

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Bioanalytiikan koulutusohjelma

Annamari Alanko
Piia Laukkanen

LAAJAN VALTIMOVERIKAASUNÄYTTEEN SÄILYVYYS
MUOVIRUISSKUSSA

Opinnäytetyö
Lokakuu 2012



POHJOIS-KARJALAN
AMMATIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2012
Bioanalytiikan koulutusohjelma

Tikkarinne 9
80220 JOENSUU
p. (013) 260 6600

Tekijät

Annamari Alanko, Piia Laukkanen

Nimeke

Laajan valtimoverikaasunäytteen säilyvyys muoviruiskussa

Toimeksiantaja

Itä-Suomen laboratorokeskuksen liikelaitoskuntayhtymä

Tiivistelmä

Verikaasututkimukset ovat erittäin tärkeitä, koska ne kertovat elimistön happiarvoista. Näitä tutkimuksia tehdään varsinkin potilaille, jotka ovat tehohoidossa tai pitkissä leikkauksissa. Näytteitä saapuu sairaaloiden laboratorioihin päivittäin suuria määriä. Niiden analysointiin on käytettävissä tämänhetkisten ohjeiden mukaan vain 30 minuuttia. Ongelmana ovat siis suuret näytemäärät ja lyhyt analysointiaika.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia laajan valtimoverikaasunäytteen säilyvyyttä muoviruiskussa. Työ saatiin toimeksiantona Itä-Suomen laboratorikeskuksen liikelaitoskuntayhtymältä (ISLAB). Heille tulee päivittäin erittäin suuri määrä näytteitä, joten laboratorio-ohjeiden määräämä aika ei riitä analysointiin. Tarkoituksena oli siis selvittää, voisiko näytteiden säilyvyyttä pidentää.

Opinnäytetyö toteutettiin ottamalla ruiskunäytteet teho-osaston potilaista. Näytteiden kuljetus tapahtui kylmässä styroksilaatikossa ja analysointi ISLAB:n Joensuun klinisen kemian aluelaboratoriossa. Jokainen ruisku mitattiin usean kerran. Mittaukset tapahtuivat tasaisin väliajoin ja niiden välissä ruiskut säilytettiin kylmässä. Tulokset kerättiin laboratoripäiväkirjaan ja niitä vertailtiin toisiinsa. Vertailun avulla selvitettiin näytteiden luotettavaa säilymisaikaa.

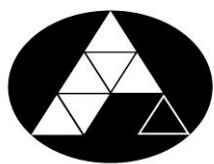
Tällä hetkellä laboratorion ohjekirjassa kerrotaan, että verikaasunäytteen säilyvyys muoviruiskussa on 30 minuuttia. Opinnäytetyön tuloksien perusteella säilyvyysaikaa voidaan pidentää 45 minuutin pituiseksi, jos näytteet säilytetään kylmässä. Jatkotutkimusaiheina voisivat olla näytteiden säilyvyys huoneenlämmössä sekä näytemäärän vaikutus mittaustuloksiin.

Kieli
suomi

Sivuja 44
Liitteet 3
Liitesivumäärä 3

Asiasanat

verikaasututkimus, muoviruisku, näytteen säilyvyys



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
October 2012
Degree Programme in biomedical sciences
Tikkariinne 9
FIN 80220 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6600

Authors

Annamari Alanko, Piia Laukkanen

Title

Large arterial blood gas specimens containing in the plastic syringe

Commissioned by

East-Finland`s laboratory centre`s public utility federation of municipalities (ISLAB)

Abstract

Blood gas analyses are very important because they describe oxygen capacity in the system. These analyses are for patients who are in intensive care or in long lasting operations. A lot of blood gas specimens arrive daily into the hospital laboratories. Currently there are only 30 minutes to analyze specimens. Problems are high amount of specimens and a short analyzing time.

The purpose of this study was to investigate the containing of large arterial blood gas specimens in the plastic syringe. The study was commissioned by East-Finland`s laboratory centre`s public utility federation of municipalities. Because of high amount of specimens the time which is appointed in laboratory instructions is not adequate. The purpose was to determine if it is possible to extend the containing time of the specimens.

The study proceeded by taking specimens of patients who are in the intensive care unit. The specimens were transported in a cold container. Analyzing was carried out in ISLAB Joensuu clinical chemistry regional laboratory. Every syringe was analyzed many times in a specific interval. Syringes were contained in cold all the time. Results were recorded in a laboratory day book. Results were compared with each other. Due this comparison the reliable containing time of specimens was determined.

Laboratory instructions order to analyze blood gas specimens in 30 minutes after they have been taken. These results suggest that the containing time could be 45 minutes if specimens are contained in cold. The possibilities for further development would be specimen containing in room temperature or specimen volume influence on analyzing results.

Language
Finnish

Pages 44
Appendices 3
Pages of Appendices 3

Keywords

blood gas analyses, plastic syringe, specimens containing

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto.....	6
2	Verikaasut ja happo-emästasapaino	7
2.1	Verikaasututkimus.....	7
2.2	Metabolinen asidoosi ja alkaloosi	8
2.3	Respiratorinen asidoosi ja alkaloosi.....	9
2.4	Happo-emästasapaino	9
3	Verikaasututkimuksen preanalytiikka	11
3.1	Valtimoverinäytteenotto.....	11
3.2	Laskimoverinäytteenotto.....	12
3.3	Ihopistosnäytteenotto	13
3.4	Virhelähteet ja niiden ennaltaehkäiseminen verikaasunäytteenotossa.....	13
4	Laadunvarmistus laboratoriotyöskentelyssä.....	16
4.1	Sisäinen laadunohjaus	16
4.2	Ulkoinen laadunarviointi.....	17
5	Verikaasujen tutkiminen ja tutkimusparametrit	18
5.1	Elektrokemiallinen menetelmä.....	18
5.2	Verikaasut	19
5.3	Elektrolyytit	19
5.4	Metaboliitit.....	20
5.5	Lämpötila	21
5.6	Muut parametrit.....	21
6	Opinnäytetyön tarkoitus ja tutkimustehtävä.....	21
7	Kvantitatiivinen tutkimus	22
8	Tutkimuksen toteutus	24
8.1	Toimintaympäristö	24
8.2	Verikaasunäytteiden ottaminen ja kuljetus	24
8.3	Verikaasunäytteen tutkiminen.....	25
8.4	Verikaasuanalysointilaitteisto	26
8.4.1	Kalibrointi	27
8.4.2	Parametrit verikaasututkimuksissa.....	28
9	Tutkimustulosten analysointi	28
9.1	Testin valinta.....	28
9.2	Parametrinen testi.....	29
9.3	Parittainen t-testi	29
10	Tulokset.....	30
11	Pohdinta.....	37
11.1	Opinnäytetyön johtopäätökset.....	37
11.2	Opinnäytetyön luotettavuus	38
11.3	Opinnäytetyön eettisyys	40
11.4	Oma oppimisprosessi	42
11.5	Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaihe	42
	Lähteet.....	44

Liitteet

Liite 1

Opinnäytetyön toimeksianto

Liite 2

T- ja p-arvot

Liite 3

Itä-Suomen laboratoriokeskuksen liikelaitoskuntayhtymän viitearvot

1 Johdanto

Verikaasututkimus on tärkeä tutkimus. Se täytyy suorittaa erittäin tarkasti ja ohjeiden mukaisesti määrättyssä ajassa. Verikaasunäytteistä tutkitaan potilaan elimistön happiarvoja ja keuhkotuuletuksen eli ventilaation riittävyyttä. Verikaasunäytteitä tutkitaan varsinkin potilailta, jotka ovat pitkässä leikkauksessa tai tehohoidossa. (Väisänen 2008, 69.) Verikaasunäytteiden avulla voidaan tutkia myös keuhkojen ja munuaisten toimintaa. Nämä elimet pyrkivät muuttamaan elimistön happojen ja emästen eritystä, jotta elimistössä vallitsisi normaali pH-arvo eli 7,35-7,45. (Uotila 2010, 114.)

Tärkein osa verikaasututkimuksen prosessia on preanalytiikka, koska se on merkittävä tekijä tuloksien luotettavuudessa. Potilaan tunnistuksen lisäksi täytyy näytteenottoruisku merkitä huolellisesti. Kun verikaasunäyte on näytteenottoruiskussa, siitä täytyy poistaa huolellisesti infuusioneste. Sen poistaminen on tärkeää, jotta näyte ei laimene ja siksi vaikuta mitattaviin arvoihin. Näytteenottoruiskusta on myös muistettava poistaa ilmakuplat, koska ne vaikuttavat pO₂- eli happiarvoihin. Näyte täytyy sekoittaa erittäin huolellisesti, koska näytteenottoruiskussa olevan hepariinin täytyy sekoittua kunnolla näytteeseen. Heparini toimii ruiskussa hyytymisenestoaineena. Hyytynyttä näytettä ei voida analysoida esimerkiksi verikaasuanalysointilaitteen tukkeutumisen takia. (Väisänen, Metsävainio & Romppanen 2006, 121 - 122.)

Verikaasunäyte säilyy huoneenlämmössä mitattavana vain noin 15 minuutin ajan, joten näyte täytyy säilyttää kylmässä. Kylmäsäilytyksellä ehkäistään solujen metaboliaa eli aineenvaihduntaa. Sopiva säilytyslämpötila on +0...+4 °C. (Väisänen 2008, 69.) Hyvä jäähdytysmenetelmä on säilyttää näytettä kylmägeelipussin välissä tai styroksilaatikossa, jossa on pieni kylmävaraaja. Näytteen kylmäsäilytyksen kanssa täytyy olla varovainen, ettei näyte pääse jäätymään. (Väisänen ym. 2006, 122 - 123.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia verikaasunäytteiden säilyvyyttä muoviruiskussa. Verikaasunäytteet säilytettiin mittausten ajan styroksilaatikossa, jossa oli kylmävaraaja. Mittaukset suoritettiin heti, kun näyte tuli laboratorioon. Tämän jälkeen ne jatkuivat tasaisin väliajoin. Tutkimuksessa tarkasteltiin osaa laajan verikaasuanalyysin

parametreista eli osa-alueista. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Itä-Suomen laboratorokeskuksen liikelaitoskuntayhtymän (ISLAB) Joensuun klinisen kemian aluelaboratorio. Mittaukset suoritettiin klinisen kemian aluelaboratoriossa RabiDLab verikaasuanalysaattorilla. Toimeksiantaja huolehti tutkimukseen tarvittavat välineet ja laitteet. Näytteet otettiin teho-osaston potilaista.

2 Verikaasut ja happo-emästasapaino

2.1 Verikaasututkimus

Verikaasututkimukset ovat tärkeitä selvitettäessä tehohoidossa olevan potilaan tilaa. Myös anestesiologian kannalta ne antavat tärkeää tietoa potilaan tilasta. Verikaasututkimusten tulokset kertovat elimistön happiarvoista. Tutkimuksen avulla arvioidaan myös elimistön keuhkotuuletuksen eli ventilaation riittävyttä. Esimerkiksi leikkauspotilailta voidaan ottaa verikaasunäytteet useita kertoja leikkauksen aikana. Verikaasututkimukset perustuvatkin toistettavaan toimintaan, jonka avulla potilaan tilaa seurataan. (Väisänen 2008, 69.)

Verikaasututkimuksissa tutkitaan myös keuhkojen ja munuaisten toimintaa happo-emästasapainon säätelyn mittaamisen avulla. Happo-emästasapainon häiriöt voidaan jakaa kahteen ryhmään, joita ovat metaboliset eli solujen aineenvaihduntaan ja respiratoriset eli hengitykseen liittyvät häiriöt. Metaboliset ja respiratoriset häiriöt voidaan edelleen jakaa metaboliseen asidoosiin ja alkaloosiin sekä respiratoriseen asidoosiin ja alkaloosiin. (Uotila 2010, 111, 114.)

Metabolisessa häiriössä elimistön pH-arvo muuttuu happojen tai emästen kertyessä elimistöön tai elimistön menettäessä niitä. Respiratorinen häiriö johtuu keuhkojen toiminnan muutoksista, jolloin elimistöön kertyy hiilihappoa tai se menettää sitä. Tällöin puhutaan veren $p\text{CO}_2$ -arvon eli hiilidioksidiosapaineen muutoksesta. Yleisesti ottaen asidoosissa veren pH-arvo laskee alle viitearvon alarajan ja alkaloosissa pH-arvo nousee viitearvon ylärajan yläpuolelle. (Uotila 2010, 114.)

2.2 Metabolinen asidoosi ja alkaloosi

Metabolisessa asidoosissa elimistöön kertyy erilaisia haihtumattomia happoja tai elimistö menettää emästä (Uotila 2010, 115). Myös vetyionien virtsaan erittymisen häiriö, esimerkiksi munuaisten vajaatoiminta, voi aiheuttaa metabolista asidoosia (Mustajoki 2012a). Metabolisessa asidoosissa tapahtuva hengitysmuutos pyrkii kompensoimaan eli tasoittamaan respiratorista alkaloosia (Uotila 2010, 115). Tämä hengitysmuutos tarkoittaa elimistössä koko ajan syntyvän veren hiilidioksidin määrän säätelyä. Hiilidioksidi poistuu elimistöstä uloshengityksen kautta. Yleinen oire metabolisessa asidoosissa on hyperventilointi eli tiheä hengittäminen. (Mustajoki 2012a.) Sen avulla elimistö pyrkii korjaamaan alentunutta pH-muutosta. (Uotila 2010, 115).

Metabolinen asidoosi voi olla seurauksena esimerkiksi epätasapainoisesta diabeteksestä tai pitkään kestäneestä paastosta, jolloin elimistöön kertyy ketohappoja (Uotila 2010, 115). Ketohapot ovat aminohappoja, joista on poistettu aminoryhmät eli ne on hapetettu (Solunetti 2006). Maitohappoja kerääntyy elimistöön esimerkiksi sydämen, verenkierron tai keuhkojen toimintahäiriöissä. Maitohappojen kertyminen johtuu hapenpuutteesta, jolloin aineenvaihdunta on anaerobista. (Uotila 2010, 115.) Metaboliseen asidoosiin voivat johtaa maksan vajaatoiminta, hyperkalemia eli veren kohonnut kaliumpitoisuus, myrkytystilat ja ripuli (Uotila 2010, 115). Elimistö palautuu normaaliin tilaan, kun häiriön aiheuttanut sairaus hoidetaan (Mustajoki 2012a).

