Potilaan akuutin hoidon tarpeen arvioimiseksi on selvitettävä mahdollinen hypoksemia, hiilidioksidiretentio ja vetyionitasapaino. Valtimoverestä tehtäviä kaasuanalyyskejä käytetään äkillisten hengityshäiriöiden ja keuhkosairauksien diagnosoinnissa ja hoitamisessa sekä leikkausten ja tehohoitojen aikana. Verikaasuanalyyskejä tarvitaan myös kroonisten keuhkosairauksien aiheuttamien kaasujenvaihduntahäiriöiden arvioinnissa sekä happihoidon tarkkailussa. Myös sydämen ja munuaisten vajaatoiminnan, kontrolloimattoman diabeteksen, univaikeuksien, vakavien tulehdusten ja lääkkeiden ylikäytön yhteydessä tehdään happo-emästasapainon määrittäksiä. (Salorinne 2003, 208–209; Thompson 2010.)

Säätelyn tuloksena verikaasuanalyysin arvot pysyvät viitearvoissa. Oheisessa taulukossa 1 (sivulla 10) on kuvattu eri osatekijöiden viitearvot tutkimuksessa aB-VeKaas.

TAULUKKO 1. Verikaasuanalyysin viitearvot tutkimuksessa aB-VeKaas (ISLAB, web-ohjekirja)

Analyytti	Analyytin nimi	Arvo
pH	Happamuusaste	7,35–7,45
pCO ₂	Hiilidioksidiosapaine	4,5–6 kPa
pO ₂	Happiosapaine	10–13 kPa
BE	Emäsyylimäärä	-2,3–2,3 mmol/l
sHCO ₃	Bikarbonaatti	22–26 mmol/l
HbO ₂ Sat	Happisaturaatio	97–100 %

2.3 Häiriötilat järjestelmässä

Verikaasuanalyysin avulla havaitun happo-emästasapainon häiriötilat voidaan luokitella neljään eri luokkaan veren pH:n, sekä sen avulla, onko häiriö metabolinen vai respiratorinen. Veren pH:n avulla ilmaistuna kyseessä on asidoosi, kun pH on alle 7,35 ja alkaloosi, kun pH on yli 7,45. Metabolinen viittaa aineenvaihdunnalliseen ja respiratorinen keuhkotuuletukseen liittyvään häiriöön. Häiriötilat ovat: metabolinen alkaloosi, metabolinen asidoosi, respiratorinen alkaloosi ja respiratorinen asidoosi, joista tarkemmin seuraavissa alakappaleissa. (Salorinne 2003, 213.)

Metabolinen alkaloosi. Metabolinen eli aineenvaihduntaan liittyvä alkaloosi on etenkin tehohoitopotilailla yleinen häiriö ja se voi kehittyä usein erilaisten hoitotoimenpiteiden seurauksena. Tällaisia ovat alkalisoivan aineen kuten bikarbonaatin liika-annos, liiallisen asetaatin antaminen tai massiivinen verensiirto. Toisaalta tilaan voi johtaa oksentelu, jolloin kloridia menetetään suolahapon osana, tai mahaimu tai diureettihoito. Lisäksi alkaloosin syynä voi olla kaliumin ja kloridin runsas erittyminen virtsaan nesteenpoistolääkkeiden käytön seurauksena. Metabolista alkaloosia pitää yllä piilevä hypovolemia eli tila, jossa elimistössä kiertävän veren tai kokonaisnestetilavuuden määrä on vähentynyt. Elimistö pyrkii kompensoimaan tilaa hypoventilaatiolla eli vähentämällä keuhkotuuletusta, jolloin veren CO₂-osuus nousee. Metabolisessa alkaloosissa pH on korkea ja lisäksi standardibikarbonaattiarvo on korkea. Myös pCO₂ pyrkii kohoamaan kompensaation mukaan. (Inkinen 2006, 63–65; Mustajoki 2013.)

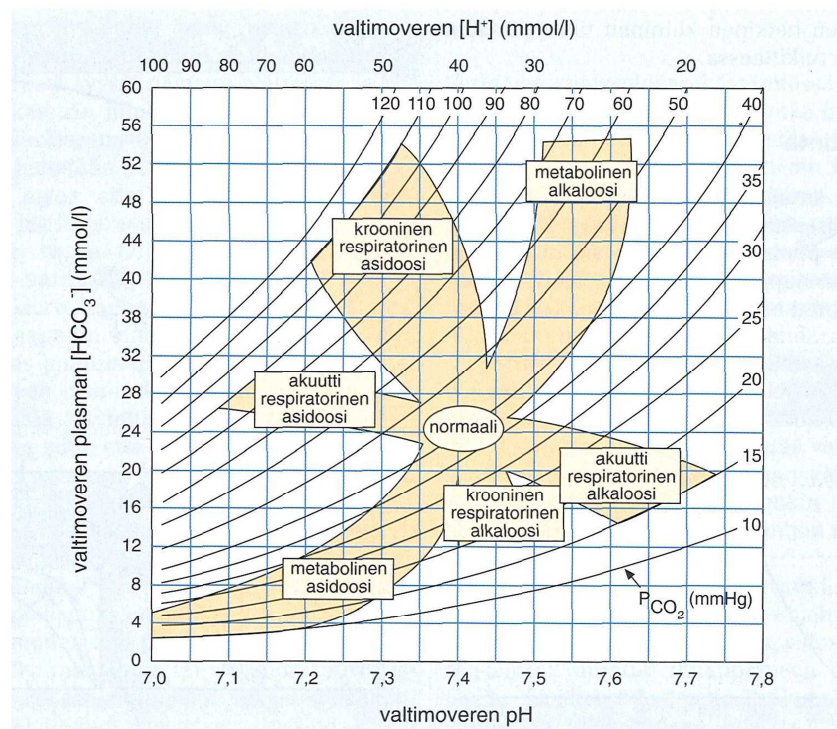
Metabolinen asidoosi. Metabolinen eli aineenvaihduntaan liittyvä asidoosi on tavallisin happo-emästasapainon häiriö. Kliiniset oireet tulevat yleensä vasta, kun pH on tasolla 7,2 tai alle. Kun pH laskee 7,0 tasolle, on tila uhkaava, koska elimistön omat

säätelyjärjestelmät sekä monet lääkkeet menettävät tehonsa. Siksi välitön hoito on tärkeää. Yleisin syy asidoosiin on jokin aineenvaihdunnan häiriö, jonka seurauksena elimistössä muodostuu liikaa erilaisia happoja tai niiden eritysvirtsausten pienenee, tai puskurijärjestelmän emäksiä kulutetaan tai menetetään liikaa. Esimerkiksi happojen liiallinen muodostus voi liittyä happomyrkytykseen eli diabeettiseen ketoasidoosiin, ja vetyionien erityshäiriössä puolestaan on kyse uremiasta eli munuaisten vajaatoiminnasta. Metabolisessa asidoosissa vetyionien puskuroida esimerkiksi bikarbonaatilla tuottaa hiilidioksidia. pH-arvon lasku ja syntyvä hyperkapnia eli veren tavallista suurempi hiilidioksidipitoisuus stimuloivat hengityskeskusta ja hyperventiloinnin avulla elimistö pyrkii kompensoimaan häiriötä. Tiheään hengittämällä elimistö pyrkii vähentämään hiilihapon ja hiilidioksidin määrää veressä. Tällöin pH saattaa olla normaali mutta muut suureet osoittavat kompensaatiomekanismit. Asidoosin syyn selvittämisen edellyttää happo-emästaseen lisäksi myös muita laboratoriokokeita, esimerkiksi elektrolyytti-, kreatiniini- ja lääkeainemäärityksiä. (Arola 2006, 54–56; Mustajoki 2013.)

Respiratorinen alkaloosi. Respiratorinen alkaloosi syntyy hyperventilaation tuloksena. Hyperventilaation tausta voi olla psyykinen tai fyysinen, tai sen taustalla on jokin sairaus, joka stimuloi hengityskeskusta. Hyperventilaation taustalla voi olla myös keskushermostoa stimuloiva lääkitys, kuten salisylaattit tai se voi liittyä hypermetabolisiin tautitiloihin, kuten kuumeeseen ja sepsikseen. Respiratorisessa alkaloosissa valtimoveren hiilidioksidiosapaine on laskenut ja pH-arvo noussut. Munuaiset kompensoivat respiratorista tilaa erittämällä bikarbonaattia ja pidättämällä vetyioneja, jolloin pH normalisoituu. Riippuen elimistön kompensaatiokyvystä voi pH olla vain lievästi koholla, jolloin kompensaatio on osittainen tai pH on normaali, kun kompensaatio on täysin onnistunut. (Piirilä 2006, 74–75; Mustajoki 2013.)

Respiratorinen asidoosi. Respiratorinen asidoosi muodostuu, kun hiilidioksidin tuotanto ylittää hiilidioksidin poistumisen keuhkojen kautta ja hiilidioksidia kertyy siten elimistöön. Syynä voi olla esimerkiksi keuhkovaurio, verenkiertohäiriö, hengityskeskusten toiminnan häiriö tai sydämen vajaatoiminta. Respiratorisessa asidoosissa keuhkojen tuuletus heikkenee ja hiilidioksidin poistuminen keuhkojen kautta häiriintyy. Valtimoveren hiilidioksidiosapaine nousee ja pH laskee. Tuloksena on hypoksemia eli veren vähähappisuus. Mikäli pH laskee nopeasti voi vaikea-asteinen asidoosi kehittyä muutamassa minuutissa. Munuaiset kompensoivat tilaa pidättämällä bikarbonaattia ja erittämällä vetyioneja. Jos hiilidioksidia kertyy liikaa elimistöön, seurauksena on happamuuden lisääntyminen. (Piirilä 2006, 67–69; Mustajoki 2013.)

Oheisessa kuvassa 1 on esitetty valtimoveren pH:n, vetyionipitoisuuden, HCO_3^- -määrän sekä pCO_2 -arvon avulla elimistön häiriötilat sekä normaalitilan sijoittuminen näiden lomaan.



KUVA 1. Elimistön häiriötilat (Salorinne 2003, 212)

2.4 Näytteenotto

Valtimoverinäyte on verikaasuanalyysissä ja happo-emästasapainon tutkimuksissa edustavin ja siksi sitä otetaan erityisesti tehohoidossa. Toisinaan joudutaan turvautumaan kapillaarivereen käytännön syistä, esimerkiksi kun toistetuista valtimopunktioidista olisi potilaalle haittaa, tai kun potilaana on lapsi. Laskimostakin näyte voidaan ottaa, mutta silloin tuloksissa on valtimoverinäytteeseen verrattuna eniten eroavaisuuksia happiosapaineessa sekä myös muutoksia pH:ssa, hiilidioksidiosapaineessa sekä laktaatti-, glukoosi- ja ammoniumpitoisuuksissa. Valtimoverinäytteenotosta vastaa yleensä lääkäri, ja laskimo- ja kapillaariverinäytteet ovat laboratorio- ja hoitohenkilökunnan osaamisaluetta. (Tuokko, Rautajoki & Lehto 2008, 52; Pohja-Nylander 2010.)

Valtimoverinäyte otetaan yleensä ranteen värttinävaltimosta (*arteria radialis*), olkavaltimosta (*arteria brachialis*) tai reisivaltimosta (*arteria femoralis*). Pieniltä lapsilta valtimoverinäyte voidaan ottaa pään valtimoista ja vastasyntyneiltä ensimmäisten elintuntien aikana napavaltimosta. Valtimoveripunktiossa ei käytetä staasia ja ennen näytteenottoa on varmistettava, että toinen verta käteen tuova valtimo, *arteria ulnaris*, pystyy huolehtimaan käden verenkierrosta punktion aikana. Näyte otetaan, kun poti-

las on tilanteen salliessa levännyt makuulla vähintään 5 minuuttia. Näyte otetaan ohuella injektioneulalla anaerobisti esiheparinisoituun erikoisruiskuun tai muuhun heparinoituun ruiskuun. Mikäli potilaalta tarvitaan toistuvia näytteitä, laitetaan valtimoon katetri tai kanyyli, jota pidetään auki heparinisoinnilla ja huuhtelulla. (Tuokko 2008, 53; Salorinne 2003, 209–210.) Hepariinin tehtävänä näytteenottovälineissä on toimia antikoagulanttina eli hyytymistä estävänä tekijänä. Kuivahepariini on suositelluin hepariinin muoto, sillä se ei laimenna näytettä. (Uotila 2010, 119.)

Laskimonäytteet otetaan joko ruiskulla ja neulalla, eli ruiskulla vakuumputkien ohjaimesta tai ruiskulla siipineulasta. Näyte otetaan putkien ottojärjestyksen mukaisesti hepariiniputkien kohdalla. Näytteenoton jälkeen valtimo- ja laskimonäyteruiskut suljetaan ruiskujen omalla suodinkorkilla ja ilma poistetaan kääntämällä ruisku korkkipää ylöspäin ja napauttamalla ilmakuplat pois. Tämän jälkeen ruiskun männällä työnnetään ilma ulos korkin suotimen kautta. (ISLAB 2012, Pohja-Nylander 2010; Hedberg 2012.) Näytteet on otettava anaerobisesti ja ilma poistettava välittömästi, jotta ilma ei muuta näyteveren analyysituloksia (Väisänen, Metsävainio & Romppanen 2006, 121–122).

Kapillaarinäyte verikaasuanalyysiä varten otetaan arteliasoidusta eli lämmitetystä kantapäästä tai sormenpäästä. Lämmitys voidaan tehdä esimerkiksi lämpimän veden avulla. Veren on virrattava näytteenottokohdasta vapaasti isoina pisaroina ja ilman painamista tai puristamista, mikä voisi aiheuttaa näytteen hemolysoitumisen tai kontaminaation. Näytettä otettaessa ensimmäinen, kudostenestettä sisältävä pisara pyyhittään pois, jonka jälkeen näyte otetaan pisaran keskeltä siten, että kapillaari täyttyy yhdellä kertaa. Näytteeseen ei saa tulla ilmakuplia. Kapillaarin molemmat päät suljetaan ilmatiiviillä tulpilla. (Pohja-Nylander 2010; Hedberg 2012.)

Näytteenoton jälkeen näyte sekoitetaan mahdollisimman nopeasti, jottei hyytymiä ehdi muodostua. Ruiskua pyöritetään kämmenien välissä ja kapillaaria sormien välissä varoen kuitenkin liian kovaa käsittelyä. (Hedberg 2012; Salorinne 2003, 209). HUSLABin (Pohja-Nylander 2010) työohjeessa verikaasuanalyysin kapillaarinäytettä varten kerrotaan myös, että kapillaarin sekoitusta voidaan tehostaa kapillaarin sisään laitetun metallisirun avulla. Sitä vedetään magneetin avulla kapillaarin päästä päähän 5-10 kertaa. Lisäksi potilaan normaalista poikkeava kehonlämpötila on merkittävä ylös tulosten analysointia varten (Salorinne 2003, 209). Verikaasuanalyysin pH-, pCO₂ ja pO₂ -arvot riippuvat lämpötilasta, mutta viiterajat tunnetaan vain 36,9 °C lämpötilalle. Tämän vuoksi potilaan ruumiinlämpötila on ilmoitettava, jotta analyysointori voi korjata tuloksen vastaamaan viitearvoja. (Uotila 2010, 119.)

Näytteen säilytyksestä, analysointikelpoisuudesta ja näihin liittyvistä ajoista on lähteestä riippuen erilaista tietoa. Sekä ISLABin, OYS:n että HUSLABin näytteenotto-ohjeet ja tutkimusohjekirjat (ISLAB, web-ohjekirja; Hedberg 2012; Pohja-Nylander 2010) kertovat, että näyte voidaan kuljettaa huoneenlämpöisenä, kun määrittäminen tehdään 15 minuutin sisällä näytteenotosta. Salorinteen (2003, 209) mukaan näyte tulisi analysoida huoneenlämpöisenä jo 5 minuutin kuluessa, ja Väisänen ym. (2006, 122) mukaan 10 minuutin kuluessa. Muussa tapauksessa näyte säilytetään ja kuljetetaan jääkaappilämpöisen kylmähauteen välissä. HUSLABin ja ISLABin ohjeiden mukaan näyte on tällöin analysointikelpoinen 30 minuuttia, kun taas OYS:n laboratorio antaa näytteelle 60 minuuttia analysointiaikaa ja Aholan (1994, 94) mukaan näyte on edustava 1-2 tuntia. Kaikki edellä mainitut lähteet varoittavat, etteivät näytteet saa jäätyä osittainkaan missään kuljetuksen vaiheessa. Säilytyksen jälkeen ennen määrittäystä on näytteet sekoitettava uudelleen.

Verikaasuanalyysin määrittäminen on tehtävä mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen, koska esimerkiksi punasolujen metabolia pienentää näytteen happipitoisuutta. Näytteen säilytys kylmähauteen välissä tai jäävesiastiassa hidastaa verinäytteen aineenvaihdunnan 1/10 siitä nopeudesta, joka vallitsee +37 °C:ssa. Pitkäaikainen säilytys vaikuttaa pO₂-arvon alenemiseen ja pCO₂-arvon kohoamiseen näytteessä. Potilaan kehon lämpötila vaikuttaa tuloksiin, joten pH-, pCO₂- ja pO₂-arvoihin tehdään korjaukset. Näistä etenkin pO₂-arvot muuttuvat merkittävästi. (Salorinne 2003, 209; Ahola 1994, 94, 96.)

2.5 Preanalyttiset virhetekijät

Preanalyttiset virhetekijät tarkoittavat näytteenotossa, näytteen käsittelyssä ja säilytyksessä tapahtuneita tekijöitä, jotka muuttavat näytettä ennen analysointia ja vaikuttavat siten tutkimuksen mittaustuloksiin. Virheellinen tulos voi johtaa väärään potilaan tilan arviointiin ja edelleen virheelliseen hoitoon tai hoitamatta jättämiseen. Näytteenotto ja käsittely tulee tehdä tutkimuksesta annettujen ohjeiden mukaan, jotta tulos kuvaa tutkittavan analyysin sen hetkistä pitoisuutta potilaassa eikä muutu preanalyttisen vaiheen aikana. (Markkanen 2000, 172; Väisänen ym. 2006, 121; Siloaho 2000, 185.)

Verikaasuanalyysi ja sen elektrolyytti- ja metaboliittimääritykset ovat erityisen herkkiä monille näytteenottoon liittyville virhetekijöille. Näytteenottovaiheessa potilas on tunnistettava oikein ja potilastiedot on merkittävä ruiskuun. Tehohoidossa näyte otetaan

kanyylista ja infuusionestettä on poistettava silloin 3-6 kertaa kanyylin ”kuollut tilavuus”, jotta verinäyte ei laimene. Näytettä otettaessa laskimo- ja valtimoveren sekoittuminen vaikuttavat etenkin verikaasu- ja happisaturaatioarvoihin. Preanalyttisiä virheitä voi aiheuttaa myös ilmakuplien poisto, sillä mikäli ilmakuplia ei poisteta heti näytteenoton jälkeen, voivat jo pienetkin ilmakuplat vaikuttaa näytteen pO_2 -arvoihin. (Väisänen ym. 2006, 121–122; Larmila 2010; Wennecke & Juel 2007.) Näytteen tulisi olla lisäksi mahdollisimman vähän yhteydessä ympäröivään ilmaan sillä näytteen kaasut voivat tasapainottua ilman kanssa. Tämä virhe on suurin happi- ja hiilidioksidipaineissa ja seurauksena on virheellisen korkea pO_2 -tulos. (Siloaho 2000, 186; Larmila 2010.)

Näytteenoton jälkeen näyteruisku tai -kapillaari on sekoitettava hyvin siinä olevaan hyytymisenestoaineeseen, hepariiniin. Mikäli sekoitus puuttuu tai se on vaillinainen, näyte koaguloituu ja siihen muodostuu hyytymiä, jotka joko likaavat verikaasuanalysaattorin tai pahimmassa tapauksessa estävät näytteen analysoinnin kokonaan. Hyytynyt näyte ei ole tasalaatuinen, joten tulokset eivät ole luotettavia. (Väisänen ym. 2006, 122; Wennecke & Juel 2007.)

Preanalyttisten virheiden mahdollisuus on myös näytteen kuljetuksessa ja säilytyksessä ennen analysointia. Verikaasunäytteet on analysoitava heti huoneenlämpöisinä, tai jos analysointi viivästyy, on näytteet jäähdytettävä $+0-4\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa jäähdytetyn kylmävaraajan tai -hauteen avulla. Se, kuinka pitkään näyte on analysoitavissa huoneenlämpöisenä, on lähteestä ja ohjeesta riippuen 5 - 15 minuuttia (ks. kappale 2.4). Jos näytettä ei jäähdytetä, siinä jatkuu solujen normaali aineenvaihdunta, jolloin glykolyysi etenkin punasoluissa aiheuttaa laktaatin muodostuksen. Tällöin pH, bikarbonaattipitoisuus ja emäsyylimäärä muuttuvat virheellisesti metabolisen asidoosin suuntaan. Leukosyytit ja trombosyytit kuluttavat happea, mikä alentaa hapen osapainetta ja nostaa hiilidioksidin osapainetta. (Siloaho 2000, 186.) Tämän vuoksi esimerkiksi HUSLAB (Pohja-Nylander 2010) ohjeistaa verikaasuanalyysin näytteenotossa tekemään määritykset välittömästi, jos leukosyytti- ja trombosyytti-arvot ovat korkeat.

Preanalyttisessä vaiheessa myös käytettävällä näyteastian materiaalilla on merkitystä. Muoviset materiaalit eivät ole täysin kaasutiiviitä ja kylmässä säilytettäessä niissä tapahtuu huoneenlämpöön verrattuna voimakkaammin kaasujenvaihtoa. Tämän vuoksi muovisia verikaasuruiskuja ei tulisi säilyttää jäähdytettynä 30 minuuttia kauempaa. Lasiset ruiskut ja kapillaarit ovat sen sijaan kaasutiiviitä. (Siloaho 2000, 187.)

Preanalyttisiä virheitä voi syntyä myös näytteen käsittelyssä, jolloin solut voivat rikkoutua ja siten aiheuttaa näytteen hemolysoitumisen. Sen voi aiheuttaa ruiskun liian nopea täyttäminen ja paineen suuret muutokset, ihon liian voimakas hierominen ennen kapillaarinäytteenottoa, näytteen liian raju sekoittaminen tai näytteen jäätyminen. Virheellinen käsittely nostaa helposti kaliumarvoja sekä alentaa ionisoituneen kalsiumin pitoisuutta. Ennen analysointia näyte on sekoitettava tasalaatuiseksi, jotta näytteen verikaasu- ja happo-emästasapainoanalyysit ovat totuudenmukaisia. Riittämätön sekoitus vaikuttaa etenkin näytteen hemoglobiinipitoisuuteen. (Väisänen ym. 2006, 122; Siloaho 2000, 187; Larmila 2010.)

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TULOSTEN HYÖDYNTÄMINEN

Tämän tutkimuksen tavoitteiden asettelu liittyy keskeisesti verikaasuanalyysin preanalytiikkaan. On tärkeää, ettei näytteen laatu ja sen arvot muutu preanalyttisen vaiheen aikana. Näyte on kuljetettava ja säilytettävä siten, että se vastaa näytteenottohetkellä vallinnutta tilannetta. Saatujen verikaasuarvojen perusteella tehdään arvioita potilaan hengityksen ja verenkierron tehokkuudesta sekä elimistön aineenvaihdunnasta. Niiden avulla diagnosoidaan potilaan tilaa ja tehdään hoitopäätöksiä. Verikaasuanalyysinäytteen virheellinen jäähdytys vaikuttaa analyysituloksiin ja voi johtaa väärin hoitopäätöksiin. Tämän vuoksi on tärkeää, että näytteiden jäähdytys on sujunut ohjeen mukaisesti. (Salorinne 2003, 208–209.)

