



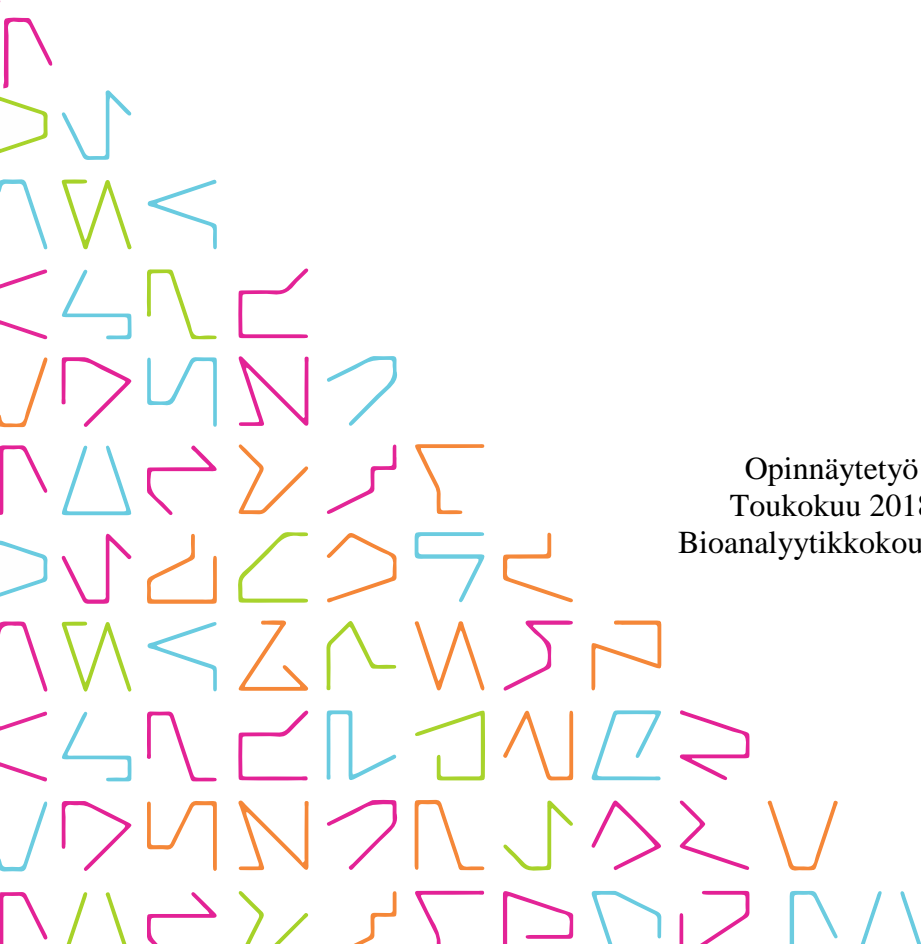
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PUTKIPOSTIKULJETUKSEN VAIKUTUS SEERUMIN LAKTAATTIDEHYDROGENAASI- PITOISUUTEEN

Elina Hannuksela

Taru Yli-Karhu

Opinnäytetyö
Toukokuu 2018
Bioanalytikkokoulutus



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Bioanalytikkokoulutus

HANNUKSELA ELINA & YLI-KARHU TARU:
Putkipostikuljetuksen vaikutus seerumin laktaattidehydrogenaasipitoisuuteen

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 3 sivua
Toukokuu 2018

Laktaattidehydrogenaasi (LD) on solujen sytoplasman entsyymi, joka toimii osana maitohappofermentaatiota. Tätä reaktiota tarvitaan, jotta glykolyysiä eli hiilihydraattien pilkkomista ja sitä kautta energian tuottoa voidaan ylläpitää myös hapettomissa olosuhteissa. LD:a on paljon erityisesti lihas- ja punasoluissa sekä trombosyyteissä. Sen mittaamista käytetään diagnoosia varmentavana lisätutkimuksena erityisesti sydäninfarktin ja keuhkoveritulpan kohdalla.

Opinnäytetyön aihe saatiin Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin kliinisen kemian toimintayksiköstä. Työn tarkoituksena oli tutkia, hajoavatko LD-näytteen punasolut ja trombosyytit putkipostilla lähetettäessä vapauttaen LD:a ja siten nostaen näytteen LD-pitoisuuden virheellisen korkeaksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Seinäjoen keskussairaalassa käytettävän putkipostin soveltuvuutta LD-näytteiden kuljettamiseen. Tutkimus toteutettiin vertaamalla lähetin kuljettamien ja putkipostilla lähetettyjen LD-näytteiden tuloksia ja hemolyysi-indeksejä toisiinsa. Tutkimuksen aineisto kerättiin ottamalla vapaaehtoisista potilaista ja henkilökunnan jäsenistä (n=32) kaksi seerumigeeliputkea, joista toinen kulki lähetin mukana näytteenotosta laboratorioon ja toinen lähetettiin putkipostilla. Molemmista näytteistä määritettiin LD-pitoisuus ja hemolyysi-indeksi. Tuloksia tutkittiin tilastollisen päättelyn keinoin kiinnittämällä erityistä huomiota tulosten keskiarvoihin, -hajontoihin ja korrelaatioihin.

Opinnäytetyön tulosten perusteella voitiin todeta, että putkipostikuljetuksella ei ole Seinäjoen keskussairaalassa vaikutusta seerumin LD-pitoisuuteen. Sama johtopäätös voitiin tehdä myös näytteen hemolyysi-indeksistä. Vaikka osa tuloksista osoittaa eri tavoin kuljetettujen näytteiden keskiarvojen välille tilastollisesti merkitsevää eroa, ei niiden välillä ole kuitenkaan käytännön kannalta merkittävää eroa, koska näytteiden absoluuttiset keskiarvot ja -hajonnat ovat hyvin lähellä toisiaan.

Työn johtopäätöksenä on, että LD-näytteet voidaan jatkossakin lähettää Seinäjoen keskussairaalassa putkipostikuljetuksena tulosten luotettavuuden ja laadun vaarantumatta. Jatkotutkimusaiheena nousee esiin erityisesti mahdollisesti tulevaisuudessa käytössä olevan yhden putken putkipostin vaikutuksen testaaminen saman tyyppisellä tutkimuksella.

Asiasanat: laktaattidehydrogenaasi, putkiposti, kuljetus, kuljetuksen vaikutus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Biomedical Laboratory Science

ELINA HANNUKSELA & TARU YLI-KARHU:
Effect of Pneumatic Tube System Transportation to Lactate Dehydrogenase Concentration of Serum

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 3 pages
May 2018

Lactate dehydrogenase (LDH) is a cellular cytoplasmic enzyme that acts as part of lactic acid fermentation. This reaction is required to maintain glycolysis under oxidative conditions. Muscle cells, red blood cells and thrombocytes contains lots of LDH. Its measurement is used for further diagnose, especially for coronary thrombosis and pulmonary embolism.

The topic of this thesis was provided by the clinical chemistry laboratory of Seinäjoki Central Hospital. The purpose of this thesis was to measure if there is any difference between LDH-results when the blood sample is delivered to laboratory by courier or by pneumatic tube system. In addition, it was compared whether the mode of transport had an effect on the hemolysis index of the sample. The aim of this thesis was to find out the suitability of a pneumatic tube system used to send LDH samples in the Seinäjoki Central Hospital.

Based on the results of the thesis, it was found out that the pneumatic tube system does not have an effect on serum LDH concentration in the clinical chemistry laboratory of Seinäjoki Central Hospital. The same conclusion could also be drawn from the sample hemolysis index. Although some of the results show a statistically significant difference between averages of samples transported in different ways, there is practically no significant difference between them because the absolute results of the samples are very close to each other.

The thesis concludes that LDH samples can continue to be sent to Seinäjoki Central Hospital via pneumatic tube system without risk of reliability and quality of the results.

Further research is required to find out for example if there is any difference while using one-tube -pneumatic tube system which is possibly used in the near future in Seinäjoki central hospital.

Key words: lactate dehydrogenase, pneumatic tube system, transportation, effect of transportation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	LAKTAATTIDEHYDROGENAASI JA SEN TUTKIMINEN	7
2.1	Laktaattidehydrogenaasi ja sen toiminta elimistössä.....	7
2.2	Indikaatiot ja preanalytiikka	9
2.3	Määrittäminen menetelmä.....	11
2.4	Viitearvot	13
2.5	Virhelähteet.....	14
3	NÄYTTEIDEN KULJETTAMINEN SAIRAALAN SISÄLLÄ.....	16
3.1	Erilaiset kuljetustavat.....	16
3.2	Putkipostin toiminta.....	18
4	AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET	21
5	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	24
6	OPINNÄYTETYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT.....	25
7	TUTKIMUKSEN SUORITUS.....	31
7.1	Näyttemateriaalin keräys	31
7.2	Näytteiden analysointi ja tulosten keräys	32
7.3	Tulosten käsittely	32
8	TULOKSET	34
8.1	Kuljetustavan vaikutus näytteen LD-pitoisuuteen	34
8.2	Kuljetustavan vaikutus näytteen hemolyysi-indeksiin.....	36
8.3	Eri analysointimenetelmien aiheuttamat erot tuloksissa	39
9	TULOSTEN TULKINTA	41
10	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET.....	47
	LIITTEET	52
	Liite 1. Näytteiden keruulomake	52
	Liite 2. Ohjekirje	53
	Liite 3. Kaikkien näyteparien tulokset.....	54

1 JOHDANTO

Laktaattidehydrogenaasi (LD) on elimistön tuottama hiilihydraattiaineenvaihduntaan liittyvä entsyymi. Se toimii glykolyysireaktion jälkeen maitohappofermentaatiossa muuttaen pyruvaattia eli palorypälehappoa laktaatiksi eli maitohapoksi. Tätä reaktiota tarvitaan, mikäli solu toimii tapahtumahetkellä hapettomissa olosuhteissa, esimerkiksi urheiluosuorituksen aikana. Tällöin hengitys ja sydämen lyöntitiheys eivät riitä toimittamaan riittävästi happea verenkierron mukana soluille. Laktaatin siirryttyä maksaan aerobisten olosuhteiden palauduttua, LD toimii osana samaa reaktiota, mutta muutossuunta on päinvastainen ja laktaatti muuttuu jälleen pyruvaatiksi. (Tapana 2010, 116–121; Heino & Vuento 2014, 103–104.)

LD:a on paljon mm. maksan ja lihaksiston soluissa, joten sitä vapautuu verenkiertoon runsaasti esimerkiksi lihasvaurion seurauksena. LD ei kuitenkaan ole kudosspesifi entsyymi, joten suoraan sen pitoisuutta mittaamalla ei saada selville, missä osassa elimistöä vaurio on. Tämän vuoksi sen pitoisuuden määrittäminen toimii lähinnä varmistavana lisätutkimuksena monien sairauksien ja tilojen diagnostiikassa ja seurannassa, esimerkiksi sydäninfarktin sekä keuhkoveritulpan kohdalla. LD:lla on viisi isoentsyymiä ja näiden erottaminen toisistaan elektroforeettisesti mahdollistaa kudოსvaurion tarkemman sijainnin määrittämisen. (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010; Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2013; Huslab 2017.) Myös punasolut ja trombosyytit sisältävät paljon LD:a, jota vapautuu niistä soluhajoamisen seurauksena. Mikäli tätä solujen hajoamista tapahtuu näyteputkessa ennen näytteen analysointia, muodostuu näytteeseen ylimääräistä LD:a ja seurauksena on preanalyttisen vaiheen virheestä johtuva todellista korkeampi tulos.

Työn aihe saatiin Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian toimintayksiköstä, josta käytetään jatkossa nimeä Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian laboratorio. Työllä on ollut Tampereen ammattikorkeakoulun toimintatapojen mukaisesti kaksi opettajaohjaajaa ja työelämäohjaajaa. Työelämäohjaajana toimi sairaalakemisti. Opinnäytetyön aihe on tilaajalle tärkeä, sillä Seinäjoen keskussairaalaan ollaan mahdollisesti hankkimassa yksittäisnäytteiden putkipostia ja halutaan selvittää, onko LD-näytteiden kuljettaminen putkipostilla mahdollista.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, soveltuuko Seinäjoen keskussairaalassa käytössä oleva putkipostijärjestelmä seerumin LD-näytteiden kuljettamiseen. Tarkoituksena on tutkia, hajoavatko näytteen trombosyytit ja punasolut putkipostilla lähetettäessä vapauttaen LD:a ja siten nostaa näytteen LD-pitoisuuden virheellisen korkeaksi. Tutkimuskysymyksiin haetaan vastauksia vertaamalla samasta henkilöstä otettujen mutta eri tavoin laboratorioon kuljetettujen, näytteiden LD-pitoisuuksia ja hemolyysi-indeksejä toisiinsa.

Putkiposti on kuljetusjärjestelmä, jota käytetään esimerkiksi virastoissa, kaupoissa ja sairaaloissa. Sen avulla voidaan nopeasti kuljettaa pienikokoisia paketteja, esimerkiksi asiakirjoja, rahaa tai laboratorionäytteitä. (Pamtech 2017a.) Putkiposti saattaa aiheuttaa näytteiden hemolysoitumista, koska nopeat kiihdytykset ja jarrutukset, pitkä matka ja nopea vauhti edistävät solujen hajoamista ja heikkenemistä (Phelan ym. 2016, 559). Useassa tutkimuksessa todetaan, että jokaisen klinisen laboratorion tulee itse tutkia käyttämänsä putkipostijärjestelmän vaikutus näytteiden hemolysoitumiseen (Sodi, Darn & Stott 2004, 239; Böckel-Frohnhofer, Hübner, Hummel & Geisel 2014, 601). Tämä johtuu siitä, että jokainen putkipostijärjestelmä on ominaisuuksiensa, kuten vauhdin ja käynnösten määrän suhteen, ainutlaatuinen.

Työn teoriaosuudessa on pyritty keskittymään aiheen kannalta olennaisiin teoreettisiin seikkoihin eli LD:n toimintaan ja mittaamiseen, sekä putkipostin toimintaan ja sen mahdollisiin vaikutuksiin verinäytteiden laadussa. LD valittiin tutkimuksen kohteeksi, koska se on herkkä hemolyysille ja siten soveltuu hyvin putkipostikuljetuksen vaikutusta mittaavaksi analyytiksi. Näytteiden keräys oli teknisesti helpointa toteuttaa yhteistyössä Y-laboratorion kanssa, koska sieltä on toimiva lähettikuljetusjärjestelmä analyysilaboratorioon. Lisäksi sieltä tulee eniten LD-pyyntöjä ja potilaat ovat siinä kunnossa, että heistä voi ylimääräisiä näytteitä ottaa. Nämä käytännön seikat olisivat vaatineet henkilökunnalta ylimääräistä työtä, jos näytteet olisi päätetty kerätä päivystysnäytteenotossa tai osastoilla.

2 LAKTAATTIDEHYDROGENAASI JA SEN TUTKIMINEN

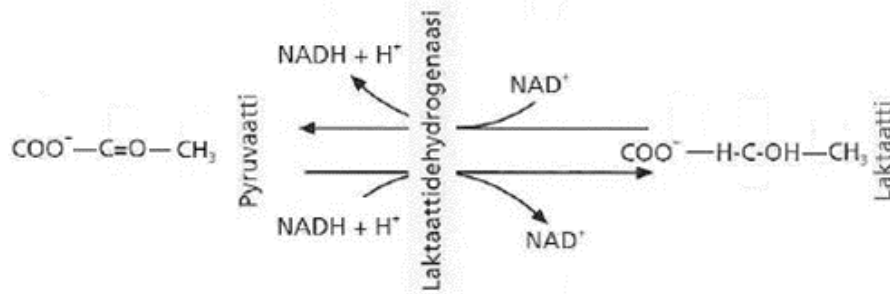
2.1 Laktaattidehydrogenaasi ja sen toiminta elimistössä

Laktaattidehydrogenaasi on elimistön tuottama entsyymi, jota on paljon elimistön eri solujen sytoplasmassa. Tällaisia soluja ovat punasolujen ja trombosyyttien lisäksi esimerkiksi lihassolut sekä maksan, haiman ja keuhkojen solut. (Savolainen, Kakko, Jahnukainen & Juvonen 2015, 206.) Entsyymit toimivat katalyytteina elimistön eri reaktioissa nopeuttaen niitä. Jotta kemiallinen reaktio voi alkaa soluissa, on niiden ylitettävä tietty energiakynnys. Tämän kynnyksen ylittämiseen käytettyä energiaa sanotaan aktivaatioenergiaksi. Entsyymien reaktioita nopeuttava toiminta perustuu siihen, että ne muodostavat kohdemolekyylinsä eli substraatin kanssa mahdollisimman suuren määrän heikkoja kemiallisia sidoksia, kuten vety- ja ionisidoksia. Näiden sidosten muodostuessa vapautuu pieniä määriä energiaa, joka voidaan käyttää reaktion aktivaatioenergiana. (Heino & Vuento 2014, 23, 71.)

Entsyymit katalysoivat hyvin monenlaisia reaktioita ja niiden nimeäminen perustuu näihin reaktioihin. Entsyymiryhmiä ovat mm. lyaasit, ligaasit ja oksidoreduktaasit. Lyaasit toimivat reaktioissa, joissa vahva kovalenttinen sidos katkeaa ja ligaasit puolestaan muodostavat kovalenttisia sidoksia molekyylin välille. Oksidoreduktaasit toimivat osana hapetus- ja pelkistysreaktioita siirtäen ioneja yhdisteeltä toiselle. LD on oksidoreduktaasi ja se toimii katalyyttinä maitohappofermentaatioissa, joka on hapetus- ja pelkistysreaktio. (Heino & Vuento 2014, 71, 103.)