Metabolisessa alkaloosissa elimistöön kertyy liian paljon emästä tai sieltä poistuu paljon happamia nesteitä. Tämä voi johtua siitä, että elimistö saa bikarbonaattia liikaa esimerkiksi lääkkeiden käytön takia. (Uotila 2010, 116.) Jos potilas käyttää nesteenpoistolääkkeitä, voi se aiheuttaa metabolista alkaloosia (Mustajoki 2012b). Metabolinen alkaloosi voi johtua myös runsaasta verensiirrosta tai haihtumattomien happojen menetyksestä esimerkiksi oksentamisen takia. Hypokalemia eli veren alentunut kaliumpitoisuus voi aiheuttaa myös metabolista alkaloosia. (Uotila 2010, 116.) Tehohoidossa olevilla potilailla voi usein esiintyä alkaloosia. Metabolisen alkaloosin oireita ovat muun muassa päänsärky ja oksentaminen. Vähäisissä määrin voi myös ilmaantua kouristuksia. Hoitona käytetään kaliumia ja nesteytystä. (Mustajoki 2012b.)

2.3 Respiratorinen asidoosi ja alkaloosi

Respiratorinen asidoosi aiheutuu keuhkojen toiminnan heikkenemisestä, jolloin hiilidioksidi ei poistu uloshengityksen kautta normaalisti. Tämän takia myös elimistön happamuus lisääntyy. Keuhkojen toiminnan heikkeneminen, esimerkiksi hengitystiheyden muuttuminen, voi olla keskushermostoperäinen tai keuhkojen sairaudesta johtuva. Keskushermostoperäisiä syitä voivat olla esimerkiksi unilääkkeiden käyttö tai jokin aivojen trauma tai infektiio. Keuhkoperäisiä syitä voivat olla esimerkiksi keuhkopöhö ja keuhkokuume. (Uotila 2010, 116 - 117.) Yleisimmin respiratorista asidoosia esiintyy sydämen vajaatoiminnan yhteydessä sekä keuhkohtaumataudissa. Myös keuhkoveritulppa voi saada aikaan respiratorisen asidoosin. Respiratorinen asidoosi korjaantuu esimerkiksi hengityskoneen avulla. (Mustajoki 2012a.)

Respiratorinen alkaloosi voi johtua esimerkiksi hyperventilaatiosta. Sen seurauksena hengitys voimistuu ja tihentyy (Uotila 2010, 117). Tämän johdosta hiilidioksidin määrä vähenee elimistössä. Hyperventilaatio voi johtua esimerkiksi psyykkisestä sairaudesta, kuten paniikkihäiriöstä. (Mustajoki 2012b.) Respiratorisessa alkaloosissa syyt voivat myös olla keskushermosto- tai keuhkoperäisiä. Keskushermostoperäisiä syitä ovat esimerkiksi keskushermostoperäiset infektiot, kuume ja myrkytykset. Keuhkoperäisiä syitä puolestaan ovat esimerkiksi astma, keuhkokuume tai muut keuhkosairaudet. (Uotila 2010, 117.) Oireita voivat olla muun muassa raajojen puutumisen, heikotus ja vapina. Respiratorisen alkaloosin korjaamiseen pyritään saamalla potilaan hengitys normaaliksi ja potilaan rauhoittamisella. (Mustajoki 2012b.)

2.4 Happo-emästasyyppi

Hapot ja emäkset ovat yhdisteitä, jotka luovuttavat tai vastaanottavat protoneja eli vetyioneja. Yhdisteet toimivat vesiliukoisessa ympäristössä. Elimistössä hapot ja emäkset esiintyvät sekä heikkoina että vahvoina muotoina. Hapot luovuttavat ja emäkset vastaanottavat vetyioneja. Luovuttaessaan vetyioneita, vahvat hapot dissosioituvat eli hajoavat. Heikot hapot eivät puolestaan hajoa kokonaan. Vahvoilla emäksillä on voimakas kyky sitoa vetyioneita, vastaavasti heikot emäkset sitovat niitä huonosti. (Uotila 2010, 107.)

Happoja syntyy elimistön normaalissa aineenvaihdunnassa. Niistä yleisin on hiilihappo. Se on heikko happo, joka myös haihtuu. Hiilihappo on aineenvaihdunnan lopputuote. Sitä syntyy, kun hiilihydraatit, proteiinit ja rasvat palavat elimistössä eli ne käytetään elimistön tarvitsemaksi energiaksi. Tämän seurauksena syntyy hiilidioksidia, joka reagoi elimistössä olevan veden kanssa. Reaktion seurauksena syntyy hiilihappoa. Hiilidioksidin poistuminen elimistöstä tapahtuu hengityksen kautta. Aineenvaihdunnassa muodostuvia vahvoja happoja ovat esimerkiksi maitohappo, ketohappo ja suolahappo. Nämä hapot poistuvat elimistöstä munuaisten avulla. (Uotila 2010, 107.)

Elimistö tarvitsee tehokkaita keinoja pitääkseen vetyionipitoisuuden tietyllä tasolla. Happojen muodostuminen elimistössä on voimakasta siihen verrattuna, että elimistön ekstrasellulaarinnesteen eli solujen ulkopuolisen nesteen pH-arvo täytyy olla lähellä 7,40. Elimistössä on puskurijärjestelmiä, jotka ovat tehokkaita pH-arvon säätelyjärjestelmiä. Säätelyä tapahtuu myös keuhkojen ja munuaisten toiminnan avulla. (Uotila 2010, 107.)

Jos elimistön happo-emästasapaino häiriintyy, elimistö pyrkii palauttamaan sen ennalleen kompensoimismekanismien avulla. Keuhkojen ja munuaisten toiminnan avulla pyritään muuttamaan happojen ja emästen eritystä. Jos elimistö on metabolisessa asidoosissa, elimistö pyrkii palauttamaan pH-arvon ennalleen kompensatorisen respiratorisen alkaloosin avulla. Jos elimistö puolestaan kärsii metabolisesta alkaloosista, tilanne yritetään korjata kompensatorisella respiratorisella asidoosilla. Jos häiriöt ovat respiratorisia, tilannetta pyritään korjaamaan metabolisilla muutoksilla. (Uotila 2010, 114.)

Happo-emästasapaino toimii siis elimistössä puskurijärjestelmien sekä keuhkojen uloshengityksen ja munuaisten toiminnan avulla. Niiden tarkoitus on sitoa tai poistaa tarvittaessa elimistön happoja ja emäksiä. Munuaiset osallistuvat vetyionitasapainon säätelyyn siten, että ne takaisinimeyttävät primaarivirtsan bikarbonaattia. Bikarbonaatti on hiilidioksidin kuljetusmuoto veressä. Munuaiset myös poistavat vetyioneja elimistöstä esimerkiksi ammoniumin muodossa. (Mustonen & Pasternack 2006, 241.) Hapot poistuvat hiilidioksidin muodossa hengityksen kautta. Jos elimistön pH-arvo poikkeaa normaalista, hengitystiheys voi alentua tai nousta, koska elimistö pyrkii näin palauttamaan normaalin pH-arvon. Jos pH-arvo on liian alhainen, hengitystiheys nousee. Arvon ollessa liian korkea, hengitystiheys alentuu. Ihminen hengittää

normaalisti 12 – 15 kertaa yhden minuutin aikana. Hengitystiheys voi muuttua pH-arvon takia jopa 25-kertaiseksi. Hengitystiheyden muutos voi olla tahdonalaista tai tahdosta riippumatonta. Tahdosta riippumatonta muutosta säätelee aivojen hengityskeskus tai aortassa olevat perifeeriset keskukset. (Uotila 2010, 108, 111).

Tärkeitä pH-arvon ylläpitäjiä ovat myös elimistön puskurijärjestelmät. Happo-emästasapainon tutkimisessa seurataan yhden puskurijärjestelmän muutoksia. Kaikki puskurit ovat tasapainossa saman vetyionipitoisuuden kanssa, joten niiden muutokset näkyvät kaikissa puskurijärjestelmissä. Elimistön tärkeimmät puskurit ovat veren hiilihappo-bikarbonaatti ja punasolujen hemoglobiini. Hiilihappo-bikarbonaatti-puskurijärjestelmä onkin tärkein verikaasuanalysointia seurattava puskurijärjestelmä. Verikaasututkimuksissa seurataan myös nestetasapainoa ja elektrolyyttien muutoksia. (Uotila 2010, 108,111,113.)

Elimistössä tapahtuvat reaktiot ja toiminnot tapahtuvat tehokkaimmin ja parhaimmin juuri tietyssä happamuustilassa. Tämän takia elimistö pyrkii säätelemään happamuustilaa tarkasti. (Mustajoki 2012b.) Elimistön puolustusjärjestelmä osallistuu myös pH-arvon säätelyyn vastustamalla sen muutoksia (Mustonen & Pasternack 2006, 241). Jos elimistössä on esimerkiksi paljon vetyioneja, elimistön nesteet ovat happamia. Elimistön happamuudesta kertoo pH-arvo, joka saadaan mitattua verestä. Jos pH-arvo on 7,0, se on neutraali. Normaleiksi katsotut arvot ovat välillä 7,35 – 7,45. Jos arvo ei osu normaaleihin viitearvoihin, elimistössä on happo-emästasapainon häiriötila. Häiriötila ei voi olla itsenäinen sairaus, vaan se aiheutuu jostakin muusta elimistössä vallitsevasta sairaudesta. (Mustajoki 2012b.)

3 Verikaasututkimuksen preanalytiikka

3.1 Valtimoverinäytteenotto

Verikaasunäytteenotossa näytteenottoa kohdalla valtimonäytteessä voidaan käyttää ranteen värttinävaltimoa, nivusten reisivaltimoa, olkavarren valtimoita tai näytteenottoon tarkoitettuja valtimokatetreja. Ihanteellisin paikka ottaa valtimonäyte on valtimokatetri, sillä näytteenottoa ei silloin tarvitse etsiä. Jos potilaalla ei ole käytössä katetria, niin näyte otetaan mieluiten värttinävaltimosta, sillä näytteenottoa

on helppo löytää tunnustelemalla. Värttinävaltimon pistokohdan verenvuoto on myös helpoin tyrehtyttää verrattuna muihin valtimoverinäytteenottokehtiin. (Blonshine, Fallon, Lehman & Sittig 2004, 5 - 7.)

Valtimosta otettu verinäyte on edustavin näytemuoto. Siksi olisi suositeltavaa käyttää verikaasututkimuksissa valtimoverinäytettä. Näytteenottoon vaaditaan yleensä lääkäri. Koulutuksen saanut sairaanhoitaja voi ottaa valtimoverinäytteet, jos näytteenotto tapahtuu valtimokatetrissa. Valtimonäytteen edustavuudesta huolimatta tutkimukset tehdään usein laskimoverinäytteestä. Valtimo- ja laskimoverinäytteet eroavat happi-, hiilidioksidi-, pH-, laktaatti-, glukoosi- ja ammoniumpitoisuuksiltaan. (Tuokko 2010, 28 - 29.)

3.2 Laskimoverinäytteenotto

Laskimoverinäyte täytyy ottaa anaerobisesti vakuumitekniikalla, jotta näyte ei joutuisi kosketuksiin ilman kanssa. Hätä- ja erikoistapauksissa näyte voidaan ottaa myös laskimokanyylista. Jos potilaalle siirretään kanyylin kautta suonensisäisesti annettavia nesteitä, on huolehdittava, että nesteen anto keskeytetään ainakin viideksi minuutiksi ennen näytteenottoa. Tällä ehkäistään näytteen laimeneminen ja siitä johtuvat virheelliset tulokset. Näyte otetaan laskimokanyylista vain, jos näytteenotto ei onnistu mistään muusta paikasta. (Tuokko 2010, 27 - 28.)

Vakuumitekniikalla otettu verinäyte on suljettu tekniikka, jossa näyteputkissa oleva alipaine imee riittävän määrän verta putkeen. Vakuuminäytteenotto on turvallinen, koska veri ei pääse kontaminoitumaan helposti eikä verta myöskään pääse näyteputken ulkopuolelle. Yleisimpiä näytteenottokehtia ovat kyynärtaipeessa sijaitsevat iholaskimot. Jos suonet ovat erityisen huonot, näyte voidaan ottaa myös kämmenen päällä tai ranteessa olevista laskimoista. Hyväksyttäviä näytteenottokehtia ovat myös nilkassa ja jalkaterässä sijaitsevat laskimot. (Tuokko 2010, 27 - 28.) Laskimoa ei kuitenkaan käytetä mielellään näytteenottokehtana, sillä se vaikuttaa esimerkiksi tulosten happiarvoihin. (Blonshine ym. 2004, 5 - 7).

3.3 Ihopistosnäytteenotto

Ihopistosnäyte otetaan kapillaareista eli pienistä valtimoista ja laskimoista. Ihopistosnäyte otetaan ohuisiin kapillaariputkiin ja näyte on sekä valtimoveren että laskimoveren sekoitus. Kapillaarinäytteeseen tulee väistämättä kudostenestettä. (Tuokko 2010, 29.) Myös ihopistosnäyte tulisi ottaa anaerobisesti (Uotila 2010, 119).

Pienellä lapsella kapillaarinäyte on perustellumpi pienen näytemäärän takia. (Blonshine ym. 2004, 5 - 7). Ihopistosnäytteitä otetaan 3 – 6 kuukauden ikäisiltä lapsilta. Näytteenottokohtana ovat tällöin kantapään reuna-alueet. Pistos ei saisi osua luukalvoon ja kantapään reuna-alueilla siihen on pienin riski. Ihopistosnäytteitä voidaan ottaa myös keski- tai nimettömästä sormesta. Pistoskohdat ovat sormien kärkiosan reuna-alueet. Sormenpään ihopistosnäytteitä otetaan yleensä isommilta lapsilta sekä aikuisilta. (Tuokko 2010, 29.)

Ihopistosnäytteessä käytettävä pistoväline, esimerkiksi lansetti, tekee ihoon viillon tai haavan, josta näyte kerätään. Pistoskohdasta ja potilaan iästä riippuen pistovälineen suuruus täytyy valita tarkkaan, jotta pistos ei ulottuisi luukalvoon ja näin aiheuttaisi esimerkiksi tulehdusta. Ihopistosnäytetekniikassa liiallista puristamista täytyy välttää, jotta näytteeseen ei tule liikaa kudostenestettä. Näyte saadaan otettua paremmin, jos näytteenottokohtaa lämmitetään noin 3 – 10 minuuttia. Ensimmäinen veripisara pyyhitään pois ja sen jälkeen näytettä aletaan kerätä kapillaariputkeen. (Tuokko 2010, 30.)

