



**Tietokoneavusteinen opetusohjelma  
veren normaaleista kypsistä valkosoluista**

**Taina Joensuu**

**Timo Haapakoski**

**Syyskuu 2006**



**JYVÄSKYLÄN  
AMMATTIKORKEAKOULU**



**PIRKANMAAN  
AMMATTIKORKEAKOULU**

Tekijät Timo Haapakoski  Taina Joensuu	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 34	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus <input type="checkbox"/> Salainen _____ saakka	
Työn nimi Tietokoneavusteinen opetusohjelma veren normaaleista kypsistä valkosoluista		
Koulutusohjelma Ohjelmistotekniikka ja bioanalytiikka		
Työn ohjaajat Outi Mäkitalo, Sirpa Tuomi ja Kalevi Pietikäinen		
Toimeksiantaja -		
Tiivistelmä  Tietokoneavusteinen oppiminen tarjoaa suuren potentiaalın opetusprosessien tehostamiseksi. Tämän opinnäytetyön tuote on tarkoitettu opastamaan ja auttamaan bioanalytiikka-alan opiskelijaa normaalien kypsien valkosolujen tunnistamisessa.  Opinnäytetyö koostuu kahdesta osasta, sisällöllisestä ja teknisestä ja se on tehty yhteistyössä Pirkanmaan ammattikorkeakoulun bioanalytiikan koulutusohjelman ja Jyväskylän ammattikorkeakoulun Informaatioteknologian instituutin ohjelmistotekniikan koulutusohjelman kesken.  Sisältöosa koostuu erilaisista valkosoluista, leukosyyteistä. Mukana olevat leukosyytit ovat neutrofiilit, eosinofiilit, basofiilit, lymfosyytit ja monosyytit. Tämä opinnäytetyön tuote sisältää opiskelumateriaalia näistä valkosolutyypeistä. Opetusmateriaalin perustana on kliinisen hematologian perusteet bioanalytiikan koulutusohjelmassa.  Teknisen osan idea oli luoda modulaarinen ja joustava ohjelmarunko monille erilaisille tietokoneavusteisille oppimateriaaleille. Tekninen tavoite mahdollistaa opetusohjelman valmistamisen sisältöineen niin helposti kuin mahdollista, käyttäen vain tavallista tekstinkäsittelyohjelmaa, ja muuntaen näin saadun materiaalin lähes täysin automaattisessa prosessissa valmiiksi ohjelmistotuotteeksi joka sisältää navigoinnin ja tekstin lisäksi mahdollisia multimediaelementtejä.  Päättötyön viimeinen osa on sisällön (veren kypsät valkosolut) sovittaminen ohjelmarunkoon valmiin opetusohjelman aikaansaamiseksi.		
Avainsanat (asiasanat) opetusohjelma, opetus, verisolu, valkosolu, neutrofiili, eosinofiili, basofiili, lymfosyytti, monosyytti, tietokoneavusteinen oppiminen, modulaarinen, parserointi, korkeatarkkuuksisen kuvan suurennos		
Muut tiedot		

13.9.2006

Authors Timo Haapakoski  Taina Joensuu	Type of Publication Bachelor's Thesis	
	Pages 34	Language Finnish
	Confidential <input type="checkbox"/> Until _____	
Title COMPUTER AIDED TEACHING PROGRAM : "MATURE WHITE BLOOD CELLS"		
Degree Programme Biomedical Laboratory Science and Information Technology		
Tutor(s) Outi Mäkitalo, Sirpa Tuomi and Kalevi Pietikäinen		
Assigned by -		
Abstract  <p>Computer aided education could have great potential to improve learning processes. The product of this thesis is meant to guide and help bioanalytics students in identification of normal mature white blood cells.</p> <p>The thesis consists of two parts, contents and technical part, and it was made in co-operation between Pirkanmaa Polytechnic University of Applied Sciences; Biomedical Laboratory Science and School of Information Technology; Degree Programme in Information Technology.</p> <p>The content part of the thesis consists of different white blood cells, leukocytes. Leukocyte types in question are neutrophiles, eosinophiles, basophiles, lymphocytes and monocytes. The product of the thesis contains study material about these blood cells. The basis for the understanding thesis material is basics of clinical hematology in study degree of bioanalytics.</p> <p>The idea of the technical part of the product of the thesis was to create a modular and flexible framework for various computer enchanted learning materials. The technical goal was to create the content for learning programs as easy as possibly, just with an ordinary word processing program, and to transform it in highly automated process to complete learning content with possible multimedia and navigation elements.</p> <p>The final part of this thesis was fitting example material (white blood cells) to the framework in order to creating complete computer aided study material.</p>		
Keywords Teaching program, education, blood cell, morphology, lymphocytes, neutrophiles, eosinophiles, basophiles, lymphocytes, monocytes, computer aided learning, modular, parsing, high definition image zooming		
Miscellaneous		

## SISÄLLYS

1	TAUSTA JA TAVOITTEET .....	1
1.1	Taustaa .....	1
1.2	Opinnäytetyön konteksti .....	2
1.3	Toiminnallinen opinnäytetyö .....	2
1.4	Opinnäytetyön tavoitteet, tehtävä ja tarkoitus.....	3
1.5	Keskeiset käsitteet.....	4
2	TIETOKONEAVUSTEINEN OPETUSOHJELMA.....	5
2.1	Tietokoneavusteinen opetus.....	5
2.2	Tietokoneavusteinen opiskelu.....	5
2.3	Digitaalinen oppimateriaali.....	7
2.4	Opetusohjelman valmistukseen liittyviä kriittisiä kohtia.....	7
2.5	Opetusohjelman valmistuksen kannattavuus .....	8
2.6	Opetusohjelman suunnittelu.....	8
3	VEREN SOLUT .....	10
3.1	Veren solujen syntyminen.....	10
3.2	Valkosolujen mikroskooppinen tutkiminen .....	12
3.3	Valkosolut eli leukosyytit .....	13
3.3.1	Valkosolujen morfologinen tutkiminen .....	13
3.3.2	Myelopoieesi eli granulopoieesi .....	15
3.3.3	Lymfopoieesi.....	16
3.3.4	Monosytopoieesi .....	17
4	PROJEKTIN TOTEUTTAMINEN .....	18
4.1	Projektin lähtökohdat .....	18
4.2	Aineiston tuottaminen ja testaus .....	18
5	TEKNINEN TOTEUTUS .....	20
5.1	Rajaus.....	20
5.2	Toteutustekniikoiden valinta.....	20
5.2.1	Ohjelmointikielen valinta.....	20
5.2.2	Käyttöliittymäraajapinnan valinta.....	21
5.2.3	Eriyisratkaisujen valinnat.....	21
5.3	Arkkitehtuuri .....	22
5.3.1	Ohjelman yleinen rakenne.....	22
5.3.2	Parseri-työkalu .....	23

5.3.3	Selain.....	23
5.3.4	Rajapinnat .....	23
5.3.5	Modulaarisuus uudelleenkäytettävyyden apuna .....	24
5.4	Käyttöliittymä .....	24
5.4.1	Selkeä ja toimiva käyttöliittymä.....	24
5.4.2	Käyttöliittymän sovitukset kohderyhmälle .....	24
5.4.3	Käyttöliittymän skaalaus eri näyttötarkkuuksille.....	24
5.5	Tekniset erityisongelmat ja niiden ratkaisut .....	26
5.5.1	Suurten kuvien tarkentaminen ja esittäminen opetusohjelmassa.....	26
5.5.2	Oppimateriaalin automaattinen muunnos .....	26
5.5.3	Oppimateriaalin navigaation rakennus muunnoksen yhteydessä.....	27
6	POHDINTA .....	28
6.1	Tavoitteet ja niiden toteutuminen .....	28
6.2	Materiaali .....	29
6.3	Jatkokehitysideoita.....	30
	LÄHTEET.....	32

# 1 TAUSTA JA TAVOITTEET

## 1.1 Taustaa

Opinnäytetyönämme on tietokoneavusteinen opetusohjelma veren normaaleista kypsistä valkosoluista. Opinnäytetyö tehdään kahden oppilaitoksen ja koulutusalan välisenä yhteistyönä. Toinen tekijöistä opiskelee Jyväskylän ammattikorkeakoulussa Informaatioteknologian koulutusohjelmassa ohjelmointitekniikkaa ja toinen opiskelee Pirkanmaan ammattikorkeakoulun bioanalytiikan koulutusohjelmassa, joka on järjestetty Jyväskylän ammattikorkeakoulussa. Teknisestä toteutuksesta vastaa Timo Haapakoski ja sisällöllisestä toteutuksesta Taina Joensuu.

Opiskelija Joensuu on havainnut bioanalytiikan koulutusohjelmassa kehittämistarpeeksi selkeän opetusohjelman veren soluista. Tarkoituksena on saada kuvamateriaalivaihtoehto solujen tunnistamiselle kirjojen kuvien ja mikroskopoinnin rinnalle. Opetusohjelmamme toimii mikroskooppina veren solujen maailmaan. Opinnäytetyömme on suunnattu Jyväskylässä syksyllä 2006 aloittaville bioanalyttikko-opiskelijoille.

Ohjelma rakentuu hierarkkisesti niin, että opintojen alkuvaiheessa oleva bioanalyttikko-opiskelija voi opetella tunnistamaan veren normaalit valkosolut ja tarvittaessa syventää tietojaan. Työssä keskitytään neutrofiilin, eosinofiilin, basofiilin, lymfosyytin ja monosyytin tunnistamiseen.

Opetusmateriaalin lähtökohtana ovat kliinisen hematologian perusteet. Opinnäytetyö toteutetaan projektina. Oppijan avuksi luodaan sanasto ja tehtävät. Sanaston avulla oppija pystyy ymmärtämään paremmin opetusmateriaalissa käytettyjä ammattitermejä. Tehtävät mahdollistavat opiskelijan oman oppimisen seurannan. Tavoitteena on saada aikaan motivoiva opetusmateriaali, joka toimii oppimisen apuvälineenä.

Opinnäytetyön raportoinnissa on noudatettu Pirkanmaan ammattikorkeakoulun ulkoasuohjeita. Kansilehti ja tiivistelmät ovat laadittu Jyväskylän ammattikorkeakoulun ohjeiden mukaan. Raportti perustuu toiminnallisen opinnäytetyön raportointiohjeeseen (Vilka & Airaksinen 2004). Rakenteessa on noudatettu Informaatioteknologian instituutin ohjeita, jolloin esimerkiksi johdanto -otsikko on korvattu tausta ja tavoitteet -otsikolla.

## 1.2 Opinnäytetyön konteksti

Mikroskooppisen erittelylaskennan osuus diffitutkimuksista on laitteiden kehittymisen myötä vähentynyt. Automaattilaitteet tuottavat leukosyyttien erittelylaskentatuloksia tehokkaasti. Viisiparametriset leukosyyttierittelylaitteet ovat herkempiä löytämään poikkeavuuksia leukosyyttijakaumasta kuin perinteinen sadan solun käsidiiffi. Veren sivelyvalmisteiden tarkastelun luonne on muuttunut enemmän yleisarvioon hälytyksen aiheuttaneen solutyypin tai muun häiriön suhteen (puhutaan ns. katseludiffistä). Mikroskooppisella leukosyyttien erittelylaskennalla on oma merkityksensä solulaskentojen laadunvarmistuksessa ja kliinisenä tutkimuksena, jonka laadusta on huolehdittava. (Mahlamäki 2005, 43–44.)

Wood, Mandel, Schaad, Curtis, Murray, Broudy, Gernsheimer, Wner, Le Crone ja Astion (1998, 514–520) ovat todenneet tehokkaaksi tietokonepohjaisen opetuksen tutkimuksessaan veren sivelyvalmisteiden tulkitsemisen opettamista tietokoneohjelman avulla. Rielyn, Ben-Erzan, Maseyn ja Cousarin (2002, 317–345) mukaan digitaaliset kuvat ovat hyödyllisiä ja tarpeellisia nykyaikaisessa hematologian opiskelussa.

