

Venla Pulkkanen

LASKIMOVERINÄYTTEIDEN LAATUPOIKKEAMIEN VAIKUTUKSET LABORATORIOTUTKIMUSTEN LUOTETTAVUUTEEN

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

LASKIMOVERINÄYTTEIDEN LAATUPOIKKEAMIEN VAIKUTUKSET LABORATORIOTUTKIMUSTEN LUOTETTAVUUTEEN

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Venla Pulkkanen
Opinnäytetyö
Syksy 2024
Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

Tekijät: Venla Pulkkanen

Opinnäytetyön nimi: Laskimoverinäytteiden laatupoikkeamien vaikutukset tutkimustulosten luotettavuuteen

Työn ohjaajat: Jaana Holappa-Girginkaya & Paula Reponen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2024

Sivumäärä: 40 + 3 liitettä

Laboratoriotutkimukset ovat tärkeä osa terveydenhuoltoa ja niillä on keskeinen rooli potilaan hoitoa koskevassa päätöksenteossa. Laboratorioprosessissa tapahtuvat virheet voivat aiheuttaa väärää diagnoosia ja hoitoa, joten luotettavat tutkimustulokset ovat erittäin tärkeitä potilasturvallisuuden vuoksi. Luotettavien laboratoriotutkimusten edellytyksenä ovat laatuvaatimukset täyttävät laskimoverinäytteet.

Opinnäytetyön kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla edistetään tietoisuutta laadukkaiden laskimoverinäytteiden tärkeydestä ja tutkimustulosten luotettavuudesta. Tavoitteena oli kuvailla eri laatupoikkeamat, joita esiintyy laskimoverinäytteissä, sekä niiden syntyyn vaikuttavat tekijät. Toisena tavoitteena oli selvittää, miten eri laatupoikkeamat vaikuttavat laboratoriotutkimusten tuloksiin sekä niiden luotettavuuteen.

Tarkoituksena oli saada kokonaisvaltainen kuva laatupoikkeamista yhdistellen ajankohtaista tutkimustietoa. Opinnäytetyö on toteutettu kuvailevana kirjallisuuskatsauksena ja aineistot käsitelty aineistolähtöisen sisällönanalyysin avulla.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella yleisimpiä laatupoikkeamia olivat hemolyysi, lipemia, ikteria, hyytymät, erilaiset kontaminaatiot, sopimaton näytemäärä, väärä näyteastia sekä liiallinen staassin käyttö. Laatupoikkeamat vaikuttavat tuloksiin nostamalla ja laskemalla analyyttien pitoisuuksia sekä häiritsemällä mittauksia. Laboratoriotutkimusten luotettavuutta voitaisi parantaa noudattamalla suosituksia ja standardeja sekä vakioimalla laboratoriomenetelmiä.

Asiasanat: laatupoikkeama, laboratoriotutkimus, luotettavuus, preanalytiikka

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Biomedical Laboratory Science

Authors: Venla Pulkkanen

Title of thesis: The impact of quality errors in venous blood samples on the reliability of laboratory tests

Supervisors: Jaana Holappa-Girginkaya & Paula Reponen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2024

Number of pages: 40+ 3 appendices

Laboratory tests are an important part of healthcare and have a key role in decision-making. Errors in the laboratory process can lead to misdiagnosis and wrong treatment. Reliable test results are important for patient safety. Reliable laboratory testing requires high-quality samples.

The literature review will help to raise awareness of the importance of quality samples and the reliability of test results. The aim of thesis was to describe the different quality errors that occur in venous blood samples and the factors that contribute to their occurrence. The second aim was to identify the impact of the different quality errors on the results of laboratory tests and their reliability.

The aim was to obtain a holistic picture of quality errors by combining current studies. The thesis has been conducted as a descriptive literature review and the data have been processed by means of a data-driven content analysis.

Based on the literature review, the most common quality errors were hemolysis, lipemia, ictericia, clots, various contaminations, inappropriate sample volume, wrong sample container and excessive use of stasis. Quality errors affect the results by increasing and decreasing the concentration of analytes and by interfering with analyses. The reliability of laboratory analyses could be improved by following recommendations and standards and by standardizing laboratory methods.

Keywords: laboratory test, preanalytics, quality error, reliability

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	LABORATORIOTUTKIMUSTEN LUOTETTAVUUS	7
2.1	Laboratorion laadunhallinta	7
2.1.1	Lainsäädäntö, standardit ja ohjeet	8
2.1.2	Auditoinnit ja akkreditoinnit	9
2.1.3	Näytteenoton laadunvarmistus	10
2.2	Tulosten luotettavuuden arviointi	10
3	LASKIMOVERINÄYTTEIDEN LAATUPOIKKEAMAT	12
3.1	Hemolyysi	12
3.2	Lipemia	13
3.3	Ikteria	14
3.4	Kontaminaatiot	14
3.5	Hyytymät	15
3.6	Muita laatu poikkeamia	16
4	TARCOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	17
5	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS	18
5.1	Haku strategia, hakutulosten käsittely ja aineiston valinta	18
5.2	Aineiston analyysi	20
6	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET	21
6.1	Hemolyysi	21
6.2	Lipemia	23
6.3	Ikteria	25
6.4	Hyytymät	25
6.5	Kontaminaatiot	25
6.6	Väärä näytetilavuus ja väärä näyteastia	27
6.7	Liiallinen staassin käyttö	29
7	POHDINTA	30
7.1	Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi	31
7.2	Ammatillinen kasvu	32
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	41

1 JOHDANTO

Laboratoriotutkimukset ovat tärkeä osa terveydenhuoltoa. Niiden avulla diagnosoidaan tai suljetaan pois sairauksia, arvioidaan terveydentilaa ja työkykyä sekä seurataan hoitoa. (Miettinen 2022, 8.) Oikein valituilla ja luotettavasti tehdyillä laboratoriotutkimuksilla pyritään saamaan mahdollisimman todellinen kuva potilaan tilasta (Friman, Kuparinen, Lehto & Liikanen 2021, 14). Laboratoriotutkimusten tavoitteena on, että tulos kuvastaa mahdollisimman hyvin potilaan elimistön tilaa näytteenottohetkellä (Tuokko, Rautajoki & Lehto 2008, 114). Tutkimusten käyttö perustuu tietoon siitä, millainen terve elimistö on rakenteeltaan ja toiminnaltaan (Miettinen 2022, 13).

Laboratoriotutkimuksilla on keskeinen rooli terveydenhuollossa tapahtuvan päätöksenteon tukena: tutkimusten mukaan jopa 60–70 % hoitopäätöksistä ja diagnooseista perustuu laboratoriotutkimuksista saatuun tietoon (Holappa-Girginkaya & Kajova 2022, 28). Laboratorioprosessissa tapahtuvat virheet voivat aiheuttaa potilaalle inhimillistä kärsimystä väärän diagnoosin ja hoidon myötä (Friman ym. 2021, 17). Luotettavat tutkimustulokset ovat siis erittäin tärkeitä potilasturvallisuuden kannalta.

Potilasturvallisuus on keskeinen osa hoidon laatua. Se tarkoittaa sitä, että potilas saa tarvitsemaansa hoitoa, josta aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa. Terveystieteiden laki edellyttää terveydenhuollon toiminnan olevan laadukasta ja turvallista sekä asianmukaisesti toteutettua. Näytteenottajan toiminta vaikuttaa olennaisesti potilasturvallisuuteen ja hoidon laatuun. (Friman ym. 2021, 16.)

2 LABORATORIOTUTKIMUSTEN LUOTETTAVUUS

Laboratoriotutkimusprosessi jaetaan kolmeen vaiheeseen, joita ovat preanalyttinen, analyttinen ja postanalyttinen vaihe (Mäkitalo & Holappa-Girginkaya 2017, 4). Virheet voivat syntyä missä tahansa laboratoriotutkimusprosessin vaiheessa, jonka takia virheiden ja riskien tunnistaminen on haastavaa. Lisäksi virheiden vaikutusten arviointi on vaikeaa ja voi johtaa epätarkkoihin klinisiin päätöksiin. (Alcantara ym. 2022, 1.)

Preanalyttinen vaihe tarkoittaa kaikkia niitä vaiheita, jotka tapahtuvat ennen näytteen päätymistä analysoitavaksi (Cornes 2020, 4). Preanalyttinen vaihe on perusta laboratoriotutkimusten luotettavuudelle (Miettinen 2022, 12) ja sillä on merkittävä vaikutus laboratoriotulosten laatuun (Alcantara ym. 2022, 1). Suurin osa laboratoriotutkimusprosessissa tapahtuvista virheistä johtuu preanalyttisesta vaiheesta (Holappa-Girginkaya & Kajova 2022, 28).

Laboratoriotulosten luotettavuuteen vaikuttaa analytiikan lisäksi monet muutkin tekijät (Hotakainen, Lakkisto & Lempiäinen 2023, 47–48). Luotettavien tutkimustulosten edellytyksenä on laatuvaatimukset täyttävät näytteet. Laadukkaan laboratoriotutkimuksen perustana ovat lainsäädäntö, eettiset ohjeet, standardit, suositukset, laadunvarmistusmenetelmät ja näytteen tutkimuskelpoisuuden arviointi. (Tuokko ym. 2008, 5.)

2.1 Laboratorion laadunhallinta

Terveystieteiden laaki edellyttää suunnitelmaa laadunhallinnasta. Laboratorion laadunhallinta koostuu toiminnan suunnittelusta ja arvioinnista sekä toimintatavoista laatuvaatimusten saavuttamiseksi. (Friman ym. 2021, 21–22.) Laadunvarmistuksella tarkoitetaan suunniteltuja ja järjestelmällisiä toimenpiteitä, jotka varmistavat tulosten luotettavuuden, oikeellisuuden ja jäljitettävyyden (Hotakainen ym. 2023, 14). Laboratoriotutkimusta ohjaavat hyväksytyt kansainväliset ja kansalliset standardit, suositukset ja ohjeet, jotka luovat puitteet koko laboratorion toiminnalle ja laadunhallinnalle (Tuokko ym. 2008, 126).

Laboratorion sisäisen laadunhallinnan tarkoituksena on kontrollinäytteiden ja dokumentoitujen ohjeiden avulla varmistaa analysaattoreiden ja menetelmien analyysikohtainen luotettavuus sekä tunnistaa parannuskohteita toiminnassa. Ulkoisella laadunarvioinnilla hankitaan ulkoiselta taholta asiantuntemusta, jolla arvioidaan mittaustulosten oikeellisuutta. (Friman ym. 2021, 21–22; Sinervo 2019, 33.)

Laboratorioiden laadunhallinnan suurimpana ongelmana on se, että kiinnitetään liikaa huomiota analyttiseen vaiheeseen (Lima-Oliviera ym. 2012, 172). Laatujärjestelmän tulisi kattaa kaikki laboratoriotutkimusten vaiheet ja laboratorion toiminnot. Laadunhallintaan kuuluu olennaisesti poikkeamien dokumentointi ja käsittely, joka auttaa havaitsemaan toiminnan virheitä ja heikkoja kohtia (Tuokko ym. 2008, 128). Myös laboratorion tilat ja tilojen käyttö ovat osa hyvän laadun varmistamista. Potilaan näkökulmasta tilojen turvallisuus ja viihtyvyys ovat niitä laatutekijöitä, joihin laboratorion tulee panostaa. (Sinervo 2019, 34.)

2.1.1 Lainsäädäntö, standardit ja ohjeet

Lainsäädäntö asettaa tarkat vaatimukset laboratorion toiminnalle osana terveydenhuoltoa. Kliinisiä laboratorioita ohjaavat esimerkiksi tartuntatautilaki, terveydenhuoltolaki ja tietosuojalaki. Terveydenhuollon ammattihenkilöiden toimintaa sääteleviä lakeja ovat esimerkiksi Laki ja asetus terveydenhuollon ammattihenkilöistä sekä Laki potilaan asemista ja oikeuksista. Lakien tarkoituksena on varmistaa potilasturvallisuus ja terveydenhuollon palvelujen laatu. Lainsäädännön lisäksi laboratoriotuotoiminnassa noudatetaan erilaisia kansainvälisiä suosituksia, jotka pohjautuvat uusimpaan tutkimustietoon ja asiantuntijatyöhön. (Friman ym. 2021, 22–23; Tuokko ym. 2008, 130.)

Terveydenhuollon ammattihenkilön velvollisuus on ylläpitää ja kehittää omaa ammattitaitoaan, ja työnantajan on luotava edellytykset tälle. Terveydenhuollon ammattihenkilöitä sitovat yhteiset eettiset ohjeet, joita ovat mm. Ihmisarvon kunnioitus, itsemääräämisoikeus, oikeudenmukaisuus ja hyvä ammattitaito. Laboratoriotyön eettisiin ohjeisiin kuuluu lisäksi esimerkiksi laboratoriotutkimusten laadusta ja luotettavuudesta vastaaminen jokaisessa laboratoriotutkimusprosessin vaiheessa sekä oman alan asiantuntijana täytyy pyrkiä edistämään yksilön, väestön ja elinympäristön terveyttä. (Tuokko ym. 2008, 130, 132–133.)

Standardointi on tärkeää kaikkien preanalyttisten laatupoikkeamien vähentämiseksi (Simundic, Baird, Cadamuro, Costelloe & Lippi 2020, 1). Useimmat laboratoriovirheet johtuvat siitä, että preanalyttistä vaihetta ei ole kokonaan standardoitu (Lima-Oliviera ym. 2012, 172). Kliinisten laboratoriodien toiminnan tulisi täyttää testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyyttä kuvaavan standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 ja/tai lääketieteellisten laboratoriodien pätevyyttä kuvaavan standardin SFS-EN ISO 15189:2022 vaatimukset. Koska näytteenottomenetelmät rinnastetaan laboratorion menetelmiin, on koko standardia sovellettava myös näytteenottoon sisältäen yleiset laadunohjauksen ja laadunvarmistuksen menettelytavat. (FINAS 2018; FINAS 2023b; FINAS 2024b, 5.)

2.1.2 Auditoinnit ja akkreditoinnit

Auditointien avulla vahvistetaan laboratorion käsitystä oman toimintansa laadusta. Niiden tavoitteena on arvioida, täyttääkö laboratorion toiminta sille asetetut vaatimukset sekä onko ohjeistus riittävää ja vastaako se käytännön työtä. Tarkoituksena on löytää ongelmakohtia ja kehittämideoita toiminnan kehittämiseksi ja parantamiseksi. Sisäisillä auditoinneilla varmistetaan toimintatapojen ohjeistusten mukaisuus sekä tunnistetaan toimintaan liittyviä parannuskohteita. Laboratorion sisäisten auditointien lisäksi suoritetaan määräajoin ulkoinen auditointi, jonka suorittaa organisaation ulkopuolinen asiantuntijaryhmä. (Sinervo 2019, 33; Tuokko ym. 2008, 128.)

FINAS on Suomessa toimiva akkreditointielin, jonka tehtävänä on mm. laboratorion pätevyyden toteaminen. Tämä tarkoittaa sitä, että laboratorion menettelyt ja toimintatavat on vakioitu niin, että tulosten luotettavuudesta voidaan esittää laskelmiin perustuvia arvioita. (Tuokko ym. 2008, 127.) Laboratorion tulee täyttää standardin vaatimukset esitetyllä pätevyysalueella (FINAS 2023a). Akkreditointi on vapaaehtoista. Laboratoriot haluavat akkreditoinnin avulla osoittaa pätevyytensä tuottaa luotettavia laboratorion palveluja. (FINAS 2024a.)

2.1.3 Näytteenoton laadunvarmistus

Näytteenotto on preanalyttisen vaiheen kriittinen osa, joka vaikuttaa tutkimustulosten luotettavuuteen (Lima-Oliviera ym. 2012, 172). Näytteenotto toiminta tulee suorittaa vakioidusti laboratoriovirheiden minimoimiseksi (Mäkitalo & Holappa-Girginkaya 2017, 4). Näytteenoton laadunvarmistus on osa koko laboratoriotutkimusprosessin laadunhallintaa. Laatuvaatimukset täyttävä näytteenotto toiminta edellyttää yhteistyötä sekä laboratoriossa että laboratorion ja hoitoyksikön välillä. (Tuokko ym. 2008, 126, 129). Näytteenottomenettelyjen osalta olennaista on potilaan tunnistaminen ja näytteen identifiointi (Sinervo 2019, 33).

Näytteenoton laadunhallintaan kuuluu osaamisen varmistaminen ja ylläpitäminen. Laboratorioissa järjestetään tietyin väliajoin näytteenotto toiminnan auditoiteja. (Tuokko ym. 2008, 128–129.) Akkreditoidussa näytteenotto toiminnassa laboratorion on oltava edellytykset seurata näytteenotto toiminnan kehittymistä ja varmistuttava näytteenottoon osallistuvien henkilöiden pätevydestä ja koulutuksesta. Akkreditoinnissa kiinnitetään erityistä huomiota näytteenoton organisointiin sekä näytteenoton ja laboratoriot toiminnan rajapintaan (FINAS 2024b, 3–4).