Ihopistosnäytettä ei voida käyttää happo-emästasyapaino- ja verikaasututkimuksissa, jos potilas saa happihoitoa tai on shokissa. Shokki vaikuttaa valtimopainetta alentavasti. Ihopistosnäytettä ei voida käyttää edellä mainittuihin tutkimuksiin vastasyntyneillä ensimmäisen vuorokauden aikana tai lapsilla, jos heillä on respiratorinen distress-syndrooma eli äkillinen hengitysvaikeusoireyhtymä. (Tuokko 2010, 30.)

3.4 Virhelähteet ja niiden ennaltaehkäiseminen verikaasunäytteenotossa

Näytteen tulisi säilyä mahdollisimman muuttumattomana mittaushetkeen asti, jotta tulokset kertoisivat potilaan tilasta luotettavasti. Näytteenottoprosessi alkaa valmistautumisella näytteenottoon. Yksi tärkeimmistä preanalyttisistä tekijöistä on

potilaan tunnistus. Näytteenottajan on huolellisesti merkittävä ruiskunäytteet henkilötiedoilla varustetuilla tarroilla. Teho-osastoilla sairaanhoitajat hoitavat itse näytteenoton, ja bioanalytytikot toimittavat näytteet mahdollisimman pian laboratorioon tutkittavaksi. Osaston oma henkilökunta voi myös hoitaa tutkimisen, jos osastolla on oma analysaattori. Infuusioneste on poistettava näytteestä, jotta näyte ei laimene. Infuusioneste tarkoittaa verisuoneen annettavaa nestehoitoa. Laimeneminen vaikuttaa mitattaviin parametreihin. (Väisänen ym. 2006, 121.)

Verikaasunäyte täytyy ottaa aina anaerobisesti näytteenottoastiasta riippumatta. Tämä tarkoittaa sitä, että näyte ei saa olla kosketuksissa ilman kanssa. Yleinen ongelma näytteenotossa ovat ilmakuplat, koska ne vaikuttavat happiosapaine (pO_2)- ja hiilidioksidiosapaine (pCO_2)-arvoihin. (Uotila 2010, 119.) Jos ilmakuplia havaitaan, ne on poistettava heti. Näytteen sekoittaminen huolellisesti heti näytteenoton ja ilmakuplien poistamisen jälkeen on erittäin tärkeää, koska se estää näytteen hyytymistä. Hyytynyttä näytettä ei voida analysoida, sillä hyytymät voivat vahingoittaa analysaattoria esimerkiksi tukkimalla näytteesyöttösuuttimen. (Väisänen ym. 2006, 122 - 123.)

Verikaasututkimuksissa näyte voidaan ottaa ruiskuun, vakuumputkeen tai kapillaariin tutkimuspyynnöstä riippuen. Kaikissa näyteastioissa täytyy käyttää antikoagulanttina hepariinia, joka estää veren hyytymisen. Hepariinin tulisi olla kuivamuodossa, jotta se ei laimenna näytettä. Paras materiaali näyteastioihin olisi kaasuja läpäisemätön lasi, mutta yleensä käytössä ovat muoviset ruiskut tai vakuumputket. (Uotila 2010, 119.)

Näytteen liiallinen sekoittaminen voi toisaalta myös johtaa näytteen hemolysoitumiseen eli solujen rikkoutumiseen. Hemolysoitumista voi tapahtua myös silloin, jos näytteenottoruisku on täytetty liian nopeasti tai se on jäänyt. Myös ihon liian kova hierominen kapillaarinäytettä otettaessa voi aiheuttaa hemolyyssia. Hemolysoituminen vaikuttaa näytteen kaliumpitoisuuteen nostavasti. Mittaustulosten laajempi tarkastelu kertoo näytteen mittauskelpoisuudesta. Jos jokin tuloksista on epäilyttävä, potilaasta voidaan ottaa uusi näyte, jotta varmistutaan näytteen ja tulosten kelpoisuudesta. (Väisänen ym. 2006, 122 - 123.)

Verikaasunäyte säilyy erittäin huonosti, minkä takia se täytyy tutkia mahdollisimman pian. Näytettä ei suositella säilytettävän huoneenlämmössä, vaan kylmässä esimerkiksi

kylmägeelin välissä. (Väisänen ym. 2006, 122 - 123.) Muoviruiskuun otettu näyte, josta analysoidaan pO_2 -arvo ja happisaturaatio, säilyy mitattavana 30 minuuttia (Uotila 2010, 119). Jos näytettä ei ole mahdollista saada kylmään heti näytteenoton jälkeen, se säilyy mitattavana huoneenlämmössä noin 15 minuuttia. (Väisänen 2008, 69). Kylmägeelipussi ei saa kuitenkaan olla niin kylmä, että näyte jäätyisi. Myöskään vesijäähaude ei ole sopiva jäähdytysmenetelmä. Sopiva lämpötila on $+0...+4$ °C. (Väisänen ym. 2006, 122 - 123.)

Näytteen jäädyttäminen sopivaan lämpötilaan hidastaa näytteessä tapahtuvaa metaboliaa. Metabolia jatkuu siten, että happea kuluu ja muodostuu hiilidioksidia. Näytteen pH-arvo laskee, koska pCO_2 -arvo muuttuu ja havaitaan glykolyysia. Glykolyysi aiheuttaa glukoosin laskua sekä laktaatin nousua. Kun pH-arvo muuttuu, se vaikuttaa Ca^{++} :n eli ionisoituneen kalsiumin kykyyn sitoutua proteiineihin. (Väisänen 2008, 69.)

Verikaasututkimuksissa potilaan ruumiinlämpö on tärkeä tarkistaa, koska se vaikuttaa pH-, pCO_2 - ja pO_2 -arvoihin. Verikaasuanalysointilämpötila on 37 °C. Potilaan ruumiinlämpö voi poiketa tästä huomattavastikin. Verikaasuanalysointilämpötila muuttavat tulokset ruumiinlämpöä vastaaviksi. Viitearvot on kuitenkin tehty 37 °C:n lämpötilalle ja ne on määritetty erikseen valtimo-, laskimo- ja ihopistosnäytteille. (Uotila 2010, 114, 119.)

Preanalyttisten virhelähteiden ennaltaehkäiseminen on hyvin tärkeää oikeiden ja laadukkaiden tulosten saamiseksi. Kun henkilökunta on hyvin perehdytetty sekä näytteenottoon että laitteiden käyttöön ja he osaavat suorittaa verikaasututkimukset alusta asti oikein, virhelähteet saadaan minimoitua. On myös tärkeää tunnistaa virhelähteet ja osata tulkita tuloksia. Tunnistamalla virhelähteet, ne on edelleen helpompi myös välttää ja poistaa. Tuloksien oikealla tulkinnalla vältetään vääriä diagnooseja potilaan tilasta ja pystytään antamaan oikeanlaista hoitoa. Yhteistyö on tärkeää laboratorion ja osastojen välillä. (Väisänen 2008, 70.)

4 Laadunvarmistus laboratoriotyöskentelyssä

4.1 Sisäinen laadunohjaus

Laboratoriolla täytyy olla toimiva laadunhallintajärjestelmä. Laboratorion johto vastaa sen suunnittelusta, käyttöönotosta, ylläpidosta sekä parantamisesta. Laadunhallintajärjestelmään kuuluvat sisäinen laadunohjaus sekä ulkoiset laadunarviointikierrokset. Ne sisältävät esimerkiksi menettelytapojen, prosessien ja ohjeiden selkeän ja ymmärrettävän dokumentoinnin. Laboratorion laatukäsikirjassa on esitelty laadunhallintajärjestelmä ja sen dokumentointi. Laatukäsikirjan tulee olla työntekijöiden saatavilla. (Suomen standardisoimisliitto 2007, 16 - 18.) Opinnäytetyössä pyrittiin toteuttamaan sisäisessä laadunhallintajärjestelmässä mainittuja asioita.

Laatukäsikirja pitää sisällään muun muassa laatupolitiikkaa, laadunvarmistusta, asiakirjojen valvontaa, tilojen ja ympäristön laadullisia asioita, kuinka työympäristön turvallisuusasiat on hoidettu sekä kuinka henkilökunnan tulee toimia, jotta työskentely olisi turvallista. Lisäksi siinä voidaan käsitellä reagenssien säilytystä, tulosten raportointia, laadunohjausta, sisäistä auditointia ja eettisiä asioita. Laatukäsikirjassa voi olla myös luettelo tutkimusmenettelyistä. (Suomen standardisoimisliitto 2007, 18 - 20.)

Laboratorion henkilökunnalla täytyy olla selkeä työnjako, jotta jokainen työntekijä tietää vastuualueensa ja kaikki työt tulevat näin varmasti suoritettua. Henkilökunnan täytyy olla riittävästi koulutettua, jotta he pystyvät hoitamaan tehtävänsä asianmukaisesti. Myös henkilökunnan täydennyskoulutusta ja -opastusta täytyy järjestää. Laboratoriolle on hyvä nimetä laatuasioista vastaava henkilö. (Suomen standardisoimisliitto 2007, 16.) Näytteenottoon ei tässä opinnäytetyössä pystytty vaikuttamaan, koska teho-osaston työntekijät ottivat näytteet. Heille kuitenkin annettiin ohjeet näytemäärästä ruiskussa sekä näytteen ilmaamisesta opinnäytetyön onnistumiseksi.

Laboratorion laadulliseen työskentelyyn kuuluu varmistaa, että näytteiden kuljetus laboratorioon tapahtuu oikeassa ajassa. Kuljetuksen lisäksi näytteet tulee toimittaa laboratorioon niille määrätyissä olosuhteissa. Esimerkiksi näytteen lämpötilan tulee olla oikea, jotta se säilyy muuttumattomana ja näin ollen mitattavana. (Suomen standardisoimisliitto 2007, 46.) Tämän opinnäytetyön tutkimuskohteena olevat

verikaasunäytteet säilytettiin kylmässä juuri sen takia, että näyte pysyisi mitattavana. Ohjeena on myös tällä hetkellä, että mittaus olisi suoritettava viimeistään 30 minuutin kuluttua näytteenotosta. (Simonen 2012.) Tässä opinnäytetyössä kaikki näytteet säilytettiin kylmässä ja näytteet mitattiin tietyin väliajoin. Vaihtelevan näytemäärän takia näytteiden toimitusaika laboratorioon vaihteli, jolloin näytteitä ei pystytty mittaamaan toivotussa ja määrättyssä ajassa ensimmäisen kerran.

Sisäisen laadunhallintajärjestelmän yksi olennainen tarkoitus on, että näytteenotto- ja tutkimusprosessista voidaan poistaa virheelliset toimintatavat. Näitä voivat olla esimerkiksi virheellinen näytteenotto, kalibraattorit, käytettävät laitteet, näytteen laatu ja työntekijän työskentelytavat. (Suomen standardisoimisliitto 2007, 50.)

4.2 Ulkoinen laadunarviointi

Laboratorioiden väliset vertailut ovat tärkeitä laadunarvioinnissa. Laboratorio voi osallistua ulkoisiin laadunarviointikierroksiin, joita järjestää esimerkiksi Labquality Oy. Näin laboratorio saa tietää, kuinka yhdenmukaisia ja samankaltaisia tuloksia saadaan verrattuna toisiin laboratorioihin. Laadunarviointikierroksiin osallistuminen voi paljastaa myös jonkin menetelmän virheellisyyden tai puutteellisuuden. Näin laboratorio voi esimerkiksi parantaa työskentelytapojaan. (Suomen standardisoimisliitto 2007, 50.)

Labquality Oy:n toiminnan tarkoitus on järjestää ulkoisia laadunarviointipalveluita kliinisille laboratorioille (Labquality Oy 2012a). Laadunarviointikierrosten näytteiden tulisi olla merkityksellisiä, haastavia ja potilasnäytteiden kaltaisia. Laadunarvioinnissa tulisi ottaa huomioon myös esi- ja jälkikäsittelymenettelyt, jolloin saadaan todenmukainen kuva koko prosessista. (Suomen standardisoimisliitto 2007, 50.)

Labquality Oy lähettää esimerkiksi happo-emästase- ja elektrolyytinäytteen analysoitavaksi laboratorioille neljä kertaa vuodessa. Näytteestä tutkitaan pitoisuudet esimerkiksi glukoosista, laktaatista, natriumista ja kaliumista. Näytteestä analysoidaan myös happi- ja hiilidioksidipitoisuudet sekä pH-arvo. Tulokset voidaan lähettää Labquality Oy:lle Internetin kautta. (Labquality Oy 2012b, 28.)

5 Verikaasujen tutkiminen ja tutkimusparametrit

5.1 Elektrokemiallinen menetelmä

Verikaasunäytteen tutkimisessa käytetään elektrokemiallisia menetelmiä. Niitä on käytetty jo 1980-luvulta lähtien, ja ne ovat nykyisin hyvin tärkeässä asemassa kliinisissä laboratorioissa. Elektrokemialliset menetelmät ovat myös syrjäyttäneet suurelta osin liekkifotometrian, jota käytetään enää hyvin harvoin laboratoriomittauksissa. Elektrokemiallisten menetelmien periaate on mitata ioniaktiivisuutta veressä tai plasmassa. (Laitinen 2003, 77.)

Joensuun klinisen kemian aluelaboratoriossa olevien verikaasuanalysaattoreiden järjestelmä on Rabidlab 1200-järjestelmä, jossa käytetään sähkökemiallista kennoa. Kennon sisällä on mittaukseen tarvittavia elektrodeja eli sensoreita, joilla on tietylle ionille selektiivinen kalvo. Sensoreiden tarkoitus on muuttaa syntynyt potentiaali sähköiseksi signaaliksi potentiometrian ja amperometrian avulla. Selektiivinen kalvo toimii tunnistusmekanismina tietylle aineelle. Järjestelmä muuttaa sähköiset signaalit pitoisuuksiksi signaalinkäsittelyjärjestelmän avulla. Tämän ansiosta pitoisuudet voidaan ilmaista mittayksikköinä. (Siemens 2010, 1 - 27.)

