

# SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA

# MALARIANÄYTTEET

Tietotesti bioanalyttikko-opiskelijoille

TEKIJÄ/T Zozan Hussaini

Siham Ali

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Tutkinto-ohjelma Bioanalyytikon tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Zozan Hussaini ja Siham Ali	
Työn nimi Malarianäytteet Tietotesti bioanalyttikko-opiskelijoille	
Päiväys 22.11.2022	Sivumäärä/Liitteet 36
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Malaria aiheuttaa maailmanlaajuisesti sairauksia ja kuolemantapauksia ja se luokitellaan yhdeksi maailman vaarallisimmaksi tartuntataudiksi. Malariaa on tärkeää tunnistaa varhaisessa vaiheessa taudin vakavuuden vuoksi. Kehittämistyön tarkoituksena oli tuottaa tietotesti bioanalyttikko-opiskelijoille malariasta. Tavoitteena oli kehittää bioanalyttikko-opiskelijoiden malariaosaamista ja tukea heidän opiskeluansa.</p> <p>Opinnäytetyön menetelmänä oli kehittäminen. Kehittämistyömme tuotos on tietotesti, jonka kohderyhmä on Savonian bioanalyttikko-opiskelijat. Tietotesti tehtiin Moodlen tenttityökalulla. Tietotestiä varten otettiin Savonia-ammattikorkeakoulun Labquality-malarianäytteistä mikroskoopilla kuvia, joita käytettiin tietotestissä. Kuvat otettiin Leica AirLab v2.0 -puhelinsovelluksen avulla. Tietotesti sisältää monivalintakysymyksiä ja yhdistämistehtäviä malarialajien ja niiden kehitysvaiheiden tunnistamisesta, malarian kiertokulusta ja yleisistä artefakteista.</p> <p>Itseopiskelumateriaalille oli tarvetta, koska kliinisen mikrobiologian opintojaksolla ei käydä malariaosuutta niin laajasti. Itseopiskelumateriaalista tulee olemaan hyötyä ja apua ennen kliinisen mikrobiologian opintojakson taitopajoja, jossa mikroskopoidaan malarianäytteitä. Tietotestillä opiskelijat voivat testata malariaosaamistaan ja harjoitella itsenäisesti malariasolujen tunnistamista ja siten syventää osaamistaan.</p>	
Avainsanat Malaria, malarian mikroskopointi, malarian diagnostiikka, e-oppimateriaali, tietotesti	

Field of Study Social Services, Health and Sports	
Degree Programme Degree Programme in Biomedical Laboratory Science	
Author(s) Zozan Hussaini and Siham Ali	
Title of Thesis Malariasamples Knowledge Test for Biomedical Laboratory Science Students	
Date 22.11.2022	Pages/Appendices 36
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences	
<p>Abstract</p> <p>Malaria causes illness and death worldwide and is classified as one of the world's most dangerous infectious diseases. It is important to recognize malaria at an early stage because of the severity of the disease. The purpose of the thesis was to prepare knowledge test for biomedical laboratory science students about malaria. The goal was to develop biomedical laboratory science students' malaria skills and support their studies.</p> <p>The thesis was conducted as a development work. The output of the development work is a knowledge test, and it is intended for biomedical laboratory science students at Savonia University of Applied Sciences. The knowledge test was made with Moodle's exam tool. For the test, pictures were taken with a microscope of Savonia's Labquality malaria samples, and these pictures were used in the knowledge test. The pictures were taken using the Leica AirLab v2.0 phone application. The knowledge test contains multiple-choice questions and merge tasks about malaria species and its developmental stages, malaria cycle and common artifacts.</p> <p>There was a need for self-study material because in the clinical microbiology course we were not taught about malaria extensively. The self-study material will be useful and helpful before examining malaria samples under a microscope in the clinical microbiology course. With the knowledge test, students can test their knowledge of malaria and practice identifying malaria cells independently and thus deepen their knowledge.</p>	
<p>Keywords</p> <p>Malaria, malaria microscopy, malaria diagnosis, e-learning material, knowledge test</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	MALARIA .....	6
2.1	Malarian aiheuttaja ja esiintyvyys.....	6
2.2	Malariaisen kiertokulku .....	7
2.3	Malarian oireet.....	7
2.4	Ehkäisy ja hoito .....	8
3	MALARIAN DIAGNOSTIIKKAMENETELMÄT .....	10
3.1	Malarian PCR-diagnostiikka .....	10
3.2	Malarian muut diagnostiikkamenetelmät.....	11
4	MALARIANÄYTTEIDEN MIKROSKOPOINTI .....	13
4.1	Malarianäytteenotto .....	14
4.2	Malarianäytteiden käsittely .....	14
4.3	Malariaplasmodien tunnistaminen .....	15
4.4	Malariaplasmodien kehitysvaiheet .....	16
4.5	Malariaerien tunnistaminen .....	16
4.6	Artefaktat.....	20
5	E-OPPIMATERIAALI .....	22
5.1	Laadukas oppimateriaali .....	22
5.2	Kiinnostus ja motivaatio .....	22
6	TARCOITUS JA TAVOITE.....	24
7	KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS.....	25
7.1	Suunnittelu.....	25
7.2	Toteutus.....	27
7.3	Arviointi.....	28
8	POHDINTA.....	29
8.1	Kehittämistyön toteutuksen ja tuotoksen pohdinta .....	29
8.2	Kehittämistyön eettisyys ja luotettavuus .....	31
8.3	Ammatillinen kasvu .....	31
8.4	Tuotoksen hyödynnettävyys ja kehittämisideat .....	32
	LÄHTEET .....	33

## 1 JOHDANTO

Malaria on akuutti kuumetauti, jonka aiheuttavat *Plasmodium*-loiset. *Plasmodium*-loiset leviävät ihmisiin tartunnan saaneiden Anopheles-naarashyttysten puremien kautta. (World Health Organization 2022a.) Anopheles-hyttiset ovat tehokkaita levittäjiä, joiden pureman kautta tartunta siirtyy helposti, kuten muutkin lentävät hyönteiset. Anopheles-lajia on noin 530, mutta vain 30–40 levittää malariaa luonnossa. Loput eivät voi ylläpitää malarialoisten kehittymistä, vaikka ne purevat usein ihmisiä. Malariaa välittävät eri Anopheles-lajit useilla maantieteellisillä alueilla, koska eri ympäristöt tukevat eri lajien selviytymistä. Uroshyttiset eivät pure, joten ne eivät voi levittää malariaa. (Nicolletti 2020, 122.)

Ihmisillä malariaa aiheuttavia loisia on viisi, ja niistä suurimman uhan muodostavat *Plasmodium falciparum* ja *Plasmodium vivax*. Tappavin malarialaji on *P. falciparum* ja se on yleisin Afrikan mantereella. *P. vivax* on hallitseva malarialoinen useimmissa Saharan eteläpuoleisen ja Afrikan ulkopuolissa maissa. (World Health Organization 2022a.) Malariatartunnoista yli 90 prosenttia saadaan trooppisesta Afrikasta. Malariaa esiintyy myös Aasiassa sekä Etelä- ja Väli-Amerikassa. (Terveystieteiden tutkimuskeskus ja Hyvinvoinnin tutkimuskeskus 2019.) Viimeisimmän maailman malariaportin mukaan malariatapauksia todettiin 241 miljoonaa vuonna 2020, joista kuolemien määrä oli 627 000 (World Health Organization 2022a).

Malaria ei ole endeeminen kaikkialla, ja siksi se ei välttämättä ole niin tuttu tauti terveysalan työntekijöille. Sen harvinaisuus saattaa aiheuttaa haasteita diagnosointiin. Kliinikot voivat unohtaa harkita malariaa kokonaan, ja näin he eivät tilaa malarian diagnosointiin tarvittavia laboratoriotestejä. Laboratoriohoitajat taas voivat unohtaa helposti, miltä malarialoiset näyttävät mikroskoopilla vähäisen kokemuksen takia, ja näin ne voidaan tulkita väärin. (Centers for Disease Control and Prevention 2018.)

Valitsimme kyseisen aiheen, koska kliinisen mikrobiologian opintojaksolla kävimme malariaosuutta liian vähän, ja siksi oli tarvetta itseopiskelumateriaalille. Koemme itseopiskelumateriaalista olevan hyötyä ennen kliinisen mikrobiologian opintojakson taitopajoja, jossa mikroskopoidaan malarianäytteitä. Ennen taitopajoja bioanalyttikko-opiskelijat voivat harjoitella malariasolujen tunnistamista itse ja vahvistaa osaamistaan. Mikroskopoinnissa kertauksen avulla osaaminen vahvistuu. Tietotestin avulla opiskelija voi harjoitella ja kerrata malarialajien ja niiden kehitysvaiheiden tunnistamista. Kehittämistyömme tilaajana toimii Savonia-ammattikorkeakoulu.

Opinnäytetyö on toteutettu kehittämistyönä. Kehittämistyömme tuotos on tietotesti, joka on toteutettu Moodleen tenttityökalulla. Kehittämistyön tarkoituksena on tuottaa tietotesti malariasta bioanalyttikko-opiskelijoille. Tavoitteena on kehittää bioanalyttikko-opiskelijoiden malariaosaamista ja tukea heidän opiskeluansa.

## 2 MALARIA

Malaria infektioita aiheuttaa loisalkueläin eli *Plasmodium*. Tauti välittyy ihmisestä toiseen ihmiseen tartunnan saaneiden naispuolisten Anopheles-hyttysten pistojen välityksellä. Malariainfektion vakavuus riippuu malarialajista ja sen vaarallisuuteen vaikuttaa niiden kyky tunkeutua ihmisten punasoluihin. Malariatartunnan saaneet ihmiset sairastelevat ja kokevat yleensä kuumeen, vilunväristyksen ja flunssan kaltaisia oireita. Hoitamattomana ne voivat kehittää vakavia komplikaatioita ja aiheuttaa kuolemaa. (Siikamäki 2021.) Malaria voi levitä myös veren- tai elinsiirrossa, saastuneiden neulojen välityksellä sekä välittyä raskauden aikana äidistä sikiöön (Kainulainen & Siikamäki 2019).

### 2.1 Malarian aiheuttaja ja esiintyvyys

Malariatautia voi aiheuttaa ihmiselle neljä *Plasmodium*-loislajia, jotka ovat *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae* ja *Plasmodium ovale* (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019). Lisäksi on olemassa viides malarialaji *Plasmodium knowlesi*, joka luonnollisesti tarttuu makaki-suvun apinoihin, mutta myös ihmisiin (Centers for Disease Control and Prevention 2020d). *P. falciparum* on yleisin laji ja sen tiedetään aiheuttavan 90 prosenttia maailman malariatapauksista (Siikamäki 2021). *P. falciparum* voi aiheuttaa vakavaa malariaa, koska se voi moninkertaistua veressä aiheuttaen verenhukkaa, joka voi johtaa anemiaan. Lisäksi loiset voivat tukkia pieniä verisuonia ja tämän tapahtuessa aivoissa siitä seuraa aivomalaria, joka voi olla kohtalokas. (Centers for Disease Control and Prevention 2020c.)

Eri malarialajit infektoivat eri ikäisiä punasoluja. *P. falciparum* infektoi kaikenikäisiä punasoluja, siksi punasolut ovat kooltaan ja muodoltaan normaalit. *P. vivax* ja *P. ovale* taas infektoivat nuoria punasoluja ja saavat aikaan yleensä punasolujen suurentumista. *P. malariae* infektoi vanhoja punasoluja ja sen punasolut ovat usein pienikokoisia. (Meri & Tyyni 2016, 21.) *P. vivax* ja *P. ovale* -lajeilla on lepotilassa olevia maksavaiheita eli hypnotsoiitteja, jotka voivat aktivoitua ja tunkeutua vereen jopa monen vuoden jälkeen tartunnasta. Kyseistä aktivoitumista kutsutaan relapsiksi. *P. vivax* ja *P. ovale* ovat hyvin samanlaisia morfologisesti ja biologisesti. *P. malariae* -laji voi aiheuttaa pitkäaikaisen ja kroonisen infektion, joka voi jopa kestää eliniän. Jotkut kroonisen *P. malariae* infektion saaneet henkilöt voivat saada vakavia komplikaatioita, kuten nefroottisen oireyhtymän. (Centers for Disease Control and Prevention 2020c.)

*P. knowlesi* on ainoa malaria laji, jonka tiedetään tarttuvan ihmiseen muun kuin hyttysten välityksellä. *P. knowlesi* -lajin isäntänä tiedetään toimivan makaki-suvun apinat, jotka esiintyvät laajasti Kaakkois-Aasiassa. Se tarttuu ihmiseen makaki-suvun apinoista. (Centers for Disease Control and Prevention 2020c.) *P. knowlesi* voi aiheuttaa vakavia ja jopa kuolemaan johtavia tautitapauksia. *P. knowlesi* ja *P. falciparum* -lajien tautitapaukset ovat vakavampia, kuin muiden lajien aiheuttamat. (Kantele & Jokiranta 2011, 1356.)

Lähes puolet maailman väestöstä asuu alueilla, joissa on malarian leviämisen riski. Malaria esiintyy eniten maailman köyhillä, trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla, jossa malaria on yleisin syy sairauteen ja kuolemaan. (Centers for Disease Control and Prevention 2021a.) Malarian riskialueita löytyy Afrikasta, Etelä-Amerikasta sekä Etelä- ja Kaakkois-Aasiasta. Taudin esiintyvyyden vaikuttavin tekijä on ilmasto. Riskialueiden paikalliset sääolosuhteet mahdollistavat malarian leviämisen ympäri vuoden.

Korkea lämpötila, ilmankosteus ja sademäärä parantavat Anopheles-hyttynen kykyä selviytyä ja lisääntyä trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla. Malarian leviämistä on onnistuttu eliminoimaan monissa maissa kuten, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Maat, joissa on eliminoitu malaria eli ei-endeemisissä maissa esiintyy yhä malariatapauksia, mutta johtuvat yleensä matkustajista ja maahanmuuttajista, jotka tuovat taudin endeemisistä maista. (Centers for Disease Control and Prevention 2020e.) *P.falciparum* tavataan maailmanlaajuisesti trooppisilla ja subtrooppisilla alueilla, erityisesti Afrikassa. *P.vivax* -lajia löytyy Aasiasta ja Etelä-Amerikasta, *P.ovale* -lajia Länsi-Afrikasta ja *P.malariae* -lajia Afrikasta sekä Aasiasta. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2021.) *P. knowlesi* -lajia tavataan kaikkialla Kaakkois-Aasiassa, etenkin Malesiassa (Centers for Disease Control and Prevention 2020c). Vuonna 2020 Suomessa todettiin malaria 52 henkilöllä, josta lähes kaikki olivat saaneet tartunnan Afrikasta (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2021).

## 2.2 Malarialoisen kiertokulku

Malarialoisen kiertokulku alkaa, kun *Plasmodiumia* kantava hyttynen pistää ihmistä ja siirtää *Plasmodium*-loisia ihmisen verenkiertoon. *Plasmodium*-loiset kasvavat ja lisääntyvät ensin maksassa ja leviävät sitten veren punasoluihin. *Plasmodium*-loiset pääsevät piston yhteydessä sporotsoiitti-muodossa ihmisen verenkiertoon ja kulkeutuvat verenkierron mukana maksaan. Sporotsoiitin päästyä maksaan alkaa maksavaihe, jonka kesto riippuu malarialajista. Sporotsoiitit kulkeutuvat ihmisen maksaan tartuttaen maksasoluja ja lisääntyvät siellä jakautumalla skitsonteiksi. Maksasoluissa alkaa suvuton jakautuminen, jonka seurauksena osa kypsyeistä skitsonteista hajottaa maksasoluja ja siirtyy verenkiertoon, jossa ne vapautuvat merotsoiitteina. Merotsoiitit tartuttavat punasoluja ensin tarttumalla punasolujen pintaan ja sitten tunkeutumalla punasolun sisälle. Punasoluun tunkeutuneet merotsoiitit kehittyvät trofotsoiiteiksi. *Plasmodium* ilmenee punasoluissa rengasmuotoisena trofotsoiittina. Trofotsoiitin koko suurenee, kun se syö punasolun hemoglobiinia, joka aiheuttaa punasolun limakalvon täyttymistä trofotsoiitilla. Trofotsoiitti kehittyi lopuksi skitsonttimuodoksi eli *Plasmodiumin* jakaantuvaksi solumuodoksi. Hajaantunut skitsonttimuoto jakaantuu takaisin verenkiertoon ja vapauttaa merotsoiitteja, jotka tunkeutuvat taas punasoluihin. Jotkut loiset erilaistuvat seksuaaliisiin erytrosyyttivaiheisiin eli gametosyytteihin. (Centers for Disease Control and Prevention 2020c.)