## 1.3 Toiminnallinen opinnäytetyö

Opinnäytetyömme on toiminnallinen opinnäytetyö, koska valmistimme opinnäytetyön produktiona opetusohjelman. Vilkan ja Airaksisen (2004) mukaan opinnäytetyön tulisi olla työelämälähtöinen, käytännönläheinen, tutkimuksellisella asenteella toteutettu ja riittävällä tasolla alan tietojen ja taitojen hallintaa osoittava. Heidän mukaan ammattikorkeakoulussa annetun koulutuksen tavoitteena on, että opiskelija valmistuttuaan toimii alansa asiantuntijatehtävissä. Tavoitteena on myös, että opiskelija sekä tietää että taitaa siihen liittyvät kehittämisen ja tutkimuksen perusteet. (Vilkka & Airaksinen 2004, 9–10.)

Opinnäytetyömme raportissa käsittelemme opinnäytetyömme lähtökohtia, tilanteen kartoitusta, tarkoitusta ja tavoitteita. Raportti etenee tuotoksen eli tuotoksen työprosessin mukaan, ja otsikot noudattavat prosessin kulkua.

#### 1.4 Opinnäytetyön tavoitteet, tehtävä ja tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena on valmistaa tietokoneavusteinen opetusohjelma veren kypsistä valkosoluista ja niiden tunnistamisesta.

Opinnäytetyön/opetusohjelman tehtävä on oppimista palveleva, palautetta antava ja hypermediaa eli kuvaa ja tekstiä sisältävä tietokoneavusteinen opetusohjelma veren soluista. Bioanalytiikan koulutusohjelmassa on kehittämistarvetta vaihtoehdoisen opetusmenetelmän kehittämiseksi solujen tunnistamisessa mikroskoppoinnin ja kirjojen kuvamateriaalin rinnalle.

Opetusohjelma oli tarkoitus rakentaa kahdesta osiosta. Osio A oli suunnattu ensimmäisen vuoden opiskelijalle. Tässä osiossa käsiteltäisiin hematologian keskeisiä käsitteitä lyhyesti sekä opeteltaisiin tunnistamaan neutrofiili, eosinofiili, basofiili, pieni ja suuri lymfosyytti ja monosyytti. Osiossa B oli tarkoitus, että opiskelija voi syventää tietojaan ja opetella tunnistamaan samoja soluja. Opetusohjelmaan suunniteltiin myös sanasto.

Opetusohjelmamme oli tarkoitus edetä oppijan tarpeiden ja tavoitteiden mukaan. Edistyminen tallentuisi muistiin ja opiskelija näkisi missä on vielä parantamisen varaa. Oppijan testatessa osaamistaan ohjelma huomioisi oppijan tekemät virheet ja tarjoaisi samantyyppisiä solukuvia uudelleen niin kauan kunnes uusi asia olisi opittu. Ohjelma kertoisi oikeiden ratkaisujen lisäksi missä oppija teki virheitä.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää opetusväline mikroskoppoinnin ja kirjojen kuvamateriaalin rinnalle, jolloin oppija voi opiskella solujen tunnistamista myös ilman näitä perinteisiä apukeinoja.



## 1.5 Keskeiset käsitteet

Keskeisimmät käsitteet on koottu alla olevaan taulukkoon (taulukko 1).

Tietokoneavusteinen opetusohjelma	Opetusmateriaali, jonka omaksumista ja läpikäyntiä on tehostettu ja helpotettu siirtämällä se sähköiseen muotoon tietokoneelle.
Verisolu	Veren solujen yhteisnimi (punasolut, valkosolut ja verihiutaleet)
Modulaarinen	Osista koostuva. Yksi osa voidaan korvata toisella kokonaisuuden kärsimättä.
Windows rajapinta	Rajapinta jolla Microsoft Windows lähettää viestejä eri käyttöliittymäkomponenttien välillä ja niihin liittyen.
Directdraw rajapinta	Windowsin erilliskomponentti suoraa ja nopeaa grafiikanpiirtoa varten. (sisältää myös muita osia kuten äänentoiston jne.)
C++	laiteläheinen ohjelmointikieli
Java	korkean tason olio-pohjainen ohjelmointikieli.
Ohjelman/tietomateriaalin navigaatio	Ohjelman navigaatio tarkoittaa reittejä ja kulkumahdollisuutta tietomateriaalissa.
Opiskelija / käyttäjä	Opiskelijalla ja käyttäjällä viitataan tässä dokumentissa opetusohjelman käyttäjään.
Parserointi	Oppimateriaali-aineiston käsittely ja muuntaminen eri muotoon eli formaattiin.
Rajapinta	Ohjelmistokomponentin liittymäpinta muihin ohjelmistokomponentteihin.

TAULUKKO 1. Opinnäytetyön keskeisiä käsitteitä.

## 2 TIETOKONEAVUSTEINEN OPETUSOHJELMA

### 2.1 Tietokoneavusteinen opetus

Tietokoneavusteinen opetus (computer aided instruction) on tietokoneen avulla vuorovaikutteista ohjelmaa tai simulointia käyttäen tapahtuvaa oppimista tai työn harjoittelua. Tietokoneavusteisesta opetuksesta laajemmin puhuttaessa sillä tarkoitetaan yleensä kaikkea sitä opetusta, jossa tietokone on apuna. Se voi olla opettajan tai oppilaan työväline, esitysväline, oppimateriaalin välittäjä sekä oppimisprosessin ohjaaja. Suppeammin ilmaistuna sillä yleensä tarkoitetaan opetusta, jossa tietokone toimii oppimateriaalin välittäjänä ja oppimisprosessin ohjaajana. (Hietala 1999.)

### 2.2 Tietokoneavusteinen opiskelu

Hoffmanin, Irwinin, Bairdn, Bloorn, Miyain ja Savonian (1993, 776–780) tutkimuksen mukaan hematologiaa sisältävä tietokoneohjelma auttoi opiskelijoita oppimisessa sekä paransi opiskelijoiden asenteita tietokoneperusteisiin lähteisiin. Riley ja muut (2002, 317–345) toteavat katsauksessaan, että tietokone ja digitaalinen kamera tarjoaa uusia mahdollisuuksia hematologiseen koulutukseen. Heidän mielestään digitaalinen kuva on olennaisesti havainnollisempi ja laadultaan korkeatasoisempi kuin tavallinen valokuva. Woodin ja muiden (1998, 517 - 519) tutkimus osoitti opiskelijoiden oppineen merkittävästi hematologisia soluja tietokoneohjelman avulla. Kresicin tutkimuksessa oli käytetty tietokonetta, digitaalista kameraa ja mikroskooppia. Preparaattilaseista oli kuvattu digitaalisesti hematologisia soluja ja opiskelijat olivat opiskelleet kuvia tietokoneelta. Tämä tietokoneteknologia oli helpottanut oppimista ja visualisointi oli auttanut muistamista. (Kresic 199, 12–13.)

Moura, Lhano ja Del Giglio (2000, 47–51) ovat tutkineet Internetin käyttötaitoja hematologian kurssin opiskelijoilla. Tutkimus oli tehty brasilialaisille lääketieteen opiskelijoille hematologian kurssilla, mutta se ei varsinaisesti käsitellyt hematologian solujen opiskelua. Tutkimustuloksissa opiskelijat kokivat oppimisen myönteisenä, vaikka puolet opiskelijoista käytti Internetiä ensimmäistä kertaa.

Tietokoneavusteisesta hematologisten solujen opiskelusta tehdyistä tutkimuksista on tehty yhteenveto taulukon muotoon (taulukko 2). Käytetyt tutkimukset löytyivät systemaattisen haun avulla National Center for Biotechnology Information (NCBI) -kotisivuilta (2005).

Tutkimus	Tavoite/metodiset ratkaisut	Kohderyhmä/otos	Toteutus	Tulokset
Hoffman ym. 1993	Hematologiaa sisältävän tietokoneohjelman vaikutus opintoihin	Lääketieteen opiskelijat, 2. vuosikurssi (University of California, USA)	MedPics – ohjelman käyttö.	Ohjelmalla on ollut positiivinen vaikutus oppimiseen ja se on parantanut oppilaiden asenteita tietokoneperusteisiin lähteisiin
Kresic 1999	Interaktiivisen teknologian käyttö opiskelussa (tietokone, mikroskooppi, digitaalinen kamera)	Laboratoriotieteen opiskelijat ja opettaja, kaksi lukukautta (Trocaire College, NY, USA)	Tietokoneelle tallennetut kuvat preparaattilaseista, mistä opiskelijat opiskelivat.	Tietokoneteknologia nosti opiskelijoiden ymmärtämystä ja visualisointi auttoi opiskelijoita/opettajia muistamisessa.
Moura ym. 2000	Internet-taitojen kartoitus	Lääketieteen opiskelijat, 3. vuosikurssi, hematologian kurssi (Sao Paolo, Brasilia)	Internetin käyttötesti, kysely verkossa	Opiskelijat kokivat oppimisen myönteisenä, vaikka noin puolet käytti Internettiä 1. kertaa.
Riley ym. 2002	Hematologisen koulutuksen ja tutkimuksen kehittäminen digitaalisten kuvien avulla	(Medical College of Virginia, USA)	Katsaus	Digitaaliset kuvat ovat olennaisia nykyisessä hematologian opetuksessa, tutkimuksessa ja sähköisessä dokumentaatiossa.
Wood ym. 2002	Veren sivelyvalmisteen tulkitsemisen opettaminen ja tietokoneohjelman vaikuttavuus oppimiseen.	133 toisen vuosikurssin lääketieteen opiskelijoita (University of Washington, USA)	PeripheralBlood-Tutor –ohjelman käyttö. Esi- ja jälkikysely.	Ohjelma auttoi merkittävästi opiskelijoita tulkitsemaan perifeerisen veren sivelyvalmisteista.

TAULUKKO 2. Hematologian opiskelua koskevat tutkimukset.

Taulukossa on käytetty tutkimussarakkeessa kirjoittajan tai ensimmäisen kirjoittajan nimeä ja julkaisuvuotta. Taulukko on aakkostettu nimen mukaan. Tavoite, metodiset ratkaisut, kohderyhmä, otos, toteutus ja tulokset on esitetty pelkistetysti ja yksinkertaisesti. Taulukon tarkoitus on selkeyttää tässä työssä käytettyjä tutkimuksia. Tutkimuksista tehdyn yhteenvedon

perusteella digitaalinen kuva ja tietokoneohjelmat yhdessä helpottavat oppimista ja auttavat oppimiskokemuksissa. Nykyaikaisen tietotekniikan yhdistäminen hematologisten solujen opiskeluun näyttäisi olevan suotava menetelmä.

### 2.3 Digitaalinen oppimateriaali

Digitaalisella oppimateriaalilla tarkoitetaan digitaalisessa muodossa olevaa aineistoa, joka on tarkoitettu tietyn aihepiirin opiskelua varten. Tätä aineistoa ja sen sisältökokonaisuutta opiskelija voi käydä läpi omalla tavallaan. Digitaalinen oppimateriaali on yleensä multimediamuodossa. Multimedia tarkoittaa, että tietty sisältökokonaisuus esitetään tietokoneella käyttäen erilaisia esitystapoja, esimerkiksi kuvia, ääntä ja tekstiä. Multimediamuotoinen digitaalinen oppimateriaali voidaan rakentaa hierarkkisesti, jolloin opiskelijat käyvät materiaalia läpi tekijän ajattelemassa järjestyksessä. (Meisalo, Sutinen & Tarhio 2000, 115–116, 118.)