Tämä työ keskittyy nimenomaan preanalyttisessä vaiheessa verikaasunäytteen jäähdyttämiseen liittyviin asioihin, ja sitä kautta toiminnan ja työskentelyn laatuun. Työn tavoitteena on selvittää markkinoilla saatavilla olevia kylmähaudevaihtoehtoja, joita käytetään näytteen jäähdyttämiseen näytteenoton ja analyysin välillä. Testaamisessa ensimmäisenä tavoitteena on selvittää kylmähauteiden jäähdytysteho ajan suhteen, sekä tämän jälkeen selvittää valitun kylmähauteen avulla näytteen säilyvyys ja arvojen oikeellisuus virheellisen pitkäksi lavastetun säilytyksen aikana. Tavoitteena on selvittää voidaanko joitakin osatutkimuksia tehdä vielä näytteen säilytyksestä annettua pidemmän säilytysajan jälkeen, eli asettuvatko jotkin osatutkimukset tietylle tasolle tietyn ajan kuluttua näytteenotosta, kun ne jäähdytetään kylmähauteen avulla. Toimeksiantajan toivomuksesta opinnäytetyöhön sisällytetään kirjallisuushaku aiemmista aiheeseen liittyvistä tutkimuksista sekä havainnoidaan toimeksiantajan tiloissa verikaasuanalyysiprosessia.

Tutkimuksen lopputuloksena voidaan ISLABille valita käyttöön paras kylmähaudevaihtoehto. Tutkimuksen tuloksena kylmähauteesta myös tiedetään sen jäähdytyskyky, jota ei ole aiemmin ISLABilla selvitetty. Virheellisen säilytyksen tutkimustuloksista voidaan hyötyä tilanteissa, joissa näytteen kuljetus on viivästynyt tai uutta näytettä ei voida ottaa potilaalta.

Tutkimuksen tavoitteena on:

- Sopivan kylmähauteen löytäminen
- Selvittää kylmähauteen jäähdytysteho ajan suhteen
- Selvittää näytteen säilyvyys/arvojen oikeellisuus virheellisessä säilytyksessä

4 TIEDONHAKU

4.1 Kylmähaudevaihtoehdot

Materiaalien eli kylmähaudevaihtoehtojen etsimiseksi otin yhteyttä seuraaviin toimittajiin ja sain heiltä kylmähaudenäytteitä, pakkausnäytteitä sekä ohjemateriaalia:

- Mekalasi Oy, Kaisa Harjukelo: geelitaskunäyte ja pakkausnäyte sekä tutkimusyhteistyötarjous
- Triolab Oy, Kimmo Koppinen: Radiometerin ohjemateriaalia
- Siemens Oy, Susanna Kuossari: kylmähauteita ei valikoimissa
- VWR International LLC, Birgitta Kaivo: ei tarkoituksiin sopivaa kylmähaudetta
- Cool ID Oy, Heikki Salonen: kylmähaudenäytteet (3 erilaista) ja pakkausnäyte sekä tutkimusyhteistyötarjous
- BD (Becton, Dickinson and Company), Päivi Moilanen: viilennystaskuja ei enää valikoimissa

Tämän materiaalihaun lopputuloksena tutkimukseen valittiin testattavaksi näyte Mekalasin geelitaskusta sekä Cool ID:n näytteistä verikaasuruiskujen jäähdytykseen parhaiten soveltuva kylmähaudenäyte. Näiden rinnalla tutkimuksessa testataan IS-LABilla jo käytössä olevia kahta jäähdytysmateriaalia eli kylmähaudetta ja kylmävaaraajaa, sekä mielenkiinnosta myös jäämurskan jäähdytystehoa.

4.2 Kirjallisuuskatsaus aiempiin tutkimuksiin

Kirjallisuushaun tavoitteena oli löytää tutkimuksia verikaasuanalyyseistä niihin liittyvän seuranta-ajan, lämpötilan, näyteastian ja näytemuodon perusteella. Suurimpana tavoitteena oli löytää etenkin kylmähauteisiin ja jäähdyttämiseen liittyvää tutkimusaineistoa. Lisäksi tavoitteena oli samalla saada tietoa muistakin preanalyttisistä tekijöistä, jotka vaikuttavat analyysin arvoihin ja ovat siten myös minun tutkimuksessani huomioitavia asioita.

Tiedonhakutyypinä käytin kuvailevaa kirjallisuuskatsausta. Se soveltui työhöni parhaiten, sillä sen tavoitteena on luoda aihepiiristä yleiskatsaus ilman tiukkoja ja liian rajaavia sääntöjä. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tutkittava aihe pystytään ilmaisemaan laajasti sekä tarpeen mukaan myös luokittelemaan aiheeseen liittyviä eri ominaisuuksia. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus voidaan tuottaa joko narratiivisesti tai

integroiden. Näistä integroivaa kirjallisuuskatsausta käytetään, kun tutkittavaa asiaa halutaan kuvata mahdollisimman monipuolisesti arvioiden sitä lähteiden kautta sekä verraten ja muodostaen yhteyksiä eri lähteiden välille. Integroivassa katsauksessa lähteenä voi olla erilaisin menetelmällisin perustein tehdyt tutkimukset. (Salminen 2011, 6-8.)

Savonia-amk:n kirjaston informaation opastuksella tein kirjallisuushakuja seuraavista tietokannoista: Medic, Theseus, PubMed, Cinahl ja Cochrane. Näissä käytin asiasanoina (PubMedissä MeSH-sanat) quality control, specimen handling, time factors, temperature sekä refrigerating. Näillä hakusanoilla hain tutkimuksia ensin yksittäin sekä hakutulosten rajaamiseksi ja pienentämiseksi yhdistin sanoja OR- ja AND-käskyillä. Tiedonhakuportaalin valinnoilla rajasin julkaisuvuotta ja tutkimuksen saatavuutta koko tekstinä. Näistä tuloksista selasin aiheeseeni liittyvät mielenkiintoiset hakutulokset. Seuraavassa katsaus löytämiini tutkimuksiin.

Daurèsin, Vallatin, Comprescuten ja Cristolin tutkimuksessa *Arterial blood collection for gas and other analyses, comparison of results obtained with three types of syringes* (2009) verrattiin kolmeen eri ruiskutyyppiin otettuja verikaasutuloksia. Tutkimukseen otettiin näytteet 27 potilaalta ja jokaiselta kolme näytettä, yksi kuhunkin seuraavista ruiskuista: 1) Becton Dickinson (polypropyleeni, lithiumhepariini 80UI/ruisku), 2) Bayer (polypropyleeni, lithiumhepariini 70,5UI/ruisku) ja 3) Bayer (polypropyleeni, lithiumhepariini 21UI/ruisku). Näytteet sekoitettiin huolellisesti ja ilmakuplat poistettiin välittömästi. Heti tämän jälkeen näytteistä tutkittiin pH, pO₂, pCO₂, HCO₃, BE, hematokriitti, Hb, SaO₂ sekä Na⁺, K⁺ ja Ca⁺ pH:ssa 7,40. Tuloksena huomattiin että eri ruiskuvalmistajien ruiskujen analyysituloksissa ei ollut suurta vaihtelua. Vain pO₂ -arvo oli Becton Dickinsonin valmistamassa ruiskussa suurempi verrattuna kahteen muuhun tutkittuun ruiskuun.

Müller-Plathin ja Heyduckin tutkimuksessa *Stability of blood gases, electrolytes and haemoglobin in heparinized whole blood samples: influence on the type of syringe* (1992) mitattiin verikaasuja, elektrolyyttejä ja hemoglobiinia 45 minuutin jäävesisäilytyksen jälkeen. Tutkimuksessa heillä oli 6 erityyppistä ruiskua, joista yksi oli lasia ja muut muovia. Tutkimus suoritettiin pienemmissä erissä, ensimmäisessä erässä 34*6 näytettä muoviruiskuissa, toisessa 25*6 näytettä muoviruiskuissa ja kolmannessa 25*2 näytettä toinen muovi- ja toinen lasiruiskussa. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että muoviruiskuista mitatuissa pO₂ -arvoissa oli vaihtelua ruiskutyyppien välillä, mikä saattoi johtua ruiskun tilavuudesta ja siitä, mihin tarkoitukseen se oli suunniteltu. Myös tutkitun veren pO₂ -taso vaikutti arvon muuttumisherkkyteen. Tutkijoiden mu-

kaan muoviruiskuihin otetut näytteet tulisi tutkia 15 minuutin kuluessa näytteenotosta, muutoin olisi suotavaa käyttää lasisia ruiskuja. Muissa arvoissa, $p\text{CO}_2$, pH ja elektrolyytit, ei havaittu säilytysajassa merkitystä arvoihin. Näissä nähtiin lähinnä vain näytteen käsittelyn aiheuttamia, kuten ruiskun kuolleen tilavuuden poistamiseen liittyviä, virhelähteitä ja muutoksia arvoissa.

Smeenkin ym. tutkimuksessa *Effects of four different methods of sampling arterial blood and storage time on gas tensions and shunt calculation on the 100 % oxygen test* (1997) tutkittiin 10 aorttavaltimon ohitusleikkauspotilaan valtimoverinäytteitä 2-3 tuntia leikkauksen jälkeen. Jokaiselta potilaalta otettiin neljä näytettä, kaksi muoviseen ja kaksi lasiseen ruiskuun. Jokaiselta potilaalta otettu yksi lasinen ja yksi muovinen ruisku säilytettiin näytteenoton jälkeen huoneenlämmössä ja loput säilytettiin jäävedessä. Kaikki näytteet analysoitiin välittömästi näytteenoton jälkeen sekä vielä 15, 30, 60 ja 120 minuutin kohdalla. Näytteiden tutkimisessa keskityttiin $p\text{O}_2$ -arvon tarkasteluun. Jäävedessä säilytetyssä lasiruiskussa $p\text{O}_2$ -arvo säilyi vakaana 60 minuuttiin asti. 120 minuutin kohdalla näytteen arvo oli sen sijaan jo huonontunut. Muilla tässä tutkimuksessa käytetyillä tavoilla $p\text{O}_2$ -arvo huononi ja vaihteli reilusti tähän kultaiseen käytäntöön verrattuna. Smeenkin tutkimusryhmä kehottaa käyttämään $p\text{O}_2$ -mittauksissa lasiruiskuja ja jäähdyttämään näytteen välittömästi, vaikka se tutkittaisiinkin heti. Ryhmän mukaan muoviruiskuja ei tulisi käyttää tähän tarkoitukseen.

Myös Lissin ja Paynen tutkimuksessa *Stability of Blood gases in ice and at room temperature* (1993) havaittiin säilytyslämpötilan ja ajan aiheuttamia muutoksia verikaasuaroissa. Tässä tutkimuksessa näytteitä otettiin 75 potilaalta. Näytteistä 60 säilytettiin jäävedessä ja 59 huoneenlämmössä. Näytteistä tutkittiin $p\text{O}_2$, $p\text{CO}_2$ ja pH heti näytteenoton jälkeen sekä 15 ja 30 minuutin kuluttua näytteenotosta. Tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkittäviä muutoksia $p\text{O}_2$ -arvojen nousussa sekä huoneenlämmössä että jäävedessä säilytetyissä näytteissä 15 minuutin ja 30 minuutin kohdalla. Tilastollisesti merkittävää laskua huomattiin molemmissa säilytyslämpötiloissa $p\text{CO}_2$ -arvossa 15 minuutin kohdalla, mutta muutokset eivät jatkuneet enää 30 minuutin kohdalla. Samoin merkittävää pH-arvon laskua nähtiin 15 minuutin kohdalla molemmissa säilytyslämpötiloissa. Huoneenlämmössä säilytetyissä näytteissä muutokset jatkuivat vielä 30 minuutin kohdalla, kun taas jäävedessä säilytetyssä ryhmässä muutokset eivät jatkuneet. Lissin ja Paynen mukaan verikaasuanalyysinäytteitä ei tarvitse säilyttää jäävedessä, mikäli analyysi tehdään 30 minuutin kuluessa näytteenotosta, koska kliinisesti merkittäviä muutoksia ei vielä ole ehtinyt syntyä.

Knowlesin, Mullinin, Hunterin ja Doucen tutkimuksessa *Effects of syringe material, sample storage time and temperature on blood gases and oxygen saturation in arterialized human blood samples* (1994) tarkkailtiin nimensä mukaisesti ruiskumateriaalin, säilytysajan ja lämpötilan vaikutusta verikaasuanalyysin arvoihin. Tutkittavat 90 näytettä jaettiin kuuteen ryhmään, joihin jokaiseen tuli 15 näytettä. Nämä kuusi ryhmää tutkittiin eri tavoin: 1) muoviruisku, analysointi välittömästi näytteenoton jälkeen, 2) muoviruisku, säilytys 30 minuuttia +0–4 °C, 3) muoviruisku, säilytys 30 minuuttia huoneenlämmössä, 4) lasiruisku, analysointi välittömästi näytteenoton jälkeen, 5) lasiruisku, säilytys 30 minuuttia +0–4 °C ja 6) lasiruisku, säilytys 30 minuuttia huoneenlämmössä. Tutkittujen näytteiden arvot kalibroitiin alkuvaiheessa 37 °C lämpötilaan siten, että pO_2 -osuus oli 12 % ja pCO_2 -osuus 5 %. Tuloksissa huomattiin, että pH:ssa tai sO_2 -arvossa ei ollut tilastollisesti merkittäviä muutoksia kuuden eri tutkimusryhmän välillä. Ryhmien 1, 4, 5 ja 6 välillä ei ollut merkittäviä eroja pO_2 -arvossa. Ryhmissä 2 ja 3 pO_2 nousi merkittävästi. Tutkimuksessa havaittiin myös pCO_2 -arvon alenevan huomattavasti ryhmissä 5 ja 6, mutta tällä ei ollut kliinistä merkitystä. Tutkimuksen tuloksena tämä ryhmä suosittelee, että muoviruiskuihin otetut verikaasuanalyysinäytteet tulisi analysoida välittömästi. Muussa tapauksessa näyte tulisi ottaa lasiruiskuun ja säilyttää +0–4 °C.

Pretton ja Rochfordin tutkimuksessa *Effects of sample storage time, temperature and syringetype on blood gas tensions in samples with high oxygen partial pressures* (1994) havainnointiin niin ikään samoja asioita kuin neljässä aiemmin mainitussa tutkimuksessa. Näytteitä otettiin kuuteen lasiruiskuun sekä kolmeen erityyppiseen muoviruiskuun, joita kutakin oli kuusi. Puolet jokaisen ruiskutyypin näytteistä säilytettiin huoneenlämmössä ja puolet jäävedessä. Näytteistä tehtiin verikaasuanalyysi heti näytteenoton jälkeen sekä 5, 10, 20, 40, 60, 90 ja 120 minuutin kuluttua näytteenotosta. Kuten tutkijat olivat odottaneet pO_2 -arvo aleni ajan suhteen, ja muutokset olivat pienempiä lasiruiskussa sekä vähemmän merkittäviä jäävedessä säilytetyissä näytteissä. Hiilidioksidiosapaine puolestaan pyrki nousemaan, mutta muutos oli pienempi kuin happiosapainearvojen muutos. Jääveden huomattiin hillitsevän myös hiilidioksidiosapaineen muutosta ajan suhteen. Tutkijat suosittelevat käyttämään verikaasuanalyysissä lasiruiskuja, jos potilaalla on korkea happiosapaine sekä jäähdyttämään näytteet asianmukaisesti.

Beaulieun, Lapointen ja Vinetin tutkimuksessa *Stability of Po_2 , Pco_2 , and pH in fresh blood samples stores in a plastic syringe with low heparin in relation to various blood-gas and hematological parameters* (1999) tutkittiin matalaheparinisoituihin muoviruiskuihin otettujen ja sekä huoneenlämmössä että jäävedessä säilytettyjen näytteiden

parametrien muutoksia. Kaikista ruiskuista määritettiin verikaasuanalyysi 30 minuutin sisällä näytteenotosta, sekä tämän jälkeen huoneenlämmössä säilytetyistä ruiskuista 15, 30 ja 60 minuutin kuluttua, ja jäävedessä säilytetyistä ruiskuista 30, 60 ja 120 minuutin kuluttua. Tutkimuksen otoksena oli 26 näytettä huoneenlämpöisenä säilytettynä ja 124 näytettä jäävedessä säilytettynä. Tutkimuksen tuloksena huomattiin, että jäävedessä säilytetyissä näytteissä pH, pO_2 ja pCO_2 muutokset olivat noin kolme kertaa pienemmät kuin vastaavat huoneenlämmössä säilytetyissä näytteissä. Jäävedessä säilytetyissä näytteissä huomattiin pO_2 -arvon nopeaa nousua sellaisissa näytteissä, joiden pO_2 -alkuarvo oli 50–250 mm Hg. Näytteissä, joiden pO_2 -arvo oli yli 250 mm Hg, pO_2 -arvo laski hitaasti ajan suhteen. Tutkijat suosittelevat tämän perusteella, että jäävedessä säilytetyt näytteet, joiden pO_2 -arvo on 50–250 mm Hg, tulisi analysoida 30 minuutin kuluessa.

Lun, Kaon, Chienin, Leen ja Tsain tutkimuksessa *Effects of air bubbles and tube transportation on blood oxygen tension in arterial blood gas analysis* (2003) selvitettiin preanalyttisten virhetekijöiden vaikutuksia verikaasuanalyysiin. Mukana oli 15 potilaan verta, joilta jokaiselta otettiin neljä näytettä muoviruiskuihin. Yksi neljästä näytteestä oli kontrolli ja se kuljetettiin jäävedessä verikaasumäärittelyyn. Muut näytteet käsiteltiin seuraavasti: 1) lisätty 0,1 ml ilmakuplia ja kuljetus jäävedessä, 2) ei ilmakuplia ja kuljetus jäävedessä paineistetussa putkien kuljetusjärjestelmässä, ja 3) lisätty 0,1 ml ilmakuplia ja kuljetus jäävedessä paineistetussa putkien kuljetusjärjestelmässä. Näytteet analysoitiin 15 minuutin kuluessa näytteenotosta. Kontrollinäytteen ja 2-vaihtoehdon mukaan käsitellyn näytteen välillä ei huomattu merkittäviä muutoksia pO_2 -arvossa. Sen sijaan kontrollinäytteeseen verrattuna vaihtoehdoissa 1 ja 3 huomattiin merkittävä pO_2 -arvon nousu. Tutkimuksen toisessa vaiheessa tutkijat testasivat kolmea eri pO_2 -tasoa (~30, ~100 ja ~160 mm Hg) sisältävää näytettä eri määrillä ilmakuplia (0,5 %, 1 %, 5 % ja 10 %). He huomasivat, että alhaisella pO_2 -tasolla (~30 mm Hg) pO_2 -arvon nousu ei ollut poikkeava. Sen sijaan muilla pO_2 -tasoilla mitatuissa näytteissä merkittävää pO_2 -arvon nousua havaittiin ja se oli merkittävää keskitasoisella pO_2 -arvolla happipitoisuuden ollessa 1-10 % ja korkeimmalla pO_2 -arvolla merkittäviä muutoksia huomattiin jo 0,5 % happipitoisuudella. Happiosapainearvojen nousu korreloi siis näytteeseen lisättyyn hapen määrään.

Calafin, Ginerin, Codinan, Feixasin, Gonzálezin ja Casanin tutkimuksessa *Comparison of arterial blood sample kits* (2004) tutkittiin viittä eri verikaasuihin tarkoitettua muovista näytteenottoruiskua. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa näytteitä otettiin yhteensä 160 potilaalta ja käytettävistä ruiskuista mitattiin ruiskun täyttöön kulunut aika, näytteenottoyritysten määrä, potilaan kokema kipu, ilmakuplien esiintyvyys, il-

makuplien poistoon kulunut aika sekä hematoomien syntyminen. Tutkimuksen toisessa vaiheessa näytteitä otettiin 54 potilaalta, jokaiselta yhteensä viisi tutkittavana olleisiin muovisiin ruiskuihin. Jokainen ruisku analysoitiin heti ja vielä 30 ja 60 minuutin kuluttua. Ruiskut säilytettiin +4 °C lämpötilassa määritysten välillä. Ensimmäisen osion tutkimuksen tuloksena tutkijat havaitsivat, että ruiskujen ominaisuudet olivat toistensa kaltaisia muutoin kuin ilmakuplien syntyyn ja niiden poistamiseen kuluneen ajan osalta. Toisen tutkimusosion tuloksena oli, että pO_2 -arvot nousivat hieman määrittämissä, mutta muissa arvoissa ei ollut suurta vaihtelua.

Alangon ja Laukkasen (2012) opinnäytetyössä *Laajan valtimoverikaasunäytteen säilyvyys muoviruiskussa* tutkittiin, kuinka kauan kylmässä säilytetty verikaasunäyte säilyy luotettavana. Tutkimus suoritettiin ISLABin Joensuun klinisen kemian aluelaboratoriossa 13 potilaan näytteistä. Verikaasunäytteet analysoitiin kuusi kertaa, ensin 15 minuutin sisällä näytteenotosta (0-mittaus) sekä tämän jälkeen 15 minuutin, 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin sekä 90 minuutin mittaukset. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että elektrolyyteissä, metaboliiteissa, Hb-arvossa, pH-arvossa, sO_2 -arvossa, sekä pO_2 - ja pCO_2 -arvoissa ei ollut merkittäviä muutoksia. Heidän mukaansa verikaasunäytteiden säilytysaika voidaan pidentää 45 minuutin pituiseksi, mikäli näytteet säilytetään kylmässä.

Kirjallisuuskatsauksen yhteenvedona voidaan todeta, että näissä valituissa 10 tutkimuksissa oli tutkittu ajan, lämpötilan, jäähdytyksen, ruiskumateriaalin ja ilmakuplien vaikutusta analyysituloksiin. Useita tutkimuksia oli tehty tutkien huoneenlämmössä ja jäävedessä säilytettyjen näytteiden analyysitulosten eroavaisuuksia. Tutkimusten perusteella verikaasuanalyysin osatutkimuksista pO_2 -arvo on herkin muutoksille määrittämissä, mutta muihin arvoihin aika ei vaikuta niin merkitsevästi. Näytteen jäähdytyksestä oli erilaisia suosituksia ja ne myös monesti riippuivat käytetyn ruiskun materiaalista.

Lissin ja Paynen (1993) mukaan verikaasuanalyysinäytteitä ei tarvitse säilyttää jäävedessä, mikäli analyysi tehdään 30 minuutin kuluessa näytteenotosta, koska kliinisesti merkittäviä muutoksia ei vielä ole ehtinyt syntyä. Alangon ja Laukkasen mukaan (2012) näytteet säilyvät tutkimuskelpoisina muoviruiskuissa 45 minuuttia. Muissa tutkimuksissa jäähdytysajan ja -tavan tutkimiseen oli liitetty myös muita vaikuttavia tekijöitä. Niiden mukaan myös tutkitun veren pO_2 -arvo sekä käytetyn ruiskun materiaali vaikuttivat tutkimustuloksiin. Knowlesin (1994) tutkimusryhmän mukaan muoviruiskuihin otetut verikaasuanalyysinäytteet tulisi analysoida välittömästi ja muussa tapauksessa näyte tulisi ottaa lasiruiskuun ja säilyttää + 0–4 °C. Mikäli potilaalla on kor-

kea pO_2 , Müller-Plathe ja Heyduck (1992) suosittelivat, että näyte otetaan lasiruis-kuun tai muoviruis-kuu käytettäessä tutkitaan 15 minuutin kuluessa näytteenotosta. Smeenkin (1994) tutkimusryhmä kuitenkin totesi, että pO_2 -analyysijä sisältävissä tutkimuksissa tulisi käyttää vain lasiruis-kuja ja tällöinkin näyte olisi jäähdytettävä välit-tömästi.

Myös Pretto ja Rochford (1994) suosittelevat Smeenkin tutkimusryhmän tavoin käyt-tämään verikaasuanalyysissä lasiruis-kuja mikäli potilaalla on korkea happiosapaine sekä jäähdyttämään näytteet asianmukaisesti. Beaulieu, Lapointe ja Vinet (1999) antoivat kuitenkin tutkimuksensa perusteella verikaasuanalyysin suorittamiseen 30 minuuttia aikaa sellaisille jäävedessä säilytetyille näytteille, joiden pO_2 -arvo on 50–250 mm Hg. He myös totesivat, että jäävedessä säilytetyissä näytteissä muutokset pH-, pO_2 - ja pCO_2 -arvoissa olivat kolme kertaa pienemmät kuin vastaavat muutokset huoneenlämmössä säilytetyissä näytteissä.

Lun (2003) sekä Calafin (2004) tutkimusryhmät tutkivat ilmakuplien sekä niiden tuo-man hapen määrän vaikutusta verikaasuanalyysin arvoihin. Lun tutkimusryhmä totesi ilmakuplien määrän vaikuttavan merkitsevästi veren pO_2 -arvon nousuun. He myös huomasivat, että mitä korkeampi potilaan oma pO_2 -arvo on, sitä pienempi ilmakup-lien tuoma hapen määrä näyteveressä riitti nostamaan tutkimustuloksen pO_2 -arvoa. Happiosapaine arvon nousu siis korreloi näytteeseen lisätyn hapen määrään. Calafin ryhmä huomasi, että eri muoviruis-kuihin syntyy ilmakuplia herkemmin kuin toisiin ruiskuihin. He myös totesivat, että pO_2 -arvot nousivat hieman määritysajan pidenty-essä, mutta muissa arvoissa ei ollut suurta vaihtelua.