Anopheles-hyttynen nielee urospuoliset (mikrogametosyytit) ja naaraspuoliset (makrogametosyytit) gametosyytit veriaterian aikana. Hyttynen mahalaukussa mikrogameetit tunkeutuvat makrogameettien läpi ja muodostavat tsygootteja. Tsygooteista tulee liikkuvia ja pitkänomaisia ookineetteja, jotka tunkeutuvat hyttynen keskisuolen seinämään. Siellä ookineetit kehittyvät ookysteiksi. Ookystit kasvavat, murtuvat ja vapauttavat sporotsoiitteja. Sporotsoiitit sitten kulkeutuvat hyttynen sylkirauhasiin. Sporotsoiittien kulkeutuminen uuteen ihmisistäntään jatkaa malarian elinkaarta. (Centers for Disease Control and Prevention 2020c.)

## 2.3 Malarian oireet

Malariaa on syytä epäillä, jos kuumekohtauksilla oireileva potilas on matkustanut malaria alueella, vaikka olisi estolääkitys käytössä. *P.falciparum* tartunnan oireiden alkuun menee vähintään 7 vuorokautta, mutta voi alkaa myös vasta 2–4 viikon kuluttua. *P.vivax*, *P.ovale* ja *P.malariae* -lajien itämisaikat ovat pidempiä, jopa vuoden mittaisia, piilevien maksamuotojen vuoksi. Maksaan piilevästi jäävät

malariaiset aiheuttavat hoitamattomina taudin uusiutumista vuosien jälkeenkin. *P.knowlesi* -lajin itämisaika on 9–12 vuorokautta. (Siikamäki 2021.) *P. knowlesi* -lajilla on 24 tunnin replikaatiosykli, joten se voi edetä nopeasti vakavaksi infektioksi, joka voi johtaa jopa kuolemaan (Centers for Disease Prevention and Control 2020c).

*P.falciparum* ja *P.knowlesi* -lajien oireet ovat hyvin samanlaisia. *P.falciparum*in oireita ovat kuumeen lisäksi päänsärky, voimattomuus, ripuli, oksentelu ja vatsakipu. *P.falciparum* tartunnan yhteydessä voi esiintyä myös äkillisen hengentilan heikentyminen ja keskushermosto-oireet, jotka tekevät siitä entistäkin vaarallisemman. Se voi aiheuttaa hoitamattomana pienten verisuonten tukkeutumista ja kudokselle hapenpuutetta, josta taas seuraa vauriota monelle elimelle, kuten maksalle, munuaiselle ja suolistolle. Oireet voivat muuttua nopeasti vakaviksi, jos lääkärin hoitoon ei hakeuduta kiireellisesti. (Siikamäki 2021.) *P.vivax*, *P.ovale* ja *P.malarie* -lajit oireilevat yleensä säännöllisesti toistuvilla kuumekohtauksilla. *P.vivax* ja *P.ovale* -lajien infektiossa kuumekohtaukset tulevat 48 tunnin välein ja *P.malarie* 72 tunnin välein. Tyypilliset oireet ovat päänsärky, kehon särky, yskä, vatsakipu, ripuli, pahoinvointi ja oksentelu. (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019; Kainulainen & Siikamäki 2019.) Tartunnan ennaltaehkäisyyn käytetyt estolääkkeet voivat viivästyttää oireiden ilmaantumisen varsinkin, jos kyseessä on *P.vivax* ja *P.ovale* (Centers for Disease Control and Prevention 2022b).

## 2.4 Ehkäisy ja hoito

Malaria infektion ehkäisy perustuu kahteen menetelmään, tartuntatautia kantavan hyttysen pistokselta suojautumiseen ja estolääkitykseen. Pistolta suositellaan suojautumaan käyttämällä pitkähihaisia ja pitkälahkeisia vaatteita, sukkia ja päähinettä pimeään ja hämärään aikaan, jolloin Anopheles-hyttynen pistää. Pistolta suojaudutaan myös käyttämällä hyttyskarkotetta paljaaseen ihoon ja makuutiloista hävitetään hyttyset hyönteismyrkällä ja nukutaan hyttysverkon alla. (Kainulainen & Siikamäki 2019.)

Malariainfektiota pyritään ensisijaisesti ennaltaehkäisemään estolääkityksellä, jonka tavoitteena on ehkäistä *P.falciparum* -malarian aiheuttamaa komplikaatiota ja kuolemaa. Estolääkityksen käytön tarve vaihtelee alueittain, esimerkiksi Afrikan eteläpuoliseen Saharaan ei pitäisi matkustaa ilman estolääkitystä. Kaikilla malaria-alueilla esiintyy lääkeresistenssiä, joka hankaloittaa hoitoa ja estolääkityksen hyötyä. Hyttysen pistokselta pitää suojautua, vaikka olisi estolääkitys käytössä (Kainulainen & Siikamäki 2019.) Infektion varhaisella diagnosoinnilla on myös suuri merkitys sen torjumisessa (Pulliainen 2018, 10).

*P. falciparum* on kehittänyt maailmanlaajuisesti monia malarialääkkeitä vastaan resistenssiä, jonka takia sitä on huomioitava potilaan hoidossa ja hoidon seurannassa. Malarian estoon myynnissä olevat lääkkeet Suomessa ovat meflokiinin, atovakonin ja proguaniilin yhdistelmä sekä doksisykliini. Meflokiinin (Lariam) käyttö on aloitettava viimeistään viikko ennen matkustamista malaria riskialueelle. Lääkettä käytetään kerran viikossa ja käyttöä jatketaan vielä 4 viikkoa siitä, kun on palannut riskialueelta. Malarone on malarialääke, joka on kahden vaikuttavan aineen, atovakonin ja proguaniilin yhdistelmä. Malarone on tehokas lääke *P. falciparum* -lajia vastaan alueilla, joilla on meflokiini-resistenssiä. Lääkettä otetaan 1 tabletti päivässä ja käyttö aloitetaan päivä ennen malaria-alueelle saapumista ja jatketaan 7 päivää alueelta paluun jälkeen. Doksisykliini on myös tehokas estolääke *P.*

*falciparum* -lajia vastaan, joka myös tehoaa meflokiiniresistenssi alueilla. Doksisykliinin annostus aikuisilla on 1 tabletti vuorokaudessa ja sen käyttö aloitetaan päivä ennen malaria-alueelle saapumista ja jatketaan 4 viikkoa alueelta poistuttua. Malarian estolääkkeenä käytetään myös klorokiinia, joka tehoaa *P. falciparum* -lajiin vain tietyillä alueilla Väli-Amerikassa ja Karibiassa. Klorokiinilla ei ole enää myyntilupaa Suomessa jo vuodesta 2013 lähtien. (Kainulainen & Siikamäki 2019.)

Malariaa vastaan on pyritty kehittämään rokotteita sadan vuoden ajan, mutta rokotteiden kehittäminen on ollut hidasta ja haastavaa. Rokotteiden tavoitteena on vähentää malariatartuntoja ja sen aiheuttamaa kuolleisuutta ja lopullisena tavoitteena on hävittää malaria kokonaan maailmanlaajuisesti. RTS,S/AS01-rokote on ensimmäinen ja ainoa malaria rokote, jonka WHO suosittelee käytettäväksi. Rokote sai myönteisen lausunnon Euroopan lääkevirastolta vuonna 2015. Kansallisen viranomaisluvan rokote sai vuonna 2019 käytettäväksi Ghanassa, Keniassa ja Malawissa. Kyseisissä maissa rokotetta on tarjolla rutiininomaisesti lapsille. Rokote annetaan injektiona hartialihakseen lapsille, jotka ovat yli 5 kuukauden ikäisiä. (Centers for Disease Control and Prevention 2021b; World Health Organization 2022b, 70.)

Malarian hoito on aloitettava mahdollisimman pian diagnoosin jälkeen. Hoito riippuu malarian lajista sekä tartunnan saaneen kliinisestä tilasta. Hoitoon käytettävä lääke riippuu myös alueesta, jossa infektio on saatu ja sen lääkeresistenssitilanteesta sekä raskauden tilasta. (Centers for Disease Control and Prevention 2022c.) Tartunnan saaneen potilaan hoito suoritetaan sairaalassa, jossa hoitoa ja mahdollisten komplikaatioiden kehitystä voidaan seurata. Malarian hoidossa käytetään ensisijaisesti artemisiini-johdannaisia lääkkeitä. Artemisiini-johdannaisten lisäksi käytetään toista malarialääkkeen yhdistelmätabletteja, jos kyseessä on komplisoitumaton malaria. Mikäli huomataan komplikaatioita, tai parasitemiaprosentti on yli 2 prosenttia, annetaan potilaalle suonensisäisesti artesunaattia. *P. vivax*, *P. ovale* ja *P. malarie* -lajien hoidossa käytetään klorokiinia. Piilevien malariamuotojen vuoksi *P. vivax* ja *P. ovale* -lajien hoitoon lisätään myös primakiinikuuri. (Kainulainen & Siikamäki 2022; Siikamäki 2021.)

### 3 MALARIAN DIAGNOSTIIKKAMENETELMÄT

Malariaa on tärkeää tunnistaa varhaisessa vaiheessa, jotta saadaan hoito aloitettua mahdollisimman nopeasti. Varhaisella diagnoosilla ja hoidolla saadaan estettyä malarian leviäminen ja näin myös kuolleisuus laskee. (Nate, Gill, Chauhan & Karpoormath 2022, 2.) Varhainen diagnoosi voi myös estää taudin etenemisen ja alentaa sen vakavuutta (Mbanefo & Kumar 2020, 2). Malarian tunnistamisen ja hoidon viivästyminen voi johtaa potilaan kuolemaan. Malariaa voidaan epäillä potilaan matkustushistorian perusteella. Tämän takia tieto matkustushistoriasta on todella tärkeää. Sitä voidaan epäillä matkustushistorian lisäksi potilaan oireiden ja tutkimuksista havaittujen fyysisten löydösten perusteella. Lopullista diagnoosia varten tarvitaan kuitenkin laboratoriotestit, jotka osoittavat malariaiset tai niiden komponentit. (Centers for Disease Control and Prevention 2018.)

Malarian diagnosoinnissa käytetyt tavanomaiset menetelmät ovat tällä hetkellä nukleiinihappopohjaiset analyttiset tekniikat, immunopohjaiset pikadiagnostiset testit ja mikroskooppinen analyysi (Nate ym. 2022, 2). Nopeat edulliset ja tarkat diagnostiikkatyökalut ovat erittäin tärkeitä torjunta- ja eliminointitoimien kannalta tai haittojen seurannassa sekä myös tulevaisuudessa ohjelmissa, joilla pyritään malarian maailmanlaajuiseen hävittämiseen. Taudin aktiivinen seuranta maailmalla on välttämätön sen onnistumiselle. (Mbanefo & Kumar 2020, 2.)

#### 3.1 Malarian PCR-diagnostiikka

Malarialajin määrittäminen ei aina onnistu mikroskoopilla, silloin analyysi voidaan tehdä polymeraasiketjureaktiolla (PCR). PCR-menetelmää käyttäessä malarian diagnosointiin, tarvitaan 1–5 ml verinäytettä EDTA-putkessa. Verinäyte täytyy ottaa ennen loislääkityksen aloitusta ja se on lähetettävä kylmäkuljetuksena laboratorioon, jossa sitä tutkitaan. (Centers for Disease Control and Prevention 2016b.)

Kirjallisuudessa on kuvattu lukuisia polymeraasiketjureaktioon (PCR) perustuvia nukleiinihappoamplifikaatiotestejä (Nucleic acid amplification eli NAAT). Niillä havaitaan, määritetään ja tunnistetaan *Plasmodium*-loisia verestä. NAAT-testiä käytetään myös malarialääkkeiden vastustuskykymerkkien havaitsemiseen. NAAT-testillä on useita merkittäviä etuja mikroskooppidiagnostiikkaan verrattuna. Sen herkkyys on parempi kuin muut diagnostiset testit *Plasmodium*-loisten havaitsemisessa verestä. Ne ovat yleensä erittäin spesifisiä. (Bergen ym. 2021, 2.) PCR tunnistaa parasiitit 1–5 millilitrasta verta. Se on luotettavin menetelmä malariadiagnostiikassa, mutta se on kalliimpaa ja hitaampaa. Jotta hyvä hoito taataan potilaalle, malaria tulisi todeta nopeasti kahden tunnin kuluessa. (Pulliainen 2018,10.)

Reaaliaikaiset PCR-menetelmät ovat lisääntyneet ja niitä käytetään enemmän malarian tunnistamisessa. Ne ovat tehneet malarian diagnosoinnista entistä nopeampaa ja ovat rutiinilaboratorioon sopivampia. Malaria diagnosointi on nopeampi, halvempi ja helpompi mikroskoopilla kuitenkin. PCR-menetelmällä ei voida toistaiseksi määrittää infektoituneiden punasolujen määrää, jota voidaan määrittää mikroskopioimalla. HUSLAB:ssa kehitettyä PCR-menetelmää käytetään *Plasmodium*-lajien nimen varmistamiseen, kun näyte on diagnosoitu mikroskoopilla. PCR-menetelmää käytetään myös tilanteissa, joissa ei pystytä mikroskoopilla tunnistamaan malariaa. (Kerttula & Lavikainen 2017.)

Malariadiagnostiikkaan löytyy myös isotermisiä nukleiinihappomonistussovelluksia (Kerttula & Lavikainen 2017). Alethia Malaria- nukleiinihaponosoitustesti (NhO), jota kutsuttiin aikaisemmin Illumigene Malariaksi on luotettava ja nopea tutkimusmenetelmä, joka vaatii vähemmän parasitologian erikoisosaamista. Kyseinen menetelmä on Loop-mediated isothermal DNA amplification (LAMP) eli silmukavälitteiseen isotermaaliseen DNA:n monistukseen perustuva tutkimusmenetelmä. LAMP-menetelmässä nukleiinihapot monistuvat isotermaalisesti ilman lämpötilojen vaihtelua. Testi on sopeva päivystysdiagnostiikkaan sen nopeuden ja yksinkertaisuuden vuoksi. Alethia Malaria- testi tunnistaa kaikki *Plasmodium* -lajit, myös *P. knowlesi* -lajin. NhO-testituloksen saamisessa kestää alle 50 minuuttia.

NhO-testiä on käytetty Oulun NordLab-päivystyslaboratoriossa ympärivuorokautisesti. Testiä ei ole kuitenkaan käytetty kauan, siksi testin lisäksi jokaisesta näytteestä lähetetään HUSLAB:iin kolme sivelu- ja paksupisaravalmistetta. Sivelu- ja paksupisaravalmisteet lähetetään mikroskopoitavaksi, vaikka NhO-testin tulos olisi negatiivinen. Testi myös toistetaan useamman kerran, vaikka ensimmäisestä tuloksesta saadaan negatiivinen. NhO-testillä ei saada parasitemialukemia, siksi aina, kun saadaan positiivinen testitulos, potilaalla aloitetaan artesunaattihoito suonensisäisesti. On kuitenkin suositeltavaa aloittaa artesunaattihoito, mikäli on vahva epäily malariasta, vaikka ensimmäinen testitulos olisi negatiivinen. Malarian hoidon tehon seurannassa NhO-testiä ei voida käyttää yksin testin herkkyyden vuoksi, koska se antaa positiivisen tuloksen, vaikka oireiden helpottumisesta olisi kulu- nut jo useita päiviä. (Aho-Laukkanen ym. 2021, 188–191.)