Potentiometria tarkoittaa kahden elektrodin välistä jännitettä sähkökemiallisessa kennossa käyttämättä ulkoista virtaa. Kennossa olevat elektrodit ovat mittaus- tai indikaattorielektrodi sekä referenssielektrodi. Näyte eli elektrolyyttiliuos kulkeutuu kennoon, jossa sijaitsee myös mittaukseen tarvittava volttimittari. Mittaus perustuu näytteen pitoisuuteen tai aktiviteettiin. Mittauselektrodin tehtäviin kuuluu reagoiminen näytteen pitoisuuksien muutoksiin, kun taas referenssielektrodilla on kiinteä pitoisuus, jota verrataan mittauselektrodin saamiin muutoksiin. (D’Orazio 2002, 453 - 454.)

Amperometria perustuu potentiometrian lailla myös kahden elektrodin välisiin eroihin. Erona niiden välillä on se, että amperometriassa tutkitaan hapetus-pelkistys-reaktioita. Amperometrian mittauksiin tarvitaan sähkökemiallinen kenno, jonka sisällä on kaksi elektrodia. Nämä elektrodit ovat positiivisesti varautunut anodi ja negatiivisesti varautunut katodi. Lisäksi kennossa on myös jalometallista, yleensä platinasta, valmistettu mittauselektrodi, joka voi olla joko katodi tai anodi. (D’Orazio 2002, 460 - 461.)

Amperometriassa näyte joutuu kosketuksiin elektrodien kanssa, jolloin muodostuu tunnettu jännite. Jos näyte diffundoituu anodiin, on kyseessä hapetus. Pelkistyessään diffundoituminen tapahtuu katodiin. Oli kyseessä kumpi tahansa tapahtuma, voidaan elektrodien välille muodostunut virta mitata esimerkiksi milli- tai mikroampeerimittarilla. Mittaustulos on suoraan suhteessa näyteliuoksen sisältämän aineen pitoisuuteen. (D'Orazio 2002, 460 - 461.)

5.2 Verikaasut

Verikaasuihin kuuluu pH-arvo eli vetyionipitoisuus, CO₂-arvo eli hiilidioksidin osapaine sekä O₂-arvo eli hapen osapaine. Näiden arvojen tarkoituksena on seurata elimistön happo-emästasapainoa sekä potilaan keuhkojen ja munuaisten toimintaa. Elimistö poistaa happoja hiilidioksidin muodossa uloshengityksessä. Vetyioniaktiivisuuden muutokset vaikuttavat merkittävästi hengitykseen ja sitä kautta myös happojen poistumiseen elimistöstä. Happiarvoilla seurataan keuhkojen kykyä toimittaa happea vereen. Samaan aikaan happojen poistoon osallistuvat myös munuaiset. Niiden tehtävänä on poistaa aineenvaihdunnassa syntyneet haihtumattomat hapot. Verikaasuparametrit ovat erittäin hyvä tapa seurata mahdollisia elimistön asidoosi- ja alkaloositiloja. (Uotila 2010, 107 - 108.)

5.3 Elektrolyytit

Elektrolyytit ovat elimistössä sähköisesti varautuneita yhdisteitä eli ioneita. Niillä voi olla joko positiivinen tai negatiivinen varaus. Positiivisen varauksen omaavat ovat kationeita. Niihin luetaan esimerkiksi Na⁺ eli natrium ja K⁺ eli kalium. Negatiivisen varauksen omaavat ovat anioneita. Niihin taas luetaan kuuluvaksi esimerkiksi bikarbonaatti, kloridi, fosfaatti ja sulfaatti. (Uotila 2010, 93.) Elektrolyytit ovat tärkeä osa elimistön nesteitä. Ne ovat elimistössä vapaina ioneina, ja niiden tehtäviä ovat happo-emästasapainon ylläpitämisen lisäksi hermo-, sydänlihask- ja luurankolihasliuosten toiminnan säätely ja aineenvaihdunnassa tapahtuvien reaktioiden säätely. (Uotila 2010, 93.)

Jotta elimistössä vallitsisi sähköinen tasapaino, kationeita ja anioneita on elimistössä toisiaan vastaavat määrät. Elektrolyyttimäärä saadaan mitattua helposti vain plasmasta.

Elektrolyyttien liikkuminen plasman ja interstitiaalimesteen eli solujen ympärillä sijaitsevan soluvälinesteen välillä tapahtuu valtimoiden ja laskimoiden välisissä kapillaareissa. (Uotila 2010, 94 – 95.)

Elektrolyyttien kohdalla tarkastellaan myös kalsiumpitoisuuksia. Niitä esiintyy veressä kahdessa eri muodossa eli vapaana ja sitoutuneena. Vapaalla kalsiumilla tarkoitetaan ionisoitunutta kalsiumia, joka ei ole sitoutunut mihinkään, vaan se liikkuu vapaasti veriplasman vedessä. Sen tehtävä on osallistua elimistön aineenvaihdunnan reaktioihin. Sitoutunut kalsium taas on sitoutuneena plasman proteiineihin, ja se toimii varastomuotona. (Mustajoki & Kaukua 2008.) Opinnäytetyössä seurataan ionisoitunutta kalsiumia.

Ionisoituneen kalsiumin ohella täytyy tarkkailla myös pH-arvoa. Sen avulla saadaan selville laskennallinen ionisoitunut kalsiumarvo. Opinnäytetyön tapauksessa se lasketaan normalisoimalla pH lukemaan 7,4. Ionisoitunut kalsiumpitoisuus, jonka analyyttori laskee mitatulla pH-arvolla, on aktuaalinen ionisoitunut kalsium (Ca^{++}). Laskennallista ja aktuaalista pitoisuutta vertaillaan keskenään. Arvojen ero saa poiketa toisistaan kaksi prosenttia suuntaansa. Vertailemalla tuloksia toisiinsa saadaan tietoa näytteen luotettavuudesta säilytyksen osalta. Jos näytettä esimerkiksi säilytetään liian pitkään huoneenlämmössä, niin sen pH-arvo muuttuu. Tämä johtaa siihen, että saatu pitoisuus on virheellinen. Laskennallisen kalsiumin avulla saadaan pois suljettua pH:n muutoksista johtuvat virheet. (Heinonen & Stenberg 2011, 10 - 11.)

5.4 Metaboliitit

Metaboliiteilla tarkoitetaan aineita, jotka osallistuvat elimistön aineenvaihduntaan. Tutkimuksessa tarkasteltavat metaboliitit ovat Glu eli glukoosi ja Lac eli laktaatti. Niiden avulla seurataan elimistön insuliinin tuotantoa, sekä ketoaineiden ja maitohapon kertymistä. (Uotila 2010, 111.)

Ketohapon kertyminen elimistöön voi johtua insuliinin puutteesta tai pitkän paaston seurauksena kertyneistä ketoaineista. Maitohapon kertyminen elimistöön taas voi kertoa sydämen, verenkierron tai keuhkojen toimintahäiriöistä, jotka voivat johtaa paikalliseen

tai yleiseen kudoshypoksiaan. Tämä tarkoittaa sitä, että elimistön kudoksilla on hapen puute, joka voi johtaa jopa maitohappoasidoosiin. (Uotila 2010, 111.)

5.5 Lämpötila

Lämpötila on olennaisessa osassa verikaasumittauksissa. Analysaattori laskee osan parametreista laskentakaavojen avulla. Näihin laskentakaavoihin tarvitaan lämpötila. Jos potilaan lämpötila ei ole tiedossa, käytetään oletusarvona 37 °C. (Penttilä 2003, 162.) Lämpötila-arvon syöttämisessä on myös ongelmia. Analysaattorit ovat kaikkein luotettavimpia, kun käytetään 37 °C:n oletusarvoa. Potilaan oma lämpötila voi kuitenkin olla reilusti yli tai alle oletusarvon, jolloin mittaustuloksien luotettavuudesta on ollut erimielisyyksiä. Joissakin laboratorioissa onkin ollut suosituksena ilmoittaa arvot potilaan lämpötilan lisäksi myös oletuslämpötilaa käyttäen. (Uotila 2010, 116.) Tämän opinnäytetyön toteutuksessa käytettiin ainoastaan 37 °C:n oletusarvoa.

5.6 Muut parametrit

Opinnäytetyössä tarkkailtiin myös kokonaishemoglobiinia eli tHb-arvoa ja happisaturaatiota eli SO₂-arvoa. Hemoglobiinin tärkeimmät tehtävät elimistössä ovat hapen ja hiilidioksidin kuljetus. Elimistön hapesta 98 prosenttia on sidottuna hemoglobiiniin. Kokonaishemoglobiinilla tarkoitetaan kaikkien mitattujen hemoglobiinifraktioiden summaa. Happisaturaatiolla voidaan seurata lähinnä vereen sitoutunutta happea. Happisaturaatiota tarkkaillaan myös arvioidessa happihoidon tehokkuutta. (Uotila 2010, 106 - 109.)

Tässä opinnäytetyössä seurattiin kokonaishemoglobiinin arvojen tasaisuutta. Niiden avulla pystyttiin päättelemään ruiskun sekoituksen onnistumista. Happisaturaation avulla saatiin seurattua toistuvien ruiskun ilmauksien seurauksia happiarvoihin.

6 Opinnäytetyön tarkoitus ja tutkimustehtävä

Opinnäytetyö suoritettiin toimeksiantona, joka saatiin ISLAB:n Joensuun klinisen kemian aluelaboratorion kemistiltä. Verikaasunäytteiden säilyvyys on todella suuri

ongelma laboratoriotyöskentelyssä, joten opinnäytetyö oli hyödyllinen. Tehtävänä oli tutkia, kuinka kauan verikaasunäyte säilyy luotettavana muoviruiskussa, kun se säilytetään kylmässä. Mittauksia yhdestä ruiskusta suoritettiin kuusi kappaletta 90 minuutin aikana. Mittaukset suoritettiin tietyin väliajoin. Tutkimuksen perusteella klinisen kemian aluelaboratorio voi halutessaan muuttaa ohjekirjaansa verikaasunäytteiden säilyvyyden osalta.

Opinnäytetyön tutkimuskysymys on:

Kuinka kauan valtimoverikaasunäytteen tulokset säilyvät luotettavina, kun näyte on otettu muoviruiskuun ja näytteitä säilytetään kylmässä?

7 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivinen tutkimus voi tarkoittaa useita eri menetelmiä. Yksi menetelmä voi olla kokeellinen tutkimus, johon tässä opinnäytetyössä keskitytään. (Ks. Heikkilä 2008, 21.) Tämä johtuu siitä, että opinnäytetyö toteutettiin laboratorioympäristössä tutkien verikaasunäytteiden säilyvyyttä sekä lämpötilan vaikutusta niihin.

Kvantitatiivinen tutkimus on määrällistä tutkimusta, jonka avulla pyritään saamaan selville asioita, jotka liittyvät prosentiosuuksiin ja lukumääriin. Luotettavuuden varmistamiseksi täytyy otoksen olla tarpeeksi suuri ja edustava. Hyvin usein kvantitatiivisessa tutkimuksessa keskitytään selvittämään riippuvuuksia ja muutoksia. Tutkimuksien tulokset antavat yleensä viitteen muutoksesta, mutta eivät siitä, miksi muutos tapahtuu. (Heikkilä 2008, 16.) Opinnäytetyössä tutkittiin verikaasunäytteen muutoksia, kun näytteen säilytysaikaa pidennettiin.

Jos tutkimuksen aihe on koettu tärkeäksi ja hyödylliseksi, saadaan aikaan todennäköisesti myös hyödyllinen tutkimus. Hyvä tutkimus on jatkoa ajatellen käyttökelpoinen, ja se tuo esiin jotakin uutta tietoa. (Heikkilä 2008, 32.) ISLAB:n Joensuun klinisen kemian aluelaboratoriossa on jo pitkään ollut ongelmana verikaasunäytteiden säilyvyys. Aamuisin näytteitä saapuu laboratorioon suuria määriä. Tästä johtuen laboratorion ohjekirjassa annetut säilyvyysajat ylittyvät. Opinnäytetyöstä

saatujen tulosten avulla laboratorio voi mahdollisesti pidentää näytteiden säilyvyysaikaa ilman tulosten luotettavuuden kyseenalaistamista.

Määrällisessä tutkimuksessa on mitattavia ominaisuuksia, joiden välisiä suhteita ja eroja selvitetään tutkimuksen avulla. Tutkimuksen tulokset voidaan esittää numeroiden avulla, jotka kuitenkin selitetään sanallisesti. Tutkimusprosessin sekä tulosten tulee olla puolueettomia. (Vilka 2007, 13 - 16.)

Opinnäytetyö on selittävä tutkimus, koska tarkoituksena on saada lisätietoa ja syitä tutkittavaan asiaan. Lisäksi pyritään saamaan tutkittava asia selkeämmäksi ja täsmällisemmäksi. Tutkimuksesta löytyy myös syy-seuraussuhteita. (Vilka 2007, 13 - 19.) Hyvä esimerkki syy-seuraussuhteesta on se, kuinka näytteen säilyvyys ja mitattavuus muuttuvat sitä mukaa, mitä kauemmin näytettä säilytetään kylmässä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää verikaasututkimuksen tulosten muutoksia tietyn ajan sisällä tapahtuvien mittausten aikana, kun näytteitä säilytetään kylmässä. Opinnäytetyössä käytettiin järjestelmällisiä havaintoja, jotka ovat tyypillisiä määrälliselle eli kvantitatiiviselle tutkimukselle. Ensin havaitaan tutkimusongelma, jonka perusteella muodostetaan havaintoyksikkö. Havaintoyksikkö voi olla esimerkiksi ihmisryhmä, josta uutta tutkimustietoa halutaan saada. Kaikki havaintoyksiköt muodostavat perusjoukon, joista valitaan tutkimukseen tarvittava määrä havaintoyksiköitä. (KvantiMOTV 2003.) Tässä opinnäytetyössä havaintoyksiköt koostuivat teho-osaston potilaista, joiden verikaasunäytteistä mittaukset suoritettiin.

Havaintoyksiköt jaetaan edelleen pienempiin osiin, joita ovat otokset ja näytteet (KvantiMOTV 2003). Tässä opinnäytetyössä kyseessä on näyte, koska havaintoyksiköt valikoituivat harkinnanvaraisesti eli potilaiden lukumäärän ja mittauskapasiteetin mukaan. Näytteitä ei voitu valita sattumanvaraisesti. Etukäteen ei ollut tiedossa, kuinka monta näytettä mittauspäivinä saadaan. Näytteiden lukumäärä valittiin niin, että ne pystyttiin mittaamaan luotettavasti määrättyssä ajassa. Valittu lukumäärä oli korkeintaan neljä näytettä päivälle.