Glykolyysi on elimistön solujen sytoplasmassa tapahtuva aineenvaihduntareaktio, jossa glukoosimolekyylit muutetaan useiden osareaktioiden kautta pyruvaatiksi eli palorypälehapoksi. Samalla elimistö saa käyttöönsä energiaa ATP-molekyylin muodossa. Mikäli elimistö toimii aerobisissa eli hapellisissa olosuhteissa, pyruvaatti hapettuu edelleen asetyyli-KoA:ksi ja siirtyy mitokondrioihin osaksi trikarboksyylihappo- eli sitruunahappokiertoa. Jos elimistön solut toimivat anaerobisissa eli hapettomissa olosuhteissa ei pyruvaatin hapettuminen ole mahdollista. Solu kuitenkin tarvitsee glykolyysin ylläpitämiseen NAD^+ -molekyylejä. Tällöin ratkaisuna toimii maitohappofermentaatio (Kuvio 1), jossa LD toimii katalyyttinä ja muuttaa yhdessä NAD^+ -molekyylin ja NADH-molekyylin hapetus-pelkistysreaktion avulla pyruvaattia laktaatiksi eli maitohapoksi. Laktaatti siirtyy

soluista verenkierron mukana maksaan, jossa maitohappofermentaatio toimii toiseen suuntaan ja laktaatista tulee uudelleen pyruvaattia. (Tapana 2010, 116–121; Heino & Vuento 2014, 103–104.)



KUVIO 1. LD:n toiminta maitohappofermentaatioissa (Heino & Vuento 2014, 103 muokattu)

Rakenteeltaan LD on proteiini, tetrameeri. Se muodostuu neljästä yksiköstä, jotka on nimetty sydän- ja lihasyksiköiksi polypeptidiketjunsuhteella. Sillä on viisi isoentsyymiä (LD-1 – LD-5), jotka voidaan erottaa toisistaan elektroforeettisen liikkuvuuden perusteella. Näistä isomeereistä kaksi on homogeenisia yksiköidensä suhteen; LD-1 muodostuu neljästä sydänyksiköstä ja LD-5 puolestaan neljästä lihasyksiköstä. Loput kolme ovat näiden kahden välimuotoja. (Lothar 1998, 93; Roche 2012, 1; Huslab 2017.)

Entsyymien toimintaan elimistössä vaikuttavat monet tekijät. Näitä ovat mm. lämpötila, pH, substraatin määrä, elimistön tarve reaktion lopputuotteille, sekä muut reaktiota joko kiihdyttävät tai estävät eli inhiboivat tekijät. Näiden tekijöiden ymmärtäminen on tärkeää entsyymiaktiivisuutta määritettäessä, mikä on entsyymien toiminnan pääasiallinen tutkimusmenetelmä. Entsyymiaktiivisuuden mittaukseen käytetään reaktioseosta, jossa voi olla esimerkiksi koentsyymejä, substraattia ja puskuriliuosta. Entsyymien toimintaa säätelyyn tekijöihin voidaan vaikuttaa myös analyysivaiheessa, jolloin reaktioseoksen koostumukseen vaikuttamalla saadaan selville toisten osatekijöiden toimintaa. (Penttilä 2004a, 82–83; Heino & Vuento 2014, 74–76.)

2.2 Indikaatiot ja preanalytiikka

Laktaattidehydrogenaasin pitoisuuden määrittäminen käytetään usean eri sairauden diagnostiikassa ja seurannassa. Sen rooli on olla lähinnä diagnoosia varmistava tutkimus. Lisäksi diagnoosia voidaan varmistaa määrittämällä LD:n isoentsyymit elektroforeettisesti (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010). Isoentsyymien eri muodot nousevat eri suhteessa riippuen siitä, missä elimessä veren LD-pitoisuutta nostava vaurio on. (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010; Huslab 2017.) LD-määrityksellä haetaan vahvistusta diagnoosille mm. seuraavien sairauksien kohdalla.

Sydäninfarktin sekä keuhkoveritulpan diagnostiikka ja seuranta

Ensisijaisesti sydänlihaskvaurio osoitetaan verinäytteestä sydänperäisen troponiinin avulla (Sydäninfarktin diagnostiikka 2014). LD-pitoisuutta voidaan käyttää sydäninfarktin myöhäisdiagnoosissa, sillä vereen päästyään se poistuu sieltä hitaasti paljastaen jopa kaksi viikkoa aikaisemmin tapahtuneen sydänlihaskvaurion (Penttilä 2004b, 206). Koholla ovat erityisesti LD-1 ja LD-2. Keuhkoveritulpan kohdalla LD:n isoentsyymeistä nousevat erityisesti LD-3 ja LD-4 ja silloin osa LD:sta on peräisin trombosyyteistä (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010; Huslab 2017).

Maksa- ja lihastaudit

Koska maksa- ja lihassolut sisältävät runsaasti laktaattidehydrogenaasia, on varsin luonnollista, että näiden elimien tautitiloissa LD:a vapautuu verenkiertoon. Varsinkin, jos tuloihin liittyy soluvaurioita. LD-pitoisuus saattaa kasvaa myös maksaperäisissä vaurioissa. Isoentsyymeistä kohoaa tällöin erityisesti LD-5, usein myös LD-4. LD-pitoisuuden määrittäminen maksapotiilailla voidaan käyttää hyperbilirubinemian erotusdiagnoosissa. (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010; Niemelä & Parkkila 2014, 172; Huslab 2017.) LD-pitoisuus kohoaa myös lihastulehduksissa, joita aiheuttavat rasitusvammat ja infektiot. Infektioita aiheuttavat anaerobiset bakteerit, joista vaikein on *Clostridium*-lajien aiheuttama lihastuho. LD-pitoisuuden määrittäminen käytetään lähinnä hoidon seurantaan. (Penttilä & Pulkki 2014, 192.)

Pernisiöösi anemia

Pernisiöösi anemia johtuu B₁₂-vitamiinin imeytymishäiriöstä. Tämä häiriö aiheutuu kroonisesta atrofisesta gastriitista eli hapottomasta mahasta, joka voi olla joko autoimmuuni-

nen tai aiheutua *Helicobacter pylori*-infektiosta. Molemmat syntyvät johtavat imeytymishäiriöön, koska mahahapon, pepsinogeenin ja sisäisen tekijän erityis heikkenee. Pernisiöosia anemiaa käytetään nimityksenä riippumatta siitä, onko potilaalla tälle tilalle tyypillinen megaloplastinen anemia vai ei. (Loikas 2015, 185.) Sairastumiseen on perinnöllinen alttius ja riski sairastua kasvaa iän myötä (Pelliniemi 2010, 66). Mikäli sairaudelle tyypillistä megaloplastista anemiaa ilmenee, sen johdosta LD:n isoentsyymeistä nousevat erityisesti LD-1 ja LD-2 (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010).

Hemolyttiset tilat

Punasolujen hajoaminen voimistuu hemolyttisissä tiloissa. Tilat luokitellaan hemolyysiin johtaneiden syiden ja taudinkuvan perusteella. Syynä voi olla synnynnäinen tai perinnöllinen tila tai hankinnainen sairaus. Hemolyysi voi tapahtua suonensisäisesti tai suonen ulkoisessa tilassa, kuten maksassa tai pernassa. Perinnöllisissä tiloissa hemolyysi on yleensä suonensisäistä ja taustalla on punasolujen rakenteellinen poikkeavuus (Savolainen ym. 2015, 204.) Suonensisäisessä hemolyysissä laktaattidehydrogenaasia vapautuu hajoavista punasoluista jonka seurauksena seerumin LD-pitoisuus kasvaa. LD-pitoisuuden määrittäminen ei kuitenkaan ole spesifinen hemolyysin osoituskoe ja sitä käytetäänkin lähinnä epäselvissä tiloissa. (Siitonen 2010, 83; Punnonen 2014, 260). Punasolut sisältävät erityisesti isoentsyymimuotoja LD-1 ja LD-2, jolloin niiden pitoisuus kohoaa hemolyttisten tilojen yhteydessä. (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010).

Hematologiset maligniteetit

Kohonnut LD-pitoisuus indikoi huonoa taudin ennustetta ja on merkki laajasta kasvainmassasta multipelissa myeloomassa (Lothar 1998, 93). Multipeli myelooma on luuytimen plasmasoluihin liittyvä syöpäsairaus, jossa monoklonaalinen plasmasoluklooni lisääntyy luuytimessä ja erittää vereen ja/tai virtsaan monoklonaalista proteiinia eli paraproteiinia (Putkonen & Silvennoinen 2015, 403). LD on ennustava tunnusluku Non-Hodgkinin lymfoomassa. Potilailla, joilla on kohonnut LD-pitoisuus, on huonompi taudin ennuste kuin heillä joilla LD-pitoisuus on normaali. (Lothar 1998, 93.) Non-Hodgkinin lymfooma on tavallisin imukudossyöpätyyppi. Suomessa niitä todetaan noin 1000 tapusta vuosittain. (Roche 2016.) Myeloomien ja lymfoomien kohdalla nousevat erityisesti isoentsyymien LD-3 ja LD-4 pitoisuudet (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2010).

Suomessa LD-pitoisuuden määrittäminen tehdään joko seerumista tai plasmasta, plasmamäärityksen ollessa yleisimpi tapa. Näyte otetaan joko 5 ml:n seerumigeeliputkeen tai 5 ml:n

litium-hepariinigeeliputkeen. Tutkimusnumero ja lyhenne on 2194 S-LD tai 4526 P-LD riippuen näytemateriaalista. Tutkimus ei vaadi potilaalta paastoa tai muita valmistelevia toimenpiteitä. Näytettä, eli joko hemolyysoitumatonta plasmaa tai seerumia tarvitaan 0,5 ml, lapsilta riittää tarvittaessa pienempi määrä kertamääritykseen. (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2013; Huslab 2014: Itä-Suomen laboratoriolakeskus 2015; Fimlab 2016; Tykslab 2016; Nordlab 2017.)

Seerumigeeliputkeen otettu näyte sentrifugoidaan ja seerumi on eroteltava kahden tunnin kuluessa sentrifugoinnista (Lothar 1998, 93). Näyte tulisi analysoida erottelun jälkeen mahdollisimman pian. Eroteltu seerumi säilyy kuitenkin tarvittaessa viikon huoneenlämmössä. Sitä ei saa säilyttää jääkaapissa tai pakastaa. (Lothar 1998, 93; Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2013.) Säilytyksen lämpötilarajoitukset johtuvat laktaattidehydrogenaasin isoentsyymien LD-4 ja LD-5 herkkyydestä kylmyydelle (Lothar 1998, 93). Eroteltu plasma sen sijaan voidaan tarvittaessa pakastaa jopa kuudeksi viikoksi (Huslab 2014: Itä-Suomen laboratoriolakeskus 2015; Fimlab 2016; Tykslab 2016; Nordlab 2017).

2.3 Määrittäminen

Näytteen LD-pitoisuus määritetään IFCC:n eli kansainvälisen kliinisen kemian ja laboratoriolääketieteen yhdistyksen menetelmän mukaisesti entsyymiaktiivisuuden perusteella. Tämä suositus on julkaistu vuonna 2002 ja se on laadittu aiemman, vuonna 1994 julkaistun suosituksen perusteella. Suurin ero näillä suosituksilla on, että reaktiolämpötilaa nostettiin 7 °C:lla. (Schumann ym. 2002, 643– 648.)

Määrittäminen tehdään suosituksen mukaan +37° C:ssa ja pH-arvon tulee olla reaktion aikana $9,4 \pm 0,05$ yksikköä, eli välillä 9,35 – 9,45. Puskuriliuoksena reaktiossa käytetään N-metyyli-D-glukamiini-liuosta, jonka pitoisuus on 325 mmol/l. Reaktioon lisätään pitoisuudeltaan 50 mmol/l L-(+)-laktaattia ja beeta-NAD-liuosta, jonka pitoisuus on 10 mmol/l. Näytteen pitoisuus reaktiivilavuudesta on 1:23 eli noin 4,35 prosenttia on näytettä. Preinkubaatioaika, eli aika, joka vähintään tarvitaan reaktiossa käytettävien komponenttien toisiinsa tarttumiseen, on 180 sekuntia. Lag-faasi, eli reaktion käynnistysvaihe kestää puolestaan 90 sekuntia. Mittauspisteitä on 180 sekunnin mittausajan aikana kuusi. Tutki-

muksessa mitataan fotometrisesti absorbanssin nousua, kun NAD^+ muuttuu NADH-molekyyliksi. Absorbanssia mitataan aallonpituudella 339 ± 1 nm. Tapahtuma on seuraavan reaktioyhtälön mukainen. (Schumann ym. 2002, 643–648; Penttilä 2004a, 82–85.)



Määrittystä tehdään Suomessa sekä seerumista että plasmasta. Seinäjoen keskussairaalassa ja Vita laboratorioissa käytetään seerumia, kun taas esimerkiksi kaikki yliopistosairaalat käyttävät näyttemateriaalina plasmaa. Muut ilmoittavat käyttävänsä määrittämisessä IFCC:n standardoimaa menetelmää, mutta Fimlab kertoo tekevänsä määrittäksen kineettisesti, pohjoismaisen suosituksen mukaisesti. (Huslab 2014; Itä-Suomen laboratoriokeskus 2015; Fimlab 2016; Tykslab 2016; Nordlab 2017; Vita 2017.)

IFCC:n standardoiman menetelmän toimivuutta plasma-näytteille on epäilty. Bakker ym. (2003, 662–664) esittävät, että IFCC:n menetelmällä plasmanäytteissä syntyy liikaa toistettavuusvirhettä verrattuna tutkijoiden laboratoriossa käytettyyn menetelmään, jonka käyttöä suosittelevat Saksan ja Ranskan kliinisen kemian yhdistykset. Menetelmät eroavat toisistaan reaktiosuunnan perusteella. IFCC suosittaa käyttämään laktaatista pyruvaattiksi-suuntaa, kun verrokkimenetelmänä on artikkelin tutkimuksessa pyruvaatti-laktaattisuunta. Olennaisin ero näille on suositeltu pH-arvo, jossa reaktio toimii parhaiten. IFCC suosittaa Bakkerin ja muiden (2003, 662) mukaan pH-arvoa 8.8–9.4 kun taas toiseen suuntaan reaktio toimii parhaiten pH-arvoilla 7.4–7.8. Tulosten perusteella IFCC:n menetelmä tuotti toistettavuusvirheitä 17,8 %:n verran, kun taas toisella menetelmällä toistettavuusvirheprosentti oli vain 1,4. (Bakker ym. 2003, 662–664.) Toisaalta tulee ottaa huomioon, että IFCC:n menetelmässä suositellaan seerumia näyttemateriaalina (Schumann ym. 2002, 644). Bakker ym. (2002, 663) kuitenkin perustelevat monipuolisesti plasmanäytteiden käytön seeruminäytteiden sijaan. Tärkeimpinä syinä he mainitsevat plasmanäytteiden nopeuden verrattuna seeruminäytteisiin sekä sen, että hemolyysi ei ole yhtä voimakasta plasma- kuin seerumiputkessa. Lisäksi plasmassa ei ole hyytymiä, jotka aiheuttaisivat LD-pitoisuuden virheellistä nousua. Toisaalta heidän tutkimuksessaan todettiin IFCC:n menetelmällä tehtyjen seeruminäytteiden toistettavuusvirheprosentiksi vain 2,6. (Bakker ym. 2002, 663.)

2.4 Viitearvot

Taulukossa 1 on esitettyä Seinäjoen keskussairaalassa käytössä olevat viitearvot seerumin LD-pitoisuudelle. Arvot ovat muodossa kansainvälistä yksikköä per litra (U/l). Lisäksi mainitaan, että raskauden loppupuolella LD-pitoisuudet nousevat. (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2013.) Myös käytetyn analyysimenetelmän valmistaja ilmoittaa omat viitearvonsa, jotka se on määritellyt IFCC:n mukaan. (Roche 2012, 2). Nämä arvot kuitenkin eroavat hieman Seinäjoella käytetyistä. Niissä on huomioitu mm. potilaan sukupuoli. Tutkimuksen prosessikuvauksessa muistutetaan siitä, että jokaisessa laboratoriossa tulee laatia käyttöön omat viitearvot, jotka tulee myös suhteuttaa omiin potilaisiin. Yleisinä arvoina esitetään, että tulos olisi normaali sekä miehillä että naisilla aina 250 U/l asti. IFCC:n viitearvojen mukaan normaalin tuloksen tulee olla alle 247 U/l. (Schumann ym. 2002, 647; Penttilä 2004a, 58; Roche 2012, 2)

TAULUKKO 1. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin LD:n viitearvot seerumissa (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2013).

Ikä	Viitearvo U/l
alle 1 vuotta	alle 355
1-5 vuotta	alle 305
6-12 vuotta	alle 245
13-17 vuotta	alle 220
18-69 vuotta	105-205
yli 69 vuotta	115-255

Plasmanäytteiden viitearvot eroavat hieman seeruminäytteiden viitearvoista. Niissä on myös vaihtelua sen mukaan, missä laboratoriossa analyysi tehdään. Myös taitekohdat, joissa ikäryhmät erotetaan toisistaan vaihtelevat laboratorioittain. Yliopistosairaaloiden laboratoriopalveluita tuottavien laboratorioiden käyttämät viitearvot on esitetty kootusti taulukossa 2. Mikäli taulukossa ei ole laboratorion kohdalla viitearvoa se tarkoittaa, että ko. laboratorion on tämän ikäryhmän kohdalla muista eroava jaottelu viitearvoissa. Esimerkiksi Huslabissa on jaettu alle vuoden ikäisen lapsen viitearvot useampaan osaan ja Nordlab ei kaikille avoimessa verkko-ohjekirjassaan mainitse mitään alle 18-vuotiaiden viitearvoista. Viitearvot tässä taulukossa ilmoitetaan samoin kuin Seinäjoen kliinisen kemian laboratoriossa muodossa U/l eli kansainvälistä yksikköä litrassa.

