

Marketta Oja

**UV-C-VALON VAIKUTTAVUUS HOITON LIITTYVIEN INFEKTIOIDEN
EHKÄISYSSÄ**

Integratiivinen kirjallisuuskatsaus

UV-C-VALON VAIKUTTAVUUS HOITON LIITTYVIEN INFEKTIOIDEN EHKÄISYSSÄ

Integratiivinen kirjallisuuskatsaus

Marketta Oja
Opinnäytetyö
Kevät 2022
Sosiaali- ja terveysalan johtaminen
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma: Sosiaali- ja terveysalan johtaminen, Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tekijä: Marketta Oja

Opinnäytetyön nimi: UV-C-valon vaikuttavuus infektioiden ehkäisyssä terveydenhuollossa – Integratiivinen kirjallisuuskatsaus

Työn ohjaajat: Jaana Holappa-Girginkaya & Kaisa Marttila-Tornio

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevätlukukausi 2022

Sivumäärä: 59 sivua + 2 liitettä

Hoitoon liittyvät infektiot ovat maailmanlaajuinen kansanterveydellinen uhka, jotka muodostavat selkeän riskin potilaille pitkittyneiden sairaalahoidojen ja suuremman kuolleisuuden vuoksi. Nämä infektiot ovat usein haastavia hoitaa vaikean patogeenin ja rajallisten hoitomahdollisuuksien vuoksi. Lisäksi hallitsemattomasti kasvava antibioottiresistenssi ja COVID-19 kaltaiset pandemiat ovat saaneet tutkijat etsimään uusia keinoja nykyisten käytössä olevien ehkäisy- ja hoitokeinojen rinnalle, millä voidaan vastata näihin globaaleihin ongelmiin. Vaihtoehtoisista antimikrobisista, ei-antibioottisista toimintatavoista on tullut tutkijoiden tutkimusintressejä. UV-C on yksi houkuttelevimmista uusista desinfiointi- ja infektioiden ehkäisymenetelmistä. UV-C-valon käytöllä ehkäistään tautien leviämistä, infektioiden aiheuttamia komplikaatioita, kustannuksia ja parhaimmillaan tapauksessa ihmisten kuolemia.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia UV-C-valon vaikuttavuutta ja vaikutuksia infektioiden torjunnassa terveydenhuollossa ja samalla luoda terveydenhuoltohenkilöstölle tietoa vaihtoehtoisista desinfiointimenetelmistä nykyisten käytössä rinnalle. Tavoitteena oli uuden kriittisen tiedon tuottaminen suorittamalla integratiivinen kirjallisuuskatsaus. Pyrin opinnäytetyölläni siihen, että UV-C- valo otettaisiin muiden maiden tavoin, myös Suomessa vakavasti harkintaan moniresistenttien bakteerien eliminoimiseen ja lisäkeinona perinteisille desinfiointi- ja puhdistusmenetelmille terveydenhuollossa. Lopulliseen kirjallisuuskatsaukseen valittiin 12 aineistoa. Analyysimenetelmänä käytettiin sisällönanalyysiä.

Aineistoa hankkiessa nousi merkittävästi esille, että aihetta tutkitaan kansainvälisesti infektioiden ehkäisyssä koko ajan enemmän. Tulokset osoittivat, että UV-C vähentää selkeästi bakteerien määrää ja osittain jopa tilastollisesti merkittävästikin moniresistenttejä bakteereitakin. Lopputulokseen näytti olevan merkitystä sillä, millaista UV-C-valoa säteilytyksessä käytettiin, minkälaisella teholla säteilytettiin, mikä säteilytyksen objekti sekä kuinka pitkä UV-C-valon käytön vaikutusaika oli. UV-C-valon käyttöön liittyy paljon huomioonotettavia turvallisuusasioita, johtuen sen sytotoksista, karsinogeenisista ja perimää vaurioittavista vaikutuksista, joten lisätutkimuksia tarvitaan vielä.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimustuloksia voidaan hyödyntää infektioiden ehkäisyssä ja torjunnassa terveydenhuollossa. UV-C-valoa käyttöön ottaessa, tulee ottaa kuitenkin huomioon hyvin tarkasti valmistajan ohjeistukset kyseisestä UV-C-valosta sekä kouluttaa henkilökunta etukäteen oikeanmukaista ja turvallista käyttöä varten.

Asiasanat: UV-C, hoitoon liittyvät infektiot, antibioottiresistenssi, kirjallisuuskatsaus

ABSTRACT

Oulun University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Management of Health and Social Care

Author: Marketta Oja

Title of thesis: Effectiveness of UV-C light in the prevention of infections in healthcare –
Integrative literature review

Supervisors: Jaana Holappa-Girginkaya & Kaisa Marttila-Tornio

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 59 + 2 appendices:

Treatment-related infections are a global public health threat that pose a clear risk to patients due to prolonged hospitalizations and higher mortality. These infections are often challenging to treat due to difficult pathogenesis and limited treatment options. In addition, uncontrollably growing antibiotic resistance and pandemics such as COVID-19 have led researchers to look for new ways to address these global problems alongside existing contraceptives and treatments. Alternative antimicrobial, non-antibiotic approaches have become the research interest of researchers. UV-C is one of the most attractive new methods of disinfection and infection prevention. The use of UV-C light prevents the spread of disease, complications caused by infections, costs and, at best, human deaths.