### 3.2 Malarian muut diagnostiikkamenetelmät

Malerialle on olemassa nopeita diagnostisia testejä, joissa käytetään immunokromatografista menetelmää. Menetelmä perustuu malaria antigeenien havaitsemiseen perifeerisessä veressä. Useimmat testit käyttävät monoklonaalisia vasta-aineita ja havaitsevat tiettyjä malaria antigeenejä veressä. Joillain testeillä tulos saadaan jo 15 minuutissa. (Centers for Disease Control and Prevention 2016b.)

RDT:t (Rapid Diagnostic Test) havaitsevat antigeenejä ja niissä on immunokromatografialiuska, johon tiputetaan veritippa toiseen päähän ja tulokset nähdään liuskan pinnalla kuvattuina viivoilla. Menetelmässä on kolmentyyppistä antigeeniä, jotka ovat *Plasmodium* histidine-rich proteiini (HRP) 2 (pHRP-2), *Plasmodiumin* laktaattidehydrogenaasi (pLDH) ja *Plasmodiumin* aldolaasi. pHRP-2 on spesifinen *P. falciparum* -lajille ja pLDH ja aldolaasi ovat kaikille lajeille. Kaikki RDT:t sisältävät positiivisen kontrollin. Saatavilla olevat RDT:t pystyvät malarialajeista tunnistamaan vain *P. falciparum* ja *P. vivax* -lajit. Muita lajeja ne eivät pysty tunnistamaan, mutta pystyvät osoittamaan kuitenkin loisen esiintymisen. Kyseiset nopeat diagnostiset testit ovat nopeita ja edullisia ja ne ovat käteviä, resurssi-rajoitteisissa maissa. Testi voidaan suorittaa nopeasti ja helposti ja määrätä sitten hoitoa tai lähettää potilaat terveyskeskuksiin. Korkean parasitemian potilailla testi voi kuitenkin antaa väärää negatiivista tulosta eikä se myöskään sovellu hoidon tehokkuuden seurantaan. Testi voi myös antaa väärää positiivisia tuloksia, koska se havaitsee pHRP-2:n, joka voi jäädä vereen jopa 30 päivää tehokkaasta hoidosta riippumatta. RDT:t eivät myöskään pysty tunnistamaan malariaa oireettomilta, koska sen havaitsemisraja ei riitä siihen. Eri RDT- merkkien suorituskyvyssä on myös eroja, joka voi heikentää menetelmän luotettavuutta. (Mbanefo & Kumar 2020, 4–5.)

Useissa HUS-alueen ulkopuolisissa laboratorioissa on käytössä immunokromatografiset antigeenipikatestit, joita käytetään malarian päivystykselliseen diagnosointiin. WHO:n linjauksen mukaan, jos mikroskopointia ei voi suorittaa luotettavasti tai sille ei ole mahdollisuutta, voi käyttää pikatestejä. Ne eivät ole kuitenkaan yhtä luotettavia kuin PCR ja mikroskopointi menetelmät. Pikatestit eivät ole täysin luotettavia huonon herkkyyden ja tarkkuuden takia. Pikatesteissä voi myös olla ristireaktioita esimerkiksi reumatekijän kanssa. Pikatestit pystyvät havainnoimaan noin sata parasiittiä yhdestä mikrolitrasta verta. Pikatestien tulokset varmistetaan aina mikroskopoinnilla. (Kerttula & Lavikainen 2017; Pulliainen 2018, 10.)

Serologinen epäsuora fluoresoiva vasta-ainetestin (IFA) avulla voidaan havaita malaria vasta-aineita. IFA- menetelmää käytetään, kun halutaan tietää, onko potilaalla ollut *Plasmodium*-infektio. Serologiset testaukset eivät ole käytännöllisiä akuutin malarian diagnosoinnissa, koska vasta-aineiden kehittyminen vie aikaa ja vasta-aineet ovat pysyviä. (Centers for Disease Control and Prevention 2020b.)

#### 4 MALARIANÄYTTEIDEN MIKROSKOPOINTI

Valomikroskopia on edelleen elintärkeää vaikean malarian diagnosoinnissa ja hoidossa, rutiininomaisessa lääkkeiden tehon seurannassa ja kliinisissä tutkimuksissa. Valomikroskopiolla on tärkeä rooli tartunnan aiheuttavan lajin määrittelyssä, joka vaikuttaa myös infektioiden hallintaan. Mikroskopointi on osaamiseen perustuva diagnostinen menetelmä, jonka tarkkuus riippuu mikroskopioijan pätevyydestä. Sen tarkkuuteen vaikuttaa myös sively- ja paksupisaravalmisteiden laatu ja näytelasien värjäyksen laatu. (Ashraf ym. 2012, 2.)

Malarian diagnostiikassa käytetty tekniikka on perinteisesti ollut mikroskooppi, jota pidetään yleisesti malarian testauksen kultastandardina. Monissa maissa, kuten Tansaniassa ja monessa muussa Etelä-Saharan maissa, rutiinimikroskopian perusasteen taso on kuitenkin heikkolaatuista. Tämä johtuu huonosta koulutuksesta, laboratorion henkilöstön ammattitaidon heikkoudesta, huonosta infrastruktuurista, laitteiden ja reagenssien riittämättömyydestä sekä valvonnan puutteesta. (Kahama-Maró, D'Acromont, Mtasiwa, Genton & Lengeler 2011, 2.)

Loisten havaitseminen mikroskoopilla on avain malarian diagnosointiin. On tärkeää tunnistaa loislajit, mahdollisten sekainfektioiden esiintyminen sekä *P. falciparum* -lajin loisten eri kehitysvaiheiden tunnistaminen, jotta saadaan tietoa taudin vaikeusasteesta. Loisten laskemisen avulla voidaan määrittää parasitemiatasoa, tunnistaa infektiota ja sen vakavuutta sekä myös se mahdollistaa potilaan tilan seuranta mittaamalla lääkkeiden tehoa ja mahdollista lääkeresistenssiä. (Poostchi, Si-lamut, Maude, Jaeger & Thoma 2018, 40.)

Mikroskoopidiagnostiikassa perifeerisen veren sively- ja paksupisaravalmisteista voidaan havaita malariaplasmodit. Lajin määrittäminen mikroskoopilla on vaikeaa paksupisaravalmisteesta. Sen värjäys- ja mikroskopointi kuuluu erikoislaboratorioon, koska mikroskopointi tarvitsee kokeneita laboratoriohoitajia. (Meri & Tyyni 2016, 20.) Sivelyvalmisteesta voidaan määrittää plasmodilajit ja parasitemiaprosentti. Parasitemiaprosentti on parasitemian aste, joka kertoo prosentteina infektoituneita punasoluja. (Pulliainen 2018, 10.) Sivelyvalmisteita ei tutkita rutiininomaisesti malarian diagnosointiin. Sen tutkiminen on kuitenkin suositeltavaa, jos paksupisaravalmisteesta lajin tunnistaminen on hankalaa, parasitemiaprosentti on erittäin korkea tai paksupisaravalmiste ei sovellu jostain muusta syystä mikroskopointiin. (World Health Organization 2010, 73.) Sivelyvalmiste ja paksupisaravalmiste mikroskopoidaan immersioöljyobjektiivilla (Meri & Tyyni 2016, 20–22). Mikroskopointi on kustannustehokkain menetelmä tällä hetkellä ja sen avulla voidaan havaita millilitrasta verta 4–20 parasiittiä. Laboratoriovastaus annetaan aina kahden henkilön mikroskopoinnin tuloksen perusteella. (Pulliainen 2018, 10.) Mikroskopoinnin suurimpia haittoja ovat laaja koulutus, korkean koulutuksen ja työllistämisen kustannukset, taitojen ylläpitäminen ja manuaalisen työn suuri määrä (Poostchi ym. 2018, 40).

Negatiivinen tulos ensimmäisestä näytteestä ei aina sulje pois malariaa. Tämän takia näytteenottoa olisi hyvä toistaa. Potilaalta ei voida pois sulkea malariaa, ennen kuin on saatu kolme negatiivista tulosta. (Meri, Tyyni 2016, 20.)

#### 4.1 Malarianäytteenotto

Laboratoriotutkimusprosessin tärkein vaihe on preanalyyttinen vaihe, jossa pyritään aina saamaan mahdollisimman laadukas näyte. Malarian diagnostiikka perustuu perifeerisen veren sivelyvalmisteen E-Plas-O ja paksupisaravalmisteen B-Plas-O tutkimiseen. Näytettä otetaan ihopistosnäytteenä sormenpäästä, korvalehdestä ja kantapäältä. Ihopistonäyte edustaa pienten valtimoiden, laskimoiden ja kapillaarien verta. Sively- ja paksupisaravalmisteet voidaan myös ottaa laskimosta EDTA-putkeen. Laskimoverta käyttäessä, sively- ja paksupisaravalmisteet tulee tehdä mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen. Viivästyminen voi aiheuttaa muutoksia loisten morfologiassa ja niiden värjäyttyvyysominaisuuksissa. Laskimoverta ei kuitenkaan suositella, koska paksupisaravalmisteen tulkintaa vaikeuttaa trombosyytit, jotka ovat levällään. Näytteenoton yhteydessä tehdään saman tien neljä sively- ja paksupisaravalmistetta. Potilaalta otetaan näyte noin 3–4 kertaa, joka 4–6 tunnin välein. Näytteet otetaan kuumepiikin aikana, sillä plasmodien määrä veressä on silloin korkeampi. Ensimmäisen näytteenoton yhteydessä otetaan myös laskimoverinäyte EDTA-putkeen malariapikatestiä varten. Näytteet pitäisi ottaa ennen kuin potilas on saanut malarialääkitystä. (Meri & Tyyni 2016, 20; Fimlab 2022; Huslab 2022; Centers for Disease Control and Prevention 2020a.)

Paksupisaravalmistetta tehdään ottamalla objektilasille iso veripisara ja hämmennetään toisen objektilasin kullmalla noin 1.5 x 1.5 cm kokoiselle alueelle 30 sekunnin ajan. Veripisaraa levitetään, jotta fibriiniverkon rakenne hajoaisi. Paksupisaravalmiste on sopivan paksusta, kun sen läpi pystytään lukemaan juuri ja juuri painotettua tekstiä. Paksupisaravalmisteessa on enemmän näytettä, joka mahdollistaa tehokkaamman loisten havaitsemisen ja näin ollen tekee siitä herkemmän kuin sivelyvalmiste. (Huslab 2022; Meri & Tyyni 2016, 20; Centers for Disease Control and Prevention 2020a.)

Sivelyvalmisteessa veripisara levitetään siten, että paksuus vähenee asteittain. Sivelyvalmisteen ohuessa päässä solujen tulee olla yksikerroksisia niin, että ne eivät kosketa toisiaan. Onnistuneen sivelyvalmisteen saamiseksi tarvitaan oikea veren määrä ja levitystekniikka. (Centers for Disease Control and Prevention 2020a.) Sivelyvalmistetta tehdään laittamalla objektilasin kirkkaaseen päähän pieni veripisara, jota levitetään lasille pitämällä vetolasia 30–45 asteessa ja työntämällä tasaisesti ja nopeasti objektinlasin toiseen päähän (World Health Organization 2016). Laadukas sivelyvalmiste on tasainen, eikä siinä ole aaltoja, viiruja ja reikiä (Vita 2021).

#### 4.2 Malarianäytteiden käsittely

Paksupisaravalmiste annetaan kuivua hyvin suojaten sitä pölyltä ja hyönteisiltä. Näyte tulee värjätä vasta, kun se on kuivunut kunnolla, muuten se voi irrota lasilta värjäyksen aikana. Paksupisaravalmisteitä ei kiinnitetä metanolilla tai lämmöllä, siksi ne tulee suojata kuumilta ympäristöiltä. (Centers for Disease Control and Prevention 2020a.) Paksupisaravalmistetta käsitellään yleensä Fieldsin värjäyksellä, joka tapahtuu erikoislaboratoriossa. Sitä voidaan värjätä Fieldsin lisäksi myös Giemsailla. Erikoislaboratorioon lähetetään kiinnittämätön ja värjäämätön paksupisaravalmiste. Värjäyksen periaatteena on hajottaa paksupisaravalmisteen punasolukerroksia osmoottisesti vedellä, jotta niiden sisällä olevia parasiitteja voitaisiin havaita paremmin mikroskoopissa. (Siikamäki, Jokiranta & Meri 2020; Huslab 2022.) Sivelyvalmiste ilmakeivataan heti teon jälkeen ja kiinnitetään metanolilla. (Centers for Disease Control and Prevention 2020a.)

Näytelasien värjäyksessä on mahdollista käyttää Giemsa- tai May-Grünwald-Giemsa-värjäystä (Meri & Tyyni 2016, 20). Giemsa on alkoholipohjainen Romanowsky-väri, joka koostuu eosiinista ja metyleenisiinistä. May-Grünwald-Giemsa (MGG) koostuu kahdesta liuoksesta, May-Grünwald- ja Giemsa-liuoksesta. May-Grünwald-liuos on myös alkoholipohjainen väri ja sen vaikuttavat värit ovat myös eosini ja metyleenisiininen. Eosiini värjää punasolut punertavaksi ja metyleenisiininen sytoplasmän sinertäväksi. Giemsa-liuoksessa on lisäksi atsuuriväri, joka vaikuttaa tuman värin intensiteettiin ja myös tehostaa solurakenteiden kontrastia. MGG-värjäyksessä verisolut värjäytyvät niiden sytokeemiallisten ominaisuuksien mukaan. (World Health Organization 2010, 32; Reagena 2018.)

Giemsa-värjäystä voidaan tehdä kahdella menetelmällä, jotka ovat nopea tai hidas menetelmä. Nopea värjäys menetelmä on tehokas ja siinä värjätään pienempi määrä laseja kerrallaan. Menetelmää käytetään, kun tarvitaan nopea diagnoosi potilaalle. Nopeassa menetelmässä käytetään 10-prosentista väriliuosta. Hitaassa menetelmässä väriliuos on 3 prosenttia ja sitä valitaan, kun värjätään suurempi määrä näytteitä. (World Health Organization 2016.) Giemsa-värjäyksessä käytetään laimennuspuskuria, jonka pH täytyy olla 7–7,2. Tällä saadaan infektoituneet punasolut pilkutuksineen helpommin havaittaviksi. Lasit huuhdellaan lopuksi vesijohtovedellä. (Meri & Tyyni 2016, 20.) Hyvin värjättyt lasit ovat erittäin tärkeää malarian diagnostiikassa, jotta malarialajit tunnistetaan oikein (World Health Organization 2016).

#### 4.3 Malariaplasmodien tunnistaminen

Malarialoisilla on eri kehitysvaiheita, joiden aikana niiden muoto vaihtelee suuresti. Tästä huolimatta loisen osat värjäytyvät aina samalla värillä jokaisessa kehitysvaiheessa. Onnistuneella värjäyksellä on helppo erottaa loisen eri osat. (World Health Organization 2010, 58.) Malariaplasmodit esiintyvät punasolujen sisällä. Sivelyvalmisteiden mikroskopoinnissa keskitytään vain punasolun sisäisiin rakenteisiin. (Meri & Tyyni 2016, 20–22.) Paksupisaravalmisteessa ei nähdä punasoluja, koska ne hajotetaan, jolloin loiset pääsevät vapaaksi (Mbanefo & Kumar 2020, 3). Paksupisaravalmisteessa loiset ovat hyvin nähtävissä, mutta ne näyttävät pienimmiltä kuin sivelyvalmisteessa. Punasolujen puuttuminen voi vaikeuttaa joidenkin pisteiden, pilkkujen tai täplien havaitsemista, kuten Schüffnerin pisteet. Mitä paksummalle alueelle mennään näytelasilla, sitä haastavammaksi muuttuu niiden erottaminen. (World Health Organization 2010, 60.)

