

Susanna Korhonen & Tiina Matero

SOLUBIOLOGIAN PERUSTEET

Verkko-opiskelumateriaali Moodleen bioanalytiikan opiskelijoille

SOLUBIOLOGIAN PERUSTEET

Verkko-opiskelumateriaali Moodleen bioanalytiikan opiskelijoille

Susanna Korhonen
Tiina Matero
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Susanna Korhonen ja Tiina Matero

Opinnäytetyön nimi: Solubiologian perusteet, verkko-opiskelumateriaali Moodleen bioanalytiikan opiskelijoille

Työn ohjaaja: Mika Paldanius ja Paula Reponen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 43 + 2

Opetuksen digitalisaatio tarvitsee tuekseen oppimateriaaleja, jotka toteutetaan kaikille saatavilla olevassa verkkoympäristössä ja tukevat erilaisia verkko-oppimisen menetelmiä. Itseopiskelu ja monimuoto-opetus vaativat erilaisia lähestymistapoja kuin perinteinen lähiopetus. Opinnäytetyön tarkoituksena oli valmistaa bioanalytikko-opiskelijoille laadukasta oppimateriaalia Moodle-oppimisolustalle solubiologian opintokokonaisuuteen. Työn tilaajana oli Oulun ammattikorkeakoulun bioanalytiikan tutkinto-ohjelma. Tarkoituksena oli luoda monipuolinen, helppokäyttöinen, itsenäiseen opiskeluun sopiva oppimateriaali, joka toimisi jatkossa monimuoto-opetuksen materiaalina.

Aloitimme laadullisen tutkimustyön kartoittamalla opetussuunnitelman sisällön sekä oppimistavoitteet. Perehdyimme myös verkkopedagogiikkaan ja Moodle-alustan käyttöön. Luotettavaa lähdeaineistoa etsimme kirjallisuudesta sekä internetistä. Tavoitteenamme oli tehdä selkeää materiaalia, joka muun muassa kuvien avulla auttaa hahmottamaan solubiologian keskeisiä asiasisältöjä. Opiskelijaa on pyritty aktivoimaan tehtävien ja tenttien avulla, jotka auttavat hahmottamaan myös kokonaisuutta. Asia-sisältöön on pyritty tuomaan myös tietoa, joka yhdistää opiskeltavaa asiaa tulevaan ammattiin. Palautteen oppimateriaalista ja oppimisympäristön toimivuudesta keräsimme Moodle-alustaa käyttäneiltä opiskelijoilta.

Työn tuloksena syntyi laadukas, monipuolinen ja selkeä oppimateriaali, joka otettiin käyttöön syksyllä 2017. Palautteen perusteella materiaali ja oppimisolusta olivat hyväksi koettuja ja hyödyllisiä. Materiaaliin tehtiin hyvin pieniä sisällöllisiä muutoksia palautteen perusteella.

Oppimateriaalia käytetään jatkossa solubiologian opintokokonaisuuden opetuksessa, lähiopetuksen tukena, itseopiskelussa ja monimuoto-opetuksessa. Tarvittaessa materiaali ja oppimisympäristö ovat helposti muokattavissa ja päivitettävissä.

Asiasanat: Solubiologia, verkko-oppimateriaali, Moodle, bioanalytiikka

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Biomedical Laboratory Science

Author(s): Susanna Korhonen and Tiina Matero
Title of thesis: Basics of Cell Biology, E-learning Material for Biomedical Science Students
Supervisor(s): Mika Paldanius and Paula Reponen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018
Number of pages: 43 + 2

Digitalization of learning calls for new kinds of learning materials and methods. New techniques and tools can be used to create helpful self-learning materials. The assignment was given by Oulu University of Applied Sciences, the Degree Programme in Biomedical Laboratory Science. The aim of the thesis was to produce quality e-learning material for students of biomedical laboratory science. The subject of the material was basics of cell biology. The purpose was to create a versatile, user friendly self-learning material which would also be used later as material for blended learning.

We began our qualitative research by studying the curriculum and learning objectives of the lecture course. We got acquainted with online learning pedagogy and using the Moodle learning platform. We searched for reliable source material in literature and internet. Our aim was to produce good theoretical material with clear pictures that clarify the content of cell biology. We also tried to activate the students with tasks and exams which also help to understand the entirety. The content also includes knowledge that will combine theory with our future working life. For quality control we collected feedback of the material and the learning environment from the student who used the platform.

The result of the work was a good quality, versatile and clear learning material which was introduced to students in autumn 2017. The collected feedback was positive, and many students felt our material was very useful. Very little changes were made after analyzing the feedback survey.

The study material will be used in the teaching of cell biology. Students of biomedical science will continue to benefit from the new platform and material. The material is to be used in self-learning and blended learning. In the future, the material and the platform are easy to modify and update.

Keywords: cell biology, Moodle, biomedical laboratory science, e-learning, online learning

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	SOLUN RAKENNE JA TOIMINTA	8
2.1	Solujen rakenne	8
2.1.1	Eukaryoottisolun rakenne	8
2.1.2	Bakteerisolun ja viruksen rakenne	11
2.2	Solukalvo ja aineiden kuljetus	11
2.2.1	Aktiivinen kuljetus	12
2.2.2	Passiivinen kuljetus	13
2.2.3	Endo- ja eksosytoosi	14
2.3	Solujen tarttuminen ympäristöönsä ja soluväliaine	15
2.3.1	Soluväliaine	15
2.3.2	Solujen väliset liitokset	17
2.3.3	Soluväliaine bioanalytiikassa	18
2.4	Tiedonsiirto solun sisällä ja solujen välillä	19
2.4.1	Tiedonvälitystavat	19
2.4.2	Reseptorit, toisiohjelmat ja niiden käyttö	20
2.5	Solun jakautuminen	21
2.5.1	Solusykli ja sen säätely	21
2.5.2	Mitoosi ja meioosi	22
2.5.3	Solukuolema	23
2.6	Solubiologia bioanalytiikan ammatissa	24
3	VERKKO-OPPIMINEN	26
3.1	Verkkopedagogiikka	26
3.2	Verkko-oppimisympäristöt	28
3.3	Moodle-oppimisympäristöstä	29
4	TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ	30
4.1	Solubiologian opintojakson oppimistavoitteet ja sisältö	30
4.2	Projektiohjelma	31
5	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	33
5.1	Opinnäytetyön suunnittelu ja tavoitteet	33
5.2	Opinnäytetyön sisältö	33

5.3	Opinnäytetyön toteutus	35
5.4	Ulkoasu	35
5.5	Testaaminen ja palaute	36
6	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET	44

1 JOHDANTO

Teimme opinnäytetyönämme oppimateriaalin solubiologian osa-alueelle opintojaksolle Solubiologian, biokemian ja perinnöllisyyden perusteet (O1001BA). Verkko-oppimateriaali on toteutettu Oulun ammattikorkeakoulussa yleisessä käytössä olevalla Moodle -oppimisalustalla. Materiaali pohjautui Oulun ammattikorkeakoulun bioanalytiikan tutkinto-ohjelman opintosuunnitelman sisältöön ja oppimistavoitteisiin.

Materiaali otettiin käyttöön syksyllä 2017 ja sitä on tarkoitus käyttää myöhemmin uudessa monimuotoisessa tutkinto-ohjelmassa. Aikaisempaa opettajan luomaa materiaalia on käytetty päivä-toteutuksena tapahtuvassa koulutuksessa, joten oppimateriaalia on tarve uudistaa vastaamaan paremmin monimuotokoulutuksen tavoitteita. Teimme selkeän oppimateriaalin, joka tukee itsenäistä opiskelua kyseisellä opintojaksolla. Vastaavaa oppimateriaalia on Moodlessa jo biokemian osa-alueelta. Biokemian materiaalin tuottamisen aikana on herännyt tarve saada myös muut kurssin osa-alueet toteutettua Moodlessa.

Solubiologian osa-alue käsittää aihealueet solujen rakenne, solukalvo ja aineiden kuljetus, sekä solujen jakautuminen. Solujen suhteesta ympäröivään materiaan kertovat aihealueet solujen tarttuminen ympäristöönsä ja soluväliaine, sekä tiedonsiirto solujen sisällä ja solujen välillä. Lisäksi kerromme solubiologian roolista bioanalytiikon ammatissa. Lähdemateriaalina on käytetty alan kirjallisuutta ja luotettavia internetlähteitä. Materiaali tehtiin monipuoliseksi liittämällä siihen teorian lisäksi tehtäviä, tenttejä ja linkkejä videoihin ja animaatioihin. Tämä mahdollistaa materiaalin käytön erilaisissa tilanteissa ja eri opiskelutyyleissä.

Työtä tehdessämme perehdyimme verkko-oppimiseen ja verkkopedagogiikkaan, jotta materiaalis-tamme tulisi pedagogisesti laadukasta. Työn tekeminen tuki omaa ammatillista tietämystämme solubiologian alalla ja kehitti tietoteknistä osaamistamme.

2 SOLUN RAKENNE JA TOIMINTA

Kaikki eliöt rakentuvat soluista. Yksittäinen eliö voi koostua vain yhdestä solusta tai eliö voi olla monisoluisen. Monisoluisissa eliöissä solut ovat erilaistuneet omiin tehtäviinsä muodostaen kudoksia ja elimiä soluväliaineen kanssa. (Alberts, Bray, Lewis, Raff, Roberts & Watson 1994, 3.) Solut luokitellaan tuman rakenteen perusteella aitotumallisiin eli eukaryooteihin sekä esitumallisiin eli prokaryooteihin. Bakteerit ovat prokaryootteja, joiden perintöaines sijaitsee vapaana solulimassa ilman tumakoteloita. Kaikki muut solut ovat eukaryoottisoluja. (Ulmanen, Tenhunen, Ylänen, Valste & Viitanen 2001, 13.)

2.1 Solujen rakenne

Solu koostuu orgaanisista ja epäorgaanisista yhdisteistä. Suurin osa solusta (60-90%) on vettä, joka toimii liuottimena, biokemiallisten reaktioiden pohjana, tasaa lämpötilanvaihteluita sekä osallistuu solun rakennetta ylläpitävään osmoosiin. Muita epäorgaanisia aineita ovat soluhengityksen tuotoksena muodostuva hiilidioksidi sekä epäorgaaniset ionit, jotka pitävät yllä osmoosia sekä toimivat entsyymien rakenneosasina. (Ulmanen ym. 2001, 9.)

Solun sisältämistä orgaanisista yhdisteistä hiilihydraatit eli sokerit toimivat energialähteenä ja -varastona, rakenneosina nukleiinihappoissa ja soluseinämässä sekä tunnistustehtävissä. Lipidit eli rasvat toimivat energiavarastona sekä muodostavat lähes kokonaan solukalvon kalvorakenteet. Proteiinit eli valkuaisaineet toimivat solujen ja kudosten rakenneosina sekä entsyymeinä nopeuttaen ja säädellemällä biokemiallisia reaktioita. Nukleiinihapot DNA ja RNA varastoivat ja siirtävät solun perinnöllistä tietoa. ATP eli adenosiinitrifosfaatti toimii energian siirrossa. (Ulmanen ym. 2001, 9–11; Heino & Vuento 2004, 29.)

2.1.1 Eukaryoottisolu

Kehossa on eri kokoisia ja erilaistuneita soluja. Useimmat solut ovat hyvin pieniä, läpimitta n. 10–20 µm, mutta esimerkiksi hermosolun viejähaarake voi olla jopa metrin pituinen. Solujen tehtävänä on tuottaa aineita, joita eliö tarvitsee elääkseen. Eukaryoottisoluilla on solulimassaan (sytoplasma) useita kalvorakenteiden rajaamia soluelimiä, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. (Alberts, Bray,

Lewis, Raff, Roberts & Watson 1994, 139; Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2000, 64; Hiltunen, Holmberg, Kaikkonen, Lindblom-Ylänne, Nienstedt & Wähälä 2005, 86–87.)

Tuma (nucleus) sisältää solun perimäaineksen eli kromosomit. Tuman ympärillä on kahdesta kalvosta muodostuva tumakotelo, joka jatkuu ulospäin solulimakalvostona. Tumakotelossa on aukkoja, tumahuokosia, jotka säätelevät molekyylien liikkumista tumaan ja sieltä ulos. Tuman sisällä on myös yksi tai useampi tumajyvänen (nukleoli), jossa ribosomaalinen RNA valmistetaan. Tuman läheisyydessä sijaitsee kaksi keskusjyvästä (sentriolia), jotka muodostavat tukipisteet tumasukkulle solun jakautumisen yhteydessä. Kaikissa soluissa kuten esim. punasoluissa ei ole tumaa ja joissakin soluissa voi olla useampikin tuma, kuten esim. poikkijuovaisessa lihassolussa. (Valste, Airamo, Holopainen, Koivisto, Suominen & Viitanen 2000, 183; Campbell & Reece 2005, 102; Vierimaa & Laurila 2010, 21.)

Solulimakalvosto (endoplasmic reticulum) on tumakotelon ulkokalvoon kiinnittynyt verkosto, joka muodostuu litteistä lipidikalvosäikeistä ja -pusseista. Sen tehtävänä on muokata proteiineja mm. lisäämällä siihen sokeriosia sekä suorittaa laaduntarkkailua tuhoamalla virheellisiä proteiineja. Solulimakalvostoa on kahdenlaista: sileää (sER) sekä karkeaa (rER). Karkean solulimakalvoston pinnalla on ribosomeja, joissa tapahtuu proteiinisynteesi. Sileässä solulimakalvostossa syntetisoidaan lipidejä sekä hajotetaan myrkyjä ja lääkeaineita. Solulimakalvostosta proteiinit kulkeutuvat kalvorakkuloiden sisällä Golgin laitteeseen. (Ulmanen ym. 2001, 15; Heino & Vuento 2004, 76–77.)

