

YLEISIMMÄT HENGITYSTIEINFEKTIOITA AIHEUTTAVAT VIRUKSET

Verkko-oppimateriaali Oulun ammattikorkeakoulun bioanalytiikan opiskelijoille

Nawal Salahdin & Niina Ylisirniö & Shvan Rauf

Opinnäytetyö (AMK)

Kevät 2026

Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Nawal Salahdin & Niina Ylisirniö & Shvan Rauf

Opinnäytetyön otsikko: Yleisimmät hengitystieinfektioita aiheuttavat virukset

Työn ohjaaja(t): Jaana Hoffren & Ulla-Maija Voutilainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2026

Sivumäärä: 55

Tässä opinnäytetyössä laadittiin verkkopohjainen oppimateriaali bioanalyttiko-opiskelijoille yleisimmistä hengitystieinfektioita aiheuttavista viruksista. Työn tavoitteena oli tuottaa selkeä ja laadukas oppimateriaali, joka tukee opiskelijoiden ymmärrystä aiheesta. Aihe valittiin sen ajankohtaisuuden ja merkityksellisyyden vuoksi terveydenhuollossa, sillä virusten aiheuttamat hengitystieinfektiot ovat yleisiä ja voivat aiheuttaa vakavia ongelmia erityisesti riskiryhmille.

Työn aikana perehdyttiin useisiin eri hengitystieinfektiovirusiin, niiden rakenteisiin, tartuntamekanismeihin ja diagnostiikkaan. Tietoa haettiin kattavasti, mutta aineisto osoittautui paikoitellen hajanaiseksi. Keskeisiksi laadun mittareiksi nousivat visuaalinen selkeys, looginen rakenne ja sisällön oikeellisuus.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi Moodle-ympäristöön suunniteltu oppimateriaali, joka sisältää havainnollistavia kuvia ja testikysymyksiä. Tämän työn myötä tekijöiden tieteellisen tiedonhaun, kirjoittamisen ja pedagogisen ymmärryksen taidot kehittyivät. Hengitystieinfektioiden diagnostiikka ja sen linkittyminen bioanalyttikon työhön vahvistui entisestään. Työtä on mahdollista jatkokehittää laajentamalla materiaalia kattamaan myös bakteerien aiheuttamia infektioita tai syventämällä diagnostiikkamenetelmiä.

Asiasanat: laboratoriodiagnostiikka, mikrobiologia, virukset, hengitystieinfektiot, verkko-oppimateriaali.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Programme in Biomedical Laboratory Science

Author(s): Nawal Salahdin & Niina Ylisirniö & Shvan Rauf

Title of thesis: Most Common Viruses Causing Respiratory Infections

Supervisor(s): Jaana Hoffren & Ulla-Maija Voutilainen

Spring 2026

Number of pages: 55

In this thesis, an online learning material was created for biomedical laboratory science students on the most common respiratory viruses. The aim was to produce clear and high-quality educational content that supports students' understanding of the topic. The subject was chosen due to its relevance in healthcare, as respiratory infections caused by viruses are common and can pose serious risks, particularly to vulnerable groups.

During the project, various respiratory viruses, their structures, transmission mechanisms, and diagnostic methods were examined. Although information was gathered extensively, the material was at times fragmented. The key quality criteria identified were visual clarity, logical structure, and content accuracy.

As a result, a Moodle-based learning material was developed, including illustrative images and test questions. Through this process, the authors improved their skills in scientific information retrieval, academic writing, and pedagogical understanding. Knowledge of respiratory virus diagnostics and its connection to the work of biomedical laboratory scientists was further strengthened. The material can be further developed by expanding it to include bacterial infections or by deepening the section on diagnostic methods.

Keywords: laboratory diagnostics, microbiology, viruses, respiratory infections, online learning material

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 VIRUKSET HENGITYSTIEINFEKTIOIDEN AIHEUTTAJANA	8
2.1 Virukset	8
2.2 Viruksen rakenne	9
2.3 Viruksen elinkierto	10
2.4 Viruksen replikaatio ja synteesi	11
2.5 Viruksen kokoonpano ja vapautuminen	12
2.6 Tropismi	13
2.6.1 Tropismin kliininen merkitys	15
2.7 Influenssavirukset	16
2.8 Rhinovirukset	18
2.9 Koronavirukset	19
2.10 Parainfluenssavirukset	21
2.11 RS-virukset	22
2.12 Adenovirukset	24
2.13 Epstein-Barr-virus	25
2.14 Sytomegalovirus	27
2.15 Virusten tartuntatavat ja immuunipuolustus	28
2.16 Immuunipuolustuksen keskeiset mekanismit virusta vastaan	30
2.16.1 Synnynnäinen immuunipuolustus	30
2.16.2 Hankittu immuunipuolustus	31
2.17 Laboratoriomenetelmät virusdiagnoosissa	33
2.17.1 Bioanalyytikon rooli virusten laboriodiagnostiikassa	35
2.17.2 Virustartuntojen ehkäisy ja hoitokeinot	35
2.17.3 Hoitomenetelmät	36
2.17.4 Virusten merkitys yhteiskunnassa	37

3	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET	39
4	TOTEUTUS JA ARVIOINTI	40
4.1	Toteutus	40
4.2	Arviointi	41
4.2.1	Webropol-kyselyn tulokset.....	41
5	POHDINTA	44
5.1	Eettisyys ja luotettavuus	45
5.2	Kehittämissuhteet	46
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	52

SANASTO JA SELITYKSET

Antiviraalinen

Aine tai ominaisuus, joka tuhoaa viruksia tai estää niiden lisääntymisen.

Eksosytoosi

Prosessi, jossa solu kuljettaa aineita sisältään ulos ympäröivään tilaan

Enterotrooppinen

Virus, joka ensisijaisesti lisääntyy ja aiheuttaa infektion suolistossa.

Hepatrooppinen

Virus, joka tartuttaa ja vahingoittaa ensisijaisesti maksasoluja.

Lymfoproliferatiivinen

Tila tai sairaus, jossa imusolut (lymfosyytit) lisääntyvät hallitsemattomasti tai liiallisesti.

Opsonoiminen

Immuunijärjestelmän prosessi, jossa taudinaiheuttaja merkitään syöjäsolujen (fagosyyttien) tunnistettavaksi ja tuhottavaksi.

Perforiini

Proteiini, jota luonnolliset tappajasolut (NK-solut) ja sytotoksiset T-solut käyttävät infektoituneiden tai syöpäsolujen tuhoamiseen.

Palivitsumabi

Monoklonaalinen vasta-aine, jota käytetään RS-viruksen (RSV) aiheuttaman vakavan infektion ehkäisyyn riskiryhmiin kuuluvilla lapsilla.

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan yleisimpiä hengitystieinfektioita aiheuttavia viruksia sekä niiden merkitystä bioanalyttikon työssä. Hengitystieinfektiot ovat yleisiä sairauksia, joiden aiheuttajina ovat usein virukset. Ne voivat aiheuttaa laajalle leviäviä epidemioita ja merkittäviä haasteita terveydenhuollossa. (WHO 2023.)

Hengitystieinfektiot voivat vaihdella lievistä nuhakuumeista vakaviin keuhkokuumeisiin. Niillä on merkittävä vaikutus terveydenhuoltoon, sillä ne aiheuttavat runsaasti sairauspoissaoloja ja voivat johtaa vakaviin komplikaatioihin, erityisesti riskiryhmissä, kuten vanhuksilla ja perussairauksista kärsivillä. (WHO, 2020.) Maailman terveysjärjestön mukaan hengitystieinfektiot ovat maailmanlaajuisesti yksi merkittävimmistä kuolleisuuden aiheuttajista, erityisesti pienillä lapsilla ja iäkkäillä henkilöillä. (WHO 2023.)

Aihe valittiin sen ajankohtaisuuden ja merkityksellisyyden vuoksi terveydenhuollon näkökulmasta. Opinnäytetyötä laadittaessa on voitu hyödyntää ja kehittää osaamista laajasti eri osa-alueilla, kuten hematologiassa ja mikrobiologiassa. Hyvä opinnäytetyöaihe pohjautuu tutkinto-ohjelman sisältöihin ja luo yhteyksiä työelämään. Verkkopohjainen oppimateriaali tukee pitkäkestoista työskentelyä, painottaa ydinasioita ja vahvistaa opiskelijan oppimistaitoja. (Clark & Mayer 2016.)

2 VIRUKSET HENGITYSTIEINFEKTIOIDEN AIHEUTTAJANA

Tämä toiminnallinen opinnäytetyö keskittyy yleisimpiin hengitystieinfektioita aiheuttaviin viruksiin ja niiden merkitykseen bioanalyytikon työssä. Hengitystieinfektiot ovat laboratoriotyössä tavallinen tutkimuskohde, ja niiden oikea diagnoosi vaatii ajankohtaista tietoa virusten ominaisuuksista ja laboratoriomenetelmistä. Tietoperustan tarkoituksena on antaa perusteltua taustatietoa viruksista sekä verkkopohjaisen oppimateriaalin suunnitteluperiaatteista.

Opinnäytetyötä ohjaavat seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Mitä ovat hengitystieinfektioita aiheuttavat virukset?
2. Millaisia infektioita ne aiheuttavat?

2.1 Virukset

Virukset ovat yksinkertaisimpia ja pienimpiä mikrobeja. Ne ovat pakollisia solunsisäisiä loisia, jotka tarvitsevat isäntäsolua selviytyäkseen ja lisääntyäkseen. Viruksilla on vain välttämätön määrä geneettistä materiaalia (DNA tai RNA, ei molempia), yksinkertainen proteiinikuori eli kapsidi sekä joillakin myös ulkoinen kalvovaippa. Vaipan ansiosta virus voi sulautua isäntäsolun solukalvoon ja siirtää perimänsä tehokkaasti solun sisään. (Tortora, Funke & Case 2020, 358.)

Useimmat hengitystieinfektioita aiheuttavat virukset ovat vaipallisia, mikä tekee niistä alttiimpia ympäristötekijöille, kuten lämmölle ja kuivumiselle. Suurin osa näistä viruksista sisältää RNA-genomin, mutta mukana on myös DNA-virusia kuten adenovirus ja Epstein–Barr-virus. Vaipattomilta viruksilta puuttuu lipidi-vaippa, ja niiden rakenne koostuu ainoastaan proteiinikuoresta ja perimästä. Tämän ansiosta ne kestävät ympäristön vaikutuksia, kuten kuivuutta ja pesuaineita, paremmin kuin vaipalliset virukset. (Tortora ym. 2020, 358.)

Viruksen elinkierto alkaa isäntäsolun tunnistamisella ja siihen kiinnittymisellä. Tämän jälkeen virus tunkeutuu soluun ja joko jää lepovaiheeseen tai valjastaa solun aineenvaihdunnan lisääntyäkseen. Lopuksi uudet viruspartikkelit vapautuvat

solusta joko vähitellen, esimerkiksi eksosytoosin avulla, tai äkillisesti solun hajo-
tessa. (Murray 2018, 93.)

2.2 Viruksen rakenne

Viruksen rakenne on yksinkertainen mutta toimiva, ja kaikki sen osat toimivat yh-
dessä, jotta virus voisi selviytyä, kiinnittyä isäntäsoluun ja lisääntyä sen sisällä.
Rakenne määrittää viruksen leviämiskyvyn, kestävyuden ympäristössä sekä sen,
miten sitä voidaan tutkia laboratorioissa. Bioanalytikolle nämä erot ovat merkit-
täviä sekä näytteen käsittelyssä että analyysimenetelmien valinnassa. (Tortora
ym. 2020.)

Viruksen pinnalla olevat glykoproteiinit eli pintaproteiinit (piikit, peplomeerit) ovat
keskeisiä isäntäsolun tunnistamisessa ja sitoutumisessa reseptoreihin. Ilman
niitä virus ei kykene tartuttamaan kohdesoluja. Tällaisia proteiineja ovat esimer-
kiksi influenssaviruksen pinnalla hemagglutiniini (HA) ja neuraminidaasi (NA).
(Tortora ym. 2020.)

Osa viruksista sisältää kapsidin ulkopuolella vaipan, joka on peräisin isäntäsolun
solukalvosta, mutta johon liittyy viruksen omia glykoproteiineja. Vaipan piikit mah-
dollistavat viruksen kiinnittymisen reseptoreihin ja tunkeutumisen soluun (Scien-
ceDirect 2022.). Vaipalliset virukset, kuten influenssa, HIV ja SARS-CoV-2, ovat
herkkiä kuivumiselle, lämmölle, happamuudelle ja desinfektioaineille, minkä
vuoksi ne leviävät pääosin pisaratartunnan tai limakalvokontaktin kautta (Heino-
nen ym. 2020). Sen sijaan vaipattomat virukset, kuten adenovirukset, rotavirukset
ja norovirukset, koostuvat vain kapsidista ja perimästä. Ne kestävät huomatta-
vasti paremmin ympäristöolosuhteita, kuten kuivuutta ja pesuaineita. (Murray
2018, 93.).

Kapsidi eli proteiiniukuori suojaa viruksen perimää entsyymeiltä, kuivumiselta ja
UV-säteilyltä. Se rakentuu kapsomeereista ja osallistuu myös isäntäsolun tunnis-
tamiseen ja kiinnittymiseen, mikä lisää viruksen tarttuvuutta. Kapsidit voivat olla
ikosaedrisia, helikaalisia tai monimutkaisia; esimerkiksi bakteerifageilla on usein
pää ja häntä. (Heinonen ym. 2020; Jawetz, Melnick & Adelberg 2016, 402.).

Viruksen genomi koostuu aina joko DNA:sta tai RNA:sta, mutta ei koskaan molemmista. Se voi olla yksi- tai kaksisäikeinen, lineaarinen tai rengasmainen. Genomin rakenne vaikuttaa viruksen luokitukseen ja lisääntymistapaan. RNA-viruksilla on tyypillisesti korkea mutaatiotaipumus, mikä mahdollistaa nopean muuntumisen ja voi lisätä taudinaiheuttamiskykyä. (Murray ym. 2018, 56; Jawetz, Melnick & Adelberg 2016, 402.).

2.3 Viruksen elinkierto

Viruksen elinkierto koostuu useista vaiheista, joista ensimmäinen on sitoutuminen isäntäsolun pinnalle. Tämä vaihe määrittää, minkä solujen ja kudosten infektio on mahdollinen, eli viruksen tropismin (Knipe & Howley 2019). Virus tunnistaa solun pinnalta spesifisiä reseptoreita, ja ilman oikeaa reseptoria tartunta ei onnistu. Sitoutuminen toimii myös estolääkkeiden ja rokotteiden tärkeänä kohteena (Flint ym. 2020). Tästä esimerkkeinä HIV sitoutuu CD4-reseptoriin ja ko-reseptoreihin CCR5/CXCR4 T-soluissa, kun taas influenssavirus sitoutuu solun pinnan sialihappoihin (Flint ym. 2020.) Sitoutumista voidaan estää lääkkeillä, kuten maravirokilla, joka salpaa HIV:n CCR5-reseptorin, tai rokotteilla, jotka indusoivat vasta-aineita sitoutumisen estämiseksi. (Flint ym. 2020.)