TAULUKKO 2. Plasman LD-pitoisuuden viitearvot laboratorioissa, jotka tuottavat palveluita suomalaisille yliopistosairaaloille (Huslab 2014; Itä-Suomen laboratoriokeskus 2015; Fimlab 2016; Tykslab 2016; Nordlab 2017).

Ikäryhmä	Huslab	Tykslab	Fimlab	Islab	Nordlab
alle 1 vuosi		< 375	< 355	0-355	
1-5 vuotta	135-305		< 305	0-305	
6-12 vuotta	120-245		< 245	0-245	
13-17 vuotta	115-230	165-290	< 220	0-220	
18-69 vuotta	115-235	105-205	105-205	105-205	105-205
yli 70 vuotta	115-255	115-255	115-255	115-255	115-255

2.5 Virhelähteet

Hemolyysi häiritsee määrittystä, joten näytteen tulee olla ehdottomasti hemolysoitumatonta seerumia tai plasmaa (Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2013; Fimlab 2016). Hemolyysin LD-tulosta nostava vaikutus johtuu siitä, että punasolujen LD-pitoisuus on 360-kertainen verrattuna plasmaan (Lothar 1998, 93). Laskimon esille saamista helpottavan staasin eli puristussiteen turhaa käyttöä tulee näytteenotossa välttää, sillä liian kauan ja liian kireällä ollut staasi aiheuttaa hydrostaattisen paineen nousua laskimossa. Sen seurauksena vesi ja siihen liuenneet pienimolekyyliset aineet tihkuvat suonesta kudoksiin ja veri konsentroituu (ns. hemokonsentraatio). Hemokonsentraation seurauksena saadaan mm. proteiinidonnaisista analyyteistä virheellisen korkeita pitoisuuksia, esimerkiksi plasman LD-pitoisuus suurenee. (Tuokko, Rautajoki & Lehto 2008, 41–42.)

Myös putkipostikuljetus ja näyteputkityyppi sekä putkien täyttöaste voivat aiheuttaa hemolyysiä näytteeseen. Solujen hajoamista ja heikkenemistä voivat aiheuttaa putkipostin nopeat kiihdytykset ja jarrutukset, pitkä kuljetusreitti sekä nopea vauhti. Hemolyysiä estäviä tekijöitä puolestaan ovat geeliputkien käyttäminen, täydet putket sekä niiden kunollinen suojaaminen kapselissa kuljetuksen aikana. (Phelan ym. 2016, 559.) Böckel-Frohnhofer ym. (2014, 601) tutkivat putkipostikuljetuksen vaikutusta sentrifugoimattomien seerumi- ja hepariinigeeliputkinäytteiden hemolyysi-indekseihin. Tulokset osoittivat, että hemolyysi-indeksit olivat merkittävästi korkeammat hepariinigeelinäytteissä

kuin seerumigeelinäytteissä. Tutkijat arvelivat seerumigeelinäytteiden alhaisempien hemolyysi-indeksien johtuvan seeruminäytteen hyytyneestä olomuodosta, joka suojaisi näytettä hemolyysiltä putkipostikuljetuksen aikana. Hepariinigeeliputkissa näyte on nestemäistä ja näin ollen kuljetuksen aikainen tärinä pääsee vaurioittamaan soluja herkemmin. (Böckel-Frohnhofer ym. 2014, 601.)

Rochen (2012, 2) mukaan hemolyysillä ei ole vaikutusta LD-tuloksiin, mikäli näytteen hemolyysi-indeksi on alle 15. Tätä lukemaa käytetään merkitsevän hemolyysi-indeksin rajana myös Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian laboratoriossa. Myöskään ikteerisyys ja lipeemisyys eivät vaikuta tulokseen, mikäli indeksit ovat alle 60 ikteerisyyden ja alle 1000 lipeemisyiden kohdalla. (Roche 2012, 2.)

Eräät lääkeaineet voivat vaikuttaa LD-pitoisuuteen elimistössä. Näitä ovat esimerkiksi karbamatsepiini, klindamysiini, opiaatit, naprokseeni ja parasetamoli. (Lothar 1998, 93; Fimlab 2017.) Druglab.info-palvelussa on listattu 29 seerumin ja plasman LD-pitoisuuteen vaikuttavaa lääkettä. Kaikkien listassa olevien lääkkeiden vaikutuksen on todettu nostavan LD-pitoisuutta. Esimerkiksi raudalla on potilasaineistossa todettu olevan kohtalainen LD-pitoisuutta nostava vaikutus, mikäli sen annostelu tapahtuu suonen sisäisesti. Uudemmissa lääkkeistä puolestaan veren hyytymiseen vaikuttavalla rivaroksabaanilla, kauppanimeltään Xarelto®, on todettu olevan suun kautta annosteltuna LD-pitoisuutta nostava vaikutus aikuisväestössä. (DLE 2017.) Rochen mukaan heidän menetelmänsä kohdalla ei kuitenkaan ole tutkimuksissa havaittu merkittäviä muutoksia yleisimpien lääkepaneelien kohdalla (Roche 2012, 2).

Jos näytteeseen jää trombosyyttejä eli verihiutaleita LD-määrityksen ajaksi, ne saattavat vaikuttaa tulokseen. Bakkerin ja muiden (2002, 663) mukaan trombosyyteillä on korkea LD-pitoisuus. Tämä on heidän mukaansa erityisesti plasmanäytteiden ongelma. Seeruminäytteeseenkin voi tulla trombosyyttien aiheuttamaa LD-pitoisuuden nousua, koska sitä vapautuu niistä esimerkiksi hyytymien muodostuessa. (Bakker ym. 2002, 663.) Trombosyytit ovat perifeerisen veren pienimpiä soluja. Kypsinä ne ovat kiekkomaisia ja läpimitaltaan keskimäärin 2–3 µm. Tilavuudeltaan yksi trombosyytti on noin 6fl. Nuoret trombosyytit ovat hieman suurempia kuin vanhemmat. Trombosyytit muodostuvat megakaryopoiesissa kuroutumalla megakaryosyyttien sytoplasmasta. Trombosyyttien elinikä on keskimäärin 8–10 vuorokautta. (Hänninen & Mahlamäki 2004, 268.)

3 NÄYTTEIDEN KULJETTAMINEN SAIRAALAN SISÄLLÄ

3.1 Erilaiset kuljetustavat

Kliinisten laboratoriotutkimusten preanalyttiseen vaiheeseen kuuluvat tutkimuksiin valmistautumisen, näytteiden ottamisen ja käsittelyn lisäksi niiden kuljettaminen. Kuljetuksen ajaksi näytteet on pakattava siten, etteivät ne vuoda, altistu tärinälle tai liian suurille lämpötilan muutoksille. (Tapola 2004, 29–31.) Näytteiden tulee olla analyysilaboratorioon päästyään mahdollisimman samanlaisia, kuin ne ovat olleet näytteenottohetkellä (Matikainen, Miettinen & Wasström 2016, 44). Tämän vuoksi laboratorioilla tulee olla määriteltynä tavat, joilla näytteitä voidaan kuljettaa analysoitavaksi (Lehto, Puukka & Vaskivuo 2016, 17–18). Näytteitä voi sairaalan sisällä kuljettaa esimerkiksi lähetti tai putkiposti. Laboratorioiden tulee ottaa kantaa myös siihen, milloin kuljetuksessa esiintyvät poikkeamat aiheuttavat tutkimustuloksen hylkäämisen. Mikäli eri preanalyttisen vaiheen osatekijöihin ei kiinnitetä riittävästi huomiota laboratorion tuottamien tutkimustulosten laatu heikkenee. (Lehto ym. 2016, 17–18.)

Lähetti kuljettaa esimerkiksi postia, paketteja ja tavaroita viraston tai laitoksen sisällä. Työpaikasta riippuen tehtäviin kuuluu myös muiden tavaroiden kuljettamista ja jakelua, esimerkiksi sairaaloissa laboratorionäytteiden kuljettamista näytteenottopisteistä analyysilaboratorioon. Sisälähetin työhön kuuluu paljon liikkumista paikasta toiseen. (Ammattinetti n.d.) Seinäjoen keskussairaalassa lähetit kuljettavat kuvan 1 mukaisella kärryllä näytteitä Y-talon näytteenottopisteestä laboratorioon aamupäivällä puolen tunnin ja ilta-päivällä tunnin välein.



KUVA 1. Lähetin käyttämä kuljetuskärry (Kuva: Elina Hannuksela 2018)

Putkiposti on kuljetusjärjestelmä, jonka avulla voidaan kuljettaa pienikokoisia lähetyksiä nopeasti kohteesta toiseen. Esimerkiksi sairaaloissa putkipostia käytetään mm. verivalmisteiden, laboratorionäytteiden ja dokumenttien lähettämiseen (Teho-Tekniikka 2016; Pamtech 2017a.) Verinäytteiden kohdalla ongelman aiheuttaa se, että putkipostin on todettu olevan osallisena näytteiden hemolyysoitumiseen (Evliyaoğlu ym. 2012, 66). Koska putkiposti on nopea tapa kuljettaa näytteitä, sen on todettu vähentävän ”turn around”-aikaa (TAT) eli näytteiden läpimenoaika (Fernandes ym. 2006, 141–142). Läpimenoaika voidaan määrittellä monella eri tavalla. Howanitzin (2005, 1256) mukaan on olennaisen tärkeää määrittää TAT siitä hetkestä, jona testi tilataan siihen hetkeen, kunnes testitulokset ovat hoitavan yksikön käytettävissä (Howanitz 2005, 1256). Yleensä aika kuitenkin lasketaan alkavaksi siitä, kun näyte otetaan potilaasta (Hawkins 2007, 179–194).

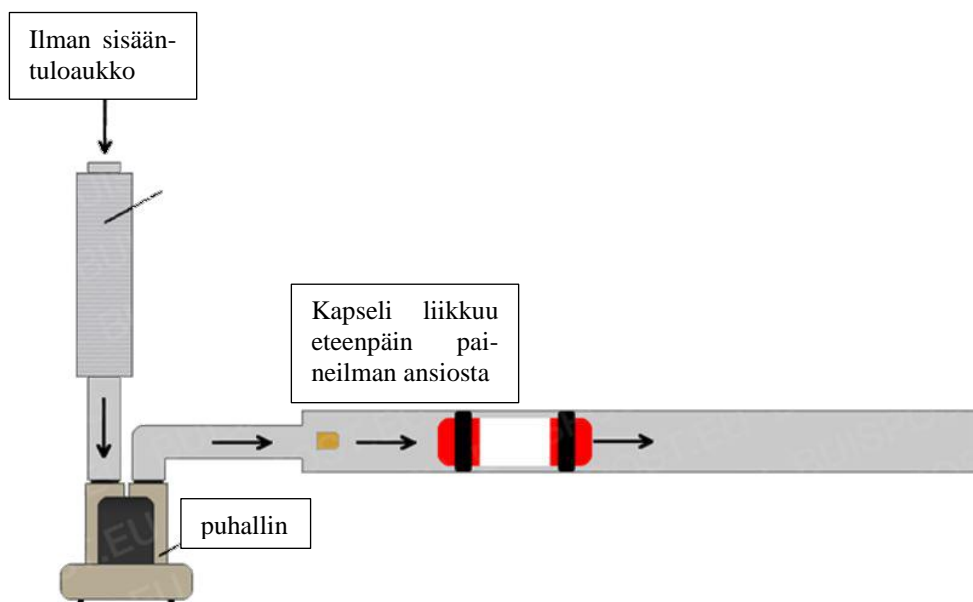
Yksi kuljetusvaihtoehto on Timedico A/S kehittämä yhden putken putkipostijärjestelmä, Tempus600. Näyteputket lähetetään näytteenotosta tai osastoilta suoraan laboratorioon ilman säiliöitä, kapseleita tai pakkaamista. Heti näytteenoton jälkeen putket syötetään Tempus600 järjestelmään, joka kuljettaa ne suoraan laboratorioon. Koska näissä putkissa on vain yksisuuntainen liikenne ja putket kulkevat suoraan lähetyspaikasta laboratorioon ei ole vaaraa, että näyte menisi väärään osoitteeseen. Näytteet liikkuvat järjestelmässä 7–10 metriä sekunnissa, joka on nopeampi vauhti, kuin nykyisessä järjestelmässä. Laboratoriossa Tempus600 on mahdollista kytkeä automaatiojärjestelmään, joka ohjaa näytteet suoraan esikäsittelyyn ja analysoitavaksi automaatoradalle. Tempus600 on kehitetty nimenomaan pienille kliinisille näytteille, kuten veri- tai virtsanäyteputkille. (Timedico A/S; Lappalainen 2018.)

Automaattinen kuljetusrobotti TUG otettiin ensimmäisenä Suomessa käyttöön Seinäjoen keskussairaalassa. Muualla maailmassa niitä käytetään sairaaloissa kaikenlaiseen, jopa laboratorionäytteiden, kuljettamiseen. Kuljetusrobottien käyttö vähentää ruuhkia käytävillä ja parantaa tarvikkeiden saatavuutta, sillä ne ovat liikenteessä joka päivä, ympäri vuorokauden. Robotit osaavat liikkua ovista ja kulkea hissillä. Tavaroiden keräämisen ja lastaamisen hoitaa yhä edelleen ihminen. Seinäjoen keskussairaalassa robotit kuljettavat tällä hetkellä mm. keskusvarastotilauksia osastoille. Vuonna 2016 visio Seinäjoen keskussairaalassa on ollut, että robotit kuljettaisivat tulevaisuudessa myös näytteitä, sisäistä postia, pyykkiä, jätteitä, ruokaa sekä lääkkeitä ja liuoksia. Näytteiden kuljettamisesta TUG-kuljetusroboteilla on kuitenkin näillä näkymin luovuttu. (Epsote 2016; Semkina

2017; Ylinen 2017.) Tulevaisuudesta ei kuitenkaan ole täyttä varmuutta, koska valtioneuvoston visio vuodelle 2025 sisältää ajatuksen robottien kehittymisestä ja niiden käytön monipuolistumisesta. Tavoitteena onkin, että älykstä robotiikkaa ja automaatiota hyödynnetään teollisuusautomaation lisäksi myös muilla yhteiskunnan aloilla, kuten esimerkiksi liikenteessä, koulutuksessa ja uudistuvassa sosiaali- ja terveydenhuollossa. Joten ehkä tulevaisuudessa ketterämmät ja kehittyneemmät robotit voisivat kuljettaa myös laboratorionäytteitä Seinäjoen keskussairaalassa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2016.)

3.2 Putkipostin toiminta

Putkipostijärjestelmässä sylinterimäiset kapselit liikkuvat putkistossa ilmanpaineen avulla halutulle asemalle. Kapseleiden ympärillä on tiivisteet, joiden ansiosta ne asettuvat tiiviisti ympäröivää putkea vasten. Paine-ero putkistoon saadaan aikaan puhaltimen avulla. Kapselit liikkuvat eteenpäin, kun puhallin puhalttaa putkistoon ilmaa, ja taaksepäin, kun puhallin imee putkistosta ilmaa. Kuviossa 2 on esitetty kapselin kulku putkistossa. Koska kapselin kulku on putkistossa nopeaa, on sen vauhtia ennen asemalle saapumista jarrutettava ilmajarrutuksen avulla. (Pneumatic Tube System-How it works.)



KUVIO 2. Kapselin kulku paineilman avulla (Pneumatic Tube System-How it works)

Näytteet tulee pakata huolellisesti kuljetuskapseliin, sillä sisältö ei saa liikkua kapselin sisällä kuljetuksen aikana. Tyhjä tila täytetään esimerkiksi vaahtomuovin paloilla. (Sei-

näjoen keskussairaala.) Lähetys tapahtuu siten, että käyttöpaneeliin syötetään kohdeaseman osoite, jolloin näyttöön ilmestyy kyseisen aseman nimi. Kapseli asetetaan lähetysputkeen, josta kapseli lähtee automaattisesti liikkeelle, kun kyseinen reitti on vapaa. (Pamtech 2017b; Seinäjoen keskussairaala.)

Seinäjoen keskussairaalassa käytössä olevaa putkipostia ohjataan taajuusmuuttajilla, jolloin sen nopeuden voi määrittellä halutulle tasolle. Normaalilähetyksillä putkipostin nopeus on 6 m/s ja hidasajolla 4 m/s. Normaalilähetyksillä kuljetetaan esimerkiksi lääkepakkauksia sekä muita kiinteitä materiaaleja. Hidasajolla puolestaan mm. veri- ja virstanäytteitä sekä verituotteita. (Lappalainen 2018.) Kapseli kulkee Y-laboratoriosta analyysilaboratorioon noin 400 metrin matkan hidasajona. Asemalta kapseli lähtee aina hidastetusti saavuttaen lopullisen kuljetusvauhtinsa kuuden sekunnin kuluessa. (Lappalainen 2018.)