Golgin laite on solulimakalvoston jatke. Se on toiselta laidaltaan vastakkain solulimakalvoston kanssa (cis-puoli) ja toiselta puolelta kohti solukalvoa (trans-puoli). Valmistettavat proteiinit kulkeutuvat solulimakalvostosta Golgin laitteen cis-puolelle rakkuloihin kuroutuen ja liikkuvat Golgin laitteen yhdestä osasta toiseen samalla tavoin rakkuloiden sisällä irtautuen kuroutumalla ja siirtymisen jälkeen yhdistymällä takaisin Golgin laitteen kalvorakenteeseen. Golgin laitteessa proteiinia muokataan entsyymaattisesti, mm. lisäämällä sokeriosia ja leikkaamalla. Se toimii myös ”postituskeskuksena” sillä trans-puolella valmiit tuotteet tiivistetään, pakataan kalvoon ja niihin lisätään ”osoitekortti” joka kertoo, kuljetetaanko tuote solun ulkopuolelle, solukalvolle tai lysosomeihin. (Heino & Vuento 2004, 77; Campbell & Reece 2005, 106.)

Mitokondriot ovat kahdesta kalvosta muodostuneita pitkulaisia soluelimiä, sisempi kalvo muodostaa mitokondrion sisälle poimuttuneen rakenteen. Mitokondrion pääasiallinen tehtävä on tuottaa

solulle energiaa soluhengityksessä tuottamalla adenosiinitrifosfaattia (ATP). Mitokondrioissa on ribosomeja ja omia geenejä (rengasmaisen mitokondriaalinen DNA), mutta suurin osa mitokondrioiden proteiineista on kuitenkin tuman koodaamia. Mitokondriaalinen DNA periytyy kokonaan äidiltä munasolun kautta, sillä hedelmöitymisen aikana siittiön mitokondriot tippuvat pois hännän mukana. Mitokondriot lisääntyvät itsenäisesti jakautumalla ja niiden määrä solussa vaihtelee solun tarvitseman energian mukaan muutamasta jopa useisiin tuhansiin (lihassolu). (Tortora & Grabowski 1996, 73; Lodish, Berk, Zipursky, Matsudaira, Baltimore & Darnell 2002, 332–335.)

Lysosomit ovat kalvorakkuloita, jotka sisältävät rakenteita hajottavia entsyymejä. Niiden tehtävänä on tuhota solun sisälle solusyönnin (endosytoosi tai fagosytoosi) kautta tulleita molekyylikomplekseja, bakteereja sekä solun omia jätteitä. Käyttökelpoinen materiaali, esim. aminohapot ja hiilihydraatit palautetaan takaisin solulimaan uudelleen käytettäväksi. Lysosomien pH on alle 5, mikä on huomattavasti alempi kuin soluliman pH 7. (Tortora & Grabowski 1996, 73.)

Peroksisomit ovat lysosomien kaltaisia pieniä rakkuloita, joiden tehtävänä on hajottaa hapettavilla entsyymeillään solulle haitallisia aineita toimien näin solun ”ongelmajätelaitoksena”. Esimerkiksi alkoholi (etanoli) ja formaldehydi hajotetaan maksasoluissa, joissa on runsaasti peroksisomeja. Peroksisomit osallistuvat myös solun aineenvaihduntaan hapettamalla rasvahappoja ja tuottamalla esimerkiksi kolesterolin valmistamisen tarvittavia rakennusaineita. (Ulmanen ym. 2001, 18; Lodish ym. 2002, 171.)

Solun tukiranka (sytoskeleton) ylläpitää solun muotoa. Se on verkostomainen rakenne, joka koostuu kolmenlaisista rakenteista. Suurimpia rakenteita ovat mikrotubulukset, jotka ovat onttoja tubuliiniproteiineista rakentuneita putkia. Niiden tehtävänä on siirtää soluelimiä ja saada aikaan kromosomien liike solun jakautuessa. Välikokoiset filamentit ovat keratiiniproteiinien muodostamia lujarakenteisia kaapeleita, jotka kiinnittävät tuman ja soluelimet paikoilleen sekä auttavat solua kestämään suurta mekaanista rasitusta. Pienimpiä rakenteita ovat mikrofilamentit, jotka ovat muodostuneet kahdesta toisiinsa kietoutuneesta aktiiniproteiiniketjusta. Ne ottavat osaa lihasten supistumiseen, solujen liikkeisiin sekä solun jakautumiseen. (Tortora & Grabowski 1996, 73–74; Campbell & Reece 2005, 113.)

Solukalvo erottaa solun ympäristöstään sekä säätelee aineiden kulkua solun sisään ja ulos. (Tortora & Grabowski 1996, 55). Solukalvon rakennetta ja toimintaa käsitellään myöhemmin omana aihealueenaan.

2.1.2 Bakterisolu ja virus

Bakterisolu on prokaryootti, jolla ei ole tumaa, vaan rengasmaisen DNA-kromosomi on kiinni solukalvon sisäpinnassa. Perimäainesta voi olla myös pieninä plasmidirenkaina solulimassa. Bakterisolussa ei ole varsinaisia soluelimiä, mutta solulimassa on proteiinisynteesissä tarvittavia ribosomeja sekä ravintovarastorakkuloita. Soluhengitys tapahtuu solukalvosta solulimaan poimuttuneissa mesosomeissa. Solukalvon ulkopuolella sijaitsee soluseinä ja usein myös limakapseli. Lisäksi bakteereilla voi olla tarttumakarvoja eli fimbrioita sekä yksi tai useampi liikkumiseen tarvittava uimasiima eli flagella. (Ulmanen ym. 2001, 30–31.)

Viruksella ei ole soluille ominaisia soluelimiä eikä omaa aineenvaihduntaa, joten sitä ei voida ajatella soluksi tai eliöksi. Virus koostuu yksi- tai kaksijuosteisesta DNA:sta tai RNA:sta, jonka suojana on proteiiniuori sekä joillakin viruksilla lisäksi lipideistä, proteiineista ja hiilihydraateista muodostunut vaippa. Lisääntymiseen virus tarvitsee aina isäntäsoluksi eukaryoottisolun, jonka toimintoja ne käyttävän hyväkseen. (Hedman, Heikkinen, Huovinen, Järvinen, Meri & Vaara 2010, 449–450, 460.)

2.2 Solukalvo ja aineiden kuljetus

Solukalvo rajaa solun sisällön sen ympäristöstä sekä säätelee aineiden kulkua soluun ja solusta ulos. Se on rakenteeltaan kaksikerroksinen lipidikalvo, johon on upotettuna proteiineja ja kolesterolia ja sen ulkopinnalla on hiilihydraattiketjuja. Solukalvon lipidejä on erilaisia, mutta valtaosa (n. 75%) on fosfolipidejä, jotka ovat järjestäytyneet niin, että hydrofobiset (vesipakoiset) osat ovat vastakkain ja hydrofiiliset (vesihakuiset) päät ovat kalvon ulkoreunoilla. Noin 5% solukalvon lipideistä on glykolipidejä, jotka osallistuvat mm. solun tunnistus- ja kommunikaatiotehtäviin. Loput 20% kalvon lipideistä on kolesterolia, joka vaikuttaa solukalvon jäykkyyteen lämpötilariippuvaisesti. (Tortora & Grabowski 1996, 55–56; Lodish ym. 2002, 165.)

Solukalvon proteiinit ”ajelehtivat” vapaasti kalvolla. Kalvoproteiinit jaetaan integraalisiin proteiineihin, jotka läpäisevät kaksoislipidikerroksen ja ovat lujasti ankkuroituneet kalvoon, sekä perifeeraaliisiin kalvoproteiineihin, jotka ovat löyhästi kiinnittyneenä kalvoon. Perifeeraalisia proteiineja on etenkin soluliman puoleisella pinnalla. Kalvoproteiinien tehtävänä on aineiden kuljetus solun sisälle ja

ulos (kalvokuljetus), toimia hormonien ja hermoimpulssien reseptoreina sekä elektroninsiirtoketjujen proteiineina. Ne auttavat soluja ankkuroitumaan ympäristöönsä sekä olemaan vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa, toimivat immuunijärjestelmän tunnistustehtävissä sekä osallistuvat kalvofuusiotapahtumiin esim. rakkuloiden irtoamisessa kalvosta. (Lodish ym. 2002, 162–163; Heino & Vuento 2004, 149–151; Campbell & Reece 2005, 127–128; Solunetti 2006a, viitattu 22.8.2017.)

Solukalvo on puoliläpäisevä elin, joka päästää aineita sisälle ja ulos valikoivasti. Rasvaliukoiset (poolittomat) aineet läpäisevät kaksoislipidikalvon helposti, kun taas vesiliukoiset (pooliset) aineet täytyy kuljettaa solukalvon läpi. Poikkeuksen tekee vesi, joka poolisuudestaan huolimatta läpäisee kalvon hyvin. Myös molekyylien koko vaikuttaa niiden kykyyn läpäistä solukalvo. Aineiden kuljetus jaetaan passiiviseen kuljetukseen ja aktiiviseen kuljetukseen sen mukaan, tarvitaanko kuljetukseen energiaa vai ei. (Tortora & Grabowski 1996, 57–58; Heino & Vuento 2004, 151.)

2.2.1 Aktiivinen kuljetus

Aktiivisella kuljetuksella on tärkeä rooli elimistön toiminnassa ja tasapainon ylläpidossa. Munuaisissa joitakin aineita (mm. vety) poistetaan aktiivisesti, joitakin aineita (mm. natrium ja glukoosi) otetaan takaisin verenkiertoon pitoisuusgradienttia vastaan. Suolistossa mm. kalsiumin ja natriumin imeytyminen on aktiivista ja glukoosin imeytyminen sekundaarisesti aktiivista. Solun tuottamasta ATP: sta noin 40% kuluu aktiiviseen kuljetukseen. Aktiivisen kuljetuksen tärkeyttä kuvaa myös se, miten esimerkiksi syanidin myrkyllisyys perustuu siihen, että se lamaa solujen ATP tuotannon jolloin aktiivinen aineiden kuljetus solussa pysähtyy. (Tortora & Grabowski 1996, 62; Nienstedt ym. 2000, 32; Hiltunen ym. 2005, 494; Vierimaa & Laurila 2010, 173–174.)

Aktiiviseen aineiden kuljetukseen tarvitaan energiaa ja se tapahtuu pienemmästä pitoisuudesta suurempaan. Aktiivisella kuljetuksella solukalvon läpi siirtyvät ionit (mm. Na^+ , K^+ , H^+ , Ca^{2+} , I^- ja Cl^-), aminohapot ja monosakkaridit. Aktiivisia kuljetustapoja ovat primaarinen kuljetus, jossa käytetään ATP: a suoraan energian lähteenä sekä sekundaarinen kuljetus, jossa aineen siirtyminen tapahtuu toisen aktiivisen aineen kuljetuksen yhteydessä. (Tortora & Grabowski 1996, 62.)

Primaarinen kuljetus tapahtuu erilaisten ionipumppujen välityksellä. Tästä esimerkkinä natrium-kaliumpumppu, joka siirtää natriumia solun ulkopuolelle päästäten samalla kaliumia solun sisään. Solun sisäinen natrium sitoutuu pumppuun aiheuttaen pumpun fosforylaation (ATP defosforyloituu ADP:ksi), joka puolestaan saa aikaan natriumin vapautumisen solun ulkopuolelle. Solun ulkopuolinen kalium sitoutuu fosforyloituneeseen pumppuun ja fosfaattiryhmän vapautuessa pumppu aukeaa takaisin solun sisälle vapauttaen kaliumin. (Tortora & Grabowski 1996, 62–63.)

Sekundaarisessa kuljetuksessa aine siirtyy solukalvon läpi primaarisen kuljetuksen ohessa. Esimerkkinä sakkaroosin siirtyminen sakkaroosi-vety-kantajaproteiinin avulla: vetyioneja pumpataan solun ulkopuolelle aktiivisesti pienemmästä pitoisuudesta suurempaan. Protonit pyrkivät takaisin soluun diffuusion kautta suuremmasta pitoisuudesta pienempään, jolloin mukana siirtyy myös sakkaroosimolekyyleja. (Campbell & Reece 2005, 136.)

2.2.2 Passiivinen kuljetus

Passiivisia kuljetustapoja ovat diffuusio, helpotettu diffuusio sekä osmoosi. Näihin kuljetustapoihin ei solu tarvitse energiaa. Diffuusiossa liuennut aine liikkuu solukalvon läpi suuremmasta pitoisuudesta kohti pienempää pitoisuutta konsentraatioerojen tasoittumiseen saakka. Liikettä tapahtuu hieman myös vastakkaiseen suuntaan, mutta pääasiallinen liike tapahtuu suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Esimerkiksi happi ja hiilidioksidi liikkuvat tällä tavoin. (Heino & Vuento 2004, 151–152; Campbell & Reece 2005, 130–131; Vierimaa & Laurila 2010, 25.)