8 Tutkimuksen toteutus

8.1 Toimintaympäristö

Opinnäytetyön toteutuksen mittaukset tapahtuivat ISLAB:n Joensuun kliinisen kemian aluelaboratoriossa. Laboratoriolla on käytössään kaksi Rabidlab-verikaasuanalysointilaitetta, joista työtä varten oli käytössä toinen analysointilaitteista. Verikaasunäytteitä saapuu Joensuun kliinisen kemian aluelaboratorioon usealta eri Pohjois-Karjalan keskussairaalan osastolta, mutta ensisijaisesti aikuisten ja lasten teho-osastoilta. Mahdollisissa ongelmatilanteissa apuna käytettiin kliinisen kemian aluelaboratorion henkilökuntaa sekä vastaavaa kemistiä.

Näytteiden otto tapahtui keskussairaalan aikuisten teho-osastolta. Apuna olivat vuorossa olevat sairaanhoitajat, jotka toimivat näytteenottajina. Näytemäärä riippui senhetkisestä teho-osaston potilasmäärästä. Teho-osastolla hoidetaan vain tehohoitoa tarvitsevia potilaita, joten potilasmäärät voivat vaihdella suurestikin. Näytteiden otto ja niiden tutkiminen tapahtui viitenä päivänä 9. - 24.1.2012 välisenä aikana.

8.2 Verikaasunäytteiden ottaminen ja kuljetus

Näytteet haettiin teho-osastolta, koska siellä on käytössä tutkimuksessa käytettävät Line Draw 3 millilitran ruiskut. Tavoitteena oli saada kokonaisuudessaan 16 näytettä. Yleisin pyyntö on laaja valtimoverikaasunäyte eli aB-VekaasL-pyyntö, jota nimenomaan opinnäytetyössä tarkasteltiin. Eettisen toimikunnan mukaan opinnäytetyössä ei saa käyttää ylimääräisiä näytteitä ilman potilaan tai omaisen lupaa. Tämän takia mittaukset suoritettiin niistä näytteistä, joille oli asianmukainen pyyntö. Eettiselle toimikunnalle toimitettiin lyhyt kuvaus tutkimuksen toteuttamisesta.

Teho-osastolla käynti tapahtui laboratorion iltapäiväkierron yhteydessä. Mukaan lähti aina kiertovuorossa oleva laboratoriotyöntekijä. Näytteiden määrä riippui siitä, kuinka monta potilasta teho-osastolla kyseisenä päivänä oli ja kuinka monesta potilaasta lääkäri oli pyytänyt verikaasunäytteen. Teho-osaston työntekijät ottivat näytteet. Ennen näytteenottoa he mittasivat potilaan lämmön korvakuumemittarilla. Lukema merkittiin ruiskun kyljessä olevaan laboratorion omaan tarraan. Vuorossa oleva sairaanhoitaja otti

näytteen valtimokatetrasta ruiskuun. Jotta tutkiminen onnistuisi, pyydettiin näytteenottoruisku ottamaan täyteen näytettä.

Näytteenoton aikana kirjoitettiin jokaiselle näytteelle kaksi tarralappua, joihin tuli näytteenottoaika sekä näytteen merkitsemiseen käytettävä kirjain. Kirjaimia käytettiin A:sta eteenpäin ilmaisemaan näytteenottojärjestystä. Heti kun teho-osaston työntekijät olivat ottaneet näytteen ruiskuun ja ilmanneet sen, toinen tarralappu liimattiin ruiskun kylkeen. Samalla käynnistettiin sekuntikello. Sekuntikelloon liimattiin toinen tehdyistä tarralapuista, jotta kello ja näyteruisku voitiin yhdistää toisiinsa. Opinnäytetyössä ei tarvittu missään vaiheessa potilastietoja. Kaikki näytteet kuljetettiin laboratorioon tutkittavaksi kylmävaraajalla varustetun styroksilaatikon sisällä.

8.3 Verikaasunäytteen tutkiminen

Näytteen tutkiminen tapahtui Joensuun klinisen kemian aluelaboratoriossa toisella verikaasuanalysointilinjalla. Jokainen näyte oli merkittynä näytteenottojärjestystä kuvaavalla kirjaimella sekä näytteenottoajalla. Käytössä oli myös laboratoriopäiväkirja, jossa oli taulukko jokaisen näytteen mittauksille. Mittauksia tehtiin kuusi, jotka merkittiin numeroilla 0-5. Ensimmäinen mittaus oli 0-mittaus, joka suoritettiin heti laboratorioon saavuttua. Loput viisi mittauksista eli mittaukset 1-5 olivat 15 minuutin, 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin sekä 90 minuutin mittaukset, joiden tuloksia oli tarkoitus verrata 0-mittaukseen.

Ensimmäinen mittaus täytyi suorittaa 15 minuutin sisällä näytteen ottamisesta. Tämän varsinaisen mittauksen suorittivat laboratorion työntekijät. Ensimmäisen mittauksen tulokset vastattiin teho-osastolle lääkärin diagnosoitavaksi. Tämän takia vain töissä olevan laboratoriohoitajan oli oikeus tehdä kyseinen mittaus. Ensimmäisen mittauksen jälkeen näytteet siirrettiin odottamaan seuraavia mittauksia kylmän styroksilaatikon sisään. Näytteet säilytettiin koko ajan kylmässä, sillä opinnäytetyössä seurattiin parametrien muutoksia kylmäsäilytyksessä. Tutkimuksessa ei seurattu kaikkia koneen antamia parametreja, vaan niistä valittiin tärkeimmät ohjaavan kemistin kanssa. Tarkoituksena oli seurata tiettyjen verikaasujen, elektrolyyttien, metaboliittien sekä kokonaihemoglobiinin ja happisaturaation mahdollisia muutoksia tietyin väliajoin

mitattuna puolentoista tunnin aikana. Tuloksiin merkittiin ylös myös lämpötila, joka oli merkittynä ruiskuun.

Ennen jokaista mittausta näytteitä sekoitettiin minuutin ajan ja näyteruiskuista poistettiin ilma. Näyteruiskut ilmattiin myös jokaisen mittauksen jälkeen. Ensimmäiset yhdeksän näytettä sekoitettiin käsin. Tuloksissa huomattiin isoja muutoksia tHb-parametrin arvojen kohdalla, joten toimeksiantajan pyynnöstä käytettiin verikaasunäytteille tarkoitettua sekoittajaa viimeisten neljän näytteen kohdalla. Tämän avulla huomattiin, että sekoittajan avulla saatiin tasaisempia tuloksia. Laboratorion henkilökunta sekoittaa näytteet yleensä käsin, vaikka sekoittaja on käytettävissä.

Näytteet mitattiin seuraavan kerran 15 minuutin kohdalla. Tarkka aika katsottiin sekuntikelloista, jotka oli merkitty samalla kirjaimella ja näytteenottoajalla kuin ruiskut. Analysaattori tulosti parametreista kirjallisen tulosteen, joka säilytettiin tuloksien kokoamista varten. Jokainen tuloste merkittiin samoin kuin ruiskut. Lisäksi tulosteeseen merkittiin numero 0-5 riippuen meneillä olevasta mittauksesta. Varmuuden vuoksi jokainen mittauksesta saatu tulos merkittiin myös käsin laboratoriopäiväkirjaan. Tällä varmistettiin saatujen tulosten säilyminen. Mittaukset toistuivat samalla tavalla jokaisen näyteruiskun kohdalla.

Koska teho-osaston potilaiden lukumäärä paljastui mittauspäivinä juuri ennen mittausten aloittamista, ei mittauksia pystytty ennakoimaan ajallisesti ja määrällisesti. Tutkimuksessa pyrittiin suorittamaan mittauksia 3-4 kappaletta päivässä. Kun näytteitä saatiin useampia, ne mitattiin peräkkäin. Koska käytössä oli vain yksi laite, näytteitä ei pystytty mittaamaan enempää mittausten oikean ajoituksen takia. Joinakin päivinä teho-osastolla saattoi olla vain yksi potilas, jolloin päivän tavoitetta ei saavutettu.

8.4 Verikaasuanalysaattori

ISLAB:n Joensuun klinisen kemian aluelaboratoriossa verikaasunäytteet mitataan Siemens Rapidlab 1265-verikaasuanalysaattorilla. Analysaattorilla voidaan tehdä määryksiä kokoverestä, plasmasta, hemodiafiltraatiolaitteen dialyysinsteestä ja punktionesteistä. Punktionesteiksi käyvät likvor- ja pleuraneste. Näyteastioina voidaan käyttää ruiskuja, kapillaareja ja putkia. Putket voivat olla litium-hepariiniputkia,

steriilejä muoviputkia, geelillisiä litium-hepariiniputkia tai geelillisiä seerumiputkia. Näytteenottoastiat valitaan pyyntöjen mukaan. Geelillisessä putkessa oleva näyte täytyy siirtää ennen analysointia lisääineettomaan ruiskuun, jotta geeliä ei pääse laitteen sisään. (Simonen 2012.)

Rapidlab 1265 -analysaattori käyttää mittausmenetelmänään potentio- ja amperometriaa, jotka perustuvat sähkökemialliseen, biokemialliseen ja optiseen fysiikkaan. Analysaattorin sisällä on sensoreiksi kutsuttuja elektrodeja, joiden avulla mittaaminen tapahtuu sähköisen signaalin muodossa. Kalibrointi tapahtuu automaattisesti yhden pisteen kalibrointina kerran tunnissa. (Simonen 2012.)

8.4.1 Kalibrointi

Kalibroinnin tarkoituksena on määrittää mitattavan ominaisuuden ja analyytin pitoisuuden välinen yhteys. Analyytti on aine, joka on tunnistettava tai määritettävä. Kalibroinnissa käytetään apuna analyytteja, joiden pitoisuudet tunnetaan. Analyyttien avulla selvitetään mittaussignaalin taso ja analyytin pitoisuuden välinen yhteys. Käytössä olevan mittalaitteen on annettava signaalille tarpeeksi suuri vaste. Jotta pitoisuudet pystytään määrittämään tarpeeksi luotettavasti, on mittaussignaalin muutoksen muututtava analyytin pitoisuuden muuttuessa tarpeeksi paljon. (Jaarinen & Niiranen 2005, 18.)

Kalibrointimenetelmiä voivat olla ulkoinen kalibrointi, sisäisen standardin menetelmä sekä standardin lisäysmenetelmä. Näitä menetelmiä käytetään kemiallisessa analyysitekniikassa. Yleisimpänä näistä käytetään ulkoista kalibrointia, jossa on pitoisuuksiltaan tarkasti tunnetut liuokset ja näille mitataan mittalaitteen antamat signaalin tasot. Ulkoinen kalibrointi soveltuu esimerkiksi laitteille, joilla mitattavien näytteiden määrä on lähes vakio. Laitteen kalibrointi suoritetaan kalibrointiliuoksella, jolle on määritetty tietty vaihteluväli. Nämä kalibrointiliuokset voidaan valmistaa reagensseista tai laboratorio voi saada niitä valmiina kantaliuoksina. Kantaliuoksista voidaan edelleen valmistaa tarvittavia liuoksia. Jos kalibrointiliuosten vaihteluväli ylittyy mitattaessa, näytteiden mittaukset keskeytyvät ja etsitään ylitykselle syy. Tämän jälkeen laite kalibroidaan uudelleen. (Jaarinen & Niiranen 2005, 20 – 23.)

Kalibroinnin tarkoitus on saada laitteella luotettavia ja pysyviä mittaustuloksia. Kalibroinnin lisäksi apuna käytetään myös laaduntarkkailunäytteitä. Laaduntarkkailunäytteet tai kontrollinäytteet ovat näytteiden kaltaisia, mutta niiden pitoisuudet tiedetään ennalta. Laaduntarkkailunäyte auttaa kontrolloimaan kalibrointiliuosten luotettavuutta siten, että jos laaduntarkkailunäytteiden tulokset ovat laitteella mitattuna erilaiset kuin jo tiedossa olevat tulokset, pystytään kalibrointia tarkastamaan ja siten korjaamaan mahdolliset virheet. Kalibrointiliuosten uusimisen yhteydessä tarkastetaan, että uudet ja vanhat liuokset antavat samanlaisia tuloksia. (Jaarinen & Niiranen 2005, 25.)

8.4.2 Parametrit verikaasututkimuksissa

Verikaasututkimuksissa voidaan pyytää useita eri tutkimuksia. Pyynnön edessä oleva kaksikirjaiminen lyhenne tarkoittaa näytteenottotapaa ja loppuosa tutkimuksen laajuutta. Tässä opinnäytetyössä käytettiin valtimoverestä tehtävää laajaa tutkimusta, eli pyydettyä lyhennettä aB-VekaasL. Tämä tutkimus sisälsi valtimoverikaasuanalyysin, elektrolyytit ja metaboliitit. Tämän lisäksi jokaiseen verikaasututkimukseen kuuluu hapetus- ja metaboliaosat. (Simonen 2012.)

Opinnäytetyössä ei seurattu kaikkia analysaattorin antamia parametreja. Yhdessä vastaavan kemistin kanssa keskusteltiin siitä, mitkä parametrien tulokset vaikuttavat merkittävästi säilyvyyden toteamiseen. Tässä opinnäytetyössä päätettiin seurata kaikkia elektrolyyttejä ja metaboliitteja, mutta verikaasuista valittiin pH-, pCO₂-, pO₂ ja tHb-parametrit.

9 Tutkimustulosten analysointi

9.1 Testin valinta

Sopivan testin valitseminen on olennainen osa testausta ja analysointia. Tilastollisia testejä ja tunnuslukuja on runsaasti. Niitä valittaessa on oltava huolellinen ja tarkka, jotta ne sopivat tulosten analysointiin. Valitsemisessa täytyy ottaa myös huomioon, että testin käytön edellytykset sopivat ja ovat voimassa. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 178, 205.) Tilastolliset testit voidaan jakaa parametriisiin ja jakaumasta riippumattomiin

testeihin. Valintaa tehtäessä on tiedettävä, miten muuttuja jakautuu perusjoukossa ja minkä mitta-asteikon muuttuja on kyseessä. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 178.)