Seuraava vaihe on viruksen tunkeutuminen solun sisälle eli penetroituminen. Mekanismit vaihtelevat viruksen rakenteen mukaan (Flint ym. 2020). Endosytoosissa solu ottaa viruksen vesikkeliin, mikä on tyypillistä vaipattomille ja osalle vaihallisia viruksia. Fuusiossa vaipallinen virus sulautuu solukalvoon tai endosomin kalvoon, kuten SARS-CoV-2:ssa. Joillakin bakteriofageilla eli viruksilla, jotka ovat erikoistuneet infektoimaan ja tuhoamaan bakteereja, tapahtuu suora injektio, jolloin kapsidi jää solun ulkopuolelle ja vain genomi siirtyy sisään (CDC 2023). Tunkeutumisen estäminen on keskeinen antiviraalisten lääkkeiden kohde; esimerkiksi enfuvirtidi estää HIV:n fuusion solukalvon kanssa.

Tunkeutumista seuraa deskapsidaatio eli kapsidin hajoaminen ja genomin vapautuminen soluun. Tämä on välttämätöntä, sillä vain paljas nukleinihappo voi toimia replikaation ja transkription mallina (CDC 2023.). Deskapsidaatio voi tapahtua solunsisäisissä endosomeissa tai solulimassa ympäristön muutosten, kuten pH:n laskun, ionipitoisuuden tai solun entsyymien vaikutuksesta. DNA-

virukset vapauttavat genomin usein tumassa, kun taas RNA-virukset yleensä sytoplasmassa (Knipe & Howley 2019.). Influenssaviruksella endosomin pH:n lasku saa aikaan virusproteiinien konformaatiomuutoksia, jotka johtavat kapsidin purkautumiseen ja RNA-genomin vapautumiseen (Flint ym. 2020). Deskapsidaation estäminen on myös antiviraalisten lääkkeiden kohde; esimerkiksi amantadiini ja rimantadiini estävät influenssa A-viruksen kapsidin purkautumisen salpaamalla M2-ionikanavaa. Tämä vaihe vaikuttaa myös viruksen tropismiin, sillä jos genomi ei vapaudu oikeassa solussa, infektiio ei etene. (CDC 2023.).

2.4 Replikaatio ja synteesi (replication & synthesis)

Sen jälkeen, kun viruksen genomi on deskapsidaatiossa vapautunut soluun, seuraava vaihe on genomin monistaminen ja viruksen proteiinien tuottaminen. Tämä vaihe on ratkaiseva uusien viruspartikkelien rakentumiselle, ja sen tapa sekä sijainti riippuvat viruksen genomin tyypistä (Knipe & Howley 2019.). Genomi kopioidaan lukuisiksi uusiksi kappaleiksi ja samalla tuotetaan sekä rakenneproteiineja, kuten kapsidiproteiineja, että ei-rakenteellisia proteiineja, jotka säätelevät elinkaarta. Virusten määrä solussa kasvaa eksponentiaalisesti (kasvu nopeasti kiihtyvällä vauhdilla), mikä voi johtaa solun vaurioitumiseen tai kuolemaan. (Kelllogg 2016.)

DNA-viruksista suurin osa replikoituu tumassa hyödyntäen solun DNA- ja RNA-polymeraaseja, mutta jotkut suuret DNA-virukset, kuten poxvirukset, pystyvät monistumaan sytoplasmassa omien entsyymiensä avulla. Tästä esimerkkinä herpesvirukset hyödyntävät tumaa DNA:n replikaatioon ja transkriptioon (Flint ym. 2020). RNA-virukset replikoituvat yleensä sytoplasmassa ja tarvitsevat oman entsyyminsä, RNA-riippuvaisen RNA-polymeraasin, sillä isäntäsolu ei kykene kopiaamaan RNA:ta RNA:sta. Influenssavirukset ovat tästä tyypillinen esimerkki. (Flint ym. 2020.).

Retrovirukset erottuvat muista viruksista käänteiskopioijaentsyyminsä avulla, joka muuttaa RNA-genomin DNA:ksi. Tämä DNA integroidaan isäntäsolun genomiin integroidaasi-entsyymien välityksellä, minkä jälkeen solun transkriptiokoneistoa käytetään uusien RNA-kopioiden ja proteiinien tuottamiseen. Replikaatiovaihe toimii monien antiviraalisten lääkkeiden kohteena: esimerkiksi HIV-

lääkkeissä hyödynnetään käänteiskopioijaentsyymien estäjiä ja hepatiitti C -viruksen hoidossa RNA-polymeraasin estäjiä. RNA-virusten korkea mutaatiotaipumus kuitenkin vaikeuttaa sekä rokotteiden että lääkkeiden kehittämistä. (Flint ym. 2020.)

2.5 Kokoonpano ja vapautuminen (assembly & release)

Kun viruksen genomi ja proteiinit on monistettu ja tuotettu, ne täytyy koota uusiksi infektiokykyisiksi viruspartikkeleiksi eli virioneiksi. Tämän jälkeen virukset vapautuvat isäntäsolusta ja voivat tartuttaa uusia soluja. (Knipe & Howley, 2019.) Tämä vaihe varmistaa, että syntyy täydellisiä ja infektiokykyisiä viruksia. Vapautumistapa vaikuttaa siihen, miten paljon solu vaurioituu ja kuinka nopeasti infektiot etenee. (Flint ym. 2020.)

Viruksen rakenneproteiinit ja genomit yhdistyvät; DNA-virukset kootaan usein tuomassa (esim. adenovirukset). RNA-virukset kootaan yleensä sytoplasmassa (esim. poliovirus). Vaipalliset virukset kokoavat proteiininsa solukalvon tai endomembraanien (esim. Golgin laite) läheisyydessä, josta ne saavat vaippansa. (Kellogg 2016.)

Vapautuminen (release) eli lyysi tapahtuu, kun solu hajoaa ja suuri määrä uusia viruksia vapautuu kerralla, tämä on tyypillistä vaipattomille viruksille esim rotavirus. Tästä on seurauksena solun kuolema. Budoitumisessa vaipallinen virus "pulistuu ulos" solukalvon läpi. Tämän prosessin aikana virus saa samalla ympärilleen oman vaippansa, joka on peräisin solukalvosta. Tämän vapautumistavan etuna virukselle on se, että solu voi jäädä eloon ainakin väliaikaisesti. Elossa pysyessään solu toimii "viruspartikkelien tuotantotehtaana", mikä mahdollistaa pidempikestoiset infektiot. Näistä budoitumalla vapautuvista viruksista esimerkkeinä ovat HIV, rotavirus ja influenssavirus. Influenssavirus vapautuu budoitumalla solukalvosta, käyttäen neuraminidaasi-entsyymiä irrottautuakseen solun pinnasta. HIV vapautuu budoitumalla ja hyödyntää solun proteaaseja rakenteidensa kypsymiseen. Rotavirus vapautuu solun hajotessa (lyysi). Vapautumisvaihe tarjoaa kohteita antiviraaliselle lääkehoidolle, neuraminidaasin estäjät (oseltamiviiri, "Tamiflu") estävät influenssaviruksen irtautumisen solusta. (Flint ym. 2020.)

Virusten vapautumismekanismin tunteminen on keskeistä isäntäsoluille ja kudoksille koituvien vaurioiden ymmärtämiseksi. Lyysi-niminen vapautumistapa johtaa akuuttiin solukuolemaan ja sitä seuraaviin kudonvaurioihin, koska suuri määrä viruksia vapautuu solun hajotessa. Budoituminen puolestaan mahdollistaa pidempikestoiset infektiot, koska isäntäsolu voi pysyä elossa ja jatkaa uusien viruspartikkelien tuottoa. (Flint ym. 2020.)

2.6 Tropismi

Tropismi tarkoittaa viruksen kykyä infektoida vain tiettyjä soluja, kudoksia tai lajeja. Se määrittää, missä kudoksissa infektio tapahtuu ja millaisia klinisiä oireita taudista ilmenee (Nature Reviews Microbiology 2021.). Tropismi on viruksen ja isäntäelimistön vuorovaikutuksen tulos, joka rajoittaa viruksen leviämistä ja taudinaiheuttamiskykyä (Flint ym. 2020.). Siihen vaikuttavat useat tekijät. Ensimmäinen niistä on reseptorispesifisyys, jossa viruksen pintaproteiinien ja isäntäsolun reseptorien yhteensopivuus ratkaisee infektion onnistumisen. Ilman oikeaa reseptoria virus ei kykene sitoutumaan eikä tunkeutumaan soluun. Näistä esimerkkinä HIV tarvitsee CD4-reseptorin ja ko-reseptorin CCR5 tai CXCR4 päästäkseen T-auttajasoluun (Knipe & Howley 2019.). Myös solunsisäinen ympäristö vaikuttaa, sillä vaikka virus pääsisi soluun, sen lisääntyminen onnistuu vain, jos solu tarjoaa tarvittavat tekijät, kuten entsyymejä, transkriptiotekijöitä ja ribosomeja. Joissakin soluissa virusgenomi voi jäädä inaktiiviseksi, jos olosuhteet eivät ole suotuisat (Flint ym. 2020.). Isännän immuunipuolustus, esimerkiksi interferonien tuotanto ja NK-solujen toiminta, voi estää viruksen lisääntymisen, vaikka reseptorit olisivat läsnä, mikä selittää myös oireettomien infektioiden syntyä joillakin yksilöillä (Nature Reviews Microbiology 2021.). Lisäksi fyysiset esteet, kuten veriaivoeste, limakalvot ja epiteelikerrokset, voivat rajoittaa viruksen pääsyä kohdekudokseen ja siten määrätä, leviääkö infektio paikallisesti vai systeemisesti. (Flint ym. 2020.)

Tropismi voidaan jakaa useisiin eri tyyppeihin. Solutropismi kuvaa viruksen kykyä infektoida vain tiettyjä solutyyppejä pintaproteiinien ja solun reseptorien yhteensopivuuden perusteella. Tästä esimerkkinä HIV infektoi ensisijaisesti CD4+ T-auttajasoluja, mikä johtaa immuunivajavuuteen, poliovirus tarttuu pääasiassa suoliston epiteelisoluihin ja hermosoluihin aiheuttaen halvausoireita, kun taas

SARS-CoV-2 kohdistuu ACE2-reseptoria ilmentäviin soluihin, kuten hengitysteiden epiteelisoluihin, suolistoon ja sydämeen (Knipe & Howley 2019.). Histotropismi tarkoittaa viruksen kykyä infektoida tietty kudosis elin. Hepatiittivirukset (HAV, HBV, HCV) infektivat maksasoluja, papilloomavirukset ihon ja limakalvojen epiteeliä, ja rotavirus ohutsuolen enterosyyttejä (Flint ym. 2020; CDC 2023.). Neurotropismi viittaa viruksen kykyyn kohdistua hermoston soluihin. Herpes simplex -virukset piiloutuvat hermosolmukkeisiin ja voivat aktivoitua uudelleen, rabiesvirus leviää hermoja pitkin keskushermostoon aiheuttaen kuolemaan johtavan aivotulehduksen, poliovirus voi infektoida selkäytimen motorisia hermosoluja ja Zika-virus sikiön hermosoluja aiheuttaen mikrokefaliaa. (CDC 2023.)

Lajitropismi puolestaan kuvaa sitä, kuinka virus infektoi eri eläinlajeja. Joillakin viruksilla on laaja isäntävalikoima, kun taas toiset ovat tarkasti rajoittuneet yhteen lajiin (CDC 2023.). Rotavirus esiintyy useilla eläinlajeilla, mutta kaikki eivät tartu ihmisiin (Nature Reviews Microbiology 2021.) Influenssavirukset voivat tartuttaa lintuja, sikoja ja ihmisiä, ja lajirajojen ylitys voi synnyttää uusia pandemiaviruskantoja, kuten lintuinfluenssan H5N1 (Taulukko 1). Monet koronavirukset ovat zoonoottisia eli eläinperäisiä, ja ne voivat siirtyä lajista toiseen, tästä esimerkkejä ovat SARS-, MERS- ja SARS-CoV-2-epidemiat. Toisaalta isorokkovirus (Variola) infektoi vain ihmistä, mikä mahdollisti taudin hävittämisen rokotuksilla. (CDC 2023.)

TAULUKKO 1. Virusten tropismin tyypit ja esimerkit (Murray ym. 2018, 320)

Tropismin tyyppi	Selitys	Esimerkki
Solutropismi	Virus infektoi tietyn solutyypin	HIV → CD4+ T-solut
Histotropismi	Virus kohdistuu tiettyyn kudokseen	Hepatiittivirukset → maksasolut
Neurotropismi	Virus kohdistuu hermosoluihin tai hermostoon	Herpes simplex -virus, rabiesvirus
Lajitropismi	Virus infektoi eri eläinlajeja eri tehokkuudella	Rotavirusten eri kannat eri eläimillä

2.6.1 Tropismin kliininen merkitys

Tropismi määrää, mihin kudokseen virus pääsee lisääntymään ja millaisia oireita potilaalle ilmaantuu. Neurotrooppiset virukset, kuten rabies, HSV ja poliovirus, aiheuttavat hermoston oireita, kuten päänsärkyä, kouristuksia, halvausoireita ja aivokuumetta. Hepatotrooppiset virukset, kuten HBV ja HCV, kohdistuvat maksaan, mikä näkyy maksa-arvojen kohoamisena, keltaisuutena ja kroonistuneessa infektiossa kirroosina tai syöpäriskinä. Respiratoriset virukset, kuten influenssa, RSV ja SARS-CoV-2, aiheuttavat hengitystieoireita, kuten kuumeen, yskän, hengenahdistuksen ja mahdollisesti keuhkokuumeen. Enterotrooppiset virukset, kuten rotavirus ja norovirus, aiheuttavat suolistoinfektion oireita, kuten ripulia, oksentelua ja nestehukkaa. (Flint ym. 2020.).

Virustropismin tunteminen on keskeistä diagnostiikassa, sillä näytteenotto kohdistetaan viruksen suosimiin kudokseen. Aivokalvontulehdusta epäiltäessä neurotrooppisia viruksia etsitään selkäydinnesteestä, kun taas hepatiittia tutkitaan verinäytteiden ja maksakokeiden avulla. Hengitystieinfektioissa hyödynnetään nenänielun PCR-testejä ja suolistoinfektioissa ulostenäytteitä. (Flint ym. 2020.).

Lääkehoidossa tropismi ohjaa antiviraalisten lääkkeiden käyttöä, esimerkiksi HIV-potilailla määritetään ko-reseptoritropismi (CCR5- vai CXCR4-käyttö) ennen CCR5-estäjä maravirokin aloittamista. Herpesinfektioissa asikloviiri tehoaa hermosoluissa piilevään virukseen vain sen ollessa replikaatioaktiivinen. Respiratorisissa viruksissa tropismi hengitysteihin mahdollistaa antiviraalilääkkeiden kohdennetun annostelun, esimerkiksi RSV:n hoidossa tutkimusvaiheessa olevien inhaloitavien lääkkeiden muodossa. (Flint ym. 2020.).