Helpotettu diffuusio tapahtuu ionikanavien sekä kanava- tai kantajaproteiinien välityksellä. Ionikanavissa proteiini läpäisee solukalvon muodostaen sisäänsä hydrofiilisen kanavan, jonka läpi ionit pääsevät kulkemaan. Monesti porttimekanismit säätelevät ionikanavan toimintaa, jolloin esim. jännite-ero tai jokin tietty kemiallinen yhdiste (ligandi) saa aikaan portin aukeamisen/sulkeutumisen ja ionit pääsevät kulkemaan kanavan läpi. Ionikanavien toiminta voi olla hyvinkin nopeaa päästäten läpi yli miljoona ionia sekunnissa. Ionikanavat voivat toimia selektiivisesti, jolloin ne päästävät läpi vain tietyt ionit. Akvaporiniitit ovat kanavaproteiineja, jotka mahdollistavat veden nopean kulkeutumisen solukalvon läpi ja esimerkiksi munuaisten tubulussoluissa vettä otetaan takaisin virtsa-suodoksesta akvaporiniinien avulla. Punasoluissa glukoosinkuljettaja (tyyppi GluT1) nopeuttaa glukoosin siirtämistä plasmasta punasoluihin. (Lodish ym. 2002, 582; Heino & Vuento 2004, 153, 160; Campbell & Reece 2005, 130–134.)

Kantajaproteiinien toimiessa kuljetettavan aineen sitoutuminen kantajaproteiiniin saa tämän muuttamaan muotoaan ja vapauttamaan aineen kalvon toiselle puolelle. Kuljetus on passiivista, mikäli se tapahtuu suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Kuljettaminen on valikoivaa, sillä tietyt aineet sitoutuvat vain tiettyihin kuljettajaproteiineihin. Mikäli kaikki kuljettajaproteiinit ovat varattuja, ei kuljetusta tapahdu enää enempää. Tämä rajoittaa kuljetettavien aineiden määrää. (Lodish ym. 2002, 582.)

Mikäli molekyylit ovat liian suuria siirtyäkseen solukalvon läpi tai ne eivät liukene kalvoon, siirtyy pienimolekyylisempi liuotin (vesi), solukalvon läpi tasoittaakseen pitoisuuseron. Tästä tapahtumasta käytetään termiä osmoosi. Osmoosi on tärkeää solun nestetasapainon säätelyssä, sillä esimerkiksi potilasta nesteytettäessä on nesteytykseen käytettävän suolaliuoksen oltava yhtä väkevää (isotonista) kuin veriplasman, jotta solut eivät menettäisi tai saisi liikaa nestettä ja täten vaurioitaisi solua. (Tortora & Grabowski 1996, 59–61.)

2.2.3 Endo- ja eksosytoosi

Solu käyttää endo- ja eksosytoosia siirtääkseen suurempia molekyyleja solun sisälle ja sieltä ulos. Tässä tapahtumassa molekyyli siirtyy solukalvosta muodostuneen kalvorakkulan sisällä kuroutuen rakkulana irti solukalvosta tai sulautuen takaisin solukalvoon. Käytössä on erilaisia termejä riippuen siirtyvien molekyylien määrästä, luonteesta tai siirtymisen suunnasta: endosytoosi, eksosytoosi, pinosytoosi ja fagosytoosi. (Tortora & Grabowski 1996, 64.)

Endo- ja eksosytoosi ovat osa solun perustoimintaa, jossa kalvorakenteet (mm. endoplasmakalvosto, Golgin laite, lysosomit ja peroksisomit) kierrättävät aineita niin solun sisällä kuin myös solusta sisään ja ulos. Tästä tapahtumasta käytetään myös termiä kalvokierto. Endosytoosissa solu muodostaa pinnalleen kuopan, josta muodostuu kalvorakkula eli vesikkeli solun sisään, kun kalvorakenteet järjestäytyvät uudelleen. Eksosytoosissa kalvorakkula yhtyy solukalvoon solun sisäpuolelta, jolloin rakkulan sisältö vapautuu solun ulkopuolelle. (Tortora & Grabowski 1996, 64–66; Solunetti 2006a, viitattu 22.8.2017.)

Pinosytoosissa solu ikään kuin hörppää solun ulkopuoleista nestettä sisäänsä kalvorakkulan avulla. Solukalvo laskostuu sisäänpäin, jolloin neste virtaa muodostuneeseen onkaloon ja tällöin

nielty materiaali on enemmän nestemäistä kuin kiinteää. Suurin osa soluista kykenee pinosytoosiin. Fagosytoosissa eli solusyönnissä solu ottaa sisäänsä kokonaisia kappaleita, kuten esimerkiksi mikrobeja tai kehon omia, viallisia tai vanhoja soluja. Tällöin solu tarttuu ja ympäröi kohteensa muodostamallaan valejaloilla (pseudopodit) ja kuljettaa kohteen niillä sisäänsä. Tämän jälkeen rakkula yhtyy lysosomiin, jonka sisältämät aineet sulattavat rakkulan sisällön. Vain tietyt solut, esim. immuunipuolustuksen solut kykenevät fagosytoosiin. (Tortora & Grabowski 1996, 64; Heino & Vuento 2004, 259.)

2.3 Solujen tarttuminen ympäristöönsä ja soluväliaine

Samantyyppiset ja samalla tavoin toimivat vierekkäiset solut muodostavat kudoksen. Kudoksia on eri tyyppisiä, esimerkiksi epiteelikudos, tukikudos, lihaskudos ja hermokudos. Muodostaakseen kudoksia solun täytyy kiinnittyä soluväliaineeseen sekä toisiin soluihin eri tavoin. (Nienstedt ym. 2000, 53.)

Solut tarttuvat ympäristöönsä ja toisiin soluihin tarttumis- tai adheesioreseptorien välityksellä, jotka ovat tähän tehtävään erikoistuneita solukalvoproteiineja. Yleisimpiä tarttumisreseptoreja ovat integriinit, joiden kaksi erilaista proteiinia, α - ja β -ketjut läpäisevät solukalvon muodostaen solun sisälle lyhyemmän ja solun ulkopuolelle pidemmän ulokkeen. Integriini tarttuu samanaikaisesti useisiin soluväliaineen molekyyliin, mutta muodostavat vain heikon sidoksen, mikä mahdollistaa liikumisen soluväliaineessa. Ne keräävät myös tietoa ympäristöstään, sillä molekyylin kiinnittyminen integriiniin saa aikaan viestin siirtymisen solun sisälle. (Alberts ym. 1994, 995–996; Heino & Vuento 2004, 209–210.)

2.3.1 Soluväliaine

Soluväliaine on solujen ympärilleen tuottamia proteiineja tai hiilihydraatteja, jotka muodostavat verkostomaisen rakenteen. Molekyyleinä soluväliaineessa ovat säikeitä muodostavat proteiinit, glykoproteiinit ja proteoglykaanit. Soluväliainetta on kaikissa kudoksissa, mutta se on tärkeää etenkin sidekudoksessa (rusto, luu ja jänteet), joille se antaa kudoksen tyypilliset ominaisuudet, kuten lujuuden ja elastisuuden. Sen tehtävänä on muodostaa soluille tukiverkko, johon solut voivat tarttua, auttaa soluja liikkumaan, pitää yllä solun muotoa ja osallistua solun toiminnan säätelyyn olemalla tarttumispohjana mm. kasvutekijöille. (Alberts ym. 1994, 972; Heino & Vuento 2004, 188.)

Soluväliaineen kollageenit ovat proteiineja, jotka muodostavat suuria säikeitä solujen ympärille. Kollageenimolekyylit muodostuu kolmen aminohapon gly-x-y: toistojaksoista. Kollageenin esimuoto prokollageeni tuotetaan solun sisällä, jossa kolme α -ketjua muodostavat kierteisen ketjun. Tämä ketju kuljetetaan ulos solusta, sen päistä poistetaan säiemuodostusta estävät N- ja C-päiden pro- osat, jolloin ketjut pystyvät muodostamaan säikeitä solun ulkopuolella asettumalla peräkkäin ja rinnakkain. Säikeet lujitetaan lisäksi poikkisidoksilla ja yksittäiset säikeet muodostavat suurempia kimppuja. Kollageeni on luonteeltaan taipuisaa ja se venyy hyvin vähän, minkä vuoksi se on hyvin lujaa. Ihmisen proteiineista noin kolmasosa on kollageenia: jänteet muodostuvat pääasiassa kollageenista ja ihossakin sitä on lähes puolet. Erilaisia kollageenityyppejä tiedetään olevan lähes 30. (Alberts ym. 1994, 978–979; Heino & Vuento 2004, 188–192.)

Elastiset säikeet muodostuvat kahdesta proteiinista: elastiinista, joka antaa elastiselle kudokselle sen joustavuuden sekä fibrilliinista, joka vakauttaa elastiinia. Nämä molekyylit tarttuvat toisiinsa poikkisidoksilla muodostaen rakenteen, joka on lepotilassa kiemurainen, mutta venytyksessä järjestäytyy samansuuntaisesti palaten venytyksen päätyttyä takaisin kiemuraiseen muotoonsa. Elastiset säikeet muodostavat kollageenin tavoin suurempia kimppuja, kimmosyitä ja ovat myös hyvin kestäviä. Joustavuutta kuvaa hyvin se, että elastista säiettä voi venyttää lepopituudestaan jopa 150% ilman että se repeää. Elastiset säikeet antavat kudoksille kyvyn palautua venytyksestä normaalitilaan ja niitä onkin etenkin suurissa valtimoissa, keuhkoputkien seinämissä sekä ihon dermiksessä. Elastiini on hyvin kestävä, mutta se ei juurikaan uusiudu, jonka vuoksi esimerkiksi iho vanhetessaan rypyyntyä. (Tortora & Grabowski 1996, 105; Heino & Vuento 2004, 199–200; Hiltunen ym. 2005, 176–177.)

Fibronektiini koostuu kahdesta, rikkisilloilla toisiinsa kiinnittyneistä proteiinista. Sen tärkein ominaisuus on kyky tarttua erilaisiin molekyyleihin, esimerkiksi solun pinnan reseptoreihin, soluväliaineeseen sekä toisiin fibronektiineihin. Fibronektiinin tarttumiskyvyn vuoksi solu pystyy liikkumaan solun liukuessa fibronektiinin muodostamaa pintaa pitkin. Fibronektiini on oleellinen myös verenvuodon tyrehtymisessä, sillä verihutaleet tarttuvat fibronektiiniin muodostaen tulpan vauriokohtaan. Fibronektiinityyppejä on olemassa useampia, vaikkakin niitä muodostavia geenejä on olemassa vain yksi. Tämä selittyy sillä, että geenin koodattua lähetti-RNA:n, poistuu silmukoinnin myötä intronijaksojen mukana myös eksonijaksoja, jolloin muodostuva proteiini on erilainen kuin sitä koodaava geeni. (Heino & Vuento 2004, 193–195.)

Proteoglykaanit ovat proteiineja, joihin on kiinnittynyt poikkeuksellisen suuri määrä haarautumattomia hiilihydraattiketjuja toisin kuin glykoproteiineihin, joihin on kiinnittynyt usein pienempi määrä haarautuneita hiilihydraattiketjuja. Proteoglykaanin hiilihydraatit sitovat suuren määrän vesimolekyyleja, jonka vuoksi ravinto-, kuona- ja viestiaineet pystyvät diffundoitumaan kudoksen vettä pitkin ja solut kestävät paremmin puristusvoimia. Hiilihydraattiketjut tarttuvat moniin molekyyleihin, kuten esimerkiksi kasvutekijöihin, joita se esittelee solun reseptoreille. (Alberts ym. 1994, 975–977; Heino & Vuento 2004, 200–201.)

Tyvikalvo on verkostomainen rakenne, joka koostuu solun ympärilleen tuottamista proteiineista. Laminiini ja tyypin IV kollageeni muodostavat verkon, johon perlakaani ja nidogeeni tarttuvat. Tyvikalvon tehtävänä on kiinnittää epiteelisolut sen alapuoleiseen kudokseen, mutta myös erottaa nämä toisistaan. Tyvikalvoja on ihon epidermisen ja dermisen välissä ja verisuonten seinämissä endoteelisolujen alla sekä munuaisten glomeruluksissa ja keuhkojen alveoleissa filttereinä kahden solukerroksen välillä. Tyvikalvo voi ympäröidä myös yksittäisiä soluja mm. lihas- ja rasvasoluja sekä hermoja tukevia Schwannin soluja. (Alberts ym. 1994, 991; Heino & Vuento 2004, 196–199.)

2.3.2 Solujen väliset liitokset

Solut kiinnittyvät toisiin soluihin eri tavoin. Tiiviissä liitoksessa solut ovat niin lähellä toisiaan, ettei soluvälitilaa voi juurikaan erottaa. Epiteelisolujen kalvot kiinnittyvät toisiinsa tiiviillä liitoksilla. Liitos muodostuu vierekkäisistä okludiini- ja klaudiiniproteiineista, jotka läpäisevät vierekkäisten solujen solukalvot. Se eristää solun eri puolella olevat kudokset toisistaan, jolloin kudokset päästää sen eri puolilla olevia molekyyleja valikoivasti läpi. Läpäisevyys riippuu kudostyyppistä ja voi olla hyvinkin erilaista: esimerkiksi ohutsuolen ja virtsarakon epiteelisolujen välillä on tiiviitä liitoksia ja näiden kudosten läpäisevyys molekyylin suhteen on hyvin erilainen. (Alberts ym. 1994, 951–953; Heino & Vuento 2004, 196–199; Hiltunen ym. 2005, 101.)