The purpose of the thesis was to study the effectiveness of UV-C light in the control of infections in healthcare and at the same time to create information for healthcare professionals about alternative disinfection methods in use. The aim was to produce new critical information by conducting an integrative literature review. My goal is to ensure that UV-C light is taken seriously in other countries, including Finland, to eliminate multidrug-resistant bacteria and as an additional means to traditional disinfection and cleaning methods in healthcare. Twelve materials were selected for the final literature review. Content analysis was used as the analysis method.

During the acquisition of the data, it became clear that the topic is being studied more and more internationally in the prevention of infections. The results showed that UV-C clearly reduces the number of bacteria and, in some cases, even statistically significant multidrug-resistant bacteria. The type of UV-C light used in the irradiation, the type of power irradiated, the object of the irradiation, and the duration of the use of the UV-C light seemed to be important in the final result. The use of UV-C light involves many safety considerations due to its cytotoxic, carcinogenic and mutagenic effects, so further research is needed.

The research findings in this literature review can be utilized in the prevention and control of infections in healthcare. However, when using UV-C light, the manufacturer's instructions for this UV-C light must be observed very carefully and personnel must be trained in advance for proper and safe use.

UV-C, HAI, Healthcare-associated infection, antibiotic resistance, literature review

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET	9
3	YHTEISKUNNALLINEN HYVINVOINTI JA TERVEYDEN EDISTÄMINEN UV-C-VALOA HYÖDYNTÄEN.....	11
3.1	Hoitoon liittyvät infektiot	11
3.2	Taudinaiheuttajat.....	12
3.3	Antibioottiresistenssi	14
3.4	Kontaminaatio	14
3.5	Kustannusvaikuttavuus	17
3.6	UV-C-valo.....	18
3.7	UV-C-valon vaikuttavuus ja vaikutus.....	19
4	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN	22
4.1	Integratiivinen kirjallisuuskatsaus.....	22
4.2	Kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymykset.....	23
4.3	Tutkimusten valintakriteerit	25
4.4	Aineistojen haun tulokset ja aineistojen valinta	27
4.5	Laadunarviointi.....	31
4.6	Aineiston analyysi	32
5	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET	34
5.1	Infektioiden leviämisen ehkäiseminen.....	34
5.2	UV-C-valo mikrobien inaktivoinnissa.....	40
6	POHDINTA	47
6.1	Opinnäytetyön eettisyyden tarkastelu	48
6.2	Opinnäytetyön luotettavuus.....	49
6.3	Opinnäytetyön hyödynnettävyys	52
	LÄHTEET.....	53
	LIITTEET.....	60

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni on kuvaileva, integratiivinen kirjallisuuskatsaus UV-C-valon vaikuttavuudesta terveydenhuollossa osana infektioiden ehkäisyä. UV-C-valon menetelmän käyttöönoton vaikuttavuudet, vaikutukset sekä kustannushyödyt ovat erittäin mielenkiintoiset. UV-C-valoa on käytetty ympäri maailmaa jo usean vuosikymmenten ajan mikrobien torjuntaan (Signify 2020; Raeiszadeh ja Adeli 2020). Aiheen tuntemattomuus Suomessa, aiheen ajankohtaisuus sekä se, ettei se ole Suomessa vielä laajassa käytössä terveydenhuollossa, teki aiheesta itselleni myös erittäin mielenkiintoisen tutkittavan.

Maailmalla on tehty lukuisia tutkimuksia, jossa UV-C-valon on todettu tuhoavan moniresistenssien bakteereiden rakenteita ja estävän näin infektioiden leviämistä. Nämä bakteerit, sekä muut mikrobit, jotka aiheuttavat Covid-19 kaltaisia pandemioita, ovat merkittävä haaste nykymaailmassa, niin terveydenhuollossa, kuin yksilötasolla. (Welch ym. 2018; Pimenoff ym. 2020.) SARS-CoV-2 saattaa säilyä elinkelpoisina tuntikausia pinnoillakin, jos tartunnan saanut ihminen on kontaminoinut pinnan. Nykyiset tiedot siitä, että esim. SARS-CoV-2 viruskuorma oireettomilla ihmisillä olisi sama, kuin oireisilla, pakottavat pitämään desinfiointikäytäntöjä aktiivisena ja toistuvana myös ympäristössä missä ei ole koronapotilaita. Vaikka radikaaliset eristystoimenpiteet, kuten koulujen sulkeminen ja matkustamisen rajoittaminen on osoitettu vähentävän tuloksellisesti virusten leviämistä, sen taloudelliset ja sosiaaliset kustannukset ovat kestämättömiä jopa keskipitkälläkin aikavälillä. (Gidari ym. 2021.) SARS-CoV-2 aiheuttama pandemia on saanut useat yritykset tutkimaan UV-C-valon käyttöä apuna koronaviruksen tuhoamiseen. Muun muassa Signify (entinen Philips Lighting) sekä Bostonin yliopisto tekivät onnistuneen tutkimuksen v. 2020, jossa koronavirus pystyttiin in-aktivoimaan UV-C-valon avulla täysin pinnoilta (Signify 2020). Samanlaiseen lopputulokseen pääsi Helsingin yliopisto, yhteistyössä suomalaisen laitevalmistajan Vivotechin kanssa (STT 2020).