Rokotekehityksessä tropismin ymmärrys on keskeinen, sillä rokotteen tulee vaikuttaa juuri siinä kudoksessa, missä virus lisääntyy. Influenssarokote Fluenz Tetra annetaan nenäsumutteena, mikä hyödyntää hengitysteiden tropismia. Poliorokote OPV annetaan suun kautta hyödyntäen enterotrooppista tropismia. HPV-rokote puolestaan kohdistuu papilloomaviruksen tropismiin ihon ja limakalvojen epiteelissä, ehkäisten kohdunkaulan ja genitaalialueen syöpiä. COVID-19-

rokotteet estävät viruksen pääsyn hengitysteiden soluihin estämällä ACE2-reseptorisisitoutumisen. (Flint ym. 2020.).

Tropismi vaikuttaa myös siihen, miten virus leviää väestössä. Respiratoriset virukset leviävät nopeasti pisaratartuntana, neurotrooppiset virukset, kuten rabies, yleensä puremien kautta eivätkä tartu ihmisestä toiseen. Lajitropismi voi johtaa uusien zoonoottisten epidemioiden syntyyn, kuten lintuinfluenssassa ja SARS-CoV-2:ssa. Tropismi selittää myös sen, miksi jotkut virukset rajoittuvat paikallisiin epidemioihin, kun taas toiset voivat aiheuttaa pandemioita. (Flint ym. 2020.).

2.7 Influenssavirukset

Influenssavirukset ovat vanhimpia tunnettuja hengitystieinfektioiden aiheuttajia. Ne kuuluvat Orthomyxoviridae-heimoon ja niiden genomi koostuu kahdeksasta yksijuosteisesta RNA-segmentistä, jotka koodaavat sekä rakenteellisia että ei-rakenteellisia proteiineja. Segmentoitunut RNA-genomi altistaa virukset mutaatioille, sillä RNA-polymeraasilta puuttuu oikolukuominaisuus. Tämä selittää uusien virusvarianttien nopean synnyn sekä kausittaiset epidemiat ja pandemiat. (Murray 2018.).

Influenssaviruksia tunnetaan neljä tyyppiä: A, B, C ja D, joista A ja B ovat merkittävimmät ihmisinfektioiden aiheuttajat. Influenssa A-virus esiintyy ihmisillä ja eläimillä, kuten sioissa ja linnuissa. Se muuntautuu nopeasti ja on epidemioiden yleisin aiheuttaja. Influenssa B-virus rajoittuu ihmisiin, muuntuu hitaammin ja aiheuttaa pääasiassa lasten hengitystieinfektioita, mutta voi tarttua myös aikuisiin. Virusten pinnalla olevat hemagglutiniini (H) ja neuraminidaasi (N) ovat keskeisiä antigeenejä. Hemagglutiniini sitoutuu isäntäsolun reseptoreihin ja mahdollistaa tunkeutumisen soluun, kun taas neuraminidaasi vapauttaa uusia viruspartikkeleita (Taulukko 2). Näiden proteiinien perusteella influenssa A-virukset jaetaan alatyyppeihin, kuten H1N1 ja H3N2. (Murray 2018.).

Influenssaviruksille on ominaista jatkuva antigeeninen muuntelu. Antigeeninen ajautuminen (drift) tarkoittaa pieniä, vähittäisiä muutoksia H- tai N-proteiineissa, mikä johtaa kausittaisiin epidemioihin ja selittää influenssarokotteen vuosittaisen päivitystarpeen. Antigeeninen vaihtelu (shift) on äkillinen ja merkittävä muutos,

joka tapahtuu, kun kaksi erilaista influenssavirusta infektoi saman solun ja niiden geenisegmentit sekoittuvat. Tämä voi synnyttää uuden viruskannan, joka voi aiheuttaa pandemian. (Fauci ym. 2022.).

Influenssan oireet vaihtelevat lievästä kuumeilusta hengenvaaralliseen tautiin, erityisesti lapsilla, vanhuksilla ja immuunipuutteisilla henkilöillä (Murray 2018.). Tyypillisiä oireita ovat äkillisesti nouseva korkea kuume, päänsärky, lihaskivut, kurkkukipu, nenän tukkoisuus, kuiva yskä ja voimakas uupumus. Komplikaatioita voivat olla välikorvatulehdus, keuhkokuume sekä harvinaisissa tapauksissa sepsistyyppiset taudinkuvat. (Jawetz ym. 2016.).

Influenssa tarttuu pisaratartuntana ja kosketuksen välityksellä. Itämisaika on 1–2 vuorokautta, ja tartuttavuus alkaa jo ennen oireiden puhkeamista, mikä selittää sen nopean leviämisen epidemioina maasta toiseen (Saksela & Söderlund-Venermo 2020.) Diagnoosi perustuu ensisijaisesti nenänielun tikkunäytteeseen, joka tulisi analysoida 48 tunnin kuluessa. Käytössä ovat pikatestit ja PCR-menetelmät, jotka mahdollistavat A- ja B-tyyppien erottelun. Seerumin vasta-aineiden tutkimista voidaan käyttää, mutta se ei sovellu nopeaan diagnostiikkaan. (Saksela & Söderlund-Venermo 2020.).

Influenssan hoito on ensisijaisesti oireenmukaista, kuten lepo ja tulehduskipulääkkeet. Antiviraalisia lääkkeitä, kuten oseltamiviiriä, tsanamiviiriä ja amantadiinia, voidaan käyttää, jos hoito aloitetaan 48 tunnin sisällä oireiden alkamisesta. Ne voivat lyhentää taudin kestoa ja lieventää oireita (Murray 2018.). Ehkäisyn tärkein keino on influenssarokote, joka päivitetään vuosittain vastaamaan kiertäviä viruskantoja ja suojaa erityisesti riskiryhmiä vakavilta tautimuodoilta. (Saksela & Söderlund-Venermo 2020.).

TAULUKKO 2. Influessavirusten vertailu (Knipe & Howley 2021, 1260)

Ominaisuus	Influenssa A	Influenssa B
Ominaisuus	Yksijuosteinen, 8-segmenttinen RNA	Yksijuosteinen, 8-segmenttinen RNA
Ominaisuus	Ihmiset, linnut, siat, muut eläimet	Vain ihmiset
Ominaisuus	Hyvin suuri (drift+shift)+ pandemiat mahdollisia	Pienenpi, hidas muuntelu (vain drift)
Ominaisuus	Perustuvat hemagglutiinin (H1-H16) ja neuraminidasiiniin (N1-N9)	Ei alatyyppejä, mutta kaksi linjaa (Victoria ja Yamagata)
Ominaisuus	Kausittaiset epidemiat ja pandemiat	Kausittaiset epidemiat, ei pandemioita
Ominaisuus	Yleensä vaikeampi tauti, korkea kuolleisuus riskiryhmissä	Lievempi tauti, etenkin lapsilla
Ominaisuus	Keuhkokuume, sepsis, laajat epidemiat	Välikorvatulehdus, keuhkokuume harvinaisempi
Ominaisuus	Päivitetään vuosittain vastaamaan muuntuneita A-alatyyppejä	Sisältyy kausi-influenssarokotteeseen A:n kanssa

2.8 Rhinovirukset

Rhinovirukset (HRV) kuuluvat Picornaviridae-heimoon ja ovat pieniä, vaipattomia, yksijuosteista RNA:ta sisältäviä viruksia. Niitä tunnetaan yli 150 serotyyppiä, jotka jaetaan kolmeen pääryhmään: HRV-A, HRV-B ja HRV-C (McIntyre ym. 2013.). Rhinovirukset ovat maailmanlaajuisesti yleisin ylähengitystieinfektioiden aiheuttaja ja tavallisen nuhakuumeen tärkein syy. (Murray 2018.).

Viruksen kapsidi muodostaa symmetrisen ikosahedraalisen rakenteen, joka koostuu neljästä rakenneproteiinista (VP1–VP4). VP1–VP3 sijaitsevat kapsidin ulkopinnalla ja määräävät viruksen antigeeniset erot, kun taas VP4 sijaitsee kapsidin sisäpuolella. Tämä rakenne selittää viruksen suuren monimuotoisuuden ja sen, miksi rokotteen kehittäminen on haastavaa. (Saksela & Söderlund-Venermo 2020.).

Rhinovirukset tarttuvat pääasiassa pisaratartuntana yskimisen ja aivastamisen välityksellä sekä kosketustartuntana, kun virus siirtyy käsien kautta nenän tai silmien limakalvoille. Ne säilyvät pinnoilla useita vuorokausia, mikä lisää

tartuttavuutta. Virukset lisääntyvät parhaiten noin 33 °C:n lämpötilassa, mikä selittää niiden painottumisen ylähengitysteihin. Itämisaika on 1–2 vuorokautta, ja infektion kesto on yleensä 1–2 viikkoa. (Ryan ym. 2017.).

Lapsilla rhinovirusinfektio voi johtaa myös välikorvatulehdukseen, poskiontelotulehdukseen ja joskus bronkioliittiin. Infektioita todetaan erityisen paljon alle 5-vuotiailla, kun taas aikuisilla suuri osa tartunnoista voi olla oireettomia. Vakavampia alahengitystieinfektioita esiintyy riskiryhmissä, kuten vanhuksilla ja immuunipuutteisilla. Rhinovirusten on lisäksi todettu liittyvän astman pahenemisvaiheisiin ja mahdollisesti kroonisen keuhkohtaumataudin (COPD) kehittymiseen. (NIH 2025.).

Koska rhinovirusia on runsaasti, eikä niihin ole saatavilla antiviraalista hoitoa tai rokotetta, diagnostiikka keskittyy erityisesti riskiryhmiin. Tavallisin tutkimus on nenänielunäytteen tai bronkoalveolaariseen PCR-testi, jolla voidaan osoittaa viruksen nukleiinihappo. Tämä menetelmä auttaa erottamaan virus- ja bakteerinfektiot toisistaan ja vähentämään tarpeetonta antibioottien käyttöä. (NIH 2025.).

Rhinovirusten hoito on oireenmukaista, kuten lepo, riittävä nesteen saanti ja kuumetta alentavat lääkkeet. Spesifistä antiviraalista hoitoa tai rokotetta ei ole, tärkein ehkäisykeino on hyvä käsihygienia ja tartuntojen leviämisen rajoittaminen erityisesti riskiryhmien suojelemiseksi. (PMC 2020.).

2.9 Koronavirukset

Koronavirukset kuuluvat Coronaviridae-heimoon ja ovat vaipallisia, yksijuosteisia RNA-virusia. Ne ovat rakenteeltaan suurimpia tunnettuja RNA-virusia, ja niiden genomi voi olla jopa 30 000 nukleotidia pitkä (Murray 2018.). Nimensä ne ovat saaneet vaipan pinnalta ulkonevista piikkiproteiineista (S-proteiini), jotka muodostavat mikroskoopissa kruunun kaltaisen reunan. (Jawetz, Melnick & Adelberg 2016.).

Ihmisellä tavataan useita koronaviruksia (HCoV-229E, HCoV-NL63, HCoV-OC43, HCoV-HKU1), jotka aiheuttavat tavallisen flunssan kaltaisia infektioita. Vakavampia epidemioita ovat aiheuttaneet SARS-CoV (2002–2003), joka johti vaikeaan hengitystieoireyhtymään, MERS-CoV (2012–), johon liittyi korkea

kuolleisuus ja kamelivälitteinen tartunta, sekä SARS-CoV-2 (2019–), joka aiheutti maailmanlaajuisen COVID-19-pandemian. (Jawetz, Melnick & Adelberg 2016.).

Koronaviruksen rakenne koostuu lipidivaipasta, joka on peräisin isäntäsolusta. Sen pinnalla sijaitseva S-proteiini sitoutuu solureseptoreihin, kuten ACE2:een SARS-CoV-2:ssa, ja mahdollistaa viruksen pääsyn soluun. M-proteiini ylläpitää viruksen rakennetta, E-proteiini osallistuu kokoamiseen ja vapautumiseen, ja N-proteiini sitoutuu RNA-genomiin suojaten sitä. (Jawetz, Melnick & Adelberg 2016.).

Viruksen replikaatio tapahtuu sytoplasmassa. RNA-genomi toimii suoraan lähetti-RNA:na, jonka perusteella ribosomit tuottavat virusproteiineja. Koronaviruksilla on RNA-polymeraasiin liittyvä oikolukuelementti, mikä vähentää mutaatioiden määrää verrattuna esimerkiksi influenssaviruksiin, mutta mutaatioita ja rekombinaatioita esiintyy silti merkittävästi. (Corman ym. 2020.).

Koronavirukset leviävät pisaratartuntana, aerosoleina ja kosketuksen välityksellä. Itämisaika vaihtelee viruksesta riippuen, mutta esimerkiksi SARS-CoV-2:ssa se on 2–14 vuorokautta. Tyypillisiä oireita ovat nuha, kurkkukipu, yskä, kuume, lihaskivut sekä maku- ja hajuaistin häiriöt. Vakavissa tapauksissa voi käynnistyä liiallinen immuunivaste eli sytokiinimyrsky, mikä voi johtaa hengitysvajaukseen, monielinvaurioon ja kuolemaan riskiryhmissä (Corman ym. 2020.). Tavalliset koronavirukset, kuten OC43 ja NL63, aiheuttavat lieviä flunssaoireita, kun taas SARS- ja MERS-virukset johtivat rajallisiin mutta vakaviin epidemioihin. SARS-CoV-2 erottuu erityisesti tehokkaan leviämiskykynsä ja pandemian aiheuttaneen vaikutuksensa vuoksi. Sen komplikaatioita ovat muun muassa keuhko-kuume, ARDS, sydän- ja munuaisvauriot sekä pitkäkestoiset oireet eli ”long COVID” .(Corman ym. 2020.).

Diagnostiikassa ensisijainen menetelmä on PCR nenänielunäytteestä. Lisäksi käytössä ovat antigeenitestit, jotka soveltuvat pikatesteiksi mutta ovat vähemmän herkkiä, sekä vasta-ainetestit, joita käytetään lähinnä infektion jälkeisen immuni-teen arviointiin (Murray 2018.). Hoito on tavallisissa infektioissa oireenmukaista, kuten lepo, kipulääkkeet ja nesteytys. SARS-CoV-2:n hoitoon on kehitetty antiviraalilääkkeitä, kuten remdesiviiri, monoklonaalisia vasta-aineita ja

kortikosteroideja vaikeassa taudissa. Ehkäisyssä tärkeimpiä ovat rokotteet, kuten mRNA-, adenovirus- ja proteiinipohjaiset rokotteet, jotka ovat osoittautuneet tehokkaiksi COVID-19:n torjunnassa. Yleisiä ehkäisykeinoja ovat käsihygienia, maskien käyttö, turvavälit ja hyvä ilmanvaihto, jotka vähentävät tartuntojen leviämistä. (Murray 2018.).