Kirjallisuuskatsauksella sain haluamaani tietoa verikaasunäytteen preanalyttiseen vaiheeseen liittyvistä asioista. Kirjallisuuskatsauksessa täytyy suhtautua kriittisesti kuitenkin muutamiin asioihin. Katsaukseen valitut tutkimukset ovat vuosilta 1992–2009, joista kaksi kolmasosaa on 1990 -luvulta. Uudemmat tutkimukset olivat maksul-lisia, joten taloudellisten resurssien vuoksi ne rajautuivat tästä katsauksesta pois. Niistä olisi ollut tiivistelmät saatavilla mutta en halunnut käyttää pelkkää tiivistelmätie-toa.

Toisena kriittisenä näkökulmana on se, että lähes kaikissa tutkimuksissa näytteen jäähdyttämiseen oli käytetty jäävettä, mutta esimerkiksi ISLABin web-ohjekirjan mu-kaan näyte ei saa jäätyä ja Väisänen ym. (2006, 122) toteavat, että jäävedessä näyte voi olla suorassa kosketuksessa jääpalaan ja näyte voi osittain jäätyä. Kolmanneksi voitaneen olettaa, että ruiskumateriaalit sekä analyysitekniikka ovat kehittyneet vuo-

sien varrella. Siten esimerkiksi muoviruiskut voivat olla nykyään kaasutiiviimpiä kuin katsauksen tutkimusten aikaan ja analyysituloksissa ei enää tapahdu ajan suhteen kaasujen tasoittumista niin paljon.

Kirjallisuuskatsaus antoi lähtökohdan tässä opinnäytetyössä tehtävälle tutkimukselle sekä muuhun lähdeaineistoon liitettynä tämän perusteella voidaan tehdä hypoteeseja opinnäytetyön tutkimustuloksista. On oletettavaa, että tulokset ovat kirjallisuuskatsauksessa esitettyjen tutkimusten tulosten kaltaisia. Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista sain myös esimerkkejä erilaisista tutkimusjärjestelyistä.

5 TYÖN TOTEUTTAMINEN JA TULOKSET

Tutkimus toteutettiin ISLABin kliinisen kemian laboratoriossa keväällä 2013. Työn toteutus koostui verikaasuanalyysiprosessin havainnoinnista ISLABin kliinisen kemian laboratoriossa sekä kylmähauteen jäähdytystehon selvittämisestä verikaasuruiskuilla ja kapillaareilla. Koska Kliinisen kemian laboratoriossa keskeisenä jäähdytysmenetelmänä osastoilta tuleville näytteille on ns. jäähdytyslaatikko, myös sen jäähdytysteho selvitettiin. Työn viimeisessä vaiheessa tutkittiin vielä virheellisen säilytysajan avulla näytteiden tai niiden osatutkimusten säilyminen analyysikelpoisena.

5.1 Menetelmälliset lähtökohdat

Tutkimus noudattaa kokeellisen tutkimuksen periaatteita, jossa Anttilan (2007) mukaan tutkitaan jonkin asian suhdetta toiseen keskittymällä kyseiseen ilmiöön havainnoiden sitä järjestelmällisesti ja valvotusti. Tutkimus tulee tehdä siten, että sen toistaminen uudelleen on mahdollista. Tässä tutkimuksessa kylmähauteen jäähdytystehon selvittäminen liittyy verikaasuanalyysin preanalyttiseen vaiheeseen. Tutkimalla kylmähauteen sekä jäähdytyslaatikon jäähdytystehot saadaan tietoa lämpötilamuutoksista ja voidaan tehdä arvioita näiden preanalyttisestä vaikutuksesta verikaasunäytteeseen. Toistettavuus puolestaan huomioidaan pitämällä tutkimuksen kulku vakiona eli kaikki näytteet mitataan samoina ajankohtina ja samalla tavalla. Näytteet myös käsitellään aina samalla tavalla.

Anttila (2007) kertoo, että kokeellisessa tutkimuksessa käytetään yleensä myös kontrollia tai vertailuarvoa, johon saatuja tuloksia peilataan. Tässä tutkimuksessa verikaasuarvot mitataan heti näytteenoton jälkeen sekä tiettyinä väliaikoina aina tuntiin asti. Täten kontrollina voidaan käyttää heti näytteenoton jälkeen otettua arvoa. Tämä arvo toimii kontrollina, mikäli jossakin tutkimustuloksessa havaitaan poikkeavaa muutosta muihin tuloksiin verrattuna.

Tutkimus noudattaa kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen strategiaa, jossa numeerisilla arvoilla pyritään selittämään syy-seuraus -suhteita. Siinä tehdään johtopäätöksiä aiemmista tutkimuksista sekä suunnitellaan tutkimusjärjestelyt ja aineiston keräystapa. Kvantitatiivisen menetelmän tunnuksena pidetään myös sitä, että se käyttää paljon tilastointia ja laskennallista tulosten esittämistä, jolloin päätelmiä tehdään tähän aineistoon perustuen. (Jyväskylän yliopisto; Hirsjärvi 2009a, 140.) Tässä tutkimuksessa tutkimustulokset on havainnollisinta esittää taulukoiden, jolloin niitä voi-

daan tarkastella parhaiten ja niistä näkee eri osasuureiden väliset mahdolliset riippuvuussuhteet.

5.2 Verikaasuanalyysiprosessin havainnointi

Työn ensimmäiseen vaiheeseen kuuluu havainnoida ISLABin kliinisen kemian laboratorion työtapoja näytteenotosta alkaen eli kuinka verikaasunäytteet otetaan ja miten ne analysoidaan. Tavoitteena on nimenomaan havainnoida prosessin kulku kliinisen kemian laboratoriossa. Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran (2009, 213) mukaan havainnoinnin etuna on sen tuoma suora ja välitön tieto yksilöiden ja organisaation toiminnasta. Havainnoinnin avulla kirjaan ylös verikaasuanalyysiprosessin eri työvaiheet ja työskentelytavat. Työn näkökulmana on vastata kliinisen kemian laboratorion tarpeisiin ja siksi minun tulee tehdä oma kylmähauteen jäähdytystehon selvittämiseen liittyvä tutkimukseni samalla tavalla kuin hekin määrittelevät työssään näytteistä verikaasuarvot. Havainnoinnin lomassa opin verikaasuanalyysin tekemisen ja verikaasuanalyysiaattorin käytön.

Kliinisen kemian laboratoriossa verikaasunäytteet otetaan laskimosta osastokierrolla muun verinäytteenoton yhteydessä. Osastokierroilla otettavien tutkimusten nimikkeet ovat vB-VeKaas, vB-VeKaasL ja P-Ca-ion. Verikaasut otetaan hepariiniruiskuihin vakuuminäytteenotossa käytettävän putkenohjaimen kautta. Ruiskuja on kahta kokoa (3 ml ja 1 ml), joista yleensä käytetään isompaa kokoa. Pienempään ruiskuun otetaan verikaasunäytteet lapsilta sekä tarvittaessa aikuisilta, joilta näytteenotossa on esimerkiksi hankaluuksia. Osastokierroilla otetaan myös kapillaariverikaasunäytteitä. Ne otetaan lähinnä lapsilta.

Näytteenotto-ohjeen putkikartan (ISLAB 2012) mukaan hepariiniputket, ja siis myös ruiskut, otetaan näytteenottojärjestyksessä veriviljelypullojen sekä sitraatti- ja seerumiputkien jälkeen. Osastokierroilla verikaasunäytteet otetaan kuitenkin käytännön syistä usein viimeisenä. Ruiskun käsittelyssä tarvitaan molempia käsiä, ja käsien vapauduttua näytteenotosta, onnistuu verikaasuruiskun korkin kiinni laittaminen, ohjeenmukainen 10 sekunnin ruiskun pyöritys kämmenten välissä ja kääntely ylösalaisin sekä ilmakuplien poisto. Ilmakuplat poistetaan ruiskusta napauttamalla ilma suuosaan ruiskun ollessa pystyasennossa suuosa alaspäin. Tämän jälkeen ruiskun männästä työnnetään niin, että ilma poistuu ja ruiskun korkin filttieriosa värjäytyy laskimoverellä. Ruiskun sekoitus ja ilmakuplien poistaminen pitää tehdä mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen, jotteivät verikaasuarvot pääse muuttumaan. Potilaan ruisku merkitään viivakooditarralla.

Näytteenoton jälkeen verikaasuruisku laitetaan välittömästi kylmähauteen väliin. Kylmähaude on otettu kylmäkaapista (+0–4 °C), jolloin kaapin lämpötila on kaikilla havaintokerroillani ollut käytännössä +7–9 °C välillä. Verikaasunäytteenotto pyritään sijoittamaan kierrolla niin, että kyseinen potilas on kierrolla viimeisenä. Näin viive näytteenotosta sen analyysiin säilyy mahdollisimman pienenä. Mikäli otettavia verikaasunäytteitä on paljon, ne joko otetaan sujuvasti peräjälkeen tai osastokierron välissä käydään analysoimassa näytteet.

Heti osastokierron jälkeen jokainen näytteenottaja analysoi ottamansa verikaasunäytteet kliinisen kemian laboratorion verikaasuanalysaattoreilla (RapidLab 1265). Potilaalle tilattu tutkimuspyyntö haetaan MultiLab -järjestelmästä lukemalla viivakoodi ruiskusta ja analysaattorin näytöstä valitaan haluttu näyte- ja tutkimusvaihtoehto. Ruiskua pyöritetään kämmenten välissä 10 sekuntia. Tämän jälkeen korkki otetaan pois ja mahdolliset ilmakuplat poistetaan napauttamalla ja ruiskun mäntää työntämällä ruiskun pää tufferia vasten. Samalla ruiskun päästä poistuu mahdollinen hemolysoitunut tulppa. Analysaattori ohjeistaa laittamaan ruiskun koneeseen, analysoija hyväksyy analyysin koneen ruudulta ja analyysi alkaa. Analyysi kestää noin minuutin, jonka jälkeen analysaattori pyytää poistamaan ruiskun. Ruiskusta poistetaan ilma ja korkki suljetaan välittömästi, jotta mahdollisen uuden analysoinnin kohdalla näyte olisi vielä tutkimuskelpoinen. Verikaasukapillaarit analysoidaan samoin kuin ruiskut.

Seuraavaksi analysoinnin pyyntö kirjataan samalla viivakoodilla myös verikaasuanalysaattorille (RapidLab 1265) ja analysaattorin näytölle syötetään potilaan ruumiinlämpötila. Jollei se ole tiedossa, ilmoitetaan lämpötilaksi 36,9 °C. Analysaattori korjaa kaikki mittaustulokset vastaamaan ruumiinlämpötilassa 36,9 °C olevaa tilannetta, jolloin potilaan tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia ja niitä voidaan verrata myös viitearvoihin. Tämän jälkeen analysaattori tulostaa kuitenkin tuloksista. Tulokset tulevat MultiLab -järjestelmään, josta analysoija tarkistaa, että ne vastaavat kuitenkin tuloksia ja hyväksyy ne tallennettavaksi ja lähetettäväksi. Potilaan viivakooditarra liimataan kuittiin, joka laitetaan kuittipiikkiin säilöön vuorokaudeksi.

Kliinisen kemian laboratoriossa verikaasuanalysaattorien vieressä on ns. jäähdytyslaatikko, johon sairaanhoitajat, lääkärit tai muu näytteitä ottanut tai niitä kuljettanut henkilökunta tuo verikaasunäytteet. Laatikon pohjalla on kylmävaraajia sekä teline näyteputkille. Mikäli näytettä ei analysoida heti näytteenoton jälkeen huoneenlämpöisenä 15 minuutin kuluessa, on näyte jäähdytettävä +0–4 °C lämpötilassa, ja juuri siihen tarkoitukseen on jäähdytyslaatikko. Näytteentuoja laittaa näytteet laatikkoon, ja

mikäli kyseessä on verikaasuanalyysinäyte, hän kääntää jäähdytyslaatikon yläpuolella olevan huomiolapun punaisen puolen esiin. Näin klinisen kemian laboratorion henkilökunta huomaa saapuneen näytteen. Näytteenottaja voi myös kertoa jollekin laboratorion henkilökunnasta tuoneensa näytteen. Jäähdytetty verikaasunäyte pitää analysoida 30 minuutin kuluessa näytteenotosta.

Toisinaan näytteentuoja jää odottamaan, että saa mukaansa verikaasuanalyysituloksen. Punaisella lapulla merkitään verikaasunäytteet, joiden analysointi tulisi ISLABin web-ohjekirjan mukaan tehdä 30 minuutin kuluessa. Sen sijaan seerumiputkiin otettuja näytteitä ei tarvitse merkitä punaisella lapulla, sillä niissä analyysiin on enemmän aikaa (8 tuntia). Myöskään P-Ca-ion näytteitä ei merkitä punaisella lapulla sillä ne ovat analysointikelpoisia 2 tuntia. Kliinisen kemian laboratorion henkilökunta analysoi näytteet. Käytännössä jäähdytyslaatikkoon tuotujen näytteiden analysoinnin viiveaikaa ei ole kontrolloitu millään eikä siihen ole seurantaa. Tutkimuspyyntötarrassa oleva näytteenottoaika voi paljastaa vanhentuneen näytteen, mutta merkitty näytteenottoaika ei aina ole totuudenmukainen.

Arteriaverikaasunäytteet ovat lääkärin ottamia joko ranteen valtimoista, toimenpiteiden yhteydessä tai kanyylistä. Kanyylistä näytteen voi ottaa myös sairaanhoitaja. Näytteenotossa toimitaan näytteenottosuositusten mukaan ja esimerkiksi kanyylistä otettaessa kanyylin suu huuhdellaan hepariinista vapaaksi tyhjällä hukkaruiskun tilavuudella ja varsinainen näyte otetaan vasta tämän jälkeen. Näytteet toimitetaan joko klinisen kemian laboratorioon tai teholaboratorioon analysoitaviksi, joissa laboratorion henkilökunta analysoi ne kuten muutkin verikaasunäytteet.

Teholaboratorio on leikkaussalien, teho-osaston ja sydänosaston läheisyydessä ja se on tarkoitettu osastoille, jotka tarvitsevat pikaiset analyysitulokset perusveren kuvasta ja verikaasuista potilaan hoidon tueksi. Näytteet tulevat osittain sovitusti aamu- ja iltapäivänäytteenottojen yhteydessä laboratorioon eli esimerkiksi teho-osastoon ollaan puhelimitse yhteydessä ja kerrotaan, kun osaston potilaista voidaan ottaa verikaasunäytteet. Täten varmistetaan, ettei teholaboratorioon tule ruuhkaa ja kaikki näytteet voidaan analysoida 15 minuutin kuluessa. Koska teholaboratorion läheisyydessä on akuutissa hoidossa olevia potilaita, tuodaan näytteet sinne, tai esimerkiksi leikkaussalin ovelta pyydetään hakemaan analyysiä varten näytteet. Teholaboratoriossa analysoidaan perusveren kuva- sekä verikaasunäytteet. Muut näytteet lähetetään putkipostilla laboratorioihin.

Teholaboratorioon saapuneet näytteet analysoidaan laboratorion kahdella analysaattorilla kuten kliinisen kemian laboratoriossa. Näytteille on asetettu oma kiireellisyysjärjestys teholaboratoriota käyttävien heräämön, leikkaussalien, sydänosaston ja teho-osaston välille. Näin kiireellisin ja akuuteimmassa osassa oleva potilas saa ensin vastauksen ja muutkin 15 minuutin kuluessa.

Analysaattorit tekevät päivittäin automaattisesti reagenssikontrolleja. Analysaattoreille tehdään viikkohuollot, joissa tarkistetaan mm. reagenssien toimivuus sekä tehdään laitevertailut. Analysaattorin ohjekirjassa on myös määritetty kuukausi- ja vuosihuollot. Kaikki huoltotoimenpiteet kirjataan kansioon ja huolto on osa verikaasuanalyysitoiminnan laaduntarkkailua.

5.3 Kylmähauteiden jäähdytystehon selvittäminen

Työn toisessa vaiheessa testasin tilaamiani kylmähaudevaihtoehtoja sekä ISLABilla nyt verikaasuanalyysissä käytössä olevia kylmähauteita. Testauksessa oli mukana Cool ID Oy:n kylmähaude ja Mekalasi Oy:n geelitasku verikaasuruiskuille, ISLABilla käytössä olevat kylmähaude sekä kylmävaraaja, sekä pieni ja iso jäämurska-astia. Cool ID:n ja Mekalasin kylmähauteet olivat uusia tilattuja vaihtoehtoja. ISLABilla käytössä olevaa kylmähaudetta käytetään yleensä vain verikaasuruiskujen jäähdyttämiseen ja kylmävaraajaa puolestaan verikaasukapillaarien jäähdyttämiseen, jolloin kapillaarit kiinnitetään kylmävaraajaan kuminauhalla. Jäämurska otettiin tutkimukseen mukaan mielenkiinnosta. On oletettavaa, että sen jäähdytysteho on parhain, mutta näytteen kosketus jäähän aiheuttaa sen hemolyysoitumisen ja näyte on tämän jälkeen tutkimuskelvoton. Jäämurskan jäähdytystehoa testattiin verikaasuruiskulla, mutta ei kapillaareilla.

Seuraavassa tarkemmat tiedot jäähdytysvaihtoehtojen teknisistä tiedoista:

1. Kylmähaude: Cool ID: Jäähdytys +0–4 °C kylmäkaapissa.
2. Geelitasku: Mekalasi. Materiaali: PE, ekogeeli. Koko: 180 x 100 x 20. Jäähdytys +0–4 °C kylmäkaapissa vähintään 6 tuntia.
3. ISLABilla käytössä oleva kylmähaude: Jäähdytys +0–4 °C kylmäkaapissa.
4. Kylmävaraaja suojuksella: Jäähdytys -25 °C pakastimessa.
5. Jäämurska muovimukissa, ruiskun asento pystyssä.
6. Jäämurska laakeassa astiassa, ruiskun asento vaaka.

Tutkimuksessa kylmähauteet jäähdytettiin +0–4 °C kylmäkaapissa, jonka todellinen sisälämpötila oli noin +8 °C.

5.3.1 Verikaasuruiskut

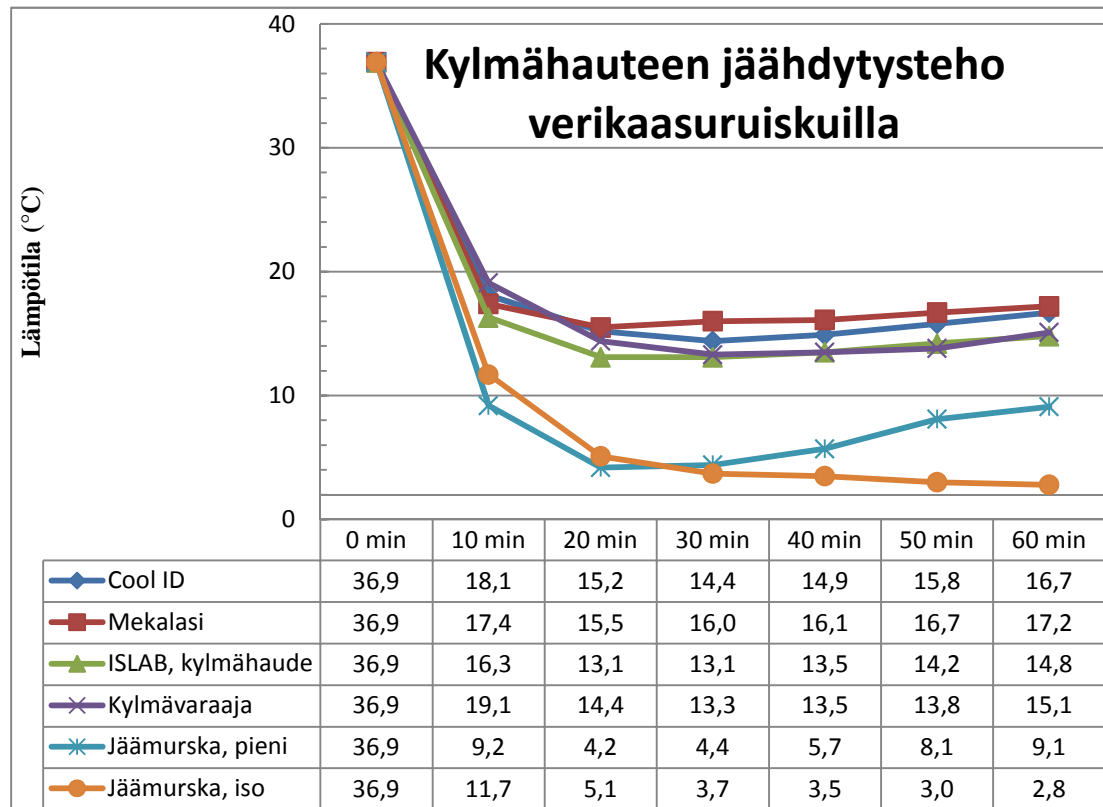
Kylmähauteen jäähdytysteho selvitettiin 3 ml:n verikaasuruiskuilla (Smiths Portex Line draw). Ruiskut olivat jo analysoituja potilasnäytteitä, joista poistettiin nimitarrat, ja jotka käsiteltiin sen jälkeen anonyymisti. Arteriaveriruiskut lämmitettiin lämpökäppissä +36,9 °C lämpötilaan ja kylmähauteet ja -varaaja jäähdytettiin ohjeen mukaisesti. Ruiskut asetettiin jäähdytettävien taitettavien kylmähauteiden (vaihtoehdot 1–3) väliin, kylmävaraajan (4) päälle sekä jäämurskaan (5–6) pysty- ja vaaka-asentoon. Kuvassa 2 (sivulla 30) on esitetty jäähdytysvaihtoehdot mittaussjärjestelytilanteessa. Ruisku otettiin hauteesta mitattavaksi 10 minuutin välein tunnin ajan ja tulokset merkittiin taulukkoon. Lämpötila mitattiin Thermometerin BAT-10 -referenssimittarilla. Mittauksen aikana ruiskun käsittely käsissä sekä lämpötilan mittaus suoritettiin nopeasti, jotta käsien lämpö ei vaikuttaisi näytteen mittausrvoon. Ennen mittausta ruiskua käännettiin ylösalaisin 3 kertaa näytteen sisälämpötilan tasaamiseksi. Kaikki mittaukset tehtiin porrastetuin aikavälein samassa järjestyksessä ja samalla tavalla. Mittaukset toistettiin samalla tavalla kolme kertaa.



KUVA 2. Kylmähauteen jäähdytystehon selvittäminen verikaasuruiskuilla. Vaihtoehdot 1, 2 ja 3 ovat kylmähauteita, vaihtoehto 4 on kylmävaraaja, ja vaihtoehdot 5 ja 6 jäämurskaa.

Kuvio 1 (sivulla 32) kuvaa kylmähauteen jäähdytystehoa verikaasuruiskuilla. Kuvion 1 tuloksissa hauteen jäähdytystehosta on ilmoitettu kolmen mittaukserran keskiarvot kussakin mittauspisteessä. Liitteessä 1 on kuvattu mittauksen tarkemmat tulokset, joissa jokaisesta jäähdytysmateriaalista on jokaisen mittausajan kohdalla kolme mitausta sekä näiden keskiarvo (KA). Tulosten (kuvio 1) perusteella voidaan havaita, että 10 minuutissa jäähdytysvaihtoehdot 1–4 jäähdyttivät näytteen veren 36,9 °C:sta

noin puoleen (16,3–19,1 °C) ja jäämurskassa näytteet jäähdyivät vielä enemmän, eli kymmenen asteen tietämille (9,2–11,7 °C). Alimmillaan veren lämpötila ruiskuissa oli 20 minuutin kohdalla jäähdytysvaihtoehdolla 2, kun taas vaihtoehdoilla 1, 3 ja 4 alin lämpötila oli 30 minuutin mittauspisteessä. Pienessä jäämurska-astiassa alin lämpötila oli vaihtoehdon 2 tavoin 20 minuutin kohdalla. Isossa jäämurska-astiassa ruiskun jäähdyminen sen sijaan jatkui koko mittauksen loppuun asti ja alin lämpötila oli siten 60 minuutin mittauspisteessä.