UV-C-valon käytöllä ehkäistään tautien leviämistä, infektioiden aiheuttamia komplikaatioita, kustannuksia ja parhaimmassa tapauksessa ihmisten kuolemia. Infektioiden ehkäisyllä on merkittävä yhteys myös potilasturvallisuuden edistämiseen terveydenhuollossa. UV-C-valoa käytetään terveydenhuollon pintojen desinfiointiin lisäksi muun muassa lentokentillä turvatarkastuslaatikoiden (myös Suomessa), lentokoneen sisätilojen, liukuportaiden käsihihnojen sekä työpaikoilla yhteisten älylaitteiden puhdistukseen. Tämän lisäksi UV-C-valoa hyödynnetään

desinfiointitarkoituksessa hotelleissa, uima-altaissa, julkisissa kulkuvälineissä, ambulansseissa, veden puhdistuksessa, ruokateollisuudessa, kouluissa ja niin edelleen. (Philips Lighting 2020, Finavia 2020.)

Tieteenfilosofisena lähtökohtana opinnäytetyölleni on kriittisen ja vaikuttavan uuden tutkimustiedon tuottaminen. UV-C-valon puolesta on paljon puhuttu eri foorumeissa ja halusin selvittää enemmän näyttöön perustuvaa tieteellistä tietoa siitä. Näen tässä aiheessa paljon potentiaalia vaikuttaa ihmisten terveyteen edistävästi. Opinnäytetyölläni kerään siis näyttöä ja muodostan synteysin UV-C-valon selkeistä hyödyistä, jonka avulla UV-C-valo otettaisiin myös Suomessa vakavasti harkintaan moniresistenttien bakteerien eliminoimiseen ja lisäksi perinteisille desinfiointi- ja puhdistusmenetelmille terveydenhuollossa. UV-C-valon käytöstä infektioiden ehkäisyssä ei ole tehty korkeatasoisia tutkimuksia suomen kielellä tai kirjallisuuskatsauksia terveydenhuoltoon Suomessa.

Hypoteesini opinnäytetyöprojektiani aloittaessani oli, että UV-C-valolla on selkeää vaikuttavuutta hyvinvointiin, niin yksilö-, yhteisö- kuin globaalillakin tasolla. Koska kyseessä on myös tietyllä valon aallonpituudella terveydelle kuitenkin selkeästi haitallinen menetelmä, halusin ottaa mukaan tutkimuksia koskien valon käytön turvallisuutta ja riskejä, sekä UV-C-valon käytössä huomioon otettavia turvallisuusasioita.

Tieteellinen paradigmani eli tieteenfilosofinen suuntautumiseni tutkimukselle on empiristinen. Paradigmat toimivat tutkimusstrategian, aineistonhankintamenetelmien että aineistoanalyysimenetelmien pohjalla. Tieteenfilosofiset suuntaukset jaetaan kahteen pääsuuntaukseen, empirismiin ja rationalismiin. Empiristinen paradigma soveltuu hyvin luonnontieteiden tutkimiseen, jossa tieto tuotetaan havaintojen ja kokemusten avulla. (JYU 2015.) Empiristisessä ajattelutavassa kiistetään, että todellista tietoa voitaisiin oikeuttaa kokemuksesta riippumatta. Rationalistisessa ajattelutavassa vastakohtaisesti hyväksytään, että inhimillinen järki on tiedon johtamisen lähteenä. (Slavov 2011, 5–6.) Usein ihmisiin, ihmisryhmien toimintaan tai näkemyksiin tutkiva terveystieteellinen tutkimus tuottaa empiiristä, ilmiöitä monesta näkökulmasta tarkastelevaa käytäntöön sovellettavaa tietoa (Sormunen, ym. 2013, 312). Olen itse luonnontieteiden vahva kannattaja ja mielestäni empiristinen näkökulma on opinnäytetyöni aiheen kannalta oikea valinta, koska UV-C-valon toimintamekanismi perustuu luonnontieteisiin.

Opinnäytetyöni lähestymistapa on laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa pyritään kuvaamaan todellista elämää, tutkimalla mahdollisimman kokonaisvaltaisesti tutkittavaa kohdetta (Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara 2013, 161). Tutkimusstrategiani on integratiivinen- kirjallisuuskatsaus, jolla kartoitan mitä aiheesta on aikaisemmin kansainvälisellä tasolla tutkittu ja mikä on tiedon aukko. Hankintamenetelmänä käytin valmiita dokumentteja eli sekundaariaineistoa (Hirsjärvi ym. 2013, 186). Olen pyrkinyt ottamaan huomioon eettiset näkökulmat myös siten, että vertailen useasta eri näkökulmasta esitettyjä tutkimuksia, koska kyseessä on osittain ristiriitaa vielä tutkimustuloksissa. Olen miettinyt opinnäytetyöni tekemisen niin, että ongelman asettelu, strategia, metodologia ja analyysi ovat yhteensopivia (JYU 2015).

Tutkimusongelma, -kysymykset ja tiedonintressi luovat kehyksen tutkimusmenetelmän valinnalle, ei henkilökohtaiset intressit. Tutkimusongelmien ja -kysymysten asettelu määrää osittain tutkimusmenetelmän valintaa sekä aineistonkeräämistapaa. Kvalitatiivisella ja kvantitatiivisella menetelmällä vastataan eri kysymyksiin ja siksi ongelmien sekä kysymysten muoto määrittelee tutkimusmenetelmän. (Vilka 2015.)