Desmosomiliitos on kahden solun välinen liitos, jossa liitokset ovat ympäri solukalvoa sijaitsevia pistemäisiä kiinnityksiä viereisiin soluihin. Solun sisäiset osat ovat köysimäisiä sitoen liitoksen sytoplasmaan antaen solulle lujuutta, kun taas solun ulkopuoleiset, kadheriini-proteiineista muodostuvat osat sitovat solut toisiinsa. Puolidesmosomiliitos kiinnittää epiteelisolun tyvikalvoon ja on rakenteeltaan kuten desmosomi, mutta solun sisäpuoliset ja ulkopuoliset osat koostuvat eri proteiineista, mm. integriinista. (Alberts ym. 1994, 956–957; Heino & Vuento 2004, 212.)

Vyöliitos (engl. adherens junction) yhdistää aktiinisäienippuja solujen välisissä liitoksissa sekä solun sen ulkopuoleiseen ympäristöön. Se muodostuu kadheriini-proteiineista, jotka muodostavat jatkuvan vyön vierekkäisten solujen välille ja se tukee solun sekä kudoksen rakennetta. Epiteelikuodoksessa vyöliitos on yleensä tiukan liitoksen alapuolella. (Alberts ym. 1994, 954–956; Heino & Vuento 2004, 218.)

Aukkoliitos on kahden solun välinen liitos, jossa kuusi kehäksi asettuvaa solukalvon proteiinia muodostavat kanavan solujen välille. Näiden aukkojen kautta epäorgaaniset ionit ja pienet vesiliukoiset molekyylit pääsevät kulkemaan solujen välillä. Näin aukkoliitokset mahdollistavat solujen välisen kommunikoinnin. Aukkoliitoksia on monissa kudoksissa kuten esim. hermokudoksessa, sydänlihaskudoksessa ja ruoansulatuskanavassa, joissa se mahdollistaa aktiopotentialin leviämisen nopeasti solujen välillä. (Alberts ym. 1994, 958–960.)

2.3.3 Soluväliaine bioanalytiikassa

Monet bioanalyttiset tutkimukset perustuvat soluväliaineen tutkimukseen. Tutkittuja soluväliaineeksi luokiteltavia kehon nesteitä ovat muun muassa veren plasma, aivo-selkäydinneste ja kudosteste. Soluväliaineista tutkitaan monia asioita. Veren kemiallista koostumusta tutkitaan terveydentilan seurannassa esimerkiksi määrittämällä plasman kaliumtaso. Solujen erittämistä aineista kiinnostavat esimerkiksi hormonit. Joskus soluväliaineessa on sinne kuulumattomia asioita kuten aivoselkäydinnesteeseen vuotanut veri. (Tuokko, Rautajoki & Lehto 2008, 35–36, 82–84; Vierimaa & Laurila 2010, 87–98; Boundless 2017, viitattu 18.4.2017.)

Veri koostuu plasmasta, punasolusta ja muista verisoluista. Plasmaa veri sisältää noin 55%, josta noin 90% on vettä. Muita plasman sisältämiä aineita ovat proteiinit, jotka ovat tärkeitä osmoottisen paineen ylläpitämisessä, sekä muut ravintoaineet, hormonit ja metaboliajätteet. Punasoluja on veressä noin 45%. Punasolut eli erytrosyytit antavat verelle sen punaisen värin. Muita verisoluja on alle 1%, mukaan lukien puolustusjärjestelmän valkosolut ja hyytymisessä tärkeät verihiutalet, jotka oikeastaan ovat tumattomia solunkappaleita. (Turunen 2001, 30–37; Vierimaa & Laurila 2010, 87–98.)

Soluviljelyssä kasvatetaan soluja kehon ulkopuolella (*in vitro*) erilaisiin käyttötarkoituksiin, mm. kromosomitutkimuksiin. Solut tarvitsevat eläkkeen elatusainetta viljelmän soluväliaineena. Elatusainen eli median koostumus vaihtelee solutyypeittäin, jotta solujen käyttäytyminen olisi kulloisenkin tutkimuksen kannalta optimaalista. Elatusaineet voivat olla luonnollisia tai keinotekoisia. Ne sisältävät, mm. aminohappoja, glukoosia, suoloja ja vitamiineja sekä lisäaineita, kuten halutut kasvutekijät. (Meenakshi 2013, viitattu 3.4.2017.)

Mikrobien kasvatusta tapahtuu useimmiten merilevöpohjaisilla agarmaljoilla. Agar tarjoaa mikrobeille puolikiinteän kiinnittymisalustan; monet mikrobit kasvavat huonosti liuoksissa. Agariin on lisätty mikrobien tarvitsemia ravintoaineita, kuten glukoosia, suoloja ja hivenaineita. Veriagar-maljoja, jotka sisältävät lampaan verta, käytetään bakteerien tunnistamiseen niiden hemolyyttisten ominaisuuksien perusteella, esimerkkinä β -hemolyttiset streptokokit. (Lodish ym. 2002, 181–182; American Society for Microbiology 2016, viitattu 3.4.2017.)

2.4 Tiedonsiirto solun sisällä ja solujen välillä

Solut välittävät tietoa sisäisesti itselleen ja ulkoisesti muille soluille. Tieto kulkee sähköistä (hermosto) tai kemiallista (mm. hormonaalista) reittiä pitkiäkin matkoja. Viesti voi välittyä suoralla kontaktilla tai välittäjäaineiden välityksellä. Vastaanottavan solun pinnalla on reseptoreita, jotka aiheuttavat viestin saadessaan solunsisäisen reaktion. (Campbell & Reece 2005, 200–215.)

2.4.1 Tiedonvälitystavat

Endokriininen tiedonvälitys käyttää tiedon välitykseen hormoneja, joita endokriiniset rauhaset tai solut erittävät. Hormonit levittyvät ympäri kehoa verenkierron välityksellä ja tarttuvat niille spesifisiin reseptoreihin. Endokriininen tiedonvälitys on hidas prosessi, koska se tapahtuu verenkierron ja diffusion välityksellä. (Campbell & Reece 2005, 200–215.)

Parakriininen tiedonsiirto tapahtuu välittömässä läheisyydessä olevien solujen kesken. Parakriininen tiedonvälitys on nopeampaa kuin endokriininen, koska kohdesolun reseptorit nappaavat välittäjäaineet nopeasti, sillä solun ulkoiset entsyymit hajottavat ne herkästi. Parakriinistä tiedonvälitystä tarvitaan mm. solujen kasvun ja jakautumisen säätelyssä viereisten solujen toimesta. (Campbell & Reece 2005, 200–215.)

Autokriininen signalointi suuntautuu soluun itseensä. Esimerkiksi kipu- ja tulehdusreaktioissa solun erittämät eikosanoidit aiheuttavat reaktion solussa ja sitä ympäröivissä soluissa. Syöpäsolut ovat autokriinisesti hyvin aktiivisia; niiden erittämät kasvutekijät saavat aikaan ylenmääräistä kasvua ja jakaantumista (Campbell & Reece 2005, 200–215.)

Jukstakriininen viestinvälitys tapahtuu suoralla kontaktilla kahden solun välillä. Viestimolekyylit on kiinnittynyt lähettävän solun solukalvon pintaproteiiniin, jolloin vastaanottavan solun reseptori tarttuu siihen ja aktivoituu. (Solunetti 2006b, viitattu 9.9.2017) Epidermaalinen kasvutekijä (EGF) on yksi esimerkki jukstakriinisestä signaloinnista. (Heino & Vuento 2004, 240–241.)

Synaptista tiedonsiirtoa tapahtuu hermosolujen ja hermosolun ja kohdesolun välillä. Sähköisen aktiopotentialin saapuminen hermosolun päähän laukaisee välittäjäaineen vapautumisen synapsirakoon, josta kohdesolun reseptori sen tunnistaa ja saa aikaan vasteen. Synaptinen tiedonsiirto on hyvin nopeaa (Campbell & Reece 2005, 200–203, 1021–1022.)

2.4.2 Reseptorit, toisiohjelmat ja mihin niitä tarvitaan

Tiedonsiirrossa solut käyttävät välittäjäainemolekyylejä, esimerkiksi hormoneja, viestin välittämiseen. Kun välittäjäaine sitoutuu sille spesifiin kohdereseptoriin, alkaa solunsisäinen reaktiketju. Joissain tapauksissa tarvitaan toisiohjelma, joka vie signaalia eteenpäin solun sisällä ja lopulta aiheuttaa toivotun vasteen. Signaalien välitystä tarvitaan monien kehon toimintojen säätelyyn (Campbell & Reece 2005, 204–215; Vierimaa & Laurila 2010, 181.)

Reseptorit ovat proteiineja, jotka sijaitsevat joko solukalvon pinnalla, solulimassa tai tumassa. Vesiliukoiset viestimolekyylit sitoutuvat solukalvon pinnalla oleviin reseptoreihin ja rasvaliukoiset solun sisäisiin reseptoreihin. Reseptorit sitovat vain siihen sopivaa, spesifiä molekyyliä, mutta sama molekyyli voi tarttua eri reseptoreihin aiheuttaen juuri tälle reseptorille tyypillisen vasteen (Campbell & Reece 2005, 204–215, 945–948.)

Kun välittäjäaine eli ligandi sitoutuu solukalvon reseptoriin, vapautuu solun sisälle toisiolähettiä. Toisiolähetti jatkaa viestin kulkua, vahvistavat signaalia ja saavat aikaan muutoksia solun metaboliassa tai geenien säätelyssä. Toisiolähettejä ovat mm. syklinen AMP (cAMP) ja kalsiumioni (Ca^{2+}). (Campbell & Reece 2005, 204–215.)

Viestinvälityksellä säädellään useita solutason tapahtumia, jotka voivat vaikuttaa paikallisesti tai jopa koko organismin toimintaan. Signaaleilla säädellään muun muassa solujen kasvua ja jakautumista kasvutekijöillä, proteiinisynteesiä transkription säätelyllä ja energia-aineenvaihduntaa glukosin sisäännotolla. Signaaleilla säädellään jopa solujen ja niiden tukirakenteiden liikkeitä, kuten lihasten supistumisessa ja immuunipuolustuksen solujen siirtymisessä kohdealueelle (Campbell & Reece 2005, 204–215, 901.)

2.5 Solun jakautuminen

Solut lisääntyvät jakautumalla. Solujen lisääntyminen on välttämätöntä yksilönkehityksen ja kasvun, sekä kudosten uusiutumisen yhteydessä. Yksilö saa alkunsa yhdestä ainoasta solusta, hedelmöittyneestä munasolusta, joka alkaa jakautua. Solumassan lisääntyessä solut alkavat erilaistua tietyiksi solutyypeiksi ja muodostavat kudoksia. Solujen elinikä ja jakautumisnopeus riippuvat niiden tyypistä, esimerkiksi veri- ja ihosolut uusiutuvat nopeasti, kun taas hermosolut eivät juurikaan uusiudu. Solusykliksi kutsutaan ajanjaksoa, joka alkaa juuri jakautuneesta solusta ja päättyy kahden uuden solun muodostumiseen. (Campbell & Reece 2005, 218–219; Vierimaa & Laurila 2010, 20–21.)

2.5.1 Solusykli ja sen säätely

Solusykli jaetaan välivaiheeseen eli interfaasiin ja jakautumisvaiheeseen. Interfaasiin kuuluu kolme vaihetta: G_1 -vaihe eli kasvuvaihe, jossa solu kasvaa ja tuottaa jakautumiseen tarvittavia aineita, S-vaihe eli synteessivaihe, jossa solu kopioi kromosominsa DNA-replikaatiolla, ja G_2 -vaihe, jossa solu jatkaa kasvuaan ja valmistautuu jakautumiseen. G_1 -vaiheen aikana solu voi siirtyä G_0 -vaiheeseen, jossa solu on lepotilassa eikä jakautumista tapahdu, esimerkkinä hermosolut. Interfaasin jälkeen alkaa jakautumisvaihe, jossa voidaan erottaa kaksi vaihetta: geneettisen materiaalin jakautuminen ja tytärsolujen fyysinen erkaantuminen. Geneettinen materiaali jakaantuu joko mitoottisesti tai meioottisesti. Mitoosissa syntyy kaksi identtistä tytärsolua ja meioosissa neljä epäidenttistä tytärsolua,

joissa kaikissa on puolikas kromosomisto. Tytärsolujen erkaantumisessa eli sytokineesissä solulima, soluelimet ja solukalvo jakautuvat tasan kahdeksi erilliseksi soluksi. (Campbell & Reece 2005, 218–226.)

Solusyklin eteneminen on tarkoin säädeltyä virheiden välttämiseksi. Solusyklissä voidaan havaita kolme kriittistä tarkistuspistettä, joissa päätetään solusyklin etenemisestä. G1-tarkistuspisteessä tutkaillaan, jatkaako solu S-vaiheeseen vai siirtykö se jakautumattomaan G0-vaiheeseen. G2-tarkistuspisteessä tarkistetaan, onko solu valmis jatkamaan mitoosein. Virheet DNA:n replikaatiossa voivat estää mitoosein siirtymisen. M-vaiheen tarkistuspisteessä tutkitaan mitoosin sukkularihmaston kehitystä ja päätetään, onko solu valmis mitoosin anafaasiin. (Lodish ym. 2002, 530–531; Campbell & Reece 2005, 229–230.)