Kapselin tullessa vastaanottavalle asemalle, se putoaa aseman alapuolella olevaan koriin tai laatikkoon. Laboratorioon saapunut kapseli avataan, kapselin sisältö tyhjennetään, kapseli suljetaan ja lähetetään takaisin sen kotiosoitteeseen. Henkilöstö joutuukin suorittamaan useita käsin tehtäviä toimenpiteitä näytteiden vastaanoton yhteydessä. (Pamtech 2017c.) Kuvassa 2 nähdään Seinäjoen keskussairaalan klinisen kemian laboratorion putkipostiasema.



KUVA 2. Putkipostiasema klinisen kemian laboratoriossa (Kuva: Elina Hannuksela 2018)

Putkipostikapseli voidaan avata yhdestä päästä tai molemmista päistä. Kuvassa 3 nähdään, että kansi voi avautua joko sivulle tai ylös. Kuvassa olevissa kapseleissa näkyy myös näytteiden suojaukseen käytettäviä vaahtomuovin paloja, jotka voidaan tarvittaessa kiilata kapselin seiniä vasten niin, ettei sisältö pääse liikkumaan kuljetuksen aikana. (Seinäjoen keskussairaala; Teho-tekniikka 2016.)



KUVA 3. Vasemmalla kapseli, jonka kansi avautuu sivulle ja oikealla kapseli, jonka kansi avautuu ylös (Kuva: Elina Hannuksela 2018)

4 AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET

Putkipostin verinäytteille aiheuttamia fysikaalisiin ilmiöihin perustuvia vaikutuksia on tutkittu. Näitä ovat esimerkiksi värinä, liike, suunnanmuutokset, mutkat, jarrutukset ja kiihdytykset. Lisäksi reitin pituus, ilmanpaineen vaihtelu, kuljetusnopeus ja näytteiden puutteellinen suojaus voivat vaikuttaa näytteiden laatuun putkipostikuljetuksen aikana.

Cui, Jing ja Wang (2009) tutkivat, miten erilaiset putkipostikapselin sisälle laitettavat ja näytteitä suojaavat pehmusteet sekä matkan pituus vaikuttavat seerumin LD-pitoisuuteen. Referenssiarvoina tutkimuksessa toimivat lähetin kuljettamat näytteet. Seerumin keskimääräinen LD-pitoisuus referenssinäytteissä oli 152 U/l. Putkipostilla yksi erä näytteitä kuljetettiin suojattuna vaahtomuovipehmusteisiin, toinen erä suojattiin muovipusseilla ja kolmas erä näytteitä kulki putkipostissa ilman suojausta. Matkan pituutta testattiin siten, että kaikista edellä mainituista näyte-eristä mitattiin LD-pitoisuudet yhden, viiden ja yhdeksän putkipostikuljetuksen jälkeen. Tilastollisesti merkitsevä ero saatiin referenssinäytteiden ja ilman suojausta kulkeneiden näytteiden välille. Ilman suojausta yhden kerran kulkeneiden näytteiden keskimääräinen LD-pitoisuus oli 181 U/l. Matkan pituuden kasvaessa suojaamattomien näytteiden LD-pitoisuus nousi. Kun näytteitä kuljetettiin viisi kertaa, keskimääräinen LD-pitoisuus oli 206 U/l ja kun näytteitä kuljetettiin yhdeksän kertaa, keskimääräinen LD-pitoisuus oli 219 U/l. Myös suojattujen ja suojaamattomien näytteiden välille saatiin tilastollisesti merkitsevää eroa. Sillä ei ollut merkitystä, suojattiinko näytteet vaahtomuovipehmusteilla vai muovipusseilla. (Cui ym. 2009, 728–731.)

Greifswaldin yliopistollisessa sairaalassa vuonna 2011 selvitettiin lämpötilan, kosteuden, paineen, nopeuden ja kiihdytysten vaikutusta verinäytteiden, mm. LD näytteen, hemolysoitumiseen. Dataloggerien eli tiedonkeruulaitteiden avulla saatiin reaaliaikainen käsitys kuljetuksen aikaisista olosuhteista, koska ne kulkivat niin lähetin kuin putkipostin kuljettamien näytteiden mukana. Tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa lämpötilassa, kosteudessa tai paineessa kuljetustapojen välillä. Sen sijaan nopeat kiihdytykset ja suuret muutokset vauhdissa aiheuttivat tilastollisesti merkitsevän eron kuljetustapojen välille. Hemolyysi-indeksi kohosi kiihdytysten määrän ja kuljetuksen vauhdin lisääntyessä. (Streichert ym. 2011, 1390–1396).

Tiwari ym. (2011) tutkivat putkipostin kuljetusnopeuden ja matkan pituuden vaikutusta näytteiden hemolysoitumiseen analysoimalla seerumin LD-pitoisuutta. Tutkimus oli kolmivaiheinen. Ensimmäisessä vaiheessa näytteitä kuljetettiin putkipostilla lyhyt matka nopealla vauhdilla (115 m, 3 m/s). Toisessa vaiheessa näytteet kulkivat pitkän matkan nopealla vauhdilla (225 m, 3 m/s) ja kolmannessa vaiheessa matka oli lyhyt ja vauhti hidask (115 m, 2 m/s). Lähetti kuljetti kaikissa vaiheissa vertailunäytteitä. Ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa LD-pitoisuuden keskiarvo putkipostilla kuljetetuissa näytteissä oli korkeampi kuin lähetin kuljettamissa näytteissä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä. Kolmannessa vaiheessa kuljetustavoilla ei ollut tilastollista merkitystä LD-pitoisuuksiin. Tutkimuksessa ei siis havaittu, että putkipostikuljetus aiheuttaisi hemolyysiä seeruminäytteille, joita kuljetettiin lyhyt matka hitaalla vauhdilla (115 m, 2m/s). Selvä hemolyysi osoitettiin LD- näytteille, jotka kulkivat lyhyen tai pidemmän matkan nopealla vauhdilla (225 m, 3 m/s). Näin ollen voidaan todeta, että mitä pidemmän matkan ja mitä kovemmalla vauhdilla sentrifugoimattomat LD-näytteet kulkevat putkipostissa, sitä todennäköisemmin näytteet hemolysoituvat (Tiwari ym. 2011; Evliyaoğlu ym. 2012).

Turkkilaisessa sairaalassa tehtiin vuonna 2014 vastaavanlainen tutkimus. Tutkimuksessa kuljetettiin seeruminäytteitä ensiavusta analyysilaboratorioon putkipostilla, jonka vauhti oli kolme metriä sekunnissa ja matkan pituus 80 metriä. Putkipostilla kuljetettiin 53 näytettä ja lähetin toimesta 49 näytettä. Kaikissa putkipostilla kuljetetuissa näytteissä esiintyi hemolyysiä, mutta lähetin kuljettamista näytteistä vain kahdeksan näytettä oli hemolysoitunut. Keskiarvoinen LD-pitoisuus putkipostilla kuljetetuissa näytteissä oli 284 U/l ja lähetin kuljettamissa näytteissä 190 U/l. Ero keskiarvojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä. (Kara ym. 2014.)

Vuonna 2004 toteutetun tutkimuksen mukaan geelittömät seeruminäytteet ovat alttiimpia hemolysoitumaan putkipostikuljetuksen aikana kuin seerumigeeli-, hepariinigeeli- ja EDTA-näytteet. Tutkijat pohtivat onko putkessa olevalla geelillä suojaava vaikutus näytteeseen. Lisäksi verrattiin kuljetustapaa. Putkipostikuljetus hemolysoi geelittömät seeruminäytteet herkemmin, kuin vastaavat näytteet lähetin kuljettamana. Putkipostilla kuljettettujen seeruminäytteiden keskimääräinen hemolyysi-indeksi oli 37, kun lähetin kuljettamien seeruminäytteiden keskimääräinen hemolyysi-indeksi oli vain 4. Hemolyysi-indeksin rajana tässä tutkimuksessa oli 31, eli putkipostikuljetus nosti geelittömien seerumiputkien hemolyysi-indeksin keskiarvon yli merkitsevän tason. (Sodi, Darn & Stott 2004, 239).

Putkipostikuljetuksen vaikutuksia vajaatäyttöiseen ja täyteen näyteputkeen on myös tutkittu. Tutkimuksessa kuljetettiin seerumiputkissa LD näytteitä. Todettiin tilastollisesti merkitsevä ero LD-pitoisuuteen näiden kahden täyttöasteen välillä. Täysien näyteputkien keskiarvoinen LD-pitoisuus oli 139 U/l, kun vastaava luku vajaatäyttöisillä näyteputkilla oli 167 U/l. Syy suurempaan LD-pitoisuuteen saattaa olla, että vajaassa putkessa näyte pääsee hölskymään putkipostikuljetuksen aikana hajoittaen veren soluja. (Cui ym. 2009, 730–731.)

Rao ja Snyder (2016) tutkivat putkipostikuljetuksen vaikutusta seerumi ja plasma näytteiden LD-pitoisuuteen sentrifugoitujen ja sentrifugoimattomien näytteiden välillä. Tutkijat eivät havainneet tilastollisesti merkitsevää eroa sentrifugoitujen ja sentrifugoimattomien seeruminäytteiden välillä. Sen sijaan plasmanäytteiden LD-pitoisuudet erosivat keskenään merkittävästi. Sentrifugoimattomien plasmanäytteiden LD-pitoisuus kohosi huomattavasti putkipostikuljetuksen vaikutuksesta. Tutkimuksesta julkaistussa artikkelissa käsiteltiin muuttujien keskiarvoja sekä niiden prosentuaalisia muutoksia. Absoluuttisia muutosarvoja ei artikkelissa annettu. (Rao & Snyder 2016, 21–22.)

5 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Seinäjoen keskussairaalassa käytettävän putkipostin soveltuvuutta LD-näytteiden lähettämiseen. Tarkoituksena on tutkia, hajoavatko näytteen trombosyytit ja punasolut putkipostilla lähetettäessä vapauttaen LD:a ja siten nostaa näytteen LD-pitoisuuden virheellisen korkeaksi. Tutkimuksessa verrataan lähetin kuljettaman ja putkipostilla lähetetyn LD-näytteen tuloksia toisiinsa. Lisäksi verrataan, onko kuljetustavalla vaikutusta näytteen hemolyysi-indeksiin. Hemolyysi-indeksi näytteessä nousee, mikäli punasolut ovat hajonneet joko näytteenoton yhteydessä tai kuljetuksen aikana.

Tutkimusongelmat:

1. Onko lähetin kuljettamien ja putkipostilla lähetettyjen seeruminäytteiden LD-pitoisuuksissa eroja?
2. Onko lähetin kuljettamien ja putkipostilla lähetettyjen seeruminäytteiden hemolyysi-indekseissä eroja?

Tutkimushypoteesina eli nollahypoteesina tässä opinnäytetyössä on, että putkipostilähetys ei vaikuta näytteen LD-pitoisuuteen eikä hemolyysi-indeksiin verrattuna lähetin kuljettamiin näytteisiin.

6 OPINNÄYTETYÖSSÄ KÄYTETYT MENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä käytettiin tilastollisen tutkimuksen menetelmiä. Tilastollisen eli kvantitatiivisen tutkimuksen avulla selvitetään esimerkiksi lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Sillä voidaan selvittää asioiden välisiä riippuvuuksia ja muutoksia, jotka tapahtuvat tutkittavassa ilmiössä. Saatuja tuloksia pyritään yleistämään suurempaa joukkoa koskeviksi tilastollisen päättelyn avulla. Aineistosta tehdyt havainnot voidaan esittää taulukoiden ja kuvien avulla. (Heikkilä 2014, 15.)

Tilastollista tutkimusta voidaan tehdä useilla eri keinoilla. Materiaalia voi olla valmiina tai sitä voidaan kerätä esimerkiksi haastatteluilla tai systemaattisen havainnoinnin keinoin. Yksi tapa koota materiaalia on kokeellinen tutkimus. Siinä testataan tietyn oletuksen paikkansapitävyyttä vakioimalla mahdollisuuksien mukaan muut tutkittavaan asiaan vaikuttavat tekijät. Tällöin otetaan käsittelyyn kaksi ryhmää. Toiseen, eli koeryhmään, annetaan koemuuttujan vaikuttaa ja tuloksia verrataan verrokkiryhmään. (Heikkilä 2014, 13, 17–19.) Tämä opinnäytetyö on toteutukseltaan lähinnä kokeellista, tilastollista tutkimusta.

Tilastollisessa tutkimuksessa käytetyt hypoteesit yhdistävät teorian ja tutkimuksen. Niiden paikkansapitävyyttä testataan tilastollisin keinoin. (Heikkilä 2014, 21.) Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran mukaan (2015, 159) tilastollinen hypoteesi, eli ns. nollahypoteesi (H_0) esittää, että tutkittavien ilmiöiden välillä ei esiinny eroja. Toisin sanoen eroja ei tilastollisessa tarkastelussa löydy. Tätä hypoteesia pidetään totuutena, kunnes asia pystytään toisin todistamaan (Holopainen & Pulkkinen 2012, 176). Nollahypoteesi ja sen kanssa vaihtoehtoinen hypoteesi pitää muodostaa sanallisesti siten, että vain toinen voi kerrallaan olla voimassa (Heikkilä 2014, 182). Tässä opinnäytetyössä nollahypoteesina on, että näytteiden LD-pitoisuudet ja hemolyysi-indeksit eivät teroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi riippumatta siitä, onko näyte toimitettu analyysilaboratorioon lähetin mukana vai lähetetty putkipostilla. Näin ollen vastahypoteesi (H_1) on se, että putkipostikuljetuksella on vaikutus molempiin tutkittaviin muuttujiin.

Tilastollinen testaus ja sen päävaiheet voidaan jakaa Holopaisen ja Pulkkinen mukaan (2012, 176) neljään osaan. Ensin asetetaan hypoteesit ja poimitaan otokset. Tämän jälkeen tehdään tilanteeseen sopivat testit ja tulkitaan testin tulos. Tämän jälkeenkään ei

heidän mukaansa voida olla varmoja siitä, että perusjoukkoa koskeva johtopäätös on oikea. Heikkilän (2014, 182) mukaan tutkimuksessa esille tulleet pienet riippuvuudet tai erot eivät riitä nollahypoteesin hylkäämiseen, vaan niiden on oltava niin suuria, ettei niitä voida selittää sattumalla.

Mikäli nollahypoteesi hylätään, vaikka se olisikin oikea, syntyy hylkäämisvirhe. Tämän vuoksi on etukäteen päätettävä, kuinka suuri hylkäämisvirheen riski otetaan. Yleisimmin käytetään joko 5 %:n, 1 %:n tai 0,1 %:n riskiä. Hylkäämisvirheen tekemisen todennäköisyyttä nimitetään merkitsevyytasoksi. Sillä tarkoitetaan todennäköisyyttä sille, että tutkimuksella saatu tulos johtuu sattumasta. Tämän todennäköisyyden tilasto-ohjelmat laskevat automaattisesti ja antavat testauksen yhteydessä havaitun merkitsevyytason eli p-arvon. Tämän perusteella tutkija hylkää nollahypoteesin, jos arvo on pienempi, kuin etukäteen päätetty merkitsevyytaso. (Heikkilä 2014, 184; Holopainen & Pulkkinen 2014, 176–177.) Heikkilän (2014, 184) mukaan opinnäytetyön tasoissa tutkimuksissa yleensä riittää, että merkitsevyytasona pidetään 5 %:n tasoa. Tämän perusteella myös tässä opinnäytetyössä on kaikessa testaamisessa käytetty merkitsevyytasona 5 %.

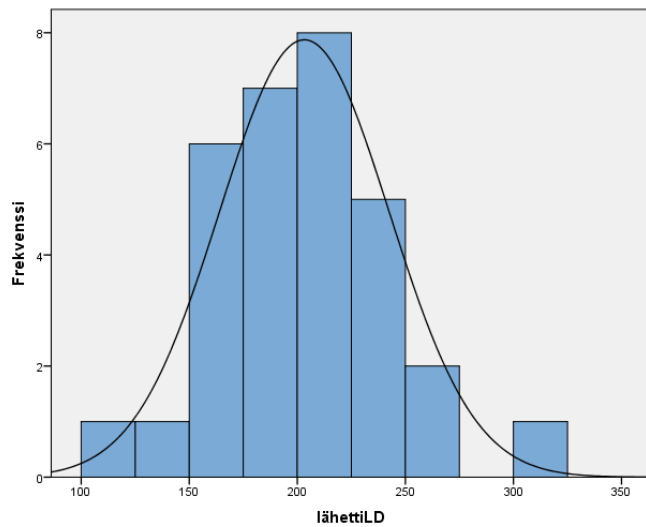
Tutkimuksessa käytetyt tilastolliset testit valitaan esimerkiksi sen mukaan, millaisen asteikon muuttujia tutkimuksessa on käytetty. Lisäksi on tiedettävä otoskoko ja vertailtavien ryhmien lukumäärä. (Heikkilä 2014, 183.) Tässä opinnäytetyössä käytettiin suhdeasteikon muuttujia. Suhdeasteikolla mittausarvojen välinen etäisyys toisistaan voidaan määrittää ja lisäksi muuttujalla on yksiselitteinen nollakohta. Suhdeasteikolla voidaan myös määrittää, kuinka moninkertainen jokin muuttujan arvo on toiseen verrattuna. (Heikkilä 2014, 82.) Tämän perusteella voidaan tässä opinnäytetyössä käyttää keskiarvotesteistä esimerkiksi t-testiä ja korrelaation suhteen Pearsonin korrelaatiokertoimen testausta (Heikkilä 2014, 184). Nämä ovat parametrisiä testejä, jotka ovat voimakkaampia kuin ei-parametriset testit. Ne siis suosittelavat helpommin nollahypoteesin hylkäämistä, kun se on aiheellista ja ovat siksi suositeltavampia, kuin ei-parametriset testit. (Heikkilä 2014, 183.)