### 2.4 Opetusohjelman valmistukseen liittyviä kriittisiä kohtia

Opetusohjelman laatiminen ja valmistaminen on vaativa prosessi. Se voi tuntua yksinkertaiselta, mutta jos pyrkimyksenä on tehdä oppimista aidosti tukeva, käyttäjän tietotason mukaan säätyvä opetusohjelma, on huomioitava monia eri asioita.

Jotta opetusohjelman käytön kynnys, ja siis samalla oppimisen aloittamisen kynnys, olisi riittävän matala, on opetusohjelman käyttöliittymän oltava mahdollisimman hyvä. Opetusohjelman tulee päästää käyttäjä oppimaan niitä asioita mitä hän itse haluaa, ja ohjelmassa navigoinnin tulisi olla mahdollisimman sujuvaa. Väripaletin sekä näyttöjen rakenteen tulisi olla läpi ohjelman yhtenäinen ja sen tulisi tukea informaation siirtymistä käyttäjälle päin.

Opetusmateriaalin sisältöjen ja rakenteen tulee tukea käyttäjän oppimista. Olisi hyvä, jos opetusohjelma voisi oppia tuntemaan käyttäjän ja arvioimaan käyttäjän osaamistasoa käyttäjän tekemien valintojen ja hänen antamiensa vastausten perusteella. Opetusohjelman tulisi myös näiden tietojen perusteella osata kannustaa ja motivoida käyttäjää, tuoda esille käyttäjän kehittymisen, ja rohkaista näin käyttäjää opiskelemaan lisää.

## 2.5 Opetusohjelman valmistuksen kannattavuus

Opetusohjelmien käyttäjät ovat hyvin usein opiskelijoita/oppilaitoksia, joilla ei ole yleensä rahallisia resursseja muuta kuin perustason tietokoneeseen. Opiskelijoilla ei välttämättä ole rahaa ostaa kalliita opetusohjelmistoja. Tämä asettaa haasteita opetusohjelmien valmistukselle, koska tuotantokustannukset nousevat helposti suuriksi oppimateriaalin hankinnasta, järjestelystä ja itse opetusohjelman kehityskuluista johtuen. Niinpä modulaarinen opetusohjelmarunko laskee huomattavasti opetusohjelmasarjan kehityskuluja.

## 2.6 Opetusohjelman suunnittelu

Opetusmateriaalin, ja sen julkaisumuodon, suunnittelun täytyy pyrkiä alusta asti helpottamaan ja tehostamaan käyttäjän oppimista käyttäjäystävällisellä ja motivoivalla tavalla. Tämän lisäksi suunnittelussa tulisi ottaa huomioon kulloisenkin kohderyhmän esitiedot ja osaamistaso.

On tärkeää, että opetusohjelmaa on sujuva käyttää ja että sen sisältämä tieto on hyvin jäsenetty ja helposti päivitettävissä. Näin opetusmateriaalin julkaisu sähköisessä muodossa on oikeasti järkevää. Jos tieto on vain tavallista tekstiä ja kuvia, ja sen sisältö etenee ensimmäisestä kappaleesta viimeiseen, kannattaa harkita opetusmateriaalin julkaisua painettuna kirjana. Kirja on kaikesta huolimatta useimpien mielestä helpommin luettavaa kuin sähköinen materiaali.

Valitessa sähköinen opetusmateriaalin julkaisumuoto, joko pelkkä html-tekniikkaan pohjautuva Internet-sivusto tai täysimittainen multimedia-ohjelmisto, on ensimmäiseksi selvitetävä, miten sähköisen median tarjoamilla keinoilla voidaan auttaa ja tehostaa opetusmateriaalin omaksumista ja tiedon löytämistä.

Opetusohjelman käyttöliittymän on oltava selkeä, johdonmukainen, miellyttävä, havainnollistava, sujuva ja nopea sekä kohderyhmälle sovitettu. Sen tulisi minimoida ohjelman käyttöön liittyvä muistaminen, jotta käyttäjä voisi keskittyä täysin itse materiaalin oppimiseen.

Ehkä paras keino siihen miten sähköinen formaatti voi tukea oppimista, on oikein suunniteltu navigaatio oppimateriaalissa. Ihminen oppii hahmottamalla yhteyksiä asioiden välillä, ja mikäli ohjelma ohjaa käyttäjää oppimateriaalin läpi seuraten yhteyksiä miten materiaalin asiat liittyvät toisiinsa, voi opiskelija hahmottaa kokonaisuuden paremmin, kuin vain lukemalla pätkiä sieltä täältä.

Tavallisessa oppikirjassa on yleensä hakemisto, johon on listattu tekijän mielestä tärkeimmät termit ja hakusanat. Hakemistoa käyttämällä lukija löytää kohtalaisen vaivatta tarvitsemansa tiedon paksunkin kirjan sivulta. Hakemiston käyttö voi olla laajassa teoksessa aikaa vievää, jos lukija etsii useita toisiinsa liittymättömiä asioita. Tämä vie aikaa itse opiskelulta ja näin hidastaa oppimista. Jokainen joskus opiskellut muistaa varmasti hetken, jolloin hakemistosta itse asiaa etsittäessä ehtii jo unohtua syy miksi sitä ylipäänsä etsittiin.

Tietokoneohjelmaan perustuva opetusohjelma tarjoaa tehokkaat mahdollisuudet toteuttaa materiaaliin nopeita linkityksiä ja hakutoimintoja, joiden avulla haluttu tieto voidaan löytää huomattavasti nopeammin. Hyvänä esimerkkinä ovat vaikka Internet-sivustojen hakukoneet.

Silloin kun opetusmateriaaliksi ei riitä pelkkä tavallinen teksti ja kuvat, on hyvä käyttää tietokoneavusteista opetusohjelmaa oppimisen apuvälineenä. Esimerkiksi musiikin-oppimateriaali voisi olla kätevämpi opetusohjelmamuodossa, vaikka sen voisi toteuttaa myös perinteisellä tavalla kirjana ja sen mukana tulevana äänitteenä. Meidän opinnäytetyömme oppimateriaaliin haluttiin taas liittää niin tarkkoja kuvia, että ne eivät yksinkertaisesti olisi sopineet normaalin kirjan sivuille.

Opetusmateriaalia voisi myös kuvitella kuin elokuvan tai näytelmän tapahtumina. Mikäli näytelmässä ei ole ajateltu laisinkaan sitä miten se tulee etenemään, se on yleensä hyvin sekava ja huono. Sama pätee myös opetusmateriaalin jäsennyksessä. Sen rakenne on suunniteltava niin, että sen läpikäymisestä syntyy nautittava ja selkeä kokonaisuus.

### 3 VEREN SOLUT

#### 3.1 Veren solujen syntyminen

Veressä on kolmentyyppisiä soluja: punasoluja eli erytrosyyttejä ja valkosoluja eli leukosyyttejä, joihin luetaan granulositytit (neutrofiilit, eosinofiilit ja basofiilit), monosyytit ja imusolut eli lymfosyytit sekä verihiutaleita eli tromposyyttejä. Yli 99 % veren soluista on punasoluja. Punasolut kuljettavat happea ja hiilidioksidia, valkosolut kuuluvat elimistön puolustusjärjestelmään. Verihiutaleilla on keskeinen asema veren hyytymisessä. (Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 1999, 302, 311; Nienstedt 1997, 208–209.)

Verisolujen muodostuminen eli hematopoeesi tapahtuu sikiökaudella raskausviikoilla 3. –19. raskuauispussissa, viikoilla 5.–40. maksassa ja raskausviikolla 10 luuydin alkaa muodostaa verisoluja. Hematopoesia tapahtuu sikiökaudella myös pernassa ja lymfopoesia tyymuksessa ja imusolmukkeissa 10. –12. raskausviikon jälkeen. Sikiökaudella erytrosyttopoeesi eli punasolumuodostus on tärkein. Se varmistaa sikiön kudosten hapensaannin. Raskauskuukauden 5.–6. vaiheilla kaikki hematopoesin komponentit ovat olemassa: punasolu- ja verihiutaletuotanto sekä granulosityttien, monosyyttien ja lymfosyyttien tuotanto. (Hänninen 2004, 264; Nienstedt 1997, 208–209; Vilpo 1998, 88–90; Vilpo 2003, 233; Siitonen & Koistinen 2000, 13.)

Syntymän jälkeen hematopoeesi vähenee raajojen pitkistä luista. Murrosikään mennessä litteiden luiden ydin muodostaa tärkeimmän verisolujen lähteen. Luuydin on normaalisti ainoa paikka, jossa punasolut, granulositytit, monosyytit ja verihiutaleet muodostuvat (medullaarinen hematopoeesi). Lymfosyytit muodostuvat pääosin lymfaattisessa kudoksessa. (Nienstedt 1997, 208–209; Vilpo 2003, 23–235.)

Medullaarisella hematopoesilla tarkoitetaan kaikkea normaalia luuytimessä tapahtuvaa verisolujen muodostusta. Ekstramedullaarisella hematopoesilla tarkoitetaan verisolujen muodostusta luuytimen ulkopuolella. Eräiden veritautien yhteydessä retikkelisolukko maksassa, pernassa ja imusolmukkeissa palaa sikiökautiseen verenmuodostustehtäväänsä. Tällaisesta ekstramedullaarisesta hematopoesista käytetään nimitystä myeloinen metaplasia. (Juvonen 2000, 286.)

Hematopoeesi jaetaan neljään päävaiheeseen:

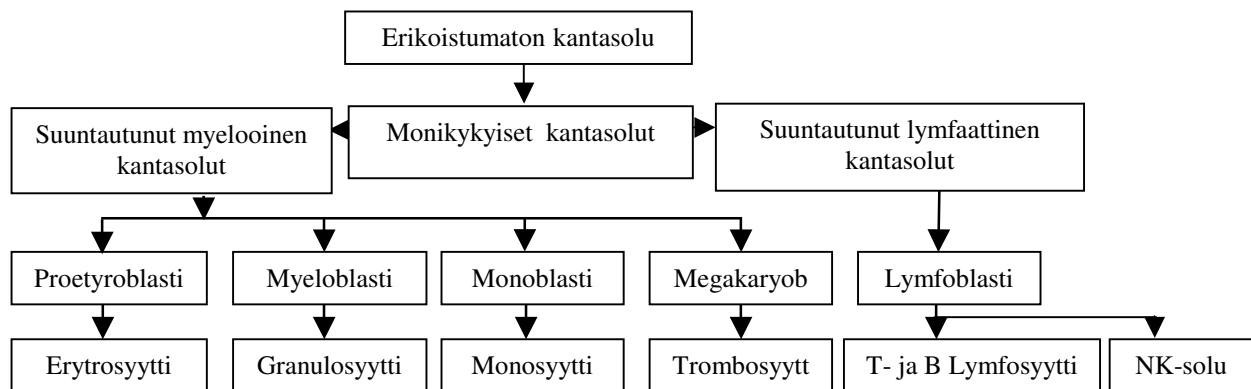
Monikykyiset kantasolut

Suuntautuneet kantasolut

Jakautuvat/kypsyvät solut

Kypsät solut

Kaikki verisolut kehittyvät muodostuspaikasta riippumatta erikoistumattomasta kantasolusta (primitiivinen retikkelisolu), joka morfologisesti muistuttaa lymfosyyttiä ja kykenee erikoistumaan miksi verisoluksi tahansa. Luuytimessä erikoistumattomasta kantasolusta muodostuu monikykyinen hematopoettinen kantasolu (totipotenti), joka kykenee tuottamaan sekä itsensä kaltaisia että erilaistuvia jälkeläisiä. Linjanvalintojen, solunjakautumisen ja kypsymisen seurauksena näistä syntyy kaikkia veren soluja (kuvio 1). Lisääntyminen tapahtuu mitoosin avulla. Kypsymisen aikana kehittyvät solujen rakenne ja toiminta. Lopuksi kypsät verisolut vapautuvat verenkiertoon. (Siitonen ym. 2000, 13–14; Vilpo 1998, 88–91; Vilpo 2003, 233–235.)