Malarialoisen kromatiini on yleensä pyöreä ja se värjäytyy kirkkaan punaiseksi. Sytoplasma värjäytyy siniseksi, mutta sinisen sävy voi vaihdella lajien välillä ja joskus sillä voi olla lajia erottava ominaisuus. Loisen kasvaessa pigmenttiä ilmestyy ja sen väri vaihtelee kullanuskeasta mustaan. Pigmenttirakeiden väri ja koko vaihtelee lajin mukaan. Täplät, pisteet tai pilkut kuvaavat loisen vaikutusta isäntäsoluun, jota korostaa onnistunut värjäys. Tunnetuin ja helpoiten tunnistettava on Schüffnerin pisteet, jotka ovat joukko vaaleanpunaisia pisteitä. Schüffnerin pisteet tavataan joissain *P. vivax* -lajin infektoimissa soluissa. *P. ovale* -lajilla esiintyy violetteja James-pisteitä, jotka voivat peittää jopa itse loisen. James pisteitä-voidaan kutsua myös Schüffnerin pisteiksi. Muita pilkkuja, täpliä tai pisteitä, kuten Mauer-halkeamia, jotka esiintyvät *P. falciparum* -lajilla on vaikeampia havaita. Tämä myös riippuu paljon värjäyksen laadusta. Paksupisaravalmisteessa niitä ei nähdä ollenkaan. (World Health Organization 2010, 52–60.)

#### 4.4 Malariaplasmodien kehitysvaiheet

Kaikki malarian loisajit käyvät läpi eri vaiheita kehitysjaksonsa aikana ja niillä on eri visuaalinen ulkonäkö jokaisessa vaiheessa, joita voidaan nähdä mikroskoopilla. Nämä vaiheet ovat trofotsoiitti-, skitsontti- ja gametosyytti-vaiheet. Ei vakavassa malariassa nähdään enimmäkseen *P. falciparum*-lajin nuoria kehitysvaiheita, kun taas vaikeassa malariassa voidaan nähdä kaikkia kehitysvaiheita. (Poostchi ym. 2018, 40.)

Trofotsoiitti vaihe on yleisin malarialoisen kehitysvaihe, jota nähdään sively- ja paksupisaravalmisteissa. *P. falciparum*-lajin infektoimissa punasoluissa nähdään yleensä vain pienet ohuet renkaat, joita kutsutaan sormusmuodoiksi. Yhdessä punasolussa voi olla monta rengasta. Loisen koko voi vaihdella pienestä melko suureen, yleensä noin viidennes punasolusta. Yleensä sillä on vain yksi kromatiini, *P. falciparum*-lajilla voi olla kaksi. Sytoplasmalla on erilaisia muotoja, selkeästä ja hienosta renkaasta epäsäännöllisiin muotoihin. Paksupisaravalmisteissa joidenkin trofotsoiittien sytoplasmien renkaat voivat olla rikkinäisiä tai epätäydellisiä. Loisen kasvaessa pigmenttiä alkaa ilmestyä siihen. Perifeerisessä veressä *P. falciparum*-lajilla ei yleensä havaita muita malarian kehitysvaiheita (World Health Organization 2010, 53–60; Meri & Tyyni 2016, 20–22.)

Skitsontti vaihe on helpompi tunnistaa. Skitsontti vaihe saa alkunsa siitä, kun trofotsoiitti jakautuu kahtia. Parasiitti lisääntyy yksinkertaisesti jakautumalla tytärsoluiksi (merotsoiiteiksi). Parasiitti jatkaa lisääntymistään aseksuaalisesti, joka johtaa skitsontin suurenemiseen. Skitsontti vaiheessa on monia kromatiinikappaleita, jossa jokaisella on oma sytoplasmansa. Merotsoiittien lukumäärät auttavat joskus lajin tunnistuksessa. (World Health Organization 2010, 54.)

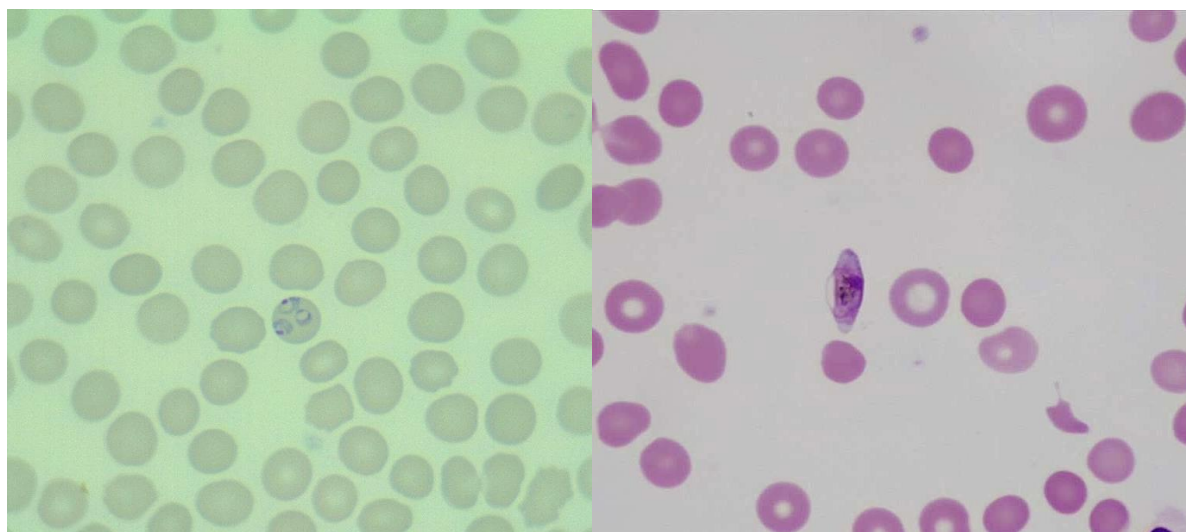
Gametosyytti vaiheessa loiset ovat pyöreitä tai banaanin muotoisia. Gametosyyttien muoto riippuu siitä, mikä laji on kyseessä. Gametosyyttejä on urospuolisia sekä naaraspuolisia. Naaraspuolisia kutsutaan makrogametosyyteiksi ja urospuolisia mikrogametosyyteiksi. Sivelyvalmisteesta pystyy erottamaan naaraspuolisen ja urospuolisen gametosyytin niiden värjäytyvyyden perusteella, mutta paksupisaravalmisteissa niiden erottaminen on hankalampaa. Naaraspuolisella gametosyytillä on selkeä punainen kromatiini ja sininen (deep blue) sytoplasma. Urospuoliset gametosyytit värjäytyvät punertaviksi ja niiden kromatiini on epäselvä ja ei niin helposti havaittavissa. (World Health Organization 2010, 54–56.)

#### 4.5 Malarialajien tunnistaminen

Mikroskopointi mahdollistaa ihanteellisesti lajien erottamisen. Nuoret rengasvaiheen loiset ovat kuitenkin vaikea erottaa ja toistuvia virhediagnooseja on raportoitu alueilla, joilla esiintyy samanaikaisesti *P. falciparum* ja *P. vivax*. On todettu, että *P. knowlesi*-lajia ei voida luotettavasti erottaa *P. malariae*-lajista. On kuitenkin yleistä, että *P. knowlesi*-lajia virhe diagnosoidaan muidenkin lajien kanssa. (Barber, William, Grigg, Yeo & Anstey 2013, 2.) Sivelyvalmisteissa malarialajit voidaan tunnistaa loisen infektoiman punasolun muutoksilla ja täplien, pisteiden ja pilkkujen avulla. (World Health Organization 2010, 58). Paksupisaravalmisteet eivät sovellu parasiitin morfologian optimaaliseen tarkasteluun. Niistä on vaikeaa tunnistaa malarialaji, siksi ne eivät usein riitä malarialoisten lajitunnistukseen. Jos paksupisaravalmiste on positiivinen malarialoisten suhteen, niin lajitunnistukseen tulisi käyttää sivelyvalmistetta. (Centers for Disease Control and Prevention 2020a.)

Yleisin haaste paksupisaravalmisteissa on *P. falciparum* ja *P. vivax*-lajien nuorten rengasvaiheiden erottaminen toisistaan. *P. falciparum*-lajilla nähdään enimmäkseen vain nuoria trofotsoiitti vaiheita eli sormusmuotoja (kuva 1) suurina määrinä, jotka erottuvat hyvin. Trofotsoiitit voivat olla myös pilkunmuotoisia tai ameboidimaisia. Useasti infektoituneita punasoluja voidaan nähdä etenkin *P. falciparum*-lajilla. Kypsien trofotsoiittien sytoplasma on yleensä tiheämpi, kuin nuorten. *P. falciparum*-lajin kypsiä trofotsoiitti ja skitsontti vaiheita esiintyy harvoin, niitä voi esiintyä kuitenkin vaikeassa malariassa. Skitsontissa on 8–24 pientä merotsoiittia, joilla on tumma pigmentti ja ovat yleensä yhtenä massana. Gametosyytit ovat *P. falciparum* lajilla enimmäkseen makkaran (kuva 1), banaanin tai pyöreän muotoisia. Gametosyytin nuoret muodot ovat teräväpäisiä, mutta niitä nähdään harvoin. Makrogametosyytin sytoplasma on yleensä tummempi ja mikrogametosyytin vaaleampi. Makrogametosyytillä on myös punainen kromatiini ja pigmentti karkeampaa, kuin mikrogametosyytillä. (World Health Organization 2010, 58–70; Centers for Disease Control and Prevention 2020d.)

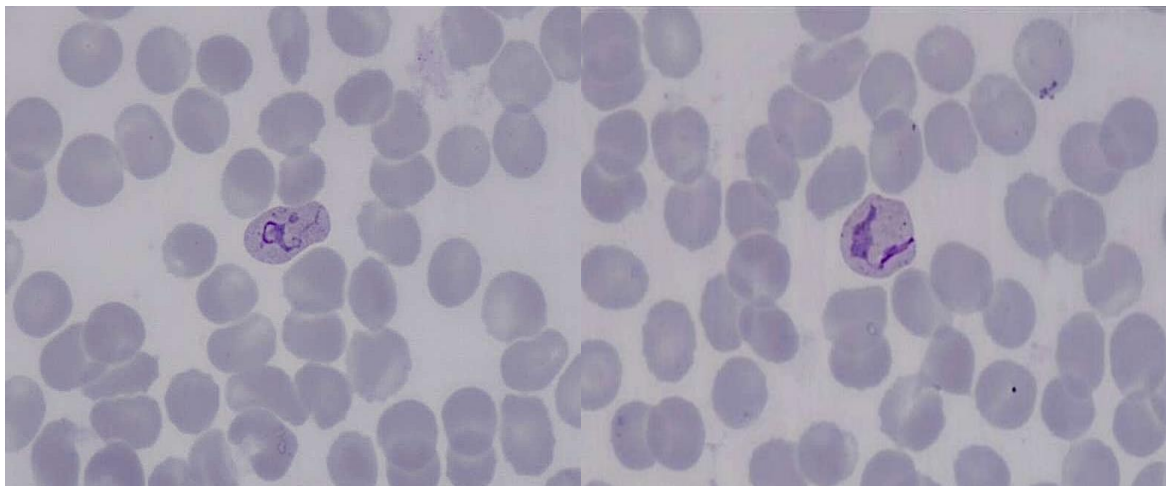
*P. falciparum*-lajilla ei ole välttämättä vaikutusta isännän soluihin, ja renkaat ovat yleensä pieniä ja myös pysyvät sellaisina. Sivelyvalmisteessa punasolun koko pysyy samana, mutta muoto poikkeaa normaalista ja on punertava/sinertävä tummalla reunalla. Hyvin värjäytyneissä sivelyvalmisteissa voi näkyä Mauer-halkeamia. Mauer-halkeamat voivat muistuttaa Schüffnerin pisteitä, joita nähdään *P. vivax* ja *P. malariae*-lajeilla, mutta ovat yleensä suurempia ja karkeampia. (World Health Organization 2010, 58–70; Centers for Disease Control and Prevention 2020d.)



KUVA 1. Vasemmalla on *P. falciparum*-lajin rengasmuotoinen trofotsoiitti ja oikealla makkaran muotoinen gametosyytti veren sivelyvalmisteessa (Hussaini & Ali 2022).

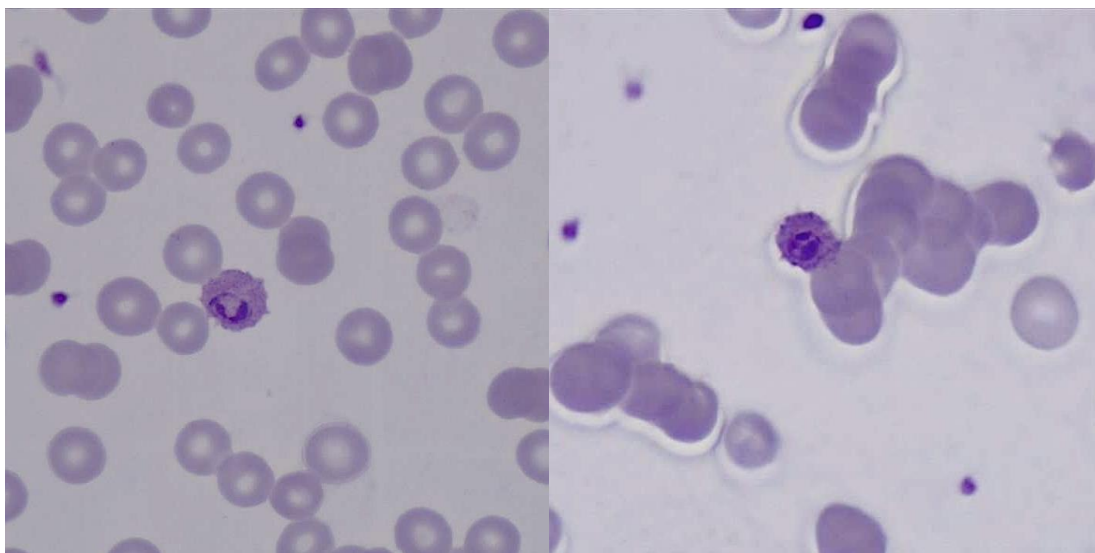
*P. vivax*-lajilla esiintyy yleensä trofotsoiitti (kuva 2) ja skitsontti vaiheita, joita tunnistaa mikroskooppilla Schüffnerin pisteistä ja suurentuneista punasoluista. *P. vivax*-lajilla voi myös näkyä muita kehitysvaiheita. Paksupisaravalmisteessa saattaa myös näkyä haamu punasoluja, etenkin näytelasin reunoilla. Lajin rengasmuodot ovat yleensä rikkoutuneita ja epäsäännöllisen muotoisia ja niillä on paksu sytoplasma, jossa on yksi kromatiinipiste. Schüffnerin pisteet ilmaantuvat trofotsoiittien kypsyessä. Skitsontit ovat kooltaan suuria ja niissä on 12–24 merotsoiittia, joista jokainen sisältää kromatiinipisteen ja sytoplasmaa. Sen nuoret gametosyytit ovat vaikeita erottaa kypsistä trofotsoiiteista. Kypsät gametosyytit ovat pyöreitä muodoltaan ja kooltaan suuria. Makrogametosyytit voivat olla myös soikeita ja ne täyttävät yleensä punasolun kokonaan. Sytoplasma on yleensä tumman sinistä ja sisältää

ruskeaa pigmenttiä. Mikrogametosyytit ovat yleensä infektoimattoman punasolun kokoisia, joilla on vaaleampi sininen, vaaleanpunainen tai harmaa sytoplasma. Sivelyvalmisteessa lajin punasolut ovat merkittävästi suurentuneita ja ovat muodoltaan pyöreitä tai kulmikkaita. Useasti infektoituneita punasoluja voi myös esiintyä. (World Health Organization 2010, 58–70; Centers for Disease Control and Prevention 2020d.)