Sykliini-proteiinit säätelevät solusyklin etenemistä. Kutakin sykliiniä esiintyy vain sille ominaisessa solusyklin vaiheessa, jonka jälkeen ne hajotetaan. Sykliinit kiinnittyvät niin sanottuihin Cdk-proteiineihin (cyclin dependent kinases), jotka tämän seurauksena aktivoivat tai inaktivoivat muita proteiineja liittämällä fosfaattiryhmiä ja näin säädelten proteiinien toimintaa. Solusyklin hallinnan menetykset voi johtaa syöpäsolujen kehitykseen, jolloin esimerkiksi solun tuumorisuppressorigeeni ei toimi. Yleisin tunnettu tuumorisuppressorigeeni on p53, joka oikein toimiessaan reagoi vaurioituneen DNA:n rakenteeseen. (Lodish ym. 2002, 496–498, 531–532.)

2.5.2 Mitoosi ja meioosi

Mitoosissa solu jakaantuu kahdeksi identtiseksi tytärsoluksi, joissa on sama määrä geneettistä materiaalia kuin emosolussa. Mitoosia jakaantumiseen käyttävät somaattiset solut eli kaikki muut paitsi sukusolut. Mitoosi jaetaan vaiheisiin profaasi, prometafaasi, metafafaasi, anafaasi ja telofaasi. Profaasissa kahdentunut DNA tiivistyy kromosomeiksi, jotka koostuvat kahdesta sisarkromatidista. Sentriolit siirtyvät tuman eri puolille ja alkavat muodostaa tumasukkula mikrotubulusten avulla. Prometafaasissa tumakotelo hajoaa ja tumasukkula pääsee kosketuksiin kromosomien kanssa. Metafaasissa tumasukkula saavuttaa muotonsa. Mikrotubulukset tarttuvat kromosomien kinetokoreihin sentromeerialueella ja siirtävät kromatidit tumasukkulan keskikohdalle ”jakotasoon”. Metafaasi on mitoosin pisin vaihe. Anafaasissa sisarkromatidit eroavat toisistaan ja mikrotubulukset vetävät ne solun vastakkaisille puolille. Solun kummallakin reunalla on täten täydellinen, yksinkertainen kromosomisto. Telofaasissa tumasukkula hajoaa ja tulevien tytärsolujen tumakotelot alkavat

muodostua sulkien perintöaineksen sisäänsä. Telofaasin loppuvaiheessa käynnistyy sytokineesi, joka jakaa solun sisäisen materiaalin puoliksi tytärsolujen kesken. Aktiini- ja myosiinisäikeet muodostavat supistumisrenkaan, joka kuroo emosolun kahtia. (Nienstedt ym. 2000, 46; Campbell & Reece 2005, 221–226.)

Meioosi on sukusolujen jakaantumistapa. Meioosi jaetaan kahteen jakaantumiseen: meioosi 1, jossa emosolu jakaantuu kahdeksi tytärsoluksi, joissa kummassakin on yksinkertainen kromosomisto, ja meioosi 2, jossa tytärsolut jakaantuvat mitoosein kaltaisesti, jolloin syntyy neljä tytärsolua. Meioosin ensimmäisessä jaossa emosolun (normaali eli diploidi perimä) vastinkromosomiparit jaetaan kahtia, jolloin jokaista kromosomia on vain yksi kappale (kromatidipari) ja solu on perimältään haploidi. Tässä jaossa tapahtuu vastinkromosomien geneettisen aineksen sekoittuminen crossing-overin avulla. Meioosin toisessa jaossa kromatidiparit eroavat toisistaan kuten mitoosissa, ja lopputuloksena on neljä geneettisesti erilaista, haploidia solua. Hedelmöitymisessä kaksi haploidia solua yhtyy muodostaen kokonaisen, diploidin kromosomiston. Siittiöt syntyvät meioottisesta sukusolusta jakautumalla. Yksi sukusolu jakaantuu neljäksi geneettisesti erilaiseksi spermaticiksi, jotka kaikki kehittyvät siittiöiksi. Siittiöiden kantasolut jakautuvat siittiötuotannon ylläpitämiseksi mitoottisesti. Munasolujen muodostuksessa vain yksi tytärsolu kehittyy hedelmöitymiskykyiseksi munasoluksi, ja loput kolme poistosolua surkastuvat pois. Munasolujen kantasolut jakautuvat vain sikiössä, jonka jälkeen munasolujen kehitys pysähtyy meioosin ensimmäiseen profaasiin. Kuukautiskierron aikana yksi näistä soluista jatkaa kehitystään hedelmöitymiskykyiseksi. Munasoluja on näin ollen rajallinen määrä verrattuna siittiöihin. (Alberts ym. 1994, 1022–1025, 1027–1028; Campbell & Reece 2005, 243–249; Vierimaa & Laurila 2010, 27–28.)

2.5.3 Solukuolema

Solukuolema voi olla ulkoisen tekijän (nekroottinen kuolema) tai sisäisen signaalin (apoptoottinen ohjelmoitu kuolema) aiheuttama. Solu voi kokea myös kaspaseista riippumattoman kuoleman, jossa eukaryoottisolut hajottavat entsyymiyhdistelmällä omia proteiinejaan, tai apoptoosin kaltaisen kuoleman, jossa solu ”syö” itsensä autofagosytoosilla ja soluorganellit tuhoutuvat solukalvon sisällä. Nekroosin aiheuttaa joko fyysikaalinen tekijä, esimerkiksi mekaaninen vaurio tai UV-säteily) tai kemiallinen tekijä, kuten hapen puute tai matala pH. Nekroosi koskee yleensä useista soluista kerralla. Nekroottisessa kuolemassa solukalvot vaurioituvat, jolloin solun sisältö vapautuu ympäristöönsä ja aiheuttaa tulehdusreaktion kudoksessa. Apoptoosi on normaali osa solun elinkaarta,

mutta sen voi laukaista myös ulkopuolinen signaali. Esimerkiksi infektoitunut solu voi saada apoptoosikäskyn immuunipuolustuksen solulta, joka aktivoi solun pinnan reseptorit ja saa aikaan nopean reaktion. Myös eloonjäämisen kannalta puutteellinen kasvuympäristö voi aiheuttaa apoptoosin. Solun sisältä tuleva apoptoosisignaali aiheuttaa hitaan, geenisäätelyn kautta etenevän prosessin. Esimerkiksi DNA-vaurio saa p53-tuumorisuppressorigeenin toiminnan muuttumaan. Apoptoosissa kaspasientsyymit hajottavat solun sisältä päin, jolloin syntyy solukalvon ympäröimiä jäterakuloita, jotka esimerkiksi makrofagit tuhoavat fagosytoimalla. Koska kuolevan solun sisältö ei missään vaiheessa vapaudu ympäristöönsä, tulehdusreaktiota ei synny. Apoptoosia tarvitaan mm. vanhojen solujen tuhoamisessa, yksilönkehityksessä ja immuunipuolustuksessa. Virheet apoptoosin toiminnassa voivat johtaa syöpäsolujen syntyyn. (Turunen 2001, 86–87; Heino & Vuento 2004, 263–264; Solunetti 2006c, viitattu 12.5.2017.)

2.6 Solubiologia bioanalyttikon ammatissa

Solubiologialla on tärkeä rooli bioanalyttikon ammatissa. Moni bioanalytiikan erikoisala pohjautuu solubiologiaan, esimerkiksi hematologia, mikrobiologia ja patologia. (Casna 2008, 34.)

Hematologia tutkii veren soluja, niiden laatua ja ominaisuuksia. Verenkuvatutkimuksessa lasketaan erilaisten solujen määriä. Perusverenkuvan määrittämisessä lasketaan punasolujen, valkosolujen ja verihiutaleiden eli trombosyyttien määrä. Tuloksia käytetään apuna sairauksien diagnostiikassa. Valkosolujen erittelylaskennassa lasketaan eri tyyppisten leukosyyttien määrät. Näin autetaan diagnosoimaan esimerkiksi leukopeniaa (valkosolujen vähäisyyttä) ja leukosytoosia (valkosolujen ylimäärä). Morfologisia tutkimuksia käytetään mm. eri anemiatyyppien selvittämisessä tutkittaessa verisolujen laatua ja ulkonäköä. Verensiirtotoiminnassa määritetään veriryhmätekiäjiä. Hemostaasitutkimuksia käytetään hyytymishäiriöiden diagnostiikassa ja hoidon seurannassa. Hematologiassa käytetään apuna automaattisia analysointilaitteita, mutta myös sivelyvalmisteen värjäystä ja mikroskooppista tarkastelua. (Niemelä & Pulkki 2014, 252; Porkka, Lassila, Remes & Savolainen 2015, 84–100, 152, 365, 640–642.)

Histologia tutkii muun muassa kasvaimista ja koepaloista tehtyjä kudoksenäytteitä. Histologiset kudoksenäytteet esikäsitellään ja valetaan useimmiten parafiiniin tai jäädytetään. Näytteistä valmistetaan leikkeitä, jotka värjätään ja tutkitaan mikroskooppisesti. Sytologia tutkii kehon nesteitä, ohutneulanäytteitä sekä irtosolunäytteitä. Sytologisessa tutkimuksessa näyte kiinnitetään objektilasille,

värjätään ja mikroskopoidaan. Näytteistä etsitään poikkeavuuksia, kuten solujen epänormaalia toimintaa tai sijaintia esimerkiksi gynekologisessa irtosolunäytteessä. (Lehto & Stenbäck 2012, viitattu 25.9.2017; Mäkinen 2012, viitattu 25.9.2017; Stenbäck & Klemi 2012, viitattu 9.5.2018.)

Mikrobiologia tutkii muun muassa terveydelle haitallisten bakteerien, virusten ja loisten vaikutusta elimistössä. Mikrobiologisissa tutkimuksissa käytetään menetelminä viljelyä eri alustoilla, nukleiinihappomenetelmiä ja biokemiallisia testejä. Työ on vielä suurelta osin käsityötä, kuten viljely, värjäys ja mikroskopointi. Virusdiagnostiikassa käytetään soluja virusten kasvualustana. Viljelmässä nähdään virusten aiheuttamia muutoksia, joiden perusteella voidaan tunnistaa infektion aiheuttanut virus. (Hedman ym. 2011, 37–46, 56–57, 65.)

3 VERKKO-OPPIMINEN

Verkko-oppiminen tarkoittaa oppimista, jossa oppimisprosessin apuna käytetään verkon tarjoamaa viestintä- ja tietotekniikkaa. Verkko mahdollistaa ajasta ja paikasta riippumattoman oppimisen. Tekniikan kehittyessä verkkoa voi käyttää tiedon tarjoajan lisäksi myös keskusteluareenana tai omien tuotosten julkaisupaikkana. (Kalliala 2002, 12; Keränen & Penttinen 2007, 1–3, 19–24.)

3.1 Verkkopedagogiikka

Verkkopedagogiikalla tarkoitetaan internetverkon kautta tapahtuvaa opettamista, opiskelua ja sen tutkimista. Oppimisen tavoitteet täytetään verkko-opinnoissa teknologian säätelemien rajojen mukaan. (Sarja, luentomateriaali 12.2.2015.)

Verkko-oppimista voi käyttää osana lähiopetusta, monimuotokoulutuksessa ja itsenäiseen opiskeluun. Opettajalla on verkon kautta helppo pääsy muun muassa kurssin oppimateriaalin hallintaan, ohjeistuksiin, lisämateriaalin esimerkiksi linkkien kautta ja tehtävien antoon ja palautuksiin. Verkko-oppimisalustat keräävät kaiken tarpeellisen tiedon yhteen paikkaan, josta niin opettaja kuin oppilaatkin ne löytävät ilman tiedon hukkumista esimerkiksi sähköpostin syövereihin. (Kalliala 2007, 16–18; Keränen & Penttinen 2007, 19–25.)

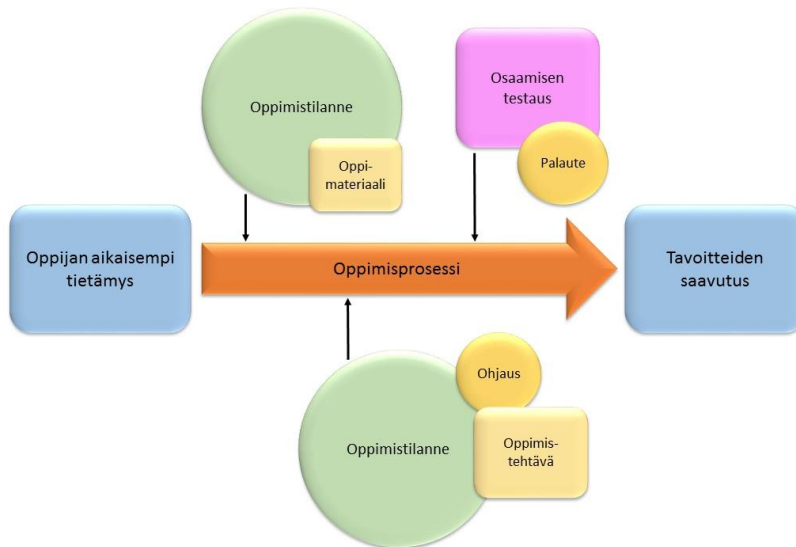
Opetushallituksen työryhmän (2006,14) mukaan pedagogisesti laadukas verkko-oppimateriaali ”soveltuu luontevasti opetus- ja opiskelukäyttöön, tukee opetusta ja oppimista ja tarjoaa pedagogista lisäarvoa.” Laadukas verkko-oppimateriaali ei vain siirrä vanhoja opetusmalleja uudelle alustalle, vaan tukee oppimista uusien keinoin, kuten aktivoimalla opiskelijaa ja antamalla oppijalle merkityksellisiä oppimistehtäviä. Hyvä materiaali kutsuu opiskelijan perehtymään kokonaisuun ilmiöihin ja motivoi aidosti.