KUVIO 1. Verisolujen tuotanto.

Hematopoieesiin vaikuttavat mm. hormonit, vitamiinit, hivenaineet ja kymmenet hematopoieettiset kasvutekijät. Hematopoieettiset kasvutekijät ovat glykoproteiineja. Glykoproteiinit säätelevät verisolujen muodostusta ja toimintaa verkostomaisesti. Osa kasvutekijöistä stimuloi ja osa estää verisolujen lisääntymistä ja erilaistumista. (Hänninen 2004, 264; Siitonen ym. 2000, 13–20; Vilpo 2005a, 17–18; Vilpo 2003, 235.) Verenkierron ulkopuolella verisolut tuhoutuvat. Punasolujen keskimääräinen elinikä on n. 120 vrk. Tämän jälkeen ne tuhoutuvat pääasiassa pernassa ja maksassa. Osa valkosoluista tuhoutuu pernassa. Osa siirtyy kudoksiin ja limakalvoille ja pilkkoutuu sitä kautta. (Hänninen 2004, 266–267; Vilpo 2005a, 19.)



### 3.2 Valkosolujen mikroskooppinen tutkiminen

Automaattiset verisoluanalyysaattorit tuottavat tehokkaasti monipuolista tietoa veren eri soluista. Ne pystyvät erottelamaan soluja niiden kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien perusteella. Laitteet ovat myös herkempiä löytämään poikkeavuuksia ja sitä kautta antamaan hälytyksiä leukosyyttijakaumasta. Mikroskooppinen veren solujen tutkiminen verensively- ja luuydinvalmisteista on säilyttänyt diagnostisen asemansa. Laitteiden kehittymisen myötä veren sivelyvalmisteen tarkastelun luonne on muuttunut ns. katselu- eli selailudiffin suuntaan. Tällöin tehdään sivelyvalmisteen yleisarvio ja selvitetään laitteen antamat hälytykset. (Jansson 2000, 40–43; Mahlamäki 2004, 268–276; Mahlamäki 2005, 43–44; Pelliniemi 1998, 1177, 1181; Savolainen 2000, 31–34, 36–39.) Automaattisen verisoluanalyysaattorin verenkuvatulos voi olla normaali ja kuitenkin MGG-värjätyn veren sivelyvalmisteen tutkiminen voi johtaa tautidiagnoosiin. Verisolujen morfologiaa tarkasteltaessa voidaan päätellä solun hematopoeettinen linja ja solun kypsyysaste. (Vilpo 2003, 239.)

Veren ja luuytimen perusvärjäyksenä on MGG-värjäys (May-Grünwald-Giemsa). May-Grünwald-reagenssin eosiini Y värjää punasolut punertaviksi ja reagenssin metyleenisininen leukosyyttien tumat sinisiksi. Giemsa-reagenssin eosiini Y ja atsuuri B värjäävät leukosyyttien eri granulat. Giemsa-reagenssissa yhdessä metyleenisinisen ja eosiinin kanssa atsuuri B värjää tumat puna-sinisiksi. Värjätyistä valmisteista voidaan tutkia puna- ja valkosolujen kypsymistä sekä niiden morfologiaa mikroskoopilla. (Jansson 2000, 47.)

Sivelyvalmisteiden tutkiminen mikroskoopissa edellyttää, että mikroskooppi on säädetty oikein ja että sen valaistus on kohdallaan. Ennen mikroskoopin käyttöä tarkastetaan kondensorin keskiointi eli mikroskooppi köhleröidään. Köhleröinnissä valaisuoptiikka ja kuvaa suurentava optiikka säädetään kohdakkain ja valaisimen teho kohdistetaan näytteeseen. Näiden säätöjen seurauksena tarkasteltavat solut näyttävät mahdollisimman teräviltä ja selkeiltä. Lisäksi 100x-objektiivissa käytetään immersioöljyä, joka parantaa tarkasteltavien solujen yksityiskohtia. (Lewis 2001, 618–619; Rantala 1998, 39–48; Wallace 2002, 36–37.)

### 3.3 Valkosolut eli leukosyytit

#### 3.3.1 Valkosolujen morfologinen tutkiminen

Valkosolujen morfologiaa tarkasteltaessa huomiota kiinnitetään tuman kokoon, muotoon, rakenteeseen ja värjäytymiseen, tuma-sytoplasma-suhteeseen, sekä sytoplasman värjäytymiseen. Granuloiden olemassaolo, koko ja värjäytyminen katsotaan. Myös kaikki poikkeavuudet huomioidaan. (Bell 2002, 3–8; Hänninen 2004, 266–267; Leclair 2002, 123–138; Mahlamäki 2004, 279; Siitonen ym. 2000, 21–23.) Sivelyvalmisteesta lasketaan 1–2 x 100 valkosolua (Jansson 2000, 42; Mahlamäki 2004, 279–280). Eri valkosolujen prosentuaalinen osuus aikuisilla on (Mahlamäki 2004, 282):

neutrofiilit, sauvatumaaiset	0 - 5 %
neutrofiilit, liuskatumaaiset	40 - 70 %
lymfosyytit	20 - 45 %
eosinofiilit	1 - 6 %
basofiilit	0 - 1 %
monosyytit	2 - 12 %

Vastasyntyneen valkosolut ovat granulosityttivoittoisia, myöhemmin lymfosityttien osuus kasvaa kouluikään saakka, kunnes se taas on granulosityttivoittainen ja säilyy sellaisena (Savolainen 2000, 36–39).

Sivelyvalmisteelta tulisi tunnistaa normaalista leukosyyttimorfologiasta: sauva- ja liuskatumaainen neutrofiili, eosinofiili, basofiili, monosyytti sekä pieni ja suuri lymfositytti. Patologisissa tiloissa tulisi tunnistaa: blastit, auerin sauvat, promyelosyytti, myelosyytti, metamyelosyytti, hypo- ja hypergranulaarinen neutrofiili, yli- ja aliliuskottunut neutrofiili, promonosyytti, plasm solu, prolymfosyytti, reaktiivinen lymfositytti, atypinen lymfositytti, sezaryn solu, karvasolu ja vakuolisolu. (Jansson 2000, 40–46; Mahlamäki 2004, 278–282.)

#### **Neutrofiilien morfologia**

Normaalisti tumassa on 2–3 liuskaa, jotka ovat kromatiinisäikeillä yhdistyneet. Sytoplasmaa on runsaasti ja se sisältää hienojakoista punertavaa granulaa. Tummaksi värjäytyneet toksiset granulat liittyvät esim. bakteeri-infektioon. Suuria punertavia granuloita esiintyy esim.

apalstisessa anemiassa. Granuloiden puuttuminen viittaa esim. akuuttiin leukemiaan. Oikealle siirtymisestä eli yliliuskoittumisesta puhutaan, kun liuskatumaisista 25 % on yli 4-liuskaisia tai diffistä löytyy 3 kpl 5-liuskaisia tai yksi 6-liuskainen. Vasemmalle siirtymisestä puhutaan, kun diffissä on normaalia enemmän epäkypsiä valkosoluja. Kuolleissa tai kuolevissa neutrofiileissä tumalohkot värjäytyvät tummaksi ja ovat pieniä ja pyörityneitä. Döhle-kappale on sininen tai siniharmaa paksu sauvamainen kappale sytoplasmassa. Niitä esiintyy esim. bakteeri-infektioissa. (Bell 2002, 3–4; Hänninen 2004, 266–267; Leclair 2002, 124–129, Mahlamäki 2004, 278–281; Ruutu, Rajamäki & Krusius 2000, 581; Ruutu ym. 2000, 582–583; Siitonen ym. 2000, 21–22.)

### **Eosinofiilien morfologia**

Sytoplasmaa on runsaasti ja se sisältää karkeaa punaoranssia granulaa. Tuma on yleensä kaksilohkoinen ja kromatiini on kokkareista. Eosinofiilien määrä lisääntyy esim. allergioissa. Epäkypsiä eosinofiilejä tavataan harvoin, paitsi kroonisessa myelooisessa leukemiassa. (Bell 2002, 4; Hänninen 2004, 267; Leclair 2002, 129, Mahlamäki 2004, 278–281; Ruutu ym. 2000, 581; Siitonen ym. 2000, 22–23.)

### **Basofiilien morfologiaa**

Sytoplasma on vaaleanpunertavaa ja se sisältää spesifistä voimakkaan purppuralilan väristä (basofiilista) granulaa, joka on harvempaa kuin eosinofiileissä. Tuma on 2–4 lohkoinen ja kromatiini ei ole karkearakenteista. Basofiilit tehostavat immuunivastetta ja välittävät yliherkkyysoireita. (Bell 2002, 4–5; Hänninen 2004, 267; Leclair 2002, 129–130; Mahlamäki 2004, 278–281; Ruutu ym. 2000, 581; Siitonen ym. 2000, 22–23.)

### **Lymfosyyttien morfologiaa**

Pieni lymfosyytti on liuskatumaista pienempi solu. Tuma on tavallisesti pyöreä ja suuri solun kokoon nähden, kromatiinirakenne on hyvin tiivis. Sytoplasmaa on niukasti ja se värjäytyy (MGG) tummansiniseksi eikä sisällä granulaa. Suuri lymfosyytti on hieman suurempi kuin liuskatumaisten leukosyyttien. Tuma on säännöllisen muotoinen, usein ovaali ja kromatiinirakenne on tiivistä, tasaista, laattamaista. Sytoplasmaa on melko paljon ja se on kuulakasta, vaaleansinistä ja joskus granulaista. (Bell 2002, 5–6; Hänninen 2004, 267; Leclair 2002, 132–136, Mahlamäki 2004, 280–281; Ruutu ym. 2000, 581; Ruutu ym. 2000, 582–583; Siitonen ym. 2000, 24–26.)

### Monosyyttien morfologiaa

Monosyytti on perifeerisen veren suurin solu. Suurin osa monosyyteistä on pyöreitä ja niissä on tasaiset reunat, mutta osa soluista voi olla ulokkeisia. Tuman muoto vaihtelee, se voi olla pyöreä, soikea tai liuskoittunut. Yleensä tuma on hieman poimuttunut, aivomainen.

Kromatiini on hienoa, pitsimäistä ja värjäytyy vaalean sinertävänvioletiksi. Sytoplasma värjäytyy harmahtavansiniseksi ja siinä on pientä, huonosti erottuvaa granulaa, joka saa sytoplasman näyttämään hiotun lasin tapaiselta. Myös punertavia tai punertavansinisiä granuloita esiintyy. Normaalisti monosyytti on helppo erottaa suuresta lymfosyytistä, tautitiloissa vaikeampaa. Leukeemiset monosyytit ovat vaikeita erottaa normaaleista (erottelu sytokemiallisin erikoisvärjäyksin). (Bell 2002, 6–7; Hänninen 2004, 267; Leclair 2002, 130–132, Mahlamäki 2004, 280–281; Ruutu ym. 2000, 581; Siitonen ym. 2000, 23.)