KUVIO 1. Kylmähauteen jäähdytysteho verikaasuruiskuilla. Lämpötilatulokset ovat kolmen mittaukserran keskiarvoja.

Jäähdytetty verikaasuruiskunäyte pitää ISLABin web-ohjekirjan mukaan analysoida 30 minuutin kuluessa. Siksi tässä tutkimuksessa keskitytään tarkkailemaan 30 minuuttiin asti tapahtunutta jäähdytystä. Pidemmälle jatkunut mittaus auttaa kuitenkin esimerkiksi P-Ca-ion -määritysten jäähdytyksen onnistumisen analysoinnissa, joiden näytteenotto ja jäähdytystapa on verikaasuruiskujen kaltainen. Lisäksi pidemmälle jatkuneella seurannalla voidaan varmistaa jäähdytyslämpötilan ja analyysitulosten muutossuunta.

Mittauksien perusteella voidaan todeta, että erot 20 ja 30 minuutin mittauspisteiden välillä eivät olleet vaihtoehdoissa 1–4 suuria (0–1,1 °C). Lämpötila on laskenut lähelle alinta lämpötilatasoa jo 10 minuutin kohdalla, ja vain tasoittui seuraavissa

kahdessa mittauspisteessä. Jäähdytislämpötila pysyi siis melko vakiona näissä mittauspisteissä eikä pienellä lämpötilaerolla ole siten enää suurta merkitystä verikaasu-analyysituloksiin. Alimman jäähdytislämpötilamittauksen jälkeen ruiskujen lämpötilat lähtivät hiljaiseen nousuun seuraavissa mittauspisteissä.

Eri mittauskertojen välisissä tuloksissa voidaan havaita vaihtelua. Tämä johtunee tutkimusolosuhteissa huonelämpötilan vaihtelusta sekä mahdollisesti kylmäkaapin lämpötilan vaihtelusta, joka vaikuttaa kylmähauteiden lämpötilaan. Mittaukset suoritettiin aamupäivisin, jolloin laboratoriossa on vilkasta ja kylmäkaapilla käydään usein. Näin huoneilma nostaa kylmäkaapin sisälämpötilaa. Tämä on kuitenkin todellisuus laboratorion toiminnassa ja on todennäköistä, että myös potilasnäytteiden jäähdyttämisessä kylmähauteet eivät aina ole jäähtyneet suositeltuun lämpötilaan. Siksi oli tarpeen toistaa mittaukset kolmesti ja tarkastella tuloksia näiden mittauksen keskiarvolla.

Koska vaihtoehdot 1–4 ovat realistiset jäähdytysvaihtoehdot, on niiden joukosta löydettävä tähän tutkimukseen paras jäähdytysvaihtoehto. Jäähdytystutkimuksen perusteella voidaan todeta, että alhaisimpaan keskimääräiseen jäähdytislämpötilaan pääsivät ISLABilla jo käytössä olevat vaihtoehdot 3 ja 4. Valmistajilta tilatuissa uusissa vaihtoehdoissa 1 ja 2 lämpötila oli noin 2 astetta suurempi kuin ISLABin vaihtoehdoissa. Uusissa vaihtoehdoissa oli molemmissa ruiskuille tarkoitettu sisätasku. Niiden käytettävyys oli kuitenkin hankala, ja oli vaara, että ruiskun mäntä liikkuu ruiskua taskuun laitettaessa. Siksi jo jäähdytystutkimuksessakaan sisätaskua ei käytetty, vaan ruiskut laitettiin vain taitettavien hauteiden väliin.

ISLABin kylmähaude oli sen sijaan käytettävyydeltään käytännöllinen ja nopea, ja se myös muotoutui ympäröimään ruiskun kauttaaltaan parhaiten. Täten myös ruisku jäähdyi parhaiten, kun jäähdyttävä kylmähaude kosketti sitä joka puolelta. Pakastettu kylmävaraaja päällystettynä eristävällä kuitutaskulla oli myös käytettävyydeltään toimiva etenkin, kun ruisku kiinnitetään näytteenoton jälkeen siihen kuminauhan avulla. Työntekijöiltä saadut kokemukset tukivat näitä ajatuksia. Kylmähaude on heillä ruiskujen jäähdyttämisessä yleisin, joten tämän tutkimuksen seuraavissa vaiheissa päätin käyttää samaa haudetta.

5.3.2 Verikaasukapillaarit

Kylmähauteen jäähdytysteho selvitettiin myös kapillaareilla (Siemens MultiCap-S 175 µl, ref 02043295). Kapillaarit imettiin täyteen potilasnäytteiden analysoinnista jäänyttä

ylijäämä-arteriaverta ja lämmitettiin lämpökaapissa $+36,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan. Kylmähauteet ja -varaaja jäähdytettiin ohjeen mukaisesti. Jokaista kylmähaudetta varten varattiin kolme kapillaaria. Kapillaarit asetettiin taitettavien kylmähauteiden (1–3) väliin ja kylmävaraajan (4) päälle. Kuvassa 3 on esitetty jäähdytysvaihtoehdot mittausjärjestelytilanteessa. Kapillaari otettiin hauteesta mitattavaksi 10 minuutin välein ja tulokset merkittiin taulukkoon. Lämpötila mitattiin Thermometerin BAT-10 -referenssimittarilla. Ensimmäisestä kapillaarista mitattiin lämpötila 10 ja 20 minuutin kuluttua, toisesta kapillaarista 30 ja 40 minuutin kuluttua ja kolmannesta kapillaarista viimeiset mittaukset. Mittauksen aikana kapillaarin käsittely käsissä ja lämpötilan mittaus tehtiin nopeasti, jotta käsien lämpö ei vaikuttaisi näytteen mittausarvoon. Kaikki mittaukset tehtiin porrastetuin aikavälein samassa järjestyksessä ja samalla tavalla. Mittaus tehtiin ker-



KUVA 3. Kylmähauteen jäähdytystehon selvittäminen verikaasukapillaareilla. Vaihtoehdot 1–3 ovat kylmähauteita ja vaihtoehto 4 on kylmävaraaja.

Taulukossa 2 (sivulla 35) on kuvattu mittauksen tulokset. Tulosten perusteella voidaan havaita, että jokaisen vaihtoehdon jäähdytystulokset vaihtelevat eri mittausajankohdissa. Jäähtyminen ei tapahdu selkeästi alimpaan tulokseen ja nouse siitä, vaan tuloksissa on hajontaa. Keskimäärin tasaisimpana kapillaarin lämpötila pysyy vaihtoehdossa 4. Lämpötilan mittaaminen oli teknisesti hankala suorittaa ja väistämättä käsien lämpötila vaikutti kapillaarien sisällä olevan veren lämpötilaan. Kapillaareissa on pieni määrä verta ($175\text{ }\mu\text{l}$), joten se lämpenee nopeasti. On kuitenkin oletettavissa, että jäähdytystulokset ovat kapillaareilla ruiskujen kaltaiset, koska kapillaarien veritilavuus on ruiskuja pienempi ja siten periaatteessa helpommin jäähdytettävissä.

Jäähdytysvaihtoehdon käytettävyys nousi päällimmäiseksi kriteeriksi jäähdytysvaihtoehtoa valitessa. Koska kapillaari katkeaa helposti, on luontevinta käyttää jäähdytyksessä kylmävaraajaa, jonka päälle se on kuljetuksessa kiinnitetty kuminauhalla.

Muissa jäähdytysvaihtoehdoissa kapillaaria ei näe ja on vaarana, että se katkeaa varomattoman käsittelyn tai kuljetuksen aikana. Tämän pohdinnan ja tulosten sekä työntekijöiden toiminnasta havaitun perusteella voidaan todeta, että tässä esitetyistä vaihtoehdoista kylmävaraaja on soveltuvin verikaasukapillaarien jäähdyttämiseen.

TAULUKKO 2. Kylmähauteen jäähdytystehon tulokset verikaasukapillaareille

Kylmähaute/aika/ lämpötila (°C)	0	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1. Cool ID	36,9 °C	16,8	15,4	18,2	17,9	17,2	19,9
2. Mekalasi		16,2	16,2	20,8	16,9	21,2	18,8
3. ISLAB, kylmähaute		15,8	18,3	17,7	14,8	17,2	17,6
4. Kylmävaraaja		16,8	17,7	17,0	16,5	16,6	15,8

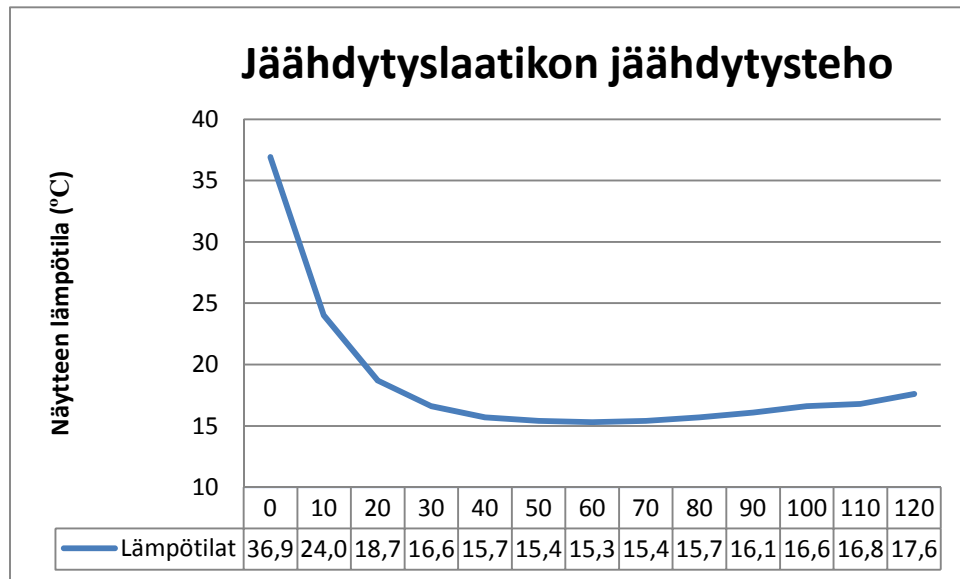
5.4 Jäähdytyslaatikon jäähdytystehon selvittäminen

Jäähdytyslaatikon jäähdytysteho selvitettiin 3 ml verikaasuruiskun avulla. Ruisku lämmitettiin lämpökaapissa +36,9 °C lämpötilaan. Ruiskun sisään asetettiin referenssimittarin lankaelektrodipää ja parafiinifilmiä laitettiin ruiskun ”korkiksi” sitomaan elektrodin paikalleen. Ruisku asetettiin jäähdytyslaatikon sisään sen pohjalla olevien kylmävaraajien päälle. Kuva 4 havainnollistaa tutkimusjärjestelyjä. Ruisku laitettiin jäähdytyslaatikkoon, kun ruiskussa olevan laskimoveren lämpötila oli 36,9 °C. Ruiskussa olevan laskimoveren lämpötila mitattiin 10 minuutin välein kahden tunnin ajan Thermometerin BAT-10 -referenssimittarilla. Mittaustulokset ovat kuviossa 2 (sivu 36).



KUVA 4. Jäähdytyslaatikko ja Thermometerin BAT-10 -referenssimittari

Tutkimustuloksista (Kuvio 2) voidaan nähdä, että kymmenessä minuutissa ruiskun lämpötila laski 1/3 alkuperäisestä lämpötilasta ja 20 minuutin mittauspisteessä ruiskun lämpötila oli noin puolet (18,7 °C) lähtötilanteesta. Tämän jälkeen ruiskun lämpötila laski hiljalleen niin, että 60 minuutin mittauspisteessä lämpötila oli alimmillaan eli 15,3 °C. Sitten lämpötila lähti hiljalleen nousemaan, ja viimeisessä 120 minuutin kohdalla mitatussa tarkkailupisteessä lämpötila oli 17,6 °C.



KUVIO 2. Jäähdytyslaatikon jäähdytystehon tutkimustulokset verikaasuruiskulla mitattuna. Vaakarivillä on näytteen lämpötilat 10 minuutin välein mitattuna.

Ruiskua ei sekoitettu lämpötilan tasaamiseksi ennen lämpötilan mittausta sillä laatikkoa ei haluttu tarpeettomasti avata ja päästää sinne lämmintä huoneilmaa lämmittämään laatikon sisältöä. Tutkimushetkellä laatikossa oli lisäksi potilasnäytteitä eikä ollut syytä lämmittää myöskään niitä aiheettomasti. Tämän vuoksi näytteen lämpötilassa saattaa olla poikkeamaa todellisuuteen verrattuna. Näytteen lämpötilapoikkeama voi olla todellista tilannetta parempi, eli näytteen lämpötila saattoi olla matalampi, kannen avaamatta jättämisen vuoksi. Toisaalta jäähdytyslaatikon käyttöihteys on vaihteleva näytemääristä ja niiden saapumisesta sekä analysoinnista riippuen.

Kylmähaudevaihtoehtojen jäähdytystutkimuksen rinnalla mitattiin myös ISLABin kliinisen kemian laboratoriossa verikaasuanalyseissa käytössä olevan jäähdytyslaatikon lämpötila pitkäaikaisseurannalla. Laatikkoa käytetään määritystä odottaville verikaasunäytteille, joiden analyysiä ei ehditä tekemään suosituksen mukaisesti 15 minuutissa huoneenlämpöisenä. Lisäksi laatikossa on P-Ca-ion- näytteitä sekä seeruminäytteitä. Laatikon pohjalla on kylmävaraajia, joiden tulisi pitää laatikon sisälämpötila kylmänä. Jäähdytyslaatikon lämpötilaseurannan tavoitteena oli selvittää, pysyykö läm-

pötila ohjeenmukaisena vuorokaudenajasta riippumatta ja vaihdetaanko laatikon kylmävaraajat riittävän usein. Laatikon sisälämpötilaa seurattiin kahdesta mittauspisteestä. Toinen mittaus tehtiin laatikon pohjalta kylmävaraajien päältä, joka vastaa ruiskujen jäähdytyslämpötilaa, ja toinen mittaus tehtiin laatikossa olevan putkitelineen alimmalta tasolta, jolloin saatiin tietää laatikon lämpötila telineeseen laitettavien putkien korkeudelta.

Mittaus suoritettiin 15.2–22.2.2013 välisenä aikana. Laatikoon laitettiin mittaava Keytag-anturi (Kuva 5), joka rekisteröi lämpötilan 15 minuutin välein. Tulokset purettiin Keytag Analyzer pc -ohjelmalla, jolloin niistä saatiin tulostettua lämpötilakäyrät molemmille mittauspisteille (liite 2). Laatikon pohjalta mitatussa lämpötilakäyrässä nähdään vaihtelua. Mittausajanjakson alussa ja lopussa lämpötila on tasoittunut noin 13 °C tietämille, ja onkin todennäköistä, että laboratoriohenkilökunta on siirtänyt mittaria telineen päälle esimerkiksi kylmävaraajien vaihdon yhteydessä. Tämä on nostanut rekisteröitävän lämpötilan noin +13 °C:een. Mittausajanjakson keskivaiheilla lämpötila on noin 4–6 °C välillä. Käyrässä näkyy piikit alaspäin, jolloin lämpötila on rekisteröity kylmävaraajien vaihdon jälkeen. Mittausajanjakson keskellä (16.2–18.2), jota siis voidaan pitää luotettavana seurantajaksona, hetkelliset piikit ovat noin -9 °C ja -2 °C välillä.



KUVA 5. Keytag -lämpötilaloggeri tulosten purkulaitteessa (Teknocalor)

Toisessa, putkitelineen alimmalta tasolta mitatussa lämpötilakäyrässä nähdään niin ikään vaihtelua kylmävaraajien vaihdon yhteydessä. Tällöin hetkelliset piikit käyrässä ovat alimmillaan -0,5 °C ja -5,5 °C välillä. Muutoin käyrässä lämpötila pysyy tasaisesti noin + 6 °C ja +8 °C välillä. Molemmissa käyrissä voidaan lisäksi havaita selkeitä piikkejä ylöspäin jopa + 18 °C tietämille. Nämä piikit johtunevat kylmävaraajien vaihtamisesta, jolloin Keytag-anturi on nostettu pöydälle. Kylmävaraajien vaihtoväli vaih-

teli muutamasta tunnista jopa vuorokauteen. Pitkällä vaihtovälillä laatikon sisälämpötila ehti kohota jopa yli +15 °C:een, kuten liitteen 2 lämpötilakäyristä voidaan nähdä.

Koska käyrissä havaittiin reilut piikit pakkasen puolelle kylmävaraajaa vaihdettaessa etenkin laatikon pohjalta mitatussa lämpökäyrässä, nousi esille kysymys näytteiden mahdollisesta jäätymisestä. ISLABin web-ohjekirjan mukaan näyte ei saa jäätymisvaiheessa edes osittainkaan. Wennecke ja Juel (2007) kertovat, että näytteen hemolysoitumisen riski on suuri silloin, kun näyte on kosketuksessa jäähän. Hemolysoituminen aiheuttaa näytteen kaliumarvojen nousua, sekä natrium- ja kalsiumarvojen laskua. Väisänen ym. (2000, 122) tutkivat tätä ilmiötä potilasnäytteillä, joista toisen kaliumarvo mitattiin heti ja toista näytettä säilytettiin jäässä 25 minuuttia ja kaliumarvo mitattiin tämän jälkeen. He havaitsivat, että ero kaliumarvossa oli merkittävä: heti näytteenoton jälkeen mitattuna kaliumarvo oli 3,3 mmol/l ja jäässä säilytyksen jälkeen 43,6 mmol/l. Epänormaali tulos johtuu näytteen hemolysoitumisesta. Tämän johdosta tässä tutkimuksessa selvitetään kylmävaraajien vaihtamisen aiheuttama mahdollinen preanalyttinen virhe näytetuloksiin kaliumarvon avulla.

Kaliumarvot mitattiin viidestä ruiskusta, joista kolme oli venaverestä ja kaksi arteriaverestä. Jäähdytyslaatikon kylmävaraajat vaihdettiin uusiin -25 °C lämpötilassa jäähdytettyihin varaajiin. Ruiskut lämmitettiin lämpökaapissa 36,9 °C lämpötilaan ja niistä mitattiin porrastetusti aB-VeKaas ja vB-VeKaas näytteen laadun mukaan. Tämän jälkeen ruiskut laitettiin jäähdytyslaatikon pohjalle. Kylmävaraajien vaihtamisen jälkeen arvot mitattiin 40 minuutin kuluttua. Oheisessa taulukossa 3 on ruiskujen mitaustulokset kaliumarvon osalta.

TAULUKKO 3. Kaliumarvojen tulokset

Näyte		Kalium-arvo (mmol/l)		
		Ennen	Jälkeen	Erotus
1.	Laskimo	4,97	4,89	-0,08
2.	Laskimo	4,85	4,81	-0,04
3.	Laskimo	4,43	4,44	0,01
4.	Valtimo	4,35	4,39	0,04
5.	Valtimo	4,87	4,84	-0,03

Tuloksissa ei näy merkittäviä muutoksia kaliumarvoissa ennen ja jälkeen mittausten välillä (taulukko 3). Tulokset testattiin SPSS-ohjelmassa Wilcoxonin merkkitestillä, joka on parittaisen t-testin parametrin vastine. Wilcoxonin testiä käytetään vertailemaan parittaisten vertailuarvojen tuloksia. (Metsämuuronen 2004, 100.) Vertailun nollahypoteesina oli, että ennen ja jälkeen mitattujen kaliumarvojen ero on 0. Vertai-

lussa käytettiin todennäköisyyttä 95 %, jolloin nollahypoteesi toteutuu vertailtavien kaliumarvojen eron p-arvon ollessa 0,05. Kaliumarvojen vertailussa SPSS-ohjelmassa tulokseksi tuli $p=0,416$, joten mittauskertojen välillä ei ole tilastollisesti merkittäviä muutoksia. Tämän johdosta voidaan päätellä, että kylmävaraajien vaihdon yhteydessä niiden jäähdysteho ei ole liian voimakas, eivätkä näytteet hemolysoidu.

5.5 Tutkimus verikaasunäytteen osasuureiden muutoksista pitkäaikaisessa jäähdystyksessä

Tutkimuksen viimeisessä vaiheessa selvitettiin virheellisen säilytysajan avulla näytteiden säilyvyys ja arvojen oikeellisuus. Tavoitteena on saada selville voidaanko joidakin osatutkimuksia tehdä vielä näytteen säilytyksestä annettua ohjetta pidemmän säilytysajan jälkeen ja varmistaa osatutkimusten muutossuuntausta. Tutkimuksella oli tarkoitus selvittää asettuvatko jotkin osatutkimukset tietylle tasolle tietyn ajan kuluttua näytteenotosta, kun ne jäähdytetään kylmähauteen avulla.

Tutkimuksessa käytettiin kylmähauteen jäähdystystehotutkimuksessa parhaimmaksi havaittua vaihtoehtoa eli ISLABin omaa kylmähaudetta. Alkuperäisenä tavoitteena oli tehdä tutkimus kahdella kylmähauteella tuloksia verraten, mutta koska ISLABin oma kylmähaude oli tutkimuksen mukaan käytettävyydeltään ja jäähdysteholtaan paras, otettiin vain se tutkimukseen mukaan. Tutkimukseen valittiin analysoitavaksi vain 3 ml:n muoviruiskut (Smiths Portex Line Draw), sillä näitä ruiskuja tuli tutkimuksen suorittamisen kannalta päivittäin riittävästi. Tutkittavat ruiskut saatiin teholaboratoriosta. Siellä lähes kaikki verikaasuanalyysiin tulevat ruiskut ovat arteriaverestä, joten tässä tutkimuksessa kaikki tutkitut ruiskut ovat myös arteriaverta. Niistä päätettiin tehdä laaja verikaasuanalyysi (aB-VeKaasL), jotta kaikkien verikaasuanalyysin parametrien mahdollisia muutoksia ajan suhteen voidaan arvioida.

Tutkittavat näytteet tulevat teholaboratorioon, jossa niistä tehdään ensin potilaalle tilattu tutkimus. Tämän tutkimuksen teki laboratoriossa töissä oleva laboratoriohoitaja. Tutkimuksessa käytettiin verikaasuruiskuja, joihin jäi potilaalle tilatun tutkimuksen jälkeen vähintään 2 ml verta. Näiden ruiskujen analyysitulokset tulostettiin varalle, sillä vaikka niitä ei tässä tutkimuksessa huomioida, voi tulla tarve tarkistaa poikkeava tutkimustulos alkuperäisestä analyysituloksesta. Vastatuista ruiskunäytteistä poistettiin potilastunnisteet, ja ruiskut ja tulokset numeroitiin juoksevasti.

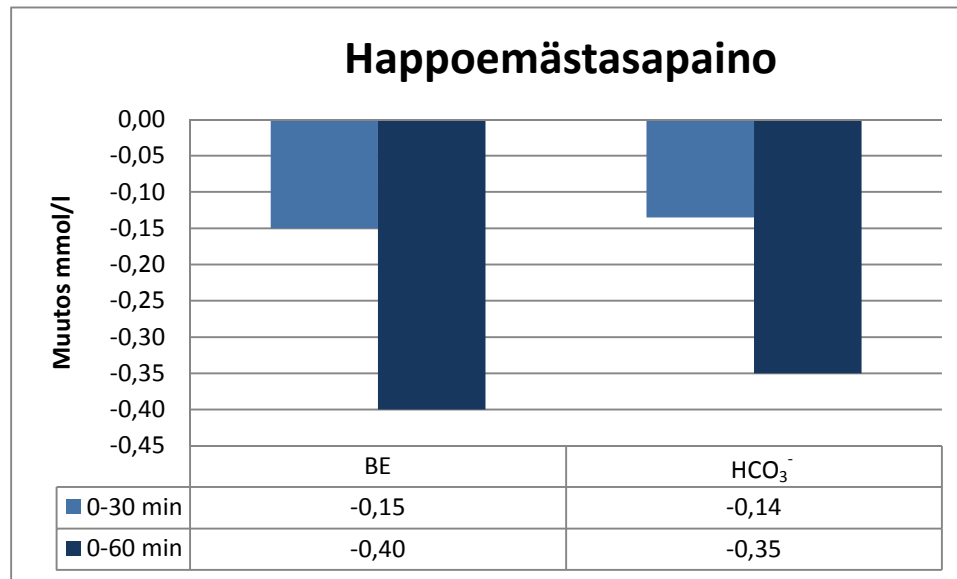
Tutkimus valmisteltiin jäähdyttämällä kylmähauteet vähintään 6 tuntia kylmäkaapissa + 0–4 °C:een. Analysoitavat ruiskut puolestaan lämmitettiin lämpökaapissa normaaliin ruumiinlämpöön eli +36,9 °C:een tutkimuksen alkutilanteen vakioimiseksi. Ruiskujen lämpötilaa tarkkailtiin testiruiskulla, joka oli yhdistetty referenssilämpömittariin. Tutkimuksessa ruiskun lämpötila oli 36,5–37,5°C välillä. Kun ruisku saavutti ruumiinlämpötilan, se otettiin analysoitavaksi. Ennen analyysiä ruiskua pyöritettiin 10 sekuntia kämmenten välissä ja ilmakuplat sekä mahdollinen hemolysoitunut tulppa ruiskun kärjestä poistettiin tufferia vasten. Tämän jälkeen ruisku analysoitiin verikaasuanalyysaattorilla (Siemens Rapidlab 1265) ja laitettiin kylmähauteen väliin. Mittaus toistettiin vielä 30 ja 60 minuutin kuluttua ensimmäisestä mittauksesta. Ruisku laitettiin kylmähauteen väliin aina mittausten välillä ja saadut mittaustulosteet merkittiin mittauserän mukaan.