2.2 Tulosten luotettavuuden arviointi

Mittaustulosten laatua arvioidaan laboratoriotutkimusprosessin postanalyttisessä vaiheessa (Friman ym. 2021, 37). Tulosten arviointiin kuuluvat sekä tuloksen luotettavuuden arviointi laboratoriossa että lääkärin arvio siitä, mitä tulos kertoo potilaan terveydentilasta (Miettinen 2022, 47). Laboratoriossa tulosten luotettavuutta arvioidaan tarkastelemalla analyttisen vaiheen onnistumista, mahdollisia virheraportteja sekä näytteen laatuun liittyviä poikkeamia (Tuokko ym. 2008, 12). Monilta analysointilaitteilta vastaukset lähtevät suoraan, mutta autovalidoinnissa kiinni jääneiden, kuten esimerkiksi todella matalien ja korkeiden vastausten luotettavuutta tulee arvioida yksittäin. Mikäli ei voida olla varmoja tuloksen oikeellisuudesta, on syytä toistaa tutkimus uudestaan samasta näytteestä. (Hotakainen ym. 2023, 48–49.)

Tulosten luotettavuuden arviointiin käytetään kontrollinäytteitä, joiden tulokset tiedetään. Mikäli kontrollinäytteen tulos on sille annettujen rajojen sisällä, voidaan olettaa potilasnäytteen olevan

analysoitu myös luotettavasti. (Miettinen 2022, 47.) Kontrollinäytteet analysoidaan yhdessä tutkitavan näytteen kanssa tai muun laboratoriokohtaisen ohjeistuksen mukaisesti, esimerkiksi aamuisin.

Vertaamalla tutkimustulosta voidaan myös arvioida sen luotettavuutta. Paras verrattava tulos potilaan näytteelle on potilaan oma aiempi tutkimustulos (Hotakainen ym. 2023, 38; Tuokko ym. 2008, 122). Tuloksia verrataan myös analyysimenetelmälle asetettuihin viitearvoihin. Täytyy kuitenkin muistaa yksilöllisyys, koska myös terveen potilaan tulokset voivat olla viitearvojen ulkopuolella. (Miettinen 2022, 50–51.)

Luotettavuutta arvioidaan myös tilastollisesti. Yksittäisen tutkimuksen pitkäaikaista keskiarvoa seuraamalla voidaan arvioida sen laatua. Keskiarvon pitäisi pysyä samana, vaikka yksittäiset tulokset vaihtelevat. Keskiarvon muuttuessa tutkimusmenetelmässä voi olla virhe, joka aiheuttaa väärien tuloksia. (Miettinen 2022, 47.)

Useamman rinnakkaismäärittelyn tekeminen yhdestä näytteestä lisää tuloksen luotettavuutta. Tämä ei kuitenkaan ole resurssien käytön kannalta hyödyllistä kaikissa tutkimuksissa. Myös työvaiheiden automatisointi lisää luotettavuutta, koska inhimillisten virheiden määrä vähenee. Jotkut tutkimukset perustuvat havaintoihin ja analysoijan tietämykseen, jolloin luotettavuuden varmistamiseksi voidaan käyttää kahta arvioivaa henkilöä. (Miettinen 2022, 47.) Analysoidut näytteet säilytetään määrääjän tutkimuksen jälkeen mahdollisia uusinta- ja jatkotutkimuksia varten (Tuokko ym. 2008, 13).

3 LASKIMOVERINÄYTTEIDEN LAATUPOIKKEAMAT

Laskimoverinäytteiden laatu on olennainen tekijä tarkkojen ja luotettavien tutkimustulosten saamiseksi (Giavarina & Lippi 2017, 569). Epäasianmukaisista laskimoverinäytteistä saadut laboratoriotulokset ovat harhaanjohtavia ja johtavat väärään kliiniseen päätöksentekoon (Lima-Oliviera ym. 2017, 153; Heireman ym. 2017, 1321). Preanalyttisistä virheistä jopa 80–90 % johtuu laskimoverinäytteiden huonosta laadusta (Nordin ym. 2024, 2).

Laskimoverinäytteen laatuun ja sen biologisiin muutoksiin vaikuttaa potilaan valmistautuminen ennen näytteenottoa sekä näytteenotto ja näytteen käsittely (Nordin ym. 2024, 2). Näytteenotto on koko testausprosessin haavoittuvin vaihe (Lippi ym. 2013, 1). Yleisimpiä laskimoverinäytteen huonoa laatua aiheuttavia tekijöitä ovat hemolyysi, sopimaton näytemäärä, väärä näyteastia ja hyytyneet näytteet (Green 2013, 1176; Nordin ym. 2024, 2).

3.1 Hemolyysi

Hemolyysillä tarkoitetaan punasolujen ja muiden verisolujen kalvojen hajoamista, jolloin solunsisäiset komponentit, kuten hemoglobiini, vapautuvat seerumiin tai plasmaan (Simundic ym. 2020, 2; Perez-Montero ym. 2023, 2; Farrell & Carter 2016, 528). Hemolyysi voi tapahtua elimistössä (*in vivo*) tai vasta elimistön ulkopuolella (*in vitro*). *In vivo* -hemolyysi on henkeä uhkaava tilanne, mutta *in vitro* -hemolyysi tarkoittaa näytteen laadun heikkenemistä. (Friman ym. 2021, 36–37.)

Soluvapaan hemoglobiinin suurentuneet pitoisuudet seerumissa tai plasmassa aiheuttavat useita ongelmia laboratoriotesteihin (Lippi ym. 2019, 26). Se voi aiheuttaa joidenkin pitoisuuksien vääristymistä, mikä voi johtaa virheellisiin diagnooseihin ja hoitopäätöksiin vaarantaen potilasturvallisuuden (Friman ym. 2021, 37). Hemolyysiä on pidetty yleisimpänä preanalyttisenä virheenä (Farrell & Carter 2016, 528) ja se on myös yleisin syy laskimoverinäytteen hylkäämiselle (Friman ym. 2021, 35).

In vivo -hemolyysi tapahtuu elimistössä verisuonten sisällä ennen laskimoverinäytteenottoa (Friman ym. 2021, 36–37). Sen osuus kaikista hemolyysinäytteistä on vain 2–3 %. *In vivo* -hemolyysi on aina seurausta jostain patologisesta tilasta. (Simundic ym. 2020, 2.) Sitä esiintyy esimerkiksi

hemolyttisissä anemioissa, virheellisissä verensiirroissa ja vakavissa infektioiden (Friman ym. 2021, 36–37). *In vivo*–hemolyysi voidaan erottaa *in vitro* -hemolyysistä laboratoriolöydösten avulla. *In vivo*–hemolyysiin viittaavat esimerkiksi hyvin alhainen seerumin tai plasman haptoglobiinipitoisuus, virtsassa esiintyvä hemoglobiini ja kohonnut LDH-pitoisuus. (Simundic ym. 2020, 2.)

In vitro -hemolyysi on preanalyttisistä virheistä yleisin (Tian ym. 2022, 2; Simundic ym. 2020, 2). Sitä aiheuttaa laskimoverinäytteenottoon sekä näytteen käsittelyyn ja kuljetukseen liittyvät tekijät (Krasowski 2019, 2). Laskimoverinäytteenoton aikana hemolyysiä aiheuttavia tekijöitä ovat pitkittynyt kiristysiteen käyttö, sopimattoman neulan käyttö sekä traumaattiset laskimopunktiot (Tian ym. 2022, 7; Simundic ym. 2020, 3; Lippi ym. 2019, 26). Laskimoverinäytteenotto laskimokatetreista lisää hemolyttisten näytteiden esiintymistä (Simundic ym. 2020, 3). Laskimoverinäytteenoton jälkeen otettujen näyteputkien sekoituksen puute sekä liiallinen sekoitus ja ravistelu voivat aiheuttaa hemolyysiä (Simundic ym. 2020, 4; Lippi ym. 2019, 26; Krasowski 2019, 2).

Laskimoverinäytteiden pitkittynyt kuljetusaika sekä pneumaattisen putkijärjestelmän eli putkipostin käyttö lisäävät *in vitro* -hemolyysin riskiä (Tian ym. 2022, 8; Simundic ym. 2020, 4; Green 2013, 1176). Äärimmäiset lämpötilat kuljetuksen aikana sekä riittämättömät säilytysolosuhteet ovat myös yhteydessä laskimoverinäytteissä tapahtuvaan hemolyysiin (Heireman ym. 2017, 1319; Lippi ym. 2019, 26). Laskimoverinäytteiden pitkäkestoinen ja liiallinen sentrifugointi aiheuttaa punasolujen hajoamista. Seeruminäyteputkissa hemolyysiä esiintyy, kun laskimoverinäyte sentrifugoidaan ennen hyytymisprosessin päättymistä. Myös sentrifugoinnin viivästyminen ja uudelleensentrifugointi aiheuttavat hemolyysiä laskimoverinäytteissä. (Heireman ym. 2017, 1319; Krasowski 2019, 2; Lippi ym. 2019, 26; Simundic ym. 2020, 4.)

3.2 Lipemia

Lipemia johtuu lipoproteiinipartikkelien, kuten kylomikronien ja erittäin matalan tiheyden lipoproteiinien (VLDL) suurista pitoisuuksista. Tämä ilmenee plasman tai seerumin sameutena. (Krasowski 2019, 2; Perez-Montero ym. 2023, 2.) Lähes poikkeuksetta sentrifugoidun laskimoverinäytteen plasman sameus johtuu suurentuneesta triglyseridipitoisuudesta (Friman ym. 2021, 37). Yleisin lipemian syy on rasvaisen aterian nauttiminen ennen näytteenottoa (Nordin ym. 2024, 4; Krasowski 2019, 2). Muita harvinaisempia syitä ovat esimerkiksi runsas alkoholin käyttö, aineenvaihdunnan

häiriöt, tietyt lääkkeet ja perinnölliset sairaudet (Farrell & Carter 2016, 529; Perez-Montero ym. 2023, 2).

Syömisestä aiheuttama lipemia ei yleensä vaikuta laskimoverinäytteen testaukseen tai tuloksiin. Vakava lipemia voi kuitenkin aiheuttaa merkittäviä häiriöitä laboratoriotutkimuksiin. Lipeemisyys lisää valon absorptiota ja vähentää valonläpäisykykyä, mikä häiritsee spektrofotometrisiä mittauksia. Lipeemiset plasmanäytteet voivat olla myös epähomogeenisia ja ovat alttiimpia hemolyysille. (Krasowski 2019, 3.) Lipemia voi häiritä esim. kreatiniinin, amylaasin ja elektrolyyttien mittauksia ja nostaa kolesterolipitoisuutta (Nordin ym. 2024, 4; Friman ym. 2021, 37).

3.3 Ikteria

Plasman ja seerumin ikteerisyys johtuu kohonneesta bilirubiinipitoisuudesta (Farrell & Carter 2016, 529). Bilirubiini on hemoglobiinin hajotessa syntyvä aineenvaihduntatuote. Bilirubiinipitoisuuden kohoaminen johtuu tyypillisesti maksan ja sappiteiden sairauksista tai *in vivo* -hemolyysistä. Bilirubiinin määrä kasvaa, kun sen kulkeutuminen suoleen hidastuu tai estyy. Ikteria häiritsee joitain fotometrisiä määrytyksiä, kuten kolesterolin ja kreatiniinipitoisuuksien mittauksia. (Perez-Montero ym. 2023, 2; Friman ym. 2021, 31, 37.)

3.4 Kontaminaatiot

Laskimoverinäytteen laatuun vaikuttaa mahdollinen kontaminoituminen. Bakterikontaminaatio saa aikaan monenlaisia muutoksia laskimoverinäytteessä. Bakteerit voivat käyttää ravinnokseen mitattavia ainesosia tai tuottaa lisää analysoitavaa komponenttia. (Hotakainen ym. 2023, 31–32.) Bakteerit voivat aiheuttaa laskimoverinäytteessä muutoksia, kuten sameutta tai pH:n muutosta, jotka häiritsevät määrytyksiä (Tuokko ym. 2008, 115). Veriviljelynäytteiden kontaminoituminen bakteereilla voi aiheuttaa väärän positiivisen tuloksen (Friman ym. 2021, 32).

Laskimoverinäytteet otetaan tietyssä näytteenottojärjestyksessä, jotta vältetään mahdollinen lisäainekontaminaatio, joka voi aiheuttaa virheellisiä tuloksia (Nordin ym. 2024, 5). Jos laskimoverinäytteenotossa ei ole ongelmia ja lisäaineet ovat näyteputkissa sumutteina, väärä näytteenottojärjestys ei kuitenkaan todennäköisesti johda vääriin tuloksiin (Miettinen 2022, 79).

Myös laskimoverinäytteen kontaminoituminen kudospasteella aiheuttaa epätarkkoja arvoja (Friman ym. 2021, 32). Kudospaste laimentaa laskimoverinäytteen, koska sen koostumus poikkeaa plasman koostumuksesta. Proteiinien ja monien muiden aineiden pitoisuus on huomattavasti pienempi kudospasteessa kuin plasmassa. (Tuokko ym. 2008, 36.)

3.5 Hyytymät

Yleisin syy laskimoverinäytteen hylkäämiselle analyysivaiheessa on se, että veren hyytymistä estävää ainetta eli antikoagulanttia sisältävä näyte on hyytynyt. (Friman ym. 2021, 35) Veren hyytyminen seeruminäyteputkissa on normaali prosessi ja sitä voidaan edistää käyttämällä hyytymisaktivattoria. Muissa putkissa hyytyminen on haitallista, koska jopa pienten hyytymien esiintyminen häiritsee testausta ja heikentää testien luotettavuutta. Litium-hepariininäytteiden osittainen hyytyminen on joissain tapauksissa hyväksyttävää, koska hyytymä ei heikennä testituloksia merkittävästi. (Lippi ym. 2019, 29.) Hematologisissa tutkimuksissa jopa mikrohyytymät aiheuttavat ongelmia (Friman ym. 2021, 35). Hyytymät häiritsevät olennaisesti hyytymisaikamäärittelyä. Natriumsitraattiputkea ei saa sekoittaa 3–4 kertaa enempää, koska se voi käynnistää hyytymisprosessin putkessa. (Miettinen 2022, 80.)

Testitulosten epätarkkuuden lisäksi hyytymät voivat aiheuttaa analysaattoreiden toimintahäiriöitä. Hyytymät voivat tukkia analysaattoreiden osia ja johtaa instrumenttien vioittumiseen. Mikäli näytteessä havaitaan hyytymiä silmämääräisesti ja analysaattorin antamien hälytysten avulla, näyte ja testitulokset hylätään. (Lippi ym. 2019, 29.)

3.6 Muita laatupoikkeamia

Virheellinen laskimoverinäytteen käsittely, säilytys ja kuljetus voivat pilata hyvin otetun laskimoverinäytteen (Hotakainen ym. 2023, 31–32). Laskimoverinäytteen kuljetus laboratorioon on yksi suurimmista sen laatuun vaikuttavista tekijöistä (Cornes 2020, 5). Liian pitkän säilytyksen vuoksi plasmassa olevat proteaasit saavat aikaan hyytymistekijöiden alenemista. Laskimoverinäytteen säilytys sentrifugoimatta ja erottelematta aiheuttaa ainesosien siirtymistä plasman ja solujen välillä. Ilmiö on merkittävä silloin, kun määritettävän analyytin solunsisäinen pitoisuus poikkeaa plasman pitoisuudesta. (Tuokko ym. 2008, 114.)

Vajaan näytemäärän vuoksi lisäaineen ja näytteen suhde muuttuu, joka voi aiheuttaa virheellisen analyysituloksen. (Tuokko ym. 2008, 40). Seerumiputkien tai muiden lisäaineita sisältävien näyteputkien alitäyttö aiheuttaa erittäin harvoin kliinisesti merkittävää harhaa ja vain rajoitetulle määrälle analyyttejä. Näytetilavuus on määritelty tarkasti hyytymistutkimuksissa käytettävälle natriumsitraatiputkelle; veren ja natriumsitraatin välille on asetettu kiinteä suhde (1:9). Alitäytetyt putket aiheuttavat kliinisesti merkittäviä vääristymiä hemostaasitestien tuloksissa. (Lippi ym. 2019, 27–28.)