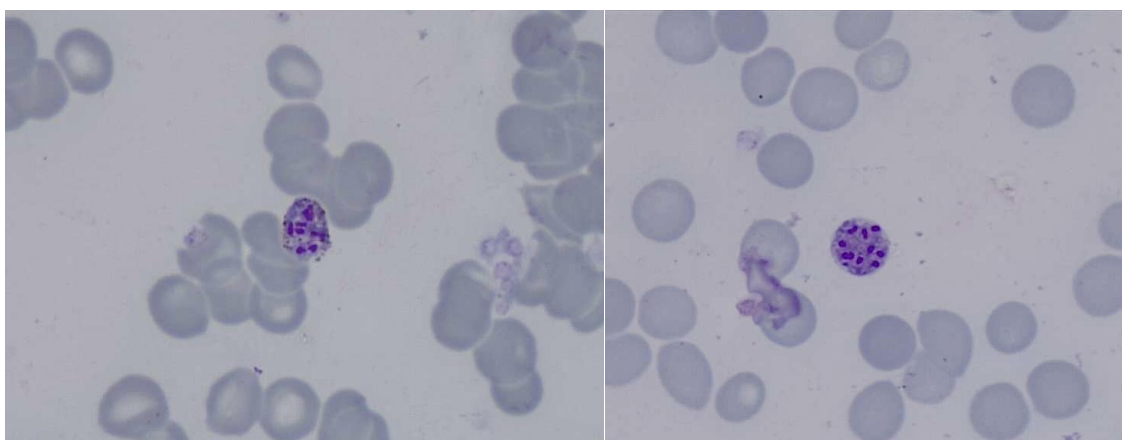
KUVA 2. *P. vivax* -lajin trofotsoiitti vaiheet veren sivelyvalmisteessa (Hussaini & Ali 2022).

*P. ovale* -lajilla voi esiintyä kaikkia muotoja. James/Schüffner-pisteitä näkyy selvästi haamu punasoluissa, enimmäkseen näytelasin reunoilla. *P. ovale* -lajin trofotsoiitit (kuva 3) voivat olla kooltaan pienempiä kuin *P. vivax* -lajin. Trofotsoiitit ovat pyöreitä renkaanmuotoisia ja kooltaan pieniä. Lajin sormusmuodot voi olla vaikea erottaa *P. falciparum* -lajin sormusmuodoista, koska molemmilla voi esiintyä useasti infektoituneita punasoluja. Trofotsoiittien kypsyessä voi esiintyä Schüffnerin pisteitä ja punasolut voivat hieman suurentua. Skitsontit voivat muistuttaa *P. vivax* -lajin skitsontteja, mutta ne ovat pienempiä ja sisältävät vähemmän merotsoiitteja. Merotsoiitteja nähdään 4–12, yleensä 8. Skitsontit saattavat venyä ovaaliin muotoon ja Schüffnerin pisteitä voidaan nähdä hyvällä värjäyksellä. Nuoret gametosyytit ovat vaikeasti erotettavissa trofotsoiiteista. Kypsät gametosyytit ovat pyöreitä ja saattavat olla pienempiä kuin *P. vivax* -lajilla. Kypsät makrogametosyytit täyttävät punasolun kokonaan. Mikrogametosyytit ovat pienempiä kooltaan ja ne eivät kykene täyttämään punasolua. *P. ovale* -lajin infektoimat punasolut ovat hieman suurentuneita, joilla voi olla joskus hapsumaiset/karvamaiset reunat tai olla muodoltaan soikea. (World Health Organization 2010, 58–66; Centers for Disease Control and Prevention 2020d.)



KUVA 3. *P. ovale* -lajin trofotsoiitti vaiheet sivelyvalmisteessa (Hussaini & Ali 2022).

*P. malariae* -lajin kaikkia kehitysvaiheita voidaan nähdä. Lajin trofotsoiitit ovat rengasmuotoisia ja pyöreitä ja kooltaan pieniä ja tiheitä. Yleensä nähdään yksi iso kromatiini ja sytoplasma on säännöllinen ja tiheä. Pigmenttiä on runsaasti ja vanhemmissa muodoissa on keltaista sävyä. Trofotsoiittien kypsyessä, niiden sytoplasma venyy, jolloin ne muodostavat "band" muotoja tai soikeita "basket" muotoja. *P. malariae* -lajin skitsontit ovat myös pienikokoisia ja tiheitä, joissa on 6–12 merotsoiittia (kuva 4). Merotsoiitit ryhmittyvät karkean tummanruskean pigmentin ympärille. Kypsät skitsontit täyttävät punasolun lähes kokonaan. Lajin nuoria ja joitain tiettyjä gametosyyttejä on vaikeaa erottaa kypsistä trofotsoiiteista. Gametosyytit ovat pyöreitä tai soikeita ja ne voivat melkein täyttää tartunnan saaneen punasolun. Sytoplasmassa nähdään hajallaan olevaa ruskeaa pigmenttiä. *P. malariae* -lajin gametosyyttien sytoplasma värjäytyy siniseksi ja kromatiini vaaleanpunaisesta punaiseen. Sivelyvalmisteessa punasolujen koko on normaali tai hieman normaalia pienemmät ja niissä ei ole värimuutoksia. Punasoluun ei ilmesty pisteitä, täpliä tai pilkkuja, mutta poikkeuksena voi olla voimakas värjäys. (World Health Organization 2010, 58–66; Centers for Disease Control and Prevention 2020d.)



KUVA 4. *P. malariae* -lajin skitsontti vaiheet sivelyvalmisteessa (Hussaini & Ali 2022).

*P. knowlesi* -lajin nuoret trofotsoiitin rengasmuodot ovat samanlaisia kuin *P. falciparum* -lajin, joiden renkaissa voi olla kaksi kromatiinipistettä. *P. knowlesi* -lajilla myös olla suorakaiteen muotoisia renkaita lisä kromatiinipisteillä. Kehittyvissä trofotsoiiteissa voi esiintyä nauhamuotoja ulkonäöltään samanlaisia kuin *P. malariae* -lajin. Vakuoli katoaa vähitellen trofotsoiitti vaiheen kypsyessä, jolloin loinen pienenee ja tiivistyy. Pigmenttiä ilmestyy tummina rakeina ja punaisen nukleolin koko kasvaa. Pisteitä alkaa myös ilmestyä, joita kutsutaan Sintonin ja Mulliganin pisteiksi, joita voidaan nähdä kehittyvissä skitsonteissa. Merotsoiitteja nähdään keskimäärin 10, mutta niitä voi olla jopa 16. Kypsässä skitsontissa merotsoiitit voivat kuitenkin näkyä vain yhtenä massana. Skitsontin kypsyessä, se täyttää punasolun ja pigmentti kerääntyy yhdeksi tai muutamaksi massaksi. *P. knowlesi* -lajin makrogametosyytit ovat yleensä pallomaisia. Niiden sytoplasma värjäytyy siniseksi ja ydin punaiseksi. Pigmentti on epäsäännöllisesti hajallaan sytoplasmassa ja on karkeaa ja mustaa. Mikrogametosyytti voi olla kooltaan pienempi kuin makrogametosyytti. Sen sytoplasma on vaaleanpunainen ja ydin värjäytyy tummemman punaiseksi. (Centers for Disease Control and Prevention 2020c.)

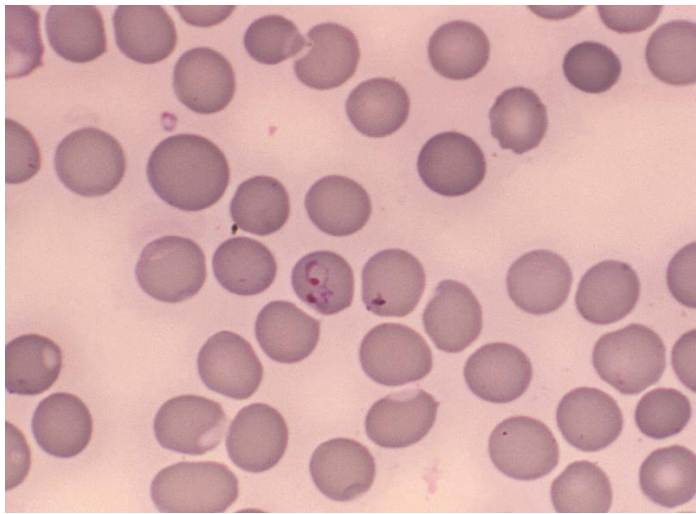
#### 4.6 Artefaktat

Näytelaseilla on suuri sienikontaminaatoriski, mikäli niitä ei värjätä 48 tunnin kuluessa näytteenotosta, etenkin kosteassa ja lämpimässä ilmastossa. Paksupisaravalmisteet täytyy säilyttää kuivassa, kunnes niitä värjätään, jotta sienikontaminaatoriski olisi minimaalinen. (World Health Organization 2010, 61.) Käytettävien objektilasien tulee olla puhdistettu ja varastoitu oikein ennen käyttöä. Niitä täytyy suojata kosteudelta ja rasvoittumiselta sekä täytyy varoa, ettei niihin pääse kasvamaan sientä. Näin vältetään yleisimmät artefaktat malarian diagnosoinnissa ja myös näytteen irtoaminen ja huuhtoutuminen pois objektiivilasilta värjäyksen aikana. Objektiivilasia ei käytetä enää uudestaan, vaan se on hävitettävä ensimmäisen käyttökerran jälkeen. Mikroskoopit on peitettävä, kun niitä ei käytetä ja niitä on vältettävä säilyttämistä kosteissa paikoissa, jotta mikroskoopin linssiin ei pääse kasvamaan sientä. Mikroskooppeja on myös puhdistettava asianmukaisesti. (World Health Organization 2015, 22.)

On myös mahdollista, että märkiin äskettäin valmistettuihin näytelaseihin siirtyy ilmassa olevaa siitepölyä ja itiöitä. Tämän kontaminaation mahdollisuus on suurempi tiettyinä vuodenaikoina ja kehittyvissä maissa. Itiöt voivat imeä väriä itseensä, jos ne pääsevät näytelasille ennen, kuin näyte on kuivunut. Tämä vaikeuttaa mikroskopiijan työtä ja virhediagnosoinnin riski voi suurentua. Sen voi ehkäistä säilyttämällä lasit kannellisessa kotelossa tai telineessä. Näytteenoton aikana huonosti puhdistettu sormi voi myös kontaminoida näytettä. Kynsien alla olevat bakteerit voivat helposti sekoittaa näytteeseen, mikäli näytelasille otetaan verta, joka on valunut kynsien alta. Siksi hyvä hygienia on erittäin tärkeää näytteenoton ja näytteen käsittelyn joka vaiheessa. (World Health Organization 2010, 61.)

Väärän negatiivisen tuloksen voi aiheuttaa erittäin alhainen parasitemiaprosentti. Mikäli on epävarma tuloksesta, on otettava uusi näyte potilaalta. Laboratoriohenkilökunnan vajaa koulutus ja epävarmuus voivat aiheuttaa vääriä positiivia tai vääriä negatiivisia tuloksia. Näytelasien huono värjäytyvyys voivat myös aiheuttaa vääriä tuloksia. On oltava tarkkana lasien värjäyksessä ja värjäys tulee suorittaa ohjeiden mukaisesti. (World Health Organization 2015, 69–71.)

On olemassa useita tiloja ja sairauksia, jotka aiheuttavat tumallisten punasolujen eli erythroblastien vapautumista verenkiertoon. Kyseiset tumalliset punasolut voidaan nähdä mikroskoopilla veren sive-lyvalmisteesta, jolloin malariaa tutkiessa niitä voidaan sekoittaa skitsontteihin. Veren venyneet ja epämuodostuneet verihütaleet voidaan myös sekoittaa malarialoiseen. (Centers of Disease Control and Prevention 2016a.) On myös mahdollista, että malarialoisia sekoitetaan babesiaan. Babesia infektion aiheuttaa mikroskooppiset loiset, jotka leviävät tietynlaisten punkkien välityksellä ihmiseen. Babesia loiset (kuva 5) näyttävät morfologisesti samanlaisilta malaria loisten kanssa, etenkin *P.falciparum* -lajin rengasmuotojen kanssa. Babesia aiheuttaa myös akuutin kuumeisen taudin ja loinen infektoi punasoluja, niin kuin malariassa. (González ym. 2018, 222; Centers for Disease Control and Prevention 2019.)



KUVA 5. Kuvan keskellä punasolun sisällä nähdään Babesia microti- parasiitti (Centers for Disease Prevention and Control 1977.)

## 5 E-OPPIMATERIAALI

E-oppimateriaali tarkoittaa kaikkea oppimateriaaliksi tarkoitettua sisältöä, jota on saatavilla verkosta. E-oppimateriaalista käytetään myös verkko-oppimateriaali ja digitaalinen oppimateriaali termiä. Ne ovat esimerkiksi verkosta saatavia opetukseen tarkoitettuja kuvapankkeja, itsenäisiä verkkokursseja ja oppikirjojen oheismateriaalia. E-oppimateriaali pelkästään ei yleensä ole riittävä tekemään oppimisesta ja opetuksesta korkealaatuista. (Opetushallitus julkaisuaika tuntematon.)

### 5.1 Laadukas oppimateriaali

Laadukkaassa oppimateriaalissa tärkeitä oppimisen piirteitä ovat oppimisen yhteisöllisyyden ja yhteistyön tukeminen, taitojen tukeminen oppimisessa, aktiivisuuden tukeminen, tehtävien haasteellisuus, avoimuus ja autenttisuus. Yhteisöllinen työskentely tarkoittaa kohteen kehittämistä yhteisesti. E-oppimateriaali voi ohjata oppijaa arvioimaan omaa osaamista ja suoritusta, jolloin tästä on apua oppijan taitojen kehittämisessä. E-oppimateriaalin tulee tukea oppijan aktiivisuutta. Aktiivisuudella tarkoitetaan tässä, että käyttäjien on voitava eri tehtävissä arvioida, vertailla, pohtia tai valita. Eli ei riitä pelkästään "rasti ruutuun" aktiivisuus vaan on oltava ajattelun aktiivisuutta. Tehtävistä tekee kiinnostavan ja oppijaa motivoivan sen haasteellisuus, avoimuus ja autenttisuus. Oppijan pitää pystyä innostumaan opittavan ilmiön sisällöllisistä ja toiminnallisista mahdollisuuksista. (Opetushallitus julkaisuaika tuntematon.)

Laadukasta oppimateriaalia voi käyttää oppilaiden osaamisen, kiinnostuksen ja tarpeiden mukaan. Se tukee yhteistä ja pitkäkestoista työskentelyä, ja sillä pystyy aktivoimaan oppilaan ajattelua ja tukee heidän oppimistaan. Laadukas oppimateriaali keskittyy ydinasioihin opetettavasta aiheesta. Hyvä e-oppimateriaali on toiminnallisesti helppokäyttöinen ja ulkoasultaan tukee pedagogisia ja sisällöllisiä tavoitteita. (Ilomäki 2012, 10.)

Pyrimme tekemään pedagogisesti laadukasta e-oppimateriaalia. Pedagoginen laatu tarkoittaa e-oppimateriaalissa sitä, että oppimateriaali on luontevasti sovelias opetus- ja opiskelukäyttöön. Pedagogisesti laadukas e-oppimateriaali tukee oppilaan opetusta ja oppimista. Pedagogista laatua edustavat oppilaan tietoista ajattelua ja hänen aktiivista toimintaansa tukevat oppimateriaalit. (Opetushallitus julkaisuaika tuntematon.)