Holopaisen ja Pulkkinen (2012, 190) mukaan silloin, kun tehdään samoille tilastoyksiköille kaksi mittausta, tulee nollahypoteesia testata verrannollisten parien t-testillä eli riippuvien otosten t-testillä. Koska tässä opinnäytetyössä aineistoksi kerätyt näyteparit on otettu samasta ihmisestä, niiden testaamiseen tulee käyttää tätä testiä. Siinä mitataan kahden eri mittauksen keskiarvojen eroja. Ajatus on sama, kuin toisistaan riippumattomien

otosten t-testissä. Tarkoituksena on selvittää, kuinka paljon otosten keskiarvot eroavat toisistaan. Tilasto-ohjelmat laskevat tälle mittaukselle automaattisesti p-arvon, jonka perusteella voidaan määrittää se, pysyykö nollahypoteesi voimassa. Nollahypoteesina on, että otantojen keskiarvot ovat samat. Tämän testin käytön edellytyksenä on, että havaintoaineisto on normaalisti jakautunut. Koska ei tiedetä, ovatko tämän opinnäytetyön muuttajat normaalisti jakautuneita, tulee asiaa tutkia vähintäänkin kuvaajien avulla tai tarkemmin esimerkiksi Kolmogorov-Smirnovin testillä. (Holopainen & Pulkkinen 2012, 185, 190; Taanila 2012; Heikkilä 2014, 211, 251.)

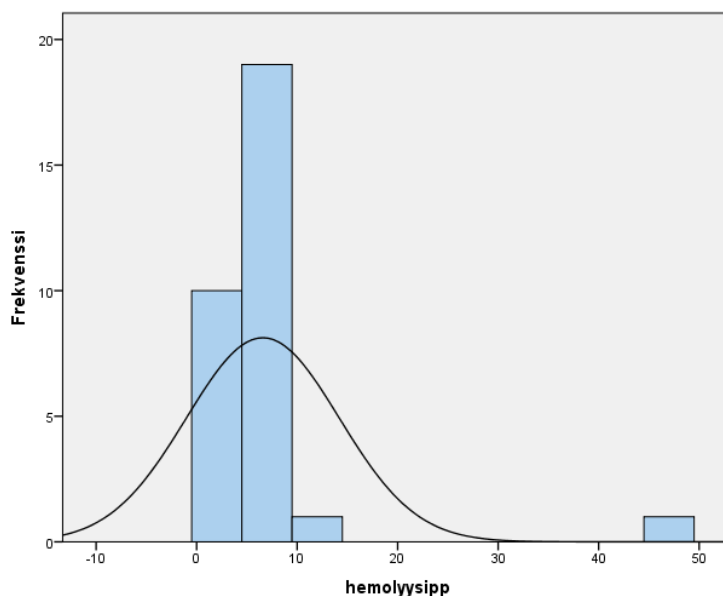
Kolmogorov-Smirnovin testin nollahypoteesina on se, että muuttuja on normaalisti jakautunut. Jos testin antama p-arvo $\leq 0,05$ tulee nollahypoteesi hylättyä ja todeta, että muuttuja ei ole normaalisti jakautunut. (Heikkilä 2014, 221.) Mikäli jakauma ei ole normaalisti jakautunut testaamiseen käytetään esimerkiksi Wilcoxonin testiä, jossa nollahypoteesia testataan vastinparien erotusten avulla (Holopainen & Pulkkinen 2012, 198; Heikkilä 2014, 251). Toisaalta normaalijakauman testaaminen ei ole aivan välttämätöntä, sillä Holopaisen ja Pulkkinen (2012, 185) mukaan otosten ollessa riittävän suuria ($n \geq 30$) voidaan keskiarvojen erotusta testata normaalijakaumaan perustuvilla testeillä.

Muuttujien jakaumaa tutkittiin ensin kuvaajien perusteella ja sen jälkeen Kolmogorov-Smirnovin testin avulla. Kuvaajan tarkasteluun perustavasta muuttujien testaamisesta on esimerkkinä kuviossa 3 kuvattu lähetin kuljettamien LD-näytteiden tulokset. Tästä kuvaajasta on jätetty pois yksi näytepari, jonka tulos oli yli 2000 U/l. Ilman tätä yksittäistä korkeaa tulosta kuvaaja noudattelee melko tarkasti normaalijakaumaa. Varmuus muuttujan jakaumasta saadaan kuitenkin vain Kolmogorov-Smirnovin testin avulla.



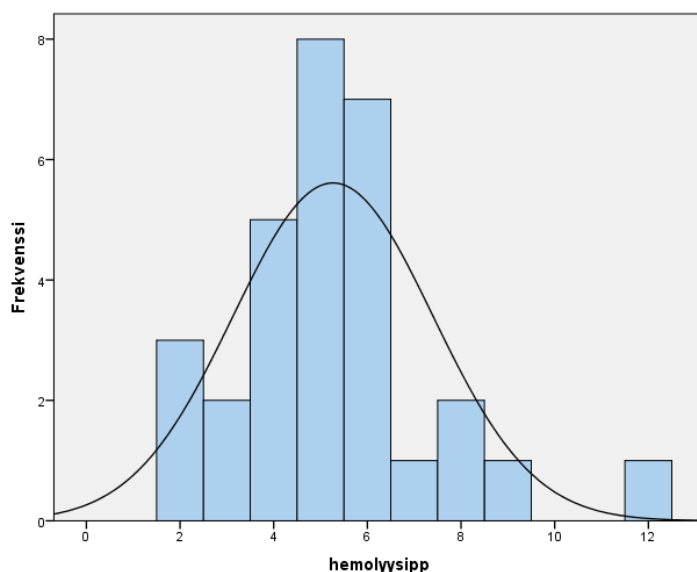
KUVIO 3. Lähetin kuljettamien LD-näytteiden tulokset

Kun tarkastellaan kaikkien putkipostilla kuljetettujen näytteiden hemolyysi-indeksejä, huomataan, että tämä muuttuja ei todennäköisesti ole normaalisti jakautunut ($n=32$). Kuviossa 4 tämä näkyy selvästi. Histogrammissa ei ole kuin neljä eri pylvästä. Toisaalta jakaumaa saattaa vääristää x-akselin asteikko ja yksi näyte, jossa oli selvästi muita korkeampi hemolyysi-indeksi. Tästä johtuen päätettiin testata otannan normaalijakautuneisuus myös ilman tätä yhtä näytettä. Näin haluttiin varmistaa, ettei yksittäinen muita korkeampi tulos vaikuta tilastolliseen päättelyyn sitä vääristäen.



KUVIO 4. Putkipostilla kuljetettujen näytteiden hemolyysi-indeksit 32 näytteellä

Kuviossa 5 on esitettyä putkipostilla kuljetettujen näytteiden hemolyysi-indeksit 31 näytteellä. Histogrammi noudattelee selvästi paremmin normaalijakaumaa, kuin kuviossa 4. Osittain tämä johtuu siitä, että x-akselin asteikko muuttui huomattavasti, kun yksi korkean hemolyysi-indeksin näyte jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Kuvaaja ei kuitenkaan ole niin selvä, että muuttuja voitaisiin sen perusteella todeta normaalisti jakautuneeksi. Varmuus normaalijakaumasta saadaan tämänkin muuttujan suhteen vasta Kolmogorov-Smirnovin testin avulla.



KUVIO 5. Putkipostilla kuljetettujen näytteiden hemolyysi-indeksit 31 näytteellä.

Koska muuttujien jakaumien tarkastelu silmämääräisesti ei riitä, tehtiin kaikista muuttujista myös Kolmogorov-Smirnovin testi. Taulukossa 3 on esitetty tämän testin tulokset. Heikkilän (2014, 221) mukaan Kolmogorov-Smirnovin testissä nollahypoteesina on se, että muuttuja on normaalisti jakautunut. Näin ollen p-arvon ollessa pienempi kuin 0,05 tulee nollahypoteesi hylätä ja todeta muuttujan jakauman poikkeavan normaalista. Kun aineistosta on jätetty pois huomattavasti muita korkeampi LD-tulos ($n=31$) huomataan, että ainoastaan putkipostin kautta kuljetettujen näytteiden hemolyysi-indeksi ei noudata normaalijakaumaa. Keskiarvojen t-testiä voidaan käyttää, mikäli muuttuja on normaalisti jakautunut. Toisaalta sitä voidaan soveltaa myös, mikäli otoskoko on riittävän suuri, yli 30 tulosta. (Heikkilä 2014, 211; Holopainen & Pulkkinen 2012, 185.) Tämän perusteella päätettiin käyttää tulosten analysointiin verrannollisten parien t-testiä sekä varmistaa tulos putkipostikuljetettujen näytteiden hemolyysi-indeksin osalta myös Wilcoxonin testillä. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska keskiarvotestit ovat parametrisiä ja niitä pidetään voimakkaampina kuin ei-parametrisiä testejä, joihin Wilcoxonin testi lukeutuu.

TAULUKKO 3. Kolmogorov-Smirnovin testin tulokset 31 näyteparilla

	LD lähetti	LD putkiposti	HI lähetti	HI putkiposti
P-arvo	0,200	0,170	0,108	0,000

Pearsonin korrelaatiokerrointa voidaan käyttää tutkittaessa vähintään välimatka-asteikon tasoisia muuttujia ja niiden lineaarista riippuvuutta. Se saa arvon välillä -1 ja +1. Etumerkki osoittaa korrelaation muuttujien välillä olevan riippuvuuden suunnan eli pienee vai suureneeko toinen muuttuja toisen arvon kasvaessa. Korrelaatiokerrointa testattaessa nollahypoteesina on se, ettei muuttujien välillä ole korrelaatiota. Jotta korrelaatiokerrointa voidaan testata pitää molempien muuttujien noudattaa normaalijakaumaa, tapauksien on muodostettava satunnaisotanta perusjoukosta ja yhden tapauksen arvot ovat riippumattomia toisten tapauksien arvoista. Korrelaation voidaan katsoa olevan tilastollisesti merkitsevää vasta, jos korrelaatiokerrointa vastaava p-arvo on käytettyä merkitsevyystasoa (0,05) pienempi. Tulkinnessa on kuitenkin otettava huomioon myös käytäntö. Alle 0,3 korrelaatiokertoimella ei yleensä ole käytännön merkitystä, vaikka p-arvo osoittaisikin tilastollista merkitsevyyttä. (Heikkilä 2014, 192–195; Holopainen & Pulkkinen 2012, 242.)

7 TUTKIMUKSEN SUORITUS

7.1 Näyttemateriaalin keräys

LD-näytteet kerättiin Seinäjoen keskussairaalan Y-laboratoriossa 5. – 15.1.2018. Alkuperäinen tarkoitus oli kerätä 50 näyteparia, mutta hyvin pian huomattiin tämän olevan keräysajan puitteissa mahdotonta. Ohjaavan kemistin kanssa käytyjen neuvotteluiden jälkeen asetettiin tavoitteeksi 30 näyteparia. Samalla luovuttiin alkuperäisestä ajatuksesta kerätä kaikki näytteet potilailta ja sovittiin, että näytteitä voi kerätä myös vapaaehtoisilta henkilökunnan jäseniltä.

Näytteiden keräämistä varten tulostettiin valmiiksi riittävä määrä testipotilastarroja. Lisäksi laadittiin lomake näytteiden keräämistä varten (Liite 1), sekä ohjeet sen täyttöön ja muuhun toimintaan keräämisen aikana (Liite 2). Suullisen luvan kysymisen jälkeen näytteenottaja otti potilaasta, jolla oli pyyntönä S-LD, yhden ylimääräisen seerumigeeliputken. Tämän jälkeen ylimääräinen putki tarroitettiin toisella testipotilastarralla ja toinen tarra liimattiin keräyslomakkeeseen. Lisäksi kirjoitettiin varsinaisen LD-näytteen ATK-numero keräyslomakkeelle, sitä varten varattuun kohtaan. Varsinainen LD-näyte jätettiin lähetin kuljetettavaksi ja ylimääräinen testipotilaan tarralla tarroitettu näyte lähetettiin putkipostilla analyysilaboratorioon. Tätä varten Y-laboratorion putkipostin viereen laitettiin teline, johon LD-näytteitä saattoi kerätä ja sitten lähettää useamman näytteen analyysilaboratorioon yhtä aikaa yhdessä päivystysnäytteiden kanssa. Sama menettelytapa on käytössä myös fS-Ca-Ion-määrityksen kanssa.

Keräyksen aikana otokseksi saatiin yhteensä 32 näyteparia. Näistä 23 kappaletta oli potilasnäytteitä ja 9 kappaletta henkilökunnan näytteitä. Koska lähes 2/3 näytteistä oli kuitenkin potilasnäytteitä, oltiin otoksen kokoon tyytyväisiä.

7.2 Näytteiden analysointi ja tulosten keräys

Näytteet analysoitiin Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian laboratoriossa normaalin toiminnan mukaisesti. Laboratorioon tulleita näytteitä seisotettiin vähintään puoli tuntia, jonka jälkeen ne laitettiin esikäsittelijäautomaattiin. Esikäsittelijä ohjasi sitten näytteet automaattioradan kautta oikealle analysaattorille sentrifugoinnin jälkeen. Tällä tavoin voitiin verrata luotettavasti putkipostilla lähetettyjen näytteiden tuloksia lähetin tuomien näytteiden tuloksiin.

Seinäjoen keskussairaalassa LD-määritys tehdään Roche Diagnostics:n Cobas c702-analysaattorilla. Määritys perustuu IFCC:n määrittämään suositukseen. Kun näytteeseen lisätään laktaattia ja NAD^+ :aa, muodostuu laktaattidehydrogenaasin vaikutuksesta pyruvaattia ja NADH:ta. Tällöin NADH:n muodostuminen on suoraan verrannollista näytteen LD-pitoisuuteen. Mittaus suoritetaan aallonpituudella 340 nm. Detektoriraja testille on 10 U/l, mikä on huomattavasti alle viitearvojen. Yleisesti voidaan todeta, että tulos alle 250 U/l on normaali. (Schumann 2002, 647; Penttilä 2004a, 85; Roche 2014, 1–2; Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri 2013.)

Tulosten valmistuttua ne kerättiin tuloslomakkeelle laboratorion Effica-potilastietojärjestelmästä. Tässä kohtaa tuli vastaan ongelma, koska osa tuloksista ei ollut siirtynyt Efficaan. Näytepareista toiselle, varsinaiselle potilastutkimukselle, oli kyllä saatu tulos, mutta testipotilaan näytetarroilla tarroitettujen putkien tuloksia ei Efficassa ollut. Todennäköisin syy oli se, että valmiiksi tulostetut testipotilastarrat olivat näytteenottoajankohdaltaan niin vanhoja, että tulokset eivät enää kuitaannu Efficaan. Näytteen hemolyysi-indeksi ei siirry tuloksen mukana Efficaan, joten nekin kerättiin näytekohtaisesti tuloslomakkeelle cITm-väliohjelmistosta. Myöhemmin kerättiin myös analyysiin käytetyn analysaattorin numero cITm:stä.

7.3 Tulosten käsittely

Saadut tulokset siirrettiin ensin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmaan. Jokaisen näyteputken LD-pitoisuus, hemolyysi-indeksi sekä näiden tulosten erot lähetti ja putkipostikuljetuksissa kerättiin yhteen taulukkoon (liite 3). Lisäksi taulukkoon laskettiin tu-

lostien erot sekä absoluuttisesti että LD-tulosten kohdalta myös prosentuaalisesti. Taulukoon merkittiin myös sen analysaattorin numero (1 tai 2), jolla kyseinen putki oli analysoitu. Myöhemmin kaikki tulokset siirrettiin SPSS tilasto-ohjelmaan, jonka avulla niitä käsiteltiin.

Tuloksia tarkasteltaessa huomattiin, että näytteistä vain yksi oli tulokseltaan selvästi patologinen. Kun kaikki muut tulokset olivat alle 330 U/l, niin yksi tulos oli yli 2000 U/l. Sama huomio tehtiin hemolyysi-indeksien suhteen. Mukana oli yksi näytepari, joista toisen putken hemolyysi-indeksi oli selkeästi suurempi, kuin toisen. Lähetin kuljettaman putken hemolyysi-indeksi oli 5 ja putkipostilla lähetetyn putken 46. Tälle ilmiölle ei keksitty mitään varmaa selitystä. Koska muutos olisi putkipostilähetyksen takia ollut todella paljon suurempi, kuin muilla näytteillä, ei kuljetustavan uskottu selittävän kokonaisuudessaan eroa tämän näyteparin hemolyysi-indekseissä. Korkean hemolyysi-indeksin syy saattoi olla esimerkiksi vajaatäyttöinen näyteputki. Evliyaoğlun ja muiden (2012, 69) mukaan myös hyytyneellä putkella voi olla vaikutusta näytteen hemolyysiin. Putkipostikuljetuksen aikana tällainen näyte pääsee hölskymään putkessa, jolloin se liikkuu ja osuu putken seinämiin aiheuttaen punasolujen hajoamista. Myös staasin käytöllä ja muilla preanalyttisillä tekijöillä on voinut olla vaikutusta näytteen hemolyysi-indeksiin (Tuokko ym. 2008, 41–42.)