Luotettavien laboratoriotulosten saamiseksi laskimoverinäyte tulee ottaa oikeaan näyteastiaan. Näyteputket sisältävät spesifisiä lisäaineita, joita käytetään erityyppisiin testeihin. Esimerkiksi hematologisiin testeihin käytetään EDTA:lla antikoaguloituja näytteitä ja kliinisessä kemiassa seerumi- tai litium-hepariiniputkeen otettuja näytteitä. Hyytymistutkimuksia ei voida tehdä EDTA-näytteistä (veren hyytyminen on estynyt palautumattomasti) tai seerumista (näyte on hyytynyt palautumattomasti). Jotkut määritykset on validoitu käytettäväksi useammalla lisäaineella, mutta analyyttien arvot voivat poiketa. (Lippi ym. 2019, 28–29.) Näyteastiasta ja näytteen määrästä riippuen säilytys avonaisessa näyteastiassa voi muuttaa laskimoverinäytteen koostumusta ja lisätä haihtumattomien analyyttien pitoisuutta. Avonaisessa näyteastiassa tapahtuu myös kaasujen diffuusiota, joka häiritsee erityisesti verikaasunalyysijä. (Tuokko ym. 2008, 115.)

4 TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla laskimoverinäytteissä esiintyvät laatupoikkeamat ja niiden syntyyn vaikuttavat tekijät sekä selvittää, miten eri laatupoikkeamat vaikuttavat tutkimustuloksiin ja niiden luotettavuuteen. Tavoitteena on saada kokonaisvaltainen kuva aiheesta yhdistelemällä aiempaa tutkimustietoa.

Opinnäytetyön aihe on tärkeä niin näytteenotossa kuin myös näytteiden analysoinnissa. Laatupoikkeamat voivat johtaa virheellisiin tuloksiin ja sen kautta potilaan puutteelliseen tai virheelliseen hoitoon. Mitä aiemmin laatupoikkeamat havaitaan näyteprosessissa, sen parempi. Kun tiedetään, mistä laatupoikkeamat saavat alkunsa, niitä voidaan ehkäistä ja näin ollen parantaa tutkimustulosten luotettavuutta.

Lähtökohtana kirjallisuuskatsaukselle ovat tutkimuskysymykset, jotka ohjaavat aineiston hankintaa ja koko tutkimusprosessia (Kangasniemi ym. 2013, 294). Kysymysten muotoilu ohjaa aiheen lähestymisnäkökulmaa ja valmiista tutkimuksesta tulee löytyä vastaukset tutkimuskysymyksiin. Tutkimuskysymykset on muotoiltu niin, että aihetta on saatu rajattua eikä se olisi liian laaja.

1. Mitä laatupoikkeamia laskimoverinäytteissä esiintyy?
2. Miten eri laatupoikkeamat vaikuttavat tutkimustulosten luotettavuuteen?

5 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yksi yleisimmistä kirjallisuuskatsauksen perustypeistä. Muita kirjallisuuskatsauksen tyyppejä ovat systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa käytetyt aineistot ovat laajoja ja aineiston valintaa ei rajoita tiukat metodiset säännöt. (Salminen 2011, 6.) Tutkimusmenetelmänä kuvaileva kirjallisuuskatsaus on aikaisemman tiedon kokoamista ja kuvailua. Se koostuu neljästä vaiheesta: tutkimuskysymyksen muodostamisesta, aineiston keräämisestä, aineiston kuvailusta sekä tulosten tarkastelusta. (Kangasniemi ym. 2013, 292, 294.)

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on luonteeltaan aineistolähtöistä ja ymmärtämiseen tähtäävää ilmiön kuvausta (Kangasniemi ym. 2013, 292). Sen tehtävänä on kuvata aiheeseen liittyvää aiempaa tutkimusta, sen laajuutta, syvyyttä ja määrää. Kuvailevalla kirjallisuuskatsauksella voi tehdä tiivistyksen tai uuden kokonaisnäkemyksen aiemmin tehdystä tutkimuksesta sekä järjestää epäyhtenäistä tietoa jatkuvaksi ja johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi. Tavoitteena on luoda yleiskuva tutkittavasta ilmiöstä, sen ymmärtäminen ja ymmärretyn kuvaileminen argumentoiden vakuuttavasti ja johdonmukaisesti. (Stolt, Axelin & Suhonen 2016, 9–11; Vilkkä 2023, 22.)

Kuvailevasta kirjallisuuskatsauksesta on erotettavissa kaksi eri muotoa: narratiivinen ja integroiva kirjallisuuskatsaus. Narratiivisen katsauksen avulla pystytään antamaan laaja yleiskuva käsiteltävästä aiheesta tiivistäen ja yhdistellen aiemmin tehtyjä tutkimuksia toisiinsa. Integroivalla katsauksella kuvataan tutkittavaa ilmiötä mahdollisimman monipuolisesti ja tarkastellaan laajoja tutkimusaineistoja kriittisesti ja järjestelmällisesti. (Salminen 2011, 6–8.) Opinnäytetyön laajuuden ja käytävien resurssien vuoksi opinnäytetyön tyyppiä valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Narratiivinen katsaus auttaa ajantasaistamaan tutkimustietoa, muttei tarjoa varsinaista analyttisintä tulosta (Salminen 2011, 7).

5.1 Hakustrategia, hakutulosten käsittely ja aineiston valinta

Tiedonhaussa käytettyjä tietokantoja olivat ScienceDirect ja EBSCOhost, josta edelleen käytettyjä tietokantoja ovat Academic Search Primer, CINAHL with Full Text ja MEDLINE. Suunnitelmavaiheessa tarkoituksena oli hyödyntää myös tietokantoja finna.fi ja Medic, mutta näistä löytyi hyvin

vähän tutkimustietoa aiheeseen liittyen. Käytettävät tietokannat ja hakulausekkeet valittiin ja ideoi-
tiin yhdessä kirjaston informaattikon kanssa henkilökohtaisessa tiedonhaun ohjauksessa. Sieltä sai
myös paljon vinkkejä tietokantojen käyttämiseen, mikä auttoi hakuprosessissa. Hakuprosessi on
taltioitu ja esitetty liitteessä 1. Jokaisesta hausta on esitetty käytetty tietokanta, hakulauseke, ra-
jaukset, hakupäivämäärä, saatujen osumien lukumäärä sekä katsaukseen valittujen aineistojen
määrä.

Haun suorittamisen jälkeen seuraavana vaiheena oli hakutulosten katselmointi ja aineistojen va-
linta. Jokainen artikkeli ja tutkimus on tarkasteltava yksittäin, jotta tiedetään, soveltuuko se käytet-
täväksi. (Efron & Ravid 2019, 75; Booth ym. 2022, 161.) Ensimmäisenä luettiin aineistojen otsikot,
joiden perusteella karsiutui jo iso osa pois. Tämän jälkeen luettiin tiivistelmät ja johdannot sekä
silmailltiin tekstit läpi, jonka perusteella valittiin katsaukseen käytettävät aineistot.

Lähteiden valinnassa käytettävät sisällyttämisen- ja poissulkemiskriteerit tulee hahmotella ja määri-
tellä ennalta, kun tutkimuskysymykset on kehitetty. Tarkasteltavien tutkimusten valitseminen näi-
den kriteerien mukaan parantaa kykyä vastata tutkimuskysymyksiin ja välttää tuhlamasta aikaa
lähteisiin, jotka eivät todennäköisesti tarjoa hyödyllistä tietoa. (Efron & Ravid 2016, 76.) Kirjallisuus-
katsauksen laadun varmistamiseksi mukaan on valittu vain aineistoja, jotka täyttävät ennalta laadi-
tut sisäänottokriteerit. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit on esitetty taulukossa 1. Kaikki mukaan va-
litut aineistot eivät välttämättä vastaa suoraan tutkimuskysymyksiin, vaan tarkoituksena oli ottaa
mukaan myös muita aineistoja, jotka tuovat hyödyllistä teoretietoa katsaukseen.

Taulukko 1. Aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Julkaistu vuoden 2010 jälkeen.	Julkaistu ennen vuotta 2010.
Hyödyllinen kirjallisuuskatsauksen aiheen kan- nalta.	Ei ole hyödyllinen tutkimuksen kannalta.
Maksuttomuus.	Maksullisuus.
Kokotesti luettavissa tai saatavilla ammattikor- keakoulun käyttäjätunnuksilla.	Kokoteksti ei ole saatavilla.
Suomen- tai englanninkielinen.	Ei suomen- eikä englanninkielinen.
Tieteellinen tutkimus, artikkeli tai muu aineisto.	Ei ole tieteellinen aineisto.
Luotettava.	Ei-luotettava.

Hakuprosessissa hyödynnettiin myös paljon manuaalista hakua, jossa etsittiin aineistoja jo valittujen aineistojen lähdeluetteloista. Mukaan valikoitui vielä monta hyvää tutkimusta ja artikkelia. Katsaukseen valitut aineistot on esitetty liitteessä 2. Taulukossa on esitelty jokainen aineisto sekä niiden keskeinen sisältö. Katsaukseen käytettäväksi valittiin 19 aineistoa, jotka ovat tyypiltään artikkeleita, katsauksia, tutkimusraportteja ja muita tieteellisiä aineistoja.

5.2 Aineiston analyysi

Kerätyn aineiston analyysi, tulkinta ja johtopäätösten teko ovat tutkimuksen ydinasia (Hirsjärvi ym. 1997, 221). Tämän vuoksi aineiston analyysi on erittäin tärkeää suunnitella ja toteuttaa järjestelmällisesti sekä siihen on varattava riittävästi aikaa. Kirjallisuuskatsauksissa käytetään sisällönanalyysejä riippumatta siitä, analysoidaanko määrällistä vai laadullista aineistoa (Vilka 2023, 86). Opinnäytetyöhön valittiin menetelmäksi aineistolähtöinen sisällönanalyysi, koska tällä menetelmällä saadaan esitettyä tutkittavasta ilmiöstä teoreettinen kokonaisuus (Tuomi & Sarajärvi 2018, 108).

Sisällönanalyyssillä pyritään järjestämään aineisto tiiviiseen ja selkeään muotoon kadottamatta sen sisältämää informaatiota, jotta voidaan tehdä luotettavia johtopäätöksiä tutkittavasta ilmiöstä. Koko tekstiä ei analysoida, vaan siitä valitaan analysoitavat osat tutkimuksen tarkoituksen ja tehtäväasettelun mukaisesti. Analyysissä yhdistellään käsitteitä, jonka avulla saadaan vastaus tutkimustehtävään. Aineistolähtöinen sisällönanalyysi perustuu siis tulkintaan ja päättelyyn, jossa edetään aineistosta kohti käsitteellisempää näkemystä tutkittavasta ilmiöstä. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 108, 122, 127.)

Aineistolähtöinen sisällönanalyysi voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen, joita ovat aineiston pelkistäminen, aineiston ryhmittely ja teoreettisten käsitteiden luominen. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 122–126.) Ensimmäisessä vaiheessa aineistot luettiin huolella läpi ja kerättiin niistä alkuperäisilmauksia. Ilmaukset ryhmiteltiin ja niistä muodostettiin pelkistettyjä ilmauksia. Aineisto ryhmiteltiin edelleen alaluokkiin, yläluokkiin ja pääluokkiin, jolloin saatiin muodostettua teoreettisia käsitteitä. Sisällönanalyyssiä kuvaava taulukko on esitetty liitteessä 3.

6 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET

Laskimoverinäytteiden laatu on olennainen tekijä tarkkojen ja luotettavien tulosten saamiseksi (Giavarina & Lippi 2017, 569). Näytteen huonon laadun havaitseminen on tärkeää virheellisten tulosten estämiseksi (Nordin ym. 2024, 6). Tyypillisesti näyte on hylättävä, jos on olemassa suuri riski, että tulos on epäluotettava (Tian ym. 2022, 11).

Preanalyttisistä virheistä jopa 80–90 % johtuu laskimoverinäytteiden huonosta laadusta (Nordin ym. 2024, 2). Yleisimpiä näytteen laatua heikentäviä syitä ovat hemolyysi, riittämätön tai sopimaton näytemäärä, väärä näyteastia ja aiheeton hyytyminen. Muita harvinaisempia syitä ovat infuusio-nesteiden ja lisäaineiden kontaminaatiot, yli- ja alitäytetyt näyteastiat sekä sopimattomat säilytysolosuhteet. (Lippi ym. 2019, 26; Nordin ym. 2024, 2, 6.)

6.1 Hemolyysi

Hemolyysi määritellään erytrosyyttien hajoamiseksi, jonka seurauksena solunsisäisiä komponentteja vapautuu plasmaan tai seerumiin (Heireman ym. 2017, 1318). Hemolyysi aiheuttaa sekä biologisia että analyttisiä häiriöitä, jotka tekevät diagnostiikasta mahdollisesti epäluotettavaa (Lippi ym. 2019, 26; Florin ym. 2018, e109). Hemolyysin vaikutus riippuu käytettävästä määrittämisestä ja laitteesta. Se vaikuttaa ainakin jossain määrin useimpiin kemian rutiiniparametreihin. (Simundic ym. 2020, 7–8.) Hemolyysi häiritsee laboratoriotutkimuksia monien eri mekanismien avulla. Näitä ovat solun komponenttien vapautuminen, näytteen laimennusvaikutus, spektrofotometrinen häirintä, kemiallinen häirintä sekä sellaisten aktiivisten aineiden vapautuminen, jotka voivat estää tai häiritä reaktioita ja analyysitekniikoita. (Giavarina & Lippi 2017, 571; Simundic ym. 2020, 1; Lippi ym. 2019, 26–27; Heireman ym. 2017, 1317.)

Kemiallisen häirinnän suorat mekanismit häiritsevät kemiallista reaktiota merkittävässä hemolyysissä vaikuttamalla reaktiotuotteiden muodostumiseen kilpailemalla substraatista tai jostain muusta reagenssin komponentista ja estämällä määrittämisreaktioita. Epäsuorat mekanismit muuttavat analyysin kemiallista rakennetta saostamalla, proteolyysin avulla sekä muodostamalla komplekseja

analyytin ja punasoluista vapautuvien kemikaalien välille. (Simundic ym. 2020, 6). Immunokemiallisissa määrittelyissä käytettävät vasta-aineet voivat ristireagoida punasoluista vapautuvien komponenttien kanssa (Heireman ym. 2017, 1321).

Plasmanäytteessä oleva soluvapaa hemoglobiini häiritsee spektrofotometrisellä menetelmällä tehtäviä analyysyjä. Häiriön aste riippuu muun muassa soluvapaan hemoglobiinin pitoisuudesta, mittauksen aallonpituudesta, käytetystä reagenssista ja näytteen iästä. Hemoglobiini absorboituu voimakkaasti useilla aallonpituuksilla (415 nm, 540 nm ja 570 nm) ja vaikuttaa sellaisten analyyttien pitoisuuksiin, jotka mitataan lähellä näitä aallonpituuksia. (Florin ym. 2018, e109; Nordin ym. 2024, 3; Krasowski 2019, 2; Simundic ym. 2020, 5.) Alkalisen fosfataasin, gammaglutamyyli transferaasin ja bilirubiinin pitoisuudet alentuvat virheellisesti, kun taas lipaasi- ja rautapitoisuudet nousevat (Heireman ym. 2017, 1320–21).

Erytrosyyttien solunsisäinen biokemiallinen koostumus on hyvin erilainen kuin seerumin tai plasman (Simundic ym. 2020, 5). Pääasiassa solunulkoisesti esiintyvien analyyttien pitoisuudet voivat laskea huomattavasti hemolyyssissä plasman tai seerumin laimentuessa (Heireman ym. 2017, 1320; Nordin ym. 2024, 3). Näitä analyyttejä ovat esimerkiksi albumiini, bilirubiini, glukoosi, alkalinen fosfataasi (AFOS), kloridi, natrium ja gammaglutamyyli transferaasi (GGT) (Simundic ym. 2020, 5).

Hemolyyssi aiheuttaa solunsisäisten ainesosien vapautumista. Analyyttien, joiden pitoisuus on suurempi punasoluissa kuin plasmassa tai seerumissa, pitoisuus voi kasvaa huomattavasti hemolyyssissä. Tällaisia analyyttejä ovat esimerkiksi kalium, magnesium, fosfaatti, laktaattihydrogenaasi (LDH), aspartaattiaminotransferaasi (AST), alaniiniaminotransferaasi (ALT), bilirubiini, kreatiniini, rauta, hermosolujen spesifinen enolaasi (NSE) ja urea. Näiden analyyttien mittaukset ovat useimmiten herkimpiä hemolyyssille ja lieväkin hemolyyssi voi nostaa pitoisuuksia. (Nordin ym. 2024, 3; Krasowski 2019, 2; Green 2013, 1176; Simundic ym. 2020, 5.) Erytrosyyteistä vapautuva adenyylaattikinaasi aiheuttaa mitatun kreatiinikinaasipitoisuuden nousun (Heireman ym. 2017, 1321). Vapautuva orgaaninen fosfaatti voi vapauttaa epäorgaanista fosfaattia ja aiheuttaa vääränlaista hyperfosfatemian (Simundic ym. 2020, 5). Hemolyyssissä vapautuu myös proteolyttisiä entsyymejä, jotka voivat hajottaa proteiineja aiheuttaen insuliinin, glukagonin, kalsitoniinin, lisäkilpirauhshormonin, adrenokortikotrooppisen hormonin ja gastriinin pitoisuuksien pienentymistä (Krasowski 2019, 2; Heireman ym. 2017, 1320). Soluista vapautuva hemoglobiini itsessään voi vaikuttaa see-

rumin kokonaisproteiinimittaukseen sekä proteiinielektroforeesiin (Simundic ym. 2020, 5). Soluvapaa hemoglobiini nostaa troponiini I:n pitoisuutta ja laskee troponiini T:tä yhdessä proteolyyttisten entsyymien vapautumisen kanssa (Heireman ym. 2017, 1321).