### 5.2 Kiinnostus ja motivaatio

Oppijan kiinnostusta herättävät sellaiset asiat, jotka kiinnittävät oppijan tarkkaavaisuutta työskentelyssä tai tehtävässä. Tehtävää tai työskentelyä kohtaan kiinnostuksen pituus riippuu, tukeeko tehtävän muut ominaisuudet säilyttämään kiinnostusta. Oppija itse myös saattaa onnistua ylläpitämään kiinnostustaan. Usein oppilaan kiinnostuksen herättää semmoiset tehtävät tai oppimateriaalit, jotka sisältävät yllätyksellisiä, konkreettisia, humoristisia, uusia ja intensiivisiä elementtejä juttuja. Näitä ominaisuuksia voi sisällyttää tiedonesittämistapoihin, kuten tekstejä, kuvia, videoklippejä, animaatioita ja auditiivisiä esityksiä. Ohjelmien esteettiset seikat voivat myös tukea kiinnostusta. Oppimateriaalissa näiden yksityiskohtien tehtävä on houkutella oppilas oppimaan. Teknologiasovellusten käyttäminen voi olla oppilaille mieluisaa, koska simulaatiot ja verkkotyöskentely voivat olla sosiaalisempi

ja rennompi työskentelytapa heille. Haastavuus verkko-oppimisessa voi tulla ilmi vasta, kun on työskennellyt jonkin aikaa. On havaittu, että verkko-oppimisessa opiskelijoiden itseluottamus tehtävän suorittamiseen on laskenut, kun ovat tulleet tietoisiksi työskentelyn haastavuuksista. Verkko-oppiminen voi olla kiinnostavaa opiskelijoille, mutta myös haastavaa ja kuormittavaa. (Tapola & Veermans 2012, 75–77.)

## 6 TARKOITUS JA TAVOITE

Opinnäytetyö on toteutettu kehittämistyönä. Kehittämistyömme tuotos on tietotesti, joka on toteutettu Moodleen tenttityökalulla. Kehittämistyön tarkoituksena on tuottaa tietotesti malariasta bioanalyttikko-opiskelijoille. Tavoitteena on kehittää bioanalyttikko-opiskelijoiden malariaosaamista ja tukea heidän opiskeluansa.

## 7 KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyömme menetelmänä oli kehittämistyö. Kehittämistyö koostuu eri vaiheista, jotka ovat kehittämistarpeen tunnistaminen, ideointivaihe, suunnittelu, toteutus, tulos ja tuotos, arviointi sekä päätösvaihe. Kehittämään lähdetään, kun jossain asiassa on ilmennyt muutostarve eli kehittämissarve. Kehittämistyön täytyy olla aina tarvelähtöistä, tarkoituksenmukaista tavoitteeltaan ja suunniteltu täsmällisesti. Kehittämistyö on näyttöön ja tutkittuun tietoon perustuvaa. Tutkimuksellinen työ eroaa kehittämistyöstä siten, että tutkimuksen peruslähtökohtana on pyrkimys uuden tiedon tuottaminen, joita tuotetaan tieteellisten tutkimusmenetelmien avulla. Se sisältää omat perinteet ja säännöt, jotka voivat olla jopa vuosia samoja. Kehittämistyön tavoitteena on taas usein jonkin asiantilan tai toiminnan muutos. (Salonen, Eloranta, Hautala & Kinos 2017.)

Kehittämistyön ensimmäinen vaihe on aloitusvaihe, jolloin kehittämistarve tunnistetaan. Aloitusvaiheessa kehittämistyön tekijät puhuvat yhdessä työn onnistumisen kannalta merkityksellisistä asioista ja aiheen rajauksesta. Aloitusvaiheen jälkeen tulee kehittämistyön suunnitteluvaihe, jolloin tehdään kirjallinen kehittämissuunnitelma, kuten opinnäytesuunnitelma. Suunnitteluvaiheen jälkeen siirrytään työstövaiheeseen eli työn toteutukseen. Työstövaiheessa toteutuvat kaikki kehittämistyön osatekijät, jotka ovat toimijat, TKI-menetelmät (kehittämiss- ja tiedonhankintamenetelmät) eli miten työ tehdään, aineistot ja materiaalit sekä dokumentointitavat. Työstövaiheessa tulevat esille kaikki ammatilliset edellytykset, kuten suunnitelmallisuus, vastuullisuuden tunne, itsenäisyys, vuorovaikutustaidot, sitkeys, itsensä kehittäminen ja epävarmuuden sietokyvyn lisääntyminen. Kehittämistyön tuloksena syntyy yleensä jokin konkreettinen tuote. Tuotoksella tarkoitetaan palvelua, tuotetta, opasta, mallia, toimintatapaa tai jotain muuta innovaatiota. Opinnäytetyön raportti on kirjallinen raportti tuotoksesta, jossa esitellään tuotosta. (Salonen 2013, 17–19.)

Kehittämistyössämme oli tarvetta oppimateriaalille malariasta Savonia-ammattikorkeakoulun bioanalytiikko-opiskelijoille, jota lähdimme työstämään. Meidän kehittämistyömme tuotos on tietotesti, joka on toteutettu Moodlessa. Tietotestiä on tarkoitus käyttää kliinisen mikrobiologian opintojaksolla. Työmme tilaajana toimi Savonia-ammattikorkeakoulu, joka toimii Pohjois-Savon alueella. Savonia on yksi suurimmista ammattikorkeakouluista Suomessa, jolla on kampuksia Iisalmessa, Kuopiossa ja Varkaudessa. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2022a.)

### 7.1 Suunnittelu

Suunnitteluvaihe sisältää kirjallisen opinnäytesuunnitelman teon. Opinnäytesuunnitelmassa asetetaan työlle tarkoitus ja tavoitteet. Opinnäytesuunnitelmassa tulee esille myös työn menetelmät, materiaalit, aineistot ja tiedonhankintamenetelmät. Nämä asiat kuvataan suunnitelmassa sen mukaan, mitä siinä vaiheessa tiedetään. Suunnitelmassa ei kuitenkaan aina voida näitä asioita kuvata tarkasti ja yleensä ne tarkentuvat työskentelyn aikana. Työskentelyn huolellinen suunnittelu on kuitenkin tärkeää. (Salonen 2013, 17.)

Aiheemme oli valmiiksi tarjolla aihepajassa ja päädyimme valitsemaan kyseisen aiheen, koska se herätti kiinnostuksemme. Mietimme ensimmäisenä aihetta ja sen rajausta yhdessä ohjaajamme kanssa. Aloitimme työn perehtymällä ja etsimällä tietoa aiheesta ja mietimme, millä hakusanoilla

saisimme tarvittavat tiedot. Kehittämistyössämme oli alussa tarkoitus tehdä kuvapankki malarianäytteistä tietotestin lisäksi. Ohjaajamme suositteli kuitenkin, että jättäisimme kuvapankin pois ja keskityisimme pelkästään tietotestiin, koska työ olisi ollut liian laaja. Rajasimme aiheemme siten, että kehittämissämme tuotoksena syntyisi pelkästään tietotesti. Pohdimme asioita, jotka ovat malariasolujen mikroskopoinnin kannalta tärkeitä. Halusimme tuotoksemme keskittyvän malarian kiertokulkuun, malarialajeihin ja niiden kehitysvaiheisiin. Malarian kiertokulun ymmärtäminen on tärkeää, koska se luo perustan loisen käyttäytymisen ja sen kehitysvaiheiden ymmärtämiselle. Malarian hoito riippuu lajista, siksi lajien tunnistaminen on myös erittäin tärkeää. Mikroskopoinnissa artefaktat saattavat aiheuttaa haastavuuksia malarialoisen tunnistamisessa varsinkin, jos ei ole paljon kokemusta malarialoisten mikroskopoinnista. Tämän takia halusimme tuotoksemme sisältävän myös jotain artefakteista. Tietotestin tuottamiseen kokeilimme erilaisia työkaluja, joita ohjaajamme suositteli. Tarkoituksena oli ottaa Savonia-ammattikorkeakoulun Labquality-malarianäytteistä mikroskoopilla kuvia, joita käyttäisimme tietotestissä. Mietimme ja pohdimme ohjaajamme kanssa, mitä sovelluksia tai ohjelmia voisimme käyttää malarianäytteiden kuvien otossa mikroskoopilla. Aloitimme opinnäytesuunnitelman teon myöhemmin mitä olimme suunnitelleet, joten olimme vähän jäljessä aikataulusta.

Suunnitelman teon aloitimme hakemalla kansainvälistä, luotettavaa ja ajankohtaista tietoa malariasta. Tiedonhaussa käytimme malariaan liittyviä hakusanoja englanniksi sekä suomeksi, esimerkiksi malaria, malarian lajit, *P. falciparum*, malarian kiertokulku ja malarian diagnostiikka. Etsimme myös englanninkielisiä aineistoja, jossa käytimme hakusanoja malaria, malaria diagnostic, malaria species, malaria morphology, malaria diagnostic methods ja malaria microscopy.

Tietotestin tekoon olimme suunnitelleet käyttävämmekä Moodlen H5P-työkalua. H5P-lisäosan avulla voidaan luoda interaktiivisia HTML5-sisältöjä Moodleen. Näitä sisältöjä ovat esimerkiksi interaktiiviset videot ja vuorovaikutteiset esitykset. (Mediamaisteri julkaisuaika tuntematon.) Myöhemmin päädyimme kuitenkin käyttämään Moodlen tenttityökalua, koska koimme sen olevan selkeämpi ja helpokäyttöisempi. Opiskelijoille Moodlen tenttityökalu on tuttu, koska yleensä tentit toteutetaan kyseisellä työkalulla. Ajattelimme sen olevan parempi vaihtoehto opiskelijoille. Moodlen tenttityökalu oli myös meille helpokäyttöisempi ja vastasi enemmän odotuksiamme.

Suunnitteluvaiheessa mietimme, minkälaisen opetusmateriaalin haluamme tuottaa ja, mitkä ovat asioita, joita pidämme tärkeänä ja merkityksellisenä opetusmateriaalissa. Näiden lisäksi haimme tietoa ja kriteerejä laadukkaan opetusmateriaalin tuottamiseen. Suunnittelimme kuviota, johon kokosimme kriteerit, jonka halusimme opetusmateriaalimme täyttävän (kuva 6).



KUVA 6. Asettamamme kriteerit opetusmateriaalimme tuottamiseen.

## 7.2 Toteutus

Suunnitteluvaiheen jälkeen siirryimme toteutusvaiheeseen, kun suunnitelmamme oli hyväksytty. Toteutusvaiheessa keräsimme enemmän aineistoja aiheestamme ja kokeilimme kuvien ottoa mikroskoopilla eri tekniikoita ja sovelluksia käyttäen. Työssämme loimme tietotestin, jossa käytimme Savoia-ammattikorkeakoulun Labqualityn-malarialaseista ottamiamme kuvia. Aluksi käytimme muistikorttia, jonka sai laitettua mikroskooppiin kuvien ottoon ja tallentamiseen, mutta päädyimme lopulta ottamaan kuvat puhelinsovelluksella. Kuvien otossa käytimme Leica-mikroskoopille tarkoitettua Leica Airlab v2.0 -sovellusta puhelimella, koska sillä saimme kuvista paremman laatuiset, kuin muistikortti tekniikalla. Sovelluksen avulla saimme kuvat helposti siirrettyä tietokoneelle käyttöömmme. Saimme otettua jokaisesta malarialajista jonkin kehitysvaiheen kuvia. Saimme 77 kuvaa yhteensä, ja niistä valikoimme laadukkaimmat kuvat käyttöömmme. Emme kuitenkaan saaneet kuvia jokaisen malarialajin kaikista kehitysvaiheista, koska tiettyjen lajien joitain kehitysvaiheita nähdään todella harvoin. Tämän takia käytimme kehittämistyössämme myös WHO:n kuvia, johon saimme käyttöluvan.

Kehittämistyössämme loimme Moodleen kliinisen mikrobiologian opintojaksolle tietotestin Moodlen tenttityökalulla, jossa opiskelijat voivat harjoitella ja testata malariaosaamistaan. Tietotesti on monivalintatehtävän tapainen, johon osaan kysymyksistä liitimme kuvia malariaplasmoidien eri kehitysvaiheista, joita pitäisi tunnistaa. Kuvien yhteydessä avasimme vähän potilaan tilaa, esimerkiksi matkustushistoria, potilaan ikä ja oireet. Kuvan lisäksi laitoimme noin 4 eri vastausvaihtoehtoa, joista yksi on oikein. Kuvakysymysten lisäksi laitoimme yleisiä monivalintakysymyksiä ja yhdistämistehtäviä malarian kiertokulusta ja artefaktoista. Tietotestin otsikko on "testaa malariaosaamistasi". Tietotestissä

on 21 kysymystä ja hyväksytyyn suoritukseen vaaditaan 60 prosenttia oikein. Testiä voi yrittää uudestaan rajattomasti, kunnes läpäisee sen.

### 7.3 Arviointi

Tuotoksemme arviointi tapahtui palautekyselyllä, jonka teimme myös Moodleen palautetyökalulla. Lähetimme sähköpostitse bioanalyttikko-opiskelijoille linkin tietotestistä ja palautekyselystä ja pyysimme heitä testaamaan ja arvioimaan tietotestiä vastaamalla palautekyselyyn. Palautekysely koostui kuudesta kysymyksestä, jossa kysyttiin tietotestin helppokäyttöisyyttä, selkeyttä, hyötyä ja kehittämissideoita. Näiden lisäksi kysyttiin, oliko tietotesti mielenkiintoinen ja kiinnostusta herättävä. Kyselyn lopussa oli kommenttikenttä, johon opiskelijat saivat laittaa vapaasti palautetta ja ideoita, joilla pystyimme muokkaamaan tietotestiä toimivammaksi. Palautekysely toteutettiin anonymisti, eli palautteen antajien nimet eivät olleet näkyvissä. Palautetta saimme neljältä bioanalyttikko-opiskelijalta.

Yhden palautteen mukaan testi ei toimi niin hyvin opiskeluapuna, koska oikeat ja väärät vastaukset eivät olleet nähtävissä tietotestin lopussa. Lisäksi yhdessä kysymyksessä oli vähän epäselvyyttä sen ymmärtämisen suhteen. Muokkasimme tietotestiä saamiemme palautteiden mukaan. Saamamme palautteet olivat muuten positiivisia. Palautteiden mukaan testissä on hyvä tasapaino kuvatehtävien ja muiden monivalintatehtävien välillä. Tietotesti koettiin hyödyllisenä oman osaamisen testaamiseen loisista ja niiden kehitysvaiheista.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyömme menetelmä on kehittämistyö. Kehittämistyön tuotoksena syntyi tietotesti, jonka tavoitteena on bioanalyttikko-opiskelijoiden malariaosaamisen kehittäminen ja heidän opetuksensa tukeminen. Teoreettista viitekehystä varten perehdyimme ensin aikaisempiin tutkimuksiin ja tietoihin aiheestamme. Etsimme tietoa hyvän verkkomateriaalin kriteereistä ja miten opiskelijoiden opetusta voidaan tukea. Haimme tietoa mielenkiintoa ja motivaatiota herättävistä tekijöistä verkossa tapahtuvaan oppimiseen. Keskityimme asioihin, jotka olivat tuotoksemme kannalta tärkeitä.

Aihepajatunneilla tämän aiheen ollessa tarjolla, kiinnostuimme heti aiheesta ja päädyimme yhteisymmärryksessä valitsemaan sen. Valinta oli meille helppo, koska molemmat olimme kiinnostuneita malariasta ja mikroskopoinnista. Halusimme kehittää malariaosaamistamme ja luoda tuotos, josta näkyy mielenkiintomme aihetta kohtaan ja kehittymisemme.