Opetushallitus on laatinut verkko-oppimateriaalin tuottajalle laatukriteerit, jotka auttavat laadukkaana materiaalin tuottamisessa. Hyvä verkko-oppimateriaali kertoo, mitkä ovat sen tavoitteet, miten sitä käytetään, mitä ennakkotietoja se tarvitsee ja miten oppimista arvioidaan. Laadukas materiaali tukee kehittyneitä opiskelukäytäntöjä, kuten motivointia ja aktivointia, oman oppimisen seurantaa, ohjausta ja apua vaikeasti sisäistettävien asioiden käsittelyyn. Oppimateriaalin sisältävä tieto tulee

olla merkityksellistä ja vääristelemätöntä, ja sen esitystapa helposti omaksuttava. Asiat esitetään aidoissa asiayhteyksissä, ja materiaali auttaa yhdistämään uutta tietoa opiskelijan aiempaan tietoon. Verkko-oppimateriaali tukee monipuolista arviointia, myös opiskelun aikana, jolloin palautteella voidaan tukea oppijan ymmärtämistä ja oppimista. (Opetushallituksen työryhmä 2006, 15–17.)

Opettaja tai toimeksiannon saanut henkilö suunnittelee verkko-opetukseen oppimateriaalin. Opetussuunnitelma määrittelee opintojakson sisällön ja oppimateriaalin aiheet. Opintojakson keskeiset sisällöt jäsennetään kokonaisuuksiksi, laaditaan osaamistavoitteet ja osaamiskriteerit, joiden kautta voidaan luoda verkko-oppimateriaalia opiskelijan käyttöön. Verkko-oppimateriaali sisältää yleisimmin kurssikuvauksen, lähiopetuksessa käytetyt kalvot, tehtäviä ja tausta-aineistoja. Oppimisympäristö tarjoaa kokonaisoppimisprosessille teoriaan pohjautuvan oppimateriaalin, aktiivisia oppimistehtäviä ja ohjausta. Verkko-oppimisympäristössä voidaan käyttää erilaisia mediaelementtejä monipuolistamaan oppimateriaalia: kuvat ja kuvaajat, animaatiot ja simulaatiot sekä videot havainnollistavat opittavaa asiaa eri tavalla kuin teksti. Erilaisista mediaelementeistä on apua etenkin vaikeasti sisäistettävissä asioissa. (Silander & Koli 2003, 10, 54–55, 67–76; Kalliala 2007, 14.)

Kuviossa 1 olemme havainnollistaneet verkko-oppimisprosessin kulkua yksinkertaistetusti. Kaikkeen oppimiseen vaikuttaa oppijan aikaisempi tietämys. Prosessin aikana on useita esilaisia oppimistilanteita, ohjausta, testaamista ja palautetta, jotka auttavat oppimistavoitteen aikatauluttamisessa ja saavuttamisessa. Kaavio on luotu Silanderin ja Kolin (2003, 24–27) ohjeistusta mukaillen.



KUVIO 1. Verkko-oppimisprosessi. (Silander & Koli 2003, 24–27, mukailtu).

3.2 Verkko-oppimislustat

Verkko-oppimislustoja on olemassa erilaisia ja ne tarjoavat kaikki omanlaisensa työvälineet oppimisympäristöjen luomiseen. Kaupallisia oppimislustoja ovat mm. Discendum Optima ja WebCT, sekä ilmaisia, esimerkiksi Claroline ja Moodle. Erilaisten alustojen vertailu keskenään on hankalaa, sillä yhteisiä raameja alustoille ei ole, ja käyttäjien tarpeet ovat erilaisia. Oppimislustan valinnassa tulee miettiä käyttäjien tarpeita ja kustannuksia. (Keränen & Penttinen 2007, 28–30.)

Oppimislustaa käytetään www-selaimella, joten se on kaikkien käytettävissä eikä laiteriippuvaista. Perustoiminnot sisältävät muun muassa verkkokurssien tekemiseen ja niihin liittyvien opiskelijatoimintojen ylläpidon ja hallinnan. Käyttäjä kirjautuu oppimislustaan omilla käyttäjätunnuksillaan, jolloin saadaan käyttäjäkohtaiset näkymät ja näin pystytään seuraamaan opiskelijan käyttäytymistä oppimislustalla. Käyttäjätunnuksella voidaan tallentaa opiskelijan suorituksia. Oppimislustaa käytetään kurssien kautta, ja jokaiselle kurssille luodaan omat oppimateriaalit, tehtävät ja muut toiminnot. (Keränen & Penttinen 2007, 31–32.)

3.3 Moodle-oppimisalusta

Työssämme käytimme Moodle-oppimisalustaa, koska se on valittu koulullamme alustaksi. Opintojakson biokemian osuus on toteutettu myös Moodle-alustalla ja kurssin yhtenäisyyden vuoksi emme käyttäneet muita alustoja.

Moodle on websovellus, joka asennetaan web-palvelimelle ja sitä käytetään web-selaimen kautta. Jokaisella Moodlessa olevalla kurssilla on oma etusivunsa, josta pääsee käsiksi kurssin materiaaleihin. (Karevaara 2009, 15, 18.) Materiaali on jaoteltu omiksi asiakokonaisuuksikseen, jotka saa näkyville omina sivuinaan. Jokaiselta aihekokonaisuudelta saa auki omat teoriamateriaalit, tehtävät, linkit ja muun materiaalisällön.

Moodle-alusta on helposti muokattavissa eri tarpeiden mukaan esim. monimuoto-opetukselle ja itsenäiseen verkko-opiskeluun. Sitä pystyy käyttämään paikasta ja ajasta riippumattomasti erilaisilla mobiililaitteilla. Opiskelijalla on siis aina mahdollisuus päästä oppimisympäristöön. (Moodle Pty Ltd. 2016, viitattu 15.3.2017.)

4 TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ

Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on ohjeistaa ja opastaa käytännön toimintaa tai järjeistää ja järjestää toimintaa esimerkiksi ohjeen, ohjeistuksen tai oppaan myötä. Se voi olla myös jonkin tapahtuman järjestämistä ja toteuttamista. Toiminnallisessa opinnäytetyössä yhdistyy käytännön toteutus ja sen raportointi tutkimusviestinnän keinoin. Koska ammattikorkeakoulutuksen tavoitteena on tuottaa oman alansa asiantuntijatehtävissä toimiva henkilö, tulee hänen hallita perusteet oman alansa kehittämiseen ja tutkimiseen. Opinnäytetyön tekemisessä korostetaan työelämälähtöisyyttä, käytännönläheisyyttä, tutkimuksellista asennetta sekä osoittaa riittävää alan tietojen ja taitojen hallintaa. (Vilkkä & Airaksinen 2004, 9–10.)

Oulun ammattikorkeakoulun strategiassa vuosille 2017-2020 on esitetty visioksi olla Pohjois-Suomen johtava, monialainen ja kansainvälinen ammattikorkeakoulu. Koulun arvoina ovat yhteisöllisyys, työelämäkumppanuus, kehittämishalukkuus ja tuloksellisuus. Toiminnalle on tyypillistä työ- ja elinkeinoelämää uudistava kokeilullisuus sekä tarkoituksenmukaisesti hyödynnetty digitalisaatio. Strategisiin linjauksiin kuuluvat digitaalisuus, kansainvälisyys sekä tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan keskittäminen. (OAMK 2016, viitattu 21.3.2017.) Opinnäytetyömme liittyy koulun strategiassa esiintyvään digitalisaatioon; teemme tarkoituksenmukaista oppimateriaalia verkkoympäristöön tulevien opiskelijoiden käyttöön.

Opinnäytetyönämme toteutimme tuotteen, joka on solubiologian oppimateriaali bioanalytiikan opiskelijoille. Työmme tukee edellä kerrottua Oulun ammattikorkeakoulun strategiassa esiintyvää digitalisaatiota. Tavoitteenamme oli luoda selkeä digitaalinen verkko-oppimateriaali Oulun ammattikorkeakoulussa käytössä olevalle Moodle-alustalle tulevia opiskelijoita varten.

4.1 Solubiologian opintojakson oppimistavoitteet ja sisältö

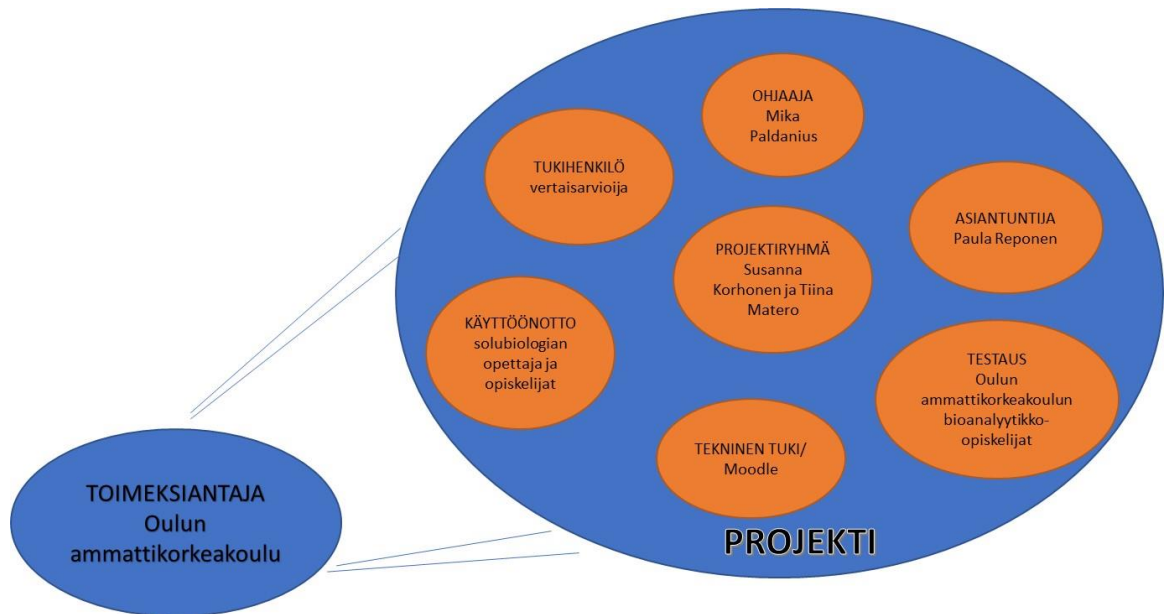
Solubiologian opinnot sisältyvät opintojaksoon O1001BA Solubiologian, biokemian ja perinnöllisyyden perusteet (5OP). Solubiologian osalta tavoitteena on, että opiskelija osaa nimetä solujen ja soluorganellien rakenteet sekä ymmärtää niiden toiminnan muodostaen kokonaiskäsitteen soluista ja niiden säätelyjärjestelmistä. Kurssi sisältää solujen perustyyppit, erikoispiirteet ja rakenteet,

solukalvon rakenteen ja toiminnan, soluväliaineen sekä solun jakautumisen. (Huttunen 2017, viitattu 25.8.2017.) Verkko-opiskelumateriaalin sisältö on rajattu opinto-oppaan määrittelemän sisällön mukaisesti lukuun ottamatta syventävää materiaalia, jonka on tarkoitus yhdistää solubiologian teoretietoa bioanalyytikon ammattiin.

4.2 Projektiorganisaatio

Projektiorganisaatio koostuu ihmisistä, jotka pyrkivät yhdessä saavuttamaan jonkin tavoitteen, tässä tapauksessa valmiin opinnäytetyön kautta oppimateriaalia solubiologian perusteisiin bioanalyttikko-opiskelijoille. Organisaation tulee olla avoin järjestelmä, joka kykenee olemaan jatkuvasti vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Perusorganisaatio antaa toimeksiannon projektille ja määrää tälle tietyn tehtävän sekä valtuuttaa projektin suorittamaan sen. Projekti on vastuussa perusorganisaatiolle, jotta asetetut tavoitteet saavutettaisiin. Tehtävän suoritettuaan projektiorganisaatio puretaan ja projekti päätetään. (Ruuska 2007, 21, 55–57.)

Projektimme toimeksiantajana toimi Oulun ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveysalan bioanalytiikan tutkinto-ohjelma. Projektin työryhmään kuuluivat bioanalyttikko-opiskelijat Susanna Korhonen ja Tiina Matero. Ohjaajana toimi yliopettaja Mika Paldanius ja asiantuntijana opettaja Paula Reponen. Tukihenkilönä toimi vertaisarvioija Meeri Haataja. Materiaalin testaamisessa käytettiin Oulun ammattikorkeakoulun bioanalyttikko-opiskelijoita. Materiaali otettiin käyttöön solubiologian opintojakson vastaavan opettajan ja hänen oppilaidensa toimesta. Projektiorganisaatiota on kuvattu kuviossa 2, joka on mukailtu Ruuskan (2007, 128) esittämän saarekemallin mukaisesti.