2 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Opinnäytetyöni tarkoituksena on tuottaa integratiivisen kirjallisuuskatsauksen avulla terveydenhuoltohenkilöstölle tietoa vaihtoehtoisista desinfiointimenetelmistä nykyisten käytössä olevien puhdistusmenetelmien rinnalle. Opinnäytetyölläni tietoa saadaan UV-C-valon vaikuttavuudesta, vaikutuksesta, turvallisuudesta, tehokkuudesta, riskitekijöistä sekä keinoista, joilla henkilöstö voi vaikuttaa infektioiden ehkäisyyn omalla toiminnallaan. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on suomenkielisen näyttöön perustuvan ja uuden kriittisen tiedon tuottaminen UV-C-valon käytön vaikuttavuudesta infektioiden ehkäisyssä.

Toisen vaiheen tavoitteenani on jalkauttaa käytäntöön kirjallisuuskatsauksesta saamani tietoa kuvaamalla UV-C-valon ilmiötä ja edistää tieteellistä tietämystä UV-C-valon vaikuttavuudesta infektioiden ehkäisyssä, julkaisemalla ohjaajieni kanssa OAMK Journal artikkelin. Julkaisen siis kirjallisuuskatsauksestani saamani tutkimustuloksen ja tieteellisen näytön, artikkelin avulla OAMK:n opiskelijoiden ja henkilökunnan tietoisuuteen ja samalla edistan heidän tieteellistä tietämystään. Artikkelin pystyy lukemaan avoimesti myös kuka tahansa ulkopuolinenkin ja samalla hyötymään siitä. (Toikko & Rantanen 2009, 19.)

Kehittämistyön avulla opin suunnitelmallisuutta, järjestelmällisyyttä, itsenäistä ja kriittistä ajattelua. Työn aikana saadaan lisävalmiuksia tiedonhankintaan sekä tieteelliseen toimintaan. Kehittämistyön aikana huomataan kehittämisen kohteita, hankitaan tietoa suunnitelmallisesti, ratkaistaan ongelmia ja tuotetaan uutta tietoa jaettavaksi. Kehittämistoiminta voidaan jakaa tieteelliseen tutkimukseen, tutkimukselliseen kehittämiseen ja kehittämiseen arkiajattelulla. Kirjallisuuskatsauksen avulla uuden tiedon tuottaminen julkaistavaksi OAMK Journal artikkeliksi, kuuluu tieteellisen tutkimuksen alle. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015 14-15.) Kirjallisuuskatsauksen avulla OAMK Journal artikkelin tuottaminen, antaa minulle erittäin hyvän mahdollisuuden oppia tieteellisen tutkimuksen perusteita.

Kehittämistoiminnalla tähdätään muutokseen, joka voi kohdistua nykyisen tilanteen ja toimintatavan parantamiseen tai kokonaan uuteen toimintatapaan eli tulevan muuttamiseen. Kehittämistoiminnalla voidaan pyrkiä niin yhden työntekijän toimintatavan ja työskentelyn kehittämiseen tai koko organisation yhteisen toimintarakenteen selkeyttämiseen. (Toikko ym. 2009, 14, 16.) Havainnoin kirjallisuutta lukiessa kuitenkin, että kehitystoimintaan liittyvät

luonnehdinnat eivät ole tarkkaan rajattuja, ja kehittämisellä voidaankin pitää laaja-alaisesti kaikkea kehittämiseen liittyvää toimintaa. Pysin kehittämisvaiheen avulla harjoittamaan johtamiseen ja tutkimusosaamiseen liittyviä taitojani, joita tarvitsen työelämään palatessani tai mahdollisissa jatko-opinnoissani. Johtamisessa tulee, ei pelkästään hyödyntää tieteellistä tutkimusta, vaan tieteen täytyy myös ohjata johtamistoimintaa avaamalla sille uusia näyttöön perustuvia näkökulmia päätöksentekoon (Paasivaara 2013).

Tieteellisessä tutkimuksessa tutkimuskysymyksiin ja tutkimusongelmiin vastaaminen valituilla menetelmillä ovat tärkeä osa tieteellisen tutkimuksen traditiota. Tutkimusten alussa, ennen menetelmien valintaa pohditaan tieteenfilosofia kysymyksiä ja tieteellisiä paradigmoja, jotka lähestyvät tieteenfilosofisia kysymyksiä eri tavoin. Tieteellinen tutkimus voidaan jakaa perustutkimukseen ja soveltavaan tutkimukseen. Käytän opinnäytetyössäni perustutkimusta, jolla tarkoitetaan uuden tiedon etsintää ja tiedon luomista tieteen itsensä vuoksi. Sen ei tarvitse kytkeytyä välittömästi käytännön sovellutuksiin ja sillä ei tarvitse olla erityistä käyttötarkoitusta. (Ojasalo ym. 2015 18-19, Toikko ym. 2009, 19.) Muotoilen kirjallisuuskatsauksestani saadut päätelmät sekä suositukset UV-C-valon käytöstä niin, että sitä voivat hyödyntää toiset opiskelijat opinnoissaan UV-C-valon käytön jatkotutkimukselle tai esim. terveydenhuollon laitos laitehankintojen taustatietona ja tueksi päätöksentekoon.

Tiedostan, että en opinnäytetyöprojektin aikana pysty tuottamaan kaikkea tarpeellista tietoa ja ratkaisemaan ongelmia, mitä UV-C-valon käyttöön liittyy.