Kehittämistyömme onnistui kokonaisuudessaan hyvin, vaikka prosessi ei edennyt ihan suunnitelmiamme mukaisesti. Olimme hieman myöhässä aikataulusta, koska aloitimme kehittämistyömme teon myöhemmin, kuin olimme suunnitelleet. Haastavuuksia toi alussa sopivien lähteiden löytäminen, mutta työn edetessä kehityimme siinä. Myös kuvien ottaminen mikroskoopilla oli haastavaa aluksi, koska meillä ei ollut aikaisempaa kokemusta siitä. Kokeilimme eri tekniikoita kuvien ottamiseen, mutta tuloksetta. Onnistuimme lopulta löytämään toimivan ratkaisun ongelmaan. Ennen kuvien ottoa mikroskoopilla harjoittelimme itse malariasolujen tunnistamista, jotta osaisimme tunnistaa malariasolut laseilta. Näin syvensimme myös omaa osaamistamme malariasolujen tunnistamisessa.

### 8.1 Kehittämistyön toteutuksen ja tuotoksen pohdinta

Kehittämistyön arviointivaiheessa pohditaan kriittisesti työlle asetetut tavoitteet ja syntynyttä tuotosta. Pohditaan tuotoksen vaikutusta kohderyhmälle ja kehittämistyölle asetettujen tavoitteiden täyttymistä. Lisäksi arvioidaan omaa oppimista ja epäonnistumisia. (Salonen 2013, 18; Salonen ym. 2017, 64–65.)

Kehittämistyömme tuotos on tietotesti. Tietotestin aihe rajattiin malarian kiertokulkuun, malarialajien ja niiden kehitysvaiheiden morfologiaan ja yleisiin artefaktiin. Aiheen rajauksessa pohdimme asioita, jotka ovat malariasolujen mikroskopoinnin kannalta tärkeitä. Malarian kiertokulun ymmärtäminen on tärkeää, koska se luo perustan loisen käyttäytymisen ja sen kehitysvaiheiden ymmärtämiselle. Malarian hoito riippuu malarialajista (Centers for Disease Control and Prevention 2022c). Tämän takia lajien tunnistaminen on myös erittäin tärkeää potilaan hoidon kannalta. Mikroskopoinnissa artefaktat saattavat aiheuttaa haastavuuksia malarialoisen tunnistamisessa varsinkin, jos ei ole paljon kokemusta malarialoisten mikroskopoinnista. Halusimme tuotoksemme sisältävän myös yleisiä artefakteja, joita voidaan sekoittaa malarialoiseen tai vaikeuttaa mikroskopoijan työtä. Malariaa tutkitaan aina päivystyksenä ja se vaatii hoitoa pikaisesti. Malariaa epäillessä potilaalta ainakin yksi näyte tulee tutkia päivystyksellisesti. (Meri & Tyyni 2016, 22.) Tämän takia tulevan bioanalyttikon on hyvä osata tunnistaa malariasoluja.

Tuotoksemme on oppimisaihi, joka on pala isompaa oppimiskokonaisuutta. Oppimisaihiolla tarkoitetaan mitä tahansa digitaalista tai ei-digitaalista materiaalia, joita voidaan käyttää opetuksessa ja

oppimisessa. Pienikokoisilla aihioilla voidaan rakentaa opetuskokonaisuuksia niitä yhdistelemällä. Oppimisaihioilla ei ole mitään tiettyä ideaalimuotoa. Sen pedagogiset arvot määräytyvät oppimisympäristöön. Oppimisaihion on oltava käyttökotekstin tarpeiden mukainen. Oppimisaihiot voivat opettaa jopa yhtä hyvin, kuin perinteiset oppimateriaalit. Niitä yhdistelemällä voidaan kuitenkin saada parempia oppimistuloksia. Aihoiden hyviä puolia ovat niiden sitoutumattomuus aikaan ja paikkaan ja positiivinen vaikutus oppijan motivaatioon. Aihiossa oppilaalle voidaan antaa palautetta heti suorituksen jälkeen. Niillä voidaan luoda jonkin asian harjoitteluun tarkoitettua tehtävää. Niissä on myös mahdollista käyttää kuvia havainnollistamiseen. (Nurmi & Jaakkola, 2008; Jaakkola ym. 2004, Kotamäen 2011, 6–7 mukaan; Jaakkola, Nirhamo, Nurmi & Lehtinen 2012, 13.)

Kehittämistyön tarkoituksena oli tuottaa tietotesti malariasta bioanalyttikko-opiskelijoille. Tavoitteena on kehittää bioanalyttikko-opiskelijoiden malariaosaamista ja tukea heidän opiskeluansa. Tietotesti on tarkoitettu Savonian bioanalyttikko-opiskelijoille klinisen mikrobiologian opintojaksolle. Kehittämistyömme tarkoitus ja tavoitteet täyttyivät hyvin. Tietotesti toteutettiin Moodlessa, joka on virtuaalinen oppimisalusta. Moodlen työkalulla on mahdollista rakentaa paljon erilaisia materiaaleja eri muodossa. (Martín-Blas & Serrano-Fernández, 2009, Kotamäen 2011, 26.) Tietotestin avulla voidaan tukea bioanalyttikko-opiskelijoiden itseopiskelua. Opiskelijat voivat käyttää tietotestiä opetuksen tueksi. Tietotestissä opiskelijat saavat suorituksen lopussa heti palautetta, jossa he näkevät oikeat ja väärät vastaukset. Opiskelija voi hyödyntää omien tuloksien seuraamista osaamisen kehittämiseen. Testiä opiskelija voi tehdä monta kertaa, joka mahdollistaa asioiden kertauksen ja harjoittelun.

Keräsimme palautetta tietotestistä bioanalyttikko-opiskelijoilta, jotta voimme testata sen toimivuutta ja kerätä mielipiteitä ja kehitysideoita. Asetimme tuotoksellemme tavoitteita lähteisiin peilaten, jotka täyttyivät hyvin saamiemme palautteiden mukaan. Opiskelijoiden mielestä tietotesti oli haastava ja kiinnostava, ja he kokivat siitä olevan hyötyä opetuksen tukena. Keskityimme tietotestissä malarian mikroskooppidiagnostiikan ydinasioihin, joka taas tukee tilaajan toiveita. Koimme kuvien käytön ja potilaan taustatietojen avaamisen aktivoivan oppilaan ajattelua ja herättävän kiinnostusta ja motivaatiota. Taustatiedot ovat kuitenkin oleellinen tieto malarian diagnostiikassa ja, esimerkiksi matkustushistorian perusteella opiskelija voi vähän arvata mistä malarialajista voi olla kyse. Koimme tämän yksityiskohdan aktivoivan oppilaan omaa ajattelua ja pohdintaa. Pelkkä kuva mikroskooppilöydöksestä ei olisi välttämättä tehnyt testistä yhtä mielenkiintoa herättävää. Opiskelijoiden itsenäinen opiskelu saattaa myös auttaa ja vähentää opettajan työtä. Opiskelijoilla on jonkinlainen tietopohja malariasolujen tunnistamisesta taitopajoilla, jossa mikroskopoidaan malarianäytteitä, joka on myös varmasti miellyttävämpää opettajalle.

Haasteena oli tuottaa motivoiva ja mielenkiintoa herättävä tietotesti. Pohdimme aluksi, minkälainen tietotesti olisi herättänyt meidän mielenkiintoamme. Etsimme aineistoja verkko-oppimisen muodoista ja niiden kriteereistä. Lähdimme sitten suunnittelemaan testiä kriteerien pohjalta. Palautteiden mukaan onnistuimme kuitenkin tuottamaan sellaisen tietotestin. Haastavuuksia toi myös uusien aineistojen löytäminen malariasolujen morfologiasta. Päädyimme lopulta kuitenkin käyttämään myös hie-

man yli 12 vuotta vanhoja aineistoja, esimerkiksi WHO:n. Käytimme vanhempia aineistoja semmoinisiin asioihin, jotka eivät ole muuttuneet vuosien varrella, kuten malarialoisten ominaispiirteet, joten emme kokeneet sen tekevän kehittämistyöstämme mitenkään vähemmän laadukkaampaa.

## 8.2 Kehittämistyön eettisyys ja luotettavuus

Valitsimme käyttämämme lähteet huolellisesti, lähdekritiikkiä käyttäen. Arvoimme käyttämiemme lähteitä ennen, kuin käytimme niitä työssämme. Lähdekritiikki tarkoittaa sitä, että käytettävien lähteiden ja aineistojen laadut arvioidaan (Vilkkä 2021). Pyrimme käyttämään ajankohtaisia aineistoja, jotka ovat enintään kymmenen vuotta vanhoja ja tarkastimme niiden tekijöiden tai kirjoittajien asemat. Pyrimme myös valitsemaan vertaisarvioituja artikkeleita. Varmistimme aineistojen ja kuvien luovallisuuden ja huomioimme tekijänsuojaa verkkoaineistoissakin. Työssämme käytimme WHO:n kuvia, joista pyysimme lupaa niiden käyttöön WHO:n omalla lupapyyntölomakkeella, jonka täytimme WHO:n sivuilla. Saimme sähköpostilla vastauksen, jossa luki WHO:n antaneen luvan käyttää heidän aineistojaan, joista olimme hakeneet lupaa. Tiedonhaussa käytimme luotettavia tietokantoja, kuten PubMed, Cinahl Complete, Google Scholar, Ellibs, Finna, ProQuest Ebook Central ja ScienceDirect. Käytimme tiedonhaussa etenkin WHO:n ja CDC:n sivustoja. WHO (World Health Organization) on maailman terveysjärjestö ja se seuraa maailmanlaajuisesti terveystilannetta jatkuvasti, tuottaa terveystilastoja ja ylläpitää tautiluokitusjärjestelmää ajan tasalla. Näiden lisäksi WHO ohjaa kansainvälisen terveysalan tutkimuksen suuntaa. (Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisuaika tuntematon.) CDC on Yhdysvaltojen johtava tieteeseen perustuva palveluorganisaatio, joka suojelee ihmisten terveyttä (Centers for Disease Control and Prevention 2022a).

Lähteidenvalinnassa on muistettava lähdekriittisyys, joka on akateemisen toiminnan edellytys. Tieteelliset artikkelit ovat vertaisarvioituja artikkeleita. Näitä artikkeleita voidaan pitää luotettavina sekä tieteellisinä. (Koppa 2020.) Tieteellinen tutkimus, joka on tehty hyvän tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla, on hyväksyttävä ja luotettava. Hyvän tieteellisen käytännön yksi keskeisimmistä lähtökohdista on, että tutkimuksessa noudatetaan rehellisyyttä, huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimustyön eri prosessi vaiheissa. Tiedonhankinta-, tutkimus- ja arviointimenetelmät ovat eettisesti kestäviä ja kriteerit vastaavat tieteellisen tutkimuksen kriteereitä. Toisen tutkijoiden työtä on otettava huomioon asianmukaisella tavalla kunnioittamalla heidän työtään ja viittaamalla asianmukaisella tavalla heidän julkaisuihinsa. Tutkijoiden saavutuksille täytyy antaa niille kuuluvan arvon ja merkityksen. Tietoaineistot tulee tallentaa vaatimusten mukaisesti. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012, 6–7.) Noudatimme kehitystyössämme tarkasti näitä periaatteita.

## 8.3 Ammatillinen kasvu

Valmistuvan bioanalyytikon osaamistavoitteisiin kuuluu laaja-alainen ja vahva osaaminen kliinisessä laboratoriotyöprosessissa. Osaamistavoitteisiin kuuluu myös jatkuvan oppimisen kehittäminen ja valmius kansainväliseen toimintaan. Bioanalyytikon täytyy osata hallita oman alansa tiedot, kuten teorian, käsitteiden, erilaisten menetelmien ja periaatteiden ymmärtäminen kriittisesti sekä myös niiden arvioiminen. Asiantuntijalta vaaditaan kognitiivisten ja käytännön taitojen edistyksestä hallintaa. Bioanalyytikon on osattava arvioida kriittisesti hankkimansa ja käsittelemänsä tietoa ja myös osattava arvioida omaa kehitystään. Hänen on huomioitava oman alansa ammattieettisiä periaatteita

työssään ja toimia niiden mukaisesti. Tutkimus ja kehittämishankkeita toteuttaessa on osattava soveltaa oman alansa olemassa olevaa tietoa sekä menetelmiä. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2022b.)

Kehittämistyötä tehdessä olemme päässeet kehittämään omaa ammatillista kasvuamme. Olemme oppineet paljon laadukkaan tieteellisen tekstin kirjoittamisesta, lähdekritiikistä ja tiedonhausta. Huomasimme suunnitelman ja ajanhallinnan tärkeyden ja vaikutuksen työn etenemisprosessiin. Opimme etsimään tietoa lähdekritiikkiä käyttäen ja tekstin referointia. Opimme myös käyttämään Moodle-oppimisolustan aktiviteetteja. Opinnäytetyömme toteutettiin parityönä ja sen prosessi on opettanut meitä yhteistyön ja kommunikoinnin tärkeyden ja merkityksen. Yhteistyö, työnjako ja toisen arvostaminen on auttanut meitä kehittämään itseämme yksilönä ja valmistanut meitä työelämään.

Opinnäytetyömme prosessin aikana olemme päässeet syventämään malariaosaamistamme ja mikroskopointitaitojamme. Mikroskoopilla kuvien ottaminen ei ollut meille tuttua ja sen aikana koimme haastavuuksia. Sen avulla olemme kuitenkin kehittäneet ongelmanratkaisukykyämme ja päässeet käyttämään omaa luovuuttamme. Työssämme olemme käyttäneet paljon kansainvälisiä aineistoja, joka on kehittänyt englannin kielen taitoamme.

#### 8.4 Tuotoksen hyödynnettävyys ja kehittämisideat

Tuotosta voidaan hyödyntää kliinisen mikrobiologian opintojaksolla. Opintojaksolla ei käydä malariaa laajasti, siksi opiskelijat voivat kokea haastavuuksia mikroskopoidessa malariasoluja. Tietotestillä opiskelijat voivat itsenäisesti harjoitella ja testata malariaosaamistaan ja solujen tunnistamista. Opiskelijoilla ollessa jonkinlainen tietopohja malariasolujen tunnistamisesta, taitopajoilla he pystyvät tunnistamaan soluja paremmin ja näin he syventävät osaamistaan. Tietotestiä on mahdollista tehdä etänä, koska se on Moodle-oppimisolustalla, joten opiskelija voi tehdä sitä ajasta ja paikasta riippumatta.

Jatkossa kehitysideana voisi olla kuvapankki malarianäytteistä, jossa on laajasti kuvia malarialajeista ja niiden kehitysvaiheista. Lisäksi voisi olla kuvia erilaisista värjäyksistä ja niiden hyvistä ja huonoista puolista. Joitain malarialaseja voisi värjätä tietoisesti huonosti, jotta nähdään värjäyksen merkitys loisten mikroskopoinnissa.