KUVIO 2. Projektioorganisaatio.

5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Työn tilaajana toimi Oulun ammattikorkeakoulu ja opetusmateriaalin tarpeen meille esitti solubiologian opettaja. Laadimme aluksi suunnitelman, jossa rajasimme sisällön opintosuunnitelman ja aiemman materiaalin mukaan sekä jaoimme sen aihekokonaisuuksiin. Työn luonne vaati myös pedagogiikkaan ja verkko-opetukseen perehtymistä.

5.1 Opinnäytetyön suunnittelu ja tavoitteet

Tavoitteenamme oli tuottaa oppimismateriaalia, jota mm. tulevat monimuoto-opiskelijat voivat käyttää itseopiskeluun kontaktituntien puuttuessa. Materiaali oli tarkoitus toteuttaa tavalla, jolla kurssin opettaja voi muokata sisältöä halutessaan. Pyrkimyksenämme oli saada materiaalista sellainen, että se tukee eri oppimistapoja. Tarkoituksena oli tarjota teoretietoa sekä teoriaa tukevia tehtäviä ja linkkejä havainnollistaviin lähteisiin. Näin opiskelija saa paremman kokonaiskuvan käsiteltävästä aiheesta. Pyrimme saamaan aiheiden jaottelulla selkeyttä asiasisältöön.

Omana oppimistavoitteenamme oli syventää tietämystämme solubiologiasta ja opetusmateriaalin suunnittelemisen oppimista. Samalla oli tarkoitus oppia käyttämään tekniikkaa, jota tarvitaan oppimismateriaalin luomiseen (mm. Office, Moodle-alusta, graafisen suunnittelun ohjelma).

5.2 Opinnäytetyön sisältö

Solubiologian materiaali jaettiin seuraaviin osa-alueisiin: solujen rakenne, solukalvo ja aineiden kuljetus, solujen tarttuminen ympäristöönsä & soluväliaine, tiedonsiirto solun sisällä ja solujen välillä sekä solun jakautuminen. Lisäksi käsitelimme lopuksi omana osa-alueenaan solubiologiaa bioanalyytikon ammatissa, jotta saisimme yhdistettyä opittavan teoretiedon käytännön elämään ja opiskeltavaan ammattiin.

Solujen rakenne -osio sisältää kaksi Powerpoint-tiedostoa: yleistä soluista, jossa kerrotaan mitä solut ovat sekä niiden kemiallisesta koostumuksesta ja eukaryoottisolun, jossa kerrotaan lähinnä aitotumallisen solun rakenteesta. Osio sisältää lisäksi tehtävän, jossa opiskelijan tulee kertoa prokaryoottisolun ja eukaryoottisolun erot, sekä nimetä eukaryoottisolun soluelimet sen mukaan mikä

on niiden pääasiallinen tehtävä. Lopuksi on tentti, jonka avulla opiskelija pystyy hahmottamaan sen, miten on oppinut kyseisen osion asiat.

Osio solukalvo ja aineiden kuljetus sisältää neljä Powerpoint-tiedostoa. Ensimmäisessä käsitellään solukalvon rakennetta, seuraavissa omia tiedostoinaan erilaisia tapoja aineiden kuljetukselle solun sisällä ja solujen välillä: aktiivinen kuljetus, passiivinen kuljetus sekä endo- ja eksosytoosi (kalvokierto). Oma word-tiedostonaan opiskelijalle on annettu linkkejä, joiden avulla hän pääsee solukalvon toimintaa käsitteleville internetsivuille katselemaan videoita ja animaatioita. Lopuksi on tehtävä liittyen aineiden kuljetukseen solukalvon läpi: opiskelijalle näytetään kuvassa viisi kuljetustapaa ja hänen tulee tunnistaa nämä kuljetustavat sekä kertoa miten kuljetus tapahtuu. Lisäksi hänen tulee kertoa, onko kuljetus aktiivista vai passiivista ja mikä kuljetustapa kuvasta puuttuu. Tehtävän kuva on piirretty itse Inkscape (versio 0.92, Open-source - ohjelmisto) ohjelmalla.

Solujen tarttuminen ympäristöönsä ja soluväliaine sisältää kolme Powerpoint-tiedostoa, jotka käsittelevät soluväliainetta (tehtävää ja koostumusta), solujen tarttumista sidekudokseen ja toisiin soluihin sekä soluväliainetta bioanalyytikon ammatissa. Lopussa olevalla tentillä opiskelija voi testata oppimistaan.

Tiedonsiirto solun sisällä ja solujen välillä sisältää kaksi Powerpoint-tiedostoa. Ensimmäisessä tiedostossa kerrotaan miten viestit kulkevat solujen välillä ja toisessa käsitellään solujen reseptoreita, toisiohjetta sekä sitä miten ne toimivat ja mihin niitä tarvitaan. Myös tässä osiossa on lopuksi tentti, jolla opiskelija voi testata oppimiaan asioita.

Solun jakautumisessa käsitellään omia Powerpoint-tiedostoinaan solusykli ja sen säätely, mitosis eri vaiheineen, meiosis eri vaiheineen munasolulla ja siittiöllä sekä solukuolema eli apoptoosi. Osion lopussa on tentti, joka auttaa hahmottamaan oppimisen määrää.

Viimeisenä aihealueena on solubiologia bioanalyytikon ammatissa. Tämä osio sisältää yhden Powerpoint-tiedoston, jossa kerrotaan esimerkkejä millä bioanalytiikan osa-alueilla solubiologian osaamista erityisesti tarvitaan. Kerromme lyhyesti yleisiä asioita näistä erikoisaloista (hematologia, patologia sekä mikrobiologia) sekä sen, mitä tutkimusmenetelmiä nämä erikoisalat sisältävät. Emme kokeneet tarpeelliseksi kertoa kovin laajasti näistä alueista, jottei opiskelija ajautuisi ulos itse pääasiasta, vaan että hän pystyisi hahmottamaan, että tämä teoretieto tulee jatkossa vastaan

muissa opinnoissa ja myöhemmin työelämässä. Käytimme dioissa myös kuvia, joita olimme ottaneet aiempien opintojemme yhteydessä, esimerkiksi verinäytteen mikroskooppikuvia, fluoresenssivärjättyjä soluja ja vasta-ainevärjättyä kudosteikettä. Liitimme osioon myös tehtävän, jossa opiskelija tutustuu tutkimusohjekirjan ja tutkimuslyhenteiden avulla soluja sisältäviin bioanalyttisiin tutkimuksiin.

5.3 Opinnäytetyön toteutus

Lisäsimme materiaaleihin paljon kuvia ja animaatioita itseopiskelun tueksi, jotta asioiden hahmottaminen olisi helpompaa. Materiaali sisältää tenttejä, joilla opiskelija syventyisi opiskeltavaan asiaan eri tasolla ja voi testata oppimiaan asioita. Tehtävien tarkoituksena on aktivoida opiskelijaa sekä hankkimaan tietoa ulkopuoleisista lähteistä. Aihealueiden sisällöt on pyritty jaottelemaan siten, että opiskelijan olisi mahdollisimman helppo hahmottaa opiskeltava asia, kun se on selkeinä aihekokonaisuuksina. Kuvien lähteenä on käytetty kirjoja sekä www-sivustoja. Olemme pyrkineet ottamaan suuren osan kuvista kirjoista, koska koemme ne laadukkaiksi ja saamme ne näin opiskelijalle helposti saatavilla olevaan muotoon.

5.4 Ulkoasu

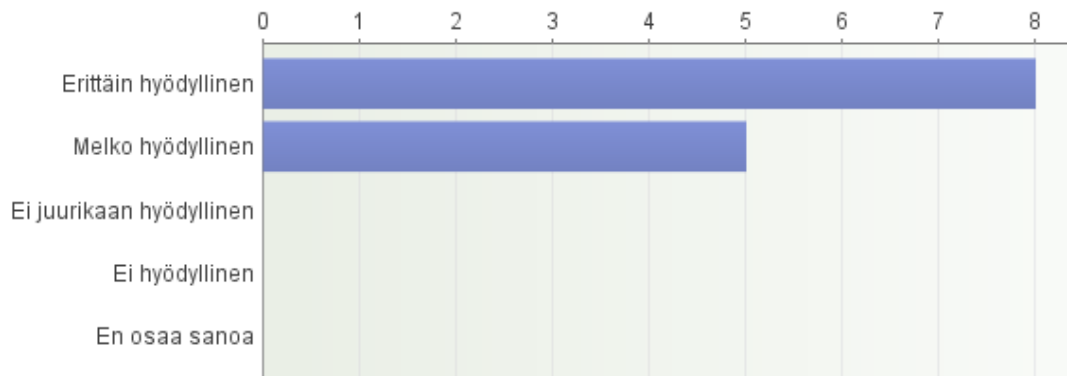
Käytimme Powerpoint -dioiden pohjana selkeää ja hyväkontrastista teemaa, joka sopii myös tulos-tukseen. Dioiden sisällön suunnittelussa pyrimme saamaan aikaan selkeitä kokonaisuuksia, joissa yhdessä diassa olisi selitetty yksi asia kuvan kanssa. Asiat kerrottiin tiiviisti selkeitä sanoja ja käsitteitä käyttäen. Näin eri tilanteissa olevilla opiskelijoilla olisi yhtäläinen mahdollisuus ymmärtää asia-sisältö. Tehtävien ja linkkilistojen pohjana käytimme Wordia. Näin saimme selkeän ja helposti muokattavan pohjan itsenäiseen työskentelyyn.

Itse oppimisympäristön ulkoasun määrää melko pitkälle Moodlen oletusasetukset. Sisällön hahmottamiseksi liitimme asiakokonaisuuksien etusivuille aihetta havainnollistavan kuvan. Tenttien ulkoasun määräsi Moodle, muokkasimme vain tenttien toimivuusasetuksia.

5.5 Testaaminen ja palaute

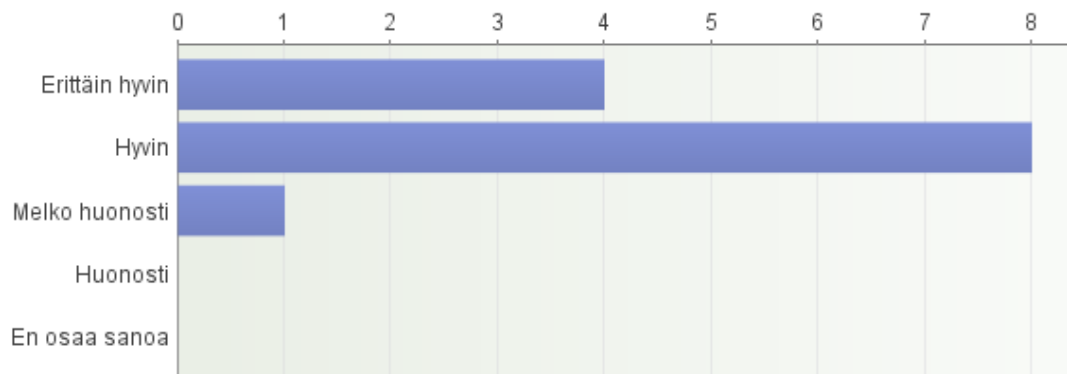
Oppimateriaalin laatua ja käytettävyyttä testattiin ensimmäisen vuoden opiskelijoilla luentokurssin yhteydessä. Opiskelijoita pyydettiin vastaamaan Webropol-palautekyselyyn. Kyselylomake on esitetty liitteessä 1. Lomakkeeseen vastasi 13 opiskelijaa.

Ensimmäinen kysymys koski materiaalin hyödyllisyyttä. 61,5 % vastaajista koki materiaalin erittäin hyödylliseksi, loput vastaajista koki materiaalin melko hyödylliseksi (kuvio 3) Toisessa kysymyksessä kysimme tekstin selkeyttä. 77 % vastaajista piti tekstiä melko selkeänä ja loput pitivät sitä erittäin selkeänä.



KUVIO 3. Materiaalin hyödyllisyys (N = 13).

Kolmas kysymys koski kuvien ja animaatioiden oppimisen tukemista (kuvio 4). 61,5 % vastaajista koki kuvien ja animaatioiden tukevan oppimista hyvin, 31 % vastaajista koki niiden tukevan oppimista erittäin hyvin. 7,5 % vastaajista koki niiden tukevan oppimista melko huonosti.



KUVIO 4. Kuvien ja animaatioiden antama oppimisen tuki (N = 13).

Neljännellä kysymyksellä etsittiin asiavirheitä. 77 % vastaajista ei ollut huomannut asiavirheitä, kun taas 23 % vastaajista oli huomannut jotain asiavirhettä. Kommentteihin oli laitettu yhdestä käsitevirheestä kaksi kommenttia: tenttikysymyksessä oli kinetokori ja sentrioli esitetty synonyymeiksi. Viidennellä kysymyksellä etsittiin kirjoitusvirheitä, joita ei kukaan vastaajista ollut huomannut. Kuudes kysymys koski ulkoasun selkeyttä, mikä olikin pääasiassa koettu selkeäksi (92 %). Seitsemännellä kysymyksellä tiedusteltiin materiaalin monipuolisuutta. 85 % vastaajista koki materiaalin riittävän monipuoliseksi, kun taas 15 % olisi halunnut lisää tietoa, syvyyttä sekä käsitteiden aukaisemista.