9.2 Parametrinen testi

Parametriset testit sopivat testauksiin ja mittauksiin, joissa tutkitaan jonkin parametrin arvoa ja muutosta. Jos tutkimusotos on pieni, analysoinnissa voidaan käyttää t-testiä. Tällöin tulosten keskihajontaa ei tiedetä. Esimerkiksi jos analysointiin valitaan t-testi, tulosten täytyy jakautua normaalijakauman mukaisesti. Tulosten täytyy siis oletetusti kasvaa tai pienetä esimerkiksi ajan suhteen. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 205.)

Parametriset testit ovat voimakkaampia kuin jakaumasta riippumattomat testit. Jos tutkimustulosten analysointiin on tarjolla useita sopivia testejä, testi valitaan sen voimakkuuden mukaan. Testin voimakkuudella tarkoitetaan sen kykyä hylätä tutkimukselle asetettu väärä nollahypoteesi. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 205.)

Tutkimusten tarkoitus on yleensä testata olettamuksia tai väitteitä. Tilastollisen tutkimuksen tarkoitus on osoittaa perusjoukosta tehtyjen olettamusten paikkansapitävyys. Näitä olettamuksia kutsutaan hypoteeseiksi. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 175 - 176.)

Tutkimustulosten analysoinnissa tarvitaan taulukointia ja graafista esitystä havainnollistamaan tuloksia. Taulukoinnin ja graafisen esityksen lisäksi tunnusluvut auttavat tulkitsemaan tuloksia luotettavasti. Tunnusluvut lasketaan tuloksien jakaumasta ja niiden tarkoitus on kertoa tutkimustuloksista tietoa eri näkökulmista. On tärkeää osata valita parhaat tunnusluvut sekä tulkita niitä oikein, jotta tutkimustuloksista saadaan käyttöön haluttu ja oikea tieto. Tilasto- ja taulukkolaskentaohjelmien, esimerkiksi Excel- ja SPSS- ohjelmien, avulla on helppo laskea tunnuslukuja. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 78.)

9.3 Parittainen t-testi

Parittainen t-testi on parametrinen testi. Sen avulla testataan satunnaismuuttujien keskiarvoja. Parittainen t-testi vaatii, että satunnaismuuttujat ovat lähes

normaalijakauman mukaisesti jakautuneet. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 182.) Yhtenä edellytyksenä on myös otoksen valinta riippumattomasti (Karjalainen 2004, 202). Jos t-testi ei ole sopiva vaihtoehto testaukseen, voidaan käyttää esimerkiksi Wilcoxonin testiä (Holopainen & Pulkkinen 2008, 205).

Tutkimukselle asetetaan kaksi hypoteesia, joista toinen on nollahypoteesi H_0 ja toinen vaihtoehtoinen hypoteesi H_1 . Nollahypoteesin tarkoitus on osoittaa nykytilannetta tai perusolettamusta, ja se kertoo tilanteen tämänhetkisen totuuden. Vaihtoehtoinen hypoteesi on uusi oletamus, joka pyritään näyttämään toteen. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 175 - 176.)

Nollahypoteesin testauksessa täytyy päättää hylkäämisvirheen riskin suuruus. Hylkäämisvirheen todennäköisyys on p-arvo, ja hylkäämisvirheen tekemisen todennäköisyyttä kutsutaan merkitsevyystasoksi. Hylkäämisvirheellä tarkoitetaan esimerkiksi tilannetta, jossa nollahypoteesi hylätään, vaikka se olisi tosi. Merkitsevyystasot voidaan jakaa esimerkiksi tilastollisesti erittäin merkitsevään, tilastollisesti merkitsevään ja tilastollisesti melkein merkitsevään. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 177.)

T-testiä käytettäessä puhutaan t-jakaumaan liittyvistä kriittisistä arvoista. T-testille täytyy valita merkitsevyystaso eli hylkäämisvirheen todennäköisyys. Arvoja tarkasteltaessa merkitsevyystaso kertoo, jääkö nollahypoteesi voimaan vai hylätäänkö se. Hylättäessä nollahypoteesi, vaihtoehtoinen hypoteesi tulee voimaan. Mitä pienempi merkitsevyysarvo on, sitä pienempi on myös erehtymisriski. (Holopainen & Pulkkinen 2008, 155, 177.) Tässä tutkimuksessa merkitsevyystasoksi valittiin 5 %. Testauksessa päätettiin käyttää Studentin t-testiä.

10 Tulokset

Tuloksien tarkastelun avulla täytyi saada tieto siitä, missä vaiheessa mittauksia tulokset eivät olleet enää luotettavissa rajoissa. Tämän selvittämiseksi käytettiin apuna Excel-ohjelmiston parittaista t-testiä. Sen avulla saatiin selville, astuuko nollahypoteesi (H_0)

vai vaihtoehtoinen hypoteesi (H_1) voimaan. Jotta tulokset eivät poikkea toisistaan liikaa, nollahypoteesin haluttiin olevan voimassa mahdollisimman pitkään.

Ennen kuin päästiin vertailemaan hypoteeseja keskenään, täytyi jokaisesta ruiskusta saadut mittaustulokset erotella ja jakaa taulukoihin mittausaikojen perusteella (taulukko 1). Saatuja 0-mittauksia oli vain kuudesta ruiskusta, sillä ruiskujen laboratorioon tuonti teho-osastolta viivästyi hyvin monta kertaa. Näin pienillä tulosmäärillä pienikin muutos voi muuttaa ratkaisevasti t-testin tulosta, joten 0-mittaukset hylättiin ja kaikkia tuloksia verrattiin 15 minuutin mittaustuloksiin. Samalla tehtiin päätelmä, että ruiskujen tuonti laboratorioon kestää niin pitkään, että mittauksia ei pysty läheskään aina mittaamaan ennen 15 minuuttia. Joidenkin ruiskujen kohdalla kaikkia mittauksia ei pystytty suorittamaan analysointin ongelmien tai kalibroinnin takia. Näitä tapauksia sattui kuitenkin niin vähän, että puuttuvat tulokset voitiin korvata arvolla 0. Tämän jälkeen voitiin ryhtyä suorittamaan t-testi Excel-ohjelman avulla

Taulukko 1. pH-tulokset mittausaikojen perusteella.

pH 15 minuuttia	pH 30 minuuttia	pH 45 minuuttia	pH 60 minuuttia	pH 90 minuuttia
7,441	7,441	7,429	7,419	7,411
7,404	7,383	7,379	7,378	7,364
7,471	7,466	7,457	7,452	7,462
7,475	7,471	7,464	7,453	7,445
7,403	7,390	7,385	7,377	7,370
7,415	7,412	7,405	7,404	7,390
7,409	7,405	7,399	7,394	7,400
7,375	7,369	7,361	7,362	7,362
7,436	7,435	7,433	7,437	7,425
7,333	7,334	7,329	7,330	7,313
7,301	7,302	7,298	7,300	7,286
7,330	7,329	7,330	7,315	7,389
7,393	0,000	7,399	7,393	0,000

Tuloksissa käytettiin parittaista t-testiä, sillä tulokset pystyvät poikkeamaan lähtöarvon molemmiin puolin. Jokaista mittausta verrattiin 15 minuutin mittaukseen ja jokaisesta vertauksesta tehtiin oma t-testitaulukkonsa. Tämän opinnäytetyön osalta merkittäviä tuloksia olivat tilastollinen t-arvo (t-stat), parittainen kriittinen t-arvo (t-critical two tail) sekä p-arvo (p-two tail). Näiden tuloksien avulla saatiin selville, astuuko H_0 vai H_1 voimaan. P-arvon avulla saatiin myös selville, kuinka merkitsevästi hypoteesit olivat voimassa (taulukko 2).

Taulukko 2. Parittainen t-testi pH.

t-Test: Paired Two Sample for Means		
<i>pH</i>	15	30
Mean	7,3989231	6,825923
Variance	0,0028186	4,209041
Observations	13	13
Pearson Correlation	0,0586907	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	12	
t Stat	1,0082066	
P(T<=t) one-tail	0,1666265	
t Critical one-tail	1,7822876	
P(T<=t) two-tail	0,3332531	
t Critical two-tail	2,1788128	

Lopullinen tuloksien vertailu tapahtui taulukoissa, joihin oli poimittu tilastollinen ja kriittinen t-arvo sekä p-arvo. Ensimmäisenä verrattiin keskenään t-arvoja, joilla saatiin selville voimassa oleva hypoteesi. Kriittinen t-arvo (t-critical) on niin sanottu raja-arvo, johon tilastollista arvoa (t-stat) verrataan. Jos t-stat on pienempi kuin t-critical, astuu nollahypoteesi voimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tulokset ovat vielä luotettavia. Jos t-stat on isompi, kuin t-critical, vaihtoehtoinen hypoteesi astuu voimaan ja tuloksia ei voi enää pitää luotettavana. Koska kyseessä oli parittainen t-testi, ei ollut merkitystä, oliko tilastollinen arvo yli vai alle nollan (taulukko 3).

Seuraavaksi tarkasteltiin p-arvoa. Sen avulla saatiin selville mahdollinen otantavirhe eli kuinka merkitsevästi hypoteesi on voimassa. Mitä pienempi luku on, sitä vahvemmin hypoteesi on voimassa ja sitä pienempi on otantavirheen riski. Pääasiallisena sääntönä pidetään sitä, että jos saatu p-arvo on alle 0,05, tulos on melkein merkitsevä. Tällöin hypoteesi ei ole kovin vahvasti voimassa ja otantavirheen riski on suuri. Jos arvo on alle 0,01, tulos on merkitsevä. Tässä tapauksessa hypoteesi on melko vahvasti voimassa ja otantavirheen riski on pieni. P-arvon mennessä alle 0,001, se on erittäin merkitsevä. Tällöin hypoteesi on erittäin voimakkaasti voimassa, ja otantavirheen riski on lähes olematon. Pääasiassa mittaustulosten luotettavuus päätetään kuitenkin hypoteesin avulla (taulukko 3). (Taanila 2012.)

Taulukko 3. Hypoteesi ja sen voimakkuus.

pH	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	1,0082	3,995	4,8597	1,0258
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,3333	0,0018	0,0004	0,3252

Jokaisen parametrin vertailussa nollahypoteesi (H_0) ja vaihtoehtoinen hypoteesi (H_1) asetettiin samalla tavalla. Tuloksien avulla saatiin selville, muuttuvatko tulokset merkittävästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. Jokaisen parametrin kohdalla hypoteesit asetettiin seuraavasti:

H_0 = Tulokset eivät muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä.

H_1 = Tulokset muuttuvat merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä.

Kaikkien parametrien t- ja p-arvot löytyvät liitteestä 1.

Kun verrattiin **pH**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin pH:n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 30 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan tässä vertailussa. H_0 ei kuitenkaan ole kovin vahvasti voimassa, sillä p-arvo ei ole merkitsevä.

Kun verrattiin 15 minuutin ja 45 minuutin mittausta, huomattiin, että t-stat arvo on muuttunut suuremmaksi kuin t-critical eli H_1 astuu voimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tulokset muuttuvat merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_0 ei siis ole enää voimassa. Tässä vertailussa H_1 on erittäin vahvasti voimassa, koska p-arvo on erittäin merkitsevä.

Kun verrattiin **pCO₂**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin pCO₂:n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 45 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät

siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan tässä vertailussa. Kun katsotaan 45 minuutin mittauksesta saatua p-arvoa, niin voimassa oleva H_0 hypoteesi ei ole vahvasti voimassa, koska p-arvo ei ole merkitsevä.

Kun verrattiin 15 minuutin ja 60 minuutin mittausta, huomattiin, että t-stat arvo on muuttunut suuremmaksi kuin t-critical eli H_1 astuu voimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tulokset muuttuvat merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_0 ei siis ole enää voimassa. Vertailussa H_1 on erittäin vahvasti voimassa, koska p-arvo on erittäin merkitsevä.

Kun verrattiin pO_2 -näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin pO_2 :n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 90 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan missään vaiheessa.

Kun verrattiin tHb -näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin tHb :n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 90 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan missään vaiheessa.

Kun verrattiin SO_2 -näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin SO_2 :n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 90 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan missään vaiheessa.

Kun verrattiin **Na**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin **Na**:n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 45 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan tässä vertailussa. Kun katsotaan 45 minuutin mittauksesta saatua p-arvoa, niin voimassa oleva H_0 ei ole vahvasti voimassa, koska p-arvo ei ole merkitsevää.

Kun verrattiin 15 minuutin ja 60 minuutin mittausta, huomattiin, että t-stat arvo on muuttunut suuremmaksi kuin t-critical eli H_1 astuu voimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tulokset muuttuvat merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_0 ei siis ole enää voimassa. Vertailussa H_1 ei ole vahvasti voimassa, koska p-arvo ei ole merkitsevää.

Kun verrattiin **K**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin **K**:n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 90 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan missään vaiheessa.

Kun verrattiin **Ca**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin **Ca**:n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 90 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan missään vaiheessa.

Kun verrattiin **Ca⁺⁺**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin Ca^{++} :n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin, että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 90 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan missään vaiheessa.

Kun verrattiin **Glu**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin.

Kun verrattiin Glu:n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 30 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 taas ei astu voimaan tässä vertailussa. H_0 ei kuitenkaan ole kovin vahvasti voimassa, sillä p-arvo ei ole merkitsevä.

Kun verrattiin 15 minuutin ja 45 minuutin mittausta, huomattiin, että t-stat arvo on muuttunut suuremmaksi kuin t-critical eli H_1 astuu voimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tulokset muuttuvat merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_0 ei siis ole enää voimassa. Tässä vertailussa H_1 ei kuitenkaan ole kovin vahvasti voimassa, sillä p-arvo ei ole merkitsevä.

Kun verrattiin **Lac**-näyteryhmiä, saatiin selville, muuttuuko näyte merkitsevästi, kun näyte säilytetään kylmässä. Vertailevana tuloksena käytettiin 15 minuutin mittausta, jota verrattiin 30 minuutin, 45 minuutin, 60 minuutin ja 90 minuutin mittauksiin

Kun verrattiin Lac:n t-stat- ja t-critical-arvoja toisiinsa, huomattiin että H_0 on voimassa vertailtaessa 15 minuutin mittausta 60 minuutin mittaukseen. Tulokset eivät siis muutu merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_1 ei astu voimaan tässä vertailussa. H_0 ei kuitenkaan ole kovin vahvasti voimassa, sillä p-arvo ei ole merkitsevä.