#### 3.3.2 Myelopoieesi eli granulopoieesi

Granulopoieesin varhaisin tunnistettavissa oleva solu on myeloblasti. Se kypsyy yhdessä viikossa useiden kehitysvaiheiden (*myeloblasti – promyelosyytti – myelosyytti – metamyelosyytti – sauvatumainen granulotsyytti – liuskatumainen granulotsyytti*) kautta kypsäksi granulotsyytiksi. Myeloblastista myelosyyttiin asti solumuodot kykynevät jakautumaan. Metamyelosyyttivaiheesta alkaen tapahtuu vain kypsymistä. Kypsyminen myeloblastista neutrofiiliksi kestää noin 9–10 vuorokautta. Infektiot nopeuttavat kypsymistä. Verenkierrossa neutrofiilit ovat alle vuorokauden. Verenkierrosta ne siirtyvät kudoksiin (keuhkoihin, maksaan, pernaan, limakalvoille ja etenkin suoleen) ja tuhoutuvat apoptoottisesti 2–3 vuorokaudessa makrofagien fagosytoidissa ne. (Bell 2002, 15–21; Hänninen 2004, 266–267; Leclair 2002, 124–130; Ruutu ym. 2000, 582–583; Siitonen ym. 2000, 21–23.)

Sauvatumaisen neutrofiilin koko on noin 12–15 µm. Sytoplasma on punertava ja siinä nähdään runsaasti spesifistä hienojakoista granulaa. Tuma on hevosenkengän muotoinen, mutta voi olla myös mutkalla. Tuma on kokkareinen ja väriltään sinipunainen. Sauvatumaisia granulotsyyttejä esiintyy verenkierrossa normaalisti noin 1-5 kpl/100 valkosolua. (Bell 2002, 4, 17; Leclair 2002, 128; Ruutu ym. 2000, 581.)

Liuskatumaisen neutrofiilin koko on noin 12–15 µm. Tuman kapeimman kohdan ollessa 1/3 paksuimmasta kohdasta solu luokitellaan liuskatumaiseksi. Hailakansinisessä sytoplasmassa on runsaasti oranssinpunaista tai sinipunaista hienojakoista granulaa, joka ei ole

valomikroskopiolla erotettavissa. Siksi sytoplasma vaikuttaa tasaisen roosan väriseltä. Tuma on 2–3 liuskainen ja liuskoja yhdistää kromatiinisäikeet. (Bell 2002, 3–4, 18; Leclair 2002, 128–129; Ruutu ym. 2000, 581.)

Eosinofiilin koko on noin 9–15 µm. Sytoplasmassa on punaoranssista granulaa. Tuma on yleensä kaksilohkoinen, kromatiini on karkeaa ja kokkareista. (Bell 2002, 4, 19–20; Leclair 2002, 129; Ruutu ym. 2000, 581.)

Basofiilin koko on 9–15 µm. Sytoplasma on vaaleanpunertavaa ja granula on harvempaa kuin eosinofiileissä ja voimakkaan purppuralilan/mustanpunaisen väristä, peittäen osittain tuman. Tuma on 1–2 lohkoinen, ei kovin karkearakenteinen. (Bell 2002, 4–5, 20; Leclair 2002, 129–130; Ruutu ym. 2000, 581.)

### 3.3.3 Lymfopoieesi

Lymfopoieesi (*lymfoblasti - prolymfosyytti - lymfosyytti*) tapahtuu lymfaattisessa kudoksessa. Luuytimen kantasolu kypsyy kateenkorvassa (T=Thymus) T-lymfosyytiksi ja muualla imukudoksessa B-lymfosyytiksi (B=Bursa). Antigeenikosketuksen vaikutuksesta T-lymfosyytti kypsyy tappajasoluksi (NK-solu) ja B-lymfosyytti plasmasoluksi. Lymfosyyttien elinikä vaihtelee muutamasta päivästä vuosiin. Osa on pitkäikäisiä muistisoluja.

Lymfosyyttejä on pieniä ja suuria. Kiertävän veren lymfosyyteistä n. 2/3 on T-lymfosyyttejä ja 1/3 B-lymfosyyttejä. Lisäksi löytyy pieni määrä ns. granulaarisia lymfosyyttejä, jotka ovat luonnollisia tappajasoluja (NK-soluja, natural killer). Niillä ei ole kypsän T-lymfosyytin ominaisuuksia. (Bell 2002, 23–24; Hänninen 2004, 266–267; Leclair 2002, 132–137; Siitonen ym. 2000, 24–26.)

Pienen lymfosyytin koko on noin 7–9 µm. Sytoplasmaa on niukasti, usein vain kapeana juovana tuman ympärillä. Sytoplasman väri on vaalean sinisestä keskivoimakkaan siniseen tai jopa tummansininen. Siinä voi olla sinipunaisen punaisia granuloita. Tuma on pyöreä tai hiukan soikea, kromatiini on kokkareista ja värjäytyy tummaksi. (Bell 2002, 5–6; Leclair 2002, 134–135; Ruutu ym. 2000, 581.)

Suuren lymfosyytin koko on noin 8–14 µm. Tätä suurempiakin voi löytyä. Sytoplasmaa on kohtalaisen runsaasti ja se värjäytyy taivaan- tai vaaleansiniseksi. Noin 1/3 soluista voi

esiintyä muutamia epätasaisesti järjestäytyneitä granuloita, jotka värjäytyvät sinipunaisen punaiseksi. (Bell 2002, 5–7; Leclair 2002, 134–135; Ruutu ym. 2000, 581.)

#### 3.3.4 Monosytopenia

Monosyytit ovat suuria syöjäsoluja. Monosytopenia (*monoblasti - promonosyytti - monosyytti*) tapahtuu luuytimessä granulosityttisarjan kanssa. Kypsä monosyytti vapautuu verenkiertoon. Verenkierrossa monosyytit kiertävät keskimäärin kolme vuorokautta ja kulkeutuvat sitten kudoksiin, joissa niistä kypsyy makrofageja tai dendriittisoluja. Ne toimivat antigeenia esittelevinä soluina. Makrofageja on 400 kertaa enemmän kuin veren monosyyttejä. (Bell 2002, 21–22; Hänninen 2004, 267; Leclair 2002, 130–132; Siitonen ym. 2000, 23.)

Monosyytin koko on noin 15–25 µm. Sytoplasma on likaisen harmaansinistä ja siinä voi esiintyä heikkoa punertavaa granulaa ja reikiä (vakuoleja). Tuma on vaihtelevan muotoinen: pyöreä, munuaisen muotoinen, lohkoinen, soikea tai E-kirjaimen muotoinen. Kromatiini on verkkomaisesti tiivistynyt, eikä siinä ole nukleoleja. (Bell 2002, 6–7; Leclair 2002, 131; Ruutu ym. 2000, 581.)

## 4 PROJEKTIN TOTEUTTAMINEN

### 4.1 Projektin lähtökohdat

Leukosyyttien mikroskooppinen erittelylaskenta kuuluu hematologisessa laboratoriossa työskentelevien laboratoriohoitajien ja bioanalyttikkojen perustaitoihin. Bioanalyttikon koulutusohjelmassa hematologian opintoihin kuuluvat verisairaudet, verisolujen tutkiminen verenkuvista, luuydinvalmisteista ja veren sivelyvalmisteista eli diffeistä. Opinnot koostuvat veren ja luuytimen solujen tehtävien, kehitysvaiheiden ja morfologian opiskelusta. Oleellisena osana on solujen mikroskooppinen tunnistaminen. (Bioanalyttikko AMK 2005.)

Opinnäytetyönä tuotettiin hematologinen opiskelumateriaali syksyllä 2006 Jyväskylän ammattikorkeakoulussa bioanalytiikan koulutusohjelmassa aloittavien bioanalyttikko-opiskelijoiden käyttöön. Opinnäytetyönä tehtiin tietokoneavusteinen opetusohjelma veren normaaleista kypsistä valkosoluista.

### 4.2 Aineiston tuottaminen ja testaus

Veren sivelyvalmisteet saatiin Labquality Oy:ltä. Sivelyvalmisteet olivat laaduntarkkailunäytteitä eri vuosilta. Osa sivelyvalmisteista oli opiskelija Joensuun valmistamia. Valituista valmisteista kuvattiin solut Keski-Suomen sairaanhoitopiirin keskussairaalan patologian osaston laboratoriossa Leica Microsystems DC -digitaalisella kameralla, joka oli liitetty Leica DM -mikroskooppiin. Tästä mikroskooppikamerayhdistelmästä oli edelleen suora yhteys Leica DC -kuvankaappausohjelmaan tietokoneella.

Ennen varsinaista kuvausta mikroskooppi köhleröitiin Leica DC -mikroskoopin valon keskiöntiöohjeen mukaisesti. Tietokoneesta avattiin Leica DC -kuvankaappausohjelma ja verensivelyvalmiste laitettiin mikroskooppiin. Siitä etsittiin sopiva, kuvattava kohta. Kuva tarkennettiin tietokoneen ruudulle teräväksi mikroskoopin hienosäätöruuvista.

Kuvankaappausohjelmassa kuvasta säädettiin valotusta, valkotasapainoa ja sävyjä. Sen jälkeen otettiin varsinainen kuva, joka tallennettiin yhtä aikaa väliaikaiseen kansioon kuvankaappausohjelmaan ja tietokoneen työpöydälle luotuun kansioon PNG eli Portable

Network Graphics -tallennusmuotoa käyttäen. Kuvissa solujen rakenteet tulivat selvästi esille ja niitä oli helppo tarkastella tietokoneen ruudulta.

Kuvien ottamisen ja tallentamisen jälkeen niitä pystyttiin käsittelemään HP Image Zone Plus -kuvankäsittelyohjelmalla. Kuvankäsittelyohjelmalla kuvien värisävyjä voitiin vielä vaihdella sopiviksi ja kuvia voitiin rajata, kunnes saatiin juuri oikea solu edustavasti näkyville. Kuvia otettiin kaiken kaikkiaan 84, joista opinnäytetyöhön valittiin kuusi onnistuneinta ja edustavinta kuvaa. Valintakriteerinä oli, että solu edustaa kyseessä olevaa solutyyppeä mahdollisimman hyvin ja tuo solun tunnusomaiset piirteet esille selkeästi. Suurin osa kuvista onnistui suhteellisen hyvin eikä niitä tarvinnut erikseen muokata.



## 5 TEKNINEN TOTEUTUS

### 5.1 Rajaus

Koska modulaarinen tietokoneavusteinen opetusohjelma kokonaisuutena on hyvin laaja, meidän oli pakko valita, mitä osia siitä opinnäytetyömme kattaa. Näin valitettavasti jouduimme jättämään tästä opinnäytetyöstä pois sellaiset osa alueet, kuten ohjelman automaattinen säätöminen opiskelijan toimien perusteella ja opiskelijan kannustaminen ohjelman keinoin.

Opinnäytetyönä syntyvä ohjelma sisältää vain kaikkein tärkeimmät perustoiminnot, siis vain opetusohjelman rungon. Opinnäytetyöhömmme sisältyy työkalu-ohjelma jolla oppimateriaali muunnetaan sopivaan muotoon ja selain, jolla voidaan avata oppimateriaali ja tarkastella sen sisältöä.

Opinnäytetyössä toteutettiin vain ponnahtusikkuna eli popup -toiminto kuvissa. Toiminto toimii niin, että vietäessä kursori kuvassa näkyvän valkosolun kohdalle tulee näkyviin solun nimi. Muita lisäominaisuuksia ei opinnäytetyön aikana valmistuvaan versioon lisätty, vaan ne tehdään mahdollisesti myöhemmin. Näin työkalu-ohjelmasta jätettiin pois esimerkiksi vaihtoehtoisten navigaatioiden automaattinen generointi.

### 5.2 Toteutustekniikoiden valinta

#### 5.2.1 Ohjelmointikielen valinta

Toteutustavaksi oli olemassa monia vaihtoehtoja. Opetusohjelman voi tehdä itse alusta asti tai käyttää jotain lukemattomista valmiista ohjelmistotuotteista pohjana. Valittavana oli myös toteutusmahdollisuuksia, joissa ei tarvittaisi yhtään ohjelmointikieltä, vaan aineisto voitaisiin koostaa jollain valmiilla ohjelmistolla (Macromedia Flash, tavallinen Internet-sivueditori tai PowerPoint-esitys).