Tilastolliset testit tehtiin sekä kaikille 32 näyteparille, että ilman yhtä muista poikkeavaa tulosta. LD-näytteiden kohdalla se oli näytepari, jonka molemmat tulokset olivat yli 2000 U/l ja hemolyysi-indeksien kohdalla se näytepari, jonka hemolyysi-indeksi oli toisessa putkessa lähes 40 yksikköä suurempi, kuin toisessa. Haluttiin varmistaa, etteivät tulokset vääristy näiden poistojen takia ja siksi testit tehtiin sekä nämä näyteparit mukana, että ilman niitä.

8 TULOKSET

8.1 Kuljetustavan vaikutus näytteen LD-pitoisuuteen

Vertaamalla näytteiden LD-tulosten keskiarvoa ja keskihajontaa 31 näyteparin otoksella saatiin selville, oliko tulosten keskiarvoissa ja keskihajonnoissa eroa riippuen kuljetustavasta. Nämä tulokset on esitetty taulukossa 4. Lähetin kuljettaman näyteputken LD-tuloksen keskiarvo oli 203 U/l. Vastaavasti putkipostilla lähetetyn näytteen keskiarvo oli 207 U/l. Keskihajonta oli molemmilla kuljetustavoilla samaa suuruusluokkaa. Sama keskiarvojen ja keskihajonnan vertailu suoritettiin myös koko aineistolle (n=32). Taulukossa 4 on esitetty myös tämän vertailun tulos. Se antaa keskiarvoksi lähetin kuljettamalle näytteelle 262 U/l ja putkipostilla lähetetylle 266 U/l. Yksi selkeästi muita korkeampi tulos kuitenkin selittää sen, miksi keskiarvo sekä keskihajonta nousevat huomattavasti verrattuna pienemmän otoksen (n=31) vastaaviin lukemiin.

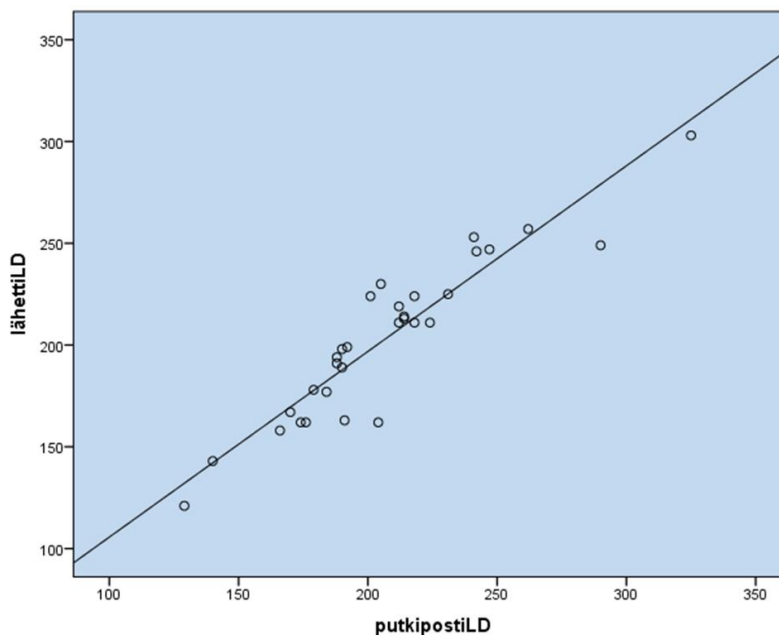
Verrannollisten parien t-testillä selvitetiin se, kuinka suurella todennäköisyydellä LD-tulosten keskiarvot eivät poikkea toisistaan. Tässä testissä p-arvo osoittaa todennäköisyyden sille, että tulosten keskiarvo on sama, riippumatta näytteiden lähetystavasta. Nollahypoteesina testissä on se, että tulosten keskiarvot eivät poikkea toisistaan. Mikäli p-arvo on yli 0,05 jää nollahypoteesi voimaan. Tämän testin yhteydessä p-arvosta puhutaan myös merkitsevyyserosta. Merkitsevyysero päätetään etukäteen ja tässä opinnäytetyössä on käytetty Heikkilän (2014, 184) mukaan riittävää, 5 %:n (0,05), tasoa.

Taulukossa 4 on esitetty näyteparien keskiarvojen merkitsevyysero (p-arvo). 31 näyteparilla p-arvo on 0,168 eli todennäköisyys samalle keskiarvolle on 16,8 %. Kun otetaan mukaan kaikki näyteparit huomataan, että todennäköisyys samalle keskiarvolle laskee vain 13,6 %:iin. Todennäköisyys samoille LD-tuloksille on siis huomattavasti suurempi, kuin merkitseväenä pidetty 5 %, eli keskiarvoilla ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

TAULUKKO 4. LD-tulosten keskiarvot ja keskihajonnat sekä näiden testien p-arvot

Kuljetustapa	Otoskoko (n)	Keskiarvo	Keskihajonta	p-arvo
Lähetti	31	203	39	
Putkiposti	31	207	40	
Lähetti ja putkiposti	31			0,168
Lähetti	32	262	336	
Putkiposti	32	266	337	
Lähetti ja putkiposti	32			0,136

Seuraavaksi tarkasteltiin LD-tulosten korrelaatiota kuljetustavasta riippumatta. Tässä tutkimuksessa käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Korrelaatiota kannattaa tarkastella lähemmin vain, mikäli muuttujien välillä havaitaan jonkinlaista lineaarista yhteyttä. Muunlaista muuttujien välistä riippuvuutta ei saada tällä korrelaatiotestillä esiin. (Heikkilä 2014, 90–91). Kuviossa 5 on LD-tulosten sirontakuviokuva 31 näyteparin otoksella. Sen perusteella näyttää mielekkäältä lähteä testaamaan tulosten välistä korrelaatiota tarkemmin, koska kuvion pisteet näyttävät asettuvan melko hyvin lineaarisesti nousevalle, suoralle linjalle.



KUVIO 5. LD-tulosten sirontakuviokuva (n = 31).

Taulukossa 5 on esitetty LD-tulosten Pearsonin korrelaatiotestin tulos. Nollahypoteesina on se, että muuttujien välillä ei ole yhteyttä. Toisin sanoen niiden tulosten ei pitäisi olla riippuvaisia toisistaan. Pienemmän otoksen (n=31) korrelaatiokerroin on 0,93. Koska korrelaatiota tulee pitää tilastollisesti voimakkaana sen ollessa itseisarvoltaan $\geq 0,8$, voidaan todeta, että seeruminäytteiden LD-pitoisuuksien välillä vallitsee voimakas korrelaatio. Tälle saadaan vahvistus p-arvosta. Koska p-arvo on 0,000 ei muuttujien välillä ole yhteyttä. Nollahypoteesi tulee siis hylätä ja korrelaation todetaan olevan tilastollisesti merkitsevä. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2013, 138.)

Pearsonin korrelaatiokerroin LD-tulosten osalta tutkittiin myös kaikilla 32 näyteparilla. Myös tämän testin tulos on esitetty taulukossa 5. Kaikkien näytteiden korrelaatiokerroin on 0,999 eli vielä lähempänä yhtä kuin pienemmässä otoksessa. Korrelaatiotestin p-arvo on myös kaikilla näytteillä 0,000, joten LD-tulosten välillä vallitsee voimakas, tilastollisesti merkitsevä ja kuljetustavasta riippumaton korrelaatio.

TAULUKKO 5. LD-tulosten korrelaatio ja p-arvo

	Otoskoko (n)	Korrelaatio	Korrelaation p-arvo
lähetti ja putkiposti	31	0,930	0,000
lähetti ja putkiposti	32	0,999	0,000

8.2 Kuljetustavan vaikutus näytteen hemolyysi-indeksiin

Hemolyysi-indeksiä tarkasteltiin samoilla testeillä kuin LD-tuloksia. Ensin tutkittiin lähetystapojen keskiarvoa ja keskihajontaa. Nämä testit tehtiin sekä kaikilla näytteillä, että ilman yhtä huomattavasti suuremman hemolyysi-indeksin tulosta. Taulukossa 6 on esitetty kaikkien näytteiden hemolyysi-indeksin keskiarvot ja keskihajonnat. Hemolyysi-indeksin keskiarvo on lähetin kuljettamilla näytteillä hieman, noin yhden yksikön pienempi, kuin putkipostilla lähetetyillä. Kumpikin keskiarvo on kuitenkin selvästi alle merkitsevän hemolyysi-indeksin rajan, joka on Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian laboratoriossa 15. Se on analyysin toimittajan, Rochen, suosittelema hemolyysi-indeksin raja. Mikäli tämä raja ylittyy, lisätään näytteeseen huomautus: Näyte hemolyyttinen. Hemolyysi häiritsee tulosta yli 10 %. Tarvittaessa pyydetään uusi näyte. Koska vain yhdessä näytteessä kaikista 32:sta ylitettiin merkitsevän hemolyysi-indeksin raja, voidaan todeta,

että ainakaan tässä otoksessa ei putkipostikuljetus nostanut hemolyysi-indeksiä määritystä häiritsevälle tasolle.

Myös 31 näytteen otoksessa laskettiin ensin hemolyysi-indeksien keskiarvot. Nämä tulokset on esitetty taulukossa 6. Verrattuna kaikkien näyteparien tuloksiin ei lähetin kuljettamien näytteiden keskiarvossa ole eroa. Sen sijaan putkipostilla lähetettyjen näytteiden hemolyysi-indeksin keskiarvo on laskenut. Jopa niin paljon, että hemolyysiä näyttää olevan vähemmän putkipostilla lähetetyissä näytteissä, kuin lähetin kuljettamissa. Näin pienessä aineistossa keskiarvo ei tosin ole kovin vakaa suure, vaan ääriarvojen vaikutus keskiarvoon voi olla huomattavan suuri. (Heikkilä 2014, 83.) Myös keskihajonnassa tapahtui huomattava lasku, kun tarkastelun ulkopuolelle jätettiin tuo yksi näyte. Tämä on ymmärrettävää, koska keskihajonta kuvaa sitä, kuinka hajallaan arvot ovat keskiarvon ympärillä (Heikkilä 2014, 86).

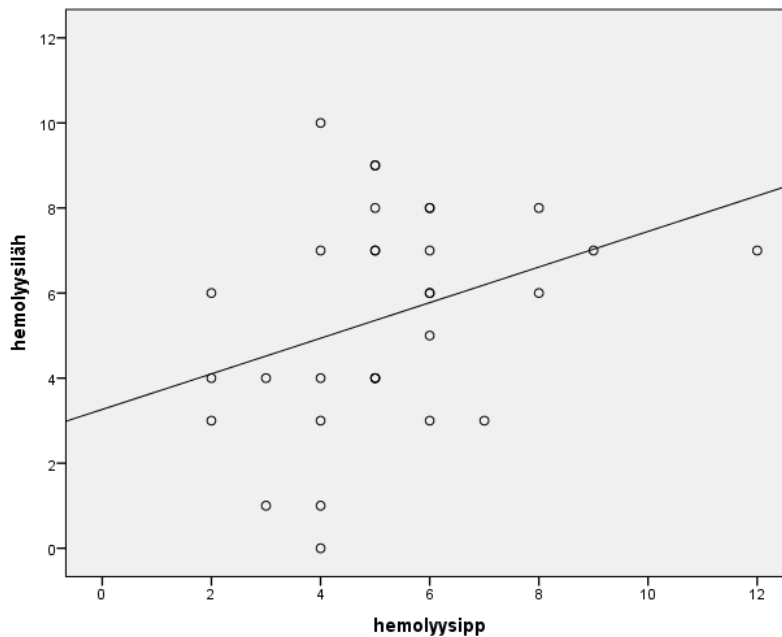
Tämän jälkeen testattiin vielä merkitsevyysero (p-arvo) hemolyysi-indekseille. Tämän testin tulokset on esitetty taulukossa 6. Kaikkien näyteparien kohdalla p-arvo on 0,444 ja 31 parin kohdalla puolestaan 0,642. Tämä tarkoittaa sitä, että on joko 44,4% tai 64,2%:n todennäköisyys sille, että hemolyysi-indeksi on sama molemmille näytteille riippumatta siitä, onko näyte kuljetettu analyysilaboratorioon lähetin mukana vai lähetetty sinne putkipostilla. Koska merkitsevyytasona tässä opinnäytetyössä on käytetty 0,05 p-arvot pitävät molempien otosten kohdalla nollahypoteesin voimassa ja osoittavat tulosten olevan tilastollisesti merkitseviä.

TAULUKKO 6. Hemolyysi-indeksien keskiarvot ja keskihajonnat sekä näiden testien ja p-arvot

Kuljetustapa	Otoskoko (n)	Keskiarvo	Keskihajonta	p-arvo
Lähetti	31	5,5	2,5	
Putkiposti	31	5,2	2,1	
Lähetti ja putkiposti	31			0,642
<hr/>				
Lähetti	32	5,4	2,5	
Putkiposti	32	6,5	7,5	
Lähetti ja putkiposti	32			0,444

Koska putkipostilla lähetettyjen näytteiden hemolyysi-indeksi ei ole normaalisti jakautunut, varmistettiin tulos sen osalta Wilcoxonin testillä. Tälläkin testillä määritettiin p-arvo, joka oli 0,856. Nollahypoteesina on jälleen se, että keskiarvoilla ei ole eroa näytteiden kuljetustavan välillä. Koska p-arvo on selvästi suurempi kuin 0,05 pysyy nollahypoteesi voimassa myös tällä testillä.

Hemolyysi-indeksien korrelaatio on esitetty taulukossa 7. Vaikka sirontakuvi (Kuvio 6) ei antanut hemolyysi-indekseille selkeää lineaarista riippuvuutta haluttiin niiden välinen korrelaatio kuitenkin testata. Korrelaatiokerroin kaikkien näytteiden kohdalla on 0,065, eli hemolyysi-indeksien korrelaatio eri lähetystapojen välillä on heikko, eikä sillä ole käytännön merkitystä. (Heikkilä 2014, 192–195; Holopainen & Pulkkinen 2012, 242.)



KUVIO 6. Hemolyysi-indeksien sirontakuvi (n=31).

Myös 31 näyteparin hemolyysi-indeksien tulosten välinen korrelaatio on laskenut verrattuna LD-tulosten väliseen korrelaatioon. Taulukosta 7 nähdään, että korrelaatiokerroin on 0,347. Korrelaatio on matala, eikä voida todeta, että hemolyysi-indeksitulosten välillä olisi lineaarista korrelaatiota. Tämä ei toisaalta ole yllättävää, koska näytteen hemolyysi-indeksiin vaikuttaa huomattavasti enemmän muuttujia, kuin saman ihmisen, samalla näytteenottokerralla otettuihin seeruminäytteiden LD-pitoisuuteen.

TAULUKKO 7. Hemolyysi-indeksin korrelaatio ja p-arvo.

	Otoskoko (n)	Korrelaatio	Korrelaation p-arvo
lähetti ja putkiposti	31	0,347	0,056
lähetti ja putkiposti	32	0,065	0,722

8.3 Eri analysaattoreiden aiheuttamat erot tuloksissa

Näytteiden keruu- ja analysointiaikana Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian laboratoriossa käytettiin kahta eri analysaattoria LD-näytteiden analysointiin. Sen vuoksi tässä opinnäytetyössä tulee ottaa huomioon se, että osassa näytepareista putket on analysoitu eri analysaattoreilla. Tällöin LD-tulosten absoluuttista eroa näyteparin putkien välillä saattaa selittää analysaattorikohtainen ero tulostasossa. Liitteestä 3 selviää, että yhdeksän näyteparin kohdalla putket oli analysoitu eri analysaattoreilla. 23 näyteparissa molemmat putket oli analysoitu keskenään samalla analysaattorilla.

Tämän opinnäytetyön tuloksien varmentamiseksi päätettiin selvittää 23:n samalla analysaattorilla analysoidun näyteparin keskiarvot ja keskihajonnat. Tälle näytepariryhmälle suoritettiin myös Kolmogorov-Smirnovin testi sekä verrannollisten parien t-testi, koska näytteiden LD-pitoisuudet olivat normaalisti jakautuneita. Taulukkoon 8 on koottu Kolmogorov-Smirnovin testin tulokset ja siitä nähdään p-arvojen perusteella ($p\text{-arvo} \geq 0,05$), että sekä lähetti että putkipostin kuljettamissa LD-näytteissä toteutuu normaalijakauma. Tästä vertailusta päätettiin jättää pois yksi LD-pitoisuudeltaan huomattavan korkea (> 2000 U/l) tulos, jotta se ei vääristäisi tilastollista tarkastelua.

TAULUKKO 8. Kolmogorov-Smirnovin testin tulokset samalla analysaattorilla analysoidujen näyteparien kohdalla

Kuljetustapa	Otoskoko (n)	p-arvo
Lähetti	22	0,200
Putkiposti	22	0,200

Koska tämä pienempikin otoskoko oli normaalisti jakautunut, tehtiin myös siitä verrannollisten parien t-testi. Tämän testin tulokset on esitetty taulukossa 9. Keskiarvojen ero

on pieni (5 U/1) ja keskihajonnat ovat keskenään samaa suuruusluokkaa. Nollahypoteesina verrannollisten parien t-testissä on, että keskiarvojen välillä ei ole eroa ja merkitsevyystasona on 5 % (0,05), kuten muissakin tässä opinnäytetyössä käytetyissä testeissä. Taulukosta nähdään, että samalla analysoitavilla analysoitujen näyteparien (n=22) keskiarvoissa on tilastollisesti merkitsevä ero (p-arvo \leq 0,05). Näin ollen tämä tulos eroaa kaikkien näytteiden (n=32) tuloksesta.