2.10 Parainfluenssavirukset (HPIV)

Parainfluenssavirukset (HPIV, Human Parainfluenza Viruses) kuuluvat Paramyxoviridae-heimoon ja ovat vaipallisia, yksisäikeisiä RNA-virusia. Ne aiheuttavat sekä ylä- että alahengitystieinfektioita ja ovat erityisen merkittäviä lasten sairauksissa. HPIV on tärkein lasten laryngiitin eli kurkunpätulehduksen aiheuttaja. Lisäksi ne voivat aiheuttaa keuhkokuumetta ja bronkioliittia erityisesti pienillä lapsilla ja immuunipuutteisilla. (Knipe & Howley 2020.).

HPIV jaetaan viiteen pääalatyyppiin: HPIV-1, HPIV-2, HPIV-3, HPIV-4A ja HPIV-4B (Murray 2018.). HPIV-1 ja HPIV-2 aiheuttavat usein syksyisiä epidemioita ja liittyvät erityisesti laryngiittiin. Ensitartunta saadaan yleensä 7–36 kuukauden iässä, ja myöhemmät infektiot ovat lievempiä. HPIV-3 esiintyy keväisin ja kesäisin ja liittyy vakavampiin alahengitystietulehduksiin, kuten keuhkokuumeeseen ja bronkioliittiin, erityisesti alle 1-vuotiailla. HPIV-4 (A ja B) on harvinaisempi ja aiheuttaa yleensä lieviä infektoita. Tutkimusten mukaan jopa 75 % viisi vuotiaista lapsista on kehittänyt vasta-aineita HPIV-1:tä vastaan, mikä osoittaa sen yleisyyden. (Murray 2018.).

HPIV:n pinnalla on hemagglutiniini- ja neuraminidaasi-glykoproteiineja, joiden avulla virus sitoutuu hengitysteiden värekarvallisiin epiteelisoluihin ja aiheuttaa limakalvotulehduksen. Tartunta tapahtuu pisaratartuntana tai kosketuksen välityksellä. Viruksen tartuttavuus voi alkaa jo ennen oireiden ilmaantumista ja jatkua jopa viikkoja, erityisesti HPIV-3:ssa. Tyypillisiä oireita ovat kuume, yskä, käheys ja hengityksen vinkuminen. HPIV-1 on yleisin laryngiitin aiheuttaja lapsilla, kun taas HPIV-3 liittyy usein alahengitystieinfektioihin imeväisillä. Aikuisilla infektiot ovat yleensä lieviä, mutta uusintainfektiot ovat tavallisia, sillä immunitetti on vain osittainen ja lyhytkestoinen. Itämisaika on 1–7 vuorokautta. (Murray 2018.).

Diagnostiikassa käytetään nenänielunäytteestä tehtävää antigeeninosoitusta tai PCR-tutkimusta, joka on ensisijainen menetelmä. Serologiset tutkimukset voivat osoittaa infektion, mutta alatyyppejä ei voida erottaa tarkasti ristireagoinnin vuoksi. Virusviljely on mahdollinen, mutta se vaatii nopean näytteen käsittelyn. HPIV-infektioihin ei ole spesifistä antiviraalista hoitoa, joten hoito on oireenmukaista, kuten hengitysteiden avaaminen, nesteytys ja kuumeen hallinta. Rokotetta ei ole vielä saatavilla, vaikka tutkimuksia on tehty. Ehkäisyssä tärkeintä on hyvä käsihygienia ja pisaratartuntojen välttäminen. (Murray 2018.).

2.11 Rs-Virukset (Respiratory syncytial virus)

RS-virus (Respiratory syncytial virus, RSV) kuuluu Paramyxoviridae-heimoon ja on suuri, vaipallinen, yksisäikeinen RNA-virus. Sillä on kaksi pääantigeeniryhmää, RSV-A ja RSV-B, jotka kiertävät samanaikaisesti väestössä. Näistä RSV-A on yleensä vakavampi taudinaiheuttaja. (Murray 2018, 114; Peltola & Salo 2010.)

RSV on maailmanlaajuisesti merkittävin pienten lasten hengitystieinfektioiden aiheuttaja ja tärkein bronkioliitin syy alle vuoden ikäisillä. Lähes kaikki lapset sairastavat ainakin yhden RSV-infektion kahden ensimmäisen ikävuoden aikana. (Cooper ym. 2003.)

RS-viruksen vaipassa sijaitsee kaksi merkittävää glykoproteiinia: F-proteiini, joka mahdollistaa viruksen fuusioitumisen isäntäsolun kanssa, sekä G-proteiini, joka vastaa reseptorisitoutumisesta ja vaikuttaa viruksen vuosittaiseen muunteluun (Taulukko 3). Virus infektoi erityisesti alempien hengitysteiden värekarvallisia epiteelisoluja ja pneumosyyttejä keuhkorakkuloissa, mikä aiheuttaa soluvaurioita, limakalvotulehdusta ja limaisuutta (Hall ym. 2013.). RS-virus tarttuu pisara-, aerosoli- ja kosketustartuntana, ja se säilyy pinnoilla useita tunteja. Itämisaika on 4–5 vuorokautta, ja Suomessa RSV-epidemiat esiintyvät keskimäärin joka toinen vuosi: keväällä pienempänä aaltona ja syksyllä suurempana, noin kolme kuukautta kestäväenä epidemiana. (Hall ym. 2013.)

RSV-infektion oireet alkavat yleensä ylähengitystieoireilla, kuten nuhalla ja yskällä, ja etenevät muutamassa päivässä alahengitystieoireiksi, joihin kuuluvat hengitysvaikeus, vinkuna ja runsaan liman kertyminen. Pienillä lapsilla tämä voi aiheuttaa ravinnon saannin vaikeutta ja kuivumista, mikä saattaa vaatia

sairaalahoitoa. Tyypillinen jälkitauti on välikorvatulehdus. Vakavimmat riskiryhmät ovat keskoset, alle kolmen kuukauden ikäiset vauvat, synnynnäistä sydän- tai keuhkosairautta sairastavat sekä immuunipuutteiset. Aikuisilla tauti on useimmiten lievä, mutta iäkkäillä ja perussairailla se voi olla vakava. (Murray 2018, 114.)

RSV diagnosoidaan kliinisen kuvan perusteella sekä nenänielunäytteistä tehdyillä pikatesteillä tai PCR-menetelmällä, jota käytetään erityisesti vakavissa tapauksissa ja sairaalaepidemioiden seurannassa (Hall ym. 2013.). Spesifistä antiviraalista hoitoa ei ole, joten hoito on pääasiassa oireenmukaista, kuten hengityksen tukemista, nestehoitoa ja hapetusta. Vakavissa tapauksissa tarvitaan tehohoitoa. Passiivista immunisaatiota (palivitsumabi) voidaan antaa ennaltaehkäisevästi riskiryhmille, mutta sen teho on rajallinen. Uusia rokotteita ja monoklonaalaisia vasta-aineita (esim. nirsevimabi) on kehitetty ja ne ovat tulossa kliiniseen käyttöön. (Murray 2018, 114.)

TAULUKKO 3. RSV-viruksen keskeiset ominaisuudet (Murray ym. 2018, 540)

Ominaisuus	Kuvaus
Virusheimo	Paramyxoviridae
Genomi	Yksisäikeinen RNA
Rakenne	Vaipallinen; F- ja G-glykoproteiinit pinnalla
Alatyypit	RSV-A ja RSV-B (A yleensä vakavampi)
Leviäminen	Pisara-, aerosoli- ja kosketustartunta; säilyy pinnoilla tunteja
Itämis-aika	4-5 vuorokautta
Oireet	Aluksi nuha, yskä, myöhemmin hengitysvaikeudet, vinkuna, kuume, väsyminen
Komplikaatiot	Bronkioliitti, keuhkokuume, välikorvatulehdus, kuivuminen; vaarallisin imeväisikäisille ja riskiryhmille
Diagnostiikka	Kliininen kuva, nenänielunäyte (pikatesti tai PCR)
Hoito	Oireenmukainen (hengityksen tukeminen, nestehoito, hapetus); tarvittaessa sairaala- tai tehohoito
Ehkäisy	IgG-vasta-aine profylaksiana riskiryhmille (rajoitettu teho); RSV-rokote ja monokloniaaliset vasta-aineet (nirsevimabi) tulossa käyttöön

2.12 Adenovirukset

Adenovirukset kuuluvat Adenoviridae-heimoon ja ovat vaipattomia, kaksisäikeisiä DNA-virusia. Ihmisellä tunnetaan yli 60 serotyyppiä, jotka jaetaan alaryhmiin (A–F). Ne aiheuttavat monipuolisia infektoita ympäri vuoden ja ovat erityisen yleisiä alle 5-vuotiailla lapsilla. (Vuorinen & Peltola 2020.).

Adenovirusepidemioita esiintyy erityisesti päiväkodeissa, kouluissa, varuskunnissa ja sairaaloissa, sillä virus tarttuu erittäin herkästi. Noin puolet tartunnan saaneista on oireettomia, mutta he voivat silti levittää virusta eteenpäin. (Vuorinen & Peltola 2020.).

Viruksen kapsidi on ikosahedraalinen ja koostuu 20 tasasivuisesta kolmiosta. Pintarakenteissa on fiber-proteiineja, jotka määräävät kudostropismin sitoutumalla solun reseptoreihin. Kaikilla adenoviruksilla on yhteinen heksoniantigeeni, jota hyödynnetään laboratoriomäärityksissä. Rakenne tekee adenoviruksista kestäviä ympäristöolosuhteissa, minkä vuoksi ne voivat levitä myös fekaalis-oraalisesti. Lisäksi niiden geenirakennetta hyödynnetään geeninsiirtovektoreina ja rokotealustoina. (Lemey ym. 2021.).

Tartuntareittejä ovat pisaratartunta, kosketus saastuneilta pinnoilta sekä uloste-suoreitti, erityisesti lapsilla ja uima-altaissa. Itämisaika on 5–14 päivää. (Jawetz, Melnick & Adelberg 2016.).

Adenovirukset voivat aiheuttaa hengitystieinfektioita (nuhakuume, tonsilliitti, laryngiitti, keuhkokuume), silmätulehduksia (erityisesti sidekalvontulehdus, ns. uimahallikonjunktiviitti) sekä suolistoinfektioita (ripuli, oksentelu, vatsakipu). Harvinaisia mutta mahdollisia ovat myös munuaistulehdukset, kuumeouristukset ja vaikeat yleistulehdukset immuunipuutteisilla. Useimmiten tauti on lievä tai oireeton, mutta riskiryhmissä se voi olla vakava. (Lemey ym. 2021.).

Eri serotyypeillä on erilaista tautikirjoa: A- ja F-tyypit aiheuttavat usein suolisto-oireita, B1-, C-, D- ja E-tyypit liittyvät hengitystieinfektioihin, B2-tyyppi

munuaistulehduksiin ja D-tyyppi myös silmätulehduksiin. Immunitetti on serotyyppikohtainen ja lyhytkestoinen, joten sama henkilö voi sairastaa useita adenovirusinfektioita elämänsä aikana. (Virology Research Services 2024.).

Diagnostiikka perustuu laboratoriomenetelmiin, sillä oireiden perusteella adenovirusinfektiota ei voida erottaa muista taudeista, kuten streptokokkitonsillitista. Nopein ja herkin menetelmä on PCR, jota käytetään hengitystie-eritteistä ja ulosteesta. Antigeenin osoitus ja serologiset tutkimukset ovat mahdollisia, mutta vähemmän käytettyjä. Lisäksi virusviljely ja elektronimikroskopia voivat olla hyödyllisiä. (Lemey ym. 2021.).

Spesifistä antiviraalista hoitoa ei ole, vaan hoito on oireenmukaista ja tukevan hoidon varassa. Immuunipuutteisilla adenovirusinfektiot voivat olla vaikeita ja vaatia sairaalahoitoa. Rokotetta ei ole laajassa käytössä, mutta adenovirusia hyödynnetään rokotealustoina, kuten COVID-19-rokotteissa. (Vuorinen & Peltola 2020.).

2.13 Epstein-Barr-virus

Epstein-Barr-virus (EBV) kuuluu Herpesviridae-heimoon ja on vaipallinen, kaksisäikeinen DNA-virus. Se on yksi maailman yleisimmistä ihmistä infektoivista viruksista: arviolta 90–95 % aikuisista on saanut tartunnan elämänsä aikana. Virus tarttuu ensisijaisesti syljen välityksellä, minkä vuoksi sitä kutsutaan myös ”pusutaudin” aiheuttajaksi. (Vuorinen & Peltola 2020.).

EBV aiheuttaa infektiivisen mononukleoosin eli ”pusutaudin”, erityisesti nuorilla ja nuorilla aikuisilla. Tyypillisiä oireita ovat kuume, nielutulehdus, suurentuneet imusolmukkeet ja voimakas väsymys. Lapsilla infektio on usein lievä tai oireeton. Virus jää elimistöön pysyvästi latenttina ja voi aktivoitua uudelleen esimerkiksi immuunipuutostiloissa. (Vuorinen & Peltola 2020.).

EBV infektoi erityisesti B-lymfosyyttejä, ja liittyy lymfoproliferatiivisiin sairauksiin sekä epiteelisolujen sairauksiin, kuten nenänielukarsinomaan (Young & Rickinson 2004.). Viruksen on todettu olevan yhteydessä useisiin syöpiin, mm. Burkittin lymfoomaan, Hodgkinin lymfoomaan ja nasofaryngeaaliseen karsinomaan. Lisäksi se voi liittyä T-solulymfoomiin ja immuunipuutteisten lymfoproliferatiivisiin

sairauksiin (Young & Rickinson 2004.). EBV leviää syljen välityksellä (esim. suutelemalla), mutta myös verituotteet ja elinsiirrot voivat välittää tartuntaa. (Young & Rickinson 2004.).

Diagnostiikka perustuu usein serologiaan eli EBV-vasta-aineiden (IgM ja IgG) määrittämiseen verestä, mikä auttaa erottamaan tuoreen infektion aiemmin sairastetusta. Lisäksi PCR:ää voidaan käyttää viruksen DNA:n osoittamiseen erityisesti epäselvissä tapauksissa. Mononukleosissa verenkuvassa nähdään usein atyyppisten lymfosyyttien lisääntyminen (Taulukko 4). EBV-infektion hoito on pääasiassa oireenmukaista (lepo, nesteet, kipulääkitys). Vaikeissa tapauksissa, kuten immuunipuutteisilla, voidaan käyttää antiviraaleja (asikloviiri, gansikloviiri), mutta niiden teho on rajallinen. Rokotetta EBV:tä vastaan ei vielä ole. (Vuorinen & Peltola 2020.).