Tärkeimpänä kriteerinä meillä oli ohjelmiston riippumattomuus kolmannen osapuolen ohjelmistoista lisenssisyistä, ohjelman nopeus, muokattavuus sekä tehokkuus ja kyky käsitellä sujuvasti kookkaita kuvatiedostoja.

Mietimme vaihtoehtoiksi Macromedia Flash:n, Java:n, C#.NET:n sekä C++:n. Valitsimme lopulta C++:n oppimateriaaliselaimen toteutukseen puhtaasti teho- ja yhteensopivuussyistä. Opetusmateriaalin muuntotyökalun tekoon valitsimme Java:n sen kehittyneiden tietojenkäsittelyominaisuuksien vuoksi. C++:n ansiosta käyttäjän ei tarvitse miettiä minkään ylimääräisen komponentin asentamisesta tietokoneeseensa. Javan ansiosta käyttäjälle näkymättömään opetusmateriaalin jäsenyykseen voidaan käyttää tehokkaita valmiita välineitä.

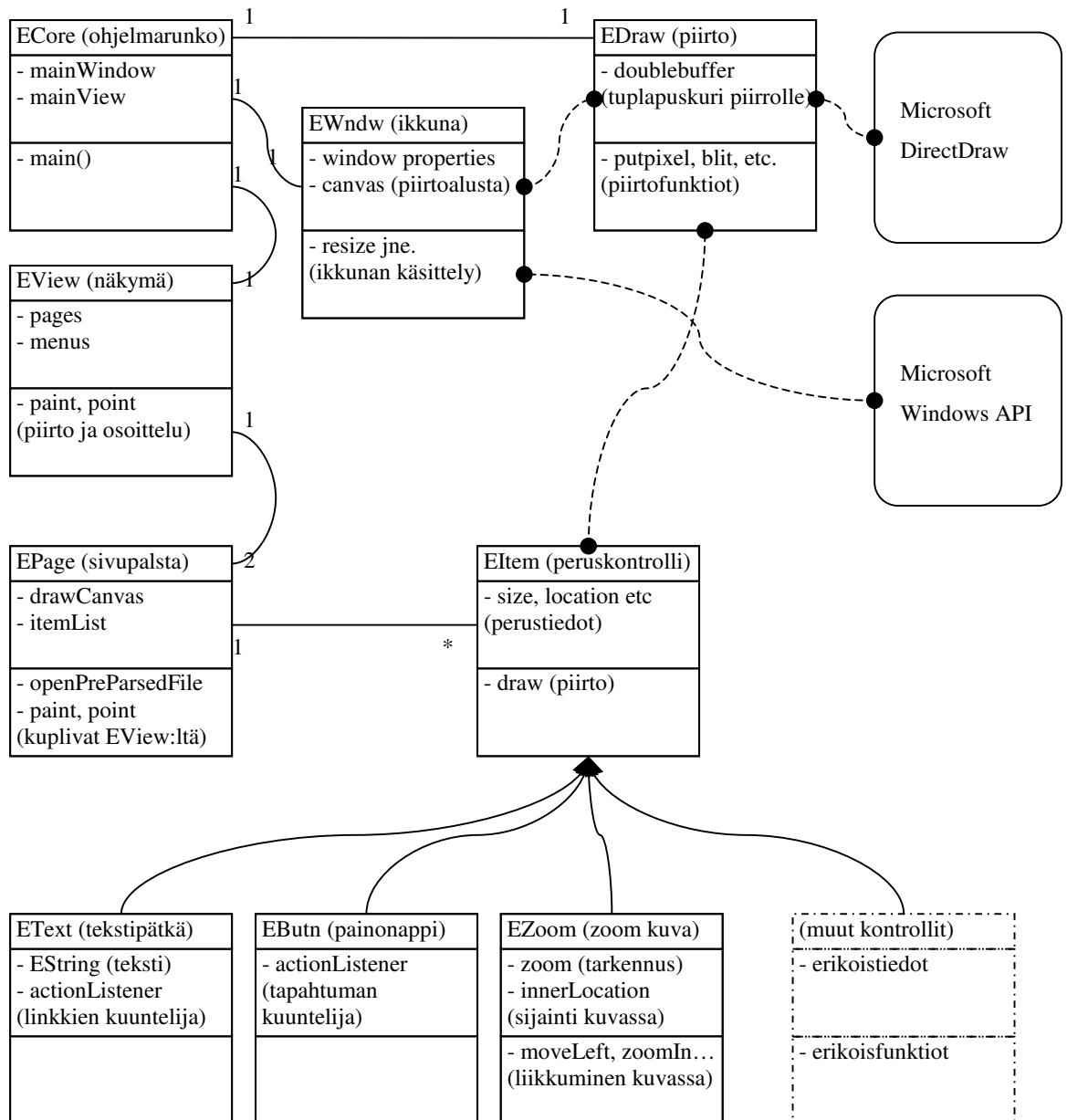
### 5.2.2 Käyttöliittymärajoituksen valinta

Kun kieleksi oli valittu C++, käyttöliittymärajoitukseksi oli kaksi vaihtoehtoa: MFC (Microsoft Foundation Classes) ja Windowsin rajoituksen päälle rakennettu oma käyttöliittymärajoitus. Koska halusimme olla vapaita mahdollisimman monista lisensseistä, ja koska halusimme varmistaa tehokkuus ja muokattavuusnäkökohtien toteutumisen, valitsimme Windows:n rajoituksen päälle rakennetun oman käyttöliittymärajoituksen. (Kuvio 2).

Päädymme käyttämään Windows:n rajoitusta vain ikkunan käsittelyfunktioita ja ikkunaan piirtofunktioita. Kaikki kontrollit (painonapit, tekstit jne.) on toteutettu tarkoitusta varten luoduilla olio-tietorakenteilla, jotka piirretään ikkunan piirtoalustalle. Näin ohjelma on lähes riippumaton alla olevasta ikkunointirajoituksesta, ja näin ollen helposti siirrettävissä toisen ikkunointirajoituksen päälle.

### 5.2.3 Erityisratkaisujen valinnat

Erittäin suurien kuvatiedostojen käsittely ja näytölle piirtäminen voi vaatia raskasta laskentaa tietokoneen prosessorilta. Lisätäksemme ohjelman tehokkuutta otimme käyttöön ”DirectDraw”-rajoituksen, joka mahdollistaa ottaa vähällä vaivalla ohjelman käyttöön mahdolliset laitteistokiihdytykset, jolloin ohjelma voi käyttää kaiken saatavilla olevan laitteistotehon, ja toimii nopeasti ja tehokkaasti isoillakin kuva- ja tietomäärillä.



KUVIO 2. Yleisen tason luokkakaavio selain-ohjelmasta ja sen rajapinnoista.

## 5.3 Arkkitehtuuri

### 5.3.1 Ohjelman yleinen rakenne

Tekninen ohjelma koostuu kahdesta osasta; parseri-työkalusta ja selaimesta. Parseri-työkalun avulla opetusmateriaalin saa muunnettua tavallisesta tekstitiedostosta tietopaloiksi.

Tietopalojen avulla selain muodostaa näkymän opetusmateriaaliin.

### 5.3.2 Parseri-työkalu

Parseri-työkalu on ohjelma, joka muuntaa teksti- ja kuvatiedostot, joissa opetusmateriaali on, opetusohjelman selaimen ymmärtämään muotoon. Parseri-ohjelma käyttää hyväkseen alkuperäiseen tekstitiedostoon lisättyjä ohjainmerkkejä (tageja) järjestääkseen oppimateriaalin linkityksen ja navigoinnin. Saatu järjestetty materiaali tallennetaan tietorakenteisiin, joita voidaan selata opetusohjelman selaimella.

Parseri-työkalu muuntaa automaattisesti esimerkiksi otsikot, lähdeviitteet ja kuvat oikeaan muotoon, jotta selain voisi ne helposti aukaista. Parseri-työkalu käy myös läpi koko oppimateriaalin ja linkittää automaattisesti kaikki erikseen määritellyn sana-hakemiston sanat selaimen hakemisto-osioon.

### 5.3.3 Selain

Selain on hieman Internetselainta muistuttava ohjelma, joka näyttää parseri-työkalulla tehdyn oppimateriaalin käyttäjälle selkeässä muodossa, määrittää siis oppimateriaalin ulkoasun ja käyttöliittymän. Selain mahdollistaa käyttäjän liikkumisen oppimateriaalissa.

Tämä opinnäytetyö keskittyi erityisesti selaimen osaan, joka mahdollistaa suurten kuvien näyttämisen näyttöpinta-alalla niin, että käyttäjä voi tarkentaa kuvaa haluamaansa kohtaan samalla tavalla kuin mikroskoopilla voi tarkentaa näytteeseen.

### 5.3.4 Rajapinnat

Ohjelmaan on tehty ikkunointirajapinta. Näin ohjelman voi helposti siirtää eri alustoille, koska vain ikkunointirajapinnan ohjelmakoodia tarvitsee muuttaa. Tämä antaa myös mahdollisuudet kehittää ohjelmaa tarpeiden mukaan, ei työkalujen asettamien rajoituksia myötäillen.

### 5.3.5 Modulaarisuus uudelleenkäytettävyyden apuna

Ohjelmasta on pyritty tekemään modulaarinen, eli se koostuu toisistaan mahdollisimman vähän riippuvista osista. Tämän ansiosta uutta, toisen aihepiirin oppimateriaalia varten, ohjelmaa ei tarvitse kirjoittaa kokonaan uudestaan. Riittää kun ohjelmaan lisätään toiminnot uutta materiaalia varten, ja poistetaan ne toiminnot käytöstä, jotka eivät ole oleellisia uuden materiaalin kanssa.

## 5.4 Käyttöliittymä

### 5.4.1 Selkeä ja toimiva käyttöliittymä

Ohjelman käyttöliittymän tulisi olla selkeä ja yksinkertainen, jotta käyttäjä voisi keskittyä täysin itse ohjelman tarjoamaan sisältöön. Tämän vuoksi ohjelman käyttöliittymästä pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeä. Tämä saatiin aikaan minimoimalla kerralla näkyvillä olevien painikkeiden ja muiden kontrollien määrä, luomalla koko ohjelmalle yhtenäinen ulkoasu ja tekemällä vaadittavista kontroleista miellyttävän näköisiä.