Kahdeksas kysymys oli avoin kysymys, jolla tiedusteltiin, mikä oli hyvää materiaalissa. Opiskelijat (N = 11) olivat kokeneet, että materiaali oli selkeää, hyvin rytmittyä, tiivistä ja siitä oli hyvä lähteä itsenäisesti syventämään tietoa. Kuvien käyttöä, testejä ja ulkoasua oli kehitetty. Yhdeksännellä kysymyksellä haettiin kehitysehdotuksia. Opiskelijat (N = 9) kokivat, että joitain käsitteitä olisi voinut avata paremmin, selostavia kuvia ja animaatioita olisi voinut olla vielä enemmän ja sanastosta olisi voinut olla oma testinsä. Joku oli löytänyt materiaalista epäloogisuuksia, mutta ei tarkentanut, että missä ja mitä. Joku oli kokenut, että tentit olivat liian hankalia, toiset eivät keksineet mitään kehitettävää.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda laadukasta opetusmateriaalia solubiologian opetukseen Moodle-alustalle. Aiheen saimme opettajalta, joka ilmaisi uudenlaisen materiaalin tarpeen itseopiskeluun ja monimuoto-opiskeluun. Tartuimme aiheeseen, koska meistä se on mielenkiintoinen ja koemme, että perustiedon hyvä hallinta on oleellista oman ammattitaidon kehittymiselle.

Tavoite oli selkeänä kokonaisuutena mielessämme, jolloin tekeminen oli mukavaa ja mielekästä. Välitavoitteiden asettaminen ohjasi projektin etenemistä ja aikataulutusta. Yhteisten aikataulujen sopiminen oli ajoittain haasteellista, koska kuulumme eri harjoitusryhmiin, minkä vuoksi vapaa-ajat sijoituivat eri ajankohtiin. Ajoittain jouduimme keskittymään muiden opintojen aikataulun mukaiseen suorittamiseen, jolloin opinnäytetyön tekeminen oli tauolla. Emme halunneet tehdä työtä kiireellä, koska halusimme tehdä sen hyvin. Olemmekin hyvin tyytyväisiä lopputulokseen.

Työn tekeminen oli opettavaista ja syvensimme myös omaa tietouttamme solubiologian aihealueesta. Opimme uusia tietojenkäsittelytaitoja, Moodle-alustan käyttöä opettajan näkökulmasta, Webropolin käyttöä sekä pedagogisesti laadukkaan opetusmateriaalin valmistamista. Aineistonkeruu oli sujuvaa eikä tuottanut meille haastetta. Olisimme halunneet käyttää ajankohtaisia artikkeleita, mutta emme katsoneet tätä tarkoituksenmukaiseksi, sillä uusi tutkittu tieto menee liian pieniin yksityiskohtiin, jotta sitä voisi soveltaa solubiologian perusteiden opetuksessa.

Materiaalin laatua testattiin kyselyllä, johon vastasi 13 opiskelijaa. Ensimmäisen vuoden opiskelijoita oli Moodle-alustalle ilmoittautunut 36, joten vain noin kolmannes oli käynyt vastaamassa kyselyyn. Olisimme toivoneet enemmän vastaajia, mutta arvonnasta ja mainonnasta huolimatta vastaajamäärä jäi alhaiseksi. Palautteen perusteella itseopiskelumateriaali oli onnistunut. Opiskelijat kokivat sen erittäin hyödylliseksi, materiaali oli selkeää ja sen ulkoasusta pidettiin. Kuvien ja animaatioiden käyttöä oli kehitetty, mutta osa oli toivonut niitä myös lisää. Koemme materiaalissa olevan jo nyt sopivasti kuvia ja asiasisältö karsii, jos niiden määrää materiaalissa kasvatetaan. Harp & Mayerin (1998, 430–432) mukaan liiallisten ja asiayhteyden kannalta epäoleellisten kuvien käytön on todettu heikentävän oppimistuloksia.

Materiaalin tarkoitus on tarjota perustieto, jota opiskelija voi itse lähteä syventämään, jos kokee sen tarpeelliseksi. Opiskelijan aktiivisuus on merkityksellistä oppimisen kannalta ja hyvä oppimismateriaali tukee aktiivisuutta sekä ohjaa käyttämään ja työstämään tietoa eteenpäin. Oppimisessa tulee olla tilaa omalle ajattelulle ja toiminnalle. (Ilomäki 2012, 47.)

Verkkomateriaalin tehtävien tulisi olla luonteeltaan sellaisia, joita tulee eteen myös todellisessa työelämässä ja lisäksi niiden pitäisi ohjata opiskelijoita asiantuntijatiedon pariin (Ilomäki 2012, 65). Materiaalin viimeisessä osiossa, solubiologia bioanalyytikon ammatissa, opiskelijaa ohjataan soveltamaan oppimiaan asioita bioanalyytikon ammattiin. Osio sisältää tehtävän, jossa opiskelija käyttää laboratorion tutkimusohjekirjaa tiedon etsinnässä. Tutkimusohjekirjat ovat bioanalytikoille tärkeitä työvälineitä, joiden käyttöä on hyvä harjoitella.

Testaamisessa asiavirheitä koko asiasisällöstä löytyi yksi, mikä korjattiin materiaaliin. Erityisesti testeistä ja tehtävistä pidettiin, sillä niiden koettiin tukevan hyvin opiskelua ja auttavan hyvin asioiden kertaamisessa. Kehitysehdotuksissa oli käsitteiden ja sanaston avaamista sekä testaamista sanakokeen avulla. Mielestämme tämä on hyvä ajatus ja toteuttaisimme se omana osionaan materiaalin loppupuolella. Joku oli kokenut tenttien olevan liian vaikeita. Pyrimme tenttien avulla etsimään asioihin uusia näkökulmia ja näin yhdistelemään asioita kokonaisuuksiksi, eikä ollut tarkoitus, että kaikkeen löytyy suora vastaus materiaalista. Syvemmän tason oppimiseen tarvitaan asioiden ja käsitteiden välisten suhteiden ymmärtämistä. Tämä vaatii opiskelijalta taitoa käsitellä, yhdistellä ja ymmärtää asioita, jolloin oppiminen ei jää pinnalliseksi. (Ilomäki 2012, 86.)

Moodle-alusta on monipuolisempi kuin aikaisempi kurssimateriaali ja se tukee Oulun ammattikorkeakoulun strategista linjausta edistää digitalisaatiota. Materiaalia on helppo muokata nykyisellä alustallaan, mikäli muutoksen tarvetta havaitaan.

LÄHTEET

Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Watson, J. D. 1994. *Molecular Biology of the Cell*. Third edition. New York & London: Garland Publishing, Inc.

American Society for Microbiology 2016. Blood Agar Plates And Hemolysis Protocols. Viitattu 3.4.2017, <http://www.asm.org/index.php/ml-2885>.

Boundless 2017. Fluid Compartments. Viitattu 18.4.2017, <https://www.boundless.com/physiology/textbooks/boundless-anatomy-and-physiology-textbook/body-fluids-and-acid-base-balance-26/body-fluids-246/fluid-compartments-1208-1206/>.

Campbell, N. & Reece, J. 2005. *Biology*, 7th edition. Pearson Benjamin Cummings.

Casna, G. 2008. Education and training of medical technologists in Italy. *Clinica Chimica Acta* 393(1), 33–35.

Harp, S.F. & Mayer, R.E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology* 90(3), 414-434.

Hedman, K., Heikkinen, T., Huovinen, P., Järvinen, A., Meri, S. & Vaara, M. 2010. *Mikrobiologia: Mikrobiologia, immunologia ja infektiosairaudet*. Helsinki: Duodecim.

Heino, J. & Vuento, M. 2004. *Solubiologia*. Porvoo: WSOY.

Hiltunen, E., Holmberg, P., Kaikkonen, M., Lindblom-Ylänne, S., Nienstedt, W. & Wähälä, K. 2005. *Galenos*. Helsinki: WSOY.

Huttunen, J. 2017. *Opinto-opas*. Viitattu 25.8.2017. http://www.oamk.fi/opinto-opas/opintojen-sisalto/opetussuunnitelmat?koulutus=bio2017s&lk=s2017&alasivu=opintojakso&oj=O1001BA_fi.

Ilomäki, L. 2012. Laatusuunnitelmat E-oppimateriaaleihin. Opetushallitus. *Oppaat ja käsikirjat 2012:5*. Viitattu 9.5.2018, http://oph.fi/download/144415_Laatusuunnitelmat_e-oppimateriaaleihin_2.pdf.

Kalliala E. 2002. Verkko-opettamisen käsikirja. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab.

Karevaara, S. 2009. Moodlen perusteet. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab.

Keränen, V. & Penttinen, J. 2007. Verkko-oppimateriaalin tuottajan opas. Jyväskylä: WSOYpro/Docendo-tuotteet.

Lehto, V.-P., Stenbäck, F. 2012. Hyvän- ja pahanlaatuisten kasvainten erot. Patologia. e-kirja. Viitattu 25.9.2017, <http://www.oppiportti.fi/op/pat00821/do>.

Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudaira, P., Baltimore, D. & Darnell, J. 2002. Molecular Cell Biology. 4th Edition. New York: W. H. Freeman and Company.

Mathews, C., van Holde, K. & Ahern, K. 2000. Biochemistry 3rd edition. Addison Wesley Longman.

Meenakshi, A. 2013. Cell Culture Media: A Review. Labome. Viitattu 3.4.2017, <https://www.labome.com/method/Cell-Culture-Media-A-Review.html>.

Moodle Pty Ltd. 2016. About Moodle. Viitattu 15.3.2017, https://docs.moodle.org/32/en/About_Moodle.

Mäkinen, M. Yleisimpien näytteiden käsittelyyn liittyviä ohjeita. Patologia. e-kirja. Viitattu 25.9.2017, http://www.oppiportti.fi/op/pat00734/do?p_haku=jääleike#q=jääleike.

Niemelä, O., Pulkki, K. 2014. Laboratoriolääketiede – kliininen kemia ja hematologia. 3.-4. painos. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2000. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOY.

Opetushallituksen työryhmä 2006. Verkko-oppimateriaalin laatuksikriteerit. Moniste 2006:1. Helsinki: Edita Prima Oy.

Oulun ammattikorkeakoulu 2016. Strategia 2017-2020. Viitattu 21.3.2017, <http://www.oamk.fi/strategia/#prettyphoto/0/>.

Porkka, K., Lassila, R., Remes, K. & Savolainen, E-R. 2015. Veritaudit. Helsinki: Duodecim.

Ruuska, K. 2007. Pidä projekti hallinnassa, suunnittelu, menetelmät, vuorovaikutus. Vantaa: Talentum.

Sarja, J. 2015. Verkkopedagogiikka – Oppimisen tavat verkossa. Luentomateriaali 12.2.2015. Viitattu 27.6.2017, <http://www.vapaastiverkossa.fi/wp-content/uploads/2015/02/verkkodidaktiikka.ppt>.

Silander, P. & Koli, H. 2003. Verkko-opetuksen työkalupakki – oppimisaihioista oppimisprosessiin. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab.

Solunetti 2006a. Kalvokierto. Viitattu 22.8.2017, <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/kalvokierto/2/>.

Solunetti 2006b. Jukstakriininen. Viitattu 19.4.2017, <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/jukstakriininen/2/>.

Solunetti 2006c. Solukuolema. Viitattu 12.5.2017, <http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/solukuolema/>.

Stenbäck, F. & Klemi, P. 2012. Gynekologinen irtosolututkimus eli papatutkimus. Patologia. e-kirja. Viitattu 9.5.2018, <http://www.oppiportti.fi/op/pat00738/do>.

Tortora, G. & Grabowski, S. 1996. Principles of Anatomy and Physiology. Benjamin Cummings.

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

Turunen, S. 2001. Biologia: Ihminen. Porvoo: WSOY.

Ulmanen, I., Tenhunen, J., Ylännne, J. Valste, J & Viitanen, P. 2001. Biologia: Geeni. Porvoo: WSOY.

Valste, J., Airamo, S., Holopainen, M., Koivisto, I., Suominen, T. & Viitanen, P. 2000. Biologia: Elämä. Porvoo: WSOY.

Vierimaa, H. & Laurila, M. 2010. Keho. Helsinki: WSOY.

Vilkka, H. & Airaksinen, T. 2004. Toiminnallinen opinnäytetyö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

*Palaute***1. Koitko solubiologian oppimateriaalin hyödylliseksi?**

- Erittäin hyödyllinen
- Melko hyödyllinen
- Ei juurikaan hyödyllinen
- Ei hyödyllinen
- En osaa sanoa

2. Oliko teksti selkeää?

- Erittäin selkeää
- Melko selkeää
- Ei juurikaan selkeää
- En ymmärtänyt tekstiä
- En osaa sanoa

3. Tukivatko kuvat ja animaatiot oppimistasi?

- Erittäin hyvin
- Hyvin
- Melko huonosti
- Huonosti
- En osaa sanoa

4. Huomasitko sisällössä asiavirheitä?

- En
- Kyllä, mitä?
-

5. Huomasitko kirjoitusvirheitä?

En

Kyllä, missä?

6. Oliko materiaalin ulkoasu selkeää?

Kyllä

Ei, mitä korjaisit?

7. Oliko sisältö tarpeeksi monipuolisesti esitetty?

Kyllä

Ei, mitä olisit toivonut lisää?

8. Mikä materiaalissa oli mielestäsi hyvää?

9. Mitä materiaalissa olisi voinut tehdä toisin? Kehitysehdotuksia?