Tutkimus suoritettiin useassa erässä, joissa jokaisessa oli 4–6 näytettä porrastetusti analysoitavana. Oskoko määräytyi tutkimusresurssien mukaan 20 näytteeseen. Näiden tulokset kirjattiin verikaasuanalyysin osasuureiden mukaan taulukkoon. Taulukossa tulokset on jäsennetty analyysiajan mukaan ja siinä on vertailtu tuloksia mittauspisteiden välillä. Analyysitulosten erot on määritelty sekä osasuureen yksikön erolla että tästä lasketulla prosentuaalisella erolla. Tuloksista on määritetty keskiarvo, keskihajonta sekä pienin ja suurin muutos. Osasuureiden tulokset ovat liitteessä 3.

Happo-emästasapainon tuloksista voidaan havaita, että pH-arvossa oli vain hyvin pieniä muutoksia. Suurin muutos oli 0,04 yksikköä ja keskimäärin muutos oli alkutilanteeseen verrattuna 30 minuutin mittauspisteessä -0,01 yksikköä ja 60 minuutin mittauspisteessä -0,02 yksikköä. Prosentuaalisesti tarkasteltuna muutos oli suurimmillaan -0,5 % verrattujen mittauspisteiden välillä.

Emästasearvojen (BE) tutkimustuloksissa on hieman poikkeamia. Suurimmassa osassa tuloksia BE-arvo laskee ajan suhteen. Alkutilanteen ja 30 minuutin välillä BE-arvo laskee 0,1–1,2 mmol/l ja nousu on ylimmillään 0,7 mmol/l. Muutoksen keskiarvo tässä mittauspisteessä on -0,15 mmol/ eli noin 14 %. Alkutilanteen ja 60 minuutin mittauspisteiden välillä BE-arvo laskee alimmillaan 1,2 mmol/l ja nousee enimmillään 0,4 mmol/l. Muutoksen keskiarvo on -0,4 mmol/l. Bikarbonaattiarvot (HCO_3^-) nousivat tai laskivat hieman mittauspisteiden välisessä vertailussa. Alkutilanteen ja 30 minuutin mittauspisteiden välisessä vertailussa bikarbonaattiarvo laski alimmillaan 1,0 mmol/l ja nousi ylimmillään 0,6 mmol/l. Muutos oli keskimäärin -0,14 mmol/l eli noin -0,5 %. Alkutilannetta ja 60 minuutin mittauspistettä verrattaessa bikarbonaattiarvo laski alimmillaan 1,1 mmol/l ja nousi ylimmillään 0,4 mmol/l. Muutoksen keskiarvoksi tässä

vertailussa tuli $-0,35$ mmol/l eli $-1,4$ %. Kuviossa 3 on havainnollistettu BE- ja HCO_3^- -arvojen muutokset.

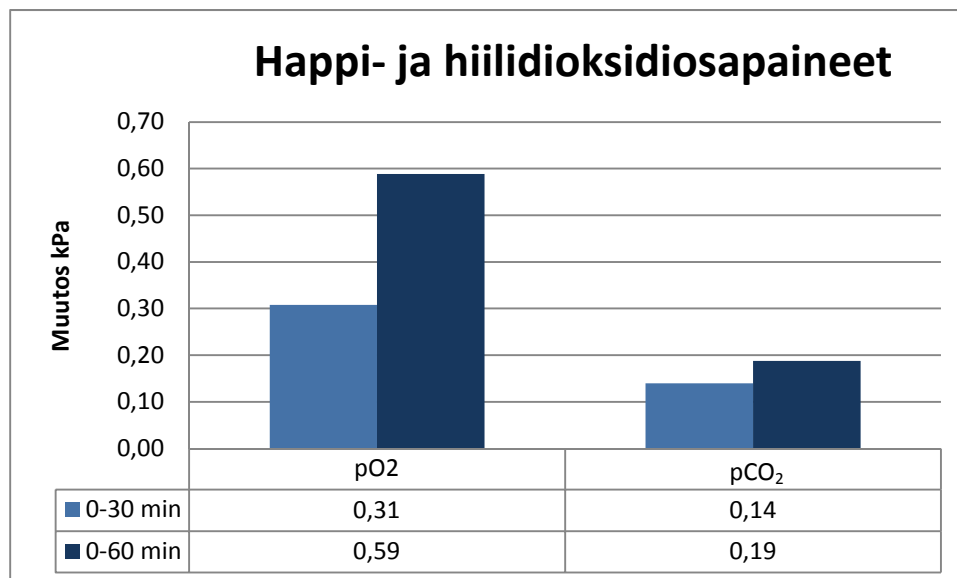


KUVIO 3. BE- ja HCO_3^- -arvojen muutokset keskiarvoina ($n=20$) lähtötilanteen ja 30 sekä 60 minuutin mittauspisteiden välillä

Hemoglobiiniarvot (Hb) nousevat tai laskevat epäjohdonmukaisesti mittauspisteiden välisissä vertailuissa. Alkutilanteen ja 30 minuutin mittauspisteen välillä hemoglobiiniarvo laskee 3–12 yksikköä ja nousee 1–34 yksikköä. Hemoglobiiniarvon muutoksen keskiarvoksi tulee nousua noin 6 yksikköä. Myös alkutilanteen ja 60 minuutin mittauspisteen välillä hemoglobiiniarvojen vaihtelu on laajaa, mutta pääosin arvot nousevat alkutilanteeseen verrattuna. Hemoglobiiniarvo laskee kahdessa näytteessä 1 yksikön, kahdessa näytteessä arvo on sama kuin alkutilanteessa, ja muissa arvo nousee 1–30 yksikköä. Hemoglobiiniarvon muutos johtunee näytteen erilaisesta sekoittumisesta mittauspisteiden välillä.

Happisaturaatioarvot (sO_2) sen sijaan joko laskivat tai nousivat vain hieman alkutilanteeseen verrattuna. Alkutilanteen ja 30 minuutin mittauspisteen välillä happisaturaatio laski enimmillään 0,3 prosenttiyksikköä ja nousi enimmillään 0,6 prosenttiyksikköä. Alkutilanteen ja 60 minuutin mittauspisteen välisessä vertailussa happisaturaatio laski enimmillään 0,3 prosenttiyksikköä ja nousi enimmillään 1,2 prosenttiyksikköä. Muutosten keskiarvoista voidaan havaita, että ajan suhteen happisaturaatioarvot nousivat. Happisaturaatio nousi alkutilanteeseen verrattuna 30 minuutin mittauspisteessä keskimäärin 0,11 prosenttiyksikköä ja 60 minuutin mittauspisteessä 0,21 prosenttiyksikköä.

Hiilidioksidiosapaine ($p\text{CO}_2$) nousi hieman alkutilanteen ja 30 minuutin mittauspisteen välillä. Arvon nousu oli 0,03–0,38 ja keskimäärin 0,14 kPa eli noin 2,5 %. Alkutilannetta ja 60 minuutin mittauspistettä vertailtaessa hiilidioksidiosapaine nousi edellistä vertailupistettä enemmän ja arvon nousu oli 0,05–0,57. Keskiarvoksi tulee tällöin 0,19 kPa eli 3,3 %. Happiosapaineessa ($p\text{O}_2$) voidaan mittauspisteiden välisessä vertailussa havaita pääosin arvon nousua. Alkutilanteen ja 30 minuutin mittauspisteen välillä hiilidioksidiosapaine nousi 0,01–1,07 kPa. Kahdessa näytteessä arvo laski 0,05–0,06 kPa. Keskiarvoksi 30 minuutin mittauspisteessä arvon muutokselle tuli 0,31 kPa eli 2,3 %. Alkutilanteen ja 60 minuutin välillä hiilidioksidiosapaineen nousu jatkui. Muutos oli 0,02–1,62 kPa, mutta kahdessa näytteessä arvo laski 0,13–0,14 kPa. Muutoksen keskiarvoksi alkutilanteen ja 60 minuutin välisessä vertailupisteessä tuli 0,59 kPa eli noin 4,5 %. Happi- ja hiilidioksidiosapaineiden muutokset on esitetty kuviossa 4.

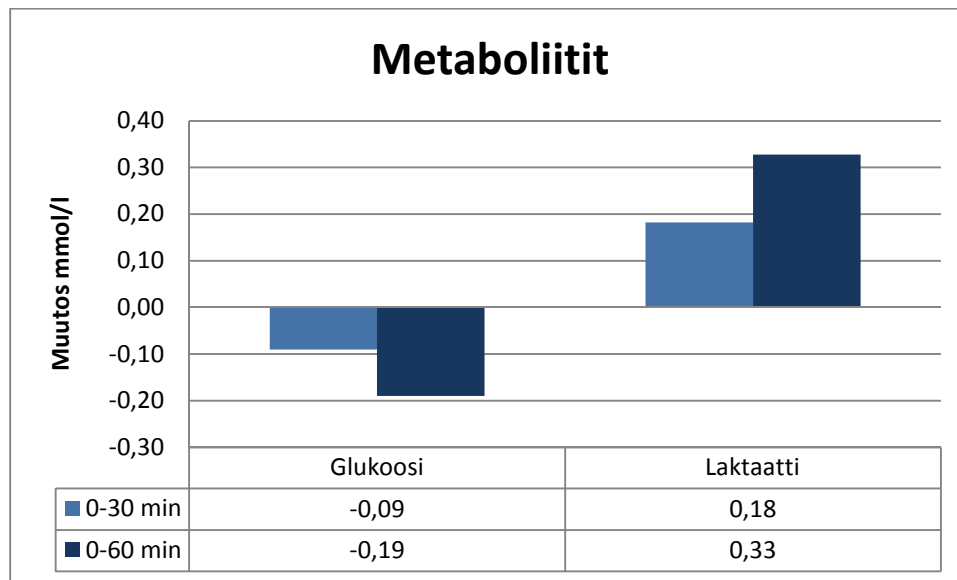


KUVIO 4. $p\text{O}_2$ - ja $p\text{CO}_2$ -arvojen muutokset keskiarvoina ($n=20$) lähtötilanteen ja 30 sekä 60 minuutin mittauspisteiden välillä

Elektrolyyteistä kalium- ja kloridiarvoissa oli vain pieniä muutoksia ajan suhteen, joten niiden tulos pysyi lähes vakiona tutkimuksen aikana. Natriumarvoissa voidaan nähdä mittauspisteiden välisissä vertailuissa joko pientä nousua tai laskua. Alkutilanteen ja 30 minuutin välillä voidaan havaita alimmillaan 1,3 mmol/l lasku ja ylimmillään 1,7 mmol/l nousu, ja muutoksen keskiarvo on 0,11 mmol/l. Prosentuaalisesti nämä muutokset ovat alkutilanteeseen verrattuna kuitenkin vain noin 1 %. Vastaava tilanne on alkutilanteen ja 60 minuutin välisessä mittauspisteen tarkastelussa. Siinä keskimääräinen muutos on 0,25 mmol/l. Kalsiumarvoja tarkasteltiin pH:ssa 7,4. Mittauspisteiden välisissä vertailuissa kalsiumarvo pysyi joko samana tai muuttui enimmillään 0,02

mmol/l. Prosentuaalisesti tämä muutos oli alkutilanteeseen verrattuna 30 minuutin mittauspisteessä keskimäärin -0,2 % ja 60 minuutin mittauspisteessä noin -0,4 %.

Metaboliiteista glukoosiarvot pysyivät tasaisena koko tutkimusajankohdan (kuvio 5). Niissä voidaan havaita vain pientä laskua ja eri tarkasteluväleillä glukoosiarvo pieneni keskimäärin 0,09 – 0,19 mmol/l. Muutamissa näytteissä oli kuitenkin poikkeuksena pientä nousua. Laktaattiarvot sen sijaan nousivat kaikissa mittauspisteiden välisissä vertailuissa. Alkumittauksen ja 30 minuutin mittaus pisteen välillä laktaattiarvo nousi keskimäärin 0,18 mmol/ eli noin 11 %. Alkumittauksen ja 60 minuutin mittauspisteeseen välillä oli suurempi ero. Silloin laktaattiarvo oli noussut keskimäärin 0,33 mmol/l eli noin 20 %. Metaboliittien tulokset on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 5. Glukoosi- ja laktaatti -arvojen muutokset keskiarvoina (n=20) lähtötilanteen ja 30 sekä 60 minuutin mittauspisteiden välillä

6 POHDINTA

6.1 Tutkimustulosten tulkitseminen

Tutkimuksellisen osan alussa selvitettiin eri kylmähaudevaihtoehtojen jäähdytysteho verikaasuruiskujen ja -kapillaarien jäähdytyksessä. Tutkimuksen tuloksena verikaasuruiskujen jäähdytyksessä niukasti parhain oli ISLABilla nyt käytössä oleva kylmähaude. Se jäähdytti näytteen yli 1 °C matalampaan lämpötilaan kaikissa seuratuissa mitauspisteissä verrattuna kahteen muuhun kylmähauteeseen. Sen soveltuvuutta käyttötarkoitukseensa puolsi lisäksi hauteen käytettävyys. Tämän vuoksi tässä tutkimuksessa esitetyistä kylmähaudevaihtoehdoista ISLABin oma kylmähaude oli paras vaihtoehto verikaasuruiskujen jäähdyttämiseen.

Jäähtymistä voidaan tarkastella sekä kylmähauteen lämpötilan että näytteen lämpötilan näkökulmasta. ISLABin web-ohjekirja ohjeistaa jäähdyttämään verikaasunäytteet kuljetuksen aikana jääkaappikylmän geelipussin avulla, mikäli näytettä ei voida analysoida 15 minuutin kuluessa. Saman ohjeen antavat myös mm. sekä Väisänen ym. (2006, 122) että Ahola (1994, 94). Jääkaappikylmästä lämpötilasta on hieman eri ohjeita; Väisäsen ym. mukaan kylmähauteiden jäähdytyslämpötila on +0–4 °C, kun taas Uotila (2010, 119) kertoo, että näyte tulee jäähdyttää ja säilyttää +0–6 °C lämpötilassa. Näytteen jäähdytyksellä hidastetaan verinäytteen aineenvaihdunta 1/10 siitä nopeudesta, joka vallitsee +37 °C:ssa.

ISLABin kylmähauteet säilytetään kylmäkaapissa, jonka ohjeellinen sisälämpötila on +0–4 °C. Käytännössä mittarin lämpötila oli kaikkina tutkimuspäivinä kuitenkin +7–9 °C. Mittaukset suoritettiin aamupäivisin, jolloin laboratoriossa on vilkasta ja kylmäkaapilla käydään usein. Näin huoneilma nostaa kylmäkaapin sisälämpötilaa. Tämä on todellisuus laboratorion toiminnassa, ja on todennäköistä, että myös potilasnäytteiden jäähdyttämisessä kylmähauteet eivät aina ole jäähtyneet suositeltuun lämpötilaan. Kylmähauteen jäähdytyslämpötilasta johtuen, sen jäähdytysteho ei välttämättä ole niin hyvä kuin se voisi olla. Kun ruumiinlämpöinen näyte laitetaan kylmähauteen väliin, se alkaa jäähtyä mutta samalla kylmähaude itse lämpenee. Kylmähauteen lämpenemiseen vaikuttaa myös huoneilma. Näin kylmähauteen luovuttama jäähdytyslämpötila ei voi olla Uotilan (2010, 119) suosittama +0–6 °C.

Tässä tutkimuksessa kylmäkaapissa (+7–9 °C) vähintään 6 tuntia jäähdytetty ISLABin kylmähaude jäähdytti 36,9 °C ruiskun lämpötilan 10 minuutissa 16,3 °C:een. Seu-

raavissa, 20 ja 30 minuutin mittauspisteissä lämpötila oli 13,1 °C. Tämän jälkeen lämpötila lähti hiljalleen nousemaan. Verikaasututkimusten jäähdytysaika on enimmillään 30 minuuttia, sillä siinä ajassa näyte pitää analysoida. Yli puolen tunnin jatku-neista jäähdytyslämpötilan mittauksista ja siitä, että lämpötila nousi tämän jälkeen hyvin hitaasti, voidaan todeta lämpötilan tasaantuneen pitkäksi aikaa alimman lämpö-tilan lähelle. Kylmähauteen jäähdytysteho mittaaminen verikaasukapillaareilla oli haasteellista mutta oletettavasti tulokset ovat verikaasuruiskujen kaltaiset.

Testattujen ja ISLABilla käytössä olevan kylmähauteen todellinen mitattu jäähdytys-teho poikkesi hyvin merkittävästi ohjeistetusta ja oletetusta säilytyslämpötilasta. Näyt-teen lämpötila ja sille ohjeistettu säilytyslämpötila erosivat toisistaan merkittävästi. Kylmähauteen jäähdytystehon selvittämisen tuloksena voidaan kuitenkin todeta, että ISLABin kylmähaute oli markkinoilla olevista jäähdytysteholtaan paras. Jotta näyt-teen lämpötila laskisi jääkaappilämpötilaan, pitäisi kylmähauteiden jäähdytys tehdä kuitenkin lähempänä nollaa astetta. Näytteen oma lämpötila sekä huoneenlämpötila nostavat jäähdytyslämpötilaa.

Jäähdytyslaatikon jäähdytysteho selvitettiin sekä näytteen lämpötilan että jäähdytys-laatikon sisälämpötilan pitkäaikaisseurannalla. Tutkimustulosten mukaan ruumiinläm-pöisen verikaasuruiskun ruiskun lämpötila laski 1/3 alkuperäisestä lämpötilasta, 20 minuutin mittauspisteessä ruiskun lämpötila oli noin puolet (18,7 °C) lähtötilanteesta ja 30 minuutin kohdalla lämpötila oli 16,6 °C. Tämän jälkeen ruiskun lämpötila laski hiljalleen niin, että 60 minuutin mittauspisteessä lämpötila oli alimmillaan eli 15,3 °C. Sitten lämpötila lähti hiljalleen nousemaan, ja viimeisessä 120 minuutin kohdalla mi-tatussa pisteessä lämpötila oli 17,6 °C.

Tässä tutkimuksessa näytteen jäähtyminen jäähdytyslaatikossa selvitettiin vain yhdel-lä näytteellä. Myöskään jäähdytyslaatikon kylmävaraajien vaihtamisajankohtaa ei ollut tiedossa. On myös huomioitava, että tässä jäähdytystutkimuksessa lämpötila-seurannassa ollut näyte laitettiin jäähdytyslaatikkoon ruumiinlämpöisenä. Potilasnäyt-teet tulevat kuitenkin sairaalan eri yksiköistä ja matkalla ne ehtivät tasoittua huoneen-lämmössä kuljetettaessa huoneen lämpötilan kanssa tai vaihtoehtoisesti käytetty jäähdytysmenetelmä jäähdyttää näytteitä kuljetuksen aikana. Siten todellisuudessa mikään jäähdytyslaatikkoon laitettava näyte ei ole yhtä lämmin kuin tässä tutkimuk-sessa käytetty näyte. Tämän johdosta on oletettavissa, että oikeilla potilasnäytteillä näytteen jäähtyminen tapahtuu pienempään lämpötilaan kuin mihin tässä tutkimuk-sessa päästiin.

Yhteenvetona tässä tutkimuksessa parhaimmaksi havaitun kylmähauteen eli ISLABin kylmähauteen jäähdytysteho riitti jäähdyttämään ruumiinlämpöisen verikaasuruiskun alimmillaan 13,1 °C lämpötilaan. Jäähdytyslaatikossa verikaasuruiskun lämpötila putosi ruumiinlämmöstä alimmillaan 16,6 °C lämpötilaan. Jäähdytyslaatikon pitkäaikais-seurannassa verikaasuruiskujen säilytyskorkeudelta mitattu lämpötila kertoi jäähdytyslaatikon sisälämpötilaksi +4–6 °C. Koska Uotila (2010, 119) suositteli säilyttämään verikaasunäytteitä +0–6 °C lämpötilassa, voidaan tässä tutkimuksessa havaitun perusteella todeta, että suositellussa lämpötilassa näytteet jäähtyivät reilusti. Lisäksi esimerkiksi jäähdytyslaatikossa oikea potilasnäyte tulee jäähtymään alempaan lämpötilaan, koska se ei laatikkoon laitettaessa ole enää ruumiinlämpöinen. Vaikka näytteen jäähtyminen jäähdytyslaatikossa testattiin vain yhden näytteen avulla, voidaan huomata käytettyjen mittausmenetelmien tukevan toisiaan ja vastaavan eri lähteissä annettua suositusta verikaasunäytteiden jäähdytyksestä. Tällä perusteella ISLABilla käytössä olevassa jäähdytyslaatikossa näytteiden voidaan olettaa jäähtyvän melko hyvin, joskaan ei ihanteellisesti (Savolainen 2013).

Tutkittaessa verikaasunäytteen osasuureiden muutoksia pitkäaikaisessa jäähdytyksessä huomattiin pH-arvon säilyvän tasaisena koko tutkimusajanjakson. Samoin HCO_3^- -arvossa ja SO_2 -arvossa tapahtui vain hyvin pieniä muutoksia. Myös elektrolyytit (kalium, natrium, kalsium ja kloridi) pysyivät mittausajankohtana melko vakioina. Metaboliiteista glukoosi pysyi tasaisena mittausten välisessä vertailussa, mutta sen sijaan laktaattiarvot nousivat reilusti mittausten aikana. Myös BE-arvon ja Hb-arvon tuloksissa oli suuria muutoksia. Hb-arvot voivat tosin vaihdella herkästi sekoituksen tehokkuudesta johtuen. Hiilidioksidiosapainearvo nousi ajan suhteen, ja samoin happiosapainearvo, vaikkakin se parissa näytteessä laski hieman ajan suhteen.

Tämän tutkimuksen tuloksena voidaan sanoa, että pitkäaikaisessa jäähdytyksessä laktaatti-, BE- ja Hb-arvot sekä hiilidioksidi- ja happiosapaineet eivät säily vakiona. Niitä ei siis tulisi tutkia suosituksen mukaisen 30 minuutin jälkeen. Muut VeKaasL-tutkimuksen osatutkimukset säilyivät tutkimusajankohtana vakiona tai niissä oli vain pieniä muutoksia, jotka eivät ole potilaan hoidon kannalta merkittäviä. Lisäksi 60 minuuttiin asti tehty säilyvyystutkimus varmistaa osatutkimusten säilyvyystulokset ohjeellisena 30 minuutin maksimisäilytysajankohtana.

Tämän tutkimuksen tuloksiin voi vaikuttaa aika. Tutkimuksessa näytteenotosta teholaboratoriossa analysointiin kului enintään 15 minuuttia. Tämän jälkeen siirtymiseen ja näytteen lämmittämiseen kliinisen kemian laboratoriossa kului noin puoli tuntia. Tämän jälkeen mitattiin tämän tutkimuksen alkutilanne sekä siitä 30 ja 60 minuutin

kuluttua seuraavat mittaukset. Tässä tutkimuksessa näytteenotosta kuluneen ajan annettiin vääristyä tutkimustavoitteiden mukaan.