TAULUKKO 9. LD-tulosten keskiarvot ja keskihajonnat sekä näiden testien ja p-arvot

Kuljetustapa	Otoskoko (n)	Keskiarvo	Keskihajonta	p-arvo
Lähetti	22	201	42	
Putkiposti	22	206	45	
Lähetti ja putkiposti	22			0,027

9 TULOSTEN TULKINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää vastaus kahteen eri tutkimuskysymykseen, jotka liittyivät putkipostikuljetuksen vaikutuksiin seerumin LD-pitoisuuden määrittämisessä. Haluttiin selvittää, säilyvätkö seerumin LD-pitoisuus ja näytteen hemolyysi-indeksi samana riippumatta näytteen kuljetustavasta analyysilaboratorioon. Molempiin kysymyksiin haettiin vastauksia vertaamalla putkipostilla lähetetyn ja lähetin kuljettaman putken välisiä mittaustuloksia.

Liitteessä 3 olevasta taulukosta huomataan, että putkipostilla kuljetetun näytteen LD-pitoisuus saattoi olla joko suurempi tai pienempi, kuin lähetin kuljettaman. Suurimmillaan putkipostilla lähetetyn näytteen absoluuttinen ero oli 42 U/l verrattuna lähetin kuljettamaan näytteeseen. Tässä näyteparissa (1) oli kuitenkin huomattavan suuri ero hemolyysi-indeksien välillä. Putkipostikuljetuksessa olleen näytteen hemolyysi-indeksi oli 46 ja normaalissa potilastilanteessa se olisi johtanut uuden näytteen pyytämiseen. Jos tämä yksi näyte jätetään pois, suurin absoluuttinen ero oli 41 U/l (näytepari 3). Toiseen suuntaan tarkasteltaessa putkipostilla lähetetyn näytteen LD-pitoisuus oli enimmillään 25 U/l pienempi (näytepari 32), kuin lähetin kuljettamassa näytteessä.

Liitteen 3 taulukossa on myös huomioitu, kummalla kemian analysaattorilla kyseinen putki on analysoitu. Analysaattorit on yksilöity numeroimalla ne numeroilla 1 ja 2. LD-tuloksen perässä oleva sulussa oleva numero kertoo analysaattorin numeron. Osa näyteparien putkien välisistä LD-pitoisuuksien absoluuttisista eroista voi selittyä sillä, että näyteparin putket on analysoitu eri analysaattoreilla. Tällaisia näytepareja ovat esimerkiksi näyteparit 2, 31 ja 32. Näissä pareissa näytekohtaista eroa oli 23 – 28 U/l. Näin oli yhteensä yhdeksän näyteparin kohdalla. Analysaattori 2 antoi kuudessa tapauksessa suuremman tuloksen kuin analysaattori 1. Toisin päin tilanne oli vain kahden näytteen kohdalla. Voidaan siis tehdä johtopäätös, että tässä aineistossa analysaattori 2 antoi useammin korkeamman tuloksen kuin analysaattori 1. Absoluuttisissa tuloksissa suurimmat erot näyteputkien välillä olivat tässä yhdeksän näyteparin ryhmässä (liite 3). Näin ollen voidaan todeta, että osa putkien välisistä LD-pitoisuuksien eroista selittyy analyysien suorittamisesta eri analysaattoreilla.

Tämän opinnäytetyön tuloksista voidaan tehdä johtopäätös, että putkipostikuljetuksella ei ole Seinäjoen keskussairaalaissa vaikutusta seerumin LD-pitoisuuteen. Sama johtopäätös voidaan tehdä näytteen hemolyysi-indeksistä kaikkien näytteiden tilastollisen testaamisen perusteella. Tulosten merkittävyyttä pohtiessa tulee ottaa huomioon, että tilastollinen merkitsevyys ei ole sama asia kuin käytännön merkitsevyys (Holopainen & Pulkkinen 2012, 177). Vaikka samalla analysaattorilla analysoitujen näyteparien (n=22) keskiarvojen välillä on tilastollisesti merkitsevä ero, se ei tarkoita, että tällä keskiarvojen erolla (5 U/l) olisi käytännön merkitystä.

Cuin ja muiden (2009, 729) tekemän tutkimuksen mukaan yhden kerran putkipostilla (158 U/l) kuljetettujen ja vaahtomuovilla suojattujen seeruminäytteiden LD-pitoisuuksien keskiarvo nousi vain hieman verrattuna lähetin (152 U/l) kuljettamiin näytteisiin, eikä tämä ero ollut tilastollisesti merkittävä. Edellä mainitun tutkimuksen tulos näytteiden LD-pitoisuuden kohdalla tukee tämän opinnäytetyön tulosta.

Aikaisempien tutkimusten mukaan näytteen hemolyysi-indeksiin vaikuttavat mm. nopeat kiihdytykset ja jarrutukset, sekä kuljetusnopeuden kasvu. Tiwarin ja muiden (2011) tutkimuksen mukaan näytteiden hemolyysi suureni, kun kuljetusnopeus ja matka kasvoivat. Myös Kara ja muut (2014) saivat omassa tutkimuksessaan samansuuntaisia tuloksia. Molemmissa tutkimuksissa erot olivat tilastollisesti merkittäviä. Tämän opinnäytetyön tulokset ovat hemolyysi-indeksin osalta ristiriidassa näiden tutkimusten kanssa, sillä tässä tutkimuksessa ei todettu tilastollisesti merkittävää eroa eritavoin kuljetettujen näytteiden hemolyysi-indekseissä.

10 POHDINTA

Holopaisen ja Pulkkisen (2012, 177) mukaan tilastollinen merkitsevyys ei välttämättä tarkoita samaa kuin käytännön merkitys. Vaikka tässä opinnäytetyössä löydettiin osalle näytteistä (n=22) tilastollisesti merkitsevä ero tulosten keskiarvoissa, se ei tarkoita, että absoluuttisella tulosten erolla olisi käytännössä mitään merkitystä. Lisäksi tuloksia arvioidessa tulee ottaa huomioon se, että Vihkon (2013) mukaan yksittäinen laboratoriotulos on aina vain likiarvo oikeasta tuloksesta. Siksi kaikkiin laboratoriotuloksiin liittyy mittauserävarmuus, johon vaikuttavat systemaattiset ja satunnaiset virheet. Satunnaisten virheiden vaikutusta ei voida koskaan täysin eliminoida. Ne voivat johtua mm. itse näytteestä (näytteenottotekniikka ja kuljetus) tai analyysivaiheesta (reagenssit ja pipetointi). Myös laitteen vaihtuminen vaikuttaa satunnaisepävarmuuteen. Lisäksi analyysilaitteiden toistettavuus, eli se kuinka sama tulos saadaan usealla peräkkäisellä mittauskerralla vaikuttaa tämän opinnäytetyön mittaustuloksiin. Vaikka analyysin toistettavuus olisi hyvällä ja riittävällä tasolla, se ei tarkoita, että kahdesta peräkkäisestä mittauksesta tulisi absoluuttisesti sama tulos. (Viander 2007; Saari 2010; Vihko 2013.) Tämä selittää osan näyteparien putkien välisistä absoluuttisista LD-pitoisuuksien eroista.

Tutkimuksen luotettavuutta arvioidaan tarkastelemalla tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia. Validiteetti tarkoittaa sitä, että tutkimuksessa on mitattu juuri sitä, mitä oli tarkoituskin mitata eli tutkimusongelmiin on saatu vastaukset. Reliabiliteetti puolestaan tarkoittaa tulosten pysyvyyttä eli toistettaessa tutkimus saadaan samat tulokset. (Kananen 2008, 79; Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2013, 189.) Tällä työllä saatiin vastaus molempiin tutkimuskysymyksiin. Siinä suhteessa käytetyt menetelmät olivat oikein valittuja sekä oikein toteutettuja.

Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2013) laatimien hyvän tieteellisen käytännön ohjeiden mukaan tutkimuksen luotettavuutta lisää, mikäli sitä varten tehty tiedonhankinta on tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaista ja eettisesti kestävä. Tämän työn teorianäytteen valikoituneet aikaisemmat tutkimukset haettiin tieteellisistä tietokannoista. Näistä tutkimuksista tehtyihin artikkeleihin perehdyttiin huolellisesti lukemalla ja tarvittaessa suomentamalla ne useaan otteeseen siten, että sisältö tuli varmasti oikein ymmärretyksi.

Tutkimusta ja raporttia tehtäessä nousi esiin useita parannusehdotuksia, joilla olisi ollut vaikutusta tutkimuksen luotettavuuteen. Näytteenotossa ja niiden analysoinnissa oli monia kohtia, jotka olisi voinut vakioida. Näytteenottoon olisi voitu vaikuttaa siten, että siihen olisi lisätty hukkaputken otto, mikäli LD-näyte olisi analysoitu ensimmäisenä otettavasta putkesta. Lisäksi vakiointia olisi voitu jatkaa siten, että olisi pyydetty näytteenottajaa merkitsemään putkiin näytteenottojärjestys ja varsinainen analyysiputki olisi otettu ensin ja putkipostilla lähetettävä vertailunäyte toisena. Näillä toimenpiteillä saataisiin todennäköisesti näytteenottohetkellä sama hemolyysi-indeksi molempiin putkiin.

Lisäksi olisi voitu vakioida aika näytteenotosta analysointiin, eli hetki jolloin näytteet laitetaan analysaattorille. Tämän pitäisi olla sama molemmille näyteparin putkille. Näin saataisiin näyteparin molemmille putkille yhtä pitkä aika näytteenotosta tuloksen valmistamiseen. Myös muiden preanalyttisten tekijöiden vakiointia olisi voinut olla enemmän. Esimerkiksi näytteet olisi voitu lähettää putkipostilla analyysilaboratorioon heti näytteenoton jälkeen, ettei näyte ehtisi hyyytä putkessa ennen kuljetusta. Myös putkien oikea täyttöaste olisi voitu varmistaa. Nyt kaikkien putkien täyttöastetta ei arvioinut sama ihminen.

Koska tulokset jouduttiin siirtämään ohjelmista erillisille lomakkeille, tulee tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa ottaa huomioon mahdollinen kirjoitus-, kuulo- tai puhevirheen mahdollisuus. Tässä kuitenkin pyrittiin huolellisuuteen ja tarkkuuteen siten, että kaikki tulokset varmistettiin kahteen kertaan. Tästä huolimatta yhteen tulokseen oli päässyt 1 U/I virhe. Tämä kuitenkin huomattiin ja korjattiin ennen tulosten analysointia.

Käytännön ohjeistus näytteenottajille olisi pitänyt suorittaa paremmin. Vaikka ohjeeksi laadittu lomake (liite 2) pyrittiin tekemään mahdollisimman yksiselitteiseksi, oli ohjeiden tulkinnassa kuitenkin tullut ongelmia. Tämän seurauksena muutama näyte jouduttiin ennen analysointia yhdistämään toiseen testipotilaaseen, jotta jokainen näyte oli helppo yksilöidä tulosten keruu vaiheessa. Ohjeiden selkeyttä olisi voitu parantaa esimerkiksi siten, että ne olisi etukäteen testattu. Lisäksi jokaiselle näytteenottajalle olisi pitänyt antaa henkilökohtainen perehdytys näytteenottoon tätä tutkimusta varten. Näin väärinkäsitysten mahdollisuus olisi vähentynyt. Tähän perehdytykseen ei kuitenkaan ollut resursseja.

Heikkilän (2014, 15) mukaan tilastollisessa tutkimuksessa tulee otoskoon olla iso. Koska näytteitä saatiin 32 henkilöstä, voidaan pohtia, oliko otoskoko tässä tutkimuksessa riittävän suuri. Toisaalta olisiko alkuperäisessä 50 näyteparin suunnitelmassa pysyminen ja

sitä kautta keräysajan huomattava piteneminen tuoneet toisen suuntaisia tuloksia? Olisiko mukana ollut esimerkiksi enemmän huomattavan korkeita LD-pitoisuuksia? Tämän perusteella isompi otoskoko ja pidempi keräysaika olisivat lisänneet tutkimuksen luotettavuutta ja yleistettävyyttä.

Tässä tutkimuksessa ei saatu vastausta siihen, vaikuttaako näytteen alun perin korkea LD-pitoisuus hemolyysin määrään putkipostikuljetuksessa. Tässä tutkimuksessa oli vain yhdessä näytteessä selvästi korkeampi LD-pitoisuus. Voidaan siis pohtia, olisiko tutkimuksen tulos ollut sama, jos mukana olisi ollut enemmän selvästi patologisia LD-pitoisuuksia sisältäviä näytteitä.

Tiwarin ja muiden (2011) tutkimuksessa havaittiin, että putkipostilla kuljetun matkan pituus vaikutti näytteiden hemolysoitumiseen. Voidaan siis pohtia, olisiko tämän opinnäytetyön tulos ollut sama, jos näytteet olisikin lähetetty esimerkiksi päivystyskeskuksen näytteenotosta laboratorioon. Tällöin putkien kulkema matka olisi ollut pidempi. Tässä olisi mahdollisuus lisätutkimukseen, sillä päivystyksestä lähes kaikki näytteet lähetetään laboratorioon putkipostilla.

Tuloksia tulkittaessa pitää muistaa, että tämän opinnäytetyön tulokset pätevät vain Seinäjoen keskussairaalan nykyiseen putkipostiin. Se, miten yhden putken putkiposti vaikuttaa näytteisiin, tulisi tutkia omana tutkimuksenaan sen jälkeen, kun yhden putken putkiposti on asennettu ja sen toimintaa voidaan testata. Muutosta voi tulla erityisesti, jos putken kulkunopeus tai kuljetusmatkan pituus muuttuvat.

Koehenkilöiden vapaaehtoisuus ja tietosuoja toteutuivat. Tulosliuskat on hävitetty tietosuojajätteenä, jolloin yhdenkään potilaan tiedot eivät päädy ulkopuolisten käsiin. Koska tulosliuskoilla on ollut näkyvissä vain testipotilaan tiedot ja varsinaisen LD-näytteen ATK-numero ei yksittäistä näytteenantajaa ole voinut yhdistää tuloksiin ilman pääsyä laboratorion tietojärjestelmiin. Seinäjoen keskussairaalan kliinisen kemian laboratorion on jatkuvasti voimassa oleva tutkimuslupa oman toiminnan kehittämiseen. Tämä lupa perustuu lakiin ihmisen elimien, kudoksien ja solujen lääketieteellisestä käytöstä (2001) ja sen 19 ja 20 §:ään. Tämän vuoksi erillistä tutkimuslupaa ei tarvinnut anoa.

Prosessina opinnäytetyön tekeminen oli mielenkiintoinen ja opettavainen. Aikatauluissa pysyimme kohtuudella. Yhteistyö sujui hyvin ja mutkattomasti. Oli myös helpottavaa,

kun tekijöitä oli kaksi. Tämän työn teoriaosuus on niin laaja, että sen saaminen hallintaan yksin olisi ollut haastavaa. Teoriaan ja aikaisempiin tutkimuksiin olisi kuitenkin pitänyt perehtyä huolellisemmin ennen LD-näytteiden keräämistä. Näin olisi ollut parempi teoriatieto siitä, miten tutkimus kannattaisi suorittaa ja mitkä vaiheet prosessissa tulisi vakioida.

Kankkusen ja Vehviläinen-Julkusen (2013, 205–207) mukaan saavutettua tutkimustietoa tulee arvioida kriittisesti. Heidän mukaansa tiedon arviointi tulee perustaa siihen, vahvistako tutkimus jo olemassa olevaa teoriaa tai tuoko se jotain uutta tietoa. Samalla pitää pohtia, onko tutkimuksella merkitystä esimerkiksi hoitotyölle. Teorian ja metodien asianmukaisuutta ja loogisuutta samoin kuin tulosten tulkintaa ja tekstin laatua tulee pohtia osana tutkimuksen arviointia. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2013, 205–207.) Näiden kriteerien perusteella tätä opinnäytetyötä voidaan pitää riittävän onnistuneena. Työ on sidottu tiukasti teoreettiseen pohjaan ja lopputulos palvelee käytännön työtä laboratoriossa. Tulokset vahvistavat, että LD-tutkimukset voidaan jatkossakin lähettää Seinäjoen keskussairaalassa putkipostilla, laboratorion tulosten luotettavuuden ja laadun vaarantumatta.

LÄHTEET

Ammattinetti. Lähetti. n.d. Luettu 3.4.2018. <http://www.ammattinetti.fi/ammattit/de-tail/5/3/2498fd190a6534460067256d19b8e575>

Bakker, A. J., Bidjaiperkash, M., Dijkstra J. T., Reitsma, F., Syperda, H. & Zijlstra, A. 2003. IFCC Method for Lactate Dehydrogenase Measurement in Heparin Plasma is Unreliable. *Clinical Chemistry* 49 (4), 662–664.

Böckel-Frohnhofer, N., Hübner, U., Hummel, B. & Geisel, J. 2014. Pneumatic Tube-transported Blood Samples in Lithium Heparinate Gel Separator Tubes May be More Susceptible to Haemolysis than Blood Samples in Serum Tubes. *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*. 74, 599–602.

Cui, M., Jing, R. & Wang, H. 2009. Changes of Serum Lactate Dehydrogenase and Potassium Levels Produced by a Pneumatic Tube System. *Labmedicine* 40 (12), 728–731.