TAULUKKO 4. Epstein-Barr viruksen keskeiset ominaisuudet (Flint ym. 2020, 624)

Ominaisuus	Kuvaus
Virusheimo	Herpesviridae
Gemoni	Kaksisäikeinen DNA
Rakenne	Vaipallinen, ikosahedraalinen kapsidi
Leviäminen	Syljen välityksellä (pusutauti) ja mahdollisesti myös verituotteiden ja elinsiirtojen kautta
Itämisaika	4-6 viikkoa
Tyypillinen tauti	Infektiivinen mononukleosi (nuorilla ja nuorilla aikuisilla)
Oireet	Kuume, nielutulehdus, suurentuneet imusolmukkeet, voimakas väsymys
Erityspiirre	Jää elimistöön pysyvästi latenttina, eli voi reagoitua immuunipuolustuksessa
Syöpäyhdytydet	Burkittin lymfooma, Hodgkinin lymfooma, nasafaryngeaalinen karsinoma, T-solulymfooma
Diagnostiikka	Serologia (IgM, IgG) PCR, verikokeessa atyyppiset lymfosyytit
Hoito	Oireenmukainen, antiviraaleja vain poikkeustapauksissa, ei rokotetta

2.14 Sytomegalovirus

Sytomegalovirus (CMV) kuuluu Herpesviridae-heimoon ja on vaipallinen, kaksisäikeinen DNA-virus. Se on maailmanlaajuisesti hyvin yleinen: suurin osa ihmisistä saa tartunnan elämänsä aikana, ja virus jää elimistöön pysyvästi latentiksi. Terveillä aikuisilla infektio on yleensä oireeton, mutta sillä on suuri kliininen merkitys riskiryhmissä, kuten vastasyntyneillä ja immuunipuutteisilla potilailla. (Griffiths ym. 2015.)

CMV leviää useiden kehon eritteiden, kuten syljen, virtsan, sukupuolieritteiden, veren ja verituotteiden välityksellä sekä elin- ja kantasolusiirroissa. Raskauden aikana äidin saama primaari-infektio voi siirtyä istukan kautta sikiöön ja aiheuttaa synnynnäisen CMV-infektion. (Griffiths ym. 2015.)

Synnynnäinen CMV-infektio on merkittävä kehityshäiriöiden aiheuttaja: se voi johtaa kuulovaurioon, kehitysvammaisuuteen, näköhäiriöihin, pään kasvun hidastumiseen ja epilepsiaan. CMV on maailmanlaajuisesti yleisin infektioperäinen kehitysvammaisuuden aiheuttaja. (Griffiths ym. 2015.)

Kuten kaikki herpesvirukset, CMV voi jäädä elimistöön piileväksi ja aktivoitua uudelleen erityisesti immuunipuutteisilla (esim. HIV- ja elinsiirtopotilaat). Infektio on useimmiten oireeton tai muistuttaa mononukleosia (kuume, väsymys, kurkkukipu, maksan suureneminen). Vastasyntyneillä tauti voi olla vakava, ja immuunipuutteisilla se voi aiheuttaa mm. keuhkokuumeen, retiniitin, maksatulehduksen ja enkefaliitin. (Vuorinen & Peltola 2020.)

Diagnostiikka perustuu PCR-menetelmään, jolla viruksen DNA voidaan osoittaa verestä tai kudoksista. Lisäksi käytetään antigeeninosoitusta ja serologiaa (IgM- ja IgG-vasta-aineet). Terveillä infektio ei yleensä vaadi hoitoa, mutta riskiryhmillä käytetään antiviraalilääkkeitä, kuten gansikloviiriä, valgansikloviiriä ja foskarnetia (Taulukko 5). Rokotetta ei vielä ole, mutta kehitystyö on käynnissä. (Vuorinen & Peltola 2020.)

TAULUKKO 5. *Sytomegaloviruksen keskeiset ominaisuudet (Murray ym. 2018, 590)*

Ominaisuus	Kuvaus
Virusheimo	Herpesviridae (betaherpesvirus)
Genomi	Kaksisäikeinen DNA
Rakenne	Vaipallinen, ikasohedraalinen kapsidi
Leviäminen	Syljen, virtsan, sukupuoliyhteyden, istukan, verituotteiden ja elinsiirtojen välityksellä
Itämisaika	3-12 viikkoa
Tyypillinen tauti	Usein oireeton: voi aiheuttaa mononukleosin kaltaisen taudin
Oireet	Kuume, väsymys, kurkkukipu, maksa- ja pernan suurentuminen: kehityshäiriöt vastasyntyneellä
Erytispiirre	Jää pysyvästi latentiksi ja voi aktivoitua immuunipuutteisilla
Komplikaatiot	Synnyinäinen CVM-infektio (johtaa kuulovaurioon, kehityshäiriöihin), keuhkokuume, retiniitti, yleisinfektiot immuunipuutteisilla
Diagnostiikka	PRC, antigeeniosoitus, serologia (IgM, IgG)
Hoito	Antiviraalit (gansikloviiri, valgansikloviiri, foskarnetti) vaikeissa infektioissa; ei rokotetta

2.15 Virusten tartuntatavat ja immuunipuolustus

Virukset leviävät ihmisestä toiseen useiden eri tartuntareittien kautta, kuten pisara-, kosketus-, veri- ja hyönteisvälitteisesti. Tartuntatapa määrittää sen, missä elimistön osassa infektio saa alkunsa ja kuinka nopeasti tauti etenee. Virusten torjunnassa keskeisiä ovat sekä synnyinäinen (innate) että hankittu (adaptiivinen) immuunipuolustus, jotka yhdessä tunnistavat ja eliminoivat taudinaiheuttajat sekä ehkäisevät uusien tartuntojen syntymistä (Flint ym. 2020.). Näiden mekanismien ymmärtäminen on välttämätöntä virustautien diagnostiikan, hoidon ja ehkäisyn suunnittelussa. Virukset tarvitsevat isäntäsolun lisääntymiseen ja leviävät uusille isännille erilaisten reittien kautta. Tartuntatapa vaikuttaa suoraan taudin oireisiin, leviämiseen ja ehkäisymahdollisuuksiin. (Murray, Rosenthal & Pfaller 2021.).

Ilmatietartunta on yksi yleisimmistä virusten leviämistavoista. Se tapahtuu, kun virusta sisältäviä pisaroita tai aerosoleja vapautuu ilmaan puhumisen, yskimisen tai aivastamisen seurauksena. Pienet hiukkaset voivat leijua ilmassa pitkiä aikoja ja kulkeutua useiden metrien päähän (CDC 2023.). Virukset pääsevät

hengitysteiden kautta elimistöön ja voivat aiheuttaa vakavia infektioita, kuten influenssan, RSV:n, SARS-CoV-2-infektion, tuhkarokon ja vesirokon (ECDC 2023.). Ehkäisykeinoja ovat hengityssuojaimet, tehokas ilmanvaihto ja riittävän etäisyyden pitäminen. (Flint ym. 2020.)

Kosketustartunta voi tapahtua suorassa ihokosketuksessa sairastuneen kanssa, esimerkiksi suudellessa tai ihoinfektion yhteydessä, tai epäsuorasti, kun virusta sisältävä materiaali siirtyy pinnoilta käsien välityksellä limakalvoille. Norovirus, rhinovirus, adenovirus ja rotavirus leviävät usein tätä kautta. Virukset voivat säilyä pinnoilla minuuteista useisiin päiviin (Murray ym. 2021). Ehkäisyssä tärkeintä on käsihygienia, pintojen säännöllinen desinfiointi ja kasvojen koskettamisen välttäminen. (Knipe & Howley 2019.)

Vesi- ja ruokatartunta (fekaalis-oraalinen) tapahtuu saastuneen veden tai ruoan välityksellä. Tyypillisiä tällä tavoin leviäviä taudinaiheuttajia ovat hepatiitti A, norovirus, rotavirus ja poliovirus. Tartunnanlähteitä ovat muun muassa huonosti pestyt vihannekset, saastunut juomavesi sekä puutteellinen käsihygienia. Tehokkaita ehkäisykeinoja ovat veden asianmukainen käsittely, tarkka elintarvikehygienia ja rokotukset. (Flint ym. 2020.)

Virukset voivat levitä myös veren ja muiden elimistön nesteiden välityksellä. Tartuntareittejä ovat verensiirrot, neulanpistot, huumeiden yhteiskäyttö, seksuaalinen kontakti sekä leviäminen äidistä lapseen synnytyksen tai imetyksen yhteydessä. Tällä tavoin tarttuvia viruksia ovat muun muassa HIV, hepatiitti B ja C, Ebola-virus sekä EBV. Ehkäisyssä keskeistä on steriilien neulojen käyttö, verensiirtojen huolellinen seulonta, kondomin käyttö sekä rokotukset, kuten HBV-rokote. (Knipe & Howley 2019.)

Vektorivälitteisessä tartunnassa välittäjänä toimii hyönteinen, joka siirtää viruksen pureman yhteydessä. Näin leviävät esimerkiksi denguevirus, keltakuumevirus, TBE-virus ja Zika-virus. Ehkäisy perustuu hyönteissuojaukseen ja vektorkantojen torjuntaan. (Flint ym. 2020.)

Vertikaalinen tartunta tarkoittaa viruksen siirtymistä äidistä lapseen istukan kautta, synnytyksen aikana tai imetyksessä. Tällaisia viruksia ovat esimerkiksi

CMV, HIV, hepatiitti B ja Zika-virus. Ehkäisykeinoja ovat rokotukset ja asianmukainen hoito raskauden aikana sekä turvallinen synnytys. (Flint ym. 2020.)

2.16 Immuunipuolustuksen keskeiset mekanismit virusta vastaan

Elimistön immuunijärjestelmä on monimutkainen ja tarkkaan säädelty puolustusjärjestelmä, joka suojaa meitä virushyökkäyksiltä. Tämä puolustus rakentuu kahdesta päälinjasta: synnynnäisestä (luontaisesta, innate) immuniteetista ja hankitusta (adaptiivisesta) immuniteetista. Vaikka nämä järjestelmät eroavat toisistaan toimintanopeuden, spesifisyyden ja muistikyvyn osalta, ne toimivat tiiviissä yhteistyössä estäen virusten leviämisen ja varmistaen elimistön selviytymisen infektioista. (Roitt, Brostoff & Male 2021.)

Ensimmäinen suoja muodostuu fyysisistä ja kemiallisista esteistä, kuten ihosta ja limakalvoista, jotka estävät virusten pääsyn elimistöön. Hengitysteissä lima ja värekarvat siirtävät viruksia pois, ja kyynelneste sekä sylki sisältävät entsyymejä, kuten lysotsyymejä, jotka hajottavat mikrobeja. Lisäksi mahan happamuus ja suoliston entsyymit tuhoavat elimistöön joutuneita viruksia. (Flint ym. 2020.)

2.16.1 Synnynnäinen (innate) immuunipuolustus

Synnynnäiseen immuunipuolustukseen kuuluvat myös liukoiset välittäjäaineet, jotka rajoittavat virusten lisääntymistä. Interferonit (IFN- α ja IFN- β) ovat viruksen infektoimien solujen tuottamia proteiineja, jotka indusoivat naapurisoluihin antiviraalisia mekanismeja ja estävät virusten replikaatiota. Komplementtijärjestelmä puolestaan koostuu verenkierron olevista proteiineista, jotka aktivoituvat tunnistessaan virusten rakenteita. Ne opsonisoivat viruksia helpottaen fagosytoosia ja voimistavat tulehdusreaktiota. (Knipe & Howley 2019.)

Keskeisessä roolissa ovat myös valkosolut ja niiden tehtävät. Makrofagit fagosytoivat viruksia ja infektoituneita soluja sekä toimivat antigeenia esittelevinä soluina (APC), jotka aktivoivat T-lymfosyyttejä. Dendriittisolut ottavat talteen viruksen rakenteita, kuljettavat niitä imusolmukkeisiin ja esittelevät ne T-lymfosyyteille

käynnistäen hankitun immuunivasteen. Granulosyyteistä neutrofiilit tuhoavat viruksia mikrobien hajottamiseen tarvittavien entsyymien avulla, eosinofiilit osallistuvat erityisesti loisten torjuntaan mutta vaikuttavat myös viruksiin, ja basofiilit voimistavat tulehdusreaktiota erittämällä histamiinia ja välittäjäaineita. Lisäksi luonnolliset tappajasolut (NK-solut) tuhoavat viruksen infektoimia soluja, joista puuttuu normaali MHC I -molekyylit. Ne erittävät perforiineja ja granyymejä, jotka käynnistävät solukuoleman, sekä interferoni-gammaa (IFN- γ), joka tehostaa makrofagien toimintaa. (Abbas, Lichtman & Pillai 2018.)

Tulehdusreaktio on myös olennainen osa synnynnäistä immuunivastetta. Se ilmenee punoituksena, turvotuksena, kuumuutena ja kipuna. Tulehdus edistää immuunisolujen kulkeutumista infektiopaikalle, lisää verisuonten läpäisevyyttä ja auttaa elimistöä rajaamaan infektiota. Lisäksi kuume luo epäsuotuisan ympäristön virusten lisääntymiselle. (Janeway ym. 2017.)

Näiden mekanismien yhteistyö muodostaa tehokkaan ja monitasoisen puolustusjärjestelmän, joka tunnistaa virukset, pysäyttää niiden leviämisen ja luo edellytykset pitkäaikaiselle suojalle hankitun immuniteetin kautta. (Janeway ym. 2017.)

2.16.2 Hankittu (adaptiivinen) immuunipuolustus

Elimistön immuunijärjestelmä on monimutkainen ja tarkkaan säädelty puolustusjärjestelmä, joka suojaa elimistöä virusten aiheuttamilta hyökkäyksiltä (Taulukko 6). Immuunivaste rakentuu kahdesta päälinjasta, synnynnäisestä eli luontaisesta immuniteetista ja hankitusta eli adaptiivisesta immuniteetista. Vaikka nämä järjestelmät eroavat toisistaan toimintanopeuden, spesifisyyden ja muistikyvyn osalta, ne toimivat tiiviissä yhteistyössä estäen virusten leviämisen ja varmistaen elimistön selviytymisen infektiosta. (Roitt, Brostoff & Male 2021, 152–173.)

Hankittu immuniteetti aktivoituu hitaammin kuin synnynnäinen, yleensä päivien tai viikkojen kuluessa infektion alkamisesta. Sen keskeinen piirre on tarkka kohdistuminen tiettyyn patogeeniin ja immunologisen muistin muodostuminen, mikä tekee vasteesta tehokkaan ja pitkäkestoisen. Hankittu immuniteetti rakentuu erityisesti T- ja B-lymfosyyttien toimintaan (Abbas, Lichtman & Pillai 2018.). Humoraalinen immuunivaste perustuu B-lymfosyyttien tuottamiin vasta-aineisiin. B-solut aktivoituvat CD4+ T-auttajasolujen välityksellä ja erilaistuvat plasmak soluiksi,

jotka tuottavat vasta-aineita eli immunoglobuliineja. Nämä sitoutuvat virusten pinta-arakenteisiin ja estävät niiden kiinnittymisen isäntäsoluihin, opsonisoivat viruksia fagosytoosin tehostamiseksi ja aktivoivat komplementtijärjestelmän. Humoraalinen vaste muodostaa tehokkaan puolustusmekanismin erityisesti solun ulkopuolella esiintyviä viruksia vastaan. SARS-CoV-2-infektio, jossa anti-spike IgG-vasta-aineet estävät viruksen sitoutumisen ACE2-reseptoriin ja pääsyn soluun (Abbas, Lichtman & Pillai 2018; Flint ym. 2020.). Soluvälitteinen immuunivaste kohdistuu virusten infektoimiin soluihin. CD4+ T-auttajasolut vapauttavat sytokiineja, jotka vahvistavat immuunivastetta ja aktivoivat B-soluja, kun taas CD8+ sytotoksiset T-solut tunnistavat infektoituneet solut ja tuhoavat ne vapauttamalla perforiineja ja granyymejä, mikä johtaa solujen apoptoosiin. Makrofagit ja sytokiinit, kuten interferoni- γ , tehostavat virusten eliminointia ja voimistavat tulehdusreaktiota. (Roitt, Brostoff & Male 2021; Janeway ym. 2017.)