Aiemmin tehdyissä tutkimuksissa ajan on todettu vaikuttavan eniten pO_2 - ja pCO_2 -arvoihin. Esimerkiksi Lissin ja Paynen (1993) ja Knowlesin, Mullinin, Hunterin ja Doucen (1994) tutkimuksissa, joissa muoviruiskuun otettuja näytteitä säilytettiin jäähdytettynä, havaittiin pO_2 arvon nousevan. Toisaalta Pretton ja Rochfordin (1994) todettiin edellä mainittuihin tutkimuksiin verrattuna ristiriitaisesti pO_2 -arvojen laskevan vastavissa säilytysolosuhteissa. Hiilidioksidiosapaineeseen säilytysajan piteneminen vaikutti Lissin ja Paynen (1993) mukaan vain säilytyksen alkuvaiheessa. Tämän jälkeen arvot tasaantuivat. Myös tässä tutkimuksessa pO_2 - ja pCO_2 -arvot reagoivat säilytysaikaan. Näytteenotosta kului pitkä aika tutkimuksen aloitukseen, ja sekin varmasti vaikutti tutkimustuloksiin joko pudottaen tai nostaen arvoja verrattuna potilasnäytteen analysointihetkeen. Normaalisti näytteen analysointitilanteesta poiketen tämän tutkimuksen pidennetty näytteenkäsittelyaika mahdollisti kaasujen osapaineen tasoittumisen ympäristön osapaineita lähemmäksi, jolloin todelliset muutokset eivät näy niin hyvin kuin autenttisessa mittaustilanteessa.

Toinen tutkimustuloksiin vaikuttanut asia ajan ohella on näyteruiskujen lämmittäminen. Lämmittämällä pyrittiin vakioimaan tutkimuksen aloitusajankohta näytteiden välillä samanlaiseksi ja myös näytteiden jäähdytys mittausten yhteydessä voitiin toteuttaa. Jäähdytystä ei olisi pystytty toteuttamaan heti näytteenotossa, sillä teholaboratorioon tulevat näytteen analysoidaan 15 minuutin kuluessa huoneenlämpöisinä.

Kolmas analyysituloksiin vaikuttava asia on käytetyn ruiskun materiaali. ISLABilla on käytössä muoviset verikaasuruiskut. Siloahon (2000, 187) mukaan muoviset näyttemateriaalit eivät ole täysin kaasutiiviitä. Tästä johtuen hänen mukaansa verikaasunäytteitä ei pitäisi säilyttää jäähdytettynä 30 minuuttia kauempaa. Uotila (2010, 119) puolestaan toteaa, että kaasujen läpäisy voidaan ehkäistä käyttämällä lasisia ruiskuja.

Lisäksi näytteen oma metabolia vaikuttaa. Ahola (1994, 94) toteaa, että pitempiaikaisessa säilytyksessä pO_2 -arvo alenee ja pCO_2 -arvo kohoaa. Tähän on syynä näytteen oma kudoshengitys. Tässä tutkimuksessa tulokset osoittivat juuri päinvastaista käyttäytymistä. Tutkimusjärjestelyt olivat tarkoituksella ajan suhteen virheelliset ja tuloksiin vaikutti ajan lisäksi myös näytteen lämmittäminen. Koska tässä tutkimuksessa oli monia muuttujia vaikuttamassa lopputulokseen, ei voida yksiselitteisesti perus-

tella muutosten syitä. Taustalla on näytteen oma metabolia, mutta myös tutkimusjärjestelyt vaikuttivat verikaasuanalyysin osatutkimusten tuloksiin.

Tutkimuksessa todettiin uutena tietona yllättävän suuria näytteiden kylmäsäilytyslämpötilojen poikkeamia verrattuna oletettuihin säilytyslämpötiloihin. Ohjeistettua lämpimämmässä säilytetyt näytteet eivät kuitenkaan mittaustulosten perusteella poikenneet keskimäärin merkittävästi ISLABin potilasnäytevertailurajojen suhteen. (Savolainen 2013, Karppi 2013.) Tämä havainto osoittaa, että ohjeistetussa säilytysajassa on toleranssia; eri laboratorioiden antamat ohjeet näytteen säilyvyydestä ja suositukset siitä, missä ajassa näytteet tulisi analysoida (katso luku 2.4), selittynevät tällä. Vaikka verikaasunäytteiden jäähdytysolosuhteet poikkesivat sekä kylmähauteiden jäähdytyslämpötilan että verikaasunäytteiden lämpötilan osalta, ei verikaasuanalyysin osatutkimuksissa kuitenkaan ollut tässä tutkimuksessa havaittavissa merkittäviä muutoksia poiketen aiemmista tutkimuksista.

Tutkimuksen eri vaiheissa oli muutamia näytteenottoprosessiin liittyviä seikkoja, jotka voivat olla preanalyttisen virheen takana potilasnäytteitä analysoitaessa. Näytteenottovaihetta seurattessani huomasin, että näytteenottoaikaa ei merkitty ruiskuun. Sillä tavalla viivettä analyysiin voisi kontrolloida paremmin. Myös jäähdytyslaitikon käytön yhteydessä tällainen tapa voisi parantaa näytteiden laatua sekä analyysiprosessin toimivuutta. Lisäksi jäähdytyslaitikon kylmävaraajien vaihtamisesta olisi hyvä pitää kirjaa, jotta vaihtoväli ei veny liian pitkäksi.

Analyysivaiheessa laboratoriohenkilökunta sekoitti näytteet pääosin annettujen ohjeiden mukaan. Oli kuitenkin henkilökuntaa, joka ei esimerkiksi pyörittänyt ruiskua kämmenten välissä ennen analyysiä. Yhtäläisten toimintatapojen vuoksi työntekijöiden perehdyttäminen työtehtäviin on tärkeää. Lisäksi kylmähauteiden jäähdyttämisessä oli puutteita. Niitä ei jäähdytetty kylmäkaapin mukaisessa lämpötilassa, vaan kaapin lämpötila oli suurempi.

6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuus voidaan määritellä validiteetin ja reliabiliteetin avulla. Validiteetilla eli pätevyydellä tarkoitetaan sitä, että tutkimus mittaa sitä mitä tutkimuksessa olikin tarkoitus mitata. Validiteetti voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen pätevyyden arviointiin. Siinä sisäinen validiteetti tarkoittaa mittausten vastaavuutta teoriaosan pohdintaan. Ulkoinen validiteetti on pätevyyttä, joka kertoo muiden tutkijoiden kykyä

tulkita samat tutkimustulokset samalla tavalla. Reliabiliteetti eli luotettavuus puolestaan tarkoittaa tulosten tarkkuutta ja sitä, että tulokset eivät ole sattumanvaraisia. Myös reliabiliteetti voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen ominaisuuteen. Tutkimuksen sisäistä reliabiliteettiä vahvistaa se, että sama analysoitava asia voidaan usealla mittauksella todeta samaksi. Ulkoinen reliabiliteetti tarkoittaa, että tutkimus pystytään toistamaan samankaltaisena muissa tutkimuksissa. (Heikkilä 2010, 29–30, 185–187.)

Kaikilla tässä tutkimuksessa tehdyillä selvityksillä tähdättiin verikaasuanalyysiprosessin preanalyttisen vaiheen virhetekijöiden määrittämiseen näytteen jäähdityksen aikana. Ensisijaisena tavoitteena oli jäähdityksen toimivuuden selvittämiseen, jotta analyttisessä vaiheessa mitatun näytteen arvot vastaavat mahdollisimman hyvin näytteenottohetkellä vallinnutta tilannetta. Tutkimuksen pätevyyttä tukee se, että sillä mitattiin tavoitteenasettelussa määritellyjä asioita. Tulosten taulukoinnilla ja ilmaisulla kuvaajien avulla on pyritty tukemaan ulkoista validiteettiä. Näin lukijan on helpompi analysoida tutkimustuloksia.

Ulkoisen reliabiliteetin näkökulmasta tämä tutkimus ja sen tutkimusjärjestelyt on kuvattu työn toteuttamisen osalta hyvin tarkasti. Näin tutkimus pystytään toistamaan samankaltaisena myös mahdollisissa uusissa tutkimustilanteissa. Tutkimuksen sisäistä luotettavuutta on vahvistettu mittaamalla sama asia usealla eri kerralla. Mittaukset suoritettiin samalla tavalla kaikissa tutkimuksissa ja näytteitä käsiteltiin samalla tavalla. Kylmähauteiden jäähdytystehoa selvittäessä mittaukset toistettiin kolmesti ruiskujen kohdalla. Näin mittauksiin vaikuttavat ulkoiset muuttujat, kuten huoneilman lämpötila, saatiin tutkimustuloksien keskiarvossa vaikuttamaan tuloksiin vähemmän. Mittausten keskiarvo myös kertoo tällöin paremmin kylmähauteen keskimääräisen jäähdytystehon, kun sen jäähdytykseen vaikuttavia kaikkia ulkoisia muuttujia ei voida käytännön työssä säädellä. Kylmähauteen jäähdytysteho kapillaareilla sen sijaan selvitettiin vain yhdellä mittauskerralla. Tutkimuksen toteutuksessa kuitenkin todettiin sen olleen teknisesti hankala, ja että kapillaarien kohdalla jäähdytystehoon liittyvää arviointia voidaan soveltaa ruiskujen jäähtymistuloksista.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa siihen valitun otoksen koko. Suurempi otoskoko takaa pätevämmät tulokset ja tulosten virhemarginaali on pienempi. Kaikki otokseen perustuvat tutkimukset ovat kuitenkin vain arvioita, sillä koko perusjoukko ei ole tutkimuksen kohteena. Otoksoon valinnan tavoitteena on saada koko perusjoukkoon verrattavissa olevat tulokset. Usein tutkimus kuitenkin vaatii kompromisseja tutkijan resurssien mukaan. (Heikkilä 2010, 41–42.) Tässä tutkimuksessa verikaasuanalyysin osasuureiden tutkimisessa otoskooksi määräytyi 20 näytettä ajallisten resurssien

mukaan. Tuloksista voidaan nähdä tiettyjä muutoksia ajan suhteen mutta otoskoon vuoksi nämä arviot ovat vain suuntaa antavia.

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa niihin liittyvä kokonaispövarmuus. Se koostuu biologisesta variaatiosta eli potilaan fyysisestä tilasta kuten ravinnosta ja rasituksesta ennen näytteenottoa sekä mittausepövarmuudesta, joka voidaan jakaa preanalyttiseen ja analyttiseen variaatioon. Preanalyttinen variaatio sisältää näytteenottoon sekä kuljetukseen ja säilytykseen liittyvät muuttujat. Analyttinen variaatio puolestaan tarkoittaa työtapoihin, analyysimenetelmään, laitteeseen, työtapoihin ja esimerkiksi käytettyihin reagenssieriin liittyvät mahdolliset tulosten variaatiot. (Kouri ym. 2002, 142.) Tässä tutkimuksessa verikaasunäytteiden preanalyttinen variaatio pyrittiin pitämään vakiona käsittelemällä kaikki näytteet samoin. Näytteet ovat eri työntekijöiden ottamia, joten näytteenottoon liittyvää variaatiota ei ole pystytty vakioimaan. Analyysituloksissa voi olla myös potilaisiin liittyvää variaatiota.

Tutkimuksen luotettavuuteen liittyy keskeisesti myös laatu. Verikaasuanalyssaattorit tekevät päivittäin automaattisesti reagenssikontrolleja. Analyssaattoreille tehdään viikkohuollot, joissa tarkistetaan mm. reagenssien toimivuus. Analyssaattorin ohjekirjassa on myös määritetty kuukausi- ja vuosihuollot. Kaikki huoltotoimenpiteet kirjataan kansioon ja huolto on osa verikaasuanalyysitoiminnan laaduntarkkailua. Tässä tutkimuksessa verikaasuanalyysin osasuureisiin liittyvä tutkimus toistettiin vain yhdellä ja samalla analyssaattorilla. Näin minimoitiin verikaasuanalyssaattorien välinen häviävän pieni analyysitarkkuusero.

Tutkimuksen luotettavuutta lisää kirjallisuuskatsauksen kautta perehtyminen aiheeseen. Se auttoi sekä teoretiedon hankinnassa että myös tutkimusjärjestelyjen suunnittelussa. Myös työprosessin analysointi laboratoriossa oli tärkeää. Siitä sain itselleni kuvan preanalyttisistä virhetekijöistä ja verikaasuanalyysiprosessista alkaen potilaan tunnistuksesta ja päättyen näytteen analysointiin.

6.3 Tutkimuksen eettisyys

Tutkimuksen eettisyys tarkoittaa, että siinä noudatetaan hyvää tieteellistä käytäntöä. Tutkimuksen tiedonhankinnassa ja julkistamisessa käytetyt periaatteet ovat yleisesti hyväksytyjä. Periaatteisiin kuuluu plagioinnin välttäminen eli toisen tutkijan tekstin lainaaminen luvatta ja omissa nimissä. Tutkija ei myöskään saa lainata omia tutkimuksiaan, sillä tällöin kyse on itseplagioinnista, jossa tutkija tuottaa vain näennäisesti uutta tietoa. (Hirsjärvi 2009b, 23, 26.) Tässä tutkimuksessa tiedon lähteenä ovat ol-

leet erilaiset tutkimukset ja teokset. Niiden perusteella on kirjoitettu tähän työhön so-
piva teorian tietoon perustuva johdatus aiheeseen sekä viitattu tarpeen mukaan omien
havaintojen yhteydessä aiempaan tutkimustietoon.

Hyvään tutkimuskäytäntöön kuuluu myös, että tuloksiin suhtaudutaan kriittisesti, ja
että niitä ei yleistetä. Lisäksi tulosten raportoinnin tulee olla huolellista. (Hirsjärvi
2009b, 26.) Tämän tutkimuksen pohjana oli kirjallisuuskatsaus sekä verikaasupro-
sessin havainnointi laboratoriossa. Näiden tulokset kirjoitettiin ja esitettiin työssä ha-
vaintojen mukaan. Lähteiden välillä käytiin synteesiä, sillä eri tutkimuksissa saatettiin
saada sekä samoja että toisistaan poikkeavia tuloksia. Menetelmän ja tutkimustulok-
sien raportoinnissa keskityttiin kuvaamaan tutkimusjärjestelyt ja tulokset mahdolti-
simman monipuolisesti. Virhelähteet otettiin huomioon ja tulosten pohdinnassa esitet-
tiin mahdollisia vaihtoehtoja tulosten taustalle.

Tutkimusryhmän muiden tutkijoiden osuutta ei saa vähätellä ja julkaistussa tutkimuk-
sessa on mainittava kaikkien sen tekemiseen osallistuneiden nimet. Mikäli tutkimuk-
seen myönnetään rahallista avustusta, ei sitä saa käyttää väärin tarkoituksiin. (Hirs-
järvi 2009b, 26.) Tämä tutkimustyö oli vain yhden opiskelijan työ. Tutkimuksen kulu-
essa saatiin kuitenkin apua toimeksiantajalta ja tämä on kuvattu tutkimuksen johdan-
nossa.

Tutkimuksen eettisyyttä voidaan tarkastella myös terveydenhuollon ammattiryhmien
eettiset ohjeistot perusteella. Ne perustuvat terveydenhuoltoalan yhteisiin arvoihin, ja
keskeisinä niissä on ihmisarvon ja itsemääräämisoikeuden kunnioittaminen, ihmis-
elämän suojeleminen ja terveyden edistäminen. (ETENE 2001, 4.) Tässä tutkimuksessa
käytettiin ihmisperäisiä näytteitä lämpötilamuutosten sekä osasuureiden mittaukses-
sa. Tutkimuksessa ei ollut oleellista potilaaseen liittyvät taustatiedot eikä niitä myös-
kään missään vaiheessa tullut tutkimuksen tekijän tietoon. Näytteet käsiteltiin ano-
nymisti ja ne identifioitiin juoksevilla numeroilla analysoinnin yhteydessä. Tutkimuk-
sen tuloksena verikaasuanalyysin preanalyttisen vaiheen ja erityisesti näytteen kul-
jetukseen liittyvään jäähdätyksen osalta tiedetään näytteen jäähtymisen laatu. Myös
osasuureiden muutokset pitkäaikaisessa jäähdätyksessä tiedetään ja tulosten pohjal-
ta voidaan tehdä arvioita näytteiden säilymisestä ajan suhteen. Näin voidaan varmis-
taa luotettavat tutkimustulokset ja potilas saa parhaan mahdollisen hoidon. Täten
ETENEn julkaisussa (2001, 4) mainittu terveyden edistäminen toteutuu tässä tutki-
muksessa.

6.4 Tutkimuksen kehittämisideat

Tässä tutkimuksessa kylmähauteen jäähdytysteho selvitettiin verikaasuruiskuilla kolmen mittauskerran avulla ja kapillaareilla kerran. Tutkimuksen tuloksien luotettavuuden kannalta jatkotutkimusaiheena voisi olla kylmähauteen jäähdytystehon tutkiminen useammilla mittauksilla. Tässä tutkimuksessa havaittuihin tuloksiin arveltiin vaikuttaneen monet muuttujat kuten huoneilman sekä kylmähauteiden jäähdytyksessä käytetyn kylmäkaapin lämpötilat. Kylmähauteen jäähdytysteho voitaisiin selvittää vakioituissa olosuhteissa, joissa huonelämpötila olisi tasainen ja kylmähauteet jäähdytetäisiin +0–6 °C lämpötilassa. Näin nähtäisiin myös ero tässä tutkimuksessa havaitun ja oikeassa jäähdytyslämpötilassa jäähdytettyjen kylmähauteiden jäähdytystehon välillä.

Osasuureiden mittaamisessa otoskoko oli vain 20. Luotettavampien tulosten saamiseksi otoskokoja pitäisi kuitenkin kasvattaa. Tutkimusprosessissa näytteenotosta kulunut aika tutkimuksen ensimmäiseen mittaukseen ei vakioitu. Täten tutkimustuloksissa voi olla näytteenotosta analyysiin kuluneeseen aikaan liittyvää poikkeamaa. Luotettavampien tulosten saamiseksi tämä aika sekä näytteen lämmittämiseen kulunut aika tulisi vakioida.

6.5 Oma oppiminen ja ammatillinen kasvu

Savonia-ammattikorkeakoulun bioanalytiikan koulutusohjelmassa opinnäytetyön tavoitteena on tehdä tutkimuksia, selvityksiä tai kehittämistöitä, joissa tiedonkeruun lisäksi tieto tulkitaan ja kootaan kirjalliseen muotoon, ja toimeksiannon mukaan mahdollisesti toteutetaan myös työhön sopiva tuotos. Tämä vaatii opiskelijalta taitoa työn kuvaamisessa kirjallisesti sekä myös kykyä perustella työssä tehtyjä valintoja. (Savonia-amk opintosuunnitelma.) Tässä opinnäytetyössäni hankin lämpötilamittauksilla tietoa kylmähaudevaihtoehtojen jäähdytystehosta sekä verikaasuanalyysin osasuureiden muutoksesta pidempiaikaisessa säilytyksessä. Verikaasuanalyysissä käytettävän kylmähauteen jäähdytystehon selvittäminen oli moniulotteinen ja useista työvaiheista koostuva työkokonaisuus. Kaikilla tehdyillä työvaiheilla oli kuitenkin sama lopputavoite. Prosessin järjestelmällinen suorittaminen ja sen osien hallinta kasvatti organisointikykyä. Tutkimuksen eri vaiheissa peruskysymykset olivat mitä teen, miksi teen ja miten teen. Kylmähaudevaihtoehtojen jäähdytystehon selvittämisessä opin tutkimuksen suorittamisesta ja sen vaatimien tutkimusjärjestelyjen toteuttamisesta. Työn analyysivaiheessa tärkeää oli tuottaa tutkimusaineistosta tarpeelliset taulukot ja kuvaajat, joiden avulla tuloksia pystyi analysoimaan.

Opinnäytetyöprosessissa on tavoitteena käyttää myös näyttöön perustuvaa tietoa (Savonia-amk ops 2010). Tämän opinnäytetyön aloitin perehtymällä aiheesta aiemmin tehtyihin tutkimuksiin, joita käsittelin kirjallisuuskatsauksen muodossa. Tätä näyttöön perustuvaa tietoa käytin oman tutkimuksen tutkimusjärjestelyissä sekä tuloksien pohdinnassa vertailussa apuna. Oli tärkeää suhtautua kriittisesti ja soveltaen sekä aiempien tutkimusten että oman tutkimuksen tuloksien näyttöön.

Tutkimuksellinen osuus opinnäytetyöstä suoritettiin ISLABin kliinisen kemian laboratoriossa. Tutkimuksen kulkuun ja sen sisältöön liittyvissä asioissa neuvottelin työn toimeksiannosta vastanneen apulaisylikemisti Kari Savolaisen kanssa. Työn suorittamisessa ja mm. verikaasunäytteenotto- ja analyysiprosessin havainnoinnissa yhteistyötä oli kliinisen kemian laboratorion henkilökunnan kanssa. Yhteistyö opinnäytetyöprosessiin kuuluvien henkilöiden kanssa on myös yksi Savonia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyöprosessin tavoitteista (ops). Bioanalyytikon ammatinkuvaus (Bioanalytikkoliitto 2002, 2–3) vielä täydentää, että laboratoriotutkimusprosessissa bioanalytikko toimii sekä itsenäisesti että moniammatillisen työyhteisön jäsenenä.

Opinnäytetyöprosessissa opiskelija kehittyy ammatillisesti ja kehittää omaa ammatistaan (Savonia-amk ops 2010). Bioanalyytikon ammatinkuvauksen mukaan (Bioanalytikkoliitto 2002, 2–3) ammattitaidon perustan muodostaa kliinisen laboratoriotieteen teoreettinen tieto, ja pätevyys ammatissa rakentuu laboratoriopalveluprosessin preanalyttisen, analyttisen ja postanalyttisen vaiheen hallinnasta. Kylmähaukeen jäähdytystehon selvittämisessä keskityttiin verikaasuanalyysin preanalytiikkaan. Kirjallisuuskatsauksen, työprosessin havainnoinnin sekä oman selvityksen kautta preanalytiikan merkitys tutkimuksessa vahvistui. Bioanalyytikon on tärkeä ymmärtää oman työnsä laadun vaikutus tutkimustulosten laatuun ja paikkansapitävyyteen. Koska bioanalytikko vastaa suurelta osin verikaasunäytteiden ottamisesta ja analyysit tehdään laboratoriossa, on bioanalyytikon työllä verikaasuanalyysiin preanalyttisessä vaiheessa suuri vastuu. Tutkimusta tehdessä kasvatin omaa teoretietoa verikaasuanalyysistä sekä sen merkityksestä elimistön hyvinvointiin.

LÄHTEET

Ahola, T. 1994. Verikaasuanalyysi. *Moodi* 2, 94–98.

Alanko, A. & Laukkanen, P. 2012. Laajan valtimoverikaasunäytteen säilyvyys muoviruiskuissa [verkkajulkaisu]. Opinnäytetyö. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu [viitattu 9.4.2013]. Saatavissa: [http://theseus17-
kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/50186/Alanko_Annamari_Laukkanen_Piia.pdf?sequence=1](http://theseus17-
kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/50186/Alanko_Annamari_Laukkanen_Piia.pdf?sequence=1)

Anttila, P. 2007. Kokeelliset ja testaukseen perustuvat menetelmät. Virtuaaliammattikorkeakoulu. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.2.2013]. Saatavissa: <https://www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464131489/1194289356644/1194290120703.html>

Arola, O.J. 2006. Metabolinen asidoosi. Teoksessa Alahuhta, S. (toim.). *Nestehoito*. Helsinki: Duodecim, 54–62.