Kun verrattiin 15 minuutin ja 90 minuutin mittausta, huomattiin, että t-stat arvo on muuttunut suuremmaksi kuin t-critical eli H_1 astuu voimaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tulokset muuttuvat merkitsevästi, kun ruiskut säilytetään kylmässä. H_0 ei siis ole enää voimassa. Tässä vertailussa H_1 ei kuitenkaan ole kovin vahvasti voimassa, sillä p-arvo on melkein merkitsevä.

11 Pohdinta

11.1 Opinnäytetyön johtopäätökset

Opinnäytetyö onnistui kokonaisuudessaan hyvin. Suunniteltu aikataulu toteutui suunnitelman mukaan. Suurimmat ongelmat olivat ruiskujen saaminen laboratorioon teho-osastolta alle 15 minuutissa. Viivästymiset johtuivat lähinnä pitkistä välimatkasta teho-osaston ja laboratorion välillä sekä näytteiden määrästä. Normaalissa työtilanteessa laboratoriohoitaja odottaa mukaansa kaikki teho-osastolta pyydettävät näytteet. Tämän takia ensimmäisenä otettu näyte joutuu odottamaan mittausta pidemmän ajan kuin viimeisenä otettu näyte. Opinnäytetyön toteutuksen aikana näytteitä saattoi olla jopa neljästä potilaasta yhdellä näytteenhakukerralla, joten ensimmäisten näytteiden saaminen laboratorioon alle 15 minuutissa oli mahdotonta. Näiden ongelmien takia jätettiin tuloksien laskemisessa huomioimatta ensimmäinen mittaus eli 0-mittaus. Tällä varmistuttiin siitä, että saadut tulokset olisivat luotettavampia. Käytettäessä parittaista t-testiä näin pienillä näytemäärillä, jo pienikin muutos voi antaa virheellisiä tuloksia.

Mittauksien aikana ongelmana olivat analysaattorin kalibroinnit. Kalibroinnit tapahtuivat tunnin välein, joten mittaukset ja näytteiden hakeminen täytyi ajoittaa niiden mukaan. Kalibroinnin kesto oli noin 2 minuuttia. Jos kalibroinnissa meni jokin vikaan, niin analysaattorin täytyi tehdä kalibrointi heti uudestaan, jolloin mittaukset saattoivat viivästyä. Opinnäytetyön toteutuksen aikana analysaattori uusi kalibrointeja useamman kerran peräkkäin yhtenä mittauspäivänä. Tämän takia näytteiden yksi mittauskerta jäi välistä. Tuloksien kannalta näiden mittauskertojen poisjääminen ei vaikuttanut, sillä ne voitiin korvata arvolla nolla. Opinnäytetyössä tavoitteena oli saada otoskooksi 16 näytettä. Tämä ei kuitenkaan toteutunut. Otoskooksi saatiin 13 näytettä, sillä toteutukseen oli varattu aikaa hieman yli kaksi viikkoa ja kyseisenä aikana ei näytteitä ollut tarpeeksi saatavilla. Näytteiden saatavuus oli suoraan verrannollinen teho-osaston potilaisiin, joita ei toteutuksen aikana ollut paljoa.

Toteutuksen aikana näytteet sekoitettiin aluksi käsin. Huomattiin, että tHb-parametrin kohdalla tulokset eivät pysyneet kovin tasaisena. Parametrin tasaisuuteen vaikuttaa sekoitus, joten toimeksiantajan pyynnöstä viimeisten neljän mittauksen aikana käytettiin verikaasunäytteille tarkoitettua sekoittajaa. Tämän muutoksen avulla saatiin tHb-parametrioiden tulokset pysymään tasaisempina.

Tutkimustulosten analysoinnissa käytettiin parittaista t-testiä. Tämän menetelmän avulla saatiin selville lopulliset tulokset näytteiden säilyvyydestä. Niistä huomattiin, että tulokset ovat luotettavia 30 minuutin mittaukseen asti. Ainoa parametri, joka estää mittaukset 30 minuutin jälkeen oli pH. Mittaustuloksia tarkasteltaessa tultiin kuitenkin siihen tulokseen, että pienen otoskoon takia parametrin tulos ei ole täysin luotettava. Alkuperäisiä tuloksia verrattiin toisiinsa, eikä niissä silmämääräisesti nähty suuria eroja 30 minuutin mittauksen kohdalla. Tämän takia t-testitulokset pH-parametrin kohdalla hylättiin ja tulokset arvioitiin Joensuun klinisen kemian aluelaboratoriosta saatujen laboratorion omien viitearvojen perusteella (liite 3). Näiden viitearvojen mukaan pH - parametrin mittaukset voivat poiketa toisistaan 0,02 pH-yksikköä eli 45 minuutin mittaus voitaisiin vielä suorittaa. Lisäksi pH-mittausten luotettavuudesta keskusteltiin ohjaavan opettajan kanssa ja hänen mielestään voitiin vertailussa käyttää ISLAB:n viitearvoja.

Glukoosin kohdalla t-testi tuloksissa H_1 astui voimaan jo 30 minuutin mittauksen jälkeen. Tuloksia vertailtaessa voitiin huomata, että t-testin mukaan 45 minuutin ja 60 minuutin mittauksien kohdalla erot olivat todella suuret. Kun kuitenkin vertailtiin glukoosin arvoja silmämääräisesti, niin voitiin huomata, että tulokset eivät oikeasti poikenneet toisistaan kovin paljoa. Tämän perusteella t-testitulokset glukoosin kohdalla hylättiin ja tilalle otettiin ISLAB:n antamat viitearvot. Näiden viitearvojen perusteella glukoosi voitaisiin mitata vielä 45 minuutin kohdalla.

Muiden parametrien kohdalla t-testituloksien perusteella mittaukset voivat jatkua 45 minuutin mittaukseen asti tai pidempään. T-testitulosten ja ISLAB:n omien viitearvojen perusteella toimeksiannon antanut laboratorio voi suorittaa mittaukset vielä 45 minuutin kohdalla. Lisäksi huomattiin, että olisi suositeltavaa käyttää verikaasuruiskujen sekoitukseen siihen tarkoitettua sekoittajaa. Tämän avulla opinnäytetyössä saatiin tHb-parametrin kohdalla tasaisempia tuloksia, kuin käsin sekoittamalla.

11.2 Opinnäytetyön luotettavuus

Onnistuneen tutkimuksen avulla saadaan uutta, luotettavaa ja puolueetonta tietoa. Onnistunut tutkimus vastaa asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Hyvälle kvantitatiiviselle tutkimukselle on asetettu perusvaatimuksia, joita ovat validiteetti ja reliabiliteetti. Hyvä

kvantitatiivinen tutkimus mittaa juuri sitä asiaa, mitä alun perin oli tarkoituskin tutkia. Tarkat tavoitteet auttavat tutkimaan juuri oikeita asioita. Huolellisuus ja tarkkuus suunnittelussa ovat hyviä keinoja saada tutkimuksesta validi eli pätevä. Validiteetti on hyvä tarkastaa ennen tutkimuksen aloittamista, koska jälkikäteen sen tarkastelu voi olla hankalaa. (Heikkilä 2008, 29 – 30.)

Tärkeitä asioita ovat muun muassa perusjoukon määrittely, edustava otos ja korkea vastausprosentti (Heikkilä 2008, 29 – 30). Validiteetti on hyvä ja onnistunut, jos tutkimuksessa ei esiinny systemaattisia virheitä. Hyvä apukeino validiteetin tarkastelussa on päiväkirjan pitäminen tutkimuksen aikana. (Vilka 2007, 150 - 151.) Tutkimuksen aikana kirjattiin kaikki tulokset laboratoripäiväkirjaan sekä kaikki analysaattorin tulosteet säilytettiin.

Reliabiliteetti tarkoittaa tulosten luotettavuutta. Tulokset eivät saa olla sattumanvaraisia, vaan niiden tulee olla toistettavia. Suuri otoskoko, tarkkuus ja kriittisyys edesauttavat saamaan luotettavia tuloksia. (Heikkilä 2008, 30.) Reliabiliteettiin olisi hyvä kiinnittää huomiota tutkimuksen aikana ja sen jälkeen. Reliabiliteetti ja validiteetti yhdessä kertovat tutkimuksen kokonaisluotettavuudesta. Kokonaisluotettavuus toteutuu, kun esimerkiksi otos on tarpeeksi suuri ja se edustaa perusjoukkoa. Tutkimus on luotettava myös, jos siinä ei ole satunnaisvirheitä. (Vilka 2007, 149 - 154)

Kokonaisluotettavuuden saavuttamisessa hyviä apukeinoja ovat esimerkiksi ohjaajien kommentit, kriittinen asioiden arviointi sekä keskustelu. Tutkimus onnistuu parhaiten, kun tutkijalle itselleen tutkittava asia on rajattu selkeästi. Tarkoituksena on, että lopputuloksena saadaan jotakin uutta tietoa. Tutkijan täytyy tutustua aikaisempiin teorioihin, käsitteisiin ja tutkimuksiin. (Vilka 2007, 152 - 154.) Opinnäytetyössä otettiin huomioon luotettavuus perehtymällä aiheeseen ja itse tutkimukseen ennen sen toteuttamista. Keskusteluja käytiin toimeksiantajan kanssa tarvittavista toimenpiteistä sekä pohdittiin ohjaavien opettajien kanssa opinnäytetyön rajausta.

Tutkimuksen tekijän lisäksi täytyy huomioida myös muut tekijät. Jatkuva koulutus edesauttaa oikeaoppisessa työskentelyssä. Kun koko henkilökunta koulutetaan, heidän työtapansa ovat yhdenmukaiset ja näin saadaan myös laadullisesti hyviä tuloksia. Koulutus muillekin kuin laboratorion henkilökunnalle on tärkeää, jotta ongelmat poistuisivat koko näytteenotto-prosessista. On siis hyvä kouluttaa myös esimerkiksi

teho-osaston henkilökunta. (Väisänen 2008, 70.) Näytteiden otto ja kuljetus tapahtuivat jokaisella mittauskerralla samaan aikaan ja samassa paikassa. Ohjeena teho-osaston työntekijöille annettiin, että ruiskut on otettava joka kerta aivan täyteen. Tavoitteena oli näytemäärän pysyminen mahdollisimman samana jokaisessa näytteessä. Näytteiden tutkiminen tapahtui aina kliinisen kemian aluelaboratoriossa sovittuina aikaväleinä.

11.3 Opinnäytetyön eettisyys

Bioanalyytikon työssä on hyvin tärkeää tutustua terveydenhuollon lakeihin ja eettisiin periaatteisiin. Näiden avulla työskentelystä tulee luotettavaa ja ammattitaitoista. Tärkeimpiä asioita laboratoriotyöskentelyssä on huomioida potilaan tietojen salassapito ja taata hänelle oikeudenmukainen ja ihmisarvoa kunnioittava palvelu. Tämä tarkoittaa sitä, että työntekijä hankkii vain tutkimuksiin tarvittavat asiakas- tai potilastiedot sekä palvelee jokaista potilasta samalla tavalla. Tämä tarkoittaa, että kaikkia kohdellaan samoin katsomatta uskontoa, ihonväriä, sosiaalista tilannetta tai sukupuolista suuntautumista. On muistettava, että potilaalla tai asiakkaalla on itsemääräämisoikeus, jota on kunnioitettava jokaisessa työnkuvassa. (Tuokko, Rautajoki & Lehto 2008, 132–133.)

Tutkimuksessa täytyy muistaa tutkijan ammattietiikka sekä hyvä tieteellinen käytäntö. Tutkijan ammattietiikka on hyvä tieteellinen tapa, jota jokaisen tutkijan tulisi noudattaa. Ammattietiikan kulmakiviä ovat eettiset periaatteet, joita ovat normit, arvot ja hyveet. Ammattietiikan avulla tutkijan on helpompi työskennellä esimerkiksi toimeksiantajien ja rahoittajien kanssa, koska ammattietiikka antaa tietyt raamit, joiden mukaan kaikkien tulisi toimia. Yksi eettinen näkökulma tutkimukseen on hyvä ja huolellinen suunnittelu. Erityisen huolellinen kannattaa olla lähdemateriaalin valinnassa. (Vilka 2007, 89, 100.)

Tieteellinen käytäntö tarkoittaa, että esimerkiksi tulosten kerääminen ja esittäminen eivät loukkaa tutkimuksen kohderyhmää. On myös otettava huomioon ettei tutkimuksesta aiheudu vahinkoa esimerkiksi tutkimusympäristölle. Tutkimuksen haittojen tulisi olla mahdollisimman pienet ja hyötyjen puolestaan mahdollisimman suuret. Lainsäädännön noudattaminen on erittäin tärkeä asia tutkimusprosessissa. (Vilka 2007, 89 – 90.)

Yksi tärkeä osa tutkimusta on aineiston anonymisointi eli tutkijan täytyy muistaa käyttää ja säilyttää henkilötietoja asiaan kuuluvalla tavalla. Henkilötiedot täytyy muuttaa tunnistamattomaksi eikä yksityisyyttä saa loukata. (Vilka 2007, 95.) Tutkimuskohteena olevalle henkilölle täytyy kertoa tarpeeksi tietoja, jolloin hänelle ei jää epäselvyyksiä tutkimuksen tapahtumista (Vilka 2007, 101).

Tutkimusvirheitä voivat olla esimerkiksi tilanteet, jolloin tutkimus on jäänyt hieman epäselväksi tutkijalle tai tutkija ei tunne kohdetta tai tilannetta, jota hän tutkii. Tutkija ei välttämättä saa tarpeeksi tietoa tutkittavasta aiheesta tai hän ei vain tee tutkimusta huolellisesti. Vastuu tutkimuksesta, sen onnistumisesta ja mahdollisista virheistä on tutkijalla. (Vilka 2007, 100 – 101.)

Bioanalyytikon on myös pidettävä yllä ammatillista osaamistaan sekä kehittää sitä mahdollisimman paljon. Tämä takaa asiakkaalle tai potilaalle turvallisuutta ja käsityksen työntekijöiden ammattimaisuudesta. On myös hyvin tärkeää pitää yhteyttä ja neuvoa yhteistyötahoja sekä pitää huolta ympäristöstä. (Tuokko ym. 2008, 132–133.)