3 YHTEISKUNNALLINEN HYVINVOINTI JA TERVEYDEN EDISTÄMINEN UV-C-VALOA HYÖDYNTÄEN

3.1 Hoitoon liittyvät infektiot

Hoitoon liittyviksi infektioiksi (aiemmin sairaalainfektio) luokitellaan infektiot, jotka ovat saaneet alkunsa terveydenhuollon yksikössä annetun hoidon aikana tai liittyvät toimenpiteeseen. Näitä kutsutaan englanniksi lyhenteellä HAI (Healthcare-associated infection). Nämä infektiot ovat tällä hetkellä maailmanlaajuinen kasvava kansanterveydellinen uhka ja muodostavat selkeän riskin potilaille globaalisti. Hoitoon liittyvät infektiot ovat monimutkaisia hoitaa niiden vaikean patogeneesin ja rajallisten hoitomahdollisuuksien vuoksi, ja niihin liittykin huomattavan pitkittyneet sairaalahoidot ja suurempi kuolleisuus. (Napolitano ym. 2015; Hamblin ym. 2018.) Gostinen ym. (2016) ja Ethingtonin ym. (2018) mukaan hoitoon liittyvät infektiot aiheuttavat potilaille haitallisia komplikaatioita sekä merkittäviä kustannuksia terveydenhuoltojärjestelmään. Yhdysvalloissa pelkästään akuutin hoidon sairaaloissa 2011 raportoitiin 721800 hoitoon liittyvään sairautta ja hoitoon liittyvien infektioiden aiheuttamia kuolemia n. 75000. Napolitano (2015) viittaa *Hillmanin* (2012) tutkimukseen, jossa infektioiden aiheuttama kuolemaluku Yhdysvalloissa olisi noussut jo 90000 henkilöön vuosittain. CDC (Centers for Disease Control and Prevention) eli Yhdysvaltojen kansallista terveyttä edistävä keskus on asettanut hoitoon liittyvien infektioiden vähentämisen etusijalle (Ethington ym. 2018). Aiemmat tutkimukset kertovat, että syöpää, immuunipuutosta ja diabetesta sairastavilla henkilöillä on vielä muita korkeampi riski toimenpiteessä saatuun hoitoon liittyvään infektioon. Tämä lisää myöskin kuolleisuutta, sairastuvuutta ja siitä paranemista, sekä pidentää sairaalassa oloaika näillä potilailla. (Napolitano ym. 2015.) Hoitoon liittyvät infektiot aiheuttavat yleisimmin riittämätön tai liian pinnallinen puhdistus, desinfiointi ja sterilointi (Messina ym. 2015).

Vertailun vuoksi nostan tähän myös THL (2020) toteamuksen, että infektioiden torjuntaan olisi inhimillistä, sekä taloudellisesti järkevää panostaa. Suomessa arvioidaan esiintyvän 100000 hoitoon liittyvää infektiota vuosittain, jotka ovat myötävaikuttamassa 1500–5000 henkilön kuolemaan. (Korhonen ym. 2020; THL 2020.)

3.2 Taudinaiheuttajat

Mikrobit, mikrobin kaltaiset tautia siirtävät rakenteet tai mikrobin tuottama myrky eli toksiini aiheuttavat tartunta- eli infektioitauteja. Suurin osa päivittäin saamistamme mikrobeista ovat sellaisia, jotka eivät aiheuta terveelle ihmiselle sairautta. Ne poistuvat joko luonnostaan tai pesemisen kautta. Osa voi jäädä pidemmäksi aikaa oman normaaliflooramme eli luontaisen bakteeristomme seuraksi, aiheuttamatta kuitenkaan itse sairautta. Tällöin puhutaan kolonisaatiosta eli kantajuudesta. Elimistön yksilöllinen vastustuskyky ja mikrobin taudinaiheuttamiskyky vaikuttavat siihen, aiheuttaako tartunnassa saatujen mikrobin määrä infektiosairauden. Jokaisella mikrobilla on sille ominainen määrä, joka tarvitaan sairastuttamaan ihminen. Ihmisten puolustuskykyä heikentävät tekijät määräävät pitkälle, kenelle mikrobi aiheuttaa sairauden. (Lumio 2019.)

Mikrobit ovat erilaisia, miten herkästi tartunta johtaa sairauteen ja kuinka vakavan taudinkuvan se aiheuttaa. Tätä ominaisuutta kutsutaan virulenssiksi ja virulenssitekijöiden määrä ja luonne määrittelevät esimerkiksi taudin tappavuuden. Bakteereilla taudinaiheuttamiskykyyn vaikuttavat sen rakenteet, jolla eri mekanismeilla se aiheuttaa joko itse kudonvaurioita tai laukaisee elimistössä tulehdusreaktion. Keskeistä mikrobin ominaisuuksille on myös, kuinka paljon mikrobia sairastanut levittää sitä ympäristöön ja kuinka kauan mikrobi säilyy elävänä ja tartuttavana. (Lumio 2019.)