Beaulieu, M., Lapointe, Y. & Vinet, B. 1999. Stability of pO₂, pCO₂, and pH in fresh blood samples stored in a plastic syringe with low heparin in relation to various blood-gas and hematological parameters. *Clinical Biochemistry* [verkkajulkaisu]. 1999 nro 2, 101–107 [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com>

Bioanalytikkoliitto ry. 2002. Laboratoriohoitajan, bioanalytikon ammatinkuvaus [verkkajulkaisu] [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://www.bioanalytikkoliitto.fi/@Bin/30485/Ammatinkuvaus+esite.pdf>

Calaf, N., Giner, J., Codina, E., Feixas, T., González, M. & Casan, P. 2004. Comparison of arterial blood sample kits. *Archivos de Bronconeumología* [verkkootikkeli] 2004 nro 8, 378–380 [viitattu 21.2.2013]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com>

Daurès, M.-F., Vallat, C., Combescure, C. & Cristol, J.P. 2009. Arterial blood collection for gas and other analyses. Comparison of results obtained with three types of syringes. *Biotechnology & Biotechnology Equipment* [verkkootikkeli]. 2009 nro 2, 1259–1265 [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa: http://www.diagnosisp.com/dp/journals/view_pdf.php?journal_id=1&archive=1&issue_id=23&article_id=763&PHPSESSID=s39r9lvcrm5dq0ivnl1kf6l7t6

ETENE. Valtakunnallinen terveydenhuollon eettinen neuvottelukunta. ETENE-julkaisuja I. 2001. Terveydenhuollon yhteinen arvopohja, yhteiset tavoitteet ja periaatteet [verkkoartikkeli]. Sosiaali- ja terveysministeriö [viitattu 27.3.2013]. Saatavissa: http://www.etene.fi/c/document_library/get_file?folderId=17185&name=DLFE-543.pdf

Hedberg, P. (ym.) 2012. Näytteenoton käsikirja: Näytteenotto verikaasuanalyysiä varten [verkkotiedosto]. OYS [viitattu 18.1.2013]. Saatavissa: http://oyslab.fi/cgi-bin/ohjeet/Naytteenotto_verikaasuanalyysia_varten.pdf

Heikkilä, T. 2010. *Tilastollinen tutkimus*. 7.–8. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hirsjärvi, S. 2009a. Metodologiset ja teoreettiset lähtökohdat. *Tutki ja kirjoita*. Teoksessa Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 15. ja uudistettu painos. Helsinki: Tammi, 123–166.

Hirsjärvi, S. 2009b. Tieteelliselle tutkimustyölle asetetut vaatimukset. *Tutki ja kirjoita*. Teoksessa Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 15. ja uudistettu painos. Helsinki: Tammi, 18–27.

Inkinen, O. 2006. Metabolinen alkaloosi. Teoksessa Alahuhta, S. (toim.). *Nestehoito*. Helsinki: Duodecim, 63–66.

ISLAB. 2013. Itä-Suomen Laboratoriokeskuksen web-ohjekirja [verkkosivu]. Itä-Suomen laboratoriokeskuksen liikelaitoskuntayhtymä [viitattu 14.1.2013.] Saatavissa: <https://ekstra1.kuh.fi/csp/islabohje/labohje.csp?indeksi=2349>

ISLAB. 2012. Näytteenotto-ohjeita [verkkosivu]. Itä-Suomen laboratoriokeskuksen liikelaitoskuntayhtymä [viitattu 29.1.2013.] Saatavissa: <http://www.islab.fi/index.asp?tz=-2>

Jyväskylän yliopisto. Määrällinen tutkimus [verkkosivu] [viitattu 2.2.2013]. Saatavissa: <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>

Karppi, J. 2013. RE: Laitevertailupoikkeamarajat [sähköposti]. Vastaanottaja Sanna Tulkki. Lähetetty 10.4.2013 [viitattu 14.4.2013].

Knowles, T.P., Mullin, R.A., Hunter, J.A. & Douce, F.H. 2006. Effects of syringe material, sample storage time, and temperature on blood gases and oxygen saturation in arterialized human blood samples. *Respiratory Care* [verkkolehti]. 2006 nro 7, 732–736 [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa: <http://rc.rcjournal.com>

Kouri, T., Koskinen, P., Leppänen, O., Malminiemi, O., Pohja-Nylander, P., Pohjaväärä, S., Puukka, R. & Siloaho, M. 2002. Preanalyttisen mittausepävarmuuden laskeaminen. *Moodi* 4, 139–148.

Larmila, M. 2010. Hapto-emästasapainon häiriöt. Verikaasuanalyysinäytteenotto ja viitearvojen tulkinta. Teho- ja valvontahoitotyön opas. Duodecim [verkkoartikkeli] [viitattu 19.3.2013]. Saatavissa: http://www.terveysportti.fi/dtk/aho/koti?p_artikkeli=tht00022&p_haku=hapto-emästase

Linko, S. 2007. Labquality-päivät 8.2.2007: Preanalytiikkaa ja kliinistä analytiikkaa. Preanalytiikka; tärkeä osa analytiikan laatua. Luentotiivistelmä. *Moodi* 1, 21.

Liss, H.P. & Payne, C.P. 1993. Stability of blood gases in ice and at room temperature. *Chest* [verkkolehti]. 1993 nro 4, 1120–1122 [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa: <http://journal.publications.chestnet.org/>

Lu, J.-Y., Kao, J.-T., Chien, T.-I., Lee, T.-F. & Tsai, K.-S. 2003. Effects of air bubbles and tube transportation on blood oxygen tension in arterial blood gas analysis. *Journal of Formosan Medical Association* [verkkoartikkeli], 2003 nro 4, 246–249 [viitattu 21.2.2013]. Saatavissa: <http://fma.mc.ntu.edu.tw/jfma/PDF/2003-102/JFMA%20V102N04/246-249%20Effects.pdf>

Markkanen, H. 2000. Preanalytiikan yleisimpiä virhelähteitä ja mihin toiminnan parantamisessa tulisi kiinnittää huomiota. *Moodi* 6, 172–174.

Metsämuuronen, J. 2004. Pienten aineistojen analyysi. Parametrittomien menetelmien perusteet ihmistieteissä. Metodologia-sarja 9. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Müller-Plathe, O. & Heyduck, S. 1992. Stability of blood gases, electrolytes and haemoglobin in heparinized whole blood samples: Influence of the type of syringe. *European Journal of Clinical Chemistry and Biochemistry* [verkkolehti]. 1992 nro 6, 349–355 [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa:

<http://edoc.hu-berlin.de/oa/degruyter/ccbm.1992.30.6.349.pdf>

Mustajoki, P. 2013. Asidoosi (elimistön nesteiden liiallinen happamuus). Alkaloosi (elimistön nesteiden liiallinen emäksisyys). Lääkärikirjasto Duodecim [verkoartikkeli] [viitattu 18.3.2013]. Saatavissa: <http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti>

Penttilä, I. 2004. Elektrolyytti- ja happo-emästasapaino sekä nesteaitiot ja niiden tutkiminen. Teoksessa Penttilä, I. (toim.). *Kliiniset laboratoriotutkimukset*. Helsinki: WSOY, 152–171.

Piirilä, P. 2006. Respiratorinen asidoosi. Respiratorinen alkaloosi. Teoksessa Alahuhta, S. (toim.). *Nestehoito*. Helsinki: Duodecim, 67–76.

Pohja-Nylander, P. 2010. Näytteenotto verikaasuanalyysijä varten. Työohje [verkkotiedosto] [viitattu 18.1.2013.]. HUSLAB. Saatavissa: http://huslab.fi/preanalytiikan_kasikirja/verinaytteenotto/naytteenotto_verikaasuanalyysija_varten.pdf

Pretto, J.J. & Rochford, P.D. 1994. Effects of sample storage time, temperature and syringe type on blood gas tensions in samples with high oxygen partial pressures. *Thorax* [verkkolehti]. 1994 nro 49, 610–612 [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa: <http://thorax.bmj.com>

Reinikainen, M. 2006. Happo-emästasapaino. Teoksessa Alahuhta, S. (toim.). *Nestehoito*. Helsinki: Duodecim, 32–40.

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin [verkojulkaisu] [viitattu 23.1.2013]. Saatavissa: http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Salorinne, Y. 2003. Kaasujenvaihdunnan tutkiminen. Teoksessa Sovijärvi, A. & Aho, A. (toim.). *Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede*. Helsinki: Duodecim, 203–226.

Sarajärvi A., Mattila, L-R. & Rekola, L. 2011. *Näyttöön perustuva toiminta. Avain hoitotyön kehittymiseen*. Helsinki: WSOYpro Oy.

Savolainen, K. 2013. VS: Mittauksista, lähteistä [sähköposti]. Vastaanottaja Sanna Tulkki. Lähetetty 9.4.2013 [viitattu 14.4.2013].

Savonia-ammattikorkeakoulu. Bioanalytiikan koulutusohjelma. Opintosuunnitelma. Opinnäytetyö [verkkosivu] [viitattu 26.3.2013]. Saatavissa: <http://portal.savonia.fi/amk/fi/opiskelijalle/opetusuunnitelmat?konr=2410&ojnr=32226&yks=KS&tab=6>

Smeenk, F.W.J.M., Janssen, J.D.J., Arends, B.J., Harff, G.A., van den Bosch, J.A., Schönberger, J.P.A.M. & Postmus, P.E. 1997. Effects of four different methods of sampling arterial blood and storage time on gas tensions and shunt calculation in the 100% oxygen test. *European Respiratory Journal* [verkkolehti]. 1997 nro 10, 910–913 [viitattu 21.3.2013]. Saatavissa: <http://www.ersj.org.uk/content/10/4/910.full.pdf+html>

Thompson, E. G. 2010. Arterial blood gases [verkkoartikkeli]. WebMD. Lung Disease & Respiratory Health Center. [viitattu 14.1.2013]. Saatavissa: <http://www.webmd.com/lung/arterial-blood-gases>

Tuokko, S., Rautajoki, A. & Lehto L. 2008. *Kliiniset laboratorionäytteet – opas näytteiden ottoon varten*. Helsinki: Tammi.

Väisänen, S., Metsävainio, K. & Romppanen, J. 2006. Preanalyttisistä virhetekijöistä verikaasuanalysointoreilla tehtävissä analyyseissä. *Finnanest* [verkkajulkaisu] 39, 121–123 [viitattu 19.1.2013]. Saatavissa: http://www.finnanest.fi/files/a_vaisanen.pdf

Siloaho, M. 2000. Miten näyte saadaan säilymään analysointiin saakka? *Moodi* 6, 185–189.

Uotila, L. 2010. Neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapaino. Teoksessa Niemelä O. & Pulkki, K. (toim.). *Laboratoriolääketiede. Kliininen kemia ja lääketiede*. 3.painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy, 93–120.

Wennecke G. & Juel, G. 2007. Avoidin preanalytical errors in blood gas testing. Esite. Radiometer Medical ApS. Denmark: Radiometer Medical ApS.

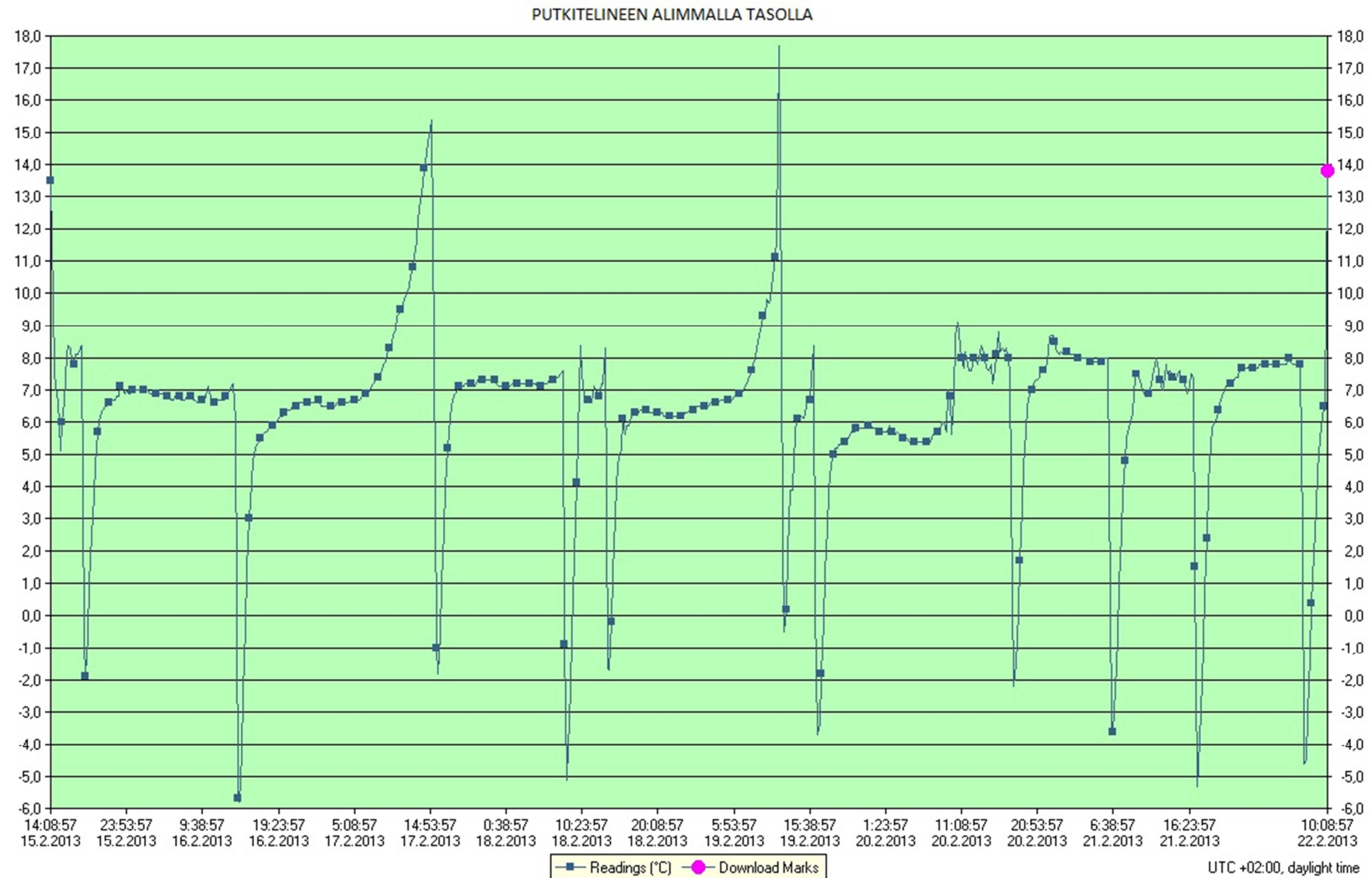
Kuvaluettelo

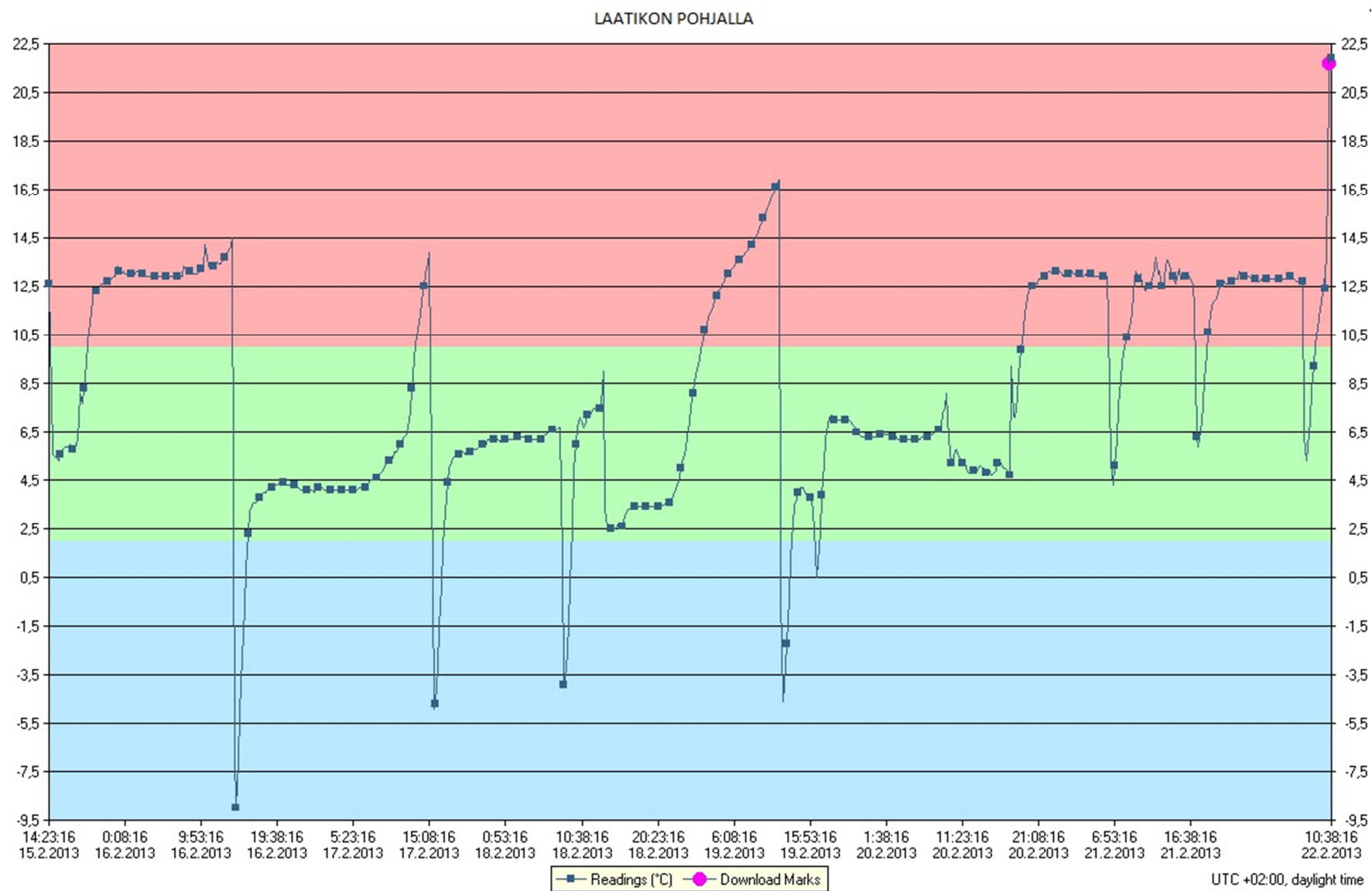
- KUVA 1. Elimistön häiriötilat. Salorinne, Y. Kaasujenvaihdunnan tutkiminen. Teoksessa Sovijärvi, A. & Ahonen, A. (toim.). 2003. *Klininen fysiologia ja isotooppilääketiede*. Helsinki: Duodecim, 203–226.
- KUVA 2. Kylmähauteen jäähdytystehon selvittäminen verikaasuruiskuilla. 2013. Sanna Tulkki.
- KUVA 3. Kylmähauteen jäähdytystehon selvittäminen verikaasukapillaareilla. 2013. Sanna Tulkki.
- KUVA 4. Jäähdytyslaatikko ja Thermometerin BAT-10 -referenssimittari. 2013. Sanna Tulkki.
- KUVA 5. Keytag -lampötilaloggeri tulosten purkulaitteessa. Teknocalor Oy Ab [verkkosivu] [viitattu 9.4.2013]. Saatavissa: <http://www.teknocalor.fi/fi/mittauslaitteet/tuotteet/lampotila-ja-kosteus/lampotilaloggerit/keytag-loggerit>

KYLMÄHAUTEEN JÄÄHDYTYSTEHO VERIKAASURUISKUILLA

Näytteen lämpötila/ aika/ kylmähaude	0		10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1. Cool ID	36,9 °C	1.	17,1	15,4	14,3	15,1	15,8	16,8
		2.	19,8	16,8	15,9	15,6	16,6	17,6
		3.	17,4	13,3	13,1	14,1	15,0	15,6
		KA	18,1	15,2	14,4	14,9	15,8	16,7
2. Mekalasi	36,9 °C	1.	15,5	14,4	15,1	15,7	16,5	16,9
		2.	18,2	15,9	17,0	17,3	17,9	18,2
		3.	18,4	16,3	15,8	15,4	15,7	16,5
		KA	17,4	15,5	16,0	16,1	16,7	17,2
3. Islabin kylmähaude	36,9 °C	1.	15,4	13,0	13,3	13,5	14,5	15,1
		2.	16,7	13,5	13,4	14,1	14,5	15,2
		3.	16,9	12,8	12,6	13,0	13,5	14,0
		KA	16,3	13,1	13,1	13,5	14,2	14,8
4. Kylmävaraaja	36,9 °C	1.	16,7	12,8	12,0	12,4	12,6	13,6
		2.	19,3	15,3	13,8	14,1	14,5	16,5
		3.	21,3	15,2	14,2	14,0	14,3	15,1
		KA	19,1	14,4	13,3	13,5	13,8	15,1
5. Jäämurska, pieni	36,9 °C	1.	9,1	3,6	3,6	3,9	4,1	6,1
		2.	10,0	5,0	6,3	8,5	10,1	11,0
		3.	8,4	4,1	3,4	4,7	10,1	10,2
		KA	9,2	4,2	4,4	5,7	8,1	9,1
6. Jäämurska, iso	36,9 °C	1.	11,1	5,0	3,4	3,0	2,7	2,6
		2.	9,9	4,2	3,9	2,5	3,2	-
		3.	14,0	6,2	3,9	5,1	3,2	3,0
		KA	11,7	5,1	3,7	3,5	3,0	2,8

JÄÄHDYTYSLAATIKON SISÄLÄMPÖTILAN PITKÄAIKAISSEURANTA





OSASUUREIDEN TULOKSET

OSASUURE				pCO2						Hiilidioksidiosapaine, kPa			
Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min					
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti				
1.	5,69	5,82	5,99	0,13	2,3	0,30	5,3	0,17	2,9				
2.	4,63	4,68	4,71	0,05	1,1	0,08	1,7	0,03	0,6				
3.	5,74	5,77	5,78	0,03	0,5	0,04	0,7	0,01	0,2				
4.	5,49	5,58	5,67	0,09	1,6	0,18	3,3	0,09	1,6				
5.	4,46	4,53	4,57	0,07	1,6	0,11	2,5	0,04	0,9				
6.	5,21	5,37	5,32	0,16	3,1	0,11	2,1	-0,05	-0,9				
7.	7,49	7,68	7,65	0,19	2,5	0,16	2,1	-0,03	-0,4				
8.	6,34	6,45	6,50	0,11	1,7	0,16	2,5	0,05	0,8				
9.	5,35	5,55	5,77	0,20	3,7	0,42	7,9	0,22	4,0				
10.	6,52	6,69	6,74	0,17	2,6	0,22	3,4	0,05	0,7				
11.	5,99	6,07	6,08	0,08	1,3	0,09	1,5	0,01	0,2				
12.	5,16	5,27	5,23	0,11	2,1	0,07	1,4	-0,04	-0,8				
13.	5,55	5,61	5,60	0,06	1,1	0,05	0,9	-0,01	-0,2				
14.	4,40	4,48	4,45	0,08	1,8	0,05	1,1	-0,03	-0,7				
15.	6,18	6,29	6,27	0,11	1,8	0,09	1,5	-0,02	-0,3				
16.	5,64	6,02	6,21	0,38	6,7	0,57	10,1	0,19	3,2				
17.	5,36	5,51	5,55	0,15	2,8	0,19	3,5	0,04	0,7				
18.	4,97	5,05	5,06	0,08	1,6	0,09	1,8	0,01	0,2				
19.	6,75	7,06	7,25	0,31	4,6	0,50	7,4	0,19	2,7				
20.	4,55	4,78	4,82	0,23	5,1	0,27	5,9	0,04	0,8				
KA				0,14	2,49	0,19	3,33	0,05	0,81				
Keskihajonta				0,09	1,53	0,15	2,63	0,08	1,39				
Muutos max				0,38	6,74	0,57	10,11	0,22	3,96				
Muutos min				0,03	0,52	0,04	0,70	-0,05	-0,93				

OSASUURE pH

NÄYTE	Mittausajankohdat:			MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	7,43	7,42	7,41	-0,01	-0,1	-0,02	-0,3	-0,01	-0,1
2.	7,39	7,38	7,38	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1	0	0
3.	7,46	7,45	7,45	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1	0	0
4.	7,40	7,39	7,38	-0,01	-0,1	-0,02	-0,3	-0,01	-0,1
5.	7,45	7,44	7,43	-0,01	-0,1	-0,02	-0,3	-0,01	-0,1
6.	7,43	7,42	7,42	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1	0	0
7.	7,25	7,25	7,24	0	0	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1
8.	7,40	7,39	7,39	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1	0	0
9.	7,44	7,42	7,40	-0,02	-0,3	-0,04	-0,5	-0,02	-0,3
10.	7,40	7,40	7,39	0	0	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1
11.	7,37	7,36	7,36	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1	0	0
12.	7,41	7,39	7,39	-0,02	-0,3	-0,02	-0,3	0	0
13.	7,45	7,45	7,44	0	0	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1
14.	7,48	7,47	7,47	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1	0	0
15.	7,31	7,31	7,30	0	0	-0,01	-0,1	-0,01	-0,1
16.	7,40	7,38	7,37	-0,02	-0,3	-0,03	-0,4	-0,01	-0,1
17.	7,42	7,39	7,39	-0,03	-0,4	-0,03	-0,4	0	0
18.	7,49	7,47	7,47	-0,02	-0,3	-0,02	-0,3	0	0
19.	7,33	7,31	7,30	-0,02	-0,3	-0,03	-0,4	-0,01	-0,1
20.	7,39	7,37	7,37	-0,02	-0,3	-0,02	-0,3	0	0
KA				-0,01	-0,16	-0,02	-0,24	-0,01	-0,07
Keskihajonta				0,01	0,11	0,01	0,12	0,01	0,08
Muutos max				0,00	0,00	-0,01	-0,13	0,00	0,00
Muutos min				-0,03	-0,40	-0,04	-0,54	-0,02	-0,27