Vakava hemolyysi voi suoraan alentaa kokoverinäytteestä mitattujen solujen määrää niiden hajoamisen vuoksi. Erityisesti punasolujen määrä pienenee. Hemolyysin voimakkuuden lisääntyessä hematokriitti laskee sekä punasolujen keskimääräinen hemoglobiinin määrä eli MCH ja verihiutaleiden määrä nousevat. Hemolyysi ei kuitenkaan vaikuta hemoglobiinipitoisuuteen, koska itse määrittäyksessä punasolut hajotetaan hemoglobiinin määrittämiseksi. (De la Salle 2019, 172; Simundic ym. 2020, 9.)

Merkittävin hemolyysin aiheuttama häiriö rutiininomaisissa hyytymismäärittäyksissä on spektrin päällekkäisyys hemoglobiinin absorptioon ja niiden valon aallonpituuksien välillä, joita käytetään hyytymisen päätepisteiden arvioinnissa (Simundic ym. 2020, 8). Hemolyyttisiä näytteitä voidaan kuitenkin käyttää määrittäyksissä, joissa käytetään hyytymän muodostumisen mekaanista havaitsemista. Poikkeuksena on vakava hemolyysi, jossa solunsisäisten aineiden (esim. proteaasit ja fosfolipidit) ja solukalvojen sisältämien tromboplastiinin kaltaisten aineiden vapautuminen laukaisee veren hyytymisen ja verihiutaleiden aktivoitumisen. (Florin ym. 2018, e109; Simundic ym. 2020, 9.) Näkyvää hemolyysiä sisältäviä näytteitä ei saa käyttää protrombiiniajan (PT) ja aktivoituneen tromboplastiiniajan (aPTT) mittaamiseen, koska hyytymistekijät voivat aktivoitua ja häiritä loppupisteen mittausta. Tällöin hemolyysi voi lyhentää aPTT:tä ja pidentää PT:tä merkittävästi. (Florin ym. 2018, e109, e111.) Hyvin lievä tai keskivaikea hemolyysi voi vaikuttaa fibrinogeenin, trombiinivasta-aineen ja D-dimeerin (FiDD) määrittäykseen (Simundic ym. 2020, 9).

6.2 Lipemia

Lipemia määritellään näytteen sameudeksi, joka johtuu lipoproteiinien, pääasiassa kylomikronien ja erittäin pienitiheyksisten lipoproteiinien (VLDL) kertymisestä (Nordin ym. 2024, 3; Nikolac 2014, 58). Lievä lipemia ei yleensä vaikuta merkittävästi laboratoriotuloksiin, mutta vakava lipemia aiheuttaa todennäköisesti epätarkkuutta analyyseissä ja tuloksissa (Mainali ym. 2017, 2). Lipemia perustuu näytteen lipidipitoisuuteen eikä se ole riippuvainen näytteenottoon liittyvistä tekijöistä

(Krasowski 2019, 2). Yleisin syy lipeemisiin näytteisiin on näytteenotto liian pian aterian tai lipidiemulsioiden parentaalisen annon jälkeen (Tian ym. 2022, 9; Nordin ym. 2024, 4; Nikolac 2014, 58; Mainali ym. 2017, 2).

Lipemia tekee plasman tai seerumin sameaksi ja läpinäkymättömäksi (Krasowski 2019, 2). Näytteet voidaan jatkokäsitellä lipemian vähentämiseksi ultrasentrifugoimalla tai lisäämällä lipidejä poistavia reagensseja. Reagenssit voivat kuitenkin häiritä tai vaikuttaa joihinkin kliinisen kemian määrittelyihin. (Nordin ym. 2024, 6; Mainali ym. 2017, 6.)

Lipemia voi lisätä valon absorptiota ja siten häiritä spektrofotometrisia mittauksia. Tämän vuoksi lipemia häiritsee elektrolyttianalyseissa käytettävää optista mittaumenetelmää (Nordin ym. 2024, 4). Se aiheuttaa myös häiriöitä tilavuussiirtymän, näytteen epähomogeenisuuden ja seerumin proteiinien elektroforeettisten kuvioiden muutosten vuoksi. (Mainali ym. 2017, 1; Krasowski 2019, 2.) Lisääntyvät lipidipitoisuudet on myös yhdistetty lisääntyvään hemolyysin esiintymistiheyteen (Tian ym. 2022, 9–10; Mainali ym. 2017, 2; Krasowski 2019, 2).

Lipemian aiheuttama näytteen tilavuuden siirtyminen vaikuttaa erityisesti elektrolyttien analysointiin (Mainali ym. 2017, 1; Krasowski 2019, 2). Sentrifugoinnin jälkeen näytteen hiukkaset jakautuvat tiheydensä mukaan ja lipeemisessä näytteessä lipidifaasin osuus kasvaa. Vesifaasiin liukenevia aineita ei ole putken yläosassa, josta analysaattori ottaa näytteen mittausta varten. Siten mitattaessa elektrolyyttejä ja aineenvaihduntatuotteita niiden pitoisuudet alenevat voimakkaasti. (Nikolac 2014, 60.) Lipeemisen näytteen epähomogeenisuus aiheuttaa ongelmia analysaattoreiden näytetilavuuden havaitsemisessa ja pipetoinnissa, jolloin analysaattori voi päätellä näytettä olevan liian vähän tai pipetoida epätarkkoja määriä (Krasowski 2019, 2).

Lipemia voi aiheuttaa virheellisen korkean kolesterolituloksen (Nordin ym. 2024, 4). Lipeemisen näytteen lipidipisarot voivat vaikuttaa verihituleiden ja valkosolujen määriin sekä suoraan häiritä hemostaattista prosessia. Lisäksi näytteen sameus häiritsee hemoglobiinin mittausta sekä voi johtaa hyytymistulosten pidentymiseen, kun havaitseminen perustuu optiseen hyytymän havaitsemiseen. Tämä johtuu näytteen läpi kulkevan valon voimakkuuden heikkenemisestä. (De la Salle 2019, 172; Florin ym. 2018, e109.) Esimerkiksi protrombiiniaikaa (PT) ei voida määrittää erittäin lipeemisistä näytteistä (Nikolac 2014, 58).

6.3 Ikteria

Ikteria tarkoittaa veren kohonnutta bilirubiinipitoisuutta (Tian ym. 2022, 11). Bilirubiini häiritsee peroksidaasikytkentäisiä reaktioita aiheuttaen virheellisen alhaisia glukoosin, kolesterolin, triglyseridien ja virtsahapon pitoisuuksia (Nordin ym. 2024, 3). Spektrofotometrisissä määrittelyissä ikterian aiheuttamat häiriöt perustuvat pääasiassa spektrin päällekkäisyydestä bilirubiinin kanssa (Florin ym. 2018, e109). Erittäin suurina pitoisuuksina (> 250 mg/l) bilirubiini voi aiheuttaa myös häiriöitä verenkuvan parametreihin (De la Salle 2019, 172).

6.4 Hyytymät

Pienetkin hyytymät häiritsevät laboratorioanalyysijä, jolloin tulokset ovat epätarkkoja (Lippi ym. 2019, 29). Mikrohyytymät ja fibriinisäikeet voivat lisäksi tukkia analysaattoreiden antureita, mikä johtaa laitteiden toimintahäiriöihin (Green 2013, 1176). Litium-hepariininäytteiden osittainen hyytyminen on hyväksyttävää, koska se ei heikennä testituloksia, paisti mitattaessa fibrinogeenia (Lippi ym. 2019, 29).

Hyytyneet näytteet ovat esteenä hematologisille testeille ja hyytymistutkimuksille (De la Salle 2019, 172; Giavarina & Lippi 2017, 571). Hyytyminen aiheuttaa väärää leukopeniaa, alhaisia punasolujen määriä, poikkeavia punasoluindeksejä ja alhaisia hematokriittituloksia (Green 2013, 1176; Kaushik & Green 2014, 24). Verisolujen määrät ovat epäluotettavia, koska solut ovat jääneet hyytymän sisään. Hyytymistekijät kuluvat hyytymisprosessin aikana, mikä haittaa erilaisia hyytymistutkimuksia (Lippi ym. 2019, 29.)

6.5 Kontaminaatiot

Antikoagulanttien tai lisäaineiden kontaminaatio näyteputkesta toiseen laskimopunktion aikana voi aiheuttaa virheitä laboratoriotuloksiin (Giavarina & Lippi 2017, 570; Heireman ym. 2017, 1317). Kaliumetyleenidiamiinitetraetikkahappo (K-EDTA) on yleinen verinäyteputkissa käytettävä anti-koagulantti, joka voi aiheuttaa kontaminaatiota esimerkiksi litiumhepariini- ja seeruminäyteputkiin

(Asif ym. 2019, 711). Lisäainekontaminaatioiden välttämiseksi verinäytteet otetaan tietyssä putkijärjestyksessä (Nordin ym. 2024, 5). On kuitenkin osoitettu, että K-EDTA kontaminaatiota ei tapahdu suljetuilla näytteenottomenetelmillä, vaikka näytteet otettaisiin käänteisessä putkijärjestyksessä. Kontaminaatioita tapahtuu avoimilla näytteenottotekniikoilla tai veren suoralla siirtymisellä K-EDTA:a sisältävistä putkista muihin putkiin. (Asif ym. 2019, 711–713.)

Seerumi- ja plasmanäytteiden EDTA-kontaminaatio on yleinen syy väärin elektrolyyttituloksiin (Asif ym. 2019, 711; Lima-Oliviera ym. 2017, 158). Kontaminaatio voi aiheuttaa virheellisen korkeita kalsiumarvoja ja virheellisen alhaisia kalsiumarvoja EDTA:n kelaatiovaikutuksen vuoksi (Nordin ym. 2024, 5; Kaushik & Green 2014, 24). Vain pieni määrä K-EDTA:ta riittää aiheuttamaan merkittävän väärän hyperkalemian (Asif ym. 2019, 713).

Veriviljelyä käytetään verenkiertoinfektioiden diagnostiikassa, mutta bakteerikontaminaatiot muodostavat jopa puolet positiivisista tuloksista (Dargère ym. 2018, 964). Veriviljelykontaminaatio on mikro-organismi, joka joutuu viljelyyn näytteenoton tai käsittelyn aikana, ja joka ei ole patogeeninen potilaalle. Yleisimpiä veriviljelyä kontaminoivia bakteereja ovat koagulaasinegatiiviset stafylokokit ja muut ihoflooran lajit. (Altindis ym. 2016, 2.)

Kontaminaatiot rajoittavat veriviljelytestien ennustearvoa ja niiden seurauksena potilas voi saada tarpeetonta ja kallista hoitoa (Altindis ym. 2016, 2; Dargère ym. 2018, 967). Kontaminaatiot johtuvat mikro-organismien siirtymisestä potilaan välittömästä läheisyydestä tai terveydenhuoltohenkilöstön käsistä näytteeseen. Myös puutteellisesti steriloidut ihopalat voivat irrota laskimopunktion yhteydessä. (Dargère ym. 2018, 965.) Antiseptisten aineiden käyttö on standardoitu estämään verinäytteiden kontaminaatiota (Lima-Oliviera ym. 2017, 156). Bakteerikontaminaatioiden vähentämiseksi suositellaan näytteenottoa laskimopunktiolla. Näytteenotto laskimokatetreista liittyy korkeampiin kontaminaatiolukuihin. (Altindis ym. 2016, 4) Useimmiten kontaminaatiot eristetään ensimmäisestä tai toisesta pullosta. Pullojen määrän lisääminen joukossa auttaa ennustamaan todellisen bakteerian todennäköisyyttä. (Dargère ym. 2018, 966.)

Kun suonensisäistä reittiä käytetään suolaliuksen, glukoosin tai muiden nesteiden infuusioon, veri voi laimentua tai kontaminoitua infuusionesteellä (Giavarina & Lippi 2017, 571). Useimmiten infuusionesteiden aiheuttamaa kontaminaatiota esiintyy, kun laskimoverinäyte otetaan suonensisäisestä katetrista (Lippi ym. 2013, 1). Laskimoverinäyte voidaan ottaa kädestä, johon on mennyt

infuusio, jos se on keskeytetty vähintään kaksi minuuttia ennen näytteenottoa verenkierron tasaimiseksi (Noor ym. 2023, 4). Infuusionesteen aiheuttaman kontaminaation vuoksi väärät analyyttien pitoisuudet voivat aiheuttaa epätarkoituksenmukaisia toimenpiteitä (Lippi ym. 2013, 2). Laskimoverinäytteen kontaminaatio infuusionesteellä voi aiheuttaa esimerkiksi vääränlaista anemiaa ja epänormaaleja hyytymistestituloksia (De la Salle 2019, 172). Pienikin laimeneminen ja kontaminaatio voivat olla mahdollisia virhelähteitä (Giavarina & Lippi 2017, 571).

Glukoosia sisältävän infuusionesteen aiheuttama kontaminaatio voi vaikuttaa dramaattisesti glukoosipitoisuuteen plasmassa tai seerumissa. Kontaminoituessa veren laimenemisen lisäksi vettä siirtyy yksisuuntaisesti verisoluista ulkoiseen nesteeseen. Tämä aiheuttaa muutoksia elektrolyyttien pitoisuuksiin, esimerkiksi natriumpitoisuus pienenee. Glukoosiliuoksen aiheuttama kontaminaatio vaikuttaa myös moniin muihin analyytteihin: kalium-, kloridi-, LDH- ja kolesterolipitoisuudet pienenevät. (Lippi ym. 2013, 1–2.)

6.6 Väärä näytetilavuus ja väärä näyteastia

Näyteputket on suunniteltu niin, että oikeaan tilavuuteen täytettynä varmistetaan tietty lisäaineen pitoisuus näytteessä. (Green 2013, 1176; Giavarina & Lippi 2017, 571; Simundic ym. 2020, 3). Virheellinen laboratoriotulos voi johtua väärästä veren ja lisäaineen suhteesta (Kaushik & Green 2014, 24). Kuitenkin jopa 75 % alitäyttö seerumiputkissa tai lisäaineita sisältävissä näyteputkissa aiheuttaa harvoin merkittävää kliinistä vääristymää, ja vaikuttaa vain hyvin rajoitettuun määrään analyyttejä. (Lippi ym. 2019, 27)

Alitäytetyssä hepariiniputkessa hepariinipitoisuus voi olla virheellisesti koholla ja häiritä joitakin kemian analyysejä. EDTA-putken alitäyttö voi aiheuttaa vääriä tuloksia lisäkilpirauhashormonin osalta. (Green 2013, 1176.) Väärä EDTA-pitoisuus vaikuttaa myös veren kuvan tuloksiin, koska alitäytetyt näyteputket aiheuttavat arvojen pienenemistä ja muutoksia verihiutaleiden tilavuudessa. Vajaasti täytetyt putket ovat hyväksyttäviä automaattilaskentaan, kun 4 ml:n EDTA-putkessa on 1 ml verta. Ylitäytön seurauksena on vaarana riittämätön sekoittuminen ennen testausta, joka voi aiheuttaa esimerkiksi pseudotrombosytopeniaa eli trombosyyttien kasautumista, vaikka näyte ei olisi hyytynyt. (De la Salle 2019, 172.)

Hyytymistesteissä käytettävissä näytteissä natriumsitraatin ja veren pitoisuus on oltava aina 1:9 (Giavarina & Lippi 2017, 571; Lippi ym. 2019, 27). Tarkka täyttöaste perustuu sitraatin ja veren sisältämien kalsiumionien suhteeseen. Sitraattipitoisuus tulisi säätää näytteissä, joiden hematokriitti on korkea, jotta saadaan luotettavat tulokset. (Lippi ym. 2019, 28.) Näyteputket, jotka on täytetty alle 90 % niiden nimellistilavuudestaan, on hylättävä (Lippi ym. 2019, 28). Alitäytetyt näyteputket voivat viitata myös vaikeaan näytteenottoon, mikä itsessään voi aiheuttaa verihituleiden aktivoitumista ja turvotusta sekä ongelmia hyytymistesteissä (De la Salle 2019, 172).