Taudin yleisellä leviämiskyvyllä tarkoitetaan kuinka monta henkilöä yksi sairastunut keskimäärin tartuttaa, tätä kuvataan ns. R0-luvulla. Jos tämä on pienempi kuin 1, se ei yleensä aiheuta epidemioita. Pandemiolla tarkoitetaan maantieteellisesti laajaa epidemiaa, kuten terveysjärjestö WHO julisti vaikeaa akuuttia hengitysoireyhtymää SARS-CoV-2 aiheuttavan maailmanlaajuisen epidemian (Covid-19) maaliskuussa 2020. Mikrobin torjunnassa tärkeää on tunnistaa millä tavoin mikrobi leviää. Aerosolitartunnan voi saada, vaikka menisi vasta huoneeseen mikrobin erittäjän jälkeen, kun taas pisaratartunnassa vaatii lähikontaktin ja yleensä pidemmän ajan. Aerosoli leviää puhuttaessa ja yskiessä. Erikseen on vielä veritartunnat ja muiden eritteiden kautta leviävät tartunnat. (Lumio 2019.)

Yksi tavallisimpia hoitoon liittyvien infektioiden aiheuttajia on MRSA eli metillisiinille resistentti *Staphylococcus aureus*. Tavallinen ei resistentti *Staphylococcus aureus* on tavallinen bakteeri iholla sekä limakalvoilla, terveeltä se löytyy joka neljänneltä suomalaiselta. Metisilliini on aikoinaan stafylokokkibakteerien hoidossa käytetty penisilliinantibiotti, jolle stafylokokit ovat kehittäneet

perimän muutoksella resistentin eli vastustuskyvyn, joka havaittiin jo ensimmäisen kerran vuonna 1962. Penisilliinit ja kefalosporiinit ovat antibioottiryhmistä tärkeimpiä, jotka eivät tehoa MRSA:han, mutta myös muille antibiooteille resistenssiä ilmenee. (Anttila 2020; Hamblin ym. 2018.) Siksi sen aiheuttamien infektioiden hoito on vaikeampaa, koska lääkehoitoja on yhä vähemmän ja yhä kalliimpia. MRSA:n aiheuttamat infektiot vaihtelevat lievistä, iho- ja virtsatieinfektioista, aina vakaviin leikkausalueen märkäisiin tulehduksiin, märkäpesäkkeisiin, keuhkokuumeeseen ja sepsikseen. (Anttila 2020.) Erityisesti MRSA:n aiheuttamat kirurgisten haavojen infektiot (surgical site infection eli SSI) ovat suuri taakka terveydenhuollossa (Ponnaiya ym. 2018).

Taudinaiheuttajat hoitoon liittyvien infektioiden tapauksissa ovat tavallisimmin moniresistenttibakteereita, jotka ovat vastustuskykyisiä yleisimmin käytetyille antibiooteille ja aiheuttavat vaikeita yleisinfektioita. Hoitoon liittyvien infektioiden yleisimmät taudinaiheuttajat ovat vankomysiiniresistentit enterokokit (VRE), MRSA, norovirus, Clostridium difficile ja lukuisat gramnegatiiviset sauvabakteerit, jotka voivat säilyä sairaalan pinnoilla päiviä, viikkoja ja jopa kuukausia. (Gostine ym. 2016.) Pahimmillaan aiheuttaja voi olla bakteeri, joka ei ole herkkä ollenkaan millekään kliinisesti saatavilla olevalle mikrobilääkkeelle. Hoitoon liittyvien infektioiden lisäksi terveydenhuollon laitosten tulisi ymmärtää mikrobilääkeresistenssiongelma. CDC on raportoinut, että Yhdysvalloissa yksi neljästä katetri-infektioon tai leikkaukseen liittyvästä infektiosta aiheuttaa MRSA, VRE ja niin edelleen. (Ethington ym. 2018.)

Terveydenhuollon laitoksissa tutkimusintressejä on lisännyt myös opportunististen bakteeripatogeenien (OBP eli opportunist bacteria pathogens) aiheuttamat hengitysinfektiot, immuunipuutteisille tai sairaille ihmisille. Biokalvon muodostuminen putkistoihin ja suihkupäähän, sekä siitä saastuneiden vesipisaroiden aerosolina edelleen hengitysteihin joutuvat taudinaiheuttajat ovat merkittävä altistumisreitti Legionella- ja Mycobacteria- infektiolle. Biokalvopartikkelien tarttuminen suihkupään pinnoilta suoraan saattaakin olla yleinen ihmisen infektioiden lähde. Infektioiden syynä harvoin on, että primäärinen vedenpuhdistus vesilaitoksissa olisi huonoa, vaan pikemminkin biokalvojen muodostumiselle suotuisista olosuhteista. (Cates ym. 2020.) Usein infektiot aiheuttavat toimenpiteitä kuitenkin vasta useiden sairastuttua, joten yksittäistapausten lähteet valitettavasti jäävät selvittämättä (Cates ym. 2020; Sabria and Yu, 2002).

3.3 Antibioottiresistenssi

Antibioottiresistenssin kehittyminen viimeisten 60 vuoden aikana on maailmanlaajuisesti vain kiihtynyt ja hallitsematon kasvaminen on yksi ihmiskunnan isoimpia ongelmia (Hamblin ym. 2018). Antibioottiresistenssi ongelma saa aikaan pelon, että palaamme lääketieteessä historian aikaan, jolloin haavat ja leikkaukset johtivat vielä kuolemaan hallitsemattoman infektion vuoksi (Yin ym. 2013; Bell 2003). Kuoleman ja sairauksien ehkäisyjen lisäksi tulisi muistaa, että antibiooteilla on todellista arvoa myös vakavissa iatrogeenisessä (eli hoidosta johtuvan epäsuotuisan tilan aiheuttamisesta potilaalle) hyökkäyksessä immuunijärjestelmää kohtaan, jota tapahtuu kemoterapiassa tai sädehoidossa tai elinsiirroissa, jossa antibiootit auttavat komplikaatioiden määrää pysymään alhaisina (Hamblin ym. 2018).