Infektion jälkeen osa aktivoituneista B- ja T-soluista muuttuu muistisoluksi. Näiden ansiosta elimistö reagoi uusiin tartuntoihin huomattavasti nopeammin ja tehokkaammin kuin ensimmäisellä kerralla. Rokotteet hyödyntävät tätä mekanismia altistamalla immuunijärjestelmän taudinaiheuttajan osille, mikä luo suojan ilman varsinaista sairastumista. (Abbas, Lichtman & Pillai 2018.) Vaikka immuunivaste suojaa elimistöä, sen voimakas aktivoituminen voi olla myös haitallista. Tällainen ilmiö on sytokiinimyrsky, jossa sytokiinien liiallinen vapautuminen aiheuttaa hallitsemattoman tulehdusreaktion. Tilanne voi johtaa vakaviin kudosaivourioihin ja hengenvaarallisiin seurauksiin, mitä on havaittu muun muassa influenssan ja COVID-19-infektion yhteydessä. (Vabret ym. 2020.).

Kliinisellä merkityksellä tarkoitetaan sitä, että virusten tartuntareittien tunteminen on välttämätöntä epidemioiden hallinnassa. Pandemioissa maskisuositukset ja käsihygienia ovat keskeisiä torjuntakeinoja. Immuunipuolustuksen ymmärtäminen mahdollistaa kohdennettujen hoitojen, kuten rokotteiden, viruslääkkeiden ja monoklonaalisten vasta-ainehoidon kehittämisen. Lisäksi on huomioitava, että immuunipuutokset, kuten HIV-infektion hoitamaton vaihe tai elinsiirtopotilaiden immunosuppressio, altistavat vakaville virusinfektioille ja niiden komplikaatioille. (Vabret ym. 2020.).

TAULUKKO 6: Synnynnäisen ja hankitun immuniteetin vertailu (Abbas ym. 2018, 45)

Ominaisuus	Synnynnäinen immuniteetti (innate)	Hankittu immuniteetti (adaptiivinen)
Vasteen nopeus	Minuuteista tunteihin	Päivistä viikkoihin
Spesifisyys	Epäspesifinen, tunnistaa yleisiä mikrobirakenteita	Spesifinen tiettyä antigeenia kohtaan
Muisti	Ei muodosta immunologista muistia	Muodostaa immunologisen muistin
Pääkomponentit	Fyysiset esteet (iho, limakalvot) fagosyytit (makrofagit, neutrofiilit) NK-solut, komplementit, interferonit	B-solut (vasta-aineet), T-auttajasolut (CD4+), T-tappajasolut (CD8+), muistisolu
Tehtävä	Estää ja hidastaa infektoita, aktivoi hankitun immuniteetin	Tuhota taudinaiheuttaja tarkasti ja luoda pitkäaikainen suoja
Esimerkki vasteesta	Interferonien erityys virustartunnassa	Anti-SARS-CoV-2 IgG vasta-aineiden muodostus rokotuksen jälkeen

2.17 Laboratoriomenetelmät virusdiagnoosissa

Virusinfektioiden oikea-aikainen diagnostiikka on keskeinen tartuntojen hallinnassa, epidemioiden torjunnassa ja hoidon onnistumisessa. Diagnoosi perustuu kliinisiin oireisiin, potilaan taustatietoihin ja ennen kaikkea laboratoriotutkimuksiin, jotka mahdollistavat virusten nopean ja tarkan tunnistamisen. Bioanalytiikan rooli on varmistaa tutkimuksen onnistuminen alusta loppuun. (Knipe & Howley 2021.)

Laboratoriomenetelmät voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: viruksen genomin tunnistamiseen (DNA tai RNA), virusrakenteiden tai antigeenien tunnistamiseen sekä elimistön vasta-aineiden osoittamiseen. (Knipe & Howley 2021.)

Nukleiinihapon osoitus, erityisesti PCR (polymeraasiketjureaktio), on tarkin ja herkin menetelmä virusten diagnostiikassa. Menetelmässä monistetaan viruksen

perimäainesta (DNA tai RNA), jolloin pienikin määrä virusta voidaan havaita. PCR on ensisijainen ja luotettavin menetelmä monien hengitystie-, herpes- ja enterovirusten tunnistamisessa, esimerkiksi SARS-CoV-2 diagnosoidaan sen avulla käyttäen RT-PCR-menetelmää. PCR:n etuina ovat sen korkea herkkyys ja spesifisyys, mutta haittapuolina korkeat kustannukset ja erikoisvälineiden tarve. (Knipe & Howley 2021, 841–845.)

Antigeenitestit tunnistavat viruksen pintarakenteita, kuten kapsidiproteiineja. Ne ovat nopeita ja helppokäyttöisiä, minkä vuoksi niitä käytetään erityisesti epidemiatilanteissa ja massaseulonnoissa. SARS-CoV-2-testit perustuvat antigeenien tunnistamiseen. Antigeenitestien tulokset valmistuvat nopeasti, jopa 15–30 minuutissa, mutta ne ovat vähemmän herkkiä kuin PCR-testit, etenkin oireettomilla potilailla. Niitä käytetään myös influenssan ja RSV:n diagnostiikassa. (Hyypiä, Vaheri & Halonen 1995.)

Serologiset testit mittaavat elimistön immuunivastetta havaitsemalla viruksen aiheuttamia vasta-aineita verestä. IgM-vasta-aineet ilmaantuvat infektion alkuvaiheessa, kun taas IgG-vasta-aineet nousevat myöhemmin ja säilyvät pitkään, tarjoten tietoa aiemmista tai kroonisista infektioista. Serologiaa käytetään esimerkiksi Epstein–Barr-viruksen (EBV), HIV:n ja hepatiittivirusten (HBV, HCV) diagnostiikassa, usein täydentävänä menetelmänä tilanteissa, joissa virusta ei enää ole verenkierrossa, mutta immuunijärjestelmä on reagoanut siihen. (Abbas ym. 2018, 246–249.)

Virusviljely on menetelmä, jossa virusta kasvatetaan elävissä soluviljelmissä. Se on työläs ja hidas prosessi, minkä vuoksi sen käyttö rutiinidiagnostiikassa on harvinaista. Menetelmä voi kuitenkin olla tarpeellinen uusien virusten tunnistuksessa tai tutkimuskäytössä. Virusviljelyä on käytetty erityisesti enterovirusten, herpesvirusten ja influenssavirusten tutkimuksessa, ja se vaatii korkean bioturvallisuustason laboratorioita. (Knipe & Howley 2021, 824–827.)

Elektronimikroskopian avulla voidaan tarkastella virusten morfologiaa. Menetelmää käytetään lähinnä uusien virusten tunnistuksessa, kuten SARS-epidemian aikana vuonna 2003. Haittoina ovat menetelmän kalleus ja erikoisosaamisen

tarve, minkä vuoksi sen käyttö on vähäistä rutiinidiagnostiikassa. (Knipe & Howley 2021.)

Multiplex-PCR diagnostiikka mahdollistaa useiden virusten samanaikaisen tunnistamisen yhdestä näytteestä. Laajasti käytetty BioFire® Respiratory Panel pystyy tunnistamaan lukuisia hengitystieinfektioita aiheuttavia viruksia yhdellä analyysillä. Menetelmän merkittävimpiä etuja ovat nopeus ja resurssien säästö, mutta sen haasteina ovat korkeat kustannukset sekä mahdollisuus virhepositiivisiin tuloksiin. (Hyypiä, Vaheri & Halonen 1995.)

2.17.1 Bioanalyytikon rooli virusinfektioiden laboriodiagnostiikassa

Bioanalyytikon rooli on keskeinen useiden laboriodiagnostiikan ja kliinisten diagnoosien osalta. Hänen työnsä kattaa koko prosessin aina näytteenotosta tulosten raportointiin asti. Laadukkaalla diagnostiikalla on merkittävä vaikutus taudin oikeaan diagnosointiin, kustannustehokkuuteen ja hoidon nopeuteen. Tärkeimmät bioanalyytikon tehtäviin kuuluvat työt ovat muun muassa näytteenottovaihe, näytteiden esikäsittely ja tarvittaessa niiden asianmukainen kuljetus laboratorioon. Tämän lisäksi hän suorittaa laborioritesteit, tarvittaessa osaa tulkita tuloksia sekä kirjaa ne potilastietojärjestelmään ja tekee myös tärkeää laadunvarmistusta yhteistyössä hoitohenkilökunnan kanssa. Kliininen analyysityö on muuttunut yhä monimutkaisemmaksi, minkä vuoksi virhelähteinen ennaltaehkäisy on ensiarvoisen tärkeää (käsittelyvirheet, laitteiden käyttövirheet) Huolellinen työskentely suojaa sekä potilasta että työntekijää. Bioanalyytikon tulee olla aina tarkkana, sillä jokainen näyte on osa potilasturvallisuutta ja epidemioiden torjuntaa. (Björkman 2019).

2.17.2 Virustartuntojen ehkäisy ja hoitokeinot

Virustartuntojen ehkäisy ja hoito perustuvat ymmärrykseen viruksen rakenteesta, tartuntatavasta ja elinkierron vaiheista. Moniin viruksiin ei ole olemassa parantavaa hoitoa, niiden leviämistä ja vaikutuksia voidaan tehokkaasti rajoittaa

rokotteilla, hygieniakäytännöillä, antiviraalisilla lääkkeillä sekä julkisilla suojatoimilla. (Kaasalainen, Routasalo & Leino-Kilpi 2018, 89–93; Fimea 2024.)

Rokotteet ovat tehokkain keino virustautien ennaltaehkäisyyn. Ne aktivoivat henkilön immuunijärjestelmän ilman, että hänen tarvitsee sairastaa itse tautia. Rokotusten toimintaperiaate on se, että elimistö muodostaa virusta vastaan suunnattuja vasta-aineita sekä muistisoluvastetta. Nämä vasta-aineet ja muistisolut mahdollistavat nopean suojautumisen todellisessa tartuntatilanteessa. Rokotteita on useita tyyppisiä; elävät heikennetyt rokotteet, joista esimerkkinä MPR-rokote, inaktivoituneet rokotteet, joihin kuuluu esimerkiksi influenssarokote, mRNA-rokotteet, joita ovat esimerkiksi COVID-19-rokotteet ja subyksikkörokotteet, kuten HPV- ja hepatiitti B-rokotteet. Rokotukset suojaavat sekä yksilöä suoraan että edistävät yhteisösuojaa eli laumasuojaa. (Abbas, Lichtman & Pillai 2018, 435–442.)

Hyvät hygieniakäytännöt ovat keskeinen osa virustautien leviämisen ehkäisyä. Käsienpesu vedellä ja saippualla estää erityisesti vaipattomien virusten, kuten norovirusten, leviämisen. Lisäksi käsidesi tehoaa useimpiin vaipallisiin viruksiin. Myös yskimishygienia, pintojen desinfiointi ja maskien käyttö ovat tärkeitä toimenpiteitä, jotka ehkäisevät hengitystieinfektioita, esimerkiksi COVID-19-pandemian aikana maskien käyttö ja etäisyydet vähensivät merkittävästi influenssapauksia (WHO 2024). Lisäksi on käytössä muita suojaustoimia, kuten kondomin käyttö ehkäisee seksiteitse tarttuvia viruksia (HIV, HPV, HSV). Hyttyskarkotteet ja vaatekäsittely suojaavat vektorivälitteisiltä taudeilta (dengue- ja zika-virus). Rokotuskampanjat ovat tärkeitä työkaluja epidemioiden estämiseksi riskialueilta. (ECDC 2024).

Eristys ja karanteeni ovat tärkeitä toimenpiteitä, joiden avulla pyritään estämään tartunnan saaneen henkilön viruksen leviäminen muihin ihmisiin. Eristys tarkoittaa oireisen potilaan sijoittamista yksin, erilleen muista. Karanteeni tarkoittaa puolestaan henkilön erillään pitämistä, joka on altistunut taudille, mutta vielä oireeton. Näitä toimenpiteitä käytetään yleisesti muun muassa COVID-19, tuberkuloosi- ja ebola tartuntojen yhteydessä. (ECDC 2024).

2.17.3 Hoitomenetelmät

Antiviraaliset lääkkeet kohdentuvat vain tiettyihin viruksiin ja estävät niille elintärkeitä entsyymejä, jotka ovat välttämättömiä viruksen lisääntymiselle. Näitä lääkkeitä ovat esimerkiksi Oseltamivir (Tamiflu) joka estää influenssaviruksen neutramidasiinia ja estää näin uusien viruspartikkelien vapautumista solusta. Hoito on tehokas, kun se aloitetaan infektion alkuvaiheessa (ECDC 2023.) Remdesivir on tehokas RNA-polymeraasin estäjä, joka hidastaa SARS-CoV-2-viruksen lisääntymistä, tätä on käytetty erityisesti sairaalahoidossa olevilla potilaissa (WHO 2024.) Tenofovir ja Zidovudiini ovat käänteiskopijoijaentsyymien estäjiä (NRTI), joita käytetään HIV-infektion ja hepatiitti B-viruksen (HBV) hallinnassa (Knipe & Howlet 2021.) Yleisesti ottaen antiviraaliset lääkkeet ovat tehokkaimpia infektion alkuvaiheessa, mikä korostaa entisestään nopean diagnostiikan merkitystä. (Knipe & Howley 2021.)

Useimmissa virusinfektioissa hoito keskittyy ensisijaisesti oireenmukaiseen tukihoidon, esimerkiksi nesteytys kuivumisen ehkäisyksi kuumeen, oksentelun ja ripulin yhteydessä (Abbas, Lichtman & Pillai 2018). Mikäli virusinfektio aiheuttaa vakavia hengitysvaikeuksia, kuten COVID-19-taudissa tai influenssassa, annetaan happihoitoa (WHO 2024.) Erityisen vaikeissa tapauksissa voidaan tarvita tehohoitoa ja hengityskoneen käyttöä (ECDC 2023.) Lisäksi voidaan käyttää immunomodulaattoreita silloin, kun elimistön oma immuunivaste on liian voimakas ja aiheuttaa kudoksille vaurioita. Vaikeassa COVID-19-taudissa deksametosoni-kortikosteroidin on osoitettu olevan tehokas vähentämään kuolleisuutta haperetarpeen lisääntyessä. Kortikosteroidit hillitsevät tulehdusta ja vähentävät immuunijärjestelmän ylireaktioita (WHO 2024.)