Oikeaan näyteputkeen otettu laskimoverinäyte on välttämätöntä, jotta laboratoriotulokset olisivat luotettavia (Lippi ym. 2019, 28). Näyteastiat on suunniteltu kokoveren, plasman tai seerumin säilyttämiseen, kuljettamiseen ja analysointiin siten, että eri analyyttien kemialliset, fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet säilyvät. Säilöntäaineita ja lisäaineita käytetään usein hyytymisen ja muiden katabolisten toimintojen estämiseen sekä molekyylien hajoamisen estämiseen mikro-organismien ja proteiinien biologisen toiminnan vuoksi. Testit on validoitu tietyille biologisille matriiseille, joten niitä ei voida tehdä muun tyyppisistä näytteistä. (Giavarina & Lippi 2017, 569.) Ainoa poikkeus on seerumi ja litium-hepariiniplasma, joita voidaan molempia käyttää samaan testiin, jos määrittäminen on validoitu käytettäväksi kummallakin biologisella matriisilla. Tällöin täytyy kuitenkin huomioida, että analyyttien arvot voivat olla hieman erilaiset, esimerkiksi kaliumpitoisuus on korkeampi seerumissa kuin plasmassa. (Lippi ym. 2019, 29.)

Hematologisia testejä ei voida tehdä seerumista, koska verisolut jäävät hyytymän sisään, eikä litiumhepariinilla antikoaguloituista näytteistä, koska hepariini häiritsee veren värjäystä sekä hepariinivälitteinen veren hyytymisen esto ei ole yhtä tehokas kuin EDTA:n käyttö (Lippi ym. 2019, 28; Giavarina & Lippi 2017, 570).

Hyytymistutkimuksia ei voida tehdä EDTA- tai hepariininäytteistä, koska niissä veren hyytyminen on estynyt kokonaan. (Lippi ym. 2019, 28; Giavarina & Lippi 2017, 570). Myöskään seerumi ei käy hyytymistutkimuksiin, koska näyte on peruuttamattomasti hyytynyt (Lippi ym. 2019, 28). Kliinisen kemian rutiinitesteissä ei voida käyttää EDTA:ta, oksalaattia tai sitraattia, koska ne sisältävät yleisesti mitattavia analyyttejä, kuten natriumia ja kaliumia (Kaushik & Green 2014, 24).

6.7 Liiallinen staassin käyttö

Yli minuutin kestävästä staassin käytöstä aiheuttama laskimopysähdys edistää veden, diffuusiokykyisten ionien ja pienimolekyylisten aineiden ulosvirtausta verisuonista, mikä lisää biomarkkereiden pitoisuutta veressä (Lima-Oliviera ym. 2017, 156). Pitkittynyt staassin käyttö (yli kolme minuuttia) aiheuttaa kokonaisproteiinin, albumiinin ja proteiineihin sitoutuneiden analyyttien, kuten kalsiumionin, pitoisuuksien nousua (Nordin ym. 2024, 5). Lisäksi sillä on vaikutus verenkuva-parametreihin, koska se aiheuttaa hemoglobiinin, hematokriitin ja erytrosyyttien määrän nousua (De la Salle 2019, 172). Luotettavien laboratoriotulosten takaamiseksi staassi tulisi löysätä heti veren alkaessa virtaamaan näyteputkeen (Lima-Oliviera ym. 2017, 160).

7 POHDINTA

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, miten eri laatupoikkeamat vaikuttavat tutkimustuloksiin ja niiden luotettavuuteen. Aineistoista kävi ilmi monia eri mekanismeja, jotka vääristävät tuloksia tehden niistä epäluotettavia. Laatupoikkeamat aiheuttavat arvojen nousua ja laskua sekä häiriöitä mittausten suorittamisessa. Vaikutus tuloksiin riippuu kyseessä olevasta tutkimuksesta, mittausmenetelmästä sekä laatupoikkeaman voimakkuudesta.

Laskimoverinäytteissä esiintyvistä laatupoikkeamista yleisin on hemolyysi. Sen osuus kaikista tunnistetuista sopimattomista näytteistä on 40–70 % (Tian ym. 2022, 2). Hemolyysi on merkittävä laatupoikkeama, koska se aiheuttaa virheellisiä tuloksia moniin eri laboratoriotutkimuksiin. Muita yleisiä laatupoikkeamia aineistojen mukaan ovat sopimaton näytemäärä, väärä näyteastia, hyytymät, lipemia, ikteria sekä erilaiset kontaminaatiot.

Huonosti saatu tai muuten huonolaatuinen näyte voi sisältää useita eri laatupoikkeamia. Vaikeasti lipeemiset näytteet ja alitäytetyt näyteputket ovat alttiita myös hemolyysille (Krasowski 2019, 3; Heireman ym. 2017, 1318). Sama näyte voi siis heikentää tuloksen luotettavuutta monen eri tekijän kautta.

Laboratoriotutkimusten luotettavuutta voitaisiin lisätä vakioimalla näytteenotto- ja muita laboratoriomenetelmiä. Kaikkia laatupoikkeamia ei voida kuitenkaan ehkäistä vakioiduilla menetelmillä, koska esimerkiksi ikteria johtuu elimistön kohonneesta bilirubiinipitoisuudesta (Tian ym. 2022, 11). Suositusten ja standardien noudattamiseen kannustavan koulutuksen avulla voidaan vähentää virheitä ja parantaa laatua (Holappa-Girginkaya & Mäkitalo 2018, 2).

Eri aineistojen ja tutkimusten tulokset olivat hyvin yhtenäisiä ja niistä löytyi paljon samankaltaisuuksia. Kirjallisuuskatsauksen avulla eri aineistojen tuloksista sai koottua yhtenäisen kokonaisuuden, joka kuvaa laatupoikkeamien vaikutuksia monista eri näkökulmista. Opinnäytetyön laajuuden vuoksi tämä katsaus on aiheeseen aika suppea. Jatkotutkimuksia voisi tehdä aiheeseen liittyen esimerkiksi keskittymällä vain yhteen laatupoikkeamaan, jolloin saisi kuvattua sitä laajemmin. Laajemmassa tutkimuksessa voisi myös selvittää konkreettisesti, miten paljon laatupoikkeama nostaa tai laskee analyysin pitoisuutta.

7.1 Luotettavuuden ja eettisyyden arviointi

Kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta arvioitaessa arvioidaan sekä toteutettua kirjallisuuskatsausta että siihen valittuja alkuperäistutkimuksia. Toteutetun kirjallisuuskatsauksen arvioinnissa keskitytään kirjallisuuskatsauksen määrittelyyn, tutkimuskysymyksen kiteyttämiseen, aineiston haun suunnitteluun sekä sisällyttämisen ja poissulkemisen kriteerien määrittelyyn, aineiston haun toteuttamiseen, aineiston analyysiin, synteesiin sekä kirjallisuuskatsaukseen tekstinä. (Vilkkä 2023, 92, 100.) Koko tutkimusprosessi ja kirjallisuuskatsaus ovat määritelty ja suunniteltu selkeästi. Aineiston haku suunniteltiin yhdessä kirjaston informaatikon kanssa. Kriteerit aineistojen sisällyttämislle ja poissulkemiselle on esitelty ja laadun varmistamiseksi mukaan on valittu vain aineistoja, jotka täyttävät ennalta valitut sisäänottokriteerit.

Kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta heikentää se, että se on tehty yksilötyönä. Tutkijoiden määrä vaikuttaa prosessiin sekä siinä tehtyihin valintoihin ja tarkkuuteen. Tiedonhaun luotettavuutta määrittelevät aineiston kattavuus ja perusteellisuus, joiden saavuttaminen on mahdollista käyttäen monipuolisia hakusanoja ja -tapoja. (Vilkkä 2023, 95–96, 103–105.) Hakusanoja ei ole käytetty kovin laajasti, koska aiheeseen liittyvää tutkimustietoa löytyi paremmin rajaamalla hakulauseketta.

Katsauksen laatu ja eheys riippuvat suurelta osin siihen käytetyistä lähteistä. Jokainen käytetty aineisto tulee arvioida erikseen varmistaakseen tulosten oikeudellisuuden ja uskottavuuden. (Efron & Ravid 2019, 95.) Tavoitteena on arvioida valittujen tutkimusten laatua sekä niiden puutteiden ja vahvuuksien vaikutusta katsaukseen ja sen tuloksiin kokonaisuutena. (Booth ym. 2022, 159, 166–167.) Aineistojen luotettavuus arvioitiin aineistoja valitessa. Jokainen aineisto on luettu läpi ja varmistettu sisäänottokriteerien täytyminen. Alkuperäistutkimuksen laadunarvioinnissa arvioidaan laatua myös tutkimuksen julkaisijan ja kirjoittajien auktoriteetin perusteella (Vilkkä 2023, 94). Kaikki katsauksessa käytetyt aineistot on julkaistu tunnetuissa tieteellisissä aikakauslehdissä.

Eettisesti hyvän tutkimuksen edellytyksenä on hyvän tieteellisen käytännön noudattaminen. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että noudatetaan rehellisiä, huolellisia ja tarkkaavaisia toimintatapoja tutkimustyössä, tulosten tallentamisessa ja esittämisessä, sovelletaan tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaisia tutkimusmenetelmiä sekä otetaan muiden tutkijoiden työt huomioon asianmukaisesti. Lisäksi tutkimuksen tulee olla suunniteltu, toteutettu ja raportoitu yksityiskohtaisesti ja tieteelliselle tiedolle asetettujen vaatimusten edellyttämällä tavalla. (Kuula 2011, 34–35.) Kirjallisuuskat-

saus ja koko opinnäytetyöprosessi noudattaa tieteellisen tutkimuksen periaatteita ja Oulun ammattikorkeakoulun opinnäytetyön ohjeita. Muiden tutkijoiden työ on otettu huomioon merkitsemällä ja viittaamalla lähteisiin asianmukaisesti erottaen oma työni aineistoista.

7.2 Ammatillinen kasvu

Opinnäytetyö eteni hyvin suunnitelman mukaisesti koko prosessin ajan. Aikataulua ei suunniteltu kovin tarkasti, koska koko opinnäytetyöprosessin on tehty työn ohella. Tämän vuoksi ajankäyttö, motivaatio ja oma jaksaminen ovat olleet vaihtelevia, joiden mukaan olen pyrkinyt toimimaan. Tavoitteena oli opinnäytetyön valmistuminen syksyn 2024 aikana ja pysyin hyvin aikataulussa kiinni työn valmistuessa ajallaan.

Näytteenottotyön ja opiskelujen vuoksi laatupoikkeamat ja laboratoriotutkimusten luotettavuus olivat itsessään jo ennalta minulle tuttuja. Opinnäytetyön tekeminen ja aiheeseen kunnolla perehtyminen ovat kuitenkin syventäneet tietämystäni huomattavasti ja osaan arvioida tuloksia kriittisemmin. Työssäni tulen kiinnittämään erityistä huomiota näytteiden laatuun ja vakioituihin näytteenototapoihin.

Opinnäytetyön tekeminen yksin toi minulle vapautta ja joustavuutta tehdä omaan tahtiin ja omalla tyylillä. Aiempaa kokemusta minulla ei ole tieteellisten tutkimusten tekemisestä juuri lainkaan, joten tutkimusprosessi on nyt tullut hyvin tutuksi. Opinnäytetyön tekemisen myötä osaan kiinnittää huomiota paremmin aineistojen luotettavuuteen ja lähdekriittisyyteen. Merkittävä oppimani asia on myös tieteellisten aineistojen hakeminen ja tietokantojen käyttö, jota tulen todennäköisesti tarvitsemaan vielä tulevaisuudessa urani edetessä.

LÄHTEET

Alcantara, J. C., Alharbi, B., Almotairi, Y., Alam, M. J., Muddathir, A. R. M. & Alshaghdali, K. 2022. Analysis of preanalytical errors in a clinical chemistry laboratory: A 2-year study. *Medicine* 101 (27): e29853. DOI: 10.1097/MD.00000000000029853. Luettu 7.4.2024.

Altindis, M., Koroglu, M., Demiray, T., Dal, T., Ozdemir, M., Sengli, A. Z., Atasoy, A. R., Doğan, M., Cicek, A. C., Ece, D., Kaya, S., Iraz, M., Gultepe, B. S., Temiz, H., Kandemir, I., Aksaray, S., Cetinkol, Y., Sahin, I., Guducuoglu, H., Kilic, A., Kocoglu, E., Gulhan, B. & Karabay, O. 2016. A Multicenter Evaluation of Blood Culture Practices, Contamination Rates, and the Distribution of Causative Bacteria. *Jundishapur J Microbiol.* 9 (1): e29766. doi: 10.5812/jjm.29766. Luettu 26.4.2024.

Asif, U., Whitehead, S. J., Ford, C. & Gama, R. 2019. Preanalytical potassium EDTA sample contamination: open versus closed phlebotomy systems. *Annals of Clinical Biochemistry* 56 (6): 711–714. doi: 10.1177/0004563219878463. Luettu 26.4.2024.

Booth, A., Sutton, A., Clowes, M. & Martyn-St James, M. 2022. *Systematis Approaches to a Successful Literature Review*. Third edition. London; Thousand Oaks, California: SAGE Publications Ltd.

Cornes, M. 2020. The preanalytical phase – Past, present and future. *Annals of Clinical Biochemistry*, 57 (1), 4–6. DOI: 10.1177/0004563219867989. Luettu 18.7.2024.

Dargère, S., Cormier, H. & Verdon, R. 2018. Contaminants in blood cultures: importance, implications, interpretation and prevention. *Clinical Microbiology and Infection* 24 (9): 964–969. doi: 10.1016/j.cmi.2018.03.030. Luettu 26.4.2024.

De la Salle, B. 2019. Pre- and postanalytical errors in haematology. *International Journal of Laboratory Hematology* 41 (1): 170–176. doi:10.1111/ijlh.13007 Luettu 7.4.2024.

Efron, S. E. & Ravid, R. 2019. *Writing the Literature Review: A Practical Guide*. New York: The Guilford Press.

Farrell, C.-J. L. & Carter, A. C. 2016. Serum indices: managing assay interference. *Annals of Clinical Biochemistry* 53 (5): 527–538. DOI: 10.1177/0004563216643557. Luettu 23.6.2024.

FINAS 2018. Testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyysvaatimukset uudistettu. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/sfs-enisoiec17025testaus-jakalibrointilaboratorioidenpatevyysvaatimukset.html.stx> Luettu 29.9.2024.

FINAS 2023a. Akkreditointi. Luettu 5.2.2024. <https://www.finas.fi/akkreditointi/Sivut/default.aspx>

FINAS 2023b. Uusi versio standardista ISO 15189 tuo muutoksia laboratorioiden arviointeihin. https://www.finas.fi/ajankohtaista/Sivut/Standardi_150189_2022.aspx Luettu 29.9.2024.

FINAS 2024a. Kliiniset laboratoriot. <https://www.finas.fi/akkreditointi/Akkreditointialueet/Sivut/Kliiniset-laboratoriot.aspx> Luettu 12.4.2024.

FINAS 2024b. Periaatteet standardien SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 ja SFS-EN ISO 15189:2022 mukaisen näytteenotto toiminnan arvioimiseksi. Arviointiperiaate A1/2024.

Florin, L., Oyaert, M., Van Maerken, T. & Devreese, K. M. J. 2018. Performance of the preanalytical check module of the Stago STA R Max2 mechanical endpoint detection analyzer for assessing the

impact of hemolysis, lipemia, and icterus on aPTT and PT. *International Journal of Laboratory Hematology* 40 (6): e109-e112. doi: 10.1111/ijlh.12871. Luettu 7.4.2024.

Friman, T., Kuparinen, M., Lehto, L. & Liikanen, E. 2021. *Laboratoriotutkimusten näytteenotto*. 1. painos. Helsinki: Byrettikustannus.

Giavarina, D. & Lippi, G. 2017. Blood venous sample collection: Recommendations overview and a checklist to improve quality. *Clinical biochemistry* 50 (10–11): 568–573. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2017.02.021> Luettu 7.4.2024.

Gosselin, R. C. 2021. Review of coagulation preanalytical variables with update on the effect of direct oral anticoagulants. *International journal of laboratory hematology* 43 (1): 109–116. <https://doi.org/10.1111/ijlh.13585>. Luettu 7.4.2024.

Green, S. F. 2013. The cost of poor blood specimen quality and errors in preanalytical processes. *Clinical biochemistry* 46 (13–14): 1175–1179. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2013.06.001>. Luettu 7.4.2024.

Heireman, L., Van Geek, P., Musger, L., Heylen, E., Uyttenbroeck, W. & Mahieu, B. 2017. Causes, consequences and management of sample hemolysis in the clinical laboratory. *Clinical biochemistry* 50 (18): 1317–1322. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2017.09.013>. Luettu 7.4.2024.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 1997. *Tutki ja kirjoita*. 15., uudistettu painos. Helsinki: Kirjayhtymä Oy.