DLE – Lääkeaineiden vaikutukset laboratoriotuloksiin. 2017. Luettu 28.3.2018. <https://druglab.info/>

Epsote. 2016. Kuljetusautomaatit käyttöön syksyllä. Luettu 20.4.2018. <https://en.cala-meo.com/read/0040741168a84743bc4f5>

Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. 2010. Laktaattidehydrogenaasi, isoentsyymit. Päivitetty 7.10.2010. Luettu 17.4.2018. http://www.epshp.fi/yksikoiden_sivut/sairaanhoitolliset_palvelut/kliininen_kemia/laboratoriotutkimukset/kliinisen_kemia_ohjekirja

Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. 2013. Laktaattidehydrogenaasi. Päivitetty 9.12.2013. Luettu 30.8.2017. http://www.epshp.fi/yksikoiden_sivut/sairaanhoitolliset_palvelut/kliininen_kemia/laboratoriotutkimukset/kliinisen_kemia_ohjekirja

Evliyaoğlu, O., Toprak, G., Tekin, A., Başarali, M. K., Kiling, C. & Çolpan, L. 2012. Effect of Pneumatic Tube Delivery System Rate and Distance on Hemolysis of Blood Specimens. *Journal of Clinical Laboratory Analysis* 26 (2), 66–69.

Fernandes, C., Worster, A., Eva, K., Hill, S. & McCallum, C. 2006. Pneumatic Tube Delivery System for Blood Samples Reduces Turnaround Times Without Affecting Sample Quality. *Journal of Emergency Nursing* 32 (2), 139–143.

Fimlab. 2016. Laktaattidehydrogenaasi. Päivitetty 4.5.2016. Luettu 28.2.2018. https://www.fimlab.fi/ohjekirja/nayta.tmp?siivu_id=194;setid=6673;id=15190

Hawkins, R. C. 2007. Laboratory Turnaround Time. *The Clinical Biochemist reviews* 28 (4), 179–194.

Heino, J. & Vuento, M. 2014. Biokemian ja solubiologian perusteet. 3. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. 9. uudistettu painos. Helsinki: Edita publishing Oy.

- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2015. Tutki ja Kirjoita. 20. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2012. Tilastolliset menetelmät. 5.–7. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Howanitz, P. J. 2005. Errors in Laboratory Medicine: Practical Lessons to Improve Patient Safety. Archives of Pathology & Laboratory Medicine. 129 (10), 1252–1261.
- Huslab. 2014. Laktaattidehydrogenaasi, plasmasta. Päivitetty 4.3.2014. Luettu 27.2.2018. http://huslab.fi/cgi-bin/ohjekirja/tt_show.exe?assay=4526&terms=ld
- Huslab. 2017. Laktaattidehydrogenaasi, isoentsyymit, seerumista. Päivitetty 21.12.2017. Luettu 28.2.2018. http://huslab.fi/cgi-bin/ohjekirja/tt_show.exe?assay=2187&terms=ld
- Hänninen, A. & Mahlamäki, E. 2004. Kliinisen hematologian tutkimukset. Verisolujen muodostus. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) 2004. Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY. 236–268.
- Itä-Suomen laboratorion keskus. 2015. P-laktaattidehydrogenaasi. Päivitetty 8.10.2015. Luettu 28.2.2018. <https://ekstra1.kuh.fi/csp/islabohje/labohje.csp?indeksi=3101>
- Kananen, J. 2008. Kvantti – Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kankkunen, P. & Vehviläinen-Julkunen, K. 2013. 3. uudistettu painos. Tutkimus hoitotieteestä. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Kara, H., Bayir, A., Ak, A., Degirmenci, S., Akinci, M., Agacayak, A., marcil, E. & Azap, M. 2014. Hemolysis Associated with Pneumatic Tube System Transport for Blood Samples. Pakistan Journal of Medical Sciences 30 (1) 50–58.
- Laki ihmisen elimien, kudoksien ja solujen lääketieteellisestä käytöstä. 2.2.2001/101.
- Lappalainen, K. 2018. projektijohto. Putkipostilinja Y-näytteenotosta kl. kemialle. Sähköpostiviesti. Kimmo.lappalainen@tehotekniikka.fi. Luettu 3.5.2018.
- Lehto, T., Puukka, K. & Vaskivuo, T. 2016. Logistiikka osana näytteiden preanalyytistä laatua. Moodi 39 (1), 16–18.
- Liikenne- ja viestintäministeriö. 2016. Valtioneuvoston periaatepäätös älykkäästä robotiikasta ja automaatiosta. Päätös 487/01/2016. Helsinki: Valtioneuvosto.
- Loikas, S. 2015. Megaloblastinen anemia. Teoksessa Porkka, K., Lassila, R., Remes, K & Savolainen, E-R. (toim.) Veritaudit. 4. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 182–196.
- Lothar, T. (edit.) 1998. Clinical Laboratory Diagnostics. Use and assessment of clinical laboratory results. 1st. English edition. Frankfurt. TH-Books.
- Matikainen, A-M., Miettinen, M. & Wasström, W. 2016. Näytteenottajan käsikirja. Helsinki: Edita.

- Niemelä, O. & Parkkila, S. 2014. Maksan laboratoriotutkimukset. Teoksessa Niemelä, P. & Pulkki, K. (toim.) Laboratoriolääketiede. Kliininen kemia ja hematologia. 3.–4. painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 167–177.
- Norlab. 2017. Laktaattidehydrogenaasi, plasmasta. Web-ohjekirja. Verkkosivu. Päivitetty 15.12.2017. Luettu 28.2.2018. http://oyslab.fi/cgi-bin/ohjekirja/tt_show.exe?as-say=4526&terms=ld
- Pamtech©. 2017a. Putkipostijärjestelmä kaikkiin toimintaympäristöihin. Luettu 13.4.2018. <https://www.pamtech.fi/>
- Pamtech©. 2017b. Peruskomponentit. Luettu 13.4.2018. <https://www.pamtech.fi/peruskomponentit>
- Pamtech©. 2017c. Automaattinen purku. Luettu 13.4.2018. <https://www.pamtech.fi/automaattinen-purku>
- Pelliniemi, T-T. 2010. Megaloblastinen anemia. Teoksessa Vilpo, J. (toim.) 2010. Veritaudit. Ilmari Palvan veritaudit. Helsinki: Medivil Oy. 63–74.
- Penttilä, I. & Pulkki, K. 2014. Sydän- ja luurankolihas. Teoksessa Niemelä, P. & Pulkki, K. (toim.) Laboratoriolääketiede. Kliininen kemia ja hematologia. 3.–4. painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 189–197.
- Penttilä, I. 2004a. Entsyymianalyysien periaatteet. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) 2004. Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY. 82–89.
- Penttilä, I. 2004b. Lihaskudosten sairaudet ja niiden tutkiminen. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) 2004. Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY. 205–214.
- Phelan, M. P., Reineks, E. Z., Hustey, F. M., Berriochoa, J. P., Podolsky, S. R., Meldon, S., Schold, J. D., Chamberlin, J. & Procop, G. W. 2016. Does Pneumatic Tube System Transport Contribute to Hemolysis in ED Blood Samples? *Western Journal of Emergency Medicine*. 17 (5) 557–560.
- Pneumatic Tube System – How it works. Buispost.eu. Ruhrpost – Pneumatic Tube System. Luettu 28.2.2018. <https://buispost.eu/pneumatic-tube-system/how-it-works>
- Punnonen, K. 2014. Anemiat. Teoksessa Niemelä, P. & Pulkki, K. (toim.) Laboratoriolääketiede – kliininen kemia ja hematologia. 3.–4. painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy. 255–262.
- Putkonen, M. & Silvennoinen, R. 2015. Multippeli myelooma ja muut gammapatiat. Teoksessa Porkka, K., Lassila, R., Remes, K. & Savolainen, E-R. (toim.) Veritaudit. 4. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 403–434.
- Rao, L. V. & Snyder, L.M. 2016. Effect of Pneumatic Tube System Transport on Serum and Plasma Enzyme Levels. *International Journal of Clinical Medicine Research*. 3 (1) 20–23.
- Roche. 2012. LDHI2. Lactate Dehydrogenase acc. to IFCC ver. 2

Roche 2016. Lymfooma.fi. Non-Hodgkinin lymfooma. Luettu 16.4.2018. <https://lymfooma.fi/yleista/non-hodgkinin-lymfooma/>

Roche. 2014. Calibrator for automated systems.

Saari, L. 2010. Kemiallisten menetelmien validointi ja mittausepävarmuus. Ajankoh- taista laboratoriorintamalla. 13.10.2010. Luettu 9.5.2018. <http://docplayer.fi/786381-Kemiallisten-menetelmien-validointi-ja-mittausepa-varmuus-leena-saari-kemian-ja-toksikologian-tutkimusyksikko.html>

Savolainen, E-R., Kakko, S., Jahnukainen, K. & Juvonen, E. 2015. Hemolyttiset ane- miat. Teoksessa Porkka, K., Lassila, R., Remes, K. & Savolainen, E-R. (toim.) Veritau- dit. 4. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 204–227.

Schumann, G., Bonora, R., Ceriotti, F., Clerc-Renaud, P., Ferrero, C. A., Férard, G., Franck, P. F. H., Gella, F-J., Hoelzel, W., Jørgensen, P. J., Kanno, T., Kessner, A., Klauke, R., Kristiansen, N., Lessinger, J-M., Linsinger, T. P. J., Misaki, H., Panteghini, M., Pauwels, J., Schimmel, H. G., Vialle, A., Weidemann, G. & Siekmann, L. 2002. IFCC Primary Reference Procedures for the Measurement of Catalytic Activity Concen- trations of Enzymes at 37°C. Part 3. Reference Procedure for the Measurement of Cata- lytic Concentration of Lactate Dehydrogenase. *Clinical Chemistry and Laboratory Me- dicine*. 40 (6) 643–648.

Seinäjoen keskussairaala. Putkiposti. Käyttäjän ohjeet.

Semkina, S. 2017. Palvelurobotiikassa on kysyntää ohjelmointiosaamiselle. Kauppa- lehti. Julkaistu 12.1.2017. Päivitetty 12.1.2017. Luettu 20.4.2018. <https://www.kauppa- lehti.fi/uutiset/palvelurobotiikassa-on-kysyntaa-ohjelmointiosaamiselle/UUPnRBLj>

Siitonen, S. 2010. Hemolyttinen anemia. Teoksessa Vilpo, J. (toim.) 2010. Veritaudit. Ilmari Palvan veritaudit. Helsinki: Medivil Oy. 78–91.

Sodi, R., Darn, S.M. & Stott, A. 2004. Pneumatic Tube System Induced Haemolysis: Assessing Sample Type Susceptibility to Haemolysis. *Annals of Clinical Biochemistry* 41 (3), 237–240.

Streichert, T., Benjamin, O., Schnabel, C., Nordholt, G., Haddad, M., Maric, M., Peters- mann, A., Jung, R. & Wagener, C. 2011. Determination of Hemolysis Thresholds by the Use of Data Loggers in Pneumatic Tube System. *Clinical Chemistry* 57 (10), 1390– 1397.

Sydäninfarktin diagnostiikka. 2014. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Kardiologisen Seuran asettama työryhmä. Helsinki: Suomalai- nen lääkäri-seura Duodecim. Luettu 25.2.2018. <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosi- tukset/suositus?id=hoi04050#K1>

Taanila, A. 2012. SPSS: Kahden riippuvan otoksen vertailu. Akin menetelmäblogi. Päi- vitetty 14.2.2012. Luettu 20.4.2018. <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/parittainen-t- testi/>

Tapana, P. 2010. Elävä solu. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press.

Tapola, H. 2004. Näytteiden käsittely ja lähettäminen sekä kuljetus. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) 2004. Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY. 29–31.

Teho-Tekniikka Oy. 2016. Kuljetuskapselit. Luettu 3.4.2018. http://www.tehotekniikka.fi/?page_id=70783

Timedico A/S. Tempus600©One-touch for better treatment. Blood transport. Luettu 13.4.2018. <https://www.tempus600.com/blood-transport/blood-tubes>

Tiwari, A. K., Pandey, P., Dixit, S. & Raina, V. 2011. Speed of Sample Transportation by a Pneumatic Tube System can Influence the Degree of Hemolysis. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*. 50 (3) 471–471.

Tuokko, S., Rautajoki, A. & Lehto, L. 2008. Kliiniset laboratorionäytteet. Opas näytteiden ottoa varten. Helsinki: Tammi.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2013. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Luettu 2.5.2018. http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Tykslab. 2016. P-laktaattidehydrogenaasi. Päivitetty 26.11.2016. Luettu 28.2.2018. <http://webohjekirja.mylabservices.fi/TYKS/index.php?test=4526>

Viander, M. 2007. Mittausepävarmuudesta. Luento. 2.11.2007. Lääketieteellinen mikrobiologia ja immunologia. Turun yliopisto. Luettu 9.5.2018. http://www.labquality.org/LQ/Pdf.aspx?dir=1&path=A%29%202007%20Mb-laboratorioiden%20edustajien%20kokous%2FMittausepavarmuus_Viander_.pdf&type=file&vuosi=2009

Vihko, P. 2013. Näytteet, viitearvot ja laboratoriotulosten tulkinta, laadunvarmennus. Luento. Helsingin yliopisto. Luettu 9.5.2018. <http://docplayer.fi/24104336-Naytteet-viitearvot-ja-laboratoriotulosten-tulkinta-laadunvarmennus.html>

Vita. 2017. Laboratoriokäsikirja. Laktaattidehydrogenaasi. Päivitetty 28.4.2017. Luettu 19.4.2018. <https://vita.fi/laboratoriokasikirja/tutkimus/172>

Ylinen, K. 2017. Kuljetusrobotit käytössä Seinäjoen keskussairaalassa – kokeilu vähentänyt ruuhkia käytävillä. *Tekniikka ja talous*. Julkaistu 30.8.2017. Luettu 20.4.2018. <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/kuljetusrobotit-kaytossa-seinajoen-keskussairaalassa-kokeilu-on-vahentanyt-ruuhkia-kaytavilla-6672541>

LIITTEET

Liite 1. Näytteiden keruulomake

Opinnäytetyön näytteenoton dokumentointi LD-näytteet

Elina Hannuksela ja Taru Yli-Karhu

Liimaa tähän toinen testipotilaan tarroista	Kirjoita tähän varsinaisen LD-näytteen ATK-numero

Liite 2. Ohjekirje

Keräämme LD – näytteitä opinnäytetyötä varten. Näytteitä tarvitaan noin 50. Tarkoituksena on tutkia vaikuttaako putkipostikuljetus LD – tulokseen.

Jos potilaasta on LD – pyyntö, kysy voitko ottaa ylimääräisen putken tätä tutkimusta varten.

1. Ota ylimääräinen seerumigeeli 5 ml putki
2. Liimaa toinen testipotilaan tarroista tähän ylimääräiseen putkeen ja kirjoita tarraan näytteenotto kellonaika
3. Toinen testipotilaan tarra liimataan oheiseen lomakkeeseen
4. Kirjoita varsinaisen LD – näytteen ATK numero vastaavaan kohtaan lomakkeella
5. Lähetä testipotilasnäyte PUTKIPOSTILLA laboratorioon ja jätä varsinaisen potilasnäyte LÄHETIN kuljetettavaksi

Kiitos yhteistyöstä 😊

Taru Yli-Karhu ja Elina Hannuksela

Liite 3. Kaikkien näyteparien tulokset

Näyte- pari	LD lähetti	LD putkiposti	ero abs	ero%	HI lähetti	HI putkiposti	ero abs
1	162(1)	204(2)	42	25,93	5	46	41
2	163(1)	191(2)	28	17,18	8	8	0
3	249(1)	290(1)	41	16,47	0	4	4
4	162(1)	176(1)	14	8,64	4	5	1
5	162(1)	174(1)	12	7,41	4	5	1
6	303(1)	325(1)	22	7,26	7	5	-2
7	121(1)	129(1)	8	6,61	1	3	2
8	211(1)	224(1)	13	6,16	8	6	-2
9	158(2)	166(2)	8	5,06	8	5	-3
10	177(1)	184(1)	7	3,95	7	6	-1
11	211(2)	218(2)	7	3,32	1	4	3
12	225(2)	231(2)	6	2,67	6	6	0
13	257(2)	262(2)	5	1,95	6	8	2
14	167(1)	170(1)	3	1,80	5	6	1
15	178(2)	179(2)	1	0,56	3	7	4
16	189(2)	190(2)	1	0,53	7	5	-2
17	2093(2)	2103(2)	10	0,48	3	4	1
18	211(2)	212(2)	1	0,47	4	2	-2
19	213(2)	214(1)	1	0,47	3	2	-1
20	247(1)	247(2)	0	0,00	6	6	0
21	214(1)	214(1)	0	0,00	3	6	3
22	191(2)	188(2)	-3	-1,57	8	6	-2
23	246(2)	242(2)	-4	-1,63	4	5	1
24	143(2)	140(2)	-3	-2,10	4	3	-1
25	224(1)	218(1)	-6	-2,68	9	5	-4
26	194(1)	188(1)	-6	-3,09	6	2	-4
27	219(2)	212(2)	-7	-3,20	10	4	-6
28	199(2)	192(1)	-7	-3,52	4	4	0
29	198(2)	190(1)	-8	-4,04	7	9	2
30	253(1)	241(2)	-12	-4,74	7	12	5
31	224(2)	201(1)	-23	-10,27	7	4	-3
32	230(2)	205(1)	-25	-10,87	9	5	-4