Ennen mittausten aloittamista informoitiin Pohjois-Karjalan keskussairaalan eettistä toimikuntaa tutkimuksen aiheesta ja tarkoituksesta. Heiltä kysyttiin lupa tutkimuksen toteutukselle. Eettisen lautakunnan avulla haluttiin varmistaa, että opinnäytetyö on laillinen suorittaa, eikä missään vaiheessa rikota salassapitovelvollisuuteen liittyviä asioita. Eettisen lautakunnan erillistä lupaa ei kuitenkaan tarvittu. Opinnäytetyössä ei käytetty nimiä, henkilötietoja tai tunnuksia, joista potilasta olisi voitu tunnistaa. Tutkimuksessa ei otettu ylimääräisiä näytteitä, joten potilaille ei aiheutunut ylimääräistä haittaa. Teho-osaston potilailta tai heidän omaisiltaan olisi hyvin harvoin mahdollista kysyä lupaa tutkimukseen osallistumisesta, mutta koska ylimääräisiä näytteitä ei otettu, niin lupaa ei tarvittu. (Simonen 2012.)

Koska tutkimuksessa käytettävät näytteet käsiteltiin nimettöminä, tutkimuksessa ei ollut vaaraa henkilötietojen väärinkäytölle tai muun yksityisyyden suojan rikkomiselle. Tutkimuksessa käytetty näytteiden merkintätapa ei paljastanut millään tavalla kenestä näyte oli peräisin. Henkilötiedoilla ei ollut merkitystä tutkimuksen tulosten kanssa.

Teho-osaston hoitohenkilökuntaa ja ylilääkäreitä informoitiin tutkimuksen suorittamisesta ja tutkimus suoritettiin yhteistyössä heidän kanssaan. Tarvittaessa tutkimuksesta

kerrottiin vielä lisää näytteenottotilanteessa, jos henkilökunnalla oli kysyttävää. Verikaasututkimukset ovat päivittäinen ja useasti päivän aikana toistuva tutkimus tehosastolla, joten heidän henkilökuntansa ja potilaansa hyötyivät tutkimustuloksista.

11.4 Oma oppimisprosessi

Saimme toimeksiannon, joka tuntui mielestämme mielenkiintoiselta. Opinnäytetyötä oli tämän takia helppo ryhtyä tekemään. Opiskelujen aikana saimme todella vähän tietoa verikaasuista, joten opinnäytetyön avulla pääsimme perehtymään aiheeseen syvemmin. Tämän lisäksi tulosten analysoinnissa käytetty parittainen t-testi tuli uutena asiana. Tämä vaihe vaatikin meiltä huolellista perehtymistä ja tiedonhankintaa. Tiedonhankinta yleisesti oli haastavaa, sillä opinnäytetyötämme vastaavaa tutkimusta ei löytynyt suomeksi. Perehdyimme aiheeseen suurimmalta osin englanniksi. Näin pystyimme kehittämään myös kielellisiä taitojamme.

Opimme, kuinka luotettava ja toistettava tutkimus tulee toteuttaa. Suunnitteluvaiheessa kävimme useaan kertaan toteutuksen läpi toimeksiantajan kanssa. Tällä varmistettiin opinnäytetyön onnistuminen. Mietimme tarkasti ohjeet, joiden avulla pystyimme saamaan, kuljettamaan ja tutkimaan näytteet aina samalla tavalla. Meidän täytyi ohjeistaa muu henkilökunta toimimaan kanssamme samoin. Opinnäytetyö auttaa meitä myös tulevaisuudessa käytännön työskentelyssä, sillä omat valmiutemme verikaasututkimusten osalta ovat kehittyneet erittäin paljon.

11.5 Opinnäytetyön hyödynnettävyys ja jatkotutkimusaihe

Kliinisen kemian aluelaboratorion ylilääkärin mukaan kyseessä oli erittäin hyödyllinen ja tärkeä tutkimus johtuen laboratorion suurista näytemääristä. Opinnäytetyön johtopäätösten avulla laboratorio pystyy muokkaamaan ohjekirjaansa pidentämällä näytteiden säilyvyysaikaa ennen tutkimista, jos näyte on säilytetty kylmässä. ISLAB voi hyödyntää opinnäytetyön tuloksia ja johtopäätöksiä Joensuun kliinisen kemian aluelaboratorion lisäksi myös muissa toimipisteissään.

Jatkotutkimusaiheina voisivat olla esimerkiksi näytteiden säilyvyys huoneenlämmössä tai ruiskussa olevan näytemäärän vaikutus mittaustuloksiin. Opinnäytetyössä tutkittiin

muoviruskuun otetun näytteen säilyvyyttä, kun näyte säilytetään kylmässä. Jatkotutkimusaiheeksi tuli esille myös lasiruskuun otetun näytteen säilyvyys. Testauksen voisi toteuttaa tämän opinnäytetyön menetelmän mukaan, jolloin voidaan verrata luotettavasti muovi- ja lasiruskua toisiinsa.

Lähteet

- Blonshine, S., Fallon, K. D., Lehman, C. M., & Sittig, S. 2004. Procedures for the Collection of arterial Blood Specimens; Approved standard – Fourth Edition. The National Committee for Clinical Laboratory Standards. http://sarstedt.com.ru/data/home/consultant/content/H11A4E_protsedury_i_ustrojstva_arterialnaya_krov.pdf. 2.12.2011.
- D’Orazio, P. 2002. Electrochemistry. Teoksessa Lewandrowski, K. (toim.) Clinical Chemistry. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 453 – 467.
- Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Heinonen, J. & Stenberg, M-L. 2011. Ionisoituneen kalsiumin säilyvyys. Metropolia ammattikorkeakoulu. Bioanalytiikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2008. Tilastolliset menetelmät. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Jaarinen, S. & Niiranen, J. 2005. Laboratorion analyysitekniikka. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Karjalainen, L. 2004. Tilastomatematiikka. Jyväskylä: Pii-kirjat.
- KvantiMOTV. 2003. Otanta ja otantamenetelmät. <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/otos/otantamenetelmat.html>. 22.2.2012.
- Labquality Oy. 2012a. Labquality. <http://www.labquality.fi/labquality/>. 27.9.2012.
- Labquality Oy. 2012b. Laadunarviointipalvelut. Labqualityn toimintaohjelma vuodelle 2012. Ulkoiset laadunarviointipalvelut 2012. http://labquality-fi-bin.directo.fi/@Bin/4210d1d747e0e778d075c6cd1ccec79/1330513823/application/pdf/2266756/Toim.ohjelma_low%20reso.pdf. 29.2.2012.
- Laitinen, M. 2003. Elektrokemialliset menetelmät. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö, 77 - 80.
- Mustajoki, P. & Kaukua, J. 2008. Senkka ja 100 muuta tutkimusta. Kalsium (P-Ca ja P-Ca-ion). Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03063. 2.10.2012.
- Mustajoki, P. 2012a. Terveyskirjasto. Asidoosi (elimistön nesteiden liiallinen happamuus). Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti/%5C%5Cwww.ktl.fi/%5C%5Cwww.health.fi/%5C%5Cwww.yyl.fi/%5C%5Cwww.emedicine.com/derm/%5C%5Cwww.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/elintarviketietoa/lisaaineet/www.stakes.fi/palvelut/tst/tk.koti?p_artikkeli=dlk00656&p_haku=metabolinen%20asidoosi. 27.9.2012.
- Mustajoki, P. 2012b. Terveyskirjasto. Alkaloosi (elimistön nesteiden liiallinen emäksisyys). Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti/%5C%5Cwww.ktl.fi/%5C%5Cwww.health.fi/%5C%5Cwww.yyl.fi/%5C%5Cwww.emedicine.com/derm/%5C%5Cwww.evira.fi/portal/fi/elintarvikkeet/elintarviketietoa/lisaaineet/www.stakes.fi/palvelut/tst/tk.koti?p_haku=metabolinen%20alkaloosi&p_artikkeli=dlk00655. 27.9.2012.
- Mustonen, J. & Pasternack, A. 2006. Munuaisten fysiologia. Teoksessa Rosenberg, P., Alahuhta, S., Lindgren, L., Olkkola, K. & Takkunen, O. (toim.) Anestesiologia ja tehohoito. Jyväskylä: Kustannus Oy Duodecim, 233 – 249.

- Penttilä, I. 2003. Elektrolyytti- ja happo-emästasapaino sekä nesteaitiot ja niiden tutkiminen. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset. Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiö, 152 – 171.
- Siemens. 2012. Rapidlab 1200 –verianalysointilaitteet Käyttöopas. Siemens Healthcare Diagnostics Inc. USA.
- Simonen, M. 2012. Kemisti. Itä-Suomen laboratoriokeskuksen liikelaitoskuntayhtymä. Suullinen tiedonanto 10.1.2012.
- Solunetti. 2006. Solubiologia. Aminohappojen hapetus. Solunetti. http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/aminohappojen_hapetus/2/. 25.9.2012.
- Suomen standardisoimisliitto SFS. 2007. Lääketieteelliset laboratoriot. Erityisvaatimukset laadulle ja pätevyydelle. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- Taanila, A. 2012. Akin menetelmäblogi. SPSS: Kahden riippuvan otoksen vertailu. <http://tilastoapu.wordpress.com/tag/parittainen-t-testi/>. 10.10.2012.
- Tuokko, S. 2010. Verinäytteiden otto. Teoksessa Niemelä, O. & Pulkki, K. (toim.) Laboratoriolääketiede Kliininen kemia ja hematologia. Keuruu: Kandidaattikustannus Oy, 25 - 30.
- Tuokko, S., Rautajoki, A. & Lehto, L. 2008. Kliiniset laboratorionäytteet –opas näytteiden ottoa varten. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Uotila, L. 2010. Neste-, elektrolyytti- ja happo-emästasapaino. Teoksessa Niemelä, O. & Pulkki, K. (toim.) Laboratoriolääketiede Kliininen kemia ja hematologia. Keuruu: Kandidaattikustannus Oy, 93 - 120.
- Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Väisänen, S. 2008. Preanalyttiset sudenkuopat verikaasunäytteiden käsittelyssä ja kuinka ne vältetään. Moodi (1), 69 - 70.
- Väisänen, S., Metsävainio, K. & Romppanen, J. 2006. Preanalyttisistä virhetekijöistä verikaasuanalysointilaitteilla tehtävissä analyyseissä. Finnanest (Suomen anestesiologiyhdistyksen lehti). http://www.finnanest.fi/files/a_vaisanen.pdf. 1.10.2012.

Opinnäytetyön toimeksianto



OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTO

SOPIJAOSAPUOLET:

TOIMEKSIANTAJA ISLAB Joensuu klinisen kemian laboratorioYhteystiedot: Maritta SimonenSähköpostiosoite: maritta.simonen@islab.fiOPISKELIJA Annamari Alanko, Pää LaukkanenYhteystiedot: annamari.alanko@edu.pkamk.fi, pää.laukkanen@edu.pkamk.fi

TOIMEKSIANTOSOPIMUS:

- laajan valtimoverikaasunäytteen säilyvyyden tutkiminen muoviruiskussa
- käytetään teho-osaston potilasnäytteitä
- toteutus klinisen kemian laboratoriossa

Osapuolet ovat tänään sopineet toimeksiannosta seuraavaa: (esim. rahoitus, aikarajat, tekijänoikeudet)

Toimeksiantaja


- tehdään laboratorion tiloissa
- analysointin ja mittauksen tarvittavat tarvikkeet haitaa toimeksiantajaa

Opiskelija(t)

- työ valmistuu viimeistään vuoden 2012 loppuun mennessä
- palautetaan sähköinen versio kemian laboratorioon

Opinnäytetyön ohjaajana PKAMK:ssa toimii Elina Lyytikäinen, Minna Rokkita

Päiväys ja allekirjoitukset

10.1.2012

Toimeksiantajan edustaja


Pää Laukkanen
Opiskelija

T- ja P-arvot

pH	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	1,0082	3,995	4,8597	1,0258
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,3333	0,0018	0,0004	0,3252

K	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	0,9402	-2,1438	0,0481	0,8252
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,3657	0,0532	0,9624	0,4253

pCO ₂	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	0,9662	1,9942	-3,289	0,7425
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,353	0,0694	0,0065	0,4721

Ca	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	1,0293	0	0,1852	1,0772
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,3237	1	0,8562	0,3025

pO ₂	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	1,4735	1,2762	1,2337	1,2518
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,1664	0,2261	0,2409	0,2345

Ca ⁺⁺	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	1,0803	2,0342	1,8732	1,1821
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,3012	0,0047	0,0856	0,26

tHb	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	-0,0103	2,0068	-1,7803	0,4602
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,992	0,0678	0,1003	0,6536

Gluk	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	1,1252	9,6995	6,3146	1,341
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,2825	4,9749	0	0,2048

SO ₂	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	0,9945	0,4642	0,5448	1,0506
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,3396	0,6508	0,5959	0,3141

Lac	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	0,2409	-1,5242	1,9098	-2,461
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,8137	0,7534	0,0803	0,03

Na	15 - 30	15 - 45	15 - 60	15 - 90
t-stat	0,9942	1,8718	-2,3358	0,9451
t-critical	2,1788	2,1788	2,1788	2,1788
p-two tail	0,3398	0,0858	0,0377	0,3632

Itä-Suomen laboratoriokeskuksen liikelaitoskuntayhtymän viitearvot



ITÄ-SUOMEN LABORATORIOKESKUKSEN
LIKELAITOSKUNTAYHTYMÄ

TYÖOHJE

8(8)

Käytössä alkaen 3.10.2011

OA-kuvaus verikaasut.doc

Liite 3. Verikaasuanalyysattoreilla tehtävien potilasnäytevertailujen ja AQC -kontrollien rajat

Parametri	Yksikkö	Potilasnäytteet	AQC-kontrollit	Akkreditoidut menetelmät:
		\pm	\pm	AQC-kontrollien rajat lasketaan seuraavien prosenttien 3 SD:t ja siitä SD
pH	pH-yksikkö	0,02	0,02	
pCO ₂	kPa	0,3	0,3	
O ₂	kPa	0,5	0,6	
tHb	g/l	10	10	
sO ₂	%	5		
Na (akkr.)	mmol/l	3		3,0 %
K (akkr.)	mmol/l	0,2		4,0 %
Gluk (akkr.)	mmol/l	0,6		6,0 %
Lakt (akkr.)	mmol/l	0,4		15 %
Calon	mmol/l	0,05	0,05	
Cl	mmol/l	3	3	
O ₂ Hb	%	2	2	
MetHb	%	2	2	
CoHb	%	2	2	
ctBil	μmol/l	10	10	