Syitä antibioottiresistenssiin on antibioottien helppo saatavuus, jopa ilman reseptiä monissa paikoissa ja niiden lisääntynyt käyttö. Kansainvälinen matkustus helpottaa resistenttien kantojen leviämistä maailmanlaajuisesti, koska bakteerit pystyvät luomaan uusia vastustuskykyisiä kantoja ennennäkemättömällä vauhdilla jakaessaan geneettistä materiaalia keskenään. Suurimmaksi ongelmaksi Hamblin ja Abrahamse (2018) nimeävät sen, että 80 % kaikista käytössä olevista antibiooteista Yhdysvalloissa ei ole ihmisen infektioiden hoitokäytössä, vaan tuotantoeläinten kasvatuksessa ja terveenä pitämisessä. Tällaisen käytön ennustetaan kasvavan koko ajan, joka on ymmärrettävästi haitallista. Maiden väleillä on suuria eroja antibioottien käytössä. Keskimäärin kliinisen lääketieteen antibioottien käytön 40 % kasvaminen vuosina 2000–2010 ei erittele käytön vähenemistä tai nopeaa kasvua maiden väleillä. (Hamblin ym. 2018.)

3.4 Kontaminaatio

Kontaminoituneet pinnat ovat erityisesti edistämässä hoitoon liittyvien infektioiden esiintyvyyttä sairaalaympäristössä. Saastuneiden pintojen ajateltiin aluksi olevan merkityksetön taudinaiheuttajien ja infektioiden leviämisessä. Gostine ym. (2016), Napolitano (2015) ja Shaikh ym. (2016) kertovat kuitenkin tutkimuksissaan, että viimeaikaisten tutkimusten perusteella selkeitä suoria yhteyksiä pintojen ja henkilökunnan välittämänä potilaalle on löydetty. Useat tutkimukset osoittavat, että manuaalinen puhdistus jättää jälkeensä vielä kontaminoituneet pinnat (Jinadatha ym. 2015). Sairaaloiden kontaminoituneet pinnat toimivat tärkeässä roolissa vektoreina bakteerien levittämiseen ja hoidossa hankittuihin infektioiden (Gostine ym. 2016; Jinadatha ym. 2015). Kaikki

objektit, jotka joutuvat kosketuksiin ovat mahdollisia mikro-organismien kantajia (Messina ym. 2015).

Terveydenhuoltohenkilöstön käsien kautta antibiooteille moniresistenttienkin bakteerien levittäminen on niiden päätartuntareitti (Messina ym. 2015; Napolitano ym. 2015; Lumio 2019). Hoitohenkilökunnan kädet voivat saada kontaminaation huolimatta asianmukaisesta hyvästä käsihygieniasta, esimerkiksi mikrobeja sisältävistä puhelimista, tietokoneen näppäimistöistä, instrumenteista, potilaan valvontalaitteista, hengityskoneesta, iv-pumpuista, vaikka huoneeseen tullessaan hoitaja noudattaisikin käsihygieniaa (Gostine, ym. 2016). MRSA tarttuu kontaminoituneista pinnoista yhtä helposti hoitavan henkilön käsiin, kuin tarttuisi suorassa potilaskontaktissa (Gostine 2016; Stiefel ym. 2011). Hoitoon liittyvistä infektioista 12 % aiheuttaa kontaminoituneet ympäristöt sairaalassa (Gostine 2016). Jopa 35 % hoitoon liittyvistä infektioista johtuu hoitohenkilökunnan ja potilaan välisestä suorasta kosketuksesta ja jopa 40 % tuntemattomista syistä (Messina ym. 2015). Gostinen ym. (2016) mukaan potilaan riski sairastua hoitoon liittyvään infektiin kasvaa jopa kaksi ja puolikertaiseksi jos samassa huoneessa on ollut edellisenä potilaana henkilönä hoitoon liittyvän infektion organismin positiivisen näytteen antaja. Jinadathan ym. (2015) mukaan MRSA:n tartuttavuuden riskin se lisää seuraavalle potilaalle kaksinkertaiseksi.

Kontaminoituneiden pintojen, mutta myös laitteiden ja liikuteltavien välineiden desinfiointi on välttämätöntä sairaalapatogeenien, kuten MRSA:n ja *C. difficile*n leviämisen ehkäisemiseksi. Yksi eniten käytetyimmistä laitteista sairaaloissa on matkapuhelin. Matkapuhelimet tunnistetaan yhä useammin kolonisoituneen ja olevan fomiitteja eli esineitä tai materiaaleja, jotka voivat tartuttaa taudinaiheuttajan, käyttäjän kantamista mikrobeista ja sairaalapatogeenistä ja siirtää niitä edelleen. (Kaiki ym. 2021; Malhotra ym. 2020.) Matkapuhelimet kuljettavat samoja taudinaiheuttajia, kuin käsissä (Malhotra ym. 2020). Japanissa MRSA-kontaminaation on todettu olevan korkeampi lääkäreiden puhelimissa, kuin sairaanhoitajien käytössä olevien puhelinten. Tutkimukset Japanissa ovat osoittaneet sairaanhoitajien käsihygienian olevan korkeampi kuin lääkäreillä. Tähän tulokseen saattaa vaikuttaa kuitenkin tutkimuksen otoskoko, joka oli pienempi kuin aikaisemmin tehty tutkimus sairaanhoitajien käytössä oleviin puhelinten kontaminaatiotasoon. (Kaiki ym. 2021.) Useat tutkimukset ovat osoittaneet matkapuhelinten liittyvän hoidossa alkaneisiin infektioihin (Kaiki ym. 2021; Malhotra ym. 2020). Terveydenhuollon henkilöstöstä 75,4 % käyttää puhelintaan potilashuoneissa ja 44,8 % käyttää puhelintaan, vaikka potilas olisi kosketus- tai pisaraeristyksessä sekä