Holappa-Girginkaya, J. & Kajova, P. 2022. Preanalyttisten virheiden kustannukset. *Bioanalytikko*, (2), 27–30.

Holappa-Girginkaya, J. & Mäkitalo, O. 2018. Developing Educational Content about the Preanalytical Phase of the Total Testing Process for Non-laboratory Healthcare Personnel. *International Journal of Biomedical Laboratory Science* 7 (1&2), 1–8.

Hotakainen, K., Lakkisto, P. & Lempiäinen, A. 2023. *Laboratoriolääketiede - Kliininen kemia ja hematologia*. 5. painos. Helsinki: Kandidaattikustannus.

Kangasniemi, M., Utrianen, K., Ahonen, S.-M., Pietilä, A.-M., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: Eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenettyyn tietoon. *Hoitotiede* 2013, 25 (4), 291–301.

Kaushik, N. & Green, S. 2014. Pre-analytical errors: their impact and how to minimize them. *MLO: Medical Laboratory Observer* 46 (5): 22–26. PMID: 24902378. Luettu 7.4.2024.

Krasowski, M. D. 2019. Educational Case: Hemolysis and Lipemia Interference With Laboratory Testing. *Academic Pathology* 6: 2374289519888754. doi: 10.1177/2374289519888754. Luettu 7.4.2024.

Kuula, A. 2011. *Tutkimusetiikka: Aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys*. 2. uudistettu painos. Jyväskylä: Vastapaino.

Lima-Oliveira, G., Guidi, G. C., Salvagno, G. L., Montagnana, M., Rego, F. G. M., Lippi, G. & Picheth, G. 2012. Is Phlebotomy Part of the Dark Side in the Clinical Laboratory Struggle for Quality? *Laboratory Medicine* 43 (5), 172-176. DOI: 10.1309/LMZ7YARD6ZSDIID. Luettu 18.7.2024.

Lima-Oliveira, G., Volanski, W., Lippi, G., Picheth, G. & Guidi, G. C. 2017. Pre-analytical phase management: a review of the procedures from patient preparation to laboratory analysis. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 77 (3): 153–163. doi:10.1080/00365513.2017.1295317. Luettu 7.4.2024.

Lippi, G., Avanzini, P., Sandei, F., Aloe, R. & Cervellin G. 2013. Blood sample contamination by glucose-containing solutions: effects and identification. *British Journal of Biomedical Science* 70 (4): 176–179. doi: 10.1080/09674845.2013.11978286. Luettu 26.4.2024.

Lippi, G., von Meyer, A., Cadamuro, J. & Simundic, A.-M. 2019. Blood sample quality. *Diagnosis* 6 (1): 22–31. <https://doi.org/10.1515/dx-2018-0018>. Luettu 7.4.2024.

Mainali, S., Davis, S. R. & Krasowski, M. D. 2017. Frequency and causes of lipemia interference of clinical chemistry laboratory tests. *Practical Laboratory Medicine* 8: 1–9. doi: 10.1016/j.plabm.2017.02.001. Luettu 25.4.2024.

Miettinen, M. 2022. *Näytteenottajan käsikirja*. 3., uudistettu painos. Helsinki: Edita.

Mäkitalo, O. & Holappa-Girginkaya, J. 2016. Potilasturvallisuus osaksi poliklinikoiden näytteenototoimintaa. *Poliklinikka*, (2), 4–5.

Nikolac, N. 2014. Lipemia: causes, interference mechanisms, detection and management. *Biochemia Medica* 24 (1) 57–67. doi: 10.11613/BM.2014.008. Luettu 25.4.2024.

Noor, T., Imran, A., Raza, H., Umer, S., Malik, N. A. & Chughtai, A. S. 2023. An Overview of Complete Blood Count Sample Rejection Rates in a Clinical Hematology Laboratory Due to Various Preanalytical Errors. *Cureus* 15 (1): e34444. doi: 10.7759/cureus.34444. Luettu 7.4.2024.

Nordin, N., Ab Rahim, S. N., Wan Omar, W. F. A, Zulkarnain, S., Sinha, S., Kumar, S. & Haque, M. 2024. Preanalytical Errors in Clinical Laboratory Testing at a Glance: Source and Control Measures. *Cureus* 16 (3): e57243. doi: 10.7759/cureus.57243. Luettu 23.4.2024.

Perez-Montero, B., Fermin-Rodriguez, M. L., Miro, G., de Juan, L. & Cruz-Lopez, F. 2023. Hemolysis, icterus and lipemia interfere with the determination of two oxidative stress biomarkers in canine serum. *BMC Veterinary Research* 19 (1): 172. <https://doi.org/10.1186/s12917-023-03740-y> Luettu 23.6.2024.

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasa: Vaasan yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-476-349-3>. Luettu 15.5.2024.

Simundic, A.-M., Baird, G., Cadamuro, J., Costelloe, S. J. & Lippi, G. 2020. Managing hemolyzed samples in clinical laboratories. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences* 57 (1): 1–21. <https://doi.org/10.1080/10408363.2019.1664391>. Luettu 7.4.2024.

Sinervo, T. 2019. Preanalytiikan hyvä laatu ja laadunvarmistus akkreditoinnin näkökulmasta. *Moodi* 2–3 (19): 32–33. https://digiplus.fi/www/Moodi/2019_Moodi_2-3/page_32.html. Luettu 12.4.2024.

Stolt, M., Axelin, A. & Suhonen, R. 2016. Kirjallisuuskatsaus Hoitotieteessä. 2. korjattu painos. Turku: Turun yliopisto.

Tian, G., Wu, Y., Jin, X., Zeng, Z., Gu, X., Li, T., Chen, X., Li, G. & Liu, J. 2022. The incidence rate and influence factors of hemolysis, lipemia, icterus in fasting serum biochemistry specimens. *PLoS One* 17 (1): e0262748. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262748>. Luettu 7.4.2024.

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

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Uudistettu laitos. Helsinki: Tammi.

Vilka, H. 2021. Tutki ja kehitä. 5. päivitetty painos. Jyväskylä: PS-kustannus.

Vilka, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus Metodina, Opinnäytetyön Osana Ja Tekstilajina. Helsinki: Art House.

TIETO-KANTA	HAKUSANA	RAJAUK-SET	OSUMAT	OTSIKON PERUS-TEELLA TARKASTE-LUUN VALI-TUT	KATSAUK-SEEN VALI-TUT AINEIS-TOT	HAKUPVM
Academic Search Primer, CINAHL with Full Text ja MEDLINE (EBSCO-host)	("blood sample" OR "blood sampling" OR "blood test" OR "venous blood" OR "blood specimen collection" OR "hematologic tests") AND ("preanalytical error*" OR "specimen error*" OR "diagnostic errors")	full text 2010–2024 englanti	107	34	9	7.4.2024
ScienceDirect	("blood sample" OR "blood sampling" OR "blood test" OR "venous blood" OR "blood specimen collection" OR "hematologic tests") AND ("preanalytical error" OR "specimen error" OR "diagnostic error")	2010-2024 englanti open access	140	8	1	7.4.2024
Academic Search Primer, CINAHL with Full Text ja MEDLINE	"blood sample" AND contamination AND	-	36	8	2	26.4.2024

(EBSCO-host)	(quality OR reliability)					
manuaalinen haku	-	-	-	17	8	-

JULKAISUN NIMI	KIRJOITTAJA	JULKAISUVUOSI	KÄYTETTY TIETOKANTA JA LÄHDE	AINEISTON TARKOITUS	KESKEINEN SISÄLTÖ
A Multicenter Evaluation of Blood Culture Practices, Contamination Rates, and the Distribution of Causative Bacteria	Altindis, M., Koroglu, M., Demiray, T., Dal, T., Ozdemir, M., Sengli, A. Z., Atasoy, A. R., Dogan, M., Cicek, A. C., Ece, D., Kaya, S., Iraz, M., Gultepe, B. S., Temiz, H., Kandemir, I., Aksaray, S., Cetinkol, Y., Sahin, I., Guducuoglu, H., Kilic, A., Kocoglu, E., Gulhan, B. & Karabay, O.	2016	EBSCO Jundishapur J Microbiol	Arvioida veriviljelyjen kontaminaatiomäärät ja parametrit, jotka vaikuttavat veriviljelyjen tuloksiin.	Tutkimuksessa positiivisista veriviljelyistä 33 % oli kontaminaatioita. Yleisin kontaminaatioita aiheuttanut bakteeri oli E. Coli. Kontaminaatioiden määrä oli korkea suonensisäisistä katetreista otetuissa veriviljelyissä. Kontaminaatioita voidaan vähentää näytteenottotekniikan parantamisella ja useamman kuin yhden veriviljelynäytteen ottamisella.
An Overview of Complete Blood Count Sample Rejection Rates in a Clinical Hematology Laboratory Due to Various Pre-analytical Errors	Noor, T., Imran, A., Raza, H., Umer, S., Malik, N. A. & Chughtai, A. S.	2023	EBSCO Cureus	Tarkastella verenkuvanäytteiden hylkäämistä tulosten laadun parantamiseksi ja preanalyttisten virheiden vähentämiseksi.	Verenkuvatutkimuksissa yleisimpiä näytteen hylkäämisen syitä ovat väärä säilytys, virheelliset merkinnät, laimentuneet näytteet ja hyytymät.

Blood sample contamination by glucose-containing solutions: Effects and identification	Lippi, G., Avanzini, P., Sandei, F., Aloe, R. & Cervellin G.	2013	manuaali haku British Journal of Biomedical Science	Selvittää, miten glukoosia sisältävän liuoksen aiheuttama kontaminaatio voi vaikuttaa joihinkin laboratoriotuloksiin.	Verinäytteen kontaminaatio glukoosia sisältävällä suonensisäisellä liuoksella vaikuttaa monien analyttien pitoisuuksiin plasmassa/seerumissa. Kontaminaation kasvaessa glukoosipitoisuus nousee ja kalium-, natrium-, kloridi-, LDH- ja kolesterolipitoisuudet pienenevät. Tämä johtuu veren laimemisesta sekä siitä, että vettä siirtyy yksisuuntaisesti verisuonista ulkoiseen nesteeseen.
Blood sample quality	Lippi, G., von Meyer, A., Cadamuro, J. & Simundic, A.-M.	2018	manuaali haku Diagnosis	Tehdä yhteenveto tämänhetkisen tutkimustiedon mukaisesti yleisimmistä soveltumattomista verinäytteistä ja sekä suosituksista, miten preanalyttisiä virheitä voidaan ehkäistä ja hallita.	Yleisimpiä näytteen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat hemolyyysi, väärä näytelavuus, väärä näyteastia, hyytymät, kontaminaatiot ja väärät säilytysolosuhteet. Jotkut tekijät estävät näytteen analysoinnin kokonaan, jolloin näyte tulee hylätä.
Blood venous sample collection: Recommendations overview and a checklist to improve quality	Giavarina, D. & Lippi, G.	2017	EBSCO Clinical Biochemistry	Kuvata näytteisiin vaihtelua aiheuttavia tekijöitä sekä suosituksia, joilla voidaan parantaa näytteenottoa.	Näytteisiin vaihtelua aiheuttavia tekijöitä ovat potilaan ja näytteen tunnistamisen virheet, väärät näyteastiat, riittämätön näytemäärä, hemolyyysi, hyytymät ja kontaminaatiot infuusioreiteistä. Näytteenottoa voidaan parantaa hyvien laboratorikäytäntöjen ja asianmukaisten koulutusohjelmien avulla.

Causes, consequences and management of sample hemolysis in the clinical laboratory	Heireman, L., Van Geek, P., Musger, L., Heylen, E., Uyttenbroeck, W. & Mahieu, B.	2017	manuaali haku Clinical Biochemistry	Tarkastella nykyistä tutkimustietoa, joka koskee in vitro –hemolyysin syitä ja seurauksia, sekä selvittää, miten hemolyysin kanssa tulisi toimia.	Yleisimpiä hemolyysin syitä ovat näytteenotto suonen sisäisistä katetreista, liiallinen staassin käyttö, ohuen neulan käyttö, putkien ravis-telu, liian voimakas tai aikainen sentrifugointi ja väärät kuljeutuslämpötilat. Hemolyysi johtaa mm. tulosten viivästymiseen ja virheellisiin tuloksiin.
Contaminants in blood cultures: importance, implications, interpretation and prevention	Dargère, S., Cormier, H. & Verdon, R.	2018	manuaali haku Clinical Microbiology and Infection	Tarkastella nykyisiä tapoja käsitellä veriviljelykontaminaatioita ja esittää käytännön ehdotuksia kontaminaatioiden vähentämiseksi.	Positiivisista veriviljelyistä 50% on kontaminaatioita, mutta niiden tunnistaminen voi olla hankalaa. Yleensä kontaminaatiot ovat ensimmäisissä pulloissa ja pullojen määrän lisääminen auttaa tunnistamaan oikean positiivisen tuloksen. Veriviljelykontaminaatiot aiheuttavat tarpeettomia ja kalliita ylimääräisiä hoitoja ja tutkimuksia.
Educational Case: Hemolysis and Lipemia Interference With Laboratory Testing	Krasowski, M. D.	2019	ScienceDirect Academic Pathology	Luoda kuvitteellinen tapaus hemolyysin ja lipemian vaikutuksista potilasnäytteisiin ja tutkimusten tuloksiin.	Yleisin syy hemolyysille on huono näytteenottotekniikka ja lipemialle potilaan paastottomuus. Hemolyysin vaikutuksia tuloksiin ovat erytrosyyteissä korkeina pitoisuuksina esiintyvien analyyttien ko-hoaminen, peptidien väheneminen ja häiriöt spektrofotometrisissä mittauksissa. Lipemia voi myös häiritä spektrofotometrisia mittauksia sekä näytteen tila-

					vuuden havaitsemista ja pipetointia automaattisilla analysaattoreilla.
Frequency and causes of lipemia interference of clinical chemistry laboratory tests	Mainali, S., Davis, S. R. & Krawski, M. D.	2017	manuaali haku Practical Laboratory Medicine	Selvittää vakavan lipemian syyt ja määrällä yhteys lipemian ja hemolyyysin välillä.	Yleisin lipemian syy on paastottomuus, Toinen tärkeä syy on hypertriglyseridemia, joka voi johtua mm. alkoholismista, HIV-infektiosta tai lääkkeistä. Jotkut laskimonsisäiset infuusiot sisältävät lipidiemulsiota, joka aiheuttaa lipemiaa. Vaikeasti lipeemiset näytteet ovat yleensä vähintään lievästi hemolyyttisiä.
Lipemia: causes, interference mechanisms, detection and management	Nicolac, N.	2014	manuaali haku Biochemia Medica	Esittää yleiskatsaus preanalyttisen lipemian syistä, vaikutusmekanismeista, havaitsemismenetelmistä, lipemian poistomenetelmistä sekä lipemian tutkimisesta.	Lipemian syynä on näytteenotto ruokailun tai parenteraalisen lipidiemulsion tiputuksen jälkeen. Lipemia vaikuttaa mm. näytteen koostumukseen ja spektrofotometriin mittauksiin. Lipemia voidaan havaita visuaalisesti, mittaamalla näytteen triglyseridipitoisuus tai analysaattorin automaatiidetektioilla. Lipemian vaikutuksia tuloksiin voidaan vähentää ultrasentrifugoimalla tai laimentamalla näytettä.
Managing hemolyzed samples in clinical laboratories	Simundic, A.-M., Baird, G., Cadamuro,	2020	EBSCO CRITICAL REVIEWS IN	Antaa kuvaus hemolyyysistä, sen syistä ja vaikutuksista sekä	Hemolyyysi voi syntyä näytteeseen missä tahansa labo-