### 5.4.2 Käyttöliittymän sovitus kohderyhmälle

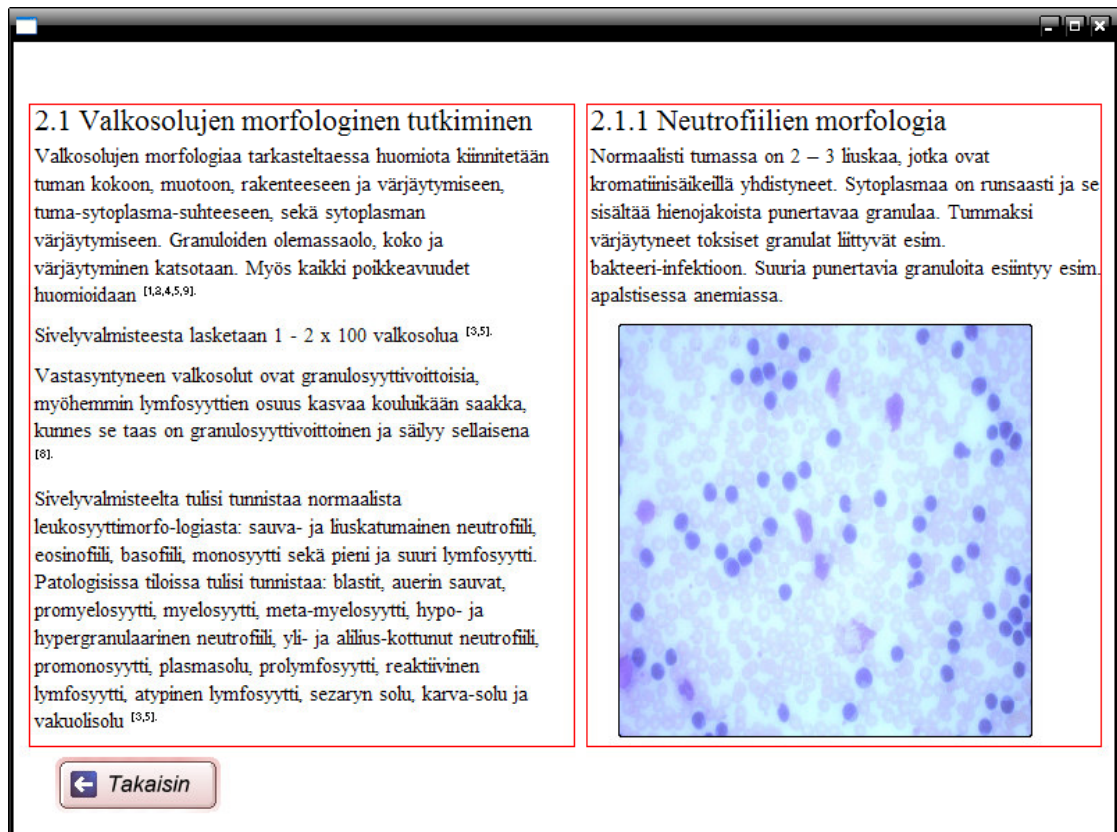
Opinnäytetyön ohjelmointitekniinen osuus on yleisluontoinen opetusohjelman runko. Pohdimme käyttöliittymän tekovaiheessa käyttöliittymän sovitusta kohderyhmälle. Päädymme käyttämään puhtaan valkoista taustaväriä ja lisäämään painonappeihin hieman punaisen sävyä.

### 5.4.3 Käyttöliittymän skaalaus eri näyttötarkkuuksille

Käyttöliittymän tulisi olla skaalautuva, jotta eri näyttötarkkuuksilla, siis eri laitteistokokoonpanoilla ajettuna, ohjelma näyttäisi suhteellisen samanlaiselta. Useimmat html-internetsivut eivät skaalaudu, mutta esimerkiksi 3d-toimintapelit skaalautuvat hyvin. Toimintapeleissä 3d-ympäristö, mm. tekstuurit, näkyvät suuremmilla näyttötarkkuuksilla

käyttäjälle tarkempaan mutta suhteellisesti samankokoisena (esim. koko kuvaruudun kokoisena).

Suunnittelimme ratkaisevamme tämän opinnäytetyössämme näyttämällä käyttäjälle aina ”sivuaukeaman” (kuvio 3), jossa fontin ja mahdollisten erilliskomponenttien kokoa suurennetaan suuremmilla näyttötarkkuuksilla niin, että selaimen palstoitus ja tekstien ja erilliskomponenttien asemointi pysyy koko ajan samana.



KUVIO 3. Ohjelman käyttöliittymän perusrakenteen suunnitelma.

Tämän toteutuksessa ilmeni muutamia ongelmia, muun muassa periaatteellinen kysymys, tulisiko skaalaus tehdä ikkunan leveyden vai korkeuden perusteella. Näistä ongelmista johtuen ohjelman opinnäytetyöversioon käyttöliittymään ei vielä toteutettu skaalausta, vaikka sen mahdollistama ohjelmakoodi kirjoitettiin lähes täysin valmiiksi. Opinnäytetyöversiossa ”sivuaukeama” jätettiin toteuttamatta ja se korvattiin yhden sivun näyttönä.

## 5.5 Tekniset erityisongelmat ja niiden ratkaisut

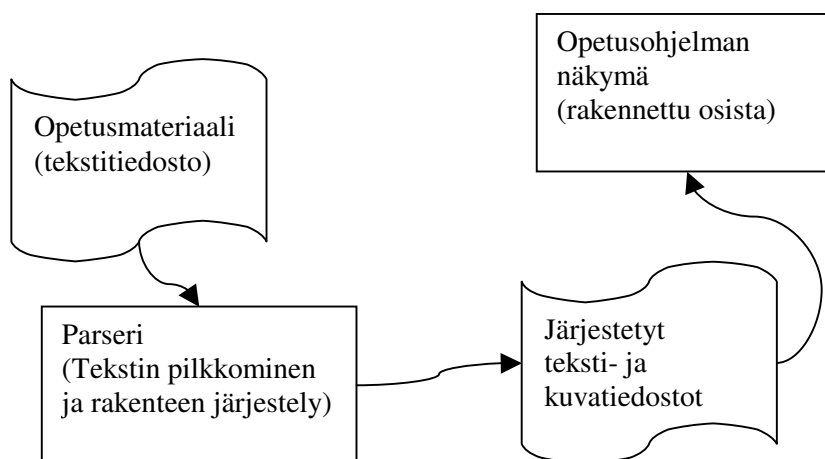
### 5.5.1 Suurten kuvien tarkentaminen ja esittäminen opetusohjelmassa

Tämän opinnäytetyön yksi suurimmista teknisistä haasteista oli suurten kuvien näyttäminen tarkasti rajallisella näyttöpinnalla. Tämä ratkaistiin tekemällä kuvista zoomattavia eli tarkennettavia. Tavallaan voisi sanoa opetusohjelman toimivan suurennuslasina tai mikroskooppina, jotta kuvia voitaisiin tarkastella lähempää. Käytännössä kuvaa vain rajataan ja venytetään tai kutistetaan tarpeen mukaan.

### 5.5.2 Oppimateriaalin automaattinen muunnos

Opetusmateriaalin teossa yleisin ongelma on että opetusmateriaalin sisällön osaja ei tiedä kaikkia keinoja kuinka opetusmateriaalin voisi saada rakennettua sellaiseen muotoon joka hyödyntää tietokoneiden tarjoamia erikoisominaisuuksia ja navigointimahdollisuuksia.

Opinnäytetyömme tapauksessa tämä ongelma ratkaistiin pilkkomalla tavallinen tekstinkäsittelyohjelmalla kirjoitettu sisältö materiaali täsmällisen mittaisiin sivuihin tätä varten kirjoitetulla ohjelmalla. Kuvamateriaalin ja erikoismuotoilujen lisäys tekstin sekaan hoidettiin html-tyylisillä merkinnöillä, tageilla. Kuvat määritellään opetusmateriaalissa yksinkertaisesti ilmoittamalla kuvan suhteellinen hakemistopolku. Parseri muotoilee opetusmateriaalia automaattisesti, mm. alaviitteet pienennetään pienemmäksi tekstiksi ja otsikot, rivin alkupuolen x.x.x perusteella, määritellään näyttämään paksummalla fontilla.



KUVIO 4. Opetusohjelman materiaalin luonti tekstitiedostosta.

### 5.5.3 Oppimateriaalin navigaation rakennus muunnoksen yhteydessä

Itse oppimateriaalin lisäksi voidaan määritellä sanahakemisto, jonka perusteella tehdään koko oppimateriaaliin ristiinlinkitys kyseisille hakusanoille. Näin esimerkiksi jokaisesta ”valkosolu” -sanasta pääsee napauttamalla valkosolu-käsitteen selittävälle oppimateriaalin sivulle.

Muunto-ohjelma pätkii oppimateriaalin sivuihin ja tallentaa otsikkotiedot, jolloin oppimateriaaliin voi jo tekovaiheessa lisätä html-tyyppisiä linkityksiä sivujen alkuihin ja otsikoihin. Nämä linkit näkyvät tekstillisinä painonappeina, joista voi siirtyä linkkiin määriteltyyn aihealueeseen.

Näiden sivujen ja otsikoiden linkitysten avulla olisi myös mahdollista tehdä oppimateriaalin läpi vieviä ’opiskelureittejä’, joiden sisältö voitaisiin määritellä opiskelureitin teeman ja tarkoituksen mukaan. Tätä ominaisuutta ei valitettavasti ehditty toteuttamaan tämän opinnäytetyön ohjelmaversioon.



## 6 POHDINTA

### 6.1 Tavoitteet ja niiden toteutuminen

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietokoneavusteinen opetusohjelma veren normaaleista valkosoluista. Tavoitteen saavuttamiseksi tekijät hankkivat tietoa tietokoneavusteisesta opiskelusta, kehittyneistä ohjelmointitekniikoista, veren soluista ja mikroskooppi-valokuvauksesta. Lisäksi eri tutkimuksiin tutustuminen vahvisti tekijöiden käsitystä tietokoneavusteisten opetusmateriaalien tarpeellisuudesta. Tutkimukset olivat hyvin rohkaisevia ja antoivat mielikuvan miellyttävistä ja oppimista helpottavista oppimiskokemuksista.

Työ toteutettiin projektina kahden oppilaitoksen ja koulutusalan välisenä yhteistyönä. Projekti oli mielestämme hyvin suunniteltu, mutta emme olleet varautuneet opinnäytetyö-projektin aloitukseen ja läpivientiin liittyviin muihin ongelmiin. Oli erittäin vaikeaa yhdistää kahden eri oppilaitoksen ja koulutusalan vaatimukset opinnäytetyölle ja raportin rakenteelle. Tekijöiden mielestä ammattikorkeakouluista puuttuu yhteinen konsensus opinnäytetyön osalta, vaikka voisi kuvitella sen olevan helppoa toteuttaa opinnäytetyölle ja raportille asetettujen vaatimusten osalta. Lehtori Satu Liukon kanssa kävimme läpi raportin rakennetta ja tekstiä Tutkimuksesta tekstiksi - opinnäytetyön kirjottaminen -kurssilla. Projekti eteni suunnitelman mukaisesti, mutta ei pysynyt alkuperäisessä aikataulussa. Projektin toteutuksesta jäi kokonaan pois testausvaihe, koska opinnäytetyötä varten tehty tuote ei ole vielä lopullinen.

Aihepiiriä oli rajattava toteutuksen aikana. Osa toiminnoista, kuten esimerkiksi aihepiireihin liittyvien tehtävien toteutus sekä ohjelman antama palaute, oli mahdotonta toteuttaa opinnäytetyölle varatussa aikataulussa. Lisäksi osa tavoitteista muuttui toteutuksen aikana, kuten esimerkiksi aihepiiri rajattiin koskemaan ainoastaan veren normaaleja kypsiä valkosoluja.

Tuotettu opetusohjelma täydentää hematologista opiskelumateriaalia, tukee itseopiskelua ja toimii mikroskooppina veren solujen maailmaan. Opetusohjelman sisältöä valmistettaessa tekijä sai hyvää kertausta hematologisista soluista. Ohjelmoinnin lopputulos eli ohjelma jätti hieman toivomisen varaa, mutta toisaalta vastaavanlaisia ohjelmia ei ole saatavilla, ja vaikka parannettavaa vielä on, ajaa ohjelma asiansa. Ohjelmointi asetti omat rajansa sisällön

toteutukselle. Koska päädyimme työssämme, että emme käytä mitään valmiita ohjelmistoja (esimerkiksi PowerPoint -esitys) oli työ erittäin haasteellinen ja yllättävän laaja ohjelmointitekniikan osalta.

Sisällöllisesti tekstin järjestelyssä ja muotoilussa olisi parannettavaa, mutta sisältö on tietoperusteista. Opetusohjelman tekstin lähdeviitteet merkittiin tekstiin numeroina yläindeksissä oleviin hakasulkuihin (esimerkiksi: Epäkypsiä eosinofiilejä tavataan harvoin, paitsi kroonisessa myelooisessa leukemiassa.<sup>[1,2,4,5,6,9]</sup> ). Lähteet lueteltiin omaan hakemistoon numeroidussa aakkosjärjestyksessä.