## LÄHTEET

- Aho-Laukkanen, Elina, Holma, Pia, Kauranen Jari, Kerttula, Anne-Marie, Simola, Lotta, Kauma, Heikki & Hörkö, Sohvi 2021. Nukleiinihaponosoitustestillä nopeaa ja luotettavaa malariadiagnostiikkaa. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 137(2), 187–91. <https://www.duodecim-lehti.fi/duo16022>. Viitattu 20.9.2022.
- Ashraf, Sania, Kao, Angie, Hugo Cecilia, M Christophel, Eva, Fatunmbi, Bayo, Luchavez, Jennifer, Lilley, Ken & Bell, David 2012. Developing standards for malaria microscopy: external competency assessment for malaria microscopists in the Asia-Pacific. *Malaria Journal* 11, 352. <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2875-11-352>. Viitattu 22.9.2022.
- Barber, Bridget E, William, Timothy, Grigg, Matthew J, Yeo, Tsin W & Anstey, Nicholas M 2013. Limitations of microscopy to differentiate *Plasmodium* species in a region co-endemic for *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax* and *Plasmodium knowlesi*. *Malaria Journal* 12, 8. <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2875-12-8>. Viitattu 22.9.2022.
- Bergen, Kim van, Stuitje, Toon, Akkers, Robert, Vermeer, Eric, Castel, Rob & Mank, Theo 2021. Evaluation of a novel real-time PCR assay for the detection, identification and quantification of *Plasmodium* species causing malaria in humans. *Malaria Journal* 20 (314), 2. <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12936-021-03842-8>. Viitattu 25.4.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 1977. Public Health Image Library (PHIL). 15948. Valokuva. Verkkosivusto. <https://phil.cdc.gov/Details.aspx?pid=15948>. Viitattu 24.10.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2016a. Artifacts. Verkkójulkaisu. Päivitetty 3.5.2016. <https://www.cdc.gov/dpdx/artifacts/index.html>. Viitattu 16.10.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2016b. Blood Specimens - Molecular Diagnosis. Laboratory Identification of Parasites of Public Health Concern. Verkkójulkaisu. Päivitetty 3.5.2016. <https://www.cdc.gov/dpdx/diagnosticProcedures/blood/moleculardx.html>. Viitattu 18.11.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2018. Malaria diagnosis (United States). Verkkójulkaisu. Päivitetty 23.7.2018. [https://www.cdc.gov/malaria/diagnosis\\_treatment/diagnosis.html](https://www.cdc.gov/malaria/diagnosis_treatment/diagnosis.html). Viitattu 25.4.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2019. Babesiosis. Resources for Health Professionals. Verkkójulkaisu. Päivitetty 30.11.2019. [https://www.cdc.gov/parasites/babesiosis/health\\_professionals/index.html](https://www.cdc.gov/parasites/babesiosis/health_professionals/index.html). Viitattu 17.10.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2020a. Blood Specimens - Specimen Processing. Verkkójulkaisu. Päivitetty 1.10.2020. <https://www.cdc.gov/dpdx/diagnosticprocedures/blood/specimen-proc.html>. Viitattu 18.11.2020.
- Centers for Disease Control and Prevention 2020b. Malaria Diagnostic Tests. Verkkójulkaisu. Päivitetty 19.2.2020. [https://www.cdc.gov/malaria/diagnosis\\_treatment/diagnostic\\_tools.html](https://www.cdc.gov/malaria/diagnosis_treatment/diagnostic_tools.html). Viitattu 16.10.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2020c. Malaria. Biology. Verkkójulkaisu. Päivitetty 16.7.2020. <https://www.cdc.gov/malaria/about/biology/>. Viitattu 18.11.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2020d. Malaria. DPDx. Verkkójulkaisu. Päivitetty 6.10.2020. <https://www.cdc.gov/dpdx/malaria/index.html>. Viitattu 19.11.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2020e. Where Malaria Occurs. Verkkójulkaisu. Päivitetty 9.4.2020. <https://www.cdc.gov/malaria/about/distribution.html>. Viitattu 18.10.22.

- Centers for Disease Control and Prevention 2021a. Malaria's Impact Worldwide. Verkkojulkaisu. Päivitetty 16.12.2021. [https://www.cdc.gov/malaria/malaria\\_worldwide/impact.html](https://www.cdc.gov/malaria/malaria_worldwide/impact.html). Viitattu 18.10.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2021b. Malaria vaccine recommended for broader use by WHO: "Best thing since bed nets". Verkkojulkaisu. Päivitetty 7.10.2021. [https://www.cdc.gov/parasites/features/malaria\\_vaccine\\_who.html](https://www.cdc.gov/parasites/features/malaria_vaccine_who.html). Viitattu 21.11.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2022a. About CDC. CDC 24/7. Verkkojulkaisu. Päivitetty 31.8.2022. <https://www.cdc.gov/about/index.html>. Viitattu 15.11.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2022b. Malaria. Disease. Verkkojulkaisu. Päivitetty 22.3.2022. <https://www.cdc.gov/malaria/about/disease.html>. Viitattu 15.11.2022.
- Centers for Disease Control and Prevention 2022c. Malaria Treatment (United States). Verkkojulkaisu. Päivitetty 30.9.2022. [https://www.cdc.gov/malaria/diagnosis\\_treatment/treatment.html](https://www.cdc.gov/malaria/diagnosis_treatment/treatment.html). Viitattu 19.11.2022.
- Fimlab 2022. *Plasmodium* (KVAL). Ohjekirja. Verkkojulkaisu. <https://fimlab.fi/tutkimus/6662>. Viitattu 22.11.2022.
- González, Juliana, Echaide, Ignacio, Pabón, Adriana, Piñeros, Juan Gabriel, Blair, Silvia & Tobón-Castaño, Alberto 2018. Babesiosis prevalence in malaria-endemic regions of Colombia. *Journal of Vector Borne Disease* 55(3), 222-229. <https://www.jvbd.org/text.asp?2018/55/3/222/249480>. Viitattu 17.10.2022.
- HUSLAB 2022. Malariaplasmodit. Tutkimusohjekirja. Verkkojulkaisu. Päivitetty 22.11.2022. [https://huslab.fi/cgi-bin/ohjekirja/tt\\_show.exe?assay=2315&terms=malaria](https://huslab.fi/cgi-bin/ohjekirja/tt_show.exe?assay=2315&terms=malaria). Viitattu 22.11.2022.
- Ilomäki, Liisa 2012. E-oppimateriaalit oppimisen ja opettamisen tukena. Teoksessa Liisa Ilomäki (toim.) Laatusuunnitelma e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Oppaat ja käsikirjat, 10. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. [https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415\\_laatusuunnitelma\\_e-oppimateriaaleihin\\_2.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415_laatusuunnitelma_e-oppimateriaaleihin_2.pdf). Viitattu 10.4.2022.
- Jaakkola, Tomi, Nirhamo, Lassi, Nurmi, Sami & Lehtinen, Erno 2012. Erilaiset oppimisaihiot osana joustavaa kokonaisuutta. Teoksessa Liisa Ilomäki (toim.) Laatusuunnitelma e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Oppaat ja käsikirjat, 10. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. [https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415\\_laatusuunnitelma\\_e-oppimateriaaleihin\\_2.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415_laatusuunnitelma_e-oppimateriaaleihin_2.pdf). Viitattu 28.11.2022.
- Jokiranta, Sakari, Meri, Seppo & Siikamäki, Heli 2020. *Plasmodium*. Teoksessa Heikkinen, Terho, Järvinen, Asko, Meri, Seppo, Vapalahti, Olli & Vuopio, Jaana (toim.) Mikrobiologia. Kustannus Oy Duodecim. Viitattu 30.04.2022.
- Kahama-Maró, Judith, D'Acromont, Valerie, Mtasiwa, Deo, Genton, Blaise & Lengeler, Christian 2011. Low quality of routine microscopy for malaria at different levels of the health system in Dar es Salaam. *Malaria Journal* 10:332. <https://malariajournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-2875-10-332>. Viitattu 22.9.2022
- Kainulainen, Katariina & Siikamäki, Heli 2019. Malarian ehkäisy. Matkailijan terveysopas. Verkkojulkaisu. Duodecim terveyskirjasto. Päivitetty 15.12.2019. <https://www.terveyskirjasto.fi/mat00031>. Viitattu 21.11.2022.
- Kainulainen, Katariina & Siikamäki, Heli 2022. Malarian hoito. Matkailijan terveysopas. Verkkojulkaisu. Duodecim terveyskirjasto. Päivitetty 31.5.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/mat00032/malarian-hoito>. Viitattu 18.10.2022.

- Kantele, Anu & Jokiranta, T. Sakari 2011. Review of Cases With the Emerging Fifth Human Malaria Parasite, *Plasmodium knowlesi*. *Clinical Infectious Diseases* 52 (11), 1356–1352. <https://doi.org/10.1093/cid/cir180>. Viitattu 17.11.2022.
- Kerttula, Anne-Marie, Lavikainen, Antti 2017. Nukleiinihapon osoitus parasitologisessa diagnostiikassa. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 133 (8), 742–8. <https://www.duodecim-lehti.fi/duo13655>. Viitattu 25.4.2022.
- Koppa 2020. Valitse tieteellisiä ja luotettavia lähteitä. Jyväskylän yliopisto. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/kirjasto/kirjastotuutorikirjat-lehdet-artikkelit/tieteelliset-lahteet>. Viitattu 19.5.2022.
- Kotamäki, Katri 2011. Oppimisaihiot virtuaalisessa oppimisympäristössä – Pedagoginen käyttöohje opettajille. Turun Yliopisto. <https://docplayer.fi/3213265-Oppimisaihiot-virtuaalisessa-oppimisymparistossa-pedagoginen-kayttoohje-opettajalle-katri-kotamaki.html>. Viitattu 28.11.2022.
- Mbanefo, Afoma & Kumar, Nirbhay 2020: Evaluation of Malaria Diagnostic Methods as a Key for Successful Control and Elimination Programs. *Tropical Medicine and Infectious Disease* 5 (2):102. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5020102>. Viitattu 17.11.2022.
- Mediamaisteri julkaisuaika tuntematon. H5P - Interaktiiviset kurssisisällöt. Verkkosivusto. <https://help.mediamaisteri.com/h5p>. Viitattu 19.5.2022.
- Meri, Taru & Tyyni, Elisabet 2016. Mitä laboratoriossa voidaan nähdä sivelyvalmisteesta? Sivelyvalmisteen mikroskopoinnin lyhyt oppimäärä. *Moodi* 40(6), 20–28. <https://www.labquality.fi/wp-content/uploads/2021/02/Moodi-6.2016.pdf>. Viitattu 24.4.2022.
- Nate, Zondi, Gill, Atal A.S., Chauhan, Ruchika & Karpoomath, Rajshekhar 2022: Recent progress in electrochemical sensors for detection and quantification of malaria. *Analytical Biochemistry* 643, 114592. *Methods in the Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2022.114592>. Viitattu 17.11.2022.
- Nicoletti, Marcello 2020: Chapter Five - Three Scenarios in Insect-Borne Diseases. *Insect-Borne Diseases in the 21st Century*, 99-251. Verkkokirja. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818706-7.00005-X>. Viitattu 8.5.2022.
- Opetushallitus julkaisuaika tuntematon. E-oppimateriaalin laatukriteerit. Verkojulkaisu. <https://www.oph.fi/fi/julkaisut/e-oppimateriaalin-laatukriteerit>. Viitattu 20.4.2022.
- Poostchi, Mahdiah, Silamut, Kamolrat, Maude, Richard J., Jaeger, Stefan & Thoma, George 2018: Image analysis and machine learning for detecting malaria. *Translational Research* 194, 36-55. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2017.12.004>. Viitattu 17.11.2022.
- Pulliainen, Tiina 2018. Isotermiset nukleiinihappomonistusmenetelmät malariadiagnostiikassa. *Moodi* 42(1), 10–11. [https://digiplus.fi/www/Moodi/2018\\_Moodi\\_01/page\\_1.html](https://digiplus.fi/www/Moodi/2018_Moodi_01/page_1.html). Viitattu 24.4.2022.
- Reagena 2018. MAY-GRÜNWARD-GIEMSA -värjäysliuokset. Käyttöohjeet. Tietoluettelo. PDF-tiedosto. Päivitetty 19.3.2018. Mediq. <https://tuoteluettelo.mediq.fi/liitteet/d389462/>. Viitattu 14.11.2022.
- Salonen, Kari 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Opas opiskelijoille, opettajille ja TKI-henkilöstölle. Turun ammattikorkeakoulu, puheenvuoroja 72. Tampere: Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy. <https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522163738.pdf>. Viitattu 21.11.2022.
- Salonen, Kari, Eloranta Sini, Hautala, Tiina & Kinos, Sirppa 2017. Kehittämistoiminta ja kehittämisen menetelmiä ammatillisessa korkeakoulutuksessa. Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 108. Tampere: Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy. <https://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522166494.pdf>. Viitattu 20.5.2022.

Savonia-ammattikorkeakoulu 2022a. Tutustu Savoniaan. Verkkosivusto. <https://www.savonia.fi/tutustu-savoniaan/>. Viitattu 21.11.2022.

Savonia-ammattikorkeakoulu 2022b. Osaamistavoitteet. TB19SP Bioanalyytikon tutkinto-ohjelma. Opetussuunnitelmat. Verkojulkaisu. <https://www.savonia.fi/opiskele-tutkinto/tutkinnot-ja-hakeminen/opetussuunnitelmat/?yks=KS&krtid=1530&tab=2>. Viitattu 1.12.2022.

Savonia-ammattikorkeakoulu julkaisuaika tuntematon. Opinnäytetyön arviointikriteerit. Pdf-tiedosto. [http://webd.savonia.fi/moodlepublic/liku/04\\_ont/ONT\\_arviointikriteerit\\_9\\_2014.pdf](http://webd.savonia.fi/moodlepublic/liku/04_ont/ONT_arviointikriteerit_9_2014.pdf). Viitattu 24.4.2022.

Siikamäki, Heli 2016. Malaria. Moodi 40(6), 19. <https://www.labquality.fi/wp-content/uploads/2021/02/Moodi-6.2016.pdf>. Viitattu 24.4.2022.

Siikamäki, Heli 2021. Malaria. Matkailijan terveystopas. Verkojulkaisu. Duodecim terveystopas. Päivitetty 5.2.2021. <https://www.terveystopas.fi/dlk00620>. Viitattu 18.10.2022.

Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisuaika tuntematon. Maailman terveysjärjestö WHO. Verkojulkaisu. <https://stm.fi/ministerio/kansainvaliset-asiat/who>. Viitattu 15.11.2022.

Tapola, Anna & Veermans, Marjaana 2012. Herätä ja tue kiinnostusta ja motivaatiota. Teoksessa Liisa Ilomäki (toim.) Laatus e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa. Opetus- ja käsikirjat, 75–77. Tampere: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy. [https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415\\_laatus\\_e-oppimateriaaleihin\\_2.pdf](https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415_laatus_e-oppimateriaaleihin_2.pdf). Viitattu 10.4.2022.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2019. Infektiotaudit ja rokotukset. Malaria. Verkojulkaisu. Päivitetty 3.12.2019. <https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/taudit-ja-torjunta/taudit-ja-taudinaiheuttajat-a-o/malaria>. Viitattu 19.4.2022.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje. [https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf). Viitattu 4.4.2022.

Vilkka, Hanna 2021. Näin onnistut opinnäytetyössä – ratkaisut tutkimuksen umpikujiin. Jyväskylä: PS-Kustannus. Viitattu 4.4.2022.

Vita Laboratoriot 2021. Veren sivelyvalmisteen (B-Diffi) teko-ohje. Pdf-tiedosto. <https://vita.fi/wp-content/uploads/2019/01/Sivelyvalmisteen-teko.pdf>. Viitattu 19.4.2022.

World Health Organization 2010. Basic malaria microscopy. 2<sup>nd</sup> edition. Part 1. Learner's guide. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44208/9789241547826\\_eng.pdf?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44208/9789241547826_eng.pdf?sequence=1). Viitattu 20.9.2022.

World Health Organization 2015. Malaria microscopy quality assurance manual – version 2. <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2016/2015-who-malaria-microscopy-quality-assur.pdf>. Viitattu 3.10.2022.

World Health Organization 2016. Giemsa staining of malaria blood films. Malaria microscopy standard operating procedure – MM-SOP-07A. Pdf-tiedosto. <https://www.who.int/publications/i/item/HTM-GMP-MM-SOP-07a>. Viitattu 26.4.2022.

World Health Organization 2022a. Malaria. Verkojulkaisu. Päivitetty 26.7.2022. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malaria>. Viitattu 18.10.2022.

World Health Organization 2022b. Malaria vaccine: WHO position paper. Weekly epidemiological record 97 (9), 60–78. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/352337>. Viitattu 21.11.2022.