	J., Costelloe, S. J. & Lippi, G.		CLINICAL LABORATORY SCIENCES	hemolyyttisten näytteiden hallinnasta.	ratorioprosessin vaiheessa. Hemolyysi vaikuttaa tuloksiin useiden mekanismien kautta: spektrofotometriset häiriöt, solunsisäisten komponenttien vapautuminen, näytteen laimeneminen ja kemialliset häiriöt. Vaikutukset ovat tutkimus- ja laitekohtaisia ja riippuvat hemolyysin voimakkuudesta.
Performance of the preanalytical check module of the Stago STA R Max2 mechanical endpoint detection analyzer for assessing the impact of hemolysis, lipemia, and icterus on aPTT and PT	Florin, L., Oyaert, M., Van Maerken, T. & Devreese, K. M. J.	2018	EBSCO International Journal of Laboratory Hematology	Selvittää hemolyytin, lipemian ja ikterian vaikutukset hyytymistutkimuksiin aPTT ja PT STA R Max2 –analysaattorilla.	Hemolyysi, lipemia ja ikteria voivat vaikuttaa hyytymistutkimuksiin. Vaikutus vaihtelee häiritsevän aineen pitoisuuden, analysaattorin mitausperiaatteen ja käytetyn reagenssin mukaan. Lipemia ja ikteria eivät aiheuta häiriöitä aPTT- ja PT-mittauksille STA R Max2 –analysaattorilla, mutta hemolyysi aiheuttaa aPTT:n lyhenemistä ja PT:n pitenemistä.
Pre- and post-analytical errors in haematology	De la Salle, B.	2019	EBSCO International Journal of Laboratory Hematology	Kuvata pre- ja postanalyttisiä virheitä ja niiden vaikutuksia hematologisissa tutkimuksissa.	Monet eri preanalyttiset tekijät muuttavat verenkuvatutkimuksen parametrien pitoisuuksia. Postanalyttisiä virheitä, joissa virheitä tapahtuu, ovat tutkimusten validointi, viitearvot sekä kriittisten tulosten raportointi.
Preanalytical Errors in Clinical Laboratory Testing at a Glance: Source	Nordin, N., Ab Rahim, S. N., Wan Omar, W. F. A, Zulkarnain,	2024	manuaali haku Cureus	Korostaa preanalyttisiä virheitä, niiden lähteitä ja toimenpiteitä laboratoriotoinnin laadun parantamiseksi.	Preanalyttiset virheet voivat vaikuttaa merkittävästi testitulosten luotettavuuteen ja tarkkuuteen.

and Control Measures	S., Sinha, S., Kumar, S. & Haque, M.				teen. Näytteen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat mm. hemolyysi, lipemia, ikteria, liian pieni näytetilvauus, väärä näyteastia ja hyytymät. Laatu paranetaan mm. koulutuksella, standardeilla, laaduntarkkailulla ja automaatiolla.
Pre-analytical errors: their impact and how to minimize them	Kaushik, N. & Green, S.	2014	EBSCO MLO Medical Laboratory Observer	Kuvata preanalyttisiä virheitä, niiden vaikutuksia ja miten niitä voidaan välttää.	Preanalyttisiä virheitä voidaan vähentää näytteenoton koulutuksilla, käyttämällä sopivia välineitä ja teknologiaa, noudattamalla standardeja, kehittämällä selkeät kirjalliset ohjeet, validoimalla uudet menetelmät ja seuraamalla laboratorion laatuindikaattoreita.
Pre-analytical phase management: a review of the procedures from patient preparation to laboratory analysis	Lima-Oliveira, G., Volanski, W., Lippi, G., Picheth, G. & Guidi, G. C.	2017	EBSCO Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation	Verinäytteiden hallinnan merkityksen korostaminen laboratoriovirheiden ehkäisemiseksi.	Tärkeitä asioita laboratoriovirheiden estämiseksi ovat potilaan valmistelu, näytteenottovälineiden ja laitteiden varmistus ja verifiointi, potilaan asento, ihon puhdistus, näytteenottokohdan valinta, staasin käytön välttäminen, oikea näytteenottojärjestys ja EDTA-kontaminaation välttäminen, putkien sekoitus ja tarroitus, näytteen kuljetus ja laboratorion automaatiotoiminnot.
Preanalytical potassium EDTA sample contamination:	Asif, U., Whitehead, S. J., Ford,	2019	EBSCO	Selvittää EDTA-lisäaineen aiheuttamien kontaminaatioiden	K-EDTA-kontaminaatiota ei tapahdu suljetussa näytteen-

open versus closed phlebotomy systems	C. & Gama, R.		Annals of Clinical Biochemistry	syyt ja miten niitä voidaan vähentää.	ottotekniikassa. Avotekniikalla tai ruis-kulla otettuna kontaminaatiota voi tapahtua, jos veri otetaan/siirretään EDTA-putkiin ennen muita näyteputkia. Pienikin määrä K-EDTA-lisäainetta voi aiheuttaa merkittävää väärää hyperkalemiaa näytteessä.
The cost of poor blood specimen quality and errors in preanalytical processes	Green, S. F.	2013	manuaali haku Clinical Biochemistry	Kuvataan laboratoriotutkimuksiin liittyviä virheitä ja sitä, miten ne vaikuttavat kliinisiin ja taloudellisiin tuloksiin.	Virheiden kliinisiä vaikutuksia: hemolyysi voi kohottaa pitoisuuksia, hyyytymät aiheuttaa virheellisiä tuloksia verenkuvassa ja vähäinen näytetilavuus (verili-säaine –suhde) voi aiheuttaa virheellisiä tuloksia. Kliinisistä virheistä johtuen tulosten viivästyminen, hoitoajan pidentyminen sekä virheellinen diagnoosi ja hoito lisäävät taloudellisia kustannuksia.
The incidence rate and influence factors of hemolysis, lipemia, icterus in fasting serum biochemistry specimens	Tian, G., Wu, Y., Jin, X., Zeng, Z., Gu, X., Li, T., Chen, X., Li, G. & Liu, J.	2022	EBSCO PLoS ONE	Tutkia, liittyykö hemolyysin, lipemian ja ikterian esiintyvyys paastonäytteissä potilaan sukupuoleen ja ikään sekä näytteen kuljetusaikaan riittävän laadunvalvonnan ja laboratoriosprosessin parantamiseksi.	Hemolyysin, lipemian ja ikterian esiintyvyys on korkeinta nuorilla lapsilla (0–3 vuotta). Iän kasvaessa esiintyvyys pienenee. Miehillä näitä laatu-epäselvyyksiä esiintyy naisia enemmän. Esiintyvyys kasvaa myös näytteen kuljetusajan pidentyessä.

Alkuperäisilmaus	Pelkistetty ilmaus	Alaluokka	Yläluokka	Päälouokka
Pitkä kuljetusaika nostaa hemolyysin riskiä (Tian ym. 2022, 8)	Näytteiden virheellinen käsittely, säilytys ja kuljetus aiheuttavat lisäävät hemolyysin riskiä.	Hemolyysiä aiheuttavat tekijät	Hemolyysin syyt	Hemolyysi
Liian pitkä aika näytteenoton ja sentrifugoinnin välillä lisää hemolyysin esiintymistä. (Simundic ym. 2020, 4)				
Liian pitkä ja voimakas sentrifugointi voi aiheuttaa hemolyysiä. (Simundic ym. 2020, 4)				
In vitro -hemolyysiä voi esiintyä näytteen liiallisen sekoituksen tai virheellisen lämpötilan ja kuljetuksen vuoksi. (Florin ym. 2018, e109)				
Virheet näytteenoton aikana ovat yleisin hemolyysin syy. (Simundic ym. 2020, 3)				
Epäasianmukaisten verinäytteenottovälineiden käyttö on keskeinen tekijä, joka liittyy hemolyysin lisääntymiseen. (Simundic ym. 2020, 3)	Epäasianmukaiset näytteenottovälineet ja -tekniikat aiheuttavat hemolyysiä.			
Näytteenotto suonensisäisten katetrien kautta johtaa huomattavasti suurempaan hemolyysin riskiin.(Giavarina & Lippi 2017, 570)				
Hemoglobiinin ja muiden ainesosien ylimääräinen esiintyminen plasma/seerumissa voi häiritä spektrofotometrisia mittauksia. (Krasowski 2019, 2)	Punasoluista vapautuva hemoglobiini häiritsee spektrofotometrisia mittauksia.	Hemoglobiinin vapautuminen punasoluista	Hemolyysin vaikutukset	
Hemoglobiini voi häiritä spektrofotometrisiä määrittämiä monilla eri aallonpituuksilla. (Simundic ym. 2020, 5)				

<p>Plasmänäytteessä oleva hemoglobiini voi häiritä optisia mittauseriaatteita absorboimalla tietyillä aallonpituuksilla. (Florin ym. 2018, e109)</p>	
<p>Punasoluista vapautuva hb absorboi näkyvää valoa pääasiassa aallonpituuksilla 415 nm, 540 nm ja 570 nm, mikä aiheuttaa häiriöitä spektrofotometriin mittauksiin näillä aallonpituuksilla. (Heireman ym. 2017, 1320)</p>	
<p>Alkalisen fosfataasin, gammaglutamyylitransferaasin ja bilirubiinin pitoisuudet voivat virheellisesti laskea spektrofotometrisesti mitattuna, kun taas lipaasi- ja rautapitoisuudet voivat virheellisesti nousta. (Heireman ym. 2017, 1320-1321)</p>	
<p>Hyytymismäärityksissä pääasiallinen hemolyyshäiriö on spektrinen päällekkäisyys hemoglobiinin absorption ja hyytymisen päätepisteiden arvioinnissa käytettävien aallonpituuksien välillä niissä määrityksissä, jotka perustuvat valon läpäisevyyteen. (Simundic ym. 2020, 8)</p>	
<p>Soluvapaa hemoglobiini itessään voi vaikuttaa seerumin kokonaisproteiinimittaukseen ja seerumin proteiinielektroforeesiin., (Simundic ym. 2020, 5)</p>	
<p>Hemoglobiinin vapautuminen punasoluista aiheuttaa positiivisen interferenssin troponiini I -määrityksessä, mutta vääriä negatiivisia tuloksia troponiini T:n osalta yhdessä proteolyyt-</p>	

tisten entsyymien vapautumisen kanssa. (Heireman ym. 2017, 1321)		
Soluvapaan hemoglobiinisuurentuneiden pitoisuuksien esiintyminen seerumissa tai plasmassa aiheuttaa useita biologisia ja analyttisiä ongelmia, jotka tekevät testauksesta epäluotettavaa. (Lippi ym. 2019, 26)	-	
Immunologisissa testeissä käytettävät vasta-aineet voivat ristireagoida punasoluista vapautuvien komponenttien kanssa. (Heireman ym. 2017, 1321)	Vasta-aineet reagoivat punasoluista vapautuvien komponenttien kanssa.	Biologiset häiriöt
Hemolyysin kemiallisen häirinnän suorat mekanismit ovat mekanismeja, jotka häiritsevät kemiallisia reaktioita ja/tai niiden komponentteja vaikuttamalla reaktiotuotteiden muodostumiseen. (Simundic ym. 2020, 6)	Hemolyysi häiritsee mittauksia kemiallisten häiriöiden avulla.	Kemialliset häiriöt
Hemolyysin kemiallisen häirinnän epäsuorat mekanismit vaikuttavat analyttiin muuttamalla sen kemiallista rakennetta analyttin saostumisen kautta, muodostamalla komplekseja tai proteolyysin kautta. (Simundic ym. 2020, 6)		
Joidenkin analyttien pitoisuudet ovat pienempiä punasoluissa kuin plasmassa tai seerumissa (albumiini, bilirubiini, glukoosi, ALP, kloridi, natrium, GGT, glukoosi). Voimakas hemolyysi aiheuttaa laimennusvaikutuksen näihin analytteihin, jolloin pitoisuudet pienenevät. (Simundic ym. 2020, 5)	Analyttien, jotka esiintyvät suurempina pitoisuuksina solunulkoisesti, pitoisuudet pienenevät punasolujen hajotessa.	Solunulkoisesti esiintyvien aineiden laimeneminen
Pääosin solunulkoisesti esiintyvien veren komponenttien pitoisuudet voivat		

<p>laskea huomattavasti, jos näyte hemolysoituu, koska plasma tai seerumi laimenee verisolunesteen vapautumisen vuoksi. (Heireman ym. 2017, 1320)</p>		
<p>Kaikki aineet, joiden pitoisuus plasmassa tai seerumissa on yli 10 kertaa pienempi kuin punasoluissa, ovat erityisen alttiita lisääntymään hemolyysin yhteydessä. (Heireman ym. 2017, 1320)</p>	<p>Analyyttien, jotka esiintyvät punasoluissa suurempina pitoisuuksina kuin plasmassa tai seerumissa, pitoisuudet kasvavat punasolujen hajoamisessa.</p>	<p>Aineiden vapautuminen punasoluista</p>
<p>Erytrosyyttien hajoaminen vapauttaa solunsisäisiä ainesosia, kuten laktaattidehydrogenaasia ja kaliumia, mikä johtaa näiden analyttien virheellisesti kohonneisiin pitoisuuksiin. (Krasowski 2019, 2)</p>		
<p>Analyyttien, jotka esiintyvät punasoluissa suurempina pitoisuuksina kuin plasmassa, pitoisuus hemolyytisissä näytteissä kasvaa. (Simundic ym. 2020, 5)</p>		
<p>Hemolyysi vapauttaa erytrosyyteistä proteaaseja, jotka voivat hajottaa proteiineja, kuten insuliinia ja sydämen troponiinia, jolloin pitoisuudet ovat huomattavasti pienempiä. (Krasowski 2019, 2)</p>	<p>Punasoluista vapautuvat entsyymit voivat aiheuttaa analyttien hajoamista ja siten pienentää niiden pitoisuuksia.</p>	
<p>Proteolyyttisten entsyymien vapautuminen punasoluista aiheuttaa insuliinin, glukagonin, kalsitonin, lisäkilpirauhashormonin, adreokortikotrooppisen hormonin ja gastrinin hajoamista. (Heireman ym. 2017, 1320)</p>		
<p>Hemolyysissä solunsisäisten rakenteiden vapautuminen voi laukaista veren hyytymisen ja verihiutaleiden aktivoitumisen. (Florin ym. 2018, e109)</p>	<p>Hemolyysissä vapautuvat solunsisäiset rakenteet voivat</p>	<p>Hyytymistekijöiden aktivoituminen</p>

Näytteitä, joissa on näkyvää hemolyysiä, ei saa käyttää protrombiiniajan (PT) ja aktivoitun osittaisen tromboplastiiniajan (aPTT) testaamiseen, koska hyytymistekijät saattavat aktivoitua ja häiritä loppupisteen mittausta. (Florin ym. 2018, e109)	laukaista hyytymistekijöiden aktivoitumisen.			
Vakava hemolyysi voi suoraan alentaa kokoverinäytteestä mitattujen solujen määrää. (Simundic ym. 2020, 9)	Hemolyysi aiheuttaa solujen hajoamista.	Vaikutukset verenkuvaparametreihin		
Hemolyysi aiheuttaa RBC:n ja Hct:n vähene mistä sekä MCH:n ja verihiutaleiden määrän lisääntymistä. (De la Salle 2019, 172)				
Yleisin preanalyttinen syy lipeemisiin näytteisiin on riittämätön paasto ja suonensisäisesti annetut lipidiemulsiot (Tian ym. 2022, 9)	Lipemian syynä on riittämätön paasto tai suonensisäiset lipidiemulsiot.		Lipemian syyt	Lipemia
Lipemia johtuu lipoproteiinihiukkasten kertymisestä. Suurimmat hiukkaset, aiheuttavat eniten näytteen sameutta. (Nikolac 2014, 58)				
Näytteet voivat olla lipeemisiä, jos verinäyte otetaan raskaan aterian jälkeen. (Nordin ym. 2024, 4)				
Lisääntyvät lipidipitoisuudet on yhdistetty hemolyysin esiintymistiheyteen. (Mainali ym. 2017, 2)	Lipemia lisää hemolyysin riskiä.	Hemolyysin lisääntyminen	Lipemian vaikutukset	
Vaikeasti lipeemiset näytteet ovat alttiita hemolyysille. (Krasowski 2019, 3)				
Lipidihiukkaset voivat vaikuttaa suoraan veren hemostaasiin eli hyytymiseen. (Florin ym. 2018, e109)	Lipeemiset näytteet aiheuttavat häiriötä hyytymistutkimuksiin.	Hyytymistutkimusten häiriöt		