96,4 % hoitohenkilökunnasta on huolissaan, että heidän matkapuhelimensa on merkittävä riskitekijä patogeenien levittämisessä (Malhotra ym. 2020).

Stetoskooppi, lääketieteen ja terveydenhuollon symboli, on laajasti käytössä niin lääkäreillä kuin sairaanhoitajillakin. Stetoskooppi on yksi hoitoon liittyvien infektioiden mikro-organismien kantaja sekä kontaminaatiolähde. Tutkimustulokset osoittavat, että stetoskooppien bakteeritaso on yhtä suuri kuin hoitohenkilökunnan käsissä. Stetoskoopin kalvot voivat siirtää mikrobeja ja viruksia potilaiden ja henkilökunnan välillä. Stetoskoopin kalvo tulisi ehdottomasti desinfioida ennen jokaista käyttökertaa, valitettavasti tämä tapahtuu harvoin, johtuen huonosta aseptiikkaprotokollasta, unohtamisesta, tiedon puutteesta ja desinfiointin hankaluudesta. (Messina ym. 2015.)

Hoitoon liittyvien infektioiden lisäksi sairaalassa ilmassa leviävät mikrobitaudit tuovat myös suuria terveyshaasteita. Ilmalevitteisiä tauteja ovat esimerkiksi influenssasta esiintyvät kausi- ja pandemialuonteiset muodot, bakteeriperäiset sairaudet, kuten tuberkuloosi ja huolestuttavalla tahdilla lisääntyneet moniresistentit bakteerimuodot. (Welch ym. 2018.) Ethington ym. (2018) kertovat tutkimuksessaan Nazaroffin puheesta (2014) Indoor Air- kokouksessa, jossa hän viittasi useisiin tutkimuksiin, joiden mukaan fomiitit ovat merkittävä bioaerosolien lähde. Ilmateitse aerosolina ihmisten välillä hengityspisaroiden infektioiden leviäminen on hyvin dokumentoitu esim. Influenssan, Tuberkuloosin ja SARS-CoV-2 kohdalla (Ethington 2018; Gidari ym. 2021). Shiomori ym. (2001; 2002) osoittivat, että esim. MRSA voi laskeutua ilmasta pinnalle uudelleen, kun potilaan lakanat vaihdetaan. Ilman puhdistaminen vaikuttaa myönteisesti siis kontaminaatioihin, koska taudinaiheuttajat voivat säilyvän pinnoilla useita kuukausia ja nousta taas takaisin ilmaan.

Ponnaiya ym. (2018) kirjoittavat, että suurin osa kirurgisten alueen infektiosta epäillään johtuvan kirurgisten toimenpiteiden aikana haavaan ilmassa juuri aerosolina laskeutuvista bakteereista. Ilmassa on valtava määrä hiukkasia, jotka laskeutuvat tyyppillisten leikkaussalitoimenpiteiden aikana (kuten leikkauspuvun avaaminen, pukeminen, käsineiden riisuminen) henkilökunnan vaatteisiin tai instrumentteihin sekä siirtyvät sitä kautta leikkaushaavaan. Yhdysvalloissa noudatetaan kansallisia suosituksia kirurgisten haavainfektioiden (surgical site infection eli SSI) ehkäisyyn muun muassa ilmanvaihto, ympäristön desinfiointi ja niin edelleen. Siitä huolimatta 77 % leikkausten jälkeisistä kuolemista on ilmoitettu liittyvän haavainfektioiden komplikaatioihin. On olemassa selkeitä todisteita bakteerien ilmaantuvuudesta ilmassa ja leikkausten jälkeisestä sepsislukujen korrelaatiosta, mutta myös puolestaan leikkauskohdan yli suunnatusta UV-C-valolle

altistumisesta leikkauksen aikana, joka on johtanut kirurgisten haavainfektioiden laskuun. (Ponnaiya ym. 2018.)

3.5 Kustannusvaikuttavuus

Kustannusvaikuttavuutta ja lisäkustannuksia näiden infektioiden aiheuttamana on haasteellista tarkasti arvioida. Hoitoon liittyvien infektioiden poistaminen on potilaiden, henkilökunnan, mutta myös sairaalan itsensä etu, koska se vähentää ylimääräisistä syistä johtuvia sairaanhoidon kustannuksia. (Messina ym. 2015; Napolitano ym. 2015.) Hoitoon liittyvien infektioiden komplikaatioilla on taloudellisesti merkittäviä vaikutuksia terveydenhuoltoon ja niiden arvioidaan potilaskohtaisesti olevan moninkertaiset verrattuