



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

SÄHKÖINEN OPPIMATERIAALI VEREN SIVELYVALMISTEEN TARKASTELUUN

TEKIJÄT: Krista Keinänen ja Emma Pakarinen
TB14S

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Bioanalytiikan koulutusohjelma	
Työn tekijät Krista Keinänen ja Emma Pakarinen	
Työn nimi Sähköinen oppimateriaali veren sivelyvalmisteen tarkasteluun	
Päiväys	20.11.2017
Sivumäärä/Liitteet	55/4
Ohjaaja Sanna Kolehmainen	
Toimeksiantaja HUSLAB:n Kotkan toimipiste	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Verisolujen tunnistaminen kuuluu bioanalytiikan perustaitoihin. Vaikka laboratoriotutkimusten suorittamista ja tulosten saantia pyritään nopeuttamaan automaatiolla, veren sivelyvalmisteen morfologiset tutkimukset ovat edelleen tärkeä osa bioanalytiikan työtä. Verenkuvan poikkeavat tulokset tai analysoijan antamat hälytykset tarkastetaan aina mikroskopioimalla näytteestä tehty sivelyvalmiste. Veren mikroskooppinen tutkimus onkin erittäin tärkeää patologisten solujen ja valkosolujen varhaismuotojen tunnistamisessa.</p> <p>Tieto välittyy oppijalle ainoastaan hänen oman tiedonprosessointinsa kautta. Hyvä oppimateriaali antaa tilaa oppijan omalle ajattelulle ja aktivoi oppijaa omien johtopäätösten tekoon. Hyvä oppimateriaali ohjaa hyödyntämään tietoja myös käytännössä. Verkko-oppimisympäristö mahdollistaa ajasta ja paikasta riippumattoman itsenäisen opiskelun.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä sähköinen oppimateriaali veren sivelyvalmisteen tarkastelua varten toimeksiantajamme HUSLAB:n Kotkan toimipisteen sekä Savonia-ammattikorkeakoulun tarpeisiin. Työn tavoitteena on tukea opiskelijoiden itsenäistä verisolujen opiskelua ja työntekijöiden perehdyttämistä työelämässä. Tuotoksen pääpaino oli valkosolujen tunnistustestillä, jonka avulla voidaan harjoitella valkosolujen eri kypsyysmuotojen tunnistamista.</p> <p>Toiminnallisen opinnäytetyön tuotos toteutettiin yhteistyössä Savonia-ammattikorkeakoulun tietotekniikan opiskelijan kanssa monipuolisemman itseopiskelumateriaalin tuottamiseksi. Tuotosta varten kuvattiin noin 2000 kuvaa veren valkosoluista, joista rajattiin ja valittiin noin tuhat tarkoitukseen sopivinta kuvaa solutunnistustestiä varten. Tunnistetut ja nimetyt kuvat tarkastutettiin opettajalla ja toimeksiantajan nimeämällä tarkastajalla virheiden minimoimiseksi.</p> <p>Oppimateriaali julkaistiin salasanasuojattuna verkkosivustona, jonne kirjaututaan joko Savonian käyttäjätunnuksilla tai toimeksiantajan yleisellä tunnuksella. Sivustolla on mahdollista perehtyä kirjalliseen oppimateriaaliin verisolujen kehitysvaiheista sekä harjoitella valkosolujen tunnistamista eripituisten kuvasarjojen avulla. Solutunnistustesti antaa palautteen väärin menneestä vastauksesta, jotta käyttäjä osaisi seuraavalla kerralla kiinnittää paremmin huomiota kyseisen solun tunnistamisen morfologisiin kriteereihin.</p> <p>Tuotoksen julkaisun jälkeen opiskelijoilta kerättiin palautetta sivuston käytöstä. Saadun palautteen perusteella opiskelijat kokivat, että sivustosta olisi hyötyä hematologian opinnoissa.</p>	
Avainsanat verisolut, hematopoieesi, valkosolut, solutunnistustesti, mikroskopointi, sivelyvalmiste, oppimateriaali, kliininen hematologia	

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme in Biomedical Laboratory Science			
Authors Krista Keinänen and Emma Pakarinen			
Title of Thesis E-learning material for examining the peripheral blood smear			
Date	20.11.2017	Pages/Appendices	55/4
Supervisor Sanna Kolehmainen			
Client Organisation /Partners HUSLAB's unit in Kotka			
<p>Abstract</p> <p>Identification of blood cells is a part of the basic skills of a biomedical laboratory scientist. Even if automation is used to speed up getting results, morphological analysis of blood cells is still an important part of the work of a biomedical laboratory scientist. Abnormal results of the blood count or alarms from the analyzer are always inspected by microscoping the peripheral blood smear. Microscopic examination of the blood smear is essential for identifying pathological cells and early forms of white blood cells.</p> <p>Information is absorbed by learner only through own thought process. Great study material gives space for own thinking and activates the learner to form own conclusion, and guides to utilize information on practical use. Online learning environment allows you to study at anytime and anywhere.</p> <p>The thesis was made for HUSLAB's unit in Kotka. The purpose of the thesis was to create an electronic learning material for studying when examining the blood smear. The aim of the thesis was to support students' self-employed blood cell study, and employee orientation in working life. The focus of the development was on a white blood cell recognition test, that can be used to train the identification of different maturation forms of white blood cells.</p> <p>The product of the functional thesis was made in co-operation with IT-student of Savonia University of Applied Sciences, to produce more versatile self-learning material. For the product approximately 2000 photos were taken of white blood cells, of which were cropped and about one thousand of the most suitable images were chosen for the cell recognition test. The identified and designated images were inspected by a teacher and an inspector nominated by the client, to minimize mistakes.</p> <p>The study material was published as a password protected website, where you can log in with Savonia user ID or with the general identifier of the client. In the website it is possible to read through a literary material of blood cells, and to train the identification of white blood cells by different length image sets. Cell recognition test gives feedback from the wrong answer, so the user will be able to gain better understanding of the morphological criteria for identifying a particular cell.</p> <p>After publishing the product, feedback about the use of the site was collected from the students. Based on the feedback received, the students felt that the site would be useful in hematology studies.</p>			
<p>Keywords blood cells, hematopoiesis, white blood cells, blood cell recognition test, microscopy, blood smear, blood film, learning material, clinical hematology</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	KLIINISEN HEMATOLOGIAN TUTKIMUKSIA	8
3	VERISOLUJEN MUODOSTUS	9
3.1	Erytropoieesi	10
3.2	Granulopoieesi.....	13
3.2.1	Granulosyyttien kehitysvaiheet.....	14
3.2.2	Granulosyyttien muutoksia.....	17
3.3	Monosyttopoieesi	19
3.3.1	Monosyyttien kehitysvaiheet	19
3.3.2	Monosyyttien muutoksia	21
3.4	Lymfopoieesi	21
3.4.1	Lymfosyyttien kehitysvaiheet	22
3.4.2	Lymfosyyttien muutoksia	23
3.5	Trombosyttopoieesi.....	24
4	AKUUTIT JA KROONISET LEUKEMIAAT	26
4.1	Akuutit leukemiat.....	26
4.2	Krooninen myeloinen leukemia (KML).....	27
4.3	Krooninen lymfaattinen leukemia (KLL)	28
5	VEREN SIVELYVALMISTE.....	29
5.1	Sivelyvalmisteen tekeminen	30
5.2	Näytteen kiinnittäminen ja värjäys	31
5.3	Veren sivelyvalmisteen mikroskooppinen tarkastelu.....	32
6	HYVÄ OPPIMATERIAALI	34
7	TYÖN TARKOITUS JA TAVOITE.....	35
8	OPINNÄYTETYÖPROSESSI	36
8.1	Toiminnallinen opinnäytetyö	36
8.2	Raportin ja tuotoksen toteutus.....	36
8.2.1	Kuvamateriaalin hankinta ja kuvien arviointi	38
8.2.2	Tietotekninen toteutus	39
9	POHDINTA.....	41
9.1	Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	41

9.2 Opinnäytetyöprosessin ja tuotoksen pohdinta	42
9.3 Ammatillinen kasvu ja opinnäytetyön merkitys	49
LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	51
LIITE 1: HAHMOTELMA VERKKOSIVUN TOTEUTUKSESTA.....	56
LIITE 2: KIRJAUTUMINEN SIVUSTOLLE	57
LIITE 3: ETUSIVU JA PUDOTUSVALIKOT	58
LIITE 4: PALAUTE VÄÄRÄSTÄ VASTAUKSESTA.....	59

1 JOHDANTO

Verisolujen tunnistaminen kuuluu bioanalyytikon perustaitoihin. Vaikka laboratoriotutkimusten suorittamista ja tulosten saantia pyritään nopeuttamaan automaatiolla, esimerkiksi verisolujen automaattisella erittelylaskennalla, veren sivelyvalmisteen morfologiset tutkimukset ovat kuitenkin edelleen tärkeä osa bioanalyytikon työtä. (Mahlamäki 2004, 278; Siitonen ja Jansson 2007, 100.) Verisolulaskimet eivät pysty tulkitsemaan kaikkia veren kuvan poikkeavuuksia, kuten solujen määrasuhteiden tai solumorfologian muutoksia, jolloin näyte joudutaan tarkastamaan mikroskopoimalla. Verisolujen mikroskooppista tarkastelua suoritetaan myös silloin, kun tarvitaan lisätietoa esimerkiksi leukemian tai anemian diagnosoimista varten. Pienimmissä laboratorioissa verisolujen erittelylaskenta tehdään ainoastaan mikroskopoimalla. (Savolainen ja Tienhaara 2015a.)

Opinnäytetyömme tarkoitus on tehdä sähköinen oppimateriaali veren sivelyvalmisteen tarkastelua varten. Teemme oppimateriaalin HUSLAB:n Kotkan toimipisteen tarpeisiin sekä Savonia-ammattikorkeakoulun käyttöön tukemaan opiskelijoiden itsenäistä hematologian opiskelua. Koska veren sivelyvalmisteen morfologinen tarkastelu on edelleen merkittävä hematologinen tutkimus, on tärkeää, että työntekijän perehdytysvaiheessa sekä jo opiskelun aikana saadaan luotua hyvä teoria- ja taitopohja solumorfologiaan ja veren morfologisten tutkimusten suorittamiseen käytännössä. Tavoitteenamme on luoda oppimateriaali, joka tukee opiskelijoiden itsenäistä verisolumorfologian opiskelua ja jota voidaan käyttää myös työelämässä työntekijöiden perehdyttämiseen.

Opinnäytetyömme on kehittämistyö, jonka tuotos on sähköinen oppimateriaali ja verisolujen erittelylaskentaa simuloiva verisolujen tunnistustesti, jonka avulla verisolujen tunnistusta voi harjoitella muutenkin kuin mikroskopoimalla. Tuotoksessa keskitymme erityisesti valkosoluihin ja niiden tunnistamiseen. Tuotoksen toteutamme yhteistyössä Savonia-ammattikorkeakoulun tietotekniikan insinööriopiskelijan kanssa saadaksemme aikaan mahdollisimman laadukkaan ja toimivan lopputuloksen, joka palvelee sekä HUSLAB:n Kotkan toimipisteen että Savonia-ammattikorkeakoulun tarpeita.

Opinnäytetyössä perehdymme erityisesti valkosoluihin, joiden kehitysvaiheita ja morfologiaa esittelemme teksteinä ja kuvina. Opinnäytetyössä käsittelemme verisolujen tuotantoa, leukemioita ja niihin liittyviä solumuutoksia sekä veren sivelyvalmisteen valmistusta ja mikroskopointia. Rajaamme veritauteja koskevan teoriaosuuden käsittämään pääasiassa kroonisia ja akuutteja leukemioita, jotta materiaali olisi mahdollisimman tiivis ja käyttökelpoinen. Koska veren sivelyvalmistetta mikroskopoidessa kiinnitetään huomioita myös punasoluihin ja trombosyytteihin, käsittelemme myös niiden muutoksia ja mikroskopointia lyhyesti.

Savonia-ammattikorkeakoulussa on aikaisemmin toteutettu opiskelijoille suunnattu harjoitusohjelma Vendi, jolla voi harjoitella valkosolujen tunnistamista. Savonia ei saa jakaa ohjelmaa opiskelijoille tai ulkopuolisille, vaan sen käyttö on mahdollista ainoastaan Savonian Kuopion kampuksen hematologian luokan tietokoneilla. Bioanalytiikan koulutusohjelmaa toteutetaan myös etäopintoina, joten etäopiskelijoilla ei ole mahdollisuutta Vendi-ohjelman käyttöön. Toimeksiantajamme toivoikin meiltä Vending kaltaista perehdytys- ja kertausmateriaalia työntekijöille sekä opiskelijaohjaukseen. Nyt tuottamamme

salanasuojattu verkko-oppimateriaali on HUSLAB:n Kotkan toimipisteen ja Savonian opiskelijoiden käytössä missä tahansa helpottamassa itsenäistä opiskelua.

2 KLIINISEN HEMATOLOGIAN TUTKIMUKSIA

Hematologia tarkoittaa lääketieteen erikoisalaa, joka tutkii ja hoitaa veren sairauksia. Itse sairaus voi kohdistua joko veren soluihin tai veren plasmaan. (HUS s.a.) Laboratoriotutkimuksissa havaittavat muutokset verisolujen määrässä herättävät yleensä epäilyn veritaudista (VSSHP 2017). Verisolut jaetaan kolmeen ryhmään: punasolut eli erytrosyytit, valkosolut eli leukosyytit ja verihiutaleet eli trombositit. Kaikki niistä muodostuvat luuytimessä tapahtuvassa hematopoiesissa. (Hänninen 2004a, 263.)

Kliinisen hematologian laboratorion keskeisimpiä tutkimuksia ovat verenkuvatutkimukset, veren ja luuytimen morfologiset tutkimukset sekä veriryhmä-, hemostaasi-, ja virtaussytometriset tutkimukset (Hänninen 2004a, 264; Suomen Bioanalyttikoliitto 2017). Verenkuvatutkimus on yleisin sairaaloissa pyydetty laboratoriotutkimus (Savolainen ja Tienhaara 2015a). Sitä käytetään erilaisten sairauksien, kuten infektioiden ja hematologisten sairauksien diagnostiikkaan ja hoidon seurantaan (Eskelinen 2016a; ISLAB 2016).

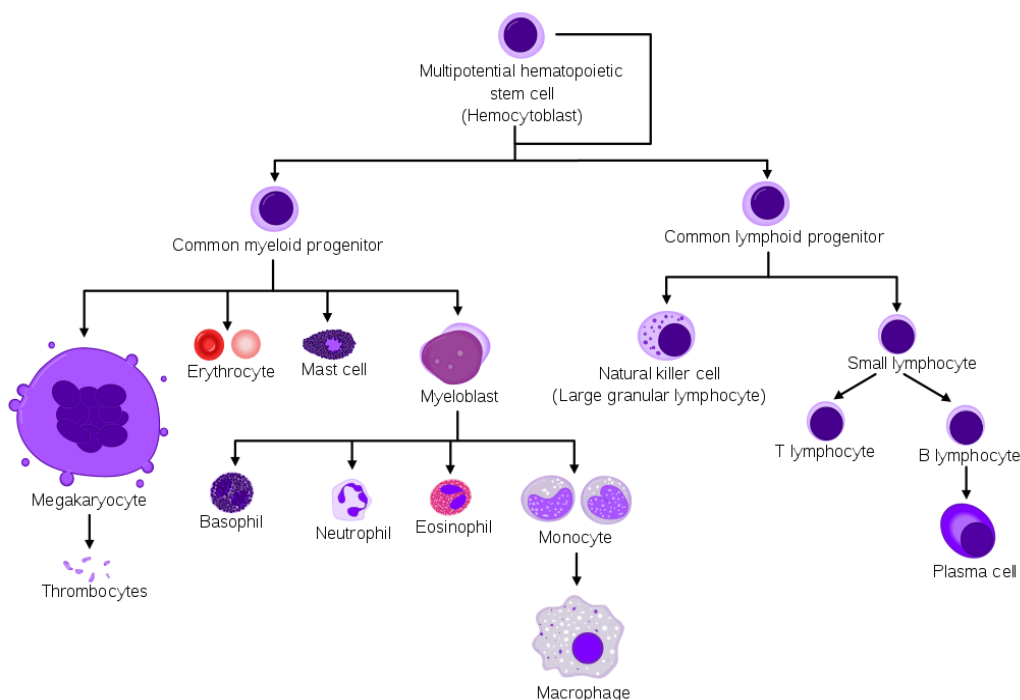
Perusverenkuva-tutkimus (B-PVK) sisältää puna- ja valkosolujen sekä verihiutaleiden määrän laskemisen, veren hemoglobiinipitoisuuden (Hb), hematokriittiarvon (HKR) ja punasoluvakiot: punasolujen keskitilavuuden (MCV= mean corpuscular volume), hemoglobiinin keskimassan (MCH= mean corpuscular hemoglobin) ja keskimassakonsentraation (MCHC= mean corpuscular hemoglobin concentration). Punasoluarvoja voidaan myös täydentää nuorten punasolujen eli retikulosyyttien määrän laskennalla. Täydellinen verenkuva-tutkimus (B-TVK) sisältää lisäksi valkosolujen erittelylaskennan, jossa määritetään neutrofiilien, eosinofiilien, basofiilien, lymfosyyttien ja monosyyttien suhteelliset osuudet sekä absoluuttiset määrät. Verenkuva-analysaattorit tuottavat lisäksi myös useita erilaisia solujen ominaisuuksia kuvaavia parametreja. (Mahlamäki 2004, 269–274; Savolainen ja Tienhaara 2015a; Vita Terveyspalvelut 2017.) Jos erittelylaskentaa ei voida suorittaa koneellisesti, verenkuvatulos on poikkeava tai analysaattori antaa hälytyksen, erittelylaskenta tehdään mikroskopoimalla May-Grünwald-Giemsan värjäyksellä värjätty sivelyvalmiste. Erittelylaskentatulos on välttämätön leukopenian tai sytoosin selvittämisessä, mahdollisen veritaudin diagnosoimisessa sekä hoidon seurannassa. (Savolainen ja Tienhaara 2015a.)

3 VERISOLUJEN MUODOSTUS

Hematopoiesi eli verisolujen muodostuminen alkaa jo kolmannella raskausviikolla alkion ruskuaispussissa. Kuukauden ikäisellä sikiöllä verisolujen tuotanto siirtyy pääasiassa maksaan ja kymmenennellä raskausviikolla verisoluja alkaa muodostua myös luuytimessä. (Gargani 2012, 2; Vilpo 2010a, 15.) 3–4 raskauskuukaudella kantasoluja tuottavat myös perna ja imusolmukkeet. Syntymän jälkeen verisolut muodostuvat pääasiassa luuytimessä. Lapsilla verisoluja muodostuu kaikkien luiden luuytimissä. Aikuisilla verisoluja muodostuu pääasiassa litteiden luiden luuytimissä, sillä luuytimen vertamuodostava kudus alkaa iän myötä rasvoittua. (Gargani 2012, 2; Siitonen ja Koistinen 2015b, 16.)

Kaikki verisolut kehittyvät luuytimessä erikoistumattomista eli totipotenteista kantasoluista jakautumisen ja erilaistumisen kautta. Erikoistumattomista kantasoluista muodostuu monikykyisiä hematopoeettisia kantasoluja, jotka tuottavat sekä uusia hematopoiesia ylläpitäviä kantasoluja että solulinjoihin erilaistuvia jälkeläisiä. Linjavalintojen, solunjakautumisen ja kypsymisen seurauksena näistä syntyy kaikkia veren soluja. (Hänninen 2004b, 264; Siitonen ja Koistinen 2015b, 16–18; Vilpo 2010a, 16.)

Hematopoiesi (kuva 1) jaetaan lymfopoiesiin ja myelopoiesiin. Lymfaattisen solulinjan kantasoluista kehitty T- ja B-lymfosyyttejä sekä NK-soluja (natural killer). Myelooisen solulinjan kantasoluista kehitty erytrosyyttejä, granulosityyttejä, monosyyttejä ja trombosyyttejä. (Gargani 2012, 1.) Kypsymisen aikana solujen rakenne kehitty solulinjalle ominaiseen tapaan ja lopuksi kypsät verisolut vapautuvat verenkiertoon (Siitonen ja Koistinen 2015b, 23–30). Verenkierrossa ei normaalisti esiinny solujen kypsymättömiä varhaismuotoja (Siitonen ja Koistinen 2015a). Verisolujen elinikä vaihtelee muutamista tunneista jopa vuosiin. Verisolujen hävitys tapahtuu apoptoottisesti kudoksissa, jos ne eivät tuhoudu jo toiminnassa. Makrofagit fagosytoivat kuolleet verisolut. (Siitonen ja Koistinen 2015a; Vilpo 2010a, 18–20.)



KUVA 1. Hematopoiesi (Rad 2009).

Verisolujen muodostumiseen vaikuttavat muun muassa hormonit, vitamiinit ja hivenaineet (Vilpo 2010a, 17). Kantasolujen erilaistumislinjan valintaan vaikuttavat solun geneettinen ohjelma sekä luuytimen mikroympäristö, jossa kantasolu altistuu kasvu- ja erilaistumissignaaleille. Tärkeimpiä verisolujen tuotantoon ja erilaistumiseen vaikuttava tekijöitä ovat transkriptiotekijät, jotka vastaavat kantasolujen geenien aktivoitumisesta, sekä hematopoieettiset kasvutekijät, eli sytokiinit, joihin kuuluu interleukiineja ja glykoproteiinihormoneja. Yhdessä ne säätelevät solujen lisääntymistä, erilaistumista, kypsymistä ja kypsien verisolujen toimintaa vaikuttamalla niihin edistävästi tai estävästi. (Siitonen ja Koistinen 2015a; Vilpo 2010a, 17–18.)

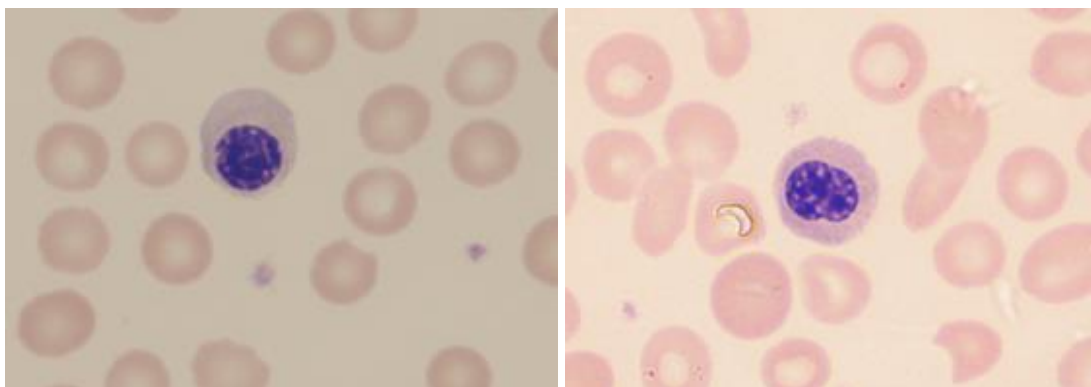
3.1 Erytropoieesi

Erytropoieesi eli punasolujen muodostuminen alkaa erikoistuneesta myelooisesta kantasolusta. Erytropoieesin ensimmäinen tunnistettava solu on proerytroblasti, joka kypsyy keskimäärin seitsemässä vuorokaudessa muiden kehitysvaiheiden kautta kypsäksi punasoluksi. (Siitonen ja Koistinen 2007, 25.) Punasolut ovat tumattomia. Terveet punasolut ovat pyöreitä, kaksoiskoveria sekä kimmoisia, minkä ansiosta ne eivät tavallisesti hajoa verenkierrossa. (Hoffbrand, Moss ja Pettit 2001, 16; Hänninen 2004b, 265.) Punasolut ovat läpimitaltaan keskimäärin 6–8,5 µm (Vilpo 2010b, 21).

Veren tummanpunainen väri on peräisin punasolujen sisältämästä hemoglobiinista, joka sitoo itseensä happea. Punasolujen tehtävä on kuljettaa happea keuhkoista kudoksiin, kuten aivoihin ja lihaksiin, sekä kuljettaa hiilidioksidia keuhkoihin uloshengitettäväksi. (Veripalvelu 2015.) Punasolun elinikä on noin 120 vuorokautta, minkä jälkeen ne hävitetään pernassa makrofagiin toimesta (Hänninen 2004b, 266; Vilpo 2010a, 18).

Punasolujen muutokset liittyvät niiden kokoon, muotoon, värjäytyvyyteen, ryhmytykseen sekä säisiin kappaleisiin (Maedel ja Doig 2012, 202). Punasolumuutokset liittyvät useimmiten anemiaan, mutta myös muihin tautitiloihin ja loistartuntoihin, kuten malariaan. Anemiaa on useita erilaisia, joten punasolumuutokset voivat olla hyvin moninaisia. (Salonen 2014.)

Erythroblastit (kuva 2) ovat tumallisia punasolujen nuoruusmuotoja, joita saattaa ilmaantua verenkiertoon esimerkiksi verenvuodon tai hemolyysin takia vilkastuneen punasolutuotannon seurauksena (Peliniemi 1998; Siitonen ja Koistinen 2015a). Erythroblastilla on pyöreä tuma ja harmaansininen tai vaaleanpunainen sytoplasma. Erythroblasteja voi esiintyä verenkierrossa myös leukemioiden yhteydessä. (Rodak ja Carr 2013, 25–27.) Erythroblasti on tavallisin nimitys tumalliselle punasolulle, mutta terveestä, epäkypsästä tumallisesta punasolusta voidaan puhua myös normoblastina. Megaloblasteista taas puhutaan silloin, kun epätavallisen suuret tumalliset punasolut ilmaantuvat verenkiertoon sairauksien vuoksi. (Rozenberg 2003, 3–4; Turgeon 1993, 59–60.)



KUVA 2. Erythroblasteja (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Yksittäisten punasolujen **kokomuutoksia** ei havainnoida, vaan huomio tulee kiinnittää punasolujen kokonaiskuvaan. *Anisotsytoosi* eli tavallista suurempi punasolujen koon vaihtelu näkyy verenkuvan erikokoisina punasoluina. Verenkuvanaalysaattorilla saatu punasoluarvo RDW (Red cell Distribution Width, punasolujen kokojakauma) kuvastaa tätä koon vaihtelua, ja sen kohoaminen voi olla selkeästi nähtävissä esimerkiksi anemiassa mikrosyyttisinä ja/tai makrosyyttisinä muutoksina. Esimerkiksi megaloblastisessa anemiassa normaalien punasolujen joukossa on suurempia punasoluja (makrosyyttejä, $>8,5\mu\text{m}$), kun taas mikrosyyttejä ($<7\mu\text{m}$) voidaan tavata esimerkiksi raudanpuuteanemiassa. (Bain 2002, 57–60; Eskelinen 2016b.)

Kromasia eli värjäytyvyys kertoo hemoglobiinin sitoutumisesta punasoluihin. *Hypokromisessa* punasolussa keskikalpeus on läpimitaltaan suurempi kuin kolmannes koko solun halkaisijasta. Tämä johtuu yleensä alhaisesta hemoglobiinikonsentraatiosta (MCHC = Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration, hemoglobiinin määrä litrassa punasoluja). (Bain 2002, 59–62; Vita Terveyspalvelut 2017.) Erytrosyyttien nuoruusmuodot eli *retikulosyytit* värjäytyvät MGG-värjäyksessä *polykromaattisesti* niiden korkean RNA-pitoisuutensa vuoksi. Polykromaattinen solu on sinertävä, yleensä ovaalin muotoinen makrosyytti. (Bain 2002, 59–62.) Punasolutuotannon kiihtyminen lisää retikulosyyttien määrää verenkierrossa (Siitonen ja Koistinen 2015a).

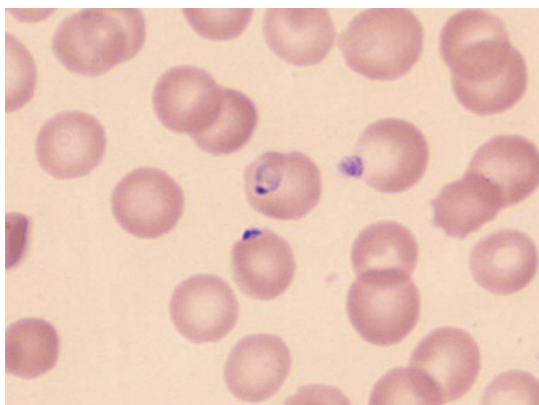
Poikilosyytosi kertoo punasolun muodon vaihtelusta. *Ovalosyytti* on ovaalin muotoinen solu, kun taas *kynäsolu* on ovalosyyttiä kapeampi, pidempi ja usein toisesta päästä terävä solu. *Elliptosyytti* on puolestaan ovalosyyttiä hieman kapeampi, mutta kynäsolua paksumpi solu. *Ekinosyytti* on piparkakua muistuttava solu, jossa on ulokkeita koko solun pinnalla. Niitä esiintyy esimerkiksi munuaisvaurioissa. *Pisarasolut* ovat nimensä mukaisesti pisaranmuotoisia soluja, joita voi esiintyä esimerkiksi myelofibroosissa. *Stomatosyyttissä* eli huulisolussa keskikalpeus on viivamainen. (Bain 2002, 62–74.) Stomatosyytit voivat viitata esimerkiksi maksasairauteen, mutta ne voivat olla myös artefaktia, joka johtuu liian paksusta sivelystä (Keohane 2012, 324).

Targetsolun keskellä on tumma hemoglobini-soitunut alue, jonka ympärillä nähdään vaalea alue, eli se on värjäytynyt maalitaulumaisesti. Targetsolujen esiintyminen voi viitata esimerkiksi maksasairauteen tai talassemiaan. Hyperkromiselta näyttävä *sferosyytti* on puolestaan pieni pallomainen solu, jolla on vain niukka tai olematon keskikalpeus. Sferosyyttejä tavataan useimmiten hemolyytisessä anemiassa. Vaikka sferosyytit näyttävätkin sivelyvalmisteesta pieniltä, niiden tilavuus on useimmiten sama kuin

tavallisilla punasoluilla niiden pyöreän muotonsa takia, joten niiden esiintymistä ei voi päätellä MCV-arvosta. (Bain 2002, 62–65, 72–74.)

Sirppisolujen muoto vaihtelee elliptosyyttimäisestä sirppimäiseen muotoon ja niitä tavataan sirppisolanemiassa. Sirppisolut hajoavat ja takertuvat herkästi soluseinämiin verenkierrassa, mikä saattaa aiheuttaa elinvaurioita sekä hapenpuutetta elimistöön. Punasolut saattavat myös hajota fragmenteiksi eli *skistosyyteiksi*, jotka ovat epäsäännöllisiä – esimerkiksi kypärän muotoisia – punasolukappaleita. Punasolufragmentit johtuvat yleensä mikroverenkierrassa tapahtuvasta punasolujen mekaanisesta rikkoutumisesta. (Bain 2002, 72; HUSLAB 2013b.)

Punasolut saattavat sisältää myös erilaisia **solun sisäisiä kappaleita**. *Howell-Jolly*-kappaleet ovat sytoplasmassa näkyviä pyöreitä sinipunaisia tumajäänteitä, jotka johtuvat pernan toimintavajauksesta. Näitä on yleensä 1–2 kappaletta. Muita punasolujen sisäisiä kappaleita ovat esimerkiksi Pappenheimerin kappaleet, Heinzin kappaleet sekä basofiilipilkutus. (Bain 2002, 28, 75–76; Rajamäki ja Salmi 2007, 236.) *Malaria* on neljä eri alatyyppeä. Malaria havaitaan punasoluissa inkluusiona (kuva 3), jonka ulkonäkö riippuu malarialoisen tyypistä ja kehitysvaiheesta. Malarialoinen voi muodostaa punasolun sisään esimerkiksi sormusmäisen rengasrakenteen. (Bain 2002, 128–131.)

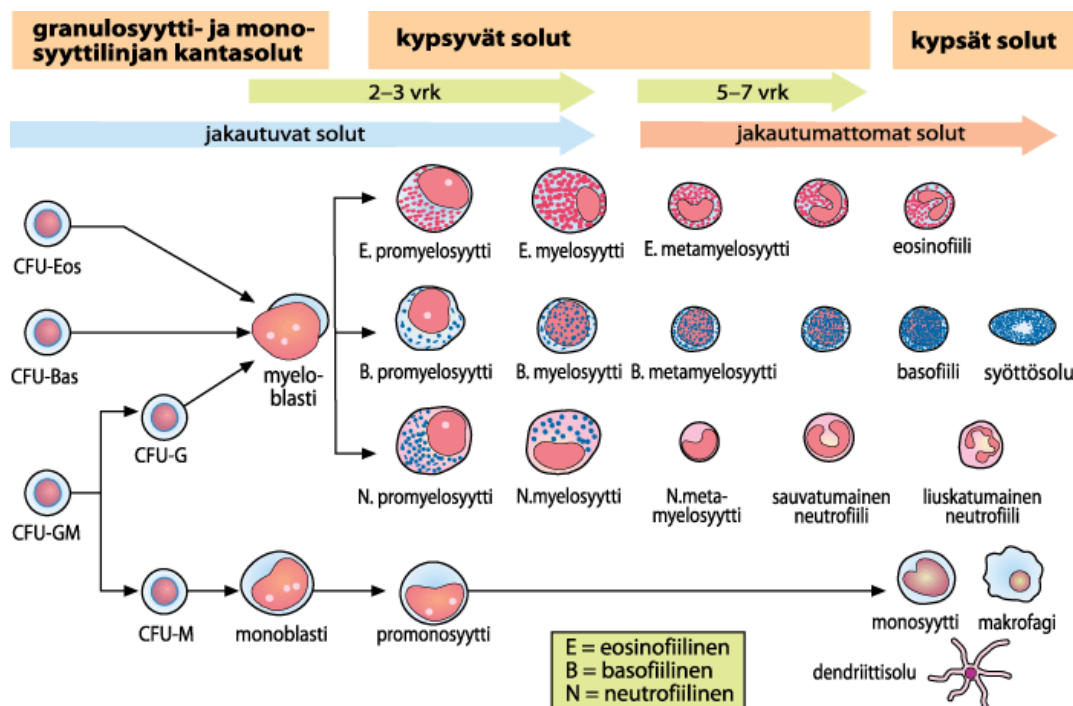


KUVA 3. Malarialle tyypillisiä rakenteita punasoluissa (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Myös punasolujen **ryhmittymisessä** voidaan havaita muutoksia. *Agglutinaatiossa* punasolut ovat ryhmittäytyneet kasoihin esimerkiksi antigeeni-vasta-ainereaktioiden seurauksena. Agglutinaatio voi kertoa hemolyttisestä anemiasta tai muusta hemolyttisestä sairaudesta. *Raharullamuodostukseksi* sanotaan punasolujen ryhmitystä, jossa punasolut pinoutuvat osin päällekkäin muodostaen kolikko-pinomaisia jonoja. Raharullaa voi esiintyä esimerkiksi infektion seurauksena sekä joissakin syöpäsairauksissa. Raharullaa voi muodostua myös artefaktana silloin, kun veripisara jää liian pitkäksi aikaa objektilasille ennen sivelyn vetämistä. Joskus voi olla vaikeaa erottaa agglutinaatio ja raharullamuodostus toisistaan. (Bain 2002, 76–77.)

3.2 Granulopoiesi

Granulopoiesi eli granulocyttien muodostuminen (kuva 4) alkaa myelooisesta erikoistuneesta kantasolusta. Granulocyttit ja monocyttit saavat alkunsa yhteisestä erikoistuneesta kantasolusta. Granulopoiesin varhaisin tunnistettava solu on nimeltään myeloblasti. Se kypsyy reilussa viikossa muiden kehitysvaiheiden kautta kypsäksi granulocytiksi. (Hoffbrand ym. 2001, 113–116; Hänninen 2004b, 266.) Myeloblastista myelosyttiasteeseen asti solut pystyvät jakautumaan, minkä jälkeen solut ainoastaan kypsyvät. Solujen kypsyessä solun koko pienenee, tuma pienenee ja liuskoittuu, tumakromatiini tiivistyy, tumajyvät häviävät ja sytoplasman basofiilinen värjäytyvyys vähenee. (Hänninen 2004b, 266; Smith 2012, 77.) Granulocyttit jaetaan värjäytyvyytensä mukaan neutrofiileihin, basofiileihin ja eosinofiileihin, joilla on omat tehtävänsä ja ominaispiirteensä. Jaottelu on mahdollista vasta myelosyttiasteella, jolloin spesifiset granulat eli kullekin granulocyttille ominaiset sytoplasman jyvät ilmestyvät soluun. Tavallisesti verenkierrossa esiintyy lähinnä liuskatunaisia granulocyttejä ja vähän sauvatunaisia. (Hoffbrand ym. 2001, 113–116; Hänninen 2004b, 266; Siitonen ja Koistinen 2015a.) Suurin osa luuytimen soluista kuuluu granulopoiesin soluihin (Siitonen ja Koistinen 2015b, 24).



KUVA 4. Granulocyttien ja monocyttien muodostuminen (Kustannus Oy Duodecim 2015).

Neutrofiilit ovat aikuisen ihmisen yleisimpiä leukosyttejä eli valkosoluja. Niiden määrä lisääntyy bakteeritulehduksissa (Siitonen ja Koistinen 2015a). Neutrofiilien lisääntyminen onkin elimistön ensimmäinen suojamekanismi akuuteissa infektioissa (Hänninen 2004b, 267). Neutrofiilit fagosytoivat tulehduksissa vieraita mikro-organismeja sekä kuoilleita ja vaurioituneita soluja sekä aktivoivat elimistön puolustusmekanismeja. Neutrofiilit kiertävät verenkierrossa noin puoli vuorokautta, minkä jälkeen ne siirtyvät kudoksiin, joissa ne säilyvät muutamia päiviä. Verenkierron ja kudosten lisäksi myös luuytimeen on varastoituneena runsaasti kypsiä neutrofiileja, mistä ne voivat vapautua tarvittaessa nopeasti verenkiertoon. (Gargani 2012, 1, 37; Hänninen 2004b, 267; Siitonen ja Koistinen 2015a.) Neutrofiilit

tuhoutuvat kudoksissa apoptoottisesti, jonka jälkeen makrofagit fagosytoivat ne. Tunnusomaista neutrofiileille on tumän liuskoittuminen ja sytoplasmän vaaleanpunertavat granulat. (Siitonen ja Koistinen 2015b, 25.) Aikuisten valkosoluista 50–75 prosenttia on neutrofiilejä (Stiene-Martin 2012a, 135).

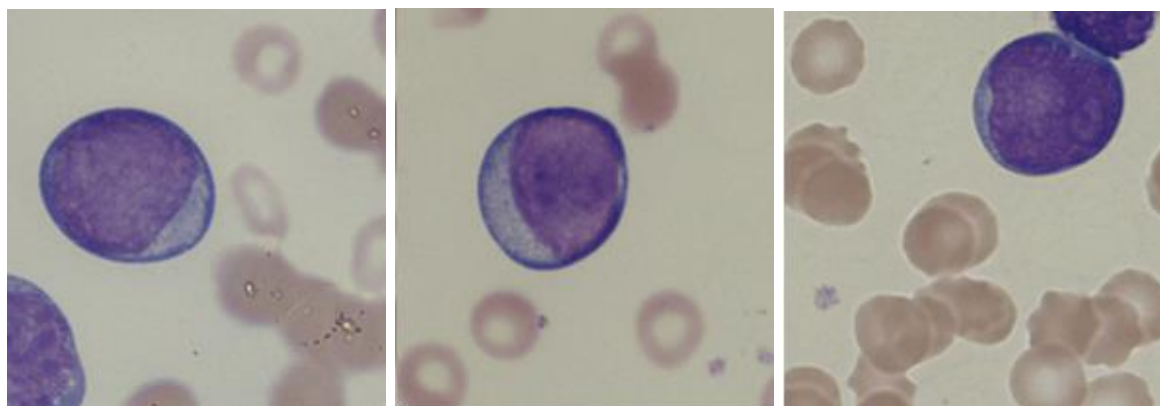
Eosinofiilien tumät ovat yleensä kaksilohkoisia ja niiden sytoplasmassa on spesifejä oranssinpunertaviksi värjäytyviä granuloita. Eosinofiilejä on pääsääntöisesti kudoksissa ja ne viipyvät vain muutaman tunnin verenkierrassa. Eosinofiilien sytoplasmassa olevat granulat sisältävät myrkyllisiä aineita parasiitteja vastaan ja ne neutraloivat tulehduksen välittäjäaineita. Eosinofiilit myös fagosytoivat antigeeni-vasta-ainekomplekseja. (Gargani 2012, 39; Hänninen 2004b, 267; Siitonen ja Koistinen 2015a.) Eosinofiilien osuus verenkierrassa olevista leukosyyteistä on normaalisti 1–5 prosenttia (Stiene-Martin 2012a, 140).

Myös basofiilit kykenevät fagosytoosiin eli solusyömiseen ja lisääntyvät joskus allergisten reaktioiden ja tulehdusten aikana. Basofiilit eivät kuitenkaan viivy kauaa verenkierrassa, vaan ne siirtyvät nopeasti kudoksiin, minkä vuoksi niitä esiintyy verenkuvassa vain satunnaisesti. Basofiileissä esiintyy runsaasti spesifistä, tumman sinivioletiksi värjäytyvää granulaa. (Siitonen ja Koistinen 2007, 27.) Granula sisältää allergisessa reaktiossa vapautuvaa hepariinia ja histamiinia (Hänninen 2004b, 267). Basofiilejä on normaalisti verenkierrassa vain 0,5–1,5 prosenttia valkosoluista (Stiene-Martin 2012a, 142).

3.2.1 Granulosyyttien kehitysvaiheet

Myeloblasti

Myeloblasti (15–20 µm) on ensimmäinen granulosyyttisen solulinjan tunnistettava solu. Tuma on suuri, pyöreä tai ovaali ja se sijaitsee yleensä solun keskellä. Kromatiini on tasaista, hienojakoista ja samettista ja se sisältää 2–5 helposti erottuvaa tumajyväästä. Sytoplasmaa on niukasti, se on tasaista ja yleensä granulatonta. Sytoplasma värjäytyy syvänsiniseksi tai sinertävänharmaaksi (kuva 5). (Leclair 2002a, 125; Siitonen ja Koistinen 2015a; Emanuel 2012, 428.)

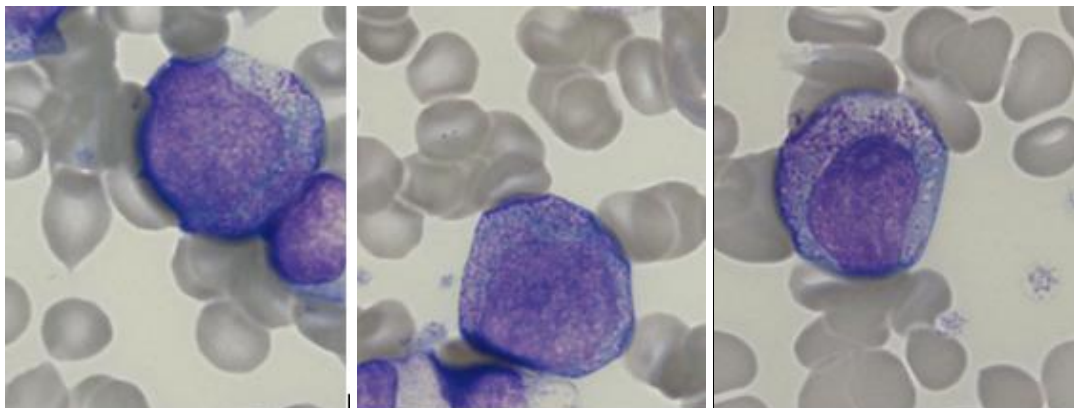


KUVA 5. Blasteja (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Promyelosyytti

Muutamassa päivässä myeloblastista kehittyy promyelosyytti. Se on kooltaan hieman suurempi kuin blastisolu (16–25 µm). Tuma on pyöreä tai ovaali ja sijaitsee useimmiten solun keskellä. Tuman kro-

matiini on vielä hienojakoista tai vain hieman tiivistynyttä ja tumajyväset ovat vielä näkyvissä. Sytoplasmaa on enemmän kuin blastisolussa ja se on tasaisen syvänsinistä, mutta hieman vaaleampaa kuin blastisolulla. Promyelosyytin sytoplasma on täynnä sinipunaista primäärigranulaa, jota voi esiintyä myös tuman päällä (kuva 6). (Leclair 2002a, 125; Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 136.)

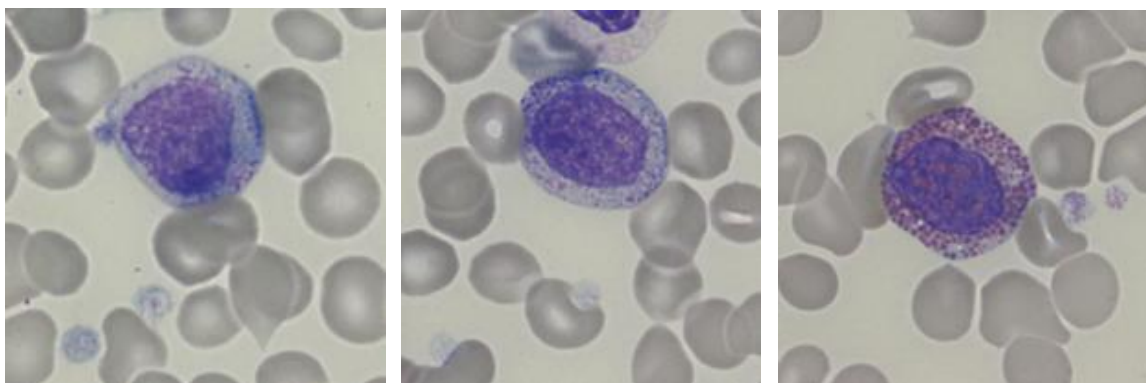


KUVA 6. Promyelosyyttejä (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Myelosyytti

Myelosyyttivaiheessa solun sytoplasmaan kehittyy spesifistä sekundäärigranulaa, jonka perusteella neutrofiilit, eosinofiilit ja basofiilit voidaan erottaa toisistaan. Eosinofiilisen myelosyytin sytoplasmassa on suurta spesifistä oranssinpunertavaa pyöreää granulaa. Basofiilillä myelosyytillä granula on suurta, karkeaa ja tummanviolettiä. Neutrofiilien granula on puolestaan pientä, hienojakoista ja vaaleanpunertavaa tai sinipunaista. (Bain 2001, 87; Stiene-Martin 2012a, 137, 141, 143.)

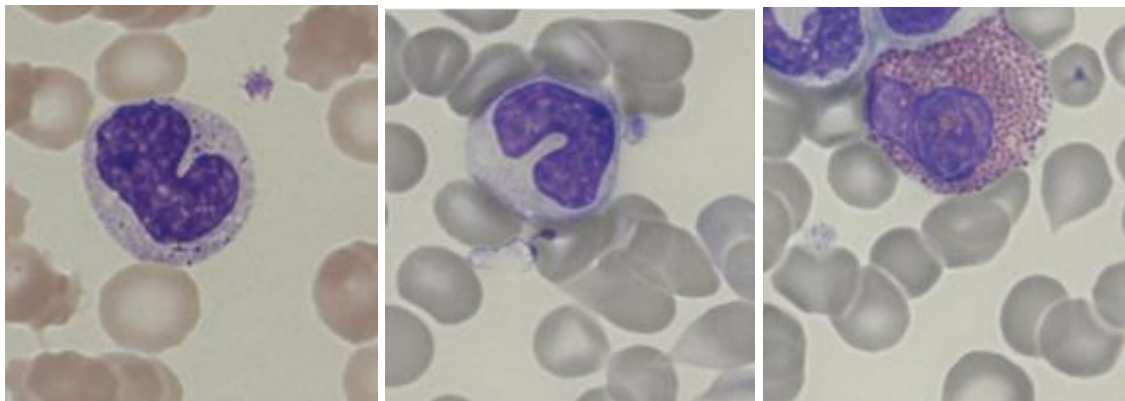
Myelosyytti (kuva 7) on kooltaan promyelosyyttiä pienempi (15–18 μ m). Sen tuma voi olla pyöreä, ovaali tai toiselta reunaltaan litistynyt. Kromatiini on selvästi tiiviimpää eivätkä tumajyväset enää erotu. Sytoplasma on sinistä ja sen väri vaalenee solun kypsyessä. (Hänninen 2004b, 266; Leclair 2002a, 127; Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 137–138.) Myelosyyttivaiheeseen asti solut kykenevät jakautumaan (Stiene-Martin 2012a, 137).



KUVA 7. Neutrofiilisiä myelosyyttejä ja eosinofiilinen myelosyytti (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Metamyelosyytti

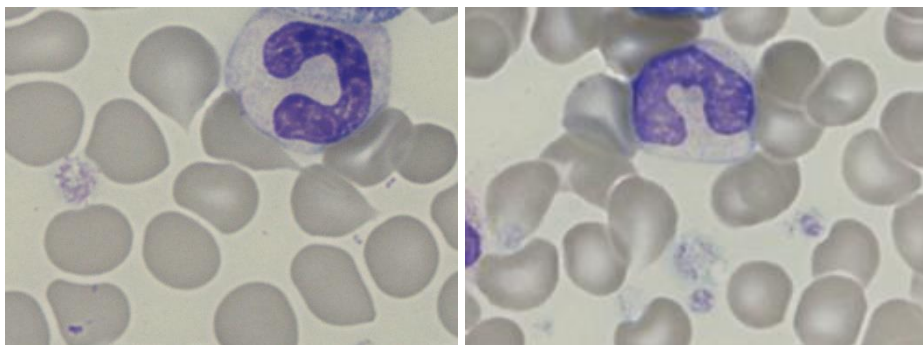
Metamyelosyyteissä (kuva 8) tuma on muuttunut hevosenkengän tai pavun muotoiseksi ja kromatiini on tiivistynyttä ja karkeaa. Kooltaan metamyelosyytti on 14–16 µm. Sytoplasma on vaaleampaa kuin aiemmissa kehitysmuodoissa. (Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 137–138.) Metamyelosyyttivaiheesta lähtien soluissa tapahtuu ainoastaan kypsymistä (Hänninen 2004b, 266; Stiene-Martin 2012a, 137).



KUVA 8. Metamyelosyyttejä. Viimeisenä eosinofiilinen metamyelosyytti. (Keinänen ja Pakarinen 2017.)

Sauvatumainen neutrofiili

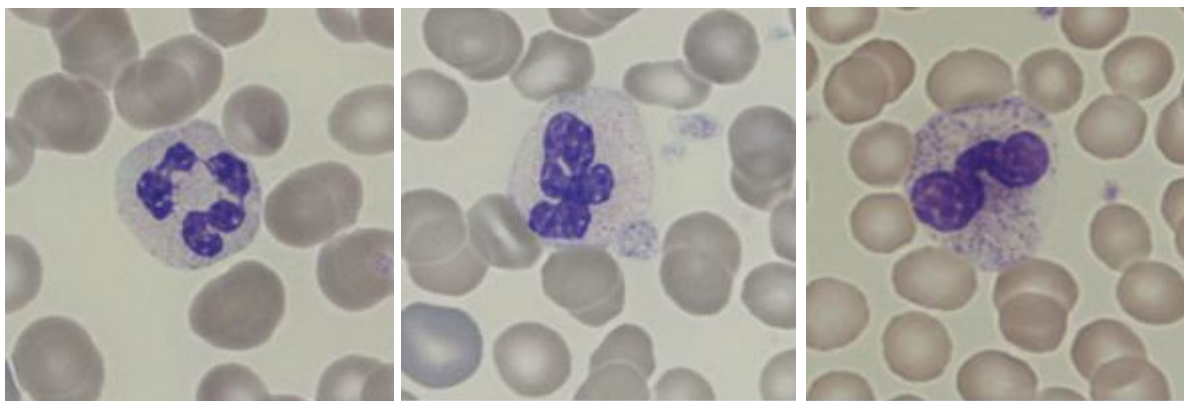
Sauvatumaisen neutrofiilin (kuva 9) tuman muoto on sauvamainen tai makkaramainen ja sen kromatiini on tiivistä ja karkeaa. Sytoplasma on väriltään vaalean sinipunaista tai väritöntä. (Bain 2001, 87; Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 138.) Neutrofiili lasketaan sauvatumaiseksi, jos sen tuman kapein kohta on alle puolet tuman leveydestä (Leclair 2002a, 128). Verenkierrossa esiintyy normaalisti jonkin verran neutrofiilien sauvamuotoja, eikä niiden jaottelulla sauva- ja liuskatumaisiin ole suurta kliinistä merkitystä. (Hänninen 2004b, 266, 280; Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 138.)



KUVA 9. Sauvatumaisia neutrofiilejä (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Liuskatumainen neutrofiili

Liuskatumainen neutrofiili on täysin kypsä ja toimintakykyinen solu, jonka tuma on liuskoittunut kromatiinisäikeillä 2–5 lohkoon (kuva 10). Kromatiini on tiivistä ja kokkareista. Sytoplasma on haalean sinipunaista, vaaleanpunertavaa tai väritöntä. Sytoplasmassa on hienojakoista vaaleanpunertavaa tai sinertävää granulaa. Kooltaan solu on noin 13 µm. (Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 138.) Kypsyminen blastista liuskatumaiseksi kestää noin viikon (Hänninen 2004b, 266).



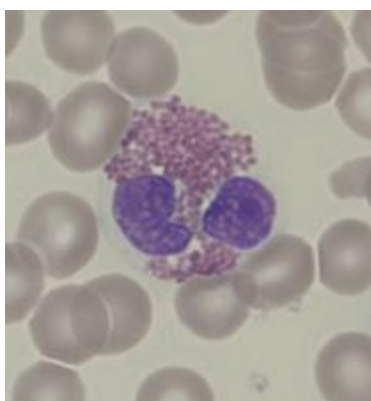
KUVA 10. Liuskatumaisia neutrofiilejä (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Eosinofiili

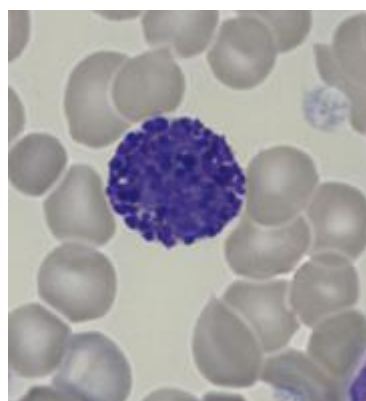
Kypsän eosinofiilin tuma on tyypillisesti liuskoittunut kahteen lohkoon ja sytoplasmaa peittää tunnusomainen karkea, oranssinpunertava granula (kuva 11). Sytoplasma on kalpean sinistä tai väritöntä. Yleensä eosinofiili on suurempi kooltaan kuin neutrofiilit, 12–17 μm . (Gargani 2012, 39; Leclair 2002a, 129; Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 141.)

Basofiili

Basofiilin (kuva 12) suuri ja karkea tummanvioletti granula peittää koko solua. Tumaa voi olla hankalaa erottaa granulan alta, mutta se on yleensä kaksilohkoinen ja S-kirjaimen muotoinen. Sytoplasma on vaaleansinertävää tai väritöntä. Kooltaan basofiili on hieman neutrofiilia suurempi, 14–16 μm . (Gargani 2012, 39; Leclair 2002a, 129; Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 143.)



KUVA 11. Eosinofiili (Keinänen ja Pakarinen 2017).

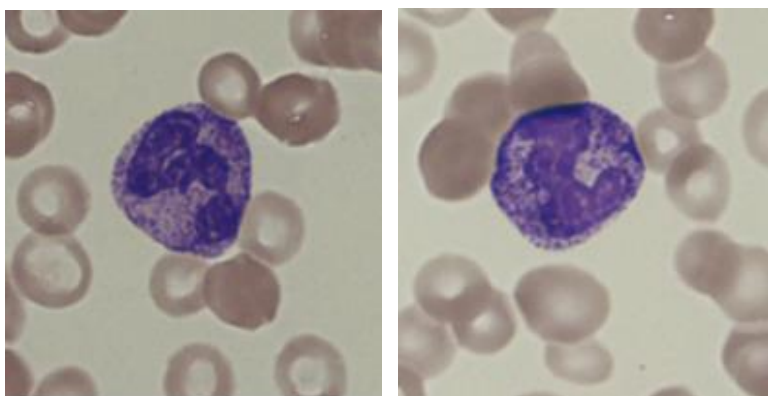


KUVA 12. Basofiili (Keinänen ja Pakarinen 2017).

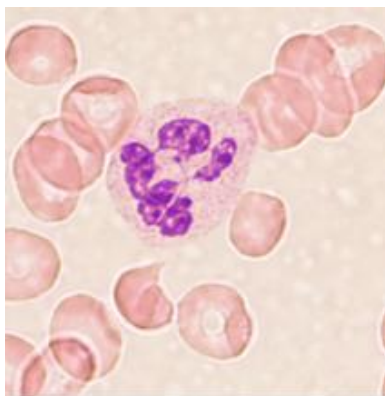
3.2.2 Granulosyyttien muutoksia

Bakteeri-infektioissa ja elimistön tulehduksissa neutrofiileihin voi muodostua karkeaa, sinipunertavaa **toksista granulaa** (kuva 13). Vaikeissa infektioissa verenkiertoon voi ilmestyä tilapäisesti myös varhaismuotoja myelosyyttitasolle asti, eli niin sanottua **vasemmalle siirtymistä**. (Mahlmäki 2004, 280.) **Hypogranulaatiota** tai **granulattomuutta** voi esiintyä myelodysplastisissa tiloissa ja joissakin myelooisen sarjan leukemioissa. **Yliliuskoittumista** (kuva 14) esiintyy muun muassa elimistön tulehduksellisissa tiloissa, megaloblastisen anemian yhteydessä sekä kroonisissa infektioissa. (Bain

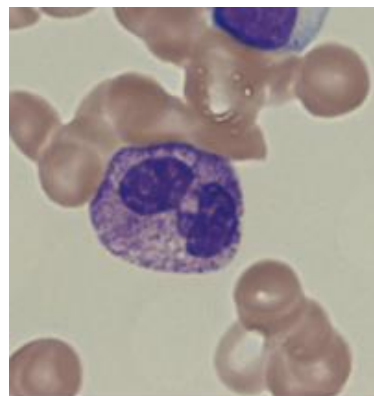
2001, 92; Gargani 2012, 40; Mahlamäki 2004, 280; Stiene-Martin 2012b, 418.) Yliliuskoittumisen eli hypersegmentaation rajana pidetään sitä, että neutrofiilien tumat ovat liuskoittuneet kuuteen tai useampaan tumalohkoon tai vähintään kymmenessä prosentissa neutrofiileja on viisi tumalohkoa. Yliliuskoittumisen yhteydessä voidaan käyttää termiä neutrofiilien oikealle siirtyminen. (Bain 2002, 78–79.) **Aliliuskoittuneessa** neutrofiilissä (kuva 15) tumassa on yhdestä kahteen lohkoa, ja niitä havaitaan etenkin myelodysplastisissa tiloissa ja akuutissa myelooisessa leukemiassa (Bain 2001, 93; Bain 2002, 79). Tuman muoto ja rakenne voi poiketa myös muilla tavoin, ja tuma voi olla esimerkiksi **sormuksen muotoinen**. Myös sytoplasmassa voi olla muutoksia, kuten **vakuolisoitumista** tai **Döhlen kappa-leita**, jotka ovat ovaalin tai pyöreän muotoisia sytoplasmian reunassa sijaitsevia siniharmaita kappaleita. Niitä voi esiintyä muun muassa infektioiden ja palovammojen yhteydessä, raskauden aikana ja joissakin sairauksissa. (Bain 2002, 82–86, 89–90.)



KUVA 13. Neutrofiilien toksista granulaa (Keinänen ja Pakarinen 2017).



KUVA 14. Yliliuskoitunut neutrofiili (Keinänen ja Pakarinen 2017).



KUVA 15. Aliliuskoitunut neutrofiili (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Eosinofiilien ja basofiilien morfologiassa on harvoin merkittäviä poikkeamia (Mahlamäki 2004, 280). Eosinofiilin tuma voi kuitenkin joissain tapauksissa olla rengasrakenteinen tai hypo- tai hypersegmentoitunut, sen granula saattaa värjäytyä esimerkiksi vihertäväksi tai granulan seassa saattaa esiintyä myös epäkypsää basofiilista granulaa. (Bain 2002, 95–99.) **Eosinofiliaa**, eli eosinofiilien runsasta esiintymistä voi esiintyä syöpä- ja autoimmuunitautien yhteydessä sekä toisinaan kroonisessa myelooisessa leukemiassa (Hänninen 2004c, 306; Remes 2013). Akuuteissa bakteeri-infektioissa eosino-

fiilien määrä voi vähentyä (Rintala ja Saxén 2011). **Basofiiliaa**, eli basofiilien runsaslukuisuutta esiintyy yliherkkyyksireaktioiden lisäksi myeloproliferatiivisissa taudeissa sekä kroonisessa myelooisessa leukemiassa merkinä kiihtyneestä tai blastikriisivaiheesta (Bain 2001, 94; Hänninen 2004c, 302).

3.3 Monosyttopoieesi

Monosyttopoieesi eli monosyyttien muodostuminen alkaa samasta myelooisesti erikoistuneesta kantasolusta kuin granulopoieesin solut (kuva 4). Kypsät monosyytit kiertävät verenkierrossa keskimäärin kolme vuorokautta, minkä jälkeen ne siirtyvät kudoksiin. Kudoksissa monosyytit erilaistuvat makrofageiksi eli syöjäsoluiksi, tai dendriittisolueiksi, joilla molemmilla on tärkeä tehtävä immuunijärjestelmässä. (Siitonen ja Koistinen 2007, 27; Siitonen ja Koistinen 2015a.) Verenkierron leukosyyteistä 2–10 prosenttia on monosyyttejä (Stiene-Martin 2012a, 144). Monosyyttien määrä voi lisääntyä kroonisissa infektioissa ja infektioiden paranemisvaiheissa, myelodysplastisissa tiloissa sekä akuutissa monosyytileukemiassa (Hänninen 2004c, 303; Mahlamäki 2004, 281).

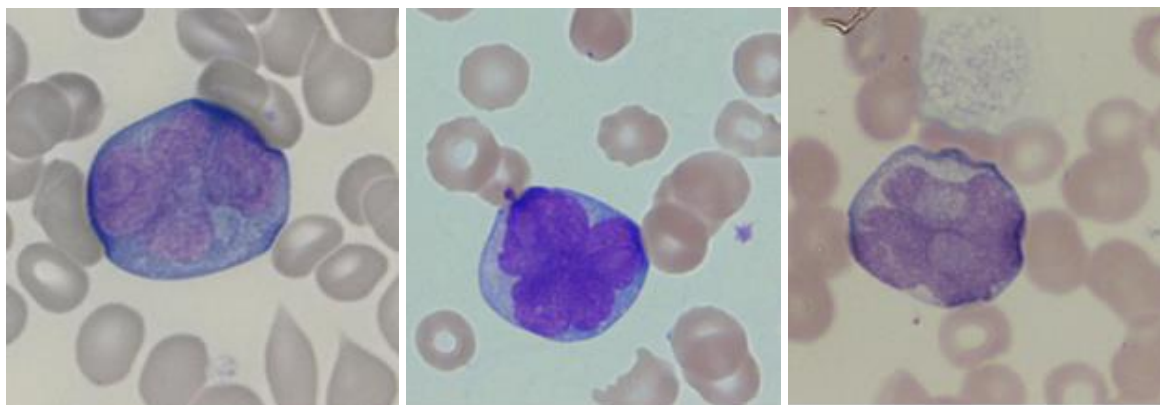
Kudoksen makrofagit ovat kooltaan veren monosyyttejä kookkaampia ja niiden sytoplasma on vaaleaa ja vaahtomaista (Vilpo 2010b, 23). Monosyyttien sekä makrofagien tehtävänä on tunnistaa poikkeavia patogeeneja ja muokata niiden antigeeneista ja HLA-molekyyleistä komplekseja, joita T-lymfosyytit voivat tunnistaa (Siitonen ja Koistinen 2007, 27). Ne siis esittelevät vieraan antigeenin lymfosyyteille, jotta mikrobin tuhoamiseksi suunnattu reaktio käynnistyisi (Vilpo 2010b, 23). Makrofagien elinikä saattaa olla jopa kuukausia (Siitonen ja Koistinen 2007, 27).

Dendriittisolut voivat muodostua sekä luuytimen lymfaattisista että myelooisista kantasoluista. Tämän lisäksi myös monosyyttisolut voivat erikoistua dendriittisolueiksi sopivien kasvutekijöiden avulla. (Siitonen ja Koistinen 2007, 27–28.) Niitä esiintyy vain satunnaisesti pieninä määrinä verenkierrossa ja ulokkeelliset rakenteet ovat niille luonteenomaisia. Dendriittisolujen merkitystä elimistön puolustusjärjestelmän kannalta ei ole vielä täysin selvitetty, mutta niillä on samanlaisia ominaisuuksia kuin monosyyteillä ja makrofageilla (Vilpo 2010b, 24). Ne kykenevät myös kuljettamaan prosessoimansa antigeenin imusolmukkeeseen herättääkseen T-lymfosyyteissä primäärivasteen. Monosyytit, makrofagit ja dendriittisolut muodostavat keskeisimmän osan retikuloendoteliaali- eli syöjäsolujärjestelmästä. (Siitonen ja Koistinen 2007, 27–28.)

3.3.1 Monosyyttien kehitysvaiheet

Monoblasti

Ensimmäinen sivelyvalmisteessa tavattava monosyyttilinjan solu on monoblasti, joka kypsyy monosyyttivaiheen kautta monosyytiksi. Terve monoblasti ja myeloblasti muistuttavat toisiaan, eikä niitä ole tarpeellista erottaa mikroskooppisesti. Monoblastin tuma on pyöreän tai ovaalin muotoinen ja se voi olla laskostunut. Tuman kromatiini on hienojakoista ja siinä on havaittavissa 1–2 nukleolia. Monoblastin sytoplasma on granulatonta, väriltään vaaleansinistä tai harmaata, ja siinä voi esiintyä vakuoleja. Joskus monoblastilla voi olla enemmän sytoplasmaa kuin muilla blastisoluilla (kuva 16). Monoblasti on kooltaan noin 12–20 µm. (Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 145; Turgeon 1993, 133.)



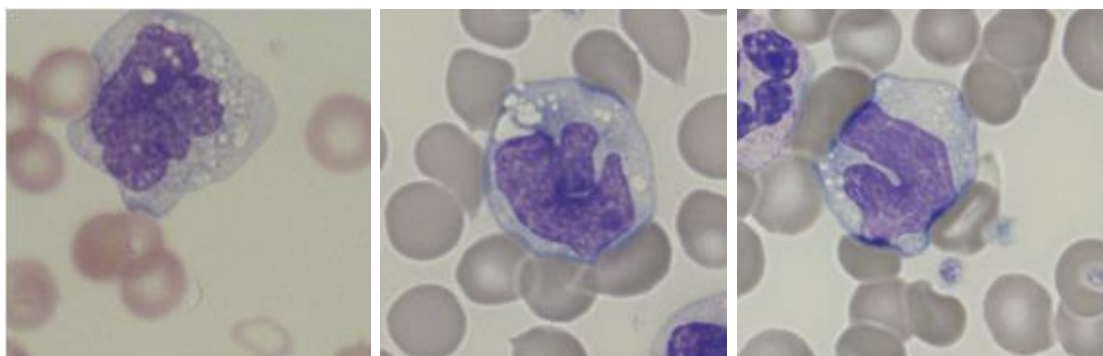
KUVA 16. Blasteja (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Promonosyytti

Ensimmäinen solu, jonka voi mikroskooppisesti varmuudella tunnistaa monosyyttilinjaan kuuluvaksi, on promonosyytti. Se muistuttaa promyelosyyttiä, mutta sisältää vähemmän ja pienempää granulaa. (Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 145.) Kooltaan promonosyytti on 12–18 μm . Tuma voi olla pyöreä, epäsäännöllinen tai monosyytimäiseen tapaan laskostunut. Kromatiini on hienojakoista ja hieman löyhää. Tumajyväset voivat erottua. Sytoplasmaa on runsaasti, se on sinistä ja siinä on harvaa pölymäistä granulaa. Sytoplasma voi olla epäsäännöllisen muotoista. (Leclair 2002a, 131; Stiene-Martin 2012a, 144.)

Monosyytti

Kypsä monosyytti (kuva 17) on läpimitaltaan noin 15–25 μm ja se on yleensä suurin verenkierron soluista. Tuma on suuri ja laskostunut tai taipunut hevosenkengän muotoiseksi, mutta se voi olla myös epäsäännöllisen pyöreä tai ovaali. Kromatiini on löyhän pitsimäistä ja voi sisältää tiiviimpiä kohtia. Sytoplasmaa on paljon, se on epäsäännöllisen muotoista ja samean siniharmaata. Sytoplasmassa voi näkyä harvaa, hienojakoista sinipunaista granulaa. Sytoplasmassa ja tumassa voi esiintyä vakuoleja. (Gargani 2012, 38; Leclair 2002a, 131; Stiene-Martin 2012a, 144–145.)



KUVA 17. Monosyyttejä (Keinänen ja Pakarinen 2017).

3.3.2 Monosyyttien muutoksia

Monosyyttien morfologiassa on vain harvoin selkeitä muutoksia. Monosyyteissä voidaan kuitenkin joskus havaita sisäisiä kappaleita tai epätavallisen runsasta vakuolisoitumista. Nämä muutokset voivat aiheutua esimerkiksi metabolisista tai perinnöllisistä sairauksista. Joissain tapauksissa malaria voi aiheuttaa myös monosyytteihin malariatyyppisiä pigmenttejä. (Bain 2002, 106–107.)

Monosytoosia eli monosyyttien runsautta verenkuvassa voidaan havaita muun muassa tuberkuloosissa ja muissa kroonisissa bakteeri-infektioissa, tietyissä karsinoomissa sekä myelodysplastisissa tiloissa (Hoffbrand ym. 2001, 122; Stiene-Martin 2012b, 417). Monosytopeniaa eli monosyyttien vähäistä esiintymistä verenkuvassa voivat selittää muun muassa Epstein-Barr -virus sekä steroidihoidot (Stiene-Martin 2012b, 417).

3.4 Lymfopoiiesi

Lymfopoiiesi eli lymfosyyttien muodostuminen tapahtuu luuytimessä ja lymfaattisessa kudoksessa. Lymfosyytit saavat alkunsa luuytimen lymfaattisesta kantasolusta. Lymfosyyteillä on kaksi pääluokkaa: B- ja T-lymfosyytit. B-solujen erilaistuminen jatkuu luuytimessä, mutta T-solut siirtyvät erilaistumaan kateenkorvaan. Lisäksi löytyy pieni määrä granulaarisia lymfosyyttejä, jotka ovat luonnollisia tappajasoluja eli NK-soluja (natural killer). Solupintansa antigeenireseptorien avulla B- ja T-lymfosolut tunnistavat kohtaamiaan antigeenejä. NK-solut puolestaan pystyvät tuhoamaan kohdesolujaan ilman antigeenireseptoria. (Siitonen ja Koistinen 2007, 29–31; Siitonen ja Koistinen 2015a.) Aikuisella 20–40 prosenttia verenkierroksen valkosoluista on lymfosyyttejä (Stiene-Martin 2012a, 146).

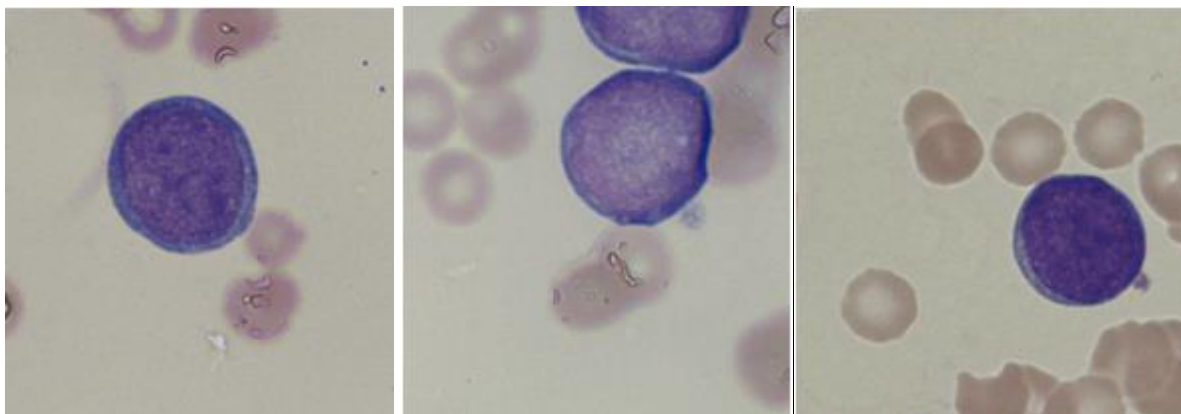
B-lymfosyytit muodostavat ihmisen immunologisen puolustusjärjestelmän vasta-aineita tuottavan haaran. Kypsimpiä B-soluja ovat imukudoksessa ja luuytimessä olevat plasmakolut, jotka tuottavat spesifisiä vasta-aineita eli immunoglobuliineja. Varhaisemmat B-linjan solut ovat rakenteeltaan kypsiä lymfosyyttejä. Osa niistä toimii muistisoluna, jotka T-muistisolujen kanssa kehittävät nopean immunivasteen elimistön kohdatessa uudelleen saman antigeenin. Esimerkiksi rokotesuoja perustuu muistisolujen kykyyn tuottaa rokotteen indusoimia vasta-aineita vielä vuosienkin päästä. B-solujen puute tai toimintahäiriö aiheuttaa vasta-aineiden puutteen, joka näyttäytyy etenkin infektioherkkyytenä. (Vilpo 2010b, 24–25.)

T-solu aktivoituu imusolmukkeessa dendriittisolun prosessoimasta ja kuljettamasta antigeenista. Kun B-solu kohtaa aktivoituneen T-solun, se alkaa jakautua. Osa syntyvistä suurista B-lymfosyyteistä erilaistuu morfologisesti helposti tunnistettaviksi lyhytikäisiksi plasmakoluiksi. Aktivoitunut B-solu voi edelleen siirtyä imusolmukkeen itukeskukseen. Itukeskuksen B-soluja kutsutaan sentroblasteiksi ja sentrosyyteiksi. (Siitonen ja Koistinen 2007, 29.)

3.4.1 Lymfosyyttien kehitysvaiheet

Lymfoblasti

Lymfoblasti on kooltaan 10–18 μm . Sen tuma on suuri ja muodoltaan pyöreä tai ovaali. Sen kromatiini on tasaista, mutta karkeampaa kuin myeloblastilla. Tumajyväset erottuvat yleensä huonosti, mutta toisinaan niitä voi erottaa yhden tai useamman. Sytoplasma on sinistä ja sitä on niukasti. (Emanuel 2012, 428; Leclair 2002a, 134; Stiene-Martin 2012a, 147.) Kovin alkeellisia lymfo- ja myeloblasteja (kuva 18) ei voi erottaa toisistaan ilman erikoistutkimuksia, kuten pinta-antigeenitutkimusta (Mahlamäki 2004, 281).



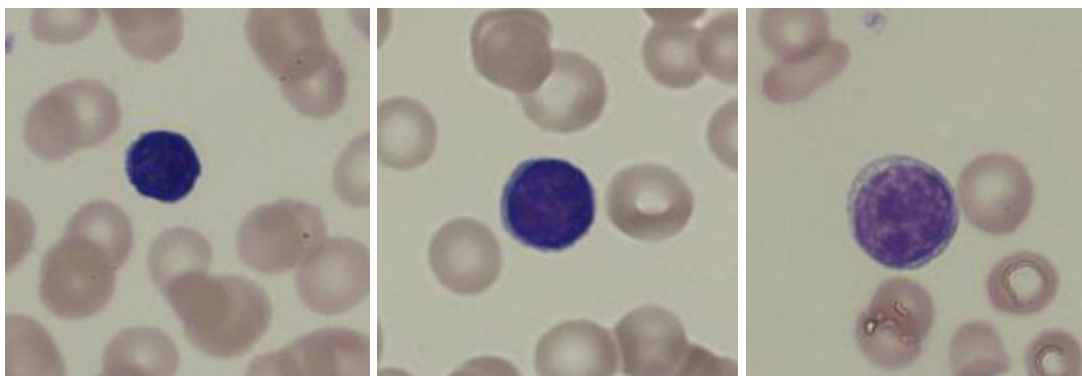
KUVA 18. Blasteja (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Prolymfosyytti

Prolymfosyyttiä on vaikea erottaa lymfoblastista. Prolymfosyytin tumakromatiini on tiiviimpää ja sytoplasmaa on enemmän kuin lymfoblastilla. Tumajyväset voivat vielä erottua. (Kuittinen 2015; Leclair 2002a, 134.)

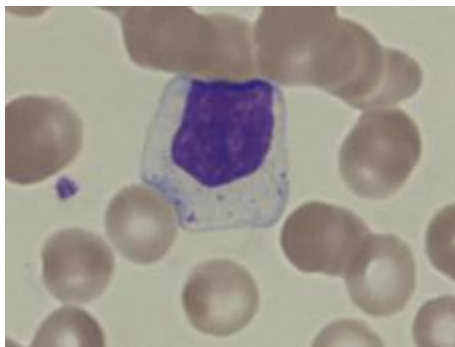
Kypsä lymfosyytti

Kypsien lymfosyyttien morfologia on vaihteleva (kuva 19). Suurin osa lymfosyyteistä on pieniä inaktiivisia soluja, kooltaan 8–9 μm . Kondensoitunut ja paakkuinen suuri tuma täyttää lähes koko solun. Sytoplasma on syvänsinistä ja sitä on niukasti. T- ja B-lymfosyyttejä ei voi erottaa mikroskooppisesti toisistaan. (Hänninen 2004c, 397; Siitonen ja Koistinen 2015a; Stiene-Martin 2012a, 147.)



KUVA 19. Erilaisia kypsiä lymfosyyttejä (Keinänen ja Pakarinen 2017).

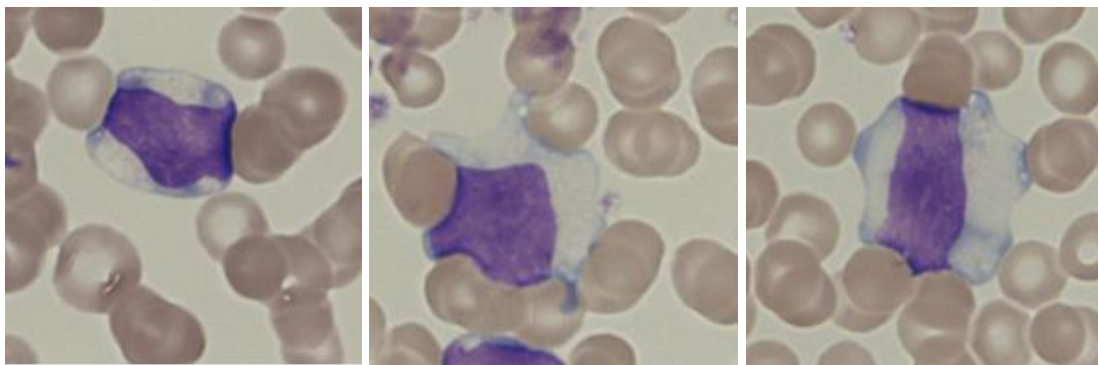
Suurilla lymfosyyteillä eli LGL-soluilla (11–15 μm) on paljon sytoplasmaa, joka voi olla epäsäännöllisen muotoista ja väriltään haalean sinertävää (kuva 20). Sytoplasmassa on sinipunaista harvaa ja suuri-
kokoista granulaa. Tuma voi olla muodoltaan pyöreä, ovaali tai levinnyt. Kromatiini on löyhempää kuin pienellä lymfosyytillä. Tuman väri on myös vaaleampi kuin pienellä lymfosyytillä. (Kuittinen ja Remes 2015; Leclair 2002a, 134–137; Stiene-Martin 2012a, 147–148.)



KUVA 20. LGL-solu (Keinänen ja Pakarinen 2017).

3.4.2 Lymfosyyttien muutoksia

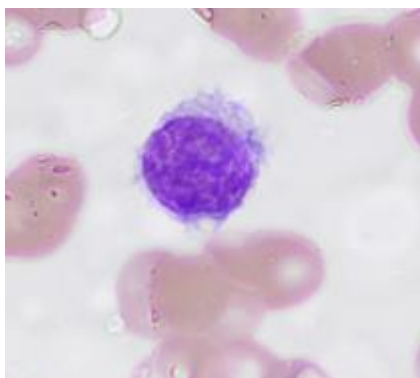
Lymfosyytti voi muuttua **reaktiiviseksi** infektion seurauksena (kuva 21). Reaktiivisella lymfosyytillä on suuri epäsäännöllisen muotoinen tuma, jonka kromatiini on löyhempää kuin pienellä lymfosyytillä. Siinä voidaan usein havaita yksi tai useampi suuri nukleoli. Sytoplasmaa on paljon ja se voi olla epäsäännöllisen muotoista tai levinnyttä. Sytoplasma voi olla kauttaaltaan sinistä tai reunoiltaan tummentunutta. (Bain 2001, 95; Stiene-Martin 2012b, 421.)



KUVA 21. Reaktiivisia lymfosyyttejä (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Lymfosytoosia esiintyy erityisesti virusinfektioissa ja lymfaattisessa leukemiassa sekä joissakin vaikeimmista bakteeri-infektioissa. Tavallisissa bakteeri-infektioissa lymfosyyttien määrä voi laskea. Infektioiden paranemisvaiheessa lymfosyyttien määrä voi hetkellisesti nousta tavallista korkeammalle. (Rintala ja Saxén 2011.) **Lymfopeniaa** eli lymfosyyttien vähyyttä esiintyy immuunijärjestelmän vajaavuustiloissa, joissain pahanlaatuisissa taudeissa sekä erilaisten hoitojen seurauksena. (Hänninen 2004c, 303.)

Karvasolu-lymfosyyttejä (kuva 22) voi esiintyä verenkierrossa karvasoluleukemiassa. Solut ovat pieniä tai keskikokoisia atyyppisiä lymfosyyttejä, joilla on munuaismainen tai pyöreä tuma ja hienojakoinen karkea kromatiini. Sytoplasma on vaalean harmahtavaa ja siinä on tunnusomaisia karvamaisia ulokkeita. (Czader 2012, 567; Leclair 2002b, 471.) **Burkittin lymfoomassa** voi esiintyä lymfosyyttejä, joiden basofiilisesti värjäytyneessä sytoplasmassa on vakuoleja (Czader 2012, 572). **Sezaryn solut** ovat keskikokoisia lymfosyyttejä, joiden tuma on poimuttunut ja tumakromatiini on karkeaa ja hyvin tummaa. Niitä esiintyy Sezaryn syndroomassa. (Czader 2012, 574; Leclair 2002b, 472.)



KUVA 22. Karvasolu-lymfosyytti (Keinänen ja Pakarinen 2017).

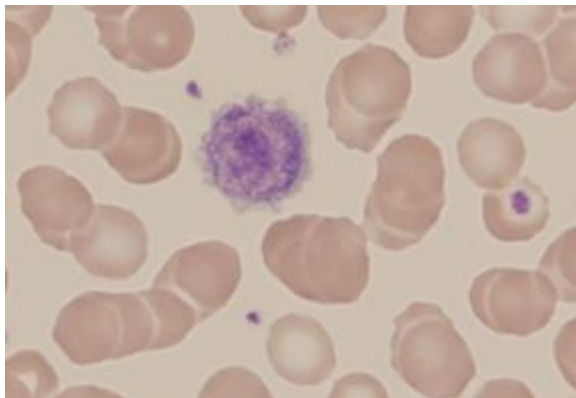
3.5 Trombosytopoieesi

Trombosytopoieesissa erikoistuneesta kantasolusta muodostuu luuytimessä megakaryoblasti. Megakaryoblastista kypsyy 5–10 vuorokaudessa promegakaryosyyttivaiheen kautta megakaryosyytti, jonka sytoplasmasta muodostuu kuroutumalla 1000–7000 trombosyyttia. Verenkiertoon vapautuneista trombosyyteistä noin kolmasosa on varastoituneena pernaan. Trombosyyttien elinikä verenkierrossa on 7–10 vuorokautta, minkä jälkeen ne fagosytoituvat pernassa, maksassa ja luuytimessä. (Gargani 2012, 57; Siitonen ja Koistinen 2015b, 26–27.)

Trombosyytti on verenkierron pienin solu, 1–4 μm . Se on tumaton ja kiekkomainen. Trombosyyttien sytoplasma sisältää pieniä jyväsiä, jotka sisältävät hyytymistekijöitä. (Hänninen 2004b, 268.) Trombosyyttien tehtävänä on osallistua primääriin hemostaasiin muodostamalla verenvuotokohtaan tulppa (Hänninen 2004b, 268; Siitonen ja Koistinen 2015a). Trombosyytit kiinnittyvät nopeasti vaurioituneen verisuonen seinämään ja houkuttelevat ympärilleen lisää trombosyyttejä, jotka aggregoituvat eli kiinnittyvät jo paikalla oleviin trombosyytteihin. Syntyneestä tulpasta vapautuu hyytymistekijöitä aktivoivia aineita, jotka käynnistävät varsinaisen veren hyytymisen. Trombosyyteistä vapautuu myös kasvutekijöitä, jotka nopeuttavat haavan paranemista. (Vilpo 2010b, 24.)

Mikroskopoidessa kiinnitetään huomioita trombosyyttien määrään, kokoon, värjäytyvyyteen ja ryhmitykseen (Maedel ja Doig 2012, 202). Myeloproliferatiivisissa sairauksissa voi esiintyä trombosyyttien määrän lisääntymistä, jättimuotoja (kuva 23) sekä muutoksia granulaatiossa (Bain 2001, 97; Mahlamäki 2004, 281). EDTA-antikoagulantti saattaa toisinaan aiheuttaa pseudotrombosytopeniaa, eli trombosyyttien kasaantumista yhteen tai tarttumista valkosoluihin, mikä johtaa verenkuva-analysaattorilla

liian mataliin trombosyyttiarvoihin. Trombosytopenia on aina tarkastettava mikroskoopilla luotettavan tuloksen saamiseksi. (Bain 2001, 98; Savolainen ja Tienhaara 2015a.)



KUVA 23. Jättitrombosyytti (Keinänen ja Pakarinen 2017).

4 AKUUTIT JA KROONISET LEUKEMIAIT

Hematopoieesi on tarkkaan säädeltyä, jotta tarkoituksenmukainen solutuotanto on mahdollista. Häiriöt solutuotannon säätelyssä aiheuttavat erilaisia veritauteja, joille ominaista ovat poikkeamat yhden tai useamman solulinjan solujen määrässä, erilaistumisessa ja kypsymisessä. (Siitonen ja Koistinen 2015a.) Leukemiat jaotellaan solulinjan ja taudinkuvan perusteella neljään pääryhmään; akuutti lymfaattinen leukemia (ALL), akuutti myeloinen leukemia (AML), krooninen lymfaattinen leukemia (KLL) ja krooninen myeloinen leukemia (KML). Nämä voidaan jakaa vielä useisiin alatyyppeihin. (Vance 2012, 455.)

Leukemiat ovat syöpäsoluiksi muuttuneista kantasoluista lähtöisin olevia pahanlaatuisia veritauteja. Akuuteissa leukemioissa leukeemiset solut lisääntyvät nopeasti luuytimessä haitaten normaalia hematopoieesia. Krooniset leukemiat ovat hitaasti eteneviä verisairauksia, joissa luuydin tuottaa liikaa verisoluja. (Hänninen 2004c, 304–307.) Myös kroonisten leukemioiden joukossa on aggressiivisesti eteneviä tauteja (Ruutu 2006, 651).

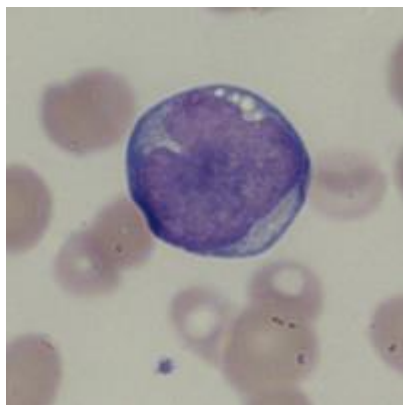
On olemassa myös suuri joukko epätavallisia lymfoproliferatiivisia sairauksia, joiden kliininen taudinkuva on melko hyvin tunnettu, mutta jotka eivät suoraan sovellu luokiteltavaksi esimerkiksi lymfoomiksi tai krooniseksi lymfaattiseksi leukemioksi. Tällaisia kroonisia tautitiloja ovat esimerkiksi karvasoluleukemia sekä LGL (large granular lymphocyte) -leukemia. (Porkka ja Elonen 2007, 443.) Leukemioiden diagnosoimiseen käytetään muun muassa verenkuvatutkimuksia, veren sivelyvalmisteen ja luuytimen aspiraationäytteen mikroskopointia, immunofenotyyppitystä sekä syto- ja molekyylogeneettisiä menetelmiä (Kuittinen 2015; Savolainen ja Tienhaara 2015a).

4.1 Akuutit leukemiat

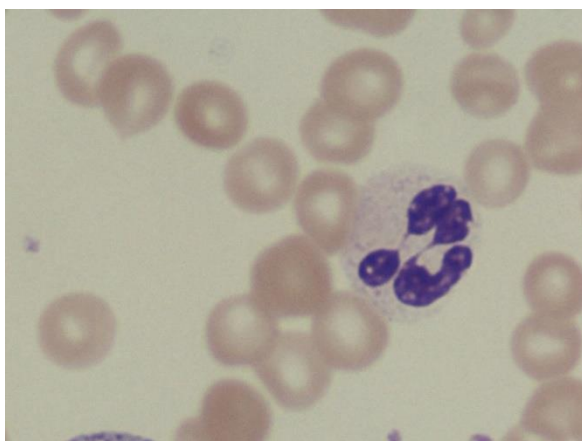
Akuutit leukemiat ovat varhaisesta kantasolusta lähtöisin olevia pahanlaatuisia veritauteja, joille solujen kypsymishäiriöt ja epäkypsien solujen hallitsematon lisääntyminen luuytimessä ovat tyypillisiä. Luuydin täytyy leukemiasolukosta, jolloin terve verisolutuotanto estyy ja anemia sekä neutro- ja trombositopeniat kehittyvät. Verenkiertoon voi ilmestyä blasteja, mikä on yleisempää akuutissa myelooisessa leukemiassa. Akuutit leukemiat jaetaan erilaistumissuuntansa perusteella myelooisiin (AML) ja lymfaattisiin (ALL) leukemioihin, joilla on omat alatyypinsä. (Elonen 2007, 285; Hänninen 2004c, 304; Porkka ja Koistinen 2015.) Akuutti lymfaattinen leukemia on yleisin lasten leukemia. Aikuisilla akuuteista leukemioista 80 prosenttia on myelooisia. (Hänninen 2004c, 304–307; Porkka ja Koistinen 2015.)

Akuuttien leukemioiden diagnosoimiseen käytetään WHO-luokitusta, jossa solumorfologian lisäksi huomioidaan kliiniset löydökset, karyotyyppi ja immunofenotyyppi. Akuutin leukemian diagnostiset kriteerit täyttyvät, kun luuytimessä tai verenkierrrossa on leukeemisia blasteja vähintään 20 prosenttia. (Hänninen 2004c, 304; Porkka ja Koistinen 2015.) AML:n ja ALL:n erottaminen toisistaan pelkästään morfologisin keinoin on epävarmaa, joten leukemiatyyppin määrittämisessä käytetään myös muun muassa immunofenotyyppitystä sekä syto- ja molekyylogeneettisiä tutkimuksia (Ruutu 2006, 651).

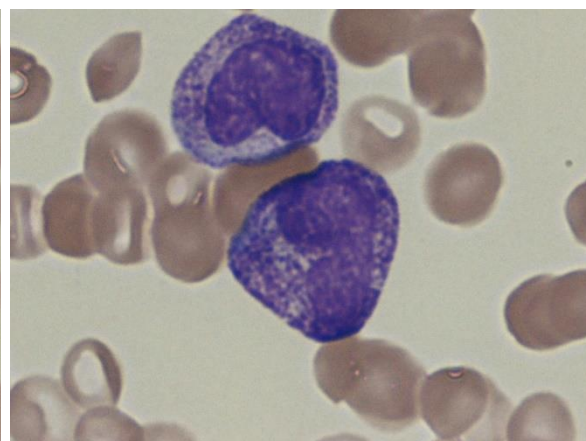
Akuutissa myeloisessa leukemiassa soluissa voi esiintyä useita morfologisia muutoksia riippuen leukemian alalajista. Blasteissa ja promyelosyyteissä voi esiintyä Auerin sauvoja ja joissakin tapauksissa vakuoleja (kuva 24). Niissä voi olla myös epämuodostuneita kaksilohkoisia tumia. Blasteissa voi esiintyä primäärigranulaa. Kypsemät solut voivat olla hypo- tai hypergranulaarisia (kuvat 25 ja 26) ja niiden tumissa voi olla yli- tai aliliuskoittumista. Solujen koko voi olla vaihteleva. (Leclair 2002c, 461–463; Leclair ja Rodak 2012, 549–552; Mahlamäki 2004, 281.) AML:ssa tuman kromatiini on usein hienojakoisempaa ja nukleolit erottuvat selvemmin kuin ALL:ssa (Elonen 2007, 292).



KUVA 24. Vakuoleja sytoplasmassa (Keinänen ja Pakarinen 2017).



KUVA 25. Hypogranulaarinen neutrofiili (Keinänen ja Pakarinen 2017).



KUVA 26. Hypergranulaarisia metamyelosyyttejä (Keinänen ja Pakarinen 2017).

Akuutissa lymfaattisessa leukemiassa lymfoblastit voivat olla vaihtelevia kooltaan. Yleisimmin blastit muistuttavat normaaleja lymfoblasteja, mutta ne voivat olla myös isompia, ja niiden tuma ja sytoplasma voi olla epäsäännöllisen muotoinen ja tumajyvänset erotettavissa. Isoimmista lymfoblasteissa voi esiintyä myös sytoplasmian vakuoleja leukemian alalajista riippuen. (Leclair 2002c, 460; Leclair ja Rodak 2012, 547.)

4.2 Krooninen myelooinen leukemia (KML)

KML on harvinainen sairaus, jota esiintyy kaikissa ikäryhmissä. Yleisin se on kuitenkin 40–70 vuotiailla. Lapsilla KML on hyvin harvinainen. (Mustjoki ja Koistinen 2015.) KML:ssa leukeeminen kantasolu tuottaa liikaa granulosyyttejä, jotka kertyvät luuytimeen ja verenkiertoon. Verenkierrossa esiintyy hallit-

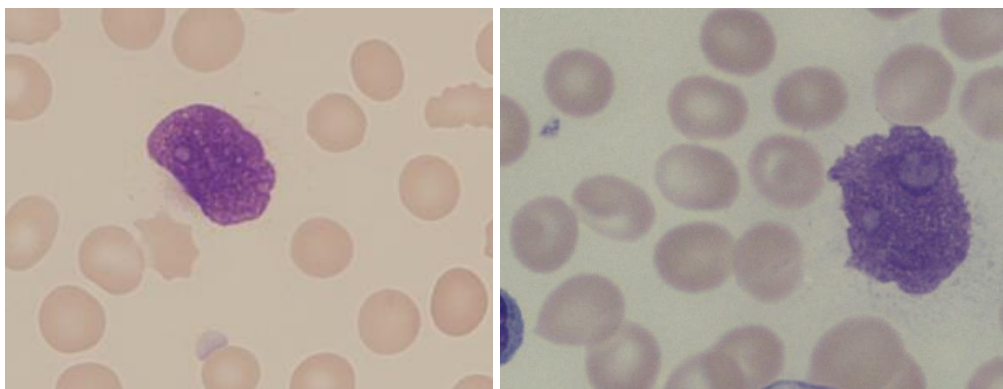
sevaa leukosytoosia: kypsien solujen lisäksi tavataan epäkypsiä granulosityttisarjan soluja sekä blasteja. Basofilia on tyypillistä ja myös eosinofiliaa voi esiintyä. Noin kolmanneksella potilaista todetaan trombosytoosi. Luuytimessä tavataan epätavallisen paljon blasteja ja kypsyviä myelopoieettisia soluja. Lymfosityttien ja monosityttien tuotanto säilyy yleensä ennallaan, mutta punasolutuotanto vähentyy aiheuttaen anemiaa. (Hänninen 2004c, 306–307; Mustjoki ja Koistinen 2015; Randolph 2012, 512.)

Krooninen myeloinen leukemia jaetaan kolmeen vaiheeseen; krooniseen, kiihtyneeseen ja akuuttiin transformaatioon eli blastikriisivaiheeseen (Hänninen 2004c, 306–307; Mustjoki ja Koistinen 2015). Ilman tehokasta hoitoa kroonista vaihetta seuraa lähes väistämättä transformaatiovaihe, eli kiihtynyttä vaihetta ei voida havaita. Rauhallisessa vaiheessa blasteja on alle 10 prosenttia leukosyyteistä sekä veressä että luuytimessä. Kiihtyneessä vaiheessa blastien määrä alkaa lisääntyä, ja blastikriisivaiheessa verenkuvasta ja luuytimen alkavat jo muistuttaa akuuttia leukemiaa, jolloin yli 20 prosenttia soluista on blasteja. (Hänninen 2004c, 306–307; Mustjoki ja Koistinen 2015.)

4.3 Krooninen lymfaattinen leukemia (KLL)

KLL on länsimaiden yleisin leukemia, jonka osuus kaikista leukemioista on kolmannes. Se on alle 30-vuotiailla harvinainen, mutta sairauden ilmaantuvuus yleistyy 50 ikävuoden jälkeen: yleisimmin sairaus todetaan yli 70-vuotiailla. (Kuittinen ja Remes 2015.) Kroonisessa lymfaattisessa leukemiassa morfologisesti kypsiä mutta vajaatoimintaisia lymfosityttejä kertyy luuytimeen, verenkiertoon, imukudokseen ja pernaan. Taudin edetessä luuydin täyttyy lymfosityteistä, eikä normaalille verisolujen muodostukselle jää tilaa. Tämän seurauksena kehittyy anemia, trombosytopenia ja neutropenia. (Hänninen 2004c, 308; Kuittinen ja Remes 2015.)

KLL:ssa lymfositytit voivat olla joko keskikokoisia tai pieniä ja niiden tumat ovat tiiviitä. Nukleolit eivät ole näkyvissä. Joissain tapauksissa voidaan kuitenkin tavata suuria määriä epäkypsempiä prolymfosityttejä, joissa näkyy nukleoli. (Itälä ja Vilpo 2007, 379; Kuittinen 2015.) Soluvarjoja eli hajonneita soluja (kuva 27) esiintyy usein KLL:n yhteydessä (Czader 2012, 563).



KUVA 27. Soluvarjoja (Keinänen ja Pakarinen 2017).

5 VEREN SIVELYVALMISTE

Valkosolujen erittelylaskenta (B-Diffi) suoritetaan nykyään lähinnä automaattisilla analysaattoreilla, jotka pystyvät laskemaan luotettavasti normaaleja verisoluja. Verenkuvan poikkeavat tulokset tai analysaattorin antamat hälytykset tarkastetaan kuitenkin aina mikroskopoimalla näytteestä tehty sivelyvalmiste. Laitteet antavat hälytyksiä esimerkiksi solujen määrasuhteiden muutoksista, patologisten solujen löytymisestä ja solujen morfologisista muutoksista. Veren mikroskooppinen tutkimus on erittäin tärkeää patologisten solujen ja valkosolujen varhaismuotojen tunnistamisessa, sillä niitä analysaattorit eivät aina pysty luotettavasti tunnistamaan. (Mahlamäki 2004, 274; Savolainen ja Tienhaara 2015b, 96.) Sivelyvalmisteita tehdään muun muassa seuraavia tutkimuksia varten: B-Diffi, B-Plas-O, B-Morfo, Bm-MGGFe ja B-Sezary (HUSLAB 2013a; Nordlab 2015). Veren sivelyvalmisteesta tehtävä mikroskooppinen erittelylaskenta on edelleen käyttökelpoinen ja joissain tapauksissa ainoa luotettava menetelmä erittelylaskentaan esimerkiksi epäselvien sytopenioiden ja sytoosien tai granulosityttisten varhaismuotojen tapauksissa (HUSLAB 2015; Mahlamäki 2004, 274; Savolainen ja Tienhaara 2015b, 96).

Sivelyvalmisteen morfologisella tutkimuksella voidaan arvioida valkosolujen ja trombosyyttien määrää, punasolujen ja valkosolujen rakennetta sekä saada lisää tietoa erilaisten sairauksien, esimerkiksi anemioiden selvittelyssä (Savolainen ja Tienhaara 2015b, 96). Veren sivelyvalmisteen morfologista tutkimusta voidaan edelleen pitää eniten informaatiota antavana hematologisena tutkimuksena anemioiden diagnostiikassa (Nousiainen 2015). Veren sivelyvalmisteen tutkiminen tehdään aina myös luuydintutkimuksen yhteydessä, jolloin tutkimukset tukevat ja täydentävät toisiaan (Mahlamäki 2004, 276; Savolainen ja Tienhaara 2015a). Mikroskopointi, sivelyvalmisteen valmistaminen ja verisolujen morfologia kuuluvatkin edelleen etenkin hematologisessa laboratorioissa työskentelevän bioanalytiikon perustaitoihin (Mahlamäki 2004, 279). Nykyään sivelyvalmiste voidaan laboratoriosta riippuen tehdä myös automaattilaitteella, mutta käsimenetelmällä tehty sively on edelleen arkipäivää useimmissa hematologian laboratorioissa (Maedel ja Doig 2012, 195).

Käyttökelpoisen sivelyn valmistaminen ja sen tarkastelu vaativat paljon kärsivällisyyttä ja harjoittelua (Maedel ja Doig 2012, 194). Jotta mikroskooppisen tarkastelun tulokset olisivat luotettavia, tulee sivelyvalmisteen laatuun kiinnittää huomiota. Hematopoeettisten solujen morfologinen tarkastelu vaatii laadukkaasti valmistetun ja värjätyyn veren sivelyvalmisteen. Laatuun vaikuttavat oleellisesti muun muassa verinäytteen laatu, alus- ja vetolasien puhtaus sekä käytetty vetotekniikka. Kun sivelyvalmisteen laatu on varmistettu, voidaan näytettä alkaa tarkastella. (Siitonen ja Jansson 2007, 101.)

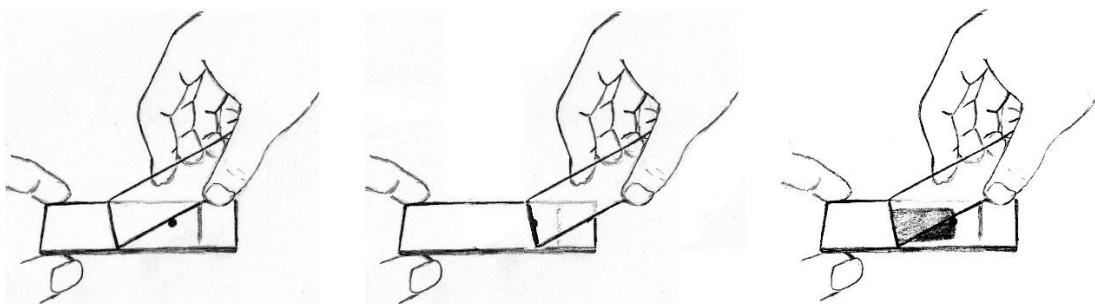
Sivelyvalmiste tehdään objektilasille yleisimmin EDTA-laskimoverestä. EDTA estää veren hyytymisen sitomalla kalsiumia. Näytteen huolellinen sekoittaminen näytteenoton jälkeen on tärkeää, sillä mikrohytyvät voivat vääristää leukosyytti- ja trombosyyttituloksia. (Savolainen ja Tienhaara 2015a.) Sively on hyvä tehdä mahdollisimman nopeasti, sillä jo muutaman tunnin kuluessa näytteenotosta solujen rakenne kärsii (Maedel ja Doig 2012, 193–194; Savolainen ja Tienhaara 2015b, 96).

Sivelyn voi tehdä myös sormenpäästä tai kantapäästä otetusta kapillaariverestä, jolloin sively on vedettävä välittömästi (Maedel ja Doig 2012, 193–194; Savolainen ja Tienhaara 2015b, 96). Antikoagulanttittomaan kapillaariin otetun näytteen trombosyytit esiintyvät kasoissa, mikä tulee ottaa huomioon mikroskopoitaessa (Mahlmäki 2007, 268). Laskimoverinäytteen ja kapillaariverinäytteen arvot poikkeavat jonkin verran toisistaan, sillä kapillaarinäytteessä hemoglobiinipitoisuus, hematokriitti ja puna- ja valkosolujen määrä ovat hieman korkeampia kuin laskimonäytteessä. Verihiutaleiden määrä kapillaarinäytteessä on hieman alhaisempi, sillä ne aggregoituvat pistokohtaan. Hepariini ei sovellu verenkuvatutkimuksiin, koska sillä on taipumus aiheuttaa valkosolujen sekä trombosyyttien aggregaatiota eli kasautumista. (Savolainen ja Tienhaara 2015a.) Hepariininäyte myös värjäytyy eri tavoin kuin EDTA-veri (Bain 2002, 5). Sivelyvalmisteiden värjäämiseen käytetään yleisimmin May-Grünwald-Giemsa-värjäystä (Savolainen ja Tienhaara 2015b, 99).

5.1 Sivelyvalmisteen tekeminen

Näytteen lämpötilan tulee olla 18–25 °C ja putkea on käännettävä huolellisesti ennen sivelyvalmisteen tekoa (Turgeon 1993, 23). Yhdestä näytteestä kannattaa aina tehdä useampi sively, sillä mikäli valmisteelle tapahtuu jotain tai riittävän informaation saamiseksi joudutaan mikroskopoimaan useampi lasi, ei prosessin uudelleen läpi käyminen ole välttämättä tarpeen (Maedel ja Doig 2012, 194). Sivelyvalmiste tehdään tipauttamalla noin 5 µl:n (tipan halkaisija lasilla noin 2–3 mm) veritippa kapillaariputkella tai pipetillä senttimetrin päähän puhtaan ja naarmuttoman objektilasin hiospäästä ja levittämällä se välittömästi vetolasin avulla (Bain 2002, 9). Pisaran seisottaminen objektilasilla aiheuttaa veren sedimentoitumisen pisaran alueelle, mikä voi aiheuttaa epätasaisuutta valmisteeseen (Siitonen ja Jansson 2007, 101).

Vetolasi asetetaan 25–45 asteen kulmassa vasten objektilasia ja sitä vedetään taaksepäin veripisaraa kohti niin, että pisara leviää vetolasin reunaan lähes koko sen leveydelle. Heti tämän jälkeen vetolasi työnnetään nopeasti ja tasaisesti objektilasia pitkin kevyesti painaen. (Maedel ja Doig 2012, 194, 197.) Jos vetoa viivytetään vetolasin asettamisen jälkeen, solut tarttuvat kiinni vetolasiin ja kasaantuvat valmisteen loppupäähän (Siitonen ja Jansson 2007, 101). Työntökulma tulee pitää samana koko vedon ajan. Näytteissä, joiden hematokriitti on huomattavan korkea, tulee työntökulman olla hieman matalampi kuin yleensä. (Maedel ja Doig 2012, 194.) Sivelyn vetäminen on esitetty kuvassa 28.



KUVA 28. Sivelyn vetäminen (mukaillen Maedel ja Doig 2012, 195).

Sivelyn tulisi olla noin 2,5–3,5 cm pitkä, jotta solut jakautuvat tasaisesti lasille ja mikroskopoinnin tulos olisi luotettava. Sivelyn tulee ohentua loppua kohti ja loppuosan tulee olla hieman pyöreä. (Haapajärvi, Mikkonen ja Savolainen 2012.) Hyvän sivelyn häntäosassa voidaan havaita valoa vasten spektrin värit (Maedel ja Doig 2012, 194; Vita Terveyspalvelut 2015). Sivelyn laatuun vaikuttavat muun muassa pisaran koko ja vetotekniikka. Suuresta pisarasta ja nopeasta vedosta tulee paksu sively, pienestä pisarasta ohut ja lyhyt. Liian hidas veto työntää isoimmat solut, kuten monosyytit ja granulosyytit sivelyn reunoille ja häntään. (Maedel ja Doig 2012, 194.) Sivelyssä ei saisi olla epätasaisesta työnnöstä johtuvia poikkittaisia aaltoja, uria, epäpuhtauksista tai huonosta vetolasista johtuvia pitkittäisiä viiruja tai reikiä (Maedel ja Doig 2012, 194–196).

Sively kuivataan nopeasti ilmassa heiluttelemalla tai kylmää ilmaa puhaltavalla kuivaajalla (Haapajärvi ym. 2012). Liian hidas kuivuminen voi aiheuttaa muutoksia soluihin (Bain 2002, 9; Maedel ja Doig 2012, 194, 197; Siitonen ja Jansson 2007, 101). Sivelyä ei kuitenkaan saa kuivattaa puhaltamalla, sillä hengitysilman kosteus voi aiheuttaa kuivumisartefaktia ja muutoksia punasoluihin. Sivelyn tulee olla täysin kuiva ennen värjäyksen aloittamista, sillä muutoin osa sivelystä saattaa irrota värjäyksen aikana. (Maedel ja Doig 2012, 197.) Lasit on merkattava välittömästi lyijykynällä tai muulla tarkoitukseen sopivalla kynällä yksikön tavan mukaisesti esimerkiksi asiakkaan henkilötunnuksella, nimellä tai näyttenumerolla (Haapajärvi ym. 2012). Vetolasi on puhdistettava huolellisesti joka näytteen jälkeen, ettei soluja siirry näytteestä toiseen (Bain 2002, 10).

5.2 Näytteen kiinnittäminen ja värjäys

Värjäyksen tarkoituksena on tehdä solut ja niiden osat toisistaan erotettaviksi tarkastelua varten. Veren sivelyvalmisteet värjätään yleisimmin May-Grünwald-Giemsan (MGG) menetelmällä, joka kuuluu Romanowsky-värjäyksiin. Romanowsky-värjäysmenetelmät perustuvat solun eri osien erilaisiin pH-arvoihin, jolloin ne värjäytyvät eri tavoin. Eri laboratorioissa on käytössä kiinnitystavoiltaan, väriainelaimennoksiltaan, huuhteluiltaan sekä värjäysajoiltaan toisistaan eroavia MGG-värjäysohjeita. (Maedel ja Doig 2012, 197.)

Värjäysprosessi alkaa metanolilla kiinnittämällä, jonka tehtävänä on kiinnittää solun proteiinit lasille, säilyttää solumorfologia ja estää soluja huuhtoutumasta pois värjäyksen aikana. Kiinnittämisen tarkoituksena on saada solu kuolemaan nopeasti, jolloin se ei ehdi hajoamaan ja on morfologialtaan mahdollisimman samanlainen kuin elävänä. (Bain 2002, 11–12; Coral Clinical Systems 2010; Thermo Fisher s.a.)

Onnistunut värjäys on sivelyvalmisteen kannalta yhtä tärkeää kuin onnistunut veto. Väärä tai heikko värjäytyminen voi hankaloittaa solujen tunnistamista (Maedel ja Doig 2012, 198–199). MGG-värjäyksessä käytetään kahta eri väriliuosta: May-Grünwald-liuosta sekä Giemsa-liuosta. May-Grünwald-liuoksen hapan eosini värjää hemoglobiinin ja eosinofiiliset granulat oranssin tai punaisen sävyisiksi, kun taas metyleenisininen värjää happamia komponentteja, kuten basofiilien granuloita ja nukleiinihappoja. Giemsan liuksella tehtävässä vastavärjäyksessä atsuuriväri tehostaa solurakenteiden kontrastia sekä syventää tumaväriä intensiteettiä. (Reagena s.a.) Näytteen suuri proteiinipitoisuus (esimerkiksi

korkea globuliinipitoisuus) voi tehdä värjäystuloksesta selkeästi sinivoittoisen. (Maedel ja Doig 2012, 198–199.)

Reagenssien puhtaus, metanolin vedettömyys sekä ohjeenmukaisten värjäys- ja huuhteluaikeiden noudattaminen ovat tärkeitä värjäyksen onnistumisen kannalta. Puskurin ja väriliuosten liian korkeat tai matalat pH-arvot aiheuttavat suuren osan värjäysten epäonnistumisista, joten niiden käyttökelpoisuuteen kannattaa kiinnittää huomiota. (Maedel ja Doig 2012, 199.) Metanolin tulee olla vedetöntä ja se tulisi vaihtaa riittävän usein vesipeiliartefaktan välttämiseksi (Siitonen ja Jansson 2007, 109).

Värjäyssarjan jälkeen on tärkeää pyyhkiä lasin takaosa ylimääräisestä väristä ja antaa valmisteen kuivua pystyasennossa. Tämän jälkeen on tärkeää tarkastella värjäystulosta makroskooppisesti: kiinnitetään huomiota valmisteen sävyyn, rakeisuuteen, reikiin, tahroihin sekä muihin häiritseviin artefakteihin. (Maedel ja Doig 2012, 198–199.) Jos valmiste on ylivärjäytynyt, voidaan väri tarvittaessa huuhtella pois upottamalla se metanoliin, huuhtelemalla sitä vedellä ja toistamalla tätä niin kauan, kunnes väri on peseytynyt pois (Bain 2002, 13). Jos värjäys on jostain syystä epäonnistunut, on kuitenkin suositeltavaa tehdä uusi sively (Bain 2002, 12; Maedel ja Doig 2012, 197–199).

5.3 Veren sivelyvalmisteen mikroskooppinen tarkastelu

Pienellä 10x -objektiivilla tarkastetaan sivelyvalmisteen laatu, luodaan yleissilmäys solujakaumaan ja valitaan alue, jolta valkosoluja on hyvä tarkastella. Tämän jälkeen tehdään varsinainen erittelylaskenta 50x – 100x -objektiivilla immersioöljyn kanssa. (Maedel ja Doig 2012, 200; Savolainen ja Tienhaara 2015b, 96.)

Valkosolujen erittelylaskennassa lasketaan eri näkökentistä 100–200 solua, jotka luokitellaan morfologian perusteella. Valkosolujen laskenta kannattaa suorittaa mahdollisimman laajalta alueelta, sillä valkosolut jakautuvat sivelyvalmisteesä epätasaisesti. Granulosyytit ja monosyytit jakaantuvat eniten sivelyn reunoille ja häntään, ja lymfosyytit sivelyn alkuosaan paksummalle alueelle. Paksulla alueella solujen morfologia on kuitenkin usein huono johtuen hitaammasta kuivumisesta. Hyvä tapa onkin eritellä soluja ainoastaan alueelta, jossa punasolut ovat erillään toisistaan tasaisena mattona ja valkosolujen morfologia on hyvä. (Bain ja Bates 2001, 25; Maedel ja Doig 2012, 201; Mahlamäki 2004, 279–280; Savolainen ja Tienhaara 2015a.) Lasilla liikutaan serpentiinimäisesti edestakaisin pysytellen hyvän morfologian alueella (kuva 29), jolloin vältetään saman solun laskeminen useampaan kertaan. Myös sivelyvalmisteen reuna-alueet tulee huomioida. Erittelylaskennassa huomiota kiinnitetään valkosolujen ulkonäköön; solun ja tuman kokoon, rakenteeseen, sytoplasman väriin ja määrään sekä granulaarisuuteen. (Maedel ja Doig 2012, 201–202; Mahlamäki 2004, 277–279.)



KUVA 29. Sivelyvalmisteen tarkasteluunta (mukaillen Maedel ja Doig 2012, 201).

Punasolujen tarkastelu tehdään alueelta, jossa punasolut ovat jakautuneet tasaisesti. Liian paksulla alueella punasolut ovat päällekkäin, kun taas liian ohuella alueella sivelyssä on aukkoja ja punasolut ovat kaukana toisistaan. (Maedel ja Doig 2012, 200.) Punasoluja tarkasteltaessa kiinnitetään huomiota niiden kokoon, muotoon, väriin ja ryhmittykseen. Trombosyyttejä tarkastellaan koko lasilta kiinnittäen huomiota niiden määrään, kokoon sekä ryhmittäytymiseen. (Maedel ja Doig 2012, 201–202; Mahlamäki 2004, 277–279.) Erythroblastien määrä ilmoitetaan erythroblastien lukumääränä sadassa valkosolussa. Poikkeavat solut ilmoitetaan osana erittelyä tai sanallisena kommenttina. (Mahlamäki 2004, 281.)

6 HYVÄ OPPIMATERIAALI

Oppimateriaalin päätarkoitus on oppimisen edistäminen (Vainionpää 2006, 99). Oppimateriaaliksi voidaan käsittää kaikki se informaatio, jota opiskelija käyttää oppimisprosessinsa aikana (Vainionpää 2006, 81–85). Tietolähteinä voivat toimia erilaiset kirjat, tutkimukset, alan asiantuntijat, kuten opettajat, sekä digitaaliset materiaalit, kuten verkkosivut (Koli 2003, 30; Vainionpää 2006, 81–85). Verkko-oppimateriaalilla tarkoitetaan kaikkea verkossa saatavilla olevaa oppimateriaaliksi tarkoitettua sisältöä, esimerkiksi verkkokursseja ja -oppimisympäristöjä, opetukseen tarkoitettuja kuvapankkeja sekä oppikirjojen oheismateriaaleja (Opetushallitus 2012). Verkkomateriaalissa tietoa voi olla tekstin lisäksi erilaisina mediaelementteinä kuten kuvina, ääninä ja videoina (Koli 2003, 31). Kuvia käyttämällä voidaan havainnollistaa asioita tai ilmiöitä, joita on vaikea opettaa tai ymmärtää tekstinä. Kuvat tukevat oppimista, kun oppimateriaalin tekstissä oppijaa ohjataan niiden tulkitsemisessa. Kuvien avulla oppijaa voidaan myös ohjata yhdistämään opittava asia visuaaliseen mielikuvaan, jolloin kuvat voivat toimia visuaalisena muistisääntönä. (Silander 2003a, 73–74.)

Tieto välittyy oppijalle ainoastaan oppijan oman tiedonprosessoinnin kautta. Jokainen oppija prosessoi tietoista omanlaisensa kokonaisuuden, joka pohjautuu hänen aikaisempaan tietämykseensä. Tiedonrakentelu ja omien selitysten luominen lisäävät oppijan tietämystä ja johtavat aitoon ymmärrykseen ja oppimiseen. (Koli ja Silander 2002, 10–12.) Oppimistilanteen tulisikin antaa tilaa oppijan omalle ajattelulle ja aktivoida oppijaa omien johtopäätösten tekoon, asioiden yhdistelyyn ja päättelyyn (Paavola, Ilomäki ja Lakkala 2012, 47; Silander 2003a, 75). Hyvä oppimateriaali tukee tällaista aktiivisuutta ja ohjaa käyttämään sekä työstämään tietoja edelleen myös käytännössä (Paavola ym. 2012, 47; Vainionpää 2006, 88).

Oppimisympäristö on tila, jossa oppimista tapahtuu tai jonka on tarkoitus edistää oppimista. Verkko-oppimisympäristö mahdollistaa ajasta ja paikasta riippumattoman omaehtoisen opiskelun. (Kalliala 2002, 30; Silander 2003b, 102; Vainionpää 2006, 91–92.) Se on mukautuva, monikäyttöinen ja sitä voidaan käyttää erilaisissa tilanteissa. Verkko-oppimateriaalin etuna on sen työstettävyyttä; tietoa voidaan koota eri lähteistä ja sitä voidaan päivittää tarvittaessa. (Kalliala 2002, 57; Vainionpää 2006, 85–88.) Laadukas verkko-oppimateriaali aktivoi oppijan ajattelua, keskittyy opittavan ilmiön ydinasioihin ja tukee opetusta. Toiminnallisesti hyvää verkko-oppimateriaalia on helppoa käyttää, eikä siinä ole sisällöllisiä tai teknisiä ongelmia. (Ilomäki 2012, 1; Kalliala 2002, 59.) Laadukkaan oppimateriaalin tuottamiseen tarvitaan kuitenkin asiantuntijuutta (Opetushallitus 2006; Vainionpää 2006, 87).

Opetushallitus on laatinut laatukriteerit verkko-oppimateriaaleille. Niitä ovat muun muassa pedagoginen laatu, käytettävyys, esteettömyys sekä tuotannon laatu. Oppimateriaalin on sovellettava opetus- ja opiskelukäyttöön sekä tuettava opetusta ja oppimista. Tarjotun tiedon on oltava oikeellista, ajantasaista, riittävää ja merkityksellistä. Tekstin on oltava yksinkertaista ja helposti ymmärrettävää. Oppimateriaalin käytön tulee olla sujuvaa ja helppoa, ja materiaalin on oltava jokaisen käyttäjän saatavilla. Lisäksi oppimateriaalin käyttöliittymän ja ulkoasun on oltava selkeä. Verkko-oppimateriaalin tuotanto on laadukasta, kun sen toteutus on hallittua ja dokumentoitua ja perustuu tiedollisiin, taidollisiin ja oppimista ohjaaviin tavoitteisiin. (Opetushallitus 2006.)

7 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Opinnäytetyömme tarkoitus oli tehdä sähköinen oppimateriaali veren sivelyvalmisteen tarkastelua varten HUSLAB:n Kotkan toimipisteen tarpeisiin sekä Savonia-ammattikorkeakoulun käyttöön tukemaan opiskelijoiden itsenäistä hematologian opiskelua. Opinnäytetyömme on kehittämistyö, jonka tuotos on sähköinen oppimateriaali. Tuotoksen pääpaino on veren valkosoluilla ja niiden tunnistamistestillä.

Työn tavoitteena on tukea opiskelijoiden itsenäistä verisolujen opiskelua sekä työntekijöiden perehdyttämistä työelämässä. Koska veren sivelyvalmisteen morfologinen tarkastelu on edelleen merkittävä hematologinen tutkimus, on tärkeää, että työntekijän perehdytysvaiheessa sekä jo opiskelun aikana saadaan luotua hyvä teoria- ja taitopohja solumorfologiaan ja veren morfologisten tutkimusten suorittamiseen käytännössä. Oppimiskokemus lisää kliinisen hematologian osaamista ja valmiuksia toimia kliinisen hematologian laboratoriossa.

8 OPINNÄYTETYÖPROSESSI

8.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Ammattikorkeakoulusta saatavan koulutuksen tavoitteena on, että opiskelija valmistuttuaan toimii oman alansa asiantuntijatehtävissä ja hallitsee siihen liittyvät kehittämisen ja tutkimuksen perusteet. Opinnäytetyön tulisi olla työelämälähtöinen, käytännönläheinen ja osoittaa riittävää tietojen ja taitojen hallintaa. Toiminnallisessa opinnäytetyössä yhdistyy ammatillinen teoreettinen tieto ja käytännön toteutus eli tuotos. Toiminnallisen opinnäytetyön tuotoksena on aina jokin konkreettinen tuote kuten kirja, ohjeistus, tietopaketti tai tapahtuma. Opinnäytetyöllä on usein toimeksiantaja. (Vilkkä ja Airaksinen 2003, 9–10, 41–42, 51.)

Tuotos tehdään aina jonkun käytettäväksi ja sen tarkoituksena voi olla toiminnan selkeyttäminen esimerkiksi oppaan avulla tai ihmisten osallistumisaktiivisuuden lisääminen johonkin toimintaan. Pelkkä tuotos ei kuitenkaan riitä opinnäytetyöksi, vaan toiminnallisen osuuden pohjaksi tarvitaan teoretietoa, joka tuodaan esiin opinnäytetyöraportissa. Raporttiosuudella opiskelija osoittaa kykenevänsä yhdistämään ammatillisen teoretiedon käytäntöön ja perustelemaan teoriapohjaan tukeutuen tekemiään valintoja. Raportti sisältää myös kuvauksen opinnäytetyöprosessista ja arvion sen onnistumisesta. (Vilkkä ja Airaksinen 2003, 12, 38, 41–42.)

8.2 Raportin ja tuotoksen toteutus

Olimme pian aiheen valittuamme yhteydessä toimeksiantajaan, jotta saisimme käsityksen heidän ajatuksistaan toteutuksen suhteen. Lähetimme toimeksiantajalle myös opinnäytetyömme aihekuvauksen, jotta he näkisivät meidän visiomme työstä. Heiltä saimme luvan aloittaa tekemään työtä suunnittelemassamme muodossa.

Opinnäytetyösuunnitelmamme valmistui helmikuussa 2017, jonka jälkeen haimme työtä varten tarvittavat luvat. Aluksi meidän tuli suunnitella toimivin toteutustapa ja selvittää sen vaatimat resurssit. Jouduimme pohtimaan yhteistyötahojemme käytettävissä olevaa aikaa ja rajaamaan työn laajuutta myös sen perusteella. Tämän jälkeen pääsimme suunnittelemaan tuotoksen tarkempaa aikataulua ja sisältöä. Opinnäytetyön lopullisesta toteutustavasta sovimme tietoteknisestä toteutuksesta vastaavan yhteistyötahon kanssa keväällä 2017.

Opinnäytetyömme toiminnallisena tuotoksena on sähköinen oppimateriaali veren sivelyvalmisteen tarkastelua varten. Oppimateriaalin järkevimmäksi toteutustavaksi koimme salanasuojatun verkkosivuston, jonka käyttö olisi riippumaton ajasta ja paikasta, eikä erillisiä sovelluksia tarvitsisi asentaa laitteille. Näin esimerkiksi sovellusten asennukseen liittyvät tietoturvariskit voitaisiin välttää. Työtä varten keräsimme teoretietoa verisoluista, sivelyvalmisteen valmistamisesta ja tarkastelusta sekä kuvamateriaalia veren valkosoluista solutunnistustestiä varten. Kuvat otimme itse hematologian luokassa koulun sivelyvalmisteista. Kuvia käytimme teoriaosuuden tukena havainnollistamaan solujen kehitysvaiheita sekä itseopiskelumateriaalin solutunnistusharjoituksissa. Harjoituksissa käyttäjän on mahdollista valita tarkasteluun 25:n, 50:n tai 100:n kuvan sarjoja.

Työ toteutettiin yhteistyössä Savonian tietotekniikan alan insinööriopiskelijan kanssa monipuolisemman ja toimivamman itseopiskelumateriaalin tuottamiseksi. Savonia-ammattikorkeakoulun tietotekniikan opiskelija toteutti verkkosivupohjan ja tunnistustestin tekniset ratkaisut osana harjoitteluaan. Etukäteen pohdimme, että jos yhteistyö ei jostain syystä olisi toteutunut, olisimme voineet sijoittaa keräämämme materiaalin myös Moodle- tai blogiympäristöön. Tällöin käyttöliittymä olisi todennäköisesti ollut hyvin erilainen ja materiaali suppeampi. Tässä tapauksessa olisimme myös joutuneet pohtimaan, miten Moodle-ympäristön käyttö olisi toimeksiantajaltamme onnistunut.

Työn edetessä olimme yhteydessä toimeksiantajaan muun muassa opinnäytetyösuunnitelman valmistuttua sekä tutkimuslupa-asioissa. Haimme tarvittavat tutkimusluvut HUSLAB:lta sekä teimme ohjaaja hankkeistamissopimukset keväällä 2017.

Teoriaosuutta ja kuvia työstimme kevään 2017 aikana. Eniten aikaa kului kuvien käsittelyyn ja solujen tunnistamiseen. Tunnistettuamme ensin itse kuvaamamme solut pyysimme toimeksiantajan nimeämään asiantuntijaa sekä ohjaavaa opettajaamme tarkastamaan ne. Oppimateriaalin valmistuttua varasimme aikaa sen esitestaukselle.

Sivusto julkaistiin syyskuussa 2017. Esitetasimme sivustoa jakamalla linkin opettajille, toimeksiantajalle sekä alan opiskelijoille, joilta pyysimme palautetta sivun käytettävyydestä. Opiskelijoiden palautetta keräsimme Google Forms -palveluun luomallamme kyselylomakkeella kahden viikon ajan. Kyselylomakkeessa kysyimme käyttäjien kokemuksia sivuston rakenteesta, valikoista, tunnistustestin kuvien selkeydestä, tunnistamisen haasteellisuudesta, kirjallisen oppimateriaalin käytettävyydestä, hyödyllisyydestä hematologian opinnoissa sekä sivuston mahdollisista virheistä. Kyselylomakkeella tiedustelimme myös vastaajan käyttämää laitetta sekä opiskelijaryhmää, jotta pystyimme tarvittaessa vertaamaan ryhmän ja käytetyn laitteen vaikutusta vastauksiin. Halusimme pitää kyselylomakkeen mahdollisimman lyhyenä, jotta saisimme siihen mahdollisimman paljon vastauksia. Pääsääntöisesti kysymykset olivat monivalintarakenteisia, mutta annoimme mahdollisuuden myös vapaaseen kommentointiin. Lähes kaikki vastaajat olivat vastanneet pakollisten monivalintakysymysten lisäksi myös sanallisesti kommentoiden muun muassa sivuston ulkoasuun ja tunnistustestiin liittyviä huomioitaan.

Savonia-ammattikorkeakoulu saa käyttö- ja muokkausoikeudet tuottamaamme materiaaliin. Käsittääksemme verkkosivustomme muokkaaminen jälkikäteen on kuitenkin ongelmallista, joten sivuston oppimateriaalia on hankalaa muokata myöhemmin kattavammaksi esimerkiksi kuvien osalta. Myös mahdollisten virheiden korjaaminen jälkikäteen oppimateriaalista tai solutunnistustestistä on siis vaikeaa.

Oppimateriaalissa esittelemme lyhyesti veren sivelyvalmisteen valmistamisen. Käsittelemme myös veren valkosolut, punasolut, trombosyytit sekä niiden kehitysmuodot ja yleisimmät verisairaudet. Esittelemme myös oikean katselukohdan sekä solujen laskemisen. Pääpaino oppimateriaalissa on veren valkosoluilla ja niiden tunnistamistestillä, joka on kuvattu liitteessä 1.

Opinnäytetyön kirjallisessa osuudessa käymme läpi teoriaa muun muassa näytelasien valmistamisesta (sivelyn veto, värjäys ja päällystäminen), sivelyvalmisteen laadusta, verisoluista ja niiden tunnistamisesta, sivelyvalmisteen tarkastelukohdista, virhelähteistä sekä yleisimmistä verenkuvassa näkyvistä sairauksista. Kirjallinen osuus sisältää lisäksi myös opinnäytetyön tyypilliset osuudet, kuten johdannon, tavoitteet sekä kuvauksen opinnäytetyöprosessista. Aineistoa hankimme eri tietokannoista ja käytimme hyväksi kirjaston informaation apua. Hakusanoina olivat muun muassa: veri, verisolut, veritaudit, hematologia ja veren sivelyvalmiste.

8.2.1 Kuvamateriaalin hankinta ja kuvien arviointi

Suunnittelimme kuvaavamme 1000–2000 kuvaa eri valkosoluista, jotta materiaalia olisi tarpeeksi tunnistustestin toteuttamiseksi. Koululla oli käytettävissä kolme mikroskooppia, joilla mikroskooppinäkyviä oli mahdollista kuvata. Suurimman osan kuvista otimme keväällä 2016 ja loput alkuvuodesta 2017.

Jo kuvaustilanteessa havaitsimme, että mikroskooppi-kamera-yhdistelmien kuvanlaaduissa oli suuria eroja. Joillain mikroskoopeilla oli hankalaa tarkentaa niin, että solujen pinnan muodot olisivat välittyneet kameralla otettuun kuvaan. Myös eri laitteistoilla otettujen kuvien värissävyt poikkesivat suuresti toisistaan. Lisähaastetta aiheuttivat myös eri tavoin värjäytyneet lasit ja etenkin vanhempien lasien pitkistä säilytyksestä johtuvat artefaktat. Otimme kuitenkin kuvia eri kameroilla ja eri säädöillä huonommistakin laseista, jotta kuvavalikoimamme olisi mahdollisimman kattava. Mikroskopointiin ja valokuvaukseen liittyvistä kustannuksista vastasi Savonia-ammattikorkeakoulu. Toimeksiantajallemme kuluja aiheutui puolestaan kuvien tarkastamisesta johtuvasta työajanmenetyksestä.

Kuvia kertyi yli 2000, joista valitsimme noin 1000 rajattaviksi. Rajauksen kuvasuhteeksi valitsimme 4:3. Emme halunneet rajata kuvia liikaa, jotta kuvien tarkkuus ei kärsisi liikaa isommaksi skaalattuna ja solun kokoa olisi mahdollista verrata ympäröiviin punasoluihin. Pyrimme rajaamaan solun mahdollisimman keskelle kuvaa, mutta aina se ei ollut mahdollista alkuperäisen kuvan rajauksen takia tai muiden solujen ollessa liian lähellä. Joistain kuvista rajasimme useamman solun, joten solukuvia oli tässä vaiheessa yli 1000. Näistä kuvista valitsimme vielä laadultaan parhaat ja tunnistettavuudeltaan selkeimmät kuvat ja nimesimme ne. Käytimme kuvien säilytykseen ja jakamiseen Google Drive -pilvipalvelua, jolloin pysyimme ajan tasalla siitä, mitä toinen oli jo tehnyt. Annoimme käyttöoikeudet kuvien tarkasteluun ja nimeämiseen myös ohjaavalle opettajallemme sekä toimeksiantajallemme, jotta he pystyivät seuraamaan edistymistämme ja tarkistamaan, olemmeko osanneet nimetä solut oikein.

Monesta solukuvasta oli mahdotonta tunnistaa soluja luotettavasti näytelasien taustatietojen puutteesta tai lasien laadusta johtuen. Ilman näytelasien laajempaa tutkistelua ja vertailua muihin näytteen soluihin voi solujen tunnistaminen olla haastavaa ja virhealtista. Ohjaajilta kesällä 2017 saamamme palautteen perusteella erottelimme kuvaamistamme soluista tunnistettavimmat kuvat oppimateriaalia varten.

Asiantuntija-apu kuvien tarkastamisessa oli ehdottoman tärkeää, sillä emme vielä olleet kovin harjaantuneita mikroskopioijia. Koska kuvasimme yksittäisiä soluja sekalaisista tautitiloista ja morfologialtaan erilaisista kokonaisuuksista, oli usein hankalaa erottaa tietyn solulinjan eri kypsyysmuotoja toisistaan ilman vertailukohteita. Myös reaktiivisuus, solujen hajoaminen sekä joidenkin kuvaamiemme sivelyiden artefaktat vaikeuttivat tunnistamista. Kuvasimme kuitenkin tarkoituksella paljon myös tunnistamisen kannalta haastavampia soluja, sillä verisolujen morfologia saattaa vaihdella oppikirjojen kuvista paljonkin. Mielestämme on tärkeää, että tuotoksemme auttaisi tunnistamaan myös niitä soluja, jotka eivät ole yleisiä verenkuvassa tai joiden tunnistaminen tuottaa helposti hankaluuksia.

8.2.2 Tietotekninen toteutus

Aloimme visioida oppimateriaalin toteutusta jo heti aiheen valittuamme. Tiedostimme, että tietotekniiseen toteutukseen tulisimme tarvitsemaan ulkopuolista apua, mikäli päädyimme toivomaamme toteutustapaan. Olimme jo varhaisessa vaiheessa yhteydessä Savonian tietotekniikan opettajiin, joilta kyselimme mahdollisuudesta yhteistyöhön tietotekniikan opiskelijoiden kanssa verkkosivun luomisessa. Opettajat kyselivät opiskelijoiltaan kiinnostuksesta osallistua työhömmme, ja yhteistyötä aloiteltiin pian erään opiskelijan kanssa. Hän kuitenkin ilmoitti pian, ettei ehtisikään osallistumaan työhömmme, joten jouduimme uudelleen selvittämään muiden opiskelijoiden yhteistyöhalukkuutta.

Toukokuussa 2017 aloitimme yhteistyön lopullisen yhteistyötahomme kanssa palaverissa yhdessä hänen opettajansa kanssa. Siellä kartoitimme mahdollisuuksia, toiveita, rajoitteita sekä aikatauluja. Pidin yhteistyötahomme kanssa yhteyttä sähköpostitse ajatuksistamme ja työn etenemisestä kesällä 2017. Mielestämme yhteistyö sujui hyvin ja joutuisasti eikä meidän tarvinnut pelätä projektin tietoteknisen toteutuksen epäonnistumista.

Koska meidän ajatuksemme esimerkiksi kirjautumistavasta olivat lähes mahdottomia toteuttaa, pohdimme yhdessä toimivampia ratkaisuja. Päädyimme kahteen eri kirjautumistapaan (liite 2), jotta sekä opiskelijat että toimeksiantajamme pääsisivät kirjautumaan sivustolle ongelmitta. Käytimme myös jonkin verran aikaa sivuston rakenteen suunnitteluun. Sivuston olisi voinut toteuttaa hyvinkin erilaisilla tyyleillä, mutta meidän toiveestamme päädyttiin niin sanottuihin pudotusvalikoihin (liite 3), jotka aukeavat tietokoneella ilman hiirellä klikkaamista. Tämän ratkaisun vuoksi mobiililaitteiden käyttäjillä sivuston ulkoasu on hieman erilainen, sillä pudotusvalikkoa ei alkuperäisessä muodossaan voi käyttää kosketusnäytöllä.

Koska molemmilla tahoilla oli omat aikataulunsa, sivuston tekeminen eteni suurimmaksi osaksi ilman lopullista sisältöä, eli kuvat ja tekstit lisättiin vasta verkkosivupohjan ollessa jo lähes valmis. Tämä helpotti molempien tahojen työtä, sillä korjauksia ja muokkauksia ei juurikaan tarvinnut enää valmiin verkkosivun sisältöön tehdä, sillä se oli tarkastettu jo moneen kertaan. Lisäsimme sivustolle myös linkin sivelyvalmisteen tekemistä opastavaan videoon. Idea videolinkistä tuli opettajalta, joten etsimme internetistä mahdollisimman havainnollistavan videon, sillä rajallisten resurssien vuoksi emme voineet kuvata videota itse.

Pääsimme esitestaamaan verkkosivua syyskuussa 2017. Testasimme sivuston toimivuuden ensin itse, minkä jälkeen toimeksiantaja ja ohjaava opettaja pääsivät testaamaan ohjelmaa. Pyysimme yhteistyötahoamme tekemään vielä muutamia muutoksia tekstiosuuteen, sillä olimme vahingossa lähettäneet hänelle viimeistelemättömän version oppimateriaalista. Ohjaajilta saamamme palautteen perusteella kehitimme hieman myös etusivun visuaalista ilmettä. Pyysimme tämän jälkeen myös opiskelijoilta palautetta ja kehitysehdotuksia verkkokyselylomakkeella, vaikka emme enää tässä vaiheessa pystyneetkään tekemään sivustolle suurempia muutoksia. Saamaamme palautetta käsittelemme pohdinnassa.

Verkkosivujen ylläpidosta ei aiheudu kuluja, sillä verkkosivu on sijoitettu koulun palvelimelle. Meillä ei ole tietoa, kauanko sivustoamme on mahdollista pitää koulun palvelimella, emmekä myöskään tiedä, kuka vastaa mahdollisen palvelimelta toiselle siirtämisestä tai sen mahdollisista kustannuksista tulevaisuudessa. Mahdollisten kustannusten hoitamisesta keskustelemme koulun sekä toimeksiantajan edustajien kanssa.

9 POHDINTA

Hyvä verkko-oppimateriaali tukee opetusta ja oppimista, sen käyttö on sujuvaa ja helppoa ja materiaali on jokaisen käyttäjän saatavilla (Opetushallitus 2006). Taito tunnistaa veren soluja kehitty parhaiten mikroskoipoimalla. Koska bioanalyttikko-opintojen hematologian harjoitustunnit ovat rajalliset, oppimisen kannalta on tärkeää pystyä harjoittelemaan tunnistamista myös harjoitustuntien ulkopuolella. Kotona tapahtuvan harjoittelun ongelmana on usein helposti käytettävän materiaalin vähyys ja epäsopivuus opiskelijan taitojen kehittämiseen. Tavoitteenamme olikin luoda selkeä ja toimiva oppimateriaali, joka tukee opiskelijoiden itsenäistä verisolujen opiskelua ja lisää osaamista ja jota voidaan käyttää myös työelämässä työntekijöiden perehdyttämiseen.

Hyvä opinnäytetyön aihe pohjautuu koulutusohjelman opintoihin sekä syventää tietoa ja taitoja opiskelijaa kiinnostavasta aiheesta (Vilkkä ja Airaksinen 2003, 16). Opinnäytetyö syvensi tietojamme ja taitojamme verisolujen, niiden tunnistamisen ja mikroskopoinnin osalta, mikä edisti ammatillista kasvua. Työn toteuttamiseksi teimme moniammatillista yhteistyötä tekniikan alan insinööriopiskelijan kanssa, mikä lisäsi työelämävalmiuksiamme. Kehittämistyön tuotoksesta hyötyvät HUSLAB:n Kotkan toimipisteen työntekijät sekä Savonia-ammattikorkeakoulu ja sen opiskelijat, sillä sähköiselle etäopiskelumateriaalille on tarvetta.

9.1 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Olemme tietoisia opinnäytetyöhön liittyvistä eettisistä ohjeista. Tieteellinen tutkimus on eettisesti hyväksyttävä, luotettava ja sen tulokset uskottavia, kun tutkimus on suoritettu hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimuksen jokaisessa vaiheessa noudatetaan rehellisyyttä, huolellisuutta ja tarkkuutta; käytetään tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaisia ja eettisesti kestäviä tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmiä; sekä noudatetaan tietosuojakäytäntöjä. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.)

Noudatimme opinnäytetyössämme hyvän tieteellisen käytännön (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012) mukaisia ohjeistuksia, emmekä toimineet vilpillisesti tai piittaamattomasti työtä tehdessämme. Toimimme vastuullisesti ja sovimme kaikkien opinnäytetyömme osapuolten kanssa velvoitteista sekä tuottamamme materiaalin käyttöoikeuksista. Opinnäytetyön pohdinnassa arvioimme rehellisesti tuotoksemme onnistumista, puutteita ja käytettävyyttä.

Emme opinnäytetyössämme tutkineet potilasnäytteitä diagnoositarkoituksessa, joten potilasturvallisuutta emme missään vaiheessa vaarantaneet. Pääosin kuvaamamme solut olivat vanhoista, nimeämättömistä laseista, joten myöskään pelkoa potilastietojen joutumisesta väriin käsiin ei ollut. Kuvasimme solut itse, joten kuvien käyttöoikeudet ovat meillä itsellämme.

Plagiointi tarkoittaa toisen henkilön tuottaman tiedon luvaton lainaamista (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012). Opinnäytetyötä ja tuotosta tehdessämme hyödynsimme lähdemateriaaleja.

Olimme tietoisia lähdemerkintöjen oikeellisuuden merkityksestä ja alkuperäisten lähteiden ilmoittamisen tärkeydestä, emmekä esittäneet käyttämäämme tietoa omanamme. Lähdemerkinnöillä teimme selväksi, että käyttämämme tieto perustuu muiden tuottamaan materiaaliin. Olimme kriittisiä lähdemateriaalin suhteen ja ymmärsimme luotettavien lähteiden käytön merkityksen opinnäytetyötä ja oppimateriaalia luodessa, ettemme levitä virheellistä tietoa.

Verkko-oppimateriaalissa tarjotun tiedon on oltava oikeellista, ajantasaista, riittävää ja merkityksellistä (Opetushallitus 2006). Jotta myös kuvamateriaalimme olisi luotettavaa ja käyttökelpoista, meidän tuli tarkistuttaa ne asiantuntevalla opettajalla ja sekä toimeksiantajan nimeämällä asiantuntijalla. On tärkeää, että olemme nimenneet solut oikein, ettei materiaali johda sen käyttäjää harhaan ja vaikeuta oppimista. Olimme kriittisiä kuvien tarkkuuden kanssa, etteivät epätarkkuudet hankaloita tunnistamista. Kuvanlaadultaan huonoimmat kuvat sekä morfologialtaan hankalasti tunnistettavat solut, joiden tunnistaminen yksittäisestä kuvasta ilman vertailupohjaa ja taustatietoja oli epävarmaa, jätimme kokonaan pois oppimateriaalista.

Verkko-oppimateriaalin tuotanto on laadukasta, kun sen toteutus on hallittua ja dokumentoitua (Opetushallitus 2006). Vaikka emme tehneetkään varsinaista tutkimusta, tuli meidän hankkia tutkimuslupa Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiriin ohjeiden mukaisesti. Pidimme koko opinnäytetyöprosessin ajan yhteistyötahomme tietoisina opinnäytetyömme edistymisestä ja siihen liittyvistä suunnitelmista ja ongelmakohtista. Oppimateriaalin luomisprosessi on kuvattu opinnäytetyössämme. Opinnäytetyön eri vaiheet aihekuvauksesta työsuunnitelmaan ja varsinaiseen raporttiin ovat ohjaavan opettajan hyväksymiä. Dokumentointi lisää työmme luotettavuutta.

9.2 Opinnäytetyöprosessin ja tuotoksen pohdinta

Valitsimme aiheemme toimeksiantajan ehdottamista aiheista, sillä näimme heti, että tällaiselle tuotokselle on tarvetta myös bioanalyttikko-opinnoissa. Jo opintojen puolella välissä huomasimme, että erityisesti solujen tunnistaminen oli joillekin hyvin haastavaa. Vaikka samantyyppinen harjoitusohjelma oli jo joitain vuosia sitten tehty Savonia-ammattikorkeakoulussa, sen hyödyntäminen oli kuitenkin aika- ja paikkasidonnaista. Halusimme tehdä harjoitusohjelman, jota pystyttäisiin käyttämään myös kotoa käsin, ja jonka käyttöliittymä on selkeä ja tarkoituksenmukainen. Alusta alkaen suunnittelimme ohjelman sijoittamista omalle verkkosivulleen, jolloin käyttöliittymän suunnittelu olisi vapaampaa kuin esimerkiksi Moodle- tai blogiympäristöön sijoitettaessa.

Mielestämme onnistuimme valitsemaan toteutustavan ja tuottamamme oppimateriaalin tarkoitukseen sopivaksi. Käytimme kuvien ottamiseen ja niiden työstämiseen paljon aikaa, joten uskomme kuvamateriaalin olevan käyttökelpoista ja havainnollistavaa. Olisimme toki toivoneet, että käyttökelpoisia kuvia olisimme saaneet enemmänkin, mutta tämänlaajuisessa opinnäytetyössä panoksemme ei olisi voinut olla juurikaan suurempi. Jos olisimme hankkineet tuoreempia ja laadullisesti parempia laseja erilaisista tautitiloista esimerkiksi hematologian laboratorion, olisimme joutuneet käyttämään omien resurssiemme lisäksi enemmän myös muiden tahojen resursseja. Vaikka koulun lasivalikoima onkin

melko kattava, niiden käyttökelpoisuus on ajan saatossa heikentynyt, minkä vuoksi osa solukuvis-
tamme oli sen verran heikkolaatuisia tai harhaanjohtavia, ettei niitä voinut käyttää.

Myös joidenkin lasien taustatietojen puuttuminen hidasti kuvaamista, sillä laseja oli käytävä läpi etsien normaaliin verenkuvaa kuulumattomia normaalin kehityksen mukaisia varhaismuotoja, jotka tukisivat oppimateriaaliamme. Osa kuvaamistamme soluista oli hankalasti tunnistettavissa taustatietojen puuttumisen ja taudinkuvan vuoksi, sillä saman kypsyysmuodon solut voivat olla morfologialtaan hyvin erilaisia taudinkuvasta riippuen ja näin ollen olla ilman vertailupohjaa hankalasti tunnistettavissa. Tästäkin syystä jouduimme karsimaan lopullisesta kuvamateriaalista paljon kuvia pois. Pyrimme kuitenkin saamaan oppimateriaaliimme morfologisesti mahdollisimman vaihtelevaa materiaalia, sillä jokaisen ihmisen solujen ulkonäkö on yksilöllinen, ja lisäksi erilaiset tautitilat voivat muuttaa solujen ulkonäköä. Näin pyrimme varmistamaan tuotoksemme monipuolisuuden ja opettavaisuuden. Saamamme palautteen perusteella meillä oli eniten vaikeuksia tunnistaa oikein blasteja, promyelosyyttejä ja myelosyyttejä. Olimme myös nimenneet soluja sauvatumaisiksi paljon löyhemmillä perusteilla, kuin mitä toimeksiantajamme.

Ajankäytöllisesti haasteellista oli myös tuotoksen tekeminen kesän aikana, sillä olimme alun perin valmistautuneet niin, että lopulliset solukuvat olisi saanut käytyä huolellisesti läpi syksyllä ennen tuotokseen lisäämistä. Yhteistyökumppanimme teki kuitenkin verkkosivuston kesäharjoitteluna, joten meidän täytyi tehdä kuvien lopullinen tunnistus toimeksiantajan ja ohjaavan opettajan palautteen pohjalta todella nopeassa aikataulussa, jotta materiaali saatiin valmiiksi ennen elokuun loppua tuotosta varten.

Suurimmaksi haasteeksi opinnäytetyötä tehdessä muodostui kuvien hallinta verkon välityksellä. Jotta päällekkäisyyksiltä oltaisiin vältytty, tuli kuvat sijoittaa esimerkiksi rajaamista ja nimeämistä varten verkkoon. Google Drive -palvelu valikoitui tarkoitukseen sopivimmaksi sen laajan kapasiteetin ja käyttöoikeuksien jakamisen vuoksi. Palvelun käytössä oli kuitenkin omat haasteensa, kuten se, etteivät kuvat olleen aina samassa järjestyksessä palveluun kirjautuessa, joten välillä oli hankalaa hahmottaa, mitkä kuvat oltiin jo käyty läpi.

Kuvien selaamisessa ja nimeämisessä sai olla huolellinen. Lisäksi katsomiseen käytetystä laitteesta ja selaimesta riippuen kuvakoot olivat erilaiset, joten toinen tunnistaja on voinut katsoa kuvia suurem-
massa tai pienemmässä koossa kuin mikä niiden ihanteellinen tarkastelukoko on. Tällöin kuvan tarkkuus on erilainen, mikä voi vaikuttaa solun tunnistamiseen, sillä pienemmässä koossa solu voi näyttää erilaiselta isompaan kokoon verrattuna.

Jälkikäteen ajateltuna olisi ollut loogisempaa jaotella tunnistustestin solut normaaliin verenkuvaa ja varhaismuotoja sisältävään verenkuvaa. Normaaliin solujen tunnistamisen opettelusta olisi näin ollut helppoa siirtyä epäkypsien solujen tunnistamiseen. Tämä jaottelu olisi kuitenkin saattanut vaatia myös tautitilojen mukaisen jaottelun. Hieman jaotellumpana tuotoksemme tunnistustesti olisi mahdollisesti palvelut käyttäjäänsä paremmin ja ollut hieman selkeämpi aloittelevalla mikroskopioijalle. Nopean ai-

kataulun vuoksi muutosta ei kuitenkaan ollut enää aikaa toteuttaa. Materiaalimme hyvä puoli on kuitenkin se, että tunnistustestissä saa vastauksen jälkeen välittömästi palautetta siitä, miksi vastaus on väärä.

Nyt tunnistustesti antaa palautteen väärän vastauksen jälkeen kertomalla oikean vastauksen ja kyseisen solun tunnistamiskriteerit (liite 4). Mietimme myös, pitäisikö palautteessa olla myös annetun väärän vastauksen tunnistuskriteerit, mutta rajallisten resurssien vuoksi pitäydyimme yksinkertaisemmassa palautetyylissä. Jos aikaa olisi ollut, olisi palautteesta voinut tehdä vielä havainnollistavamman vertaamalla oikeaa ja annettua väärää vastausta toisiinsa. Näin esimerkiksi promyelosyyttiksi arvatun myelosyyttikuvan palaute olisi voinut olla esimerkiksi tällainen ”Oikea vastaus olisi ollut myelosyytti. Myelosyytti on hieman promyelosyyttiä pienempi ja sen kromatiini on tiiviimpää. Tumajyväset eivät enää erotu, mutta sen sytoplasmaan on kehittynyt spesifistä sekundäärigranulaa, jonka avulla neutrofiilit (granula pientä, hienojakoista ja vaaleanpunertavaa tai sinipunaista), eosinofiilit (granula oranssinpunertavaa pyöreää ja suurta) ja basofiilit (granula suurta, karkeaa ja tummanviolettia) voidaan erottaa toisistaan. ”

Kolme palautekyselyymme vastannutta oli antanut kirjallista palautetta siitä, että oli hyvä, kun palautteen väärästä vastauksesta tunnistuskriteereineen sai heti. Tämä on mielestämme yksi tuotoksemme tärkeimpiä ja onnistuneimpia yksityiskohtia, sillä sen avulla solujentunnistustaitoa voidaan kehittää ja ylläpitää jopa ilman kirjallisen materiaalin käyttöä. Vastaajat kommentoivat väärin vastausten välitöntä palautetta muun muassa näin: ”Jos vastaukset näkyisivät vasta lopussa niin ehtisi jo unohtamaan mitä mielti kuvan kohdalla.” ja ”Plussaa siitä, että väärän vastauksen kohdalla annetaan oikea vastaus ja tunnistuskriteerit. Tämä helpottaa oppimista!”. Yksi vastaaja puolestaan toivoi, että palautteen olisi saanut myös oikein menneestä vastauksesta. Tätä mahdollisuutta emme kieltämättä olleet edes tajunneet mieltä. Toisaalta olisi voinut olla hyvä antaa palaute myös oikein menneestä vastauksesta, mutta tämä olisi aiheuttanut turhaa lukemista ja hiiren painalluksia niille vastaajille, jotka kaipaavat palautetta vain virheellisistä vastauksista. Olisi ollut myös mahdollista lisätä jonkinlainen ohjeteksti testin alkuun, jossa selviäisi muun muassa se, että väärän vastauksen jälkeen saa palautteen ja oikeasta vastauksesta siirtyä automaattisesti seuraavaan kuvaan. Emme kuitenkaan suunnitteluvaiheessa osanneet ajatella tarvetta tällaiselle ohjeistukselle ja myöhemmin sitä ei ollut enää mahdollista lisätä.

Laadukas verkko-oppimateriaali aktivoi oppijan ajattelua, keskittyy opittavan ilmiön ydinasioihin ja tukee opetusta (Ilomäki 2012, 1; Kalliala 2002, 59). Mielestämme onnistuimme rajaamaan sivuston kirjallisen oppimateriaalin niin, että se sisältää vain oleelliset asiat solujen tunnistamisen kannalta. Emme siis yrittäneet saada tekstistä mahdollisimman pitkää kertomalla kaikkea mahdollista solujen synnystä ja eliniästä solujen tuhoutumiseen, vaan tiivistimme ja jaottelimme tunnistamisen kannalta tärkeimmät asiat oppimateriaaliin niin, että niitä voi tarkastella solulinja kerrallaan. Kerroimme tietenkin myös kunkin solun pääasiallisen tehtävän, jotta käyttäjän on helpompi ymmärtää, millaisissa tilanteissa niitä yleensä havaitaan. Rajasimme solutunnistustestin koskemaan vain valkosolujen morfologiaa. Punasolujen morfologiaa käsitellään kuitenkin oppimateriaalin teoriaosuudessa, sillä koimme,

että myös punasolujen morfologian hallitseminen on tärkeä osa mikroskopointitaitoa. Oppimateriaalin käyttäjän on näin mahdollista kerrata teoretietoa punasolujen morfologiasta ja mikroskopoinnista.

Halusimme liittää sivustolle selkeän ohjeen sivelyvalmisteen tekemisestä ja sen mikroskopoinnista. Tämä osuus tukee erityisesti alan opiskelijoita, jotka harjoittelevat ensimmäisiä kertoja sivelyn tekemistä. Muistamme itsekkin, kuinka aluksi oli hankalaa saada tehtyä sopivan paksuinen, sopivan mittainen ja muodoltaan oikeanlainen sively. Vaikka virheiden ja kokeilemisen kautta taito alkoikin harjaantua, olisi ollut hyvä, että jostain olisi saanut tiedon, miksi esimerkiksi sively jää liian lyhyeksi, jotta siihen olisi osannut kiinnittää huomiota. Sivelyn teko-ohjeesta myös selviää, minkä takia sivelyn onnistuminen on oleellista sivelyvalmisteen tarkastelun kannalta. On tärkeää, että mikroskopiija ymmärtää, että esimerkiksi jotkut muutokset punasoluissa voivat olla sivelyn epäonnistumisesta johtuvaa artefaktaa (Maedel ja Doig 2012, 197). Myös mikroskopointitaito saattaa jäädä pintapuoliseksi, jos keskitytään pelkästään solujen tunnistamiseen. On siis hyvä, että käyttäjä saa tietoa myös esimerkiksi siitä, miten lasilla edetään, jotta hän ei mikroskopoidessaan vain siirry lasilla sinne tänne etsien valkosoluja (ks. Maedel ja Doig 2012, 201–202).

Sopivan videon löytäminen sivustolle linkitettäväksi oli osaltaan haasteellista, sillä lähes kaikissa niistä oli paljon puutteita. Suomenkielisiä videoita oli vain muutamia ja niissä ei juurikaan oltu painotettu laadukasta lopputulosta ja sitä, miten siihen päädytään. Useiden tuntien videoiden selaamisen jälkeen valitsimme englanninkielisen videon, joka on melko lyhyt, mutta jossa kerrotaan hieman vetotekniikan merkityksestä lopputulokseen. Vaikka emme löytäneetkään mielestämme täydellistä videota, tukee valitsemamme video melko hyvin oppimateriaalimme kirjallista ohjeistusta.

Tieto välittyy oppijalle ainoastaan oppijan oman tiedonprosessoinnin kautta. Tiedonrakentelu ja omien selitysten luominen lisäävät oppijan tietämystä ja johtavat aitoon ymmärrykseen ja oppimiseen. (Koli ja Silander 2002, 10–12.) Hyvä oppimateriaali tukee tällaista aktiivisuutta ja ohjaa käyttämään sekä työstämään tietoja edelleen myös käytännössä (Paavola ym. 2012, 47; Vainionpää 2006, 88). Luomamme oppimateriaali edistää bioanalyttikko-opiskelijoiden oppimista, sillä opiskelija pääsee soveltamaan luennoilla ja oppimateriaaleista hankkimaansa tietoa käytäntöön tunnistamalla soluja. Kuvien avulla oppija pääsee siis yhdistämään opittavan asian visuaaliseen mielikuvaan (Silander 2003a, 73–74), jolloin opiskelija prosessoi saamaansa tietoa. Oppimateriaalimme myös ohjaa opiskelijaa verisolujen tunnistamisessa ja antaa vinkkejä käytännön solulaskentaa varten, sillä solutunnistustesti simuloi mikroskooppinäkyä. Oppimateriaalin tunnistustesti antaa opiskelijalle palautteen suoriutumisestaan ja auttaa opiskelijaa tunnistamaan hänelle haasteelliset ja kehittämistä vaativat osuudet. Vääristä vastauksista opiskelija saa välittömästi palautteen ja neuvoja siitä, miksi vastaus meni väärin. Näin oppimateriaalimme tukee opiskelijan oppimista ja edistää ammatillista kasvua.

Esitestauksesta saamamme palautteen perusteella opiskelijat kokivat, että tuottamaamme oppimateriaalia voi hyödyntää hematologian opintojen tukena. Kysymykseen ”Uskotko, että sivustosta voisi olla hyötyä hematologian opinnoissa?” kymmenen yhdestätoista vastaajasta vastasi ”Kyllä” ja yksi ”En osaa sanoa”. Kysymykseen ”Oliko sivuston kirjallinen oppimateriaali havainnollistavaa?” yhdestätoista

vastanneesta kahdeksan vastasi ”Kyllä” ja yksi ”Ei”. Kaksi muuta vastaajaa ei ollut perehtynyt kirjalliseen materiaaliin. Näin ollen uskomme, että ainakin osa opiskelijoista voisi hyötyä tuotoksemme käytöstä joko hematologian opintojen aikana tai solujen tunnistamisen kertaamisessa opintojen myöhemässä vaiheessa.

Kirjallisessa kommenttiosiossa kaksi vastaajaa oli toivonut kirjalliseen oppimateriaaliin lisää kuvia. Mekin pohdimme oppimateriaalin runsaampaa visualisoimista kuvin ja videoin, mutta rajallisten resurssien ja suhteellisen tiukan aikataulun vuoksi emme pystyneet laajentamaan tätä osuutta yhtään enemmän. Yksi vastaaja oli myös toivonut kirjallisen oppimateriaalin kuviin nuolia ja muita havainnollistavia elementtejä. Myös tätä mahdollisuutta pohdimme projektimme aikana, mutta resurssien vähyyden vuoksi emme pystyneet tätäkään toteuttamaan. Yksi vastaaja oli toivonut kirjalliseen materiaaliin myös solujen kypsyysmuodot rinnakkain, jotta niiden morfologian vertailu olisi helpompaa. Olisimme itse halunneet lisätä lopulliseen oppimateriaaliin vielä muutamia kaavioita ja kuvia, mutta yhteistyökumppanimme rajallisten resurssien vuoksi se ei ollut enää mahdollista. Jouduimme siis tekemään joitakin rajanvetoja havainnollistavuuden kustannuksella, jotta pystyimme keskittymään olennaisimpiin seikkoihin.

Oleellista onkin ymmärtää se, ettei luomamme sivusto yksistään riitä oppimateriaaliksi klinisen hematologian verisolujen opiskelussa. Täydellistä, itsenäisenä toimivaa ja täydellisen kattavaa oppimateriaalia tuskin kukaan pystyy opinnäytetyönään tekemään. Luomamme oppimateriaali onkin tarkoitettu käytettäväksi muiden koulutusmateriaalien lisänä. Halusimme kuitenkin sisällyttää sivustollemme kirjallisen oppimateriaalin, jotta käyttäjän olisi helppo kerrata teoriaa ja hyödyntää sitä solutunnistustestissä. Näin käyttäjä pystyy yhdistämään teorian tietoa ja käytäntöä mutkattomammin, kuin etsiessään teorian tietoa muista lähteistä. Vaikka solutunnistustesti ei vastaakaan mikroskopointikokemusta, lisää sen käyttö varmasti taitoa tunnistaa erilaisia soluja.

Näytettä mikroskopoitaessa luodaan ensin yleissilmäys solujakaumaan (Savolainen ja Tienhaara 2015b, 96), jolloin saadaan alustavaa tietoa siitä, miltä eri solut henkilön verenkuvassa näyttävät ja onko näytteessä epätyypillisiä soluja. Oppimateriaalissamme näkee ainoastaan yhden solun kerrallaan, joten yksittäisen solun tunnistaminen voi olla vaikeaa ilman vertailupohjaa, sillä jokaisen ihmisen solut ovat hiukan erinäköisiä. Myös eri tautitilat voivat vaikuttaa tiettyjen solujen morfologiaan ja ilmaantumiseen, minkä voi havaita parhaiten vain tarkastelemalla koko lasia. Nyt tuottamamme materiaali ei tue esimerkiksi erilaisten leukemioiden erottamista verenkuvasta, sillä emme ole jaotelleet leukemiasoluja leukemiatyypeittäin, vaan ainoastaan jakaneet ne eri kypsyysmuotoihin. Savonia-ammattikorkeakoulun vuosia sitten opinnäytetyönä tehdyssä Vendi-ohjelmassa solut on jaettu normaaliin verenkuvaan sekä AML-, ALL-, KML- ja KLL-soluihin. Meidän kokemuksemme mukaan kyseinen jaottelu ei täysin palvellut opiskelijoita, sillä epäkypsiä solujen tunnistamisessa oli muutenkin hankaluuksia. Tällaisesta valintamahdollisuudesta olisi varmasti ollut hyötyä joillekin käyttäjille, mutta tässä tapauksessa emme nähneet sitä kovin oleellisena seikkana.

Jos sivuston jatkokehittäminen olisi mahdollista, voisi solutunnistustestin kuvasarjoihin luoda eri vaihtoehtoja leukemiatyyppien mukaan. Tämä tosin vaatisi lisäkuvien ottamista niin, että solut jaoteltaisiin sekä

leukemiatyypeittäin että kypsyyssasteittain. Nyt kuvasarjoihin voi vaikuttaa ainoastaan niiden pituudella. Suunnittelimme pitkään, että solutunnistustestissä olisi voinut olla mahdollisuus valita kypsien ja epäkypsien solujen tunnistamisen väliltä, jolloin testi ei olisi ollut niin hankala harjaantumattomalle mikroskopioijalle. Jossain vaiheessa ajatus kuitenkin unohtui, emmekä sivuston teon edetessä voineet enää tehdä suuria muutoksia sivuston rakenteeseen. Myös tällainen jaottelu olisi hyvä jatkokehitys-idea.

Kymmenen yhdestätoista palautekyselyymme vastanneista oli sitä mieltä, että kuvat olivat riittävän selkeitä. Yksi vastaajista oli sitä mieltä, että joistain soluista oli hankalaa havaita granulaa. Vain hieman yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, etteivät kuvat olleet liian hankalia. Kukaan vastaajista ei kuitenkaan ollut suoraan vastannut kuvien olevan liian hankalia, vaan heille ei joko ollut muotoutunut mielipidettä asiasta tai sitten he olivat kommenttiosiossa arvioineet tunnistamishaasteiden johtuvan omasta osaa-mistasostaan. Vaikka kukaan ei vastannut kuvien olevan liian hankalia, on silti havaittavissa hajontaa siinä, miten haastaviksi kuvat koettiin. Kysymyksen "Olivatko kuvat liian hankalia?" muut kuin "Ei" -vastaukset eivät kasautuneet millekään tietylle opiskelijaryhmälle, vaan olivat jakautuneet tasaisesti niin TB14S-, TB15S- kuin TB16S -ryhmällekkin. Näin ollen ei voida tehdä johtopäätöstä siitä, että opinnoissaan pidemmälle ehtineet olisivat kokeneet kuvat helpommiksi kuin vasta hematologian opetuksen aloittaneet. Vastausten tasaisuus voinee johtua esimerkiksi siitä, etteivät pidemmälle opinnoissaan ehtineet ole välttämättä päässeet kertaamaan taitojaan lähiaikoina. Myös pieni otoskoko hankaloittaa päätelmien tekemistä, sillä yksittäisten opiskelijoiden vastauksilla on suurempi painoarvo näin pienessä otannassa.

On myös huomioitava, että solutunnistustestimme on haastava myös paljon mikroskopoineille ammatillisille, sillä vertailukohtia verenkuvan muihin soluihin ei ole. Kuvasimme tietoisesti myös morfologi-altaan epätyypillisiä soluja, joiden tunnistaminen voi olla haastavaa myös tunnistuskriteerien avulla. Mikroskopointitaidon karttuessa myös erikoisempien solujen tunnistaminen helpottuu. Silti rajan vetäminen esimerkiksi varhaismuotojen välillä on joskus hyvin hankalaa. Tästä johtuen kaikkien meidän tunnistamiemme solujen nimet eivät ole absoluuttisia totuuksia. Tämä olisi varmasti ollut hyvä mainita myös solutunnistustestin yhteydessä.

Pyysimme palautelomakkeella myös kirjallista palautetta ja kehitysehdotuksia, vaikka emme enää tässä vaiheessa pystyneetkään tekemään sivustolle suurempia muutoksia. Kolme vastaajaa antoi palautetta sivuston ulkoasusta. Sitä kuvattiin muun muassa keskeneräisen ja karun näköiseksi sekä epäsiistiksi. Toisaalta jotkut olivat myös kommentoineet, että on hyvä pitää ulkoasu yksinkertaisena. Sivuston ulkoasuun emme juurikaan päässeet vaikuttamaan, sillä yhteistyötahomme toteutti sivustomme lyhyenä harjoitteluna, emmekä voineet vaatia häneltä kovin suurta työpanosta visuaaliseen ilmeeseen liittyen. Uskomme, ettei sivuston visuaalisella ilmeellä ole suurta vaikutusta oppimisen ja käytettävyyden kannalta, vaikkakin karu ulkoasu saattaa aluksi antaa keskeneräisen vaikutelman. Toivomme, ettei sivuston karu ulkonäkö vaikuta negatiivisesti päätökseen käyttää sivustoa.

Yksi vastaaja kehui sivuston kirjallisen materiaalin kattavuutta. Hänen mielestään siinä oli oleelliset seikat sopivan tiiviissä muodossa. Yksi vastaaja puolestaan kommentoi kuvien värisävysten eroavuutta eri kuvien välillä. Kieltämättä eri laseilta ja eri mikroskoopeilla otettujen kuvien värisävyt poikkeavat toisistaan suuresti. Emme kuitenkaan alkaneet karsimaan kuvia pois pienten värisävyerojen vuoksi, jos solut olivat muuten tunnistettavia. Tämä voi varmasti osaltaan hämätä joitakin käyttäjiä. Kuvien värisävyjä olisi voinut säätää myös jälkikäteen, mutta se olisi taas vaatinut paljon resursseja ja kuvankäsittelytaitoja, joten päätimme unohtaa tämän mahdollisuuden.

Kaikkien vastaajien mielestä sivuston käyttöliittymä on selkeä. Yksi vastaaja oli kuitenkin kommentiosiossa toivonut selkeyttä valikoihin. Kyseinen käyttäjä oli käyttänyt sivustoa älypuhelimella, jolloin pudotusvalikoiksi suunnitellut elementit muuttuvat uuteen ikkunaan aukeaviksi luetteloiksi, joista haluttu osio valitaan. Tämä hankaloittaa erityisesti navigointia kirjallisessa oppimateriaalissa, sillä esimerkiksi punasolujen muutoksista kertovan osion linkki on samassa luettelossa kaikkien solulinjojen kuvauksiin ja solulinjojen muutoksiin johtavien linkkien kanssa. Tämä epäkohta olisi ollut hyvin hankala poistaa mobiililaitteiden käyttöliittymästä ilman erillistä rakenteellista muutosta sivun asetteluun, joten ongelmasta ei päästy eroon. Tästä syystä mobiililaitteiden käyttäjien navigointi valikoissa vaatii enemmän lukemista ja päättelyä kuin tietokoneversion käyttö.

On hyvä, että pysyimme opiskelijoiden mielipiteitä kirjallisesti palautelomakkeen kautta. Pohdimme aluksi palautteen keräämistä sähköpostitse, mutta ajattelimme sen vaikuttavan negatiivisesti vastausten määrään. Nyt valitulla palautteenkeruumenetelmällä palautteet olivat nimettömiä ja palautteen antaminen melko nopeaa valmiiden monivalintakysymysten avulla. Nyt saamamme palaute oli riittävä ja monipuolista ennalta asetettujen kysymysten vuoksi. Myös vastaajille annettu mahdollisuus kirjalliseen kommentointiin antoi meille paljon sellaista informaatiota, jota emme olisi pelkillä monivalintakysymyksillä saaneet. Opiskelijaryhmän ja käytetyn laitteen selvittämisen avulla saimme tarvittaessa vertailtua tiettyjen kysymysten vastauksia laitetyyppikohtaisesti ja eri opiskelijaryhmien välillä.

Vaikka esitestauksessa käytetyn kyselyn toteuttaminen ei ollutkaan alun perin aikomuksemme, saimme mielestämme sitä kautta arvokasta tietoa. Vaikkemme nyt tämän opinnäytetyön aikana perehtyneetkään kyselytutkimuksen vaatimuksiin, menetelmiin ja termistöön, saimme mielestämme aikaan tähän tarkoitukseen sopivan kyselyn. Virallisesti pohtien tiedonkeruumenetelmässämme on varmasti monia puutteita, mutta tarkoituksemme ei ollutkaan tehdä virallista, tilastollista tietoa keräävää tutkimusta. Tästä syystä emme juurikaan ole pohtineet esimerkiksi kyselyn otantaa, painotusta tai luotettavuutta.

Uskomme, että vastaajat ovat vastanneet rehellisesti kyselyyn, sillä vastaukset jätettiin nimettömästi, joten vastaajien ei tarvinnut pelätä leimautuvansa vastausten perusteella. Kyselyssä ei myöskään mitattu vastaajien taitoja, vaan kerättiin käyttökokemuksia ja kehitysehdotuksia työmme tuotoksesta. Emme tiedä, kauanko kukakin vastaaja on käyttänyt aikaa sivuston testaamiseen, joten emme tiedä, miten perusteellisesti sivustoa on tutkittu ja testattu. Oletettavasti jotkut vastaajat ovat keskittyneet lähinnä solutunnistustestin käyttämiseen, kun taas osa vastaajista on perehtynyt paremmin myös kir-

jalliseen materiaaliin. Kyselyllä halusimme kuitenkin kuulla käyttäjiltä heidän kokemuksiaan ja ajatuksiaan käytettävyydestä ja muista mieleen tulleista seikoista, emmekä suinkaan tehdä syvällistä analyysiä, jossa arvioidaan koko tuotosta.

Kyselytutkimuksen ja muilla tavoin saamamme palautteen perusteella olemme kaiken kaikkiaan onnistuneet luomaan käyttökelpoisen oppimateriaalin. Olemme mielestämme päässeet tavoitteisiimme, vaikka joitain epäkohtia tuotokseemme edelleen liittyykin. Toivomme, että oppimateriaalimme tavoitaisi jatkossa mahdollisimman monta Savonian bioanalytiikan opiskelijaa, jotta tuotoksemme pääsisi hyötykäyttöön.

9.3 Ammatillinen kasvu ja opinnäytetyön merkitys

Kokemuksemme mukaan taito tunnistaa veren soluja kehittyy parhaiten mikroskopoimalla. Koska bioanalytiikan opintojen hematologian harjoitustunnit ovat rajalliset, on oppimisen kannalta tärkeää pystyä harjoittelemaan verisolujen tunnistamista myös harjoitustuntien ulkopuolella. Kotona tapahtuvan harjoittelun ongelmana on usein ollut helposti käytettävän materiaalin vähyyys ja epäsopivuus opiskelijan taitojen kehittämiseksi. Sähköiselle etäopiskelumateriaalille on siis ollut tarvetta.

Hyvä opinnäytetyön aihe pohjautuu koulutusohjelman opintoihin sekä syventää tietoa ja taitoja opiskelijaa kiinnostavasta aiheesta. (Vilkka ja Airaksinen 2003, 16). Opinnäytetyö syventää tietojamme ja taitojamme verisolujen, niiden tunnistamisen ja mikroskoppoinnin osalta, mikä edistää ammatillista kasvuamme. Työn toteuttamiseksi teimme moniammatillista yhteistyötä tekniikan alan insinööriopiskelijan kanssa, mikä lisää työelämävalmiuksiamme. Verisolujen tunnistaminen liittyy keskeisesti bioanalyttikon työhön ja niiden opiskelulla on bioanalyttikon opinnoissa suuri painoarvo.

Lain mukaan ammattikorkeakoulun opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja osoittaa taitoja ammatitopintoihin liittyvässä asiantuntijatehtävässä sekä tietojen soveltamisessa (Asetus ammattikorkeakouluopinnoista 1995, § 7). Opinnäytetyömme rakentuu bioanalytiikan koulutusohjelmassa oppimamme tiedon ja taidon päälle. Aihe syventää tietojamme sekä taitojamme etenkin hematologian osa-alueella, sillä hankimme kuvamateriaalin itse mikroskopoimalla ja kuvaamalla soluja. Solujen tunnistamisessa sovelsimme opinnoissamme saamaa tietotaitoa. Tähän vaadittiin aiheeseen perehtymistä ja teoriapohjan hallintaa.

Opinnäytetyömme tuotoksesta hyötyvät HUSLAB:n Kotkan toimipisteen työntekijät sekä Savonia-ammattikorkeakoulu ja sen bioanalytiikan opiskelijat, sillä se helpottaa nykyisten sekä tulevien bioanalyttikko-opiskelijoiden verisolujen tunnistamisen oppimista ja oppimisen kertaamista. Verisolujen tunnistamisesta on hyötyä erityisesti kliinisen hematologian opinnoissa, mutta siitä on apua myös esimerkiksi kliinisen sytologian opiskelussa. HUSLAB:n Kotkan toimipisteessä opinnäytetyömme tuotosta voidaan puolestaan hyödyntää opiskelijanohjauksessa sekä mahdollisesti myös henkilökunnan valkosolujen tunnistustaitojen ylläpitämisessä ja kehittämisessä. Opinnäytetyö on merkittävä, sillä se lisää opiskelijoiden ja uusien työntekijöiden työelämävalmiuksia.

Opinnäytetyöprosessi antoi meille paljon eväitä tulevaisuutta ajatellen. Pitkän ja monivaiheisen prosessin loppuun saaminen ja keskeneräisyyden sietäminen vaativat pitkäjänteisyyttä ja ahkeruutta. Parityöskentely lisäsi yhteistyötaitojamme ja järjestelmällisen työskentelyn taitoja. Opinnäytetyön työstäminen vaati myös itsenäistä työskentelyä yhteisen projektin hyväksi. Eri alan opiskelijan kanssa tuotoksen suunnittelemisesta ja toteuttamisesta saimme lisäksi kokemusta moniammatillisesta yhteistyöstä ja aikataulujen hallinnasta. Teoriatiedon hankkiminen kehitti tiedonhaku- ja -yhdistämistaitojamme ja solujen mikroskopoinnista opimme mikroskoopin käyttöä sekä verisolujen tunnistamista. Oppimiskokemus antaa meille valmiuksia työskennellä bioanalyytikkona klinisen hematologian laboratoriossa.

Englanninkielistä lähdekirjallisuutta lukiessamme opimme aihealueen vieraskielisiä termejä ja harjaannuimme englanninkielisen kirjallisuuden lukemisessa. Etenkin aluksi oli hankalaa ymmärtää vieraskielisiä käsitteitä ja saada selkeä kokonaiskuva lukemastaan, mutta onneksi suomenkielinen kirjallisuus auttoi hahmottamaan paremmin sen, mistä oli kyse. Mitä enemmän aiheesta tiesi, sitä helpompi oli perehtyä englanninkieliseen aineistoon.

Vaikka harjaannuimme solujen tunnistamisessa koko prosessin ajan, huomasimme, että parantamisen varaa on edelleen paljon. Jotta taito solujen tunnistamiseen vahvistuisi, täytyisi tunnistamista harjoittaa vielä paljon enemmän. Välillä tuntui, että pidemmän tauon jälkeen solujen tunnistaminen oli taas huomattavasti haastavampaa kuin aktiivisemmassa opinnäytetyöprosessin vaiheessa. Ennen kuin tieto ja taito solujen tunnistamisessa on juurtunut riittävän syvälliseksi osaamiseksi, tulee taitoa harjoittaa jatkuvasti, etteivät jo opitut asiat unohtuisi. On siis mielestämme aivan perusteltua, että pienissä laboratorioissa ei tehdä mikroskopointia vaativia verenkuvatutkimuksia niiden vähäisen määrän vuoksi.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- ASETUS AMMATTIKORKEAKOULUOPINNOISTA. L 3.3.1995/256. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2016-04-21.] Saatavissa: [http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950256?search\[type\]=pika&search\[pika\]=opinn%C3%A4ytety%C3%B6](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950256?search[type]=pika&search[pika]=opinn%C3%A4ytety%C3%B6)
- BAIN, Barbara 2002. Blood cells: A practical Guide. 3. painos. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- BAIN, Barbara 2001. Blood cell morphology in health and disease. Julkaisussa: LEWIS, S., BAIN, B. ja BATES, I. (toim.) Dacie and Lewis Practical haematology. London: Churchill Livingstone, 65–99.
- BAIN, Barbara ja BATES, Imelda 2001. Basic haematological techniques. Julkaisussa: LEWIS, S., BAIN, B ja BATES, I. (toim.) Dacie and Lewis Practical haematology. London: Churchill Livingstone, 19–46.
- CORAL CLINICAL SYSTEMS, 2010. Mikrochrom mikroskopy stains [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: http://www.tulipgroup.com/Common_New/Tech_Pubs_PDF/Mikrochrom_Tech_Series.pdf
- CZADER, Magdalena 2012. Mature lymphoid neoplasms. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 558–579.
- EMANUEL, Peter 2012. Introduction to leukocyte neoplasms. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 427–435.
- ESKELINEN, Seija 2016a. Perusverenkuva (B-PVKT, PVK+T) [verkkojulkaisu]. Kustannus Oy Duodecim. Terveyskirjasto. [Viitattu 2017-03-13.] Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03030
- ESKELINEN, Seija 2016b. Punasoluindeksit [verkkojulkaisu]. Kustannus Oy Duodecim. Terveyskirjasto. [Viitattu 2017-06-05.] Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03033
- GARGANI, Yousef 2012. Haematology and immunology [e-kirja]. Edinburgh: Elsevier 2012. [Viitattu 2016-04-19.] Saatavissa: <https://www.dawsonera.com/abstract/9780723437666>
- HAAPAJÄRVI, P., MIKKONEN, M. ja SAVOLAINEN E. 2012. Veren sivelyvalmisteen tekeminen [verkkojulkaisu]. Nordlab. Näytteenoton käsikirja. [Viitattu 2016-04-26.] Saatavissa: http://oyslab.fi/cgi-bin/ohjeet/Verensivelyvalmisteen_tekeminen.pdf
- HOFFBRAND, A., MOSS, P. ja PETTIT, J. 2001. Essential Haematology. 4. painos. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- HUS s.a. Hematologia [verkkosivu]. [Viitattu 2017-01-24.] Saatavissa: <http://www.hus.fi/sairaanhoito/sairaanhoitopalvelut/hematologia/Sivut/default.aspx>
- HUSLAB 2013a. B -Sézaryn solujen osuus veren lymfosyyteistä [verkkojulkaisu]. HUSLAB tutkimusohjekirja. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: <https://huslab.fi/ohjekirja/20773.html>
- HUSLAB 2013b. Fragmentaatioaste, punasoluista [verkkojulkaisu]. HUSLAB tutkimusohjekirja. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: <https://huslab.fi/ohjekirja/8368.html>
- HUSLAB 2015. Perusverenkuva, leukosyyttien erittelylaskenta, koneellinen, verestä [verkkojulkaisu]. Huslab tutkimusohjekirja. [Viitattu 2017-03-13.] Saatavissa: <https://huslab.fi/ohjekirja/2475.html>
- HÄNNINEN, Auli 2004a. Veren koostumus. Julkaisussa: PENTTILÄ, Ilkka (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY, 263–264.
- HÄNNINEN, Auli 2004b. Verisolujen muodostus. Julkaisussa: PENTTILÄ, Ilkka (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY, 264–268.

- HÄNNINEN, Auli 2004c. Verisolujen yleisimmät sairaudet. Julkaisussa: PENTTILÄ, Ilkka (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY, 290–310.
- ILOMÄKI, Liisa 2012. E-oppimateriaalit oppimisen ja opettamisen tukena. Erilaiset e-oppimateriaalit. Julkaisussa: ILOMÄKI, Liisa (toim.) Laatussa e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa [verkkoinaisto]. Opetushallitus. [Viitattu 2017-01-30.] Saatavissa: http://www.oph.fi/download/144415_Laatussa_e-oppimateriaaleihin_2.pdf
- ISLAB 2016. B-Täydellinen verenkuva [verkkojulkaisu]. Itä-Suomen Laboratoriokeskuksen web-ohjekirja. [Viitattu 2017-03-13.] Saatavissa: <https://ekstra1.kuh.fi/csp/islabohje/labohje.csp?indeksi=617>
- ITÄLÄ, Maija ja VILPO, Juhani 2007. Krooninen lymfaattinen leukemia ja muut lymfocytoosit. Julkaisussa: RUUTU, Tapani, RAJAMÄKI, Allan, LASSILA, Riitta ja PORKKA, Kimmo (toim.) Veritaudit. 3. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 375–392.
- KALLIALA, Eija 2002. Verkko-opettamisen käsikirja. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab.
- KEOHANE, Elaine 2012. Intrinsic defects leading to increased erythrocyte destruction. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: Clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 314–336.
- KOLI, Hanne ja SILANDER, Pasi 2002. Verkko-oppiminen: Oppimisprosessin suunnittelu ja ohjaus. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
- KOLI, Hanne 2003. Oppimisprosessin suunnittelu ja rakentaminen. Julkaisussa: KOLI, Hanne ja SILANDER, Pasi (toim.) Verkko-opetuksen työkalupakki - oppimisaihiosta oppimisprosessiin. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab, 23–33.
- KUITTINEN, Taru 2015. Kroonisen lymfaattisen leukemian diagnostiikka. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/ver02503/do>
- KUITTINEN, Taru ja REMES, Kari 2015. Krooninen lymfaattinen leukemia ja muut lymfocytoosit. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-01-13] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/ver02500/do>
- KUSTANNUS OY DUODECIM 2015. Granulosyyttien ja monosyyttien tuotanto. [Kuva.] Veritauditkuvat. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. [Viitattu 2017-09-14.] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/vei00019/do>
- LECLAIR, Susan 2002a. Leukopoiesis. Julkaisussa: RODAK, Bernadette (toim.) Hematology: Clinical principles and applications. Philadelphia: Saunders, 123–140.
- LECLAIR, Susan 2002b. Chronic Leukemias. Julkaisussa: RODAK, Bernadette (toim.) Hematology: Clinical principles and applications. Philadelphia: Saunders, 469–476.
- LECLAIR, Susan 2002c. Acute Leukemias. Julkaisussa: RODAK, Bernadette (toim.) Hematology: Clinical principles and applications. Philadelphia: Saunders, 459–568.
- LECLAIR, Susan ja RODAK, Bernadette 2012. Acute Leukemias. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 546–557.
- MAEDEL, Lynn ja DOIG, Kathryn 2012. Examination of the peripheral blood film and correlation with the complete blood count. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: Clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 192–209.
- MAHLAMÄKI, Eija 2004. Verenkuvan tutkimukset. Julkaisussa: PENTTILÄ, Ilkka (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY, 268–282.

- MUSTJOKI, Satu ja KOISTINEN, Pirjo 2015. Krooninen myeloinen leukemia. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-01-13.] Saatavissa: <http://www.oppoportti.fi/op/ver02000/do>
- NORDLAB 2015. Veren sivelyvalmisteen tekeminen [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: http://www.nordlab.fi/sites/default/files/pdf_uploads/verensivelyvalmisteen_tekeminen.pdf
- NOUSIAINEN, Tapio 2015. Anemiat ja muut sytopeniat. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-03-18.] Saatavissa: <http://www.oppoportti.fi/op/ver00900/do>
- OPETUSHALLITUS 2006. Verko-oppimateriaalin laatukriteerit [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-01-25.] Saatavissa: http://www.oph.fi/download/47132_verko-oppimateriaalin_laatukriteerit.pdf
- OPETUSHALLITUS 2012. E-oppimateriaalin laatukriteerit [verkkoaineisto]. [Viitattu 2017-01-30.] Saatavissa: http://www.edu.fi/verkko_oppimateriaalit/e-oppimateriaalin_laatukriteerit
- PAAVOLA, Sami, ILOMÄKI, Liisa ja LAKKALA, Minna 2012. Tiedon esittäminen verkko-oppimateriaalissa. Julkaisussa: ILOMÄKI, Liisa (toim.) Laatu e-oppimateriaaleihin. E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessa [verkkoaineisto]. Opetushallitus. [Viitattu 2017-01-30.] Saatavissa: http://www.oph.fi/download/144415_Laatu_e-oppimateriaaleihin_2.pdf
- PELLINIEMI, Tarja-Terttu 1998. Veren sivelyvalmiste [verkkajulkaisu]. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. [Viitattu 2017-09-07.] Saatavissa: <http://www.duodecim-lehti.fi/lehti/1998/12/duo80261>
- PORKKA, Kimmo ja ELONEN, Erkki 2007. Harvinaiset lymfoproliferatiiviset taudit. Julkaisussa: RUUTU, Tapani, RAJAMÄKI, Allan, LASSILA, Riitta ja PORKKA, Kimmo (toim.) Veritaudit. 3. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 443–453.
- PORKKA, Kimmo ja KOISTINEN, Pirjo 2015. Akuutin leukemian diagnoosi. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-01-23] Saatavissa: <http://www.oppoportti.fi/op/ver00105/do>
- RAD, A. 2009. Hematopoiesis (human) diagram [kuva]. Hematopoiesis. Wikipedia. [Viitattu 2017-09-14.] Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Hematopoiesis>
- RAJAMÄKI, Allan ja SALMI, Toivo 2007. Periytyvät hemolyyttiset anemiat ja muut punasolupoiikkeavuudet. Julkaisussa: RUUTU, Tapani, RAJAMÄKI, Allan, LASSILA, Riitta ja PORKKA, Kimmo (toim.) Veritaudit. 3. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 217–242.
- RANDOLPH, Tim 2012. Myeloproliferative Neoplasms. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 508–532.
- REAGENA s.a. Hematologian värjäysliuokset ja reagenssit [verkkoaineisto]. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: <http://www.reagena.com/fi/tuotteet/diagnostiikka/varjaysliuokset/hematologia/>
- REMES, Kari 2013. Hypereosinofiliat. Julkaisussa: JOENSUU, Heikki, ROBERTS, Peter, KELLOKUMPULEHTINEN, Pirkko-Liisa, JYRKKIÖ, Sirkku, KOURI, Mauri ja TEPPÖ, Lyly (toim.) Syöpätaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-02-14.] Saatavissa: <http://www.oppoportti.fi/op/syt00122/do>
- RINTALA, Esa ja SAXÉN, Harri 2011. Epäspesifiset laboratoriotutkimukset. Julkaisussa: HEDMAN, Klaus, HEIKKINEN, Terho, HUOVINEN, Pentti, JÄRVINEN, Asko, MERI, Seppo ja VAARA, Martti (toim.) Infektiosairaudet [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. [Viitattu 2017-02-14.] Saatavissa: <http://www.oppoportti.fi/op/isa00202/do#s1>
- RODAK, Bernadette ja CARR, Jacqueline 2013. Clinical Hematology Atlas. 4. painos. St. Louis: Saunders.

- ROZENBERG, Gillian 2003. Microscopic Haematology: A Practical Guide for the Laboratory. 2. painos. London: Martin Dunitz.
- SALONEN, Jonna, 2014. Anemia (alhainen hemoglobiini). Kustannus Oy Duodecim. Lääkärikirja [verkkoinen]. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00006
- SAVOLAINEN, Eeva-Riitta ja TIENHAARA, Anri 2015a. Hematologiset laboratoriotutkimukset. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-01-13] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/ver00501/do>
- SAVOLAINEN, Eeva-Riitta ja TIENHAARA, Anri 2015b. Verinäytteet ja morfologiset tutkimukset. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-01-13] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/ver00502/do>
- SIITONEN, Sanna ja JANSSON, Sten-Erik 2007. Morfologiset tutkimukset. Julkaisussa: RUUTU, Tapani, RAJAMÄKI, Allan, LASSILA, Riitta ja PORKKA, Kimmo (toim.) Veritaudit. 3. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 100–111.
- SIITONEN, Timo ja KOISTINEN, Pirjo 2007. Verisolujen tuotanto ja sen säätely. Julkaisussa: RUUTU, Tapani, RAJAMÄKI, Allan, LASSILA, Riitta ja PORKKA, Kimmo (toim.) Veritaudit. 3. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 16–31.
- SIITONEN, Timo ja KOISTINEN, Pirjo 2015a. Verisolujen tuotanto ja sen säätely. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit [e-kirja]. Kustannus Oy Duodecim. Oppiportti. [Viitattu 2017-01-13] Saatavissa: <http://www.oppiportti.fi/op/ver00105/do>
- SIITONEN, Timo ja KOISTINEN, Pirjo 2015b. Verisolujen tuotanto ja sen säätely. Julkaisussa: PORKKA, Kimmo, LASSILA, Riitta, REMES, Kari ja SAVOLAINEN, Eeva-Riitta (toim.) Veritaudit. 4. Uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 16–30.
- SILANDER, Pasi 2003a. Oppimisaihiot. Julkaisussa: KOLI, Hanne ja SILANDER, Pasi (toim.) Verkko-opetuksen työkalupakki - oppimisaihiosta oppimisprosessiin. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab, 67–79.
- SILANDER, Pasi 2003b. Verkko-oppimisympäristöt ja opintokokonaisuuden rakenteen organisointi. Julkaisussa: KOLI, Hanne ja SILANDER, Pasi (toim.) Verkko-opetuksen työkalupakki - oppimisaihiosta oppimisprosessiin. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab, 102–110.
- SMITH, Larry 2012. Hematopoiesis. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 66–85.
- STIENE-MARTIN, Anne 2012a. Leucocyte development, kinetics and functions. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 134–151.
- STIENE-MARTIN, Anne 2012b. Nonmalignant leucocyte disorders. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 408–425.
- SUOMEN BIOANALYYTIKKOLIITTO ry 2017. Kliininen hematologia [verkkójulkaisu]. [Viitattu 2017-03-13.] Saatavissa: <https://www.bioanalyttikkoliitto.fi/mika-ihmeen-bioanalyttikko/bioanalyttikonkoulutus/erikoisalut/kliininen-hematologia/>
- THERMO FISHER SCIENTIFIC INC. s.a. Fixation Strategies and Formulations used in IHC staining [verkkójulkaisu]. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: <https://www.thermofisher.com/fi/en/home/life-science/protein-biology/protein-biology-learning-center/protein-biology-resource-library/pierce-protein-methods/fixation-strategies-formulations.html#>
- TURGEON, Mary 1993. Clinical hematology: theory and procedures. 2 painos. Boston: Little, Brown and Company.

- TUTKIMUSEETTINEN NEUVOTTELUKUNTA, 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-03-21.] Saatavissa: http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_verkkoversio040413.pdf.pdf#overlay-context=fi/ohjeet-ja-julkaisut
- VAINIONPÄÄ, Jorma 2006. Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa [väitöskirja]. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy.
- VANCE, Gail 2012. Cytogenetics. Julkaisussa: RODAK, Bernadette, FRITSMA, George ja KEOHANE, Elaine (toim.) Hematology: clinical principles and applications. St. Louis: Saunders, 445–459.
- VERIPALVELU 2015. Tietoa verestä [verkkosivu]. [Viitattu 2016-04-21.] Saatavissa: <https://www.veripalvelu.fi/verenluovutus/veren-matka/tietoa-veresta>
- VILKKA, Hanna ja AIRAKSINEN, Tiina 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.
- VILPO, Juhani 2010a. Hematopoiesi. Julkaisussa VILPO, Juhani (toim.) Ilmari Palvan veritaudit. 3. uudistettu painos. Helsinki: Medivil Oy, 15–20.
- VILPO, Juhani 2010b. Verisolujen rakenne ja funktiot. Julkaisussa VILPO, Juhani (toim.) Ilmari Palvan veritaudit. 3. uudistettu painos. Helsinki: Medivil Oy, 21–27.
- VITA TERVEYSPALVELUT, 2015. Sivelyvalmisteen teko-ohje (diffi) [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-03-20.] Saatavissa: <https://vita.fi/wp-content/uploads/2016/06/Veren-sivelyvalmisteen-teko-ohje-pdf-v1.pdf>
- VITA TERVEYSPALVELUT, 2017. Perusverenkuva ja trombosyytit [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2017-06-05.] Saatavissa: <https://vita.fi/laboratoriokasikirja/tutkimus/211>
- VSSHP 2017. Hematologian osasto ja kantasolujensiirtoyksikkö [verkkosivu]. [Viitattu 2017-09-24.] Saatavissa: <http://www.vsshp.fi/fi/toimipaikat/tyks/osastot-ja-poliklinikat/Sivut/hematologian-osasto-ja-kantasolujensiirtoyksikko.aspx>

LIITE 1: HAHMOTELMA VERKKOSIVUN TOTEUTUKSESTA

Käyttäjätunnus

Salasana

OTSIKKO

Veren solut | Sairaudet | Ohjeita diffaamiseen | Harjoittele ← Pudotusvalikot

TEKSTIÄ.....

.....

.....

Veren solut:
- valkosolut
- punasolut
- trombosyytit

Sairaudet:
- KLL
- ALL
- KML
- AML
- anemiat (lyhyesti)

Ohjeita diffaamiseen:
- sivelyvalmisteen teko
- mikroskoopin käyttö
- suoritus

Harjoittele
- 10 kuvaa
- 50 kuvaa

HARJOITTELE

Veren solut | Sairaudet | Ohjeita diffaamiseen | Harjoittele

Kuva 1/10

KUVA

Valitse oikea vaihtoehto:

-
-
-
-

seuraava

⇒
oikea
vastaus

seuraava kuva

⇩
väärä vastaus

HARJOITTELE

Veren solut | Sairaudet | Ohjeita diffaamiseen | Harjoittele

Kuva 1/10

KUVA

Oikea vastaus olisi ollut....

...koska...

seuraava

LIITE 2: KIRJAUTUMINEN SIVUSTOLLE

Kirjaudu.

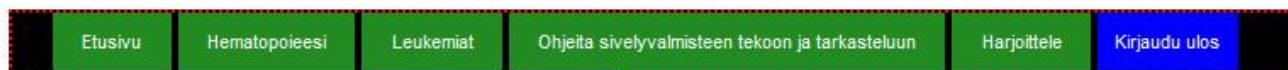
[Savonian tunnuksilla kirjautuminen tästä linkistä](#)

Tunnus

Salasana

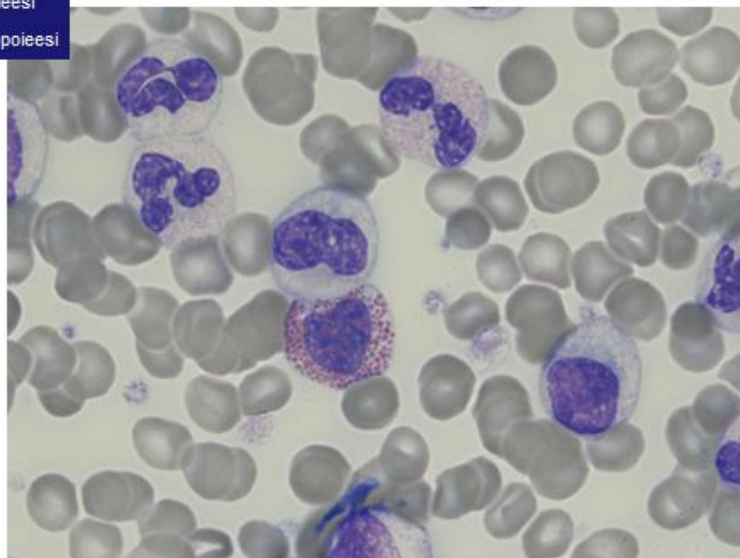
Kirjaudu

LIITE 3: ETUSIVU JA PUDOTUSVALIKOT



- Granulopoieesi
- Lymfopoieesi
- Monosytopoieesi
- Erytropoieesi
- Trombosytopoieesi

n valkosolujen tunnistusta! Ylävalikosta pääset tutustumaan teoria-aineistoon sekä testaamaan taitojasi valkosolujen



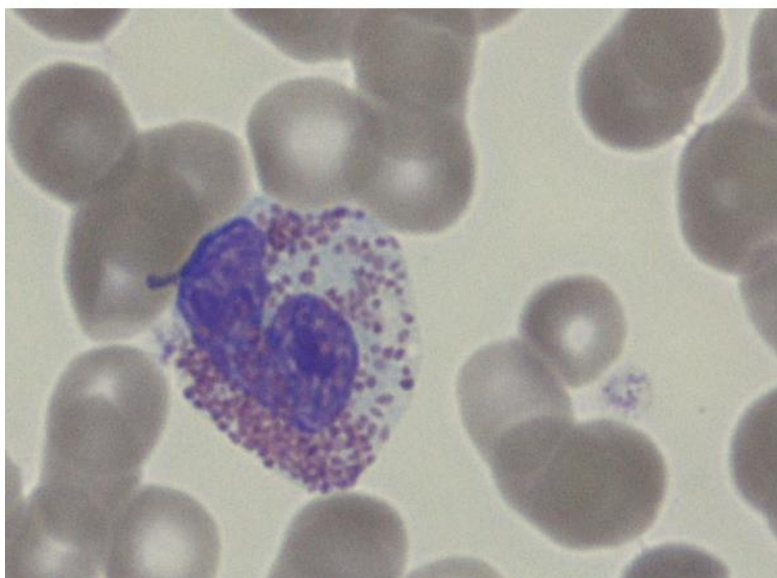
Lähteet

Sivusto on luotu Savonia-ammattikorkeakoulun opinnäytetyönä yhteistyössä HUSLAB:n Kotkan toimipisteen kanssa. Kuvien kopiointi sekä kirjautumistietojen jakaminen ulkopuolisille taholle on ehdottomasti kielletty. Sivuston tekijät eivät ota vastuuta tietojen oikeellisuudesta eikä muista käyttöön liittyvistä mahdollisista ongelmista.



LIITE 4: PALAUTE VÄÄRÄSTÄ VASTAUKSESTA

Kuva 2/25



Oikea vastaus: Eosinofiili

Tuma:

- Liuskoittunut kahteen lohkoon

Sytoplasma:

- Väritöntä
- Karkeaa, oranssinpunertavaa granulaa.

Seuraava