2.17.4 Virusten merkitys yhteiskunnassa

Virukset eivät vaikuta vain yksittäiseen ihmiseen sairautena, vaan niillä on laaja yhteiskunnallinen ulottuvuus. Tartuntataudit voivat kuormittaa terveydenhuoltoa, aiheuttaa taloudellisia menetyksiä, muuttaa ihmisten käyttäytymistä ja vaatia kansallisia tai kansainvälisiä toimia. COVID-19-pandemia osoitti, kuinka nopeasti virus voi muuttaa yhteiskunnan toimintaa globaalilla tasolla. (Hedman ym. 2011.)

Pandemia tarkoittaa maailmanlaajuista tartuntatautiepidemiaa, ja kun virus leviää laajasti, sen vaikutukset tuntuvat kaikkialla yhteiskunnassa: terveydenhuollossa, taloudessa, koulutuksessa ja arjen käytännöissä. Tunnettuja pandemioita ovat COVID-19 (2019–), jonka aikana nähtiin ensimmäinen mRNA-rokotteiden laaja käyttöönotto ja mittavat yhteiskunnalliset rajoitukset, yli 50 miljoonaa uhria vaatinut espanjantauti (1918–1920) sekä laajalle levinnyt mutta oireiltaan lievempi H1N1-influenssa (2009). Pandemiat paljastavat yhteiskuntien haavoittuvuudet ja pakottavat kehittämään kansanterveysjärjestelmiä. (WHO 2024.)

Terveydenhuoltoon pandemiat vaikuttavat siten, että sairaalat ylikuormittuvat, hoitohenkilökunnan jaksaminen joutuu koetukselle pitkittyneissä kriiseissä, tartuntatautien erikoisosaaminen ja laboratorioyhteistyö korostuvat, ja varautumisen tarve kasvaa esimerkiksi pandemiasuunnitelmien, suojarusteiden ja kriisiviestinnän kautta. Diagnostiikka ja rokotukset nousivat myös keskeiseen rooliin pandemioiden hallinnassa. (Knipe & Howley 2021, 987–998.)

Taloudelliset vaikutukset näkyvät muun muassa sairauspoissaolojen ja työttömyyden kautta, jotka vähentävät työvoimaa, sekä terveydenhuoltokustannusten kasvuna testauksen, hoidon ja sairaalainvestointien vuoksi. Rajoitustoimet, kuten karanteenit ja sulkutoimet, voivat pysäyttää matkailun ja ravintola-alan toiminnan, ja erityisesti kehittyvissä maissa vaikutukset voivat olla tuhoisia, kuten nähtiin ebolan ja zikan kohdalla. YK:n arvion mukaan COVID-19-pandemia vähensi maailman BKT:tä 3,4 % vuonna 2020. (WHO 2021.)

Koulutukseen ja tiedonvälitykseen virusepidemiat vaikuttivat siten, että etäopetus yleistyi kouluissa ja korkeakouluissa, terveystieteiden kasvu korostui käsihygienian, rokotusten ja väestövalistuksen muodossa, ja samalla esiin nousi infodemia eli tiedon vääristymät, jotka lisäsivät tarvetta luotettavalle tiedottamiselle ja medialukutaidolle. Rokotekattavuus on myös osin kärsinyt virheellisen informaation vuoksi. (ECDC 2024.)

3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa verkko-oppimateriaali bioanalyttikko-opiskelijoille aiheesta "*Yleisimmät hengitystieinfektioita aiheuttavat virukset*", käytettäväksi Mikrobiologia 1 -opintojaksolla. Materiaalin tavoitteena on tukea opiskelijoiden ymmärrystä virusten rakenteesta, leviämisestä ja laboratorio-tutkimuksista sekä vahvistaa valmiuksia soveltaa tietoa käytännön työelämässä.

Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä opiskelijoiden tietämystä hengitystieinfektioiden etiologiasta ja taudinkuvista sekä niiden diagnostiikasta laboratoriossa. Verkko-oppi materiaalin avulla pyritään tukemaan osaamista erityisesti potilasnäytteiden tutkimuksessa ja infektiolähteiden selvittämisessä.

Materiaalin suunnittelussa hyödynnetään Opetushallituksen e-oppimateriaalin laatukriteereitä (Opetushallitus 2012), ja tavoitteena on tarjota joustava, monipuolinen ja ammatillista kasvua tukeva oppimisväline.

4 TOTEUTUS JA ARVIOINTI

Tässä luvussa kuvataan toiminnallisen opinnäytetyön toteutus ja arviointi. Luvussa käsitellään verkko-oppimateriaalin suunnittelua ja toteuttamista sekä työn laadun arviointia eri arviointimenetelmien avulla.

4.1 Toteutus

Toiminnallinen opinnäytetyön tuotos on Oulun ammattikorkeakoululle tehty verkko-oppimateriaali, joka on suunnattu bioanalytiikan opiskelijoille. Aihe valittiin samankaltaisten kiinnostuksen kohteiden ja toteutustapaa koskevien näkemysten vuoksi. Verkko-oppimateriaaliin päädyttiin, koska halusimme luoda itseopiskeluun soveltuvan materiaalin, joka mahdollistaa itsenäisen etenemisen ja oppimisen kertaamisen. Materiaalin alustaksi valikoitui Moodle, sillä se on helppokäyttöinen ja jo tuttu alusta monille bioanalyttikko-opiskelijoille, koska sitä käytetään laajasti heidän opetuksessaan.

Verkko-oppimateriaalille suunniteltiin selkeä rakenne, joka sisältää osion viruksen perusominaisuuksista, virustyyppistä, tartuntatavasta ja immuunipuolustuksesta sekä diagnostiikasta ja bioanalyttikon roolista virusinfektiossa. Oppimisalustalle sisällytettiin tietoa yleisimmistä virustyypeistä, PCR-tekniikasta sekä antigeeni- ja vasta-ainetesteistä. Tavoitteena oli laatia materiaali, joka on ytimekäs, helppolukuinen ja houkuttelee uuden oppimiseen. Alustalle suunniteltiin lisäksi myös havainnollistavia kuvia sekä videoita lisäoppimisen tueksi.

Suunnitelman valmistuttua verkko-oppimateriaalin työstäminen aloitettiin, ja työ eteni suunnitellussa aikataulussa. Sen sijaan, että työnjako olisi määritetty tarkasti etukäteen, sen annettiin muodostua luonnollisesti työn edetessä. Kaikki osallistuivat yhtäläisesti jokaiseen työvaiheeseen, kuten tiedonhankintaan, raportin kirjoittamiseen, Moodle-alustan toteutukseen ja loppuarviointiin.

4.2 Arviointi

Opinnäytetyön laadun arviointi perustui kattavaan malliin, johon sisältyi tekijöiden itsearviointi, vertaisarviointi, verkko-oppimateriaalin käyttäjiltä kerätty palaute sekä ohjaavien opettajien prosessiarviointi. Yhteydenpito ohjaajiin tapahtui joustavasti sähköpostin ja satunnaisten Teams-palaverien välityksellä. Tämän ohjausmallin ansiosta saimme jatkuvasti tukea, palautetta ja ohjeita työn eri vaiheisiin.

Mikrobiologia I -opintojakson opiskelijoille annettiin tehtäväksi tutustua verkko-oppimateriaaliin ja antaa siitä palautetta. Laadittu Webropol-kysely linkitettiin suoraan Moodle-alustalle sekä toimitettiin sähköpostitse. Verkossa toteutettu kysely teki palautteen antamisesta nopeaa ja vaivatonta. Kyselyn tarkoituksena oli arvioida verkko-oppimateriaalin laatuksitekereiden toteutumista sekä asetettujen tavoitteiden saavuttamista.

4.2.1 Webropol-kyselyn tulokset

Verkko-oppimateriaaliin liittyvään palautekyselyyn vastasi 32 opiskelijaa. Moodle-kurssilla oli yhteensä 41 osallistujaa. Vastaukset kerättiin anonyymisti. Suurin osa vastaajista arvioi oppimateriaalin erittäin selkeäksi. Oppimateriaali oli selkeää, ja väittämän keskiarvo oli 4,5 ja mediaani 5,0. Kukaan vastaajista ei ollut jokseenkin tai täysin eri mieltä väittämän kanssa.

Tulokset vastaavat Webropol-raportin jakaumaa, jossa 21 vastaajaa (66 %) oli täysin samaa mieltä ja 9 vastaajaa (28 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Lisäksi 3 vastaajaa (9 %) valitsi vaihtoehdon (en osaa sanoa). Tämä osoittaa, että oppimateriaali koettiin pääosin erittäin selkeäksi ja helposti hahmotettavaksi.

Asiasisältö oli ymmärrettävää, ja väittämän keskiarvo oli 4,7 ja mediaani 5,0. Kukaan vastaajista ei ollut jokseenkin tai täysin eri mieltä väittämän kanssa. Tulokset vastaavat Webropol-raportin jakaumaa, jossa 22 vastaajaa (69 %) oli täysin samaa mieltä ja 10 vastaajaa (31 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Yksikään vastaajista ei valinnut vaihtoehtoa en osaa sanoa tai eri mieltä olevia

vaihtoehtoja. Tämä osoittaa, että asiasisältö koettiin erittäin selkeäksi ja kohde-ryhmälle hyvin sopivaksi.

Aineiston kuvat ja taulukot olivat helposti ymmärrettävissä, ja väittämän keskiarvo oli 4,6 ja mediaani 5,0. Suurin osa vastaajista oli väittämän kanssa samaa mieltä, eikä yksikään ollut täysin eri mieltä. Tulokset vastaavat Webropol-raportin jakaumaa, jossa 22 vastaajaa (69 %) oli täysin samaa mieltä ja 9 vastaajaa (28 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Lisäksi 1 vastaaja (3 %) valitsi vaihtoehdon (en osaa sanoa) ja 1 vastaaja (3 %) oli jokseenkin eri mieltä. Tämä osoittaa, että kuvat ja taulukot tukivat oppimista hyvin ja helpottivat virusten rakenteiden ja ominaisuuksien hahmottamista.

Teksti oli selkeää ja helppoa lukea, ja väittämän keskiarvo oli 4,5 ja mediaani 5,0. Suurin osa vastaajista arvioi tekstin selkeäksi ja helppolukuseksi. Tulokset vastaavat Webropol-raportin jakaumaa, jossa 21 vastaajaa (66 %) oli täysin samaa mieltä ja 8 vastaajaa (25 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Lisäksi 3 vastaajaa (9 %) oli jokseenkin eri mieltä. Kukaan vastaajista ei valinnut vaihtoehtoa (en osaa sanoa) tai ollut täysin eri mieltä. Tämä osoittaa, että teksti koettiin pääosin selkeäksi ja oppimista tukevaksi.

Oppimateriaali oli sopivan pituinen, ja väittämän keskiarvo oli 4,3 ja mediaani 5,0. Enemmistö vastaajista koki oppimateriaalin pituuden sopivaksi. Tulokset vastaavat Webropol-raportin jakaumaa, jossa 17 vastaajaa (53 %) oli täysin samaa mieltä ja 11 vastaajaa (34 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Lisäksi 1 vastaaja (3 %) valitsi vaihtoehdon (en osaa sanoa) ja 3 vastaajaa (9 %) oli jokseenkin eri mieltä. Kukaan vastaajista ei ollut täysin eri mieltä. Tämä osoittaa, että oppimateriaalin pituus koettiin pääosin sopivaksi, vaikka osa vastaajista koki materiaalin osin melko laajaksi.

Teoria oli järjestetty aineistossa loogisesti, ja väittämän keskiarvo oli 4,8 ja mediaani 5,0. Tulokset osoittavat erittäin vahvaa tyytyväisyyttä materiaalin rakentamiseen. Webropol-raportin mukaan 26 vastaajaa (84 %) oli täysin samaa mieltä ja 3 vastaajaa (10 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Lisäksi 2 vastaajaa (6 %) valitsi vaihtoehdon (en osaa sanoa). Kukaan vastaajista ei ollut eri mieltä. Tämä osoittaa, että materiaalin eteneminen koettiin selkeästi loogiseksi ja oppimista hyvin tukevaksi.

Väittämän Kertaustentti tuki oppimistani, keskiarvo oli 4,8 ja mediaani 5,0, mikä osoittaa erittäin myönteistä arviota. Webropol-raportin mukaan 25 vastaajaa (78 %) oli täysin samaa mieltä ja 6 vastaajaa (19 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Lisäksi 1 vastaaja (3 %) valitsi vaihtoehdon (en osaa sanoa). Kukaan vastaajista ei ollut eri mieltä. Tämä osoittaa, että kertaustentti koettiin erittäin tehokkaaksi oppimista tukevaksi elementiksi ja oman osaamisen arvioinnin välineeksi.

Kohdan Oppimateriaaliin liitetty YouTube-video tuki oppimistani, ja väittämän keskiarvo oli 4,4 ja mediaani 5,0, mikä osoittaa myönteistä arviota videon hyödyllisyydestä. Webropol-raportin mukaan 20 vastaajaa (63 %) oli täysin samaa mieltä ja 6 vastaajaa (19 %) jokseenkin samaa mieltä väittämän kanssa. Lisäksi 6 vastaajaa (19 %) valitsi vaihtoehdon (en osaa sanoa). Kukaan vastaajista ei ollut eri mieltä. Tämä osoittaa, että video koettiin oppimista tukevaksi lisämateriaaliksi, vaikka sen merkitys vaihteli vastaajien välillä.

Avoimeen palautetta koskevaan kysymykseen ”Mikä oli mielestäsi oppimateriaalin paras osa?” vastasi 11 opiskelijaa. Avoimessa palautteessa oppimateriaalin parhaiksi puoliksi nousivat esiin selkeä ja looginen rakenne, monipuolinen ja perusteellinen sisältö sekä oppimista tukevat kertaustentit ja lopputentti. Useat vastaajat korostivat erityisesti tenttien merkitystä oppimisen tukena ja oman osaamisen arvioinnissa. Lisäksi oppimateriaalin videot, havainnollistavat kuvat ja taulukot sekä visuaalisesti miellyttävä esitystapa koettiin tärkeiksi oppimista edistäviksi tekijöiksi. Kokonaisuutta kuvattiin onnistuneeksi, selkeäksi ja oppimista tukevaksi, ja materiaalin koettiin olevan huolellisesti toteutettu ja mielekäs lukea.

Toiseen avoimeen palautekysymykseen ”Mitä parannettavaa oppimateriaalissa olisi?” vastasi 11 opiskelijaa. Aineistosta nousi esiin yhdenmukaisia havaintoja, jotka liittyivät ensisijaisesti materiaalin laajuuden tiivistämiseen. Yksi vastaajista ilmoitti, ettei hänelle tullut mitään erityistä mieleen.