## 6.2 Materiaali

Suurin osa käytetystä lähdemateriaalista oli kaukolainattava ja osa materiaalista oli tekijän itsensä hankkimaa. Käytetyt tutkimukset on saatu esille systemaattisen haun avulla ja hakusanoina ovat olleet mm. blood smear, computer, education, haematology, students ja teaching. Internetistä löytyi kaikista tutkimuksista abstraktit, jolloin oli helppo niiden perusteella tilata ko artikkelit. Mouran ym (2000) artikkelista oli saatavana vain portugalinkielinen teksti ja englannin kielinen abstrakti. Portugalinkielinen henkilö avusti artikkelin kääntämisessä. Tekijät pystyivät myös itse tekemään johtopäätöksiä artikkelin taulukoista englanninkielisen abstraktin avulla. Lähdeaineiston valintakriteereinä oli, että ne olisivat mahdollisimman uusia ja tekijät edustaisivat alansa huippuosaamista (professoreita jne.).

Solujen kuvaaminen tuotti monenlaisia ongelmia. Ensimmäiset kotona otetut kuvat olivat JPG-formaattiin tallennettuja. Tämä tallennusmuoto hävittää osan kuvien tiedoista tallennusvaiheessa, jolloin kuvat muuttuivat rakeisiksi zoomatessa. Opiskelija Joensuun ottaessa kuvat Keski-Suomen keskussairaalan patologian osastolla näyttivät kuvat käytettävissä olevalla näytöllä tarkoilta ja selkeiltä. Kun opiskelija Joensuu siirsi kuvat omalle koneelle, jossa näyttö on huomattavasti tarkempi, kuvat eivät enää ole niin selkeitä kuin oletettiin. Uudet kuvat tallennettiin PNG-muodossa, joka ei hävitä kuvan tietoja, mutta myös niissä kuvissa oli mm. valotushäiriöitä.

Opinnäytetyön esityksessä näytettyihin kuviin emme olleet tyytyväisiä. Kuvista olisi tullut selkeimpiä öljyimmersio-objektiivilla kuvattaessa. Mikroskoopissa, jota käytettiin kuvaukseen

ei ollut öljymersio-objektiivia. Hieman parempaan kuvatulokseen olisi myös mahdollisesti päässyt, jos näytteet olisi päällystetty peitinlasilla, mutta emme halunneet tehdä sitä, koska voimme nyt myöhemmin käyttää samoja näytteitä öljymersio-objektiivilla varustetussa mikroskoopissa. Peitinlasilla päällystäminen ei muutenkaan välttämättä olisi onnistunut, koska näytteet olivat hieman nuhraantuneen oloisia.

Kuvattavissa näytteissä oli myös hieman laadullista ongelmaa. Osa näytteistä oli ohuempia ja niissä oli myös selkeitä värieroja. Oli vaikea kuvata tasalaatuisia kuvia, joissa solut ovat värjäytyneet yhtä voimakkaalla sini-punasävyllä ja näkyvät yhtä selkeinä.

Esityksen jälkeen kävin koekuvaamassa solut uudelleen Keski-Suomen keskussairaalan patologian osastolla. Pyyhin sivelyvalmisteiden pinnat hyvin ja puhalsin ilmalla pölyhiukkaset pois. Päällystin sivelyvalmisteet sulkemalla peitinlasin ilmatiiviisti Depex'illä sivelyvalmisteen pintaan kiinni. Näin sain sopivat optiset ominaisuudet. Nyt olemme huomattavasti tyytyväisempiä kuvien laatuun. Päällystämällä saatiin sivelyvalmisteen ja objektiivin välistä pois ilmakerros, joka samensi alkuperäisiä kuvia. Mielestämme uudet kuvat tuovat solujen tunnusomiset piirteet hyvin esille.

### 6.3 Jatkokehitysideoita

Työn tuotoksena syntyneen opetusohjelman kuvat edustavat ainoastaan veren normaalia valkosolun morfologiaa. Patologiset valkosolut sekä punasolun morfologia ja trombosyytit eli verihiutaleet on jätetty käsittelyn ulkopuolelle. Työtä voi jatkaa tulevaisuudessa ottamalla mukaan myös patologiset solut ja punasolun morfologia. Myös malariasta voisi tehdä aivan oman työn.

Aiheena jatkotutkimukseen voisi olla myös opetusohjelman käytön arviointi Jyväskylässä syksyllä 2006 aloittavien opiskelijoiden keskuudessa. Olisi kiinnostavaa tutkia miten bioanalyttikko-opiskelijat käyttävät opetusohjelmaa ja mitkä ovat käyttäjäkokemukset. Käytön arvioinnilla saisi myös hyvää tietoa ohjelman kehittämisestä.

Teknisesti opetusohjelmaan olisi mahdollista lisätä loputtomasti erilaisia oppimisia tukevia toimintoja, ja opinnäytetyöprojektin aikana keräsimme niistä toteutuskelpoisimmat mahdollista jatkokehitystä varten.

Opinnäytetyön ohjelman pohjalta tullaan toteuttamaan laajempi opetusohjelma veren soluista. Muun muassa aihepiiriä laajennetaan ja ohjelmaa parannetaan teknisesti. Lopullinen ohjelma tarkoitetaan sekä opetus- että ammattikäyttöön.

## LÄHTEET

Bell, A. 2002. Morphology of Human Blood and Marrow Cells. Teoksessa Harmening, D.M. (editor) *Clinical Hematology and Fundamentals of Hemostasis*. Fourth Edition. Philadelphia: F.A. Davis Company, 1–38.

Bioanalyttikko AMK. 2005. Opinto-opas. Pirkanmaan ammattikorkeakoulu. Sosiaali- ja terveystieteiden osasto.

Diggs, Sturm & Bell. 1975. *The Morphology of Human Blood Cells*. Fifth Edition. Abbott.

Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O. V. & Toverud, K. C. 1999. *Ihmisen fysiologia*. Helsinki: WSOY.

Hietala, P. 1999. TAO –luentosarja kevät 1999. Tietojenkäsittelyopin laitos. Tampereen yliopisto. Seinäjoki.

Hoffman, H. M., Irwin, A. E., Baird, S., Bloor, C. M. Miyai, K. & Savonia, M. C. 1993. UCSD's MedPics: implementation and impact on the curriculum. *Proceedings the Annual Symposium on Computer Application in Medical Care*, 776–780.

Hänninen, A. 2004. Kliinisen hematologian tutkimukset. Verisolujen muodostus. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) *Kliiniset laboratoriotutkimukset*. Helsinki: WSOY, 264–268.

Jansson, S.-E. 2000. Morfologiset tutkimukset. Teoksessa T. Ruutu, A. Rajamäki & T. Krusius (toim.) *Veritaudit*. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim, 40–49.

Juvonen, E. 2000. Myelofibroosi. Teoksessa Ruutu, T., Rajamäki, A. & Krusius, T. (toim.) *Veritaudit*. Helsinki: Duodecim, 286–290.

Kresic, P. 1999. The use of interactive technology in the classroom. *Clinical Laboratory Science* 12 (1), 12–13.

Leclair, S.J. 2002. Leukopoiesis. Teoksessa Rodak, B.F. (editor) *Hematology. Clinical Principles and Applications*. Second Edition. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 123–139.

- Lewis, S. M. 2001. Appendices. Microscopy. Teoksessa S. M. Lewis, B. J. Bain & J. Bates (toim.) Dacie and Lewis. Practical Haematology. 9. painos. Lontoo: Harcourt Publishers Limited, 603–620.
- Mahlamäki, E.K. 2004. Veren kuvan tutkimukset. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) Kliiniset Laboratoriotutkimukset. Helsinki: WSOY, 268–282.
- Mahlamäki, E. K. 2005. Diffi – mihin menossa? *Moodi* 29 (1), 43–44.
- Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarhio, J. 2000. Modernit oppimisympäristöt. Helsinki: Tietosanoma.
- Moura, A. A., Lhano, M. G. & Del Giglio, A. 2000. Educação via Internet: experiência preliminar de Hematologia e Oncologia da Faculdade de Medicina da Fundação ABC. *Revista da Associação Médica Brasileira* 46 (1), 47–51.
- National Center for Biotechnology Information. Saatavilla [www-muodossa](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/): URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Luettu 21.9.2005
- Nienstedt, W. 1997. Veri. Teoksessa Kangasniemi, K. & Opas, H. (toim.) Suomalainen lääkärikeskus. Osa 1. Helsinki: WSOY, 208–216.
- Pelliniemi, T.-T. 1998. Veren sivelyvalmiste. *Duodecim*. 114 (12), 1177–1184.
- Rantala, I. 1998. Mikroskoopin käyttö. Teoksessa Rantala, I. & Lounatmaa, K. (toim.) Biologinen valomikroskopia. Helsinki: Yliopistopaino, 39–48.
- Riley, R. S., Ben-Ezra, J. M., Massey, D. & Cousar, J. 2002. The virtual blood film. *Clinics in Laboratory Medicine* 22 (1), 317–345.
- Ruutu, T., Rajamäki, A. & Krusius, T. 2000. Liite 3. Veren kuvan normaali leukosyyttimorfologia. Teoksessa Ruutu, T., Rajamäki, A. & Krusius, T. (toim.) Veritaudit. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim, 581.

Ruutu, T., Rajamäki, A. & Krusius, T. 2000. Liite 4. Verenkuvan leukosyytit ja leukosyyttimorfologia patologisissa tiloissa. Teoksessa Ruutu, T., Rajamäki, A. & Krusius, T. (toim.) Veritaudit. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim , 581.

Savolainen, E.-R. 2000. Verinäytteet ja verenkuvatutkimukset. Teoksessa Ruutu, T., Rajamäki, A. & Krusius, T. (toim.) Veritaudit. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim , 28–39.

Siitonen, T. & Koistinen, P. 2000. Verisolujen tuotanto ja sen säätely. Teoksessa Ruutu, T., Rajamäki, A. & Krusius, T. (toim.) Veritaudit. Helsinki: Duodecim, 12– 26.

Vilka, H. & Airaksinen, T. 2004. Toiminnallinen opinnäytetyö. 1.–2. painos. Helsinki: Tammi

Vilpo, J. 1998. Hematologia. Teoksessa Rantala, I. & Lounatmaa, K. (toim.) Biologinen valomikroskopia. Helsinki: Yliopistopaino, 88–104.

Vilpo, J. 2005a. Hematopoieesi. Teoksessa Vilpo, J. (toim.) Ilmari Palvan veritaudit. Tampere: Medivil Oy, 15–20.

Vilpo, J. 2005b. Verisolujen rakenne ja funktiot. Teoksessa Vilpo, J. (toim.) Ilmari Palvan veritaudit. Tampere: Medivil Oy, 21–27.

Vilpo, J. 2003. Hematopoieesi ja sen tutkiminen. Teoksessa Vilpo, J. & Niemelä O. (toim.) Laboratoriolääketiede. Kliininen kemia ja hematologia. 2. uudistettu painos. Jyväskylä: Kandidaattikustannus, 233–243.

Wallace, M. A. 2002. Care and Use of the Microscope. Teoksessa B. F. Rodak (toim.) Hematology. Clinical Principles and Applications. Second Edition. Philadelphia: W. B. Saunder Company, 31–40.

Wood, B., Mandel, L., Schaad, D., Curtis, J. D., Murray, C., Broudy, V., Gernsheimer, T., Wner, M. H., Le Crone, C. N. & Astion, M. L. 1998. Teaching the clinical interpretation of peripheral blood smears to a second-year medical school class using the Peripheral Blood-Tutor computer program. American Journal of Clinical Pathology. 109 (5), 514–520.