<p>Protrombiiniaikaa (PT) ei voida määrittää erittäin lipidi-pitoisissa näytteissä, vaikka ateria itsessään ei aiheuttaisikaan muutosta PT-arvossa. (Nikolac 2014, 58)</p>		
<p>Lipemia voi lisätä valon absorptiota, mikä vaikuttaa spektrofotometriä menetelmiä käyttäviin testeihin. (Mainali ym. 2017, 1)</p>	<p>Lipemia lisää valon absorptiota näytteessä.</p>	<p>Spektrofotometriset häiriöt</p>
<p>Lipemia tekee plasman tai seerumin sameaksi ja läpinäkymättömäksi. (Krasowski 2019, 2)</p>		
<p>Lipemia voi lisätä valon absorptiota ja siten vähentää valonläpäisykykyä, jota käytetään spektrofotometriin mittauksiin. (Krasowski 2019, 3)</p>		
<p>Näytteessä olevat lipoproteiinihiukkaset voivat absorboida valoa. Absorboituneen valon määrä on kääntäen verrannollinen aallonpituuteen, ja se pienenee 300-700 nm:n välillä. Lipemia vaikuttaa alempia aallonpituuksia käyttäviin menetelmiin, koska absorptio on suurinta tässä osassa. (Nikolac 2014, 59)</p>		
<p>Lipemia voi aiheuttaa tilavuuden siirtymistä, mikä vaikuttaa erityisesti elektrolyyttien analysointiin. (Krasowski 2019, 3)</p>	<p>Näytteen epähomogeenisuus aiheuttaa ongelmia tilavuuden havaitsemisessa.</p>	<p>Tilavuuden siirtymien</p>
<p>Lipeemiset näytteet voivat olla epähomogeenisia, mikä aiheuttaa ongelmia automaattisten analysointilaitteiden näytetilavuuden havaitsemisessa ja näytteiden pipetoinnissa. (Krasowski 2019, 3)</p>		
<p>Lipemia voi vaikuttaa verihiutaleiden ja WBC:n mää-</p>	<p>Lipemia vaikuttaa veren solujen</p>	<p>Vaikutukset verenkuvaparametreihin</p>

rään ja aiheuttaa näyt- teessä sameutta, joka häi- ritsee Hb:n määrittystä. (De la Salle 2019, 172)	määriin ja sa- meus häiritsee hemoglobiinin mittausta.			
Lipoproteiinit voivat häiritä antigeenin ja vasta-aineen välistä reaktiota estämällä vasta-aineiden sitoutumis- kohtia. Häiriö voi aiheuttaa sekä virheellisesti kohon- neen että virheellisesti pie- nentyneen tuloksen. (Niko- lac 2014, 59)	Lipoproteiinit häi- ritsevät immuno- määrittämiä.	Immunomäärittys- ten häiriöt		
Ikteria johtuu kohonneesta bilirubiinipitoisuudesta. (Tian ym. 2022, 11)	Ikteria johtuu bili- rubiinipitoisuu- den noususta.	Ikterian syyt		Ikteria
Monet patogeeniset pro- sessit voivat aiheuttaa ikte- riaa, esimerkiksi sepsis, maksan nekroosi ja alko- holinen maksasairaus. (Tian ym. 2022, 11)				
Ikterian vaikutukset hyyty- mistutkimuksissa aiheutuu pääasiassa spektrin pääl- lekkäisyydestä valo-opti- sissa havaitsemismenetel- missä. (Florin ym. 2018, e109)	Ikteria aiheuttaa spektrofotometri- sia häiriöitä hyy- tymistutkimuk- sissa.	Ikterian vaikutuk- set		
Ikteristen näytteiden bilirubiini häiritsee peroksidaasi- kytkentäisiä reaktioita ai- heuttaen virheellisen alhai- sen glukoosin, kolesterolin, triglyseridien ja virtsahapon mittauksen. (Nordin ym. 2024, 3)	Ikteria aiheuttaa alhaista glukoo- sia, kolesterolia, triglyseridejä ja virtsahappoa.			
Hyytyneiden näytteiden suuri määrä johtuu pääasi- assa huonosta flebotomi- asta ja näytteiden riittämät- tömästä sekoittamisesta näytteenoton jälkeen. (De la Salle 2019, 172)	Näytteiden huono sekoitta- minen aiheuttaa hyytymiä.	Hyytymien synty		Hyytymät
Kun veriputkia sekoitetaan varovasti kääntelemällä, mikrohyytymien, hyytymien tai fibriinisäikeiden muo- dostumisen riski on vähäi- nen. (Lima-Oliviera ym. 2017, 158)				

Epäasianmukaisesti sekoitetut näytteet voivat aiheuttaa hyytymistä, eikä niitä voida käsitellä täydellisen verenkuvan testausta varten. (Green 2013, 1176)				
Veren ja antikoagulantin suuri suhde ja veren ja antikoagulantin epäasianmukainen sekoittuminen johtavat hyytymiseen. Tässä tutkimuksessa EDTA-/sitraatti-putkien ylitäyttö voi myös olla syynä hyytymiin. (Noor ym. 2023, 4)	Näyteputken ylitäytön seurauksena veren ja antikoagulantin väärä suhde ja huono sekoittuminen aiheuttavat hyytymiä.			
Hyytyminen voi aiheuttaa väärää leukopeniaa, alhaista punasolujen määrää, poikkeavia punasolupitoisuuksia ja alhaisia hematokriittituloksia. (Green 2013, 1176)	Hyytymät aiheuttavat poikkeavia veren solujen pitoisuuksia ja punasoluindeksejä.	Vaikutukset verenkuvaparametreihin	Hyytymien vaikutukset	
Hyytynyt plasma aiheuttaa väärää leukopeniaa ja poikkeavia punasoluindeksejä. (Kaushik & Green 2014, 24)				
Verisolujen määrä on epäluotettava, kun erityisesti verihiutaleet ovat jääneet hyytymän sisälle. (Lippi ym. 2019, 29)				
Pientenkin hyytymien esiintyminen häiritsee hyytymistestejä, jolloin testien suorittaminen ei ole mahdollista tai tulokset ovat epätarkkoja. (Lippi ym. 2019, 29)	Hyytymien esiintyminen estää hyytymistutkimusten suorittamisen.	Vaikutus hyytymistesteihin		
Litium-hepariininäytteiden osittainen hyytyminen on hyväksyttävää, koska se ei olennaisesti heikennä testituloksia, paitsi mitattaessa fibrinogeenia. (Lippi ym. 2019, 29)	Hyytymät haittaavat fibrinogeenin mitausta.			
Veriviljelyn luotettavuutta vähentävät kontaminaatiot, antibiootit, verinäytteen		veriviljelykontaminaatioiden vaikutukset	bakteerikontaminaatiot	kontaminaatiot

määrä ja näytteen kuljetuksen viive. (Dargère ym. 2018, 966)	Kontaminaatiot heikentävät veriviljelyiden luotettavuutta.			
Kontaminaatiot johtuvat mikro-organismien siirtymisestä näytteeseen potilaan välittömästä ympäristöstä, terveydenhuollon työntekijöiden käsistä tai epätäydellisesti steriloidulta iholta laskimopunktion yhteydessä. (Dargère ym. 2018, 965)				
Kontaminaatio rajoittaa veriviljelytestien ennustearvoa bakteremian diagnosoinnissa. (Altindis ym. 2016, 1)				
Veriviljelypullojen korkkien puhdistaminen vähentää kontaminaatioita. (Altindis ym. 2016, 5)	Aseptiset näytteenottotekniikat vähentävät veriviljelyiden kontaminaatioita.	Veriviljelykontaminaatioiden vähentäminen		
Näytteenottotekniikan parantaminen, suoninäytteenottoon kannustaminen ja useamman kuin yhden veriviljelynäytteen ottaminen kerralla voivat kaikki vähentää kontaminaatioiden määrää (Altindis ym. 2016, 5)				
Näytteenotto laskimokatetreista liittyy korkeampaan veriviljelykontaminaatioiden määrään. Laskimopunktiota suositellaan korkeamman spesifisyyden ja positiivisen ennustuskyvyn saavuttamiseksi. (Altindis ym. 2016, 4)	Näytteenotto laskimokatetrasta lisää veriviljelykontaminaation riskiä.			
K-EDTA -kontaminaatio tapahtuu avoimien näytteenottomenetelmien yhteydessä. (Asif ym. 2019, 711)	Avoimet näytteenottomenetelmät ja veren suorat kontaminaatiot aiheuttavat EDTA:n siirtymistä toisiin näytteisiin.	EDTA-kontaminaatioiden syyt	EDTA-kontaminaatiot	
K-EDTA-kontaminaatio voi johtua joko ruiskun neulan tai kärjen kontaminaatiosta tai veren suorasta siirtämi-				

sestä EDTA-putkista muihin putkiin. (Asif ym. 2019, 712)			
Jos kalium-EDTA-putket otetaan ennen seerumiputkia, saatetaan saada virheellisen korkeita kalium- ja virheellisen alhaisia kalsiumarvoja. (Kaushik & Green 2014, 24)	Väärä näytteenottojärjestys voi aiheuttaa näytteiden kontaminoitumista EDTA:lla.		
Väärä näytteenottojärjestys voi aiheuttaa kemiallisten ja hyytymisnäytteiden kontaminoitumista EDTA:lla ja kaliumilla. (De la Salle 2019, 172)			
EDTA-kontaminaatio voi esimerkiksi aiheuttaa vääränlaista hyperkalemiaa ja hypokalsemiaa EDTA:n keilaatiovaikutuksen vuoksi. (Nordin ym. 2024, 5)	EDTA-kontaminaatiot aiheuttavat hyperkalemiaa.	EDTA-kontaminaatioiden vaikutukset	
Vain pieni määrä K-EDTA:a tarvitaan aiheuttamaan merkittävää väärää hyperkalemiaa. (Asif ym. 2019, 713)			
K2EDTA:n tai K3EDTA:n esiintyminen sekä seeruminäytteissä että plasmanäytteissä voi peittää todelliset hypokalemia- tai hyperkalsemiatapaukset, kun taas todelliset hypokalemiatapaukset saatetaan virheellisesti arvioida merkittäviksi hyperkalemioiksi. (Lima-Oliviera ym 2017, 158)			
Kaliumetyleenidiamiinitetraetikkahapon (K-EDTA) kontaminaatio seeruminäytteissä on yleinen syy virheellisiin elektrolyyttituloksiin. (Asif ym. 2019, 711)	EDTA-kontaminaatio aiheuttaa virheellisiä elektrolyyttituloksia.		
Näytteiden laimentuminen suonensisäisillä infuusiolla on merkittävä preanalyttinen virhe. (Noor ym. 2023, 3–4)	Kontaminoituminen infuusionesteellä laimentaa näytettä ja vääristää tuloksia.	Infuusionesteen aiheuttaman laimentamisen vaikutukset	Infuusionestekontaminaatiot

Kontaminaatio infuusionesteiden kanssa voi aiheuttaa vääränlaista anemiaa ja epänormaaleja hyytymistestituloksia. (De la Salle 2019, 172)				
Plasman glukoosi-, kalium-, natrium-, kloridi-, LDH- ja kolesterolipitoisuudet pienenevät, kun kontaminaatio 5-prosenttisella glukosiliuoksella kasvaa. (Lippi ym. 2013, 1)	Verinäytteen kontaminoituminen glukosiliuoksella häiritsee useiden analyytien pitoisuuksia.			
Verinäytteen kontaminaatio suonensisäisellä glukosiasisältävällä liuoksella vaikuttaa tämän analyytin pitoisuuteen plasmassa tai seerumissa. (Lippi ym. 2013, 1)				
Näytteenotto infuusioreitistä voi aiheuttaa veren laimentumista tai kontaminoitumista suolaliuoksella, glukosilla tai muilla nesteillä. (Giavarina & Lippi 2017, 571)	Näytteen kontaminoitumista infuusionesteellä tapahtuu useimmin silloin, kun näyte otetaan suonensisäisistä katetreista.	Näytteenotto katetrista		
Infuusionesteiden aiheuttama kontaminaatiota esiintyy useammin silloin, kun verta otetaan kanyylistä tai katetreista, ja jos ei oteta hukkaputkia ennen näytteenottoa. (Lippi ym. 2013, 1)				
Virheellinen näytetilavuus aiheuttaa väärää veren ja lisäaineen suhdetta sekä näytteen hylkäämistä. (Kaushik & Green 2014, 24)	Väärä näytetilavuus vaikuttaa veren ja lisäaineen väliseen suhteeseen.	Veren ja lisäaineen suhteellinen pitoisuus	Väärä näytetilavuus	Muita laatu- poikkeamia
Veriputket on kehitetty pitämään yllä vakiintunutta suhdetta näytemäärän ja lisäaineen välillä (Giavarina & Lippi 2017, 571)				
Hepariinipitoisuus voi olla virheellisesti koholla ja häiritä joitakin kemian analyysijä. (Green 2013, 1176)	Alitäytetyn putken lisäainepitoisuus on koholla.			

Hyytymistesteissä veren ja natriumsitraatin suhteen on aina oltava 1:9. (Giavarina & Lippi 2017, 571)	Natriumsitraatti-putkessa lisääneen ja veren suhde on aina 1:9.		
EDTA-/sitraatti-putkien ylitäyttö voi myös olla syynä hyytymiin. (Noor ym. 2023, 4)	Putkien ylitäyttö voi aiheuttaa hyytymiä.	Hyytymät	
Vähemmän kuin puoliksi täytettyihin veriputkiin liittyy useammin hemolyysiä kuin paremmin täytettyihin veriputkiin. (Heireman ym. 2017, 1318)	Putkien alitäyttö voi aiheuttaa punasolujen hajoamista.	Hemolyysi	
Näyteputkien alitäytön seurauksena lisäaineiden suuri suhteellinen pitoisuus voi johtaa punasolujen osmoottiseen hajoamiseen. (Simundic ym. 2020, 3)			
EDTA-putkien yli- ja alitäyttö voi aiheuttaa virheellisiä CBC-tuloksia. Ylitäytön seurauksena riittämätön sekoittuminen voi aiheuttaa pseudotrombositopeniaa ja pseudoleukopeniaa, vaikka näyte ei olisi hyytynyt. Alitäytetyissä putkissa EDTA-pitoisuuden nousu voi aiheuttaa verihiutaleiden tilavuuden muutoksia ja WBC:n pienenemistä. (De la Salle 2019, 172)	EDTA-putken väärä näytetilavuus aiheuttaa muutoksia verihiutaleiden ja valkosolujen määrissä.	Vaikutukset verenkuvaparametreihin	
Hemostaasin testaus ei ole mahdollista EDTA-anti-koaguloituissa näytteissä (veren hyytyminen estyy peruuttamattomasti) tai seerumissa (näyte on hyytynyt peruuttamattomasti). (Lippi ym. 2019, 28)	Hyytymistestit eivät ole mahdollisia näytteistä, jotka sisältävät hyytymiseen vaikuttavia lisäaineita.	Näytteen hyytymisen ja vaikutukset hyytymiseen	Väärä näyteastia
Hepariini- tai EDTA-plasmaa ei voida käyttää hyytymistesteissä. (Giavarina & Lippi 2017, 570)			
Hematologiset testit eivät ole mahdollisia seerumissa	Hematologisia testejä ei voida		

(kaikki verisolut jäävät hyytymän sisään). (Lippi ym. 2019, 28)	tehdä hyytymistä näytteistä.		
EDTA:ta, oksalaattia tai sitraattia ei voida käyttää kemian rutiinitesteissä, koska niissä on yleisesti mitattavia analyyttejä (natrium, kalium). (Kaushik & Green 2014, 24)	Jotkut lisäaineet sisältävät kemian testeissä mitattavia analyyttejä.	Vaikutukset analyyttien pitoisuuksiin	
Erotusgeeli voi absorboida hydrofobisia yhdisteitä, kuten joitain lääkkeitä. (Kaushik & Green 2014, 26)	Näyteputken sisältämä erotusgeeli laskee joidenkin aineiden pitoisuuksia.		
Kolmen minuutin staassin käyttö vaikuttaa haitallisesti CBC-tuloksiin, aiheuttaen Hb:n, Hct:n ja RBC:n nousua. (De la Salle 2019, 172)	Staassin käyttö aiheuttaa joidenkin verenkuvaparametrien nousua.	Vaikutuksen verenkuvaparametreihin	Liiallinen staassin käyttö
Yli kolmen minuutin puristusiteen käyttö aiheuttaa jopa 12,4% nousun joidenkin analyyttien, kuten kokonaisproteiinin, albumiinin ja proteiineihin sitoutuneiden analyyttien osalta. (Nordin ym. 2024, 5)	Liiallinen staassin käyttö aiheuttaa analyyttien pitoisuuksien nousua.	Vaikutukset analyyttien pitoisuuksiin.	
Staassin käytön aiheuttama laskimotukos edistää veden, diffuusiokykyisten ionien ja pienimolekyylipainoisten aineiden ulosvirtausta verisuonista, mikä lisää biomarkkereiden pitoisuutta laskimotukoksen kohdalla. (Lima-Oliviera ym. 2017, 156)			
Sentrifugoidut hepariinigeeliputket on säilytettävä pystyasennossa, jotta vältetään virheet erityisesti aspartaattiaminotransferaasi-, laktatidehydrogenaasi- tai kaliummäärittämissä. (Lima-Oliviera ym. 2017, 160)	Sentrifugoidut hepariinigeeliputket täytyy säilyttää pystyasennossa.	Väärät säilytysolosuhteet haittaavat näytteen säilyvyyttä.	Väärä säilytys
Näytteiden pitkäaikainen säilytys aiheuttaa kohon-			

<p>nutta MCV:tä ja morfologisia muutoksia valkosoluissa ja punasoluissa. (De la Salle 2019, 173)</p>	<p>Näytteiden väärät säilytysolosuhteen aiheuttavat muutoksia</p>	
<p>Liiallinen kuumuus tai jäätyminen tekee CBC-näytteet soveltumattomiksi testaukseen. (De la Salle 2019, 173)</p>	<p>verenkuvatutkimuksiin.</p>	