5 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa bioanalyttikko-opiskelijoille suunnattu selkeä ja laadukas verkko-oppimateriaali yleisimmistä hengitystieinfektioita aiheuttavista viruksista. Palautekyselyn tulosten sekä työn kokonaisarvioinnin perusteella asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin. Oppimateriaali koettiin selkeäksi, ymmärrettäväksi ja oppimista tukevaksi, ja sen sisältö sekä rakenne vastasivat kohderyhmän tarpeita.

Oppimateriaalin vahvuuksina nousivat esiin erityisesti looginen rakenne, havainnollistavat kuvat ja taulukot sekä kertaustentit, joiden koettiin tukevan oppimista ja asioiden mieleen jäämistä. Myös mahdollisuus itsenäiseen opiskeluun Moodle-ympäristössä nähtiin tärkeänä, sillä se mahdollistaa opiskelun omaan tahtiin ja tukee erilaisia oppimistyyplejä. Videomateriaali koettiin pääosin hyödylliseksi lisäksi tekstimuotoisen materiaalin rinnalla.

Työn aikana perehdyttiin monipuolisesti hengitystieinfektioita aiheuttaviin viruksiin, niiden rakenteisiin, tartuntamekanismeihin ja diagnostiikkaan. Samalla syveni ymmärrys bioanalyttikon roolista mikrobiologisessa diagnostiikassa ja potilasturvallisuuden varmistamisessa. Aihe osoittautui ajankohtaiseksi ja merkitykselliseksi, sillä virusten aiheuttamat hengitystieinfektiot ovat edelleen yksi yleisimmistä sairastavuuden ja työ- sekä koulupoissaolojen syistä.

Tiedonhankinta oli laaja ja vaati huolellista lähdekritiikkiä. Vaikka tietoa oli runsaasti saatavilla, osa aineistosta painottui yksittäisiin viruksiin, kuten influenssa- ja SARS-CoV-2-viruksiin. Tämän vuoksi hakusanojen yhdistely ja lähteiden kriittinen arviointi olivat keskeisessä roolissa luotettavan ja tasapainoisen kokonaisuuden muodostamisessa. Opinnäytetyöprosessi kehitti tekijöiden tieteellisen kirjoittamisen taitoja, kriittistä ajattelua sekä tiedonhakumenetelmiä.

Avoimen palautteen perusteella voidaan todeta, että oppimateriaalin laajuus koettiin pääosin sopivaksi, vaikka osa vastaajista toivoi joidenkin osioiden tiivistämistä ja visuaalisen ilmeen hienosäätämistä. Kehittämisehdotukset liittyivät pääosin yksityiskohtiin ja tarjoavat mahdollisuuksia oppimateriaalin

jatkokehittämiseen. Lisäksi esitettiin toiveita diaesitysten tarjoamisesta PDF-muodossa sekä käsitteiden tarkemmasta avaamisesta niiden ensiesiintymisen yhteydessä.

Työn rajaus onnistui hyvin, ja opinnäytetyö pysyi suunnitellussa laajuudessa. Verkko-oppimateriaalia voitaisiin hyödyntää myös muilla opintojaksoilla tai päivittää sitä uusimman tutkimustiedon mukaisesti.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi oli opettavainen ja kehitti tekijöiden ammatillista osaamista. Työ vahvisti käsitystä bioanalyytikon merkityksellisestä roolista terveydenhuollossa ja osoitti, että hyvin suunniteltu verkko-oppimateriaali voi toimia tehokkaana ja joustavana oppimisen tukena.

5.1 Eettisyys ja luotettavuus

Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä eettisyys ja luotettavuus huomioitiin koko tutkimusprosessin ajan. Palautekysely toteutettiin Webropol-järjestelmällä anonyymisti, eikä vastaajista kerätty tunnistettavia henkilötietoja. Kyselyyn osallistuminen oli vapaaehtoista, ja vastaajille kerrottiin kyselyn tarkoitus sekä se, mihin kerättyä aineistoa käytetään. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2013).

Tutkimuksen luotettavuutta lisää selkeä tutkimusasetelma, kyselyn kohdentaminen oikealle kohderyhmälle sekä riittävä vastaajamäärä. Kyselylomake laadittiin opinnäytetyön tavoitteiden mukaisesti mittaamaan verkko-oppimateriaalin selkeyttä, ymmärrettävyyttä ja pedagogista toimivuutta. Tulokset raportoitiin totuudenmukaisesti ilman aineiston muokkaamista tai valikointia. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2013).

Opinnäytetyössä käytetty oppimateriaali perustui ajantasaisiin ja luotettaviin lähteisiin, kuten viranomais- ja asiantuntijalähteisiin. Lähteisiin viitattiin asianmukaisesti, ja työssä noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä sekä Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeita. Työ toteutettiin rehellisesti, huolellisesti ja vastuullisesti koko prosessin ajan. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2013).

5.2 Kehittämissuhteet

Saatujen tulosten ja avoimen palautteen perusteella oppimateriaalia voidaan jatkossa kehittää edelleen. Osa vastaajista koki materiaalin paikoin laajaksi, joten sisältöä voitaisiin tiivistää ja jakaa useammille dioille tai osioihin oppimisen selkeyttämiseksi.

Jatkokehittämisen näkökulmasta oppimateriaalia voisi laajentaa bioanalytiikan työn kannalta keskeiseen hengitystieinfektioiden diagnostiikkaan, kuten PCR-, antigeeni- ja vasta-ainetestien periaatteisiin. Lisäksi oppimateriaalia voitaisiin päivittää säännöllisesti uusimman tutkimustiedon ja ajantasaisten suositusten mukaisesti sekä hyödyntää sitä myös muilla bioanalytiikan opintojaksoilla.

LÄHTEET

Abbas, A. K., Lichtman, A. H. & Pillai, S. 2018. *Cellular and Molecular Immunology*. 9th ed. Philadelphia: Elsevier. <https://books.google.fi/books?id=RWYW-BAAAQBAJ&lpg=PP1&ots=fw-cj>.

Arene ry. 2018. Opinnäytetöiden eettiset suositukset. <https://arene.fi/julkaisut/raportit/opinnaytetoiden-eettiset-suositukset/>. Luettu 31.3.2025.

Biomérieux. (2019). BioFire® FilmArray® Respiratory Panel 2 plus.

CDC. 2023. *Immune System and Disorders*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/communicable-disease-threats-report-10-16-december-2023-week-50>. Viitattu 15.8.2025.

ECDC. (2024). Guidance on isolation and quarantine measures for infectious diseases. European Centre for Disease Prevention and Control.

CDC. (2023). Viral entry and replication mechanisms. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov>. Luettu 10.5.2025.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. 2016. *e-Learning and the Science of Instruction*. Wiley.

Corman, V. M., Dijkman, R., Landt, O., Kaiser, M., Molenkamp, R., Meijer, A., ... & Drosten, C. 2020. Detection of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) by real-time RT-PCR. *The Lancet*, 395(10224), 496–497.

Duodecim. 2022. Terveyskirjasto: Virustaudit. <https://www.terveyskirjasto.fi> Luettu 6.4.2025.

ECDC. 2023. *Transmission of Communicable Diseases*. European Centre for Disease Prevention and Control. <https://www.preventionweb.net/organization/european-centre-disease-prevention-and-control>. Viitattu 16.8.2025.

Fauci, A. S., Kasper, D. L., Hauser, S. L., Jameson, J. L., Loscalzo, J., & Harrison, T. R. 2022. *Harrison's Principles of Internal Medicine* (21st ed.). McGraw-Hill.

Flint, S. J., Enquist, L. W., Racaniello, V. R., & Skalka, A. M. (2020). Principles of virology (5th ed.). ASM Press.

Griffiths, P., Baraniak, I., & Reeves, M. 2015. The pathogenesis of human cytomegalovirus. *The Lancet Infectious Diseases*, 15(8), 840–851.

Hall, C. B., Weinberg, G. A., Iwane, M. K., Blumkin, A. K., Edwards, K. M., Staat, M. A., ... & Griffin, M. R. 2013. The burden of respiratory syncytial virus infection in young children. *New England Journal of Medicine*, 360(6), 588–598.

Hirsjärvi, S., Remes, P., & Sajavaara, P. 2013. Tutki ja kirjoita.18.painos. Helsinki: Tammi.

Hedman, K., Seppälä, I., Hedman, L. & Söderlund-Venermo, M. (2011). Serologian perusteet. National Library of Medicine. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3204632/>. Viitattu 17.8.2025.

Hyypiä, T., Vaheri, A. & Halonen, P. (1995). Virusdiagnoosin menetelmät. *Duodecim*. Saatavilla: <https://www.duodecimlehti.fi/duo50517>. Viitattu 15.8.2025.

Janeway, C. A., Travers, P., Walport, M. & Shlomchik, M. 2017. *Immunobiology*. 9th ed. New York: Garland Science.

Jawetz, E., Melnick, J. L., & Adelberg, E. A. 2016. *Medical Microbiology* (27th ed.). McGraw-Hill Education.

Knipe, D. M., & Howley, P. M. 2020. *Fields Virology* (7th ed.). Wolters Kluwer.

Kellogg, J. (2016). Active Virus Life Cycle. Oregon State University, OER. <https://open.oregonstate.edu/generalmicrobiology/chapter/introduction-to-viruses/>

Knipe, D. M. & Howley, P. M. (2021). *Fields Virology* (7th ed.). Lippincott Williams & Wilkins. <https://dokumen.pub/fields-virology-7th-ed-volume-3-rna-viruses-7nbsped-9781975112608.html>.

Koivisto, K., & Aro, P. 2019. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyön eettiset kysymykset. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/262081/ePooki%2072_2019.pdf. Luettu 20.3.2025.

Lemey, P., Rambaut, A., Pybus, O. G., & Suchard, M. A. 2021. The evolutionary dynamics of adenoviruses. *Viruses*, 13(2), 210.

Microscope World. 2025. Adenovirus electron micrograph. <https://www.microscopeworld.com>. Luettu 15.4.2025.

Microscope World 2020. *RS-viruksen rakenne*. <https://www.mdpi.com/1999-4915/12/1/102>. Luettu 20.5.2025.

Murray, P. R., Rosenthal, K. S., & Pfaller, M. A. 2018. *Medical Microbiology* (9th ed.). Elsevier.

National Institute of Allergy and Infectious Diseases (NIAID). 2020. SARS-CoV-2 Virus Image.. <https://www.niaid.nih.gov> Luettu 20.4.2025.

Nature Reviews Microbiology. (2021). Viral tropism and pathogenesis, 19(4), 215–230. <https://www.nature.com/nrmicro/>. Luettu 15.5.2025.

NIH. 2025. EBV electron micrograph. National Institutes of Health. <https://www.nih.gov>. Luettu 20.5.2025.

Heinonen, M. & e-Oppe oy. 2020. Viruksen rakenne. Peda.net. Saatavilla: <https://peda.net>. (Luettu 18.8.2025).

Opetushallitus. 2012. Laatus e-oppimateriaaleihin. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/144415_laatus_e-oppimateriaaleihin_2.pdf. Luettu 1.5.2025.

PubMed Central (PMC). 2020. Rhinovirus electron micrograph. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7150358/>. Luettu 27.5.2025.

Roitt, I., Brostoff, J. & Male, D. 2021. *Immunology*. 9th ed. London: Elsevier

Ryan, K. J., Ray, C. G., & Sherris, J. C. 2017. *Sherris Medical Microbiology* (7th ed.). McGraw-Hill Education.

ScienceDirect. 2022. Structure of Enveloped Viruses. <https://www.sciencedirect.com/topics/biochemistry-genetics-and-molecular-biology/virus-core>. Luettu 14.5.2025.

Saksela, K., & Söderlund-Venermo, M.2020. Virusten luokittelu. Duodecim Oppiportti. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/mbg00447>. Luettu 10.5.2025.

Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL). 2023. Infektiotaudit – Ajankohtaista. <https://www.thl.fi>. Luettu 6.5.2025.

Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2020). Microbiology: An introduction (13th ed.). Pearson.

UCSF Benioff Children’s Hospitals. 2025. EBV 3D Virus Image. <https://www.ucsf-benioffchildrens.org>. Luettu 16.5.2025.

UTMB Virus Images. 2025. Influenza Virus Particles. <https://www.utmb.edu>. Luettu 14.5.2025.

Vabret, N., et al. 2020. Immunology of COVID-19: Current State of the Science. *Nature Reviews Immunology*, 20, 363–374. <https://doi.org/10.1038/s41577-020-0311-8>. Viitattu 16.8.2025.

Virology Research Services. 2024. What do viruses look like? Saatavilla: <https://virologyresearchservices.com/2024/03/27/what-do-viruses-look-like>. Luettu 15.4.2025.

Vuorinen, T., & Peltola, V. (2020). Adenovirukset. Duodecim Oppiportti. <https://www.oppiportti.fi/oppikirjat/mbg00339> . Luettu 16.4.2025.

WHO. (2020). Influenza Global Surveillance Report. World Health Organization.

WHO. (2023). Global Burden of Respiratory Infections. World Health Organization.

WHO. (2024). COVID-19 Clinical management: living guidance. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/m/item/who-policy-brief-clinical-management-of-covid-19>. Viitattu 20.8.2025.

WHO. (2024). Infection prevention and control in the context of COVID-19. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-2019-nCoV-IPC-guideline-2023.4>. Viitattu 24.8.2025.

Young, L. S., & Rickinson, A. B. (2004). Epstein–Barr virus: 40 years on. *Nature Reviews Cancer*, 4(10), 757–768.

LIITTEET

PALAUTEKYSELY

LIITE 1

Palautekysely

Hengitystieinfektioita aiheuttavat virukset Moodle materiaali.

Tämä palautekysely on osa opinnäytetyötäni, jonka aiheena on yleisimmät hengitystieinfektioita aiheuttavat virukset Moodle oppimateriaali bioanalytikko opiskelijoille.

Kyselyn tarkoituksena on kerätä opiskelijoiden kokemuksia materiaalin selkeydestä, hyödyistä ja käytettävyydestä. Vastaukset käsitellään anonymisti ja niitä hyödynnetään opinnäytetyön arvioinnissa.

1. Oppimateriaali oli selkeä.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Asiasisältö (hengitystieinfektiovirukset ja niiden aiheuttamat taudit) oli ymmärrettävää.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Aineiston kuvat ja taulukot (esim. virusten rakenne, vertailutaulukot) olivat helposti ymmärrettävissä.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Teksti oli selkeää ja helppoa lukea.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Oppimateriaali oli sopivan pituinen.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Teoria oli järjestetty aineistossa loogisesti.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Kertaustentti (monivalinta- ja tosi/epätosi-kysymykset) tuki oppimistani.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Seuraava

Palautekysely

8. Oppimateriaaliin liitetty YouTube-video tuki oppimistani.

- 1 Täysin eri mieltä
- 2 Jokseenkin eri mieltä
- 3 En osaa sanoa
- 4 Jokseenkin samaa mieltä
- 5 Täysin samaa mieltä

1

2

3

4

5

9. Mikä oli mielestäsi oppimateriaalin paras osa?

10. Mitä parannettavaa oppimateriaalissa olisi?

Edellinen

Lähetä