OSASUURE				pO2		Happiosapaine, kPa			
NÄYTE	Mittausajankohdat:			MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	11,63	11,72	12,02	0,09	0,8	0,39	3,4	0,30	2,6
2.	15,79	16,14	16,65	0,35	2,2	0,86	5,4	0,51	3,2
3.	14,46	14,80	15,11	0,34	2,4	0,65	4,5	0,31	2,1
4.	8,14	8,15	8,16	0,01	0,1	0,02	0,2	0,01	0,1
5.	7,13	7,19	7,34	0,06	0,8	0,21	2,9	0,15	2,1
6.	16,79	17,69	18,20	0,90	5,4	1,41	8,4	0,51	2,9
7.	13,17	13,51	13,97	0,34	2,6	0,80	6,1	0,46	3,4
8.	13,13	13,68	14,05	0,55	4,2	0,92	7,0	0,37	2,7
9.	8,16	8,23	8,28	0,07	0,9	0,12	1,5	0,05	0,6
10.	12,00	12,06	12,62	0,06	0,5	0,62	5,2	0,56	4,6
11.	10,51	10,86	11,23	0,35	3,3	0,72	6,9	0,37	3,4
12.	12,59	13,47	13,67	0,88	7,0	1,08	8,6	0,20	1,5
13.	13,93	13,99	14,69	0,06	0,4	0,76	5,5	0,70	5,0
14.	19,56	20,06	20,43	0,50	2,6	0,87	4,4	0,37	1,8
15.	3,80	3,88	3,91	0,08	2,1	0,11	2,9	0,03	0,8
16.	10,48	10,43	10,35	-0,05	-0,5	-0,13	-1,2	-0,08	-0,8
17.	9,58	9,73	9,82	0,15	1,6	0,24	2,5	0,09	0,9
18.	9,26	9,20	9,12	-0,06	-0,6	-0,14	-1,5	-0,08	-0,9
19.	11,36	11,77	11,99	0,41	3,6	0,63	5,5	0,22	1,9
20.	14,89	15,96	16,52	1,07	7,2	1,63	10,9	0,56	3,5
KA				0,31	2,32	0,59	4,45	0,28	2,07
Keskihajonta				0,33	2,26	0,49	3,23	0,23	1,61
Muutos max				1,07	7,19	1,63	10,95	0,70	5,00
Muutos min				-0,06	-0,65	-0,14	-1,51	-0,08	-0,87

OSASUURE				HCO ₃ -		Bikarbonaatti, mmol/l			
Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	27,1	26,8	26,9	-0,3	-1,1	-0,2	-0,7	0,1	0,4
2.	21,3	21,2	21,0	-0,1	-0,5	-0,3	-1,4	-0,2	-0,9
3.	29,4	29,2	29,1	-0,2	-0,7	-0,3	-1,0	-0,1	-0,3
4.	24,6	24,4	24,2	-0,2	-0,8	-0,4	-1,6	-0,2	-0,8
5.	23,4	23,2	23,0	-0,2	-0,9	-0,4	-1,7	-0,2	-0,9
6.	25,2	25,6	25,0	0,4	1,6	-0,2	-0,8	-0,6	-2,3
7.	21,2	21,8	21,1	0,6	2,8	-0,1	-0,5	-0,7	-3,2
8.	27,8	27,5	27,6	-0,3	-1,1	-0,2	-0,7	0,1	0,4
9.	26,1	25,9	25,8	-0,2	-0,8	-0,3	-1,1	-0,1	-0,4
10.	28,4	28,6	28,4	0,2	0,7	0	0	-0,2	-0,7
11.	24,1	24,1	23,9	0	0	-0,2	-0,8	-0,2	-0,8
12.	23,8	23,2	23,1	-0,6	-2,5	-0,7	-2,9	-0,1	-0,4
13.	28,0	28,1	27,3	0,1	0,4	-0,7	-2,5	-0,8	-2,8
14.	25,0	25,0	24,7	0	0	-0,3	-1,2	-0,3	-1,2
15.	20,8	20,7	20,1	-0,1	-0,5	-0,7	-3,4	-0,6	-2,9
16.	24,9	25,3	25,2	0,4	1,6	0,3	1,2	-0,1	-0,4
17.	25,1	24,1	24,0	-1,0	-4,0	-1,1	-4,4	-0,1	-0,4
18.	28,1	27,4	27,3	-0,7	-2,5	-0,8	-2,8	-0,1	-0,4
19.	24,3	23,7	23,8	-0,6	-2,5	-0,5	-2,1	0,1	0,4
20.	20,7	20,8	20,8	0,1	0,5	0,1	0,5	0	0
KA				-0,14	-0,51	-0,35	-1,40	-0,22	-0,89
Keskihajonta				0,39	1,60	0,33	1,34	0,26	1,09
Muutos max				0,60	2,83	0,30	1,20	0,10	0,42
Muutos min				-1,00	-3,98	-1,10	-4,38	-0,80	-3,21

OSASUURE BE Emäsyylimäärä, mmol/l

Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	2,9	2,7	2,7	-0,2	-6,9	-0,2	-6,9	0	0
2.	-3,8	-4,0	-4,2	-0,2	5,3	-0,4	10,5	-0,2	5,0
3.	5,4	5,2	5,1	-0,2	-3,7	-0,3	-5,6	-0,1	-1,9
4.	0,2	0	-0,3	-0,2	-100	-0,5	-250,0	-0,3	
5.	-1,1	-1,3	-1,5	-0,2	18,2	-0,4	36,4	-0,2	15,4
6.	0,8	1,2	0,5	0,4	50,0	-0,3	-37,5	-0,7	-58,3
7.	-3,9	-3,2	-4,1	0,7	-17,9	-0,2	5,1	-0,9	28,1
8.	3,7	3,4	3,4	-0,3	-8,1	-0,3	-8,1	0,0	0,0
9.	2,0	1,8	1,7	-0,2	-10,0	-0,3	-15,0	-0,1	-5,6
10.	4,4	4,7	4,4	0,3	6,8	0	0	-0,3	-6,4
11.	-0,4	-0,4	-0,6	0	0	-0,2	50,0	-0,2	50,0
12.	-0,8	-1,6	-1,6	-0,8	100,0	-0,8	100,0	0	0
13.	3,9	4,0	3,1	0,1	2,6	-0,8	-20,5	-0,9	-22,5
14.	0,6	0,5	0,2	-0,1	-16,7	-0,4	-66,7	-0,3	-60,0
15.	-3,4	-3,4	-4,1	0	0	-0,7	20,6	-0,7	20,6
16.	0,5	1,0	0,9	0,5	100,0	0,4	80,0	-0,1	-10,0
17.	0,7	-0,5	-0,5	-1,2	-171,4	-1,2	-171,4	0	0
18.	4,1	3,3	3,3	-0,8	-19,5	-0,8	-19,5	0	0
19.	-0,2	-0,9	-0,8	-0,7	350,0	-0,6	300,0	0,1	-11,1
20.	-4,5	-4,4	-4,5	0,1	-2,2	0	0	-0,1	2,3
KA				-0,15	13,82	-0,40	0,07	-0,25	-2,87
Keskihajonta				0,47	97,92	0,35	105,05	0,31	25,42
Muutos max				0,70	350,00	0,40	300,00	0,10	50,00
Muutos min				-1,20	-171,43	-1,20	-250,00	-0,90	-60,00

OSASUURE				Hb		Hemoglobiini, g/l			
Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	88		113			25	28,4		
2.	101	105	100	4	4,0	-1	-1,0	-5	-4,8
3.	83	86	91	3	3,6	8	9,6	5	5,8
4.	87	88	90	1	1,1	3	3,4	2	2,3
5.	98	100	99	2	2,0	1	1,0	-1	-1,0
6.	87	75	104	-12	-13,8	17	19,5	29	38,7
7.	110	107	110	-3	-2,7	0	0	3	2,8
8.	93	102	92	9	9,7	-1	-1,1	-10	-9,8
9.	105	108	117	3	2,9	12	11,4	9	8,3
10.	97	100	109	3	3,1	12	12,4	9	9,0
11.	92	93	111	1	1,1	19	20,7	18	19,4
12.	104	138	123	34	32,7	19	18,3	-15	-10,9
13.	99	94	118	-5	-5,1	19	19,2	24	25,5
14.	97	94	101	-3	-3,1	4	4,1	7	7,4
15.	106	110	125	4	3,8	19	17,9	15	13,6
16.	109	110	109	1	0,9	0	0	-1	-0,9
17.	92	120	122	28	30,4	30	32,6	2	1,7
18.	103	125		22	21,4				
19.	121	127	133	6	5,0	12	9,9	6	4,7
20.	86	107	111	21	24,4	25	29,1	4	3,7
KA				6,26	6,39	11,74	12,40	5,61	6,42
Keskihajonta				11,76	12,23	9,97	10,89	11,00	12,11
Muutos max				34,00	32,69	30,00	32,61	29,00	38,67
Muutos min				-12,00	-13,79	-1,00	-1,08	-15,00	-10,87

OSASUURE				sO ₂		Happisaturaatio, %			
Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	96,6		96,7			0,1	0,1		
2.	98,0	98,0	98,0	0	0	0	0	0	0
3.	98,0	98,0	98,2	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2
4.	90,7	90,5	90,6	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	0,1	0,1
5.	86,0	85,7	86,5	-0,3	-0,3	0,5	0,6	0,8	0,9
6.	98,4		98,4			0	0		
7.	97,0	97,5	97,3	0,5	0,5	0,3	0,3	-0,2	-0,2
8.	97,5	97,7	97,8	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1
9.	90,4	90,3	90,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2
10.	96,6	96,8	97,0	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2
11.	95,1	95,5	95,9	0,4	0,4	0,8	0,8	0,4	0,4
12.	97,0	97,5	97,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0
13.	98,0	98,0	98,2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2
14.	98,7	98,7	98,6	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
15.	46,0	46,6	47,2	0,6	1,3	1,2	2,6	0,6	1,3
16.	94,6	94,4	94,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1
17.	95,1	95,1	95,1	0	0	0	0	0	0
18.	94,4	94,4		0	0				
19.	96,3	96,4	96,5	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
20.	97,8	98,1	97,9	0,3	0,3	0,1	0,1	-0,2	-0,2
KA				0,11	0,15	0,21	0,29	0,11	0,16
Keskihajonta				0,26	0,38	0,37	0,63	0,28	0,40
Muutos max				0,60	1,30	1,20	2,61	0,80	1,29
Muutos min				-0,30	-0,35	-0,30	-0,33	-0,20	-0,22

OSASUURE			Na+	Natrium, mmol/l					
NÄYTE	Mittausajankohdat:			MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	136,6	136,7	137,4	0,1	0,1	0,8	0,6	0,7	0,5
2.	149,0	148,8	148,6	-0,2	-0,1	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1
3.	132,5	133,0	132,8	0,5	0,4	0,3	0,2	-0,2	-0,2
4.	132,7	132,5	132,9	-0,2	-0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
5.	132,9	132,9	132,6	0	0	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2
6.	135,1	135,3	135,8	0,2	0,1	0,7	0,5	0,5	0,4
7.	141,2	142,6	141,4	1,4	1,0	0,2	0,1	-1,2	-0,8
8.	133,7	133,7	134,0	0	0	0,3	0,2	0,3	0,2
9.	132,6	132,6	133,3	0	0	0,7	0,5	0,7	0,5
10.	138,8	138,6	139,8	-0,2	-0,1	1,0	0,7	1,2	0,9
11.	138,0	139,1	137,9	1,1	0,8	-0,1	-0,1	-1,2	-0,9
12.	138,7	138,6	138,5	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1
13.	139,1	138,1	138,5	-1,0	-0,7	-0,6	-0,4	0,4	0,3
14.	135,7	134,8	135,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,4	0,4	0,3
15.	140,9	139,6	140,4	-1,3	-0,9	-0,5	-0,4	0,8	0,6
16.	136,9	136,3	137,0	-0,6	-0,4	0,1	0,1	0,7	0,5
17.	146,0	146,5	146,4	0,5	0,3	0,4	0,3	-0,1	-0,1
18.	133,4	133,5	134,1	0,1	0,1	0,7	0,5	0,6	0,4
19.	136,0	137,7	137,3	1,7	1,2	1,3	1,0	-0,4	-0,3
20.	142,9	144,0	143,7	1,1	0,8	0,8	0,6	-0,3	-0,2
KA				0,11	0,08	0,25	0,18	0,14	0,10
Keskihajonta				0,78	0,56	0,55	0,40	0,64	0,46
Muutos max				1,70	1,25	1,30	0,96	1,20	0,87
Muutos min				-1,30	-0,92	-0,60	-0,43	-1,20	-0,86

OSASUURE				K+		Kalium, mmol/l					
Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min			
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti		
1.	3,74	3,73	3,87	-0,01	-0,3	0,13	3,5	0,14	3,8		
2.	3,49	3,50	3,54	0,01	0,3	0,05	1,4	0,04	1,1		
3.	3,61	3,61	3,63	0	0	0,02	0,6	0,02	0,6		
4.	3,48	3,46	3,52	-0,02	-0,6	0,04	1,1	0,06	1,7		
5.	4,18	4,19	4,24	0,01	0,2	0,06	1,4	0,05	1,2		
6.	4,14	4,15	4,23	0,01	0,2	0,09	2,2	0,08	1,9		
7.	4,74	4,81	4,84	0,07	1,5	0,1	2,1	0,03	0,6		
8.	3,82	3,85	3,91	0,03	0,8	0,09	2,4	0,06	1,6		
9.	3,53	3,56	3,66	0,03	0,8	0,13	3,7	0,10	2,8		
10.	4,25	4,31	4,41	0,06	1,4	0,16	3,8	0,10	2,3		
11.	4,43	4,55	4,40	0,12	2,7	-0,03	-0,7	-0,15	-3,3		
12.	4,26	4,24	4,27	-0,02	-0,5	0,01	0,2	0,03	0,7		
13.	3,59	3,53	3,61	-0,06	-1,7	0,02	0,6	0,08	2,3		
14.	3,44	3,39	3,43	-0,05	-1,5	-0,01	-0,3	0,04	1,2		
15.	3,05	3,02	3,09	-0,03	-1,0	0,04	1,3	0,07	2,3		
16.	3,31	3,30	3,37	-0,01	-0,3	0,06	1,8	0,07	2,1		
17.	4,35	4,40	4,42	0,05	1,1	0,07	1,6	0,02	0,5		
18.	4,30	4,34	4,41	0,04	0,9	0,11	2,6	0,07	1,6		
19.	5,16	5,25	5,34	0,09	1,7	0,18	3,5	0,09	1,7		
20.	3,23	3,30	3,32	0,07	2,2	0,09	2,8	0,02	0,6		
KA				0,02	0,41	0,07	1,78	0,05	1,37		
Keskihajonta				0,05	1,17	0,06	1,30	0,06	1,39		
Muutos max				0,12	2,71	0,18	3,76	0,14	3,75		
Muutos min				-0,06	-1,67	-0,03	-0,68	-0,15	-3,30		

**OSASUURE Ca++
(pH7,4)**
Kalsium, mmol/l

NÄYTE	Mittausajankohdat:			MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	1,06	1,07	1,06	0,01	0,94	0	0	-0,01	-0,9
2.	1,07	1,06	1,05	-0,01	-0,93	-0,02	-1,87	-0,01	-0,9
3.	1,09	1,08	1,07	-0,01	-0,92	-0,02	-1,83	-0,01	-0,9
4.	1,13	1,12	1,12	-0,01	-0,88	-0,01	-0,88	0	0
5.	1,09	1,09	1,07	0	0	-0,02	-1,83	-0,02	-1,8
6.	1,12	1,12	1,13	0	0	0,01	0,89	0,01	0,9
7.	1,10	1,10	1,09	0	0	-0,01	-0,91	-0,01	-0,9
8.	1,12	1,12	1,12	0	0	0	0	0	0
9.	1,19	1,18	1,17	-0,01	-0,84	-0,02	-1,68	-0,01	-0,8
10.	1,08	1,07	1,08	-0,01	-0,93	0	0	0,01	0,9
11.	1,09	1,09	1,11	0	0	0,02	1,83	0,02	1,8
12.	1,08	1,08	1,08	0	0	0	0	0	0
13.	1,12	1,11	1,11	-0,01	-0,89	-0,01	-0,89	0	0
14.	1,08	1,08	1,08	0	0	0	0	0	0
15.	0,24		0,24			0	0		
16.	1,13	1,11	1,11	-0,02	-1,77	-0,02	-1,77	0	0
17.	1,15	1,17	1,15	0,02	1,74	0	0	-0,02	-1,7
18.	1,21	1,19	1,20	-0,02	-1,65	-0,01	-0,83	0,01	0,8
19.	1,29	1,31	1,29	0,02	1,55	0	0	-0,02	-1,5
20.	0,92	0,92	0,93	0	0	0,01	1,09	0,01	1,1
KA				0,00	-0,24	0	-0,43	0	-0,21
Keskihajonta				0,01	0,94	0,01	1,05	0,01	1,02
Muutos max				0,02	1,74	0,02	1,83	0,02	1,83
Muutos min				-0,02	-1,77	-0,02	-1,87	-0,02	-1,83

OSASUURE				Cl-		Kloridi, mmol/l			
NÄYTE	Mittausajankohdat:			MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min	
	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti
1.	106	106	106	0	0	0	0	0	0
2.	121	121	121	0	0	0	0	0	0
3.	102	103	103	1	1,0	1	1,0	0	0
4.	106	106	106	0	0	0	0	0	0
5.	103	103	104	0	0	1	1,0	1	1,0
6.	106	106	106	0	0	0	0	0	0
7.	112	116	112	4	3,6	0	0	-4	-3,4
8.	104	103	103	-1	-1,0	-1	-1,0	0	0
9.	103	103	102	0	0	-1	-1,0	-1	-1,0
10.	106	106	106	0	0	0	0	0	0
11.	110	111	112	1	0,9	2	1,8	1	0,9
12.	108	109	109	1	0,9	1	0,9	0	0
13.	106	108	107	2	1,9	1	0,9	-1	-0,9
14.	108	109	109	1	0,9	1	0,9	0	0
15.	105	107	106	2	1,9	1	1,0	-1	-0,9
16.	106	107	107	1	0,9	1	0,9	0	0
17.	121	117	118	-4	-3,3	-3	-2,5	1	0,9
18.	103	102	102	-1	-1,0	-1	-1,0	0	0
19.	106	106	106	0	0	0	0	0	0
20.	117	117	117	0	0	0	0	0	0
KA				0,35	0,34	0,15	0,15	-0,20	-0,18
Keskihajonta				1,53	1,35	1,09	0,98	1,06	0,93
Muutos max				4,00	3,57	2,00	1,82	1,00	0,97
Muutos min				-4,00	-3,31	-3,00	-2,48	-4,00	-3,45

OSASUURE				Glu		Glukoosi, mmol/l					
Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min			
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti		
1.	7,0	7,0	7,0	0	0	0	0	0	0		
2.	6,2	6,3	6,1	0,1	1,6	-0,1	-1,6	-0,2	-3,2		
3.	6,3	6,1	6,1	-0,2	-3,2	-0,2	-3,2	0	0		
4.	9,9	9,8	9,9	-0,1	-1,0	0	0	0,1	1,0		
5.	6,3	6,1	6,1	-0,2	-3,2	-0,2	-3,2	0	0		
6.	7,0	7,1	6,8	0,1	1,4	-0,2	-2,9	-0,3	-4,2		
7.	7,1	7,0	6,9	-0,1	-1,4	-0,2	-2,8	-0,1	-1,4		
8.	6,0	6,0	5,6	0	0	-0,4	-6,7	-0,4	-6,7		
9.	6,5	6,3	6,0	-0,2	-3,1	-0,5	-7,7	-0,3	-4,8		
10.	5,7	5,8	5,6	0,1	1,8	-0,1	-1,8	-0,2	-3,4		
11.	7,8	7,8	8,0	0	0	0,2	2,6	0,2	2,6		
12.	5,0	4,7	4,8	-0,3	-6,0	-0,2	-4,0	0,1	2,1		
13.	7,4	7,2	7,1	-0,2	-2,7	-0,3	-4,1	-0,1	-1,4		
14.	6,6	6,6	6,6	0	0	0	0	0	0		
15.	5,0	4,8	4,7	-0,2	-4,0	-0,3	-6,0	-0,1	-2,1		
16.	9,2	9,0	8,7	-0,2	-2,2	-0,5	-5,4	-0,3	-3,3		
17.	5,9	5,9	5,7	0	0	-0,2	-3,4	-0,2	-3,4		
18.	8,7	8,6	8,5	-0,1	-1,1	-0,2	-2,3	-0,1	-1,2		
19.	8,6	8,3	8,2	-0,3	-3,5	-0,4	-4,7	-0,1	-1,2		
20.	5,2	5,2	5,2	0	0	0	0	0	0		
KA				-0,09	-1,33	-0,19	-2,85	-0,10	-1,53		
Keskihajonta				0,13	2,08	0,18	2,57	0,16	2,36		
Muutos max				0,10	1,75	0,20	2,56	0,20	2,56		
Muutos min				-0,30	-6,00	-0,50	-7,69	-0,40	-6,67		

OSASUURE				Lac		Laktaatti, mmol/l					
Mittausajankohdat:				MUUTOS 0-30 min		MUUTOS 0-60 min		MUUTOS 30-60min			
NÄYTE	0 min	30 min	60 min	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti	Yksikkö	Prosentti		
1.	1,34	1,50	1,65	0,16	11,9	0,31	23,1	0,15	10,0		
2.	2,19	2,33	2,48	0,14	6,4	0,29	13,2	0,15	6,4		
3.	1,36	1,50	1,63	0,14	10,3	0,27	19,9	0,13	8,7		
4.	3,31	3,49	3,70	0,18	5,4	0,39	11,8	0,21	6,0		
5.	2,22	2,40	2,60	0,18	8,1	0,38	17,1	0,20	8,3		
6.	1,23	1,33	1,42	0,10	8,1	0,19	15,4	0,09	6,8		
7.	1,34	1,90	1,54	0,56	41,8	0,20	14,9	-0,36	-18,9		
8.	0,91	1,07	1,13	0,16	17,6	0,22	24,2	0,06	5,6		
9.	2,54	2,88	3,06	0,34	13,4	0,52	20,5	0,18	6,3		
10.	0,95	1,14	1,22	0,19	20,0	0,27	28,4	0,08	7,0		
11.	1,54	1,68	2,13	0,14	9,1	0,59	38,3	0,45	26,8		
12.	1,73	1,78	1,92	0,05	2,9	0,19	11,0	0,14	7,9		
13.	1,38	1,48	1,63	0,10	7,2	0,25	18,1	0,15	10,1		
14.	2,50	2,54	2,62	0,04	1,6	0,12	4,8	0,08	3,1		
15.	1,04	1,08	1,19	0,04	3,8	0,15	14,4	0,11	10,2		
16.	2,46	2,64	2,92	0,18	7,3	0,46	18,7	0,28	10,6		
17.	1,24	1,52	1,69	0,28	22,6	0,45	36,3	0,17	11,2		
18.	2,15	2,32	2,45	0,17	7,9	0,30	14,0	0,13	5,6		
19.	2,55	2,95	3,31	0,40	15,7	0,76	29,8	0,36	12,2		
20.	1,61	1,71	1,86	0,10	6,2	0,25	15,5	0,15	8,8		
KA				0,18	11,37	0,33	19,47	0,15	7,63		
Keskihajonta				0,13	9,09	0,16	8,47	0,15	7,86		
Muutos max				0,56	41,79	0,76	38,31	0,45	26,79		
Muutos min				0,04	1,60	0,12	4,80	-0,36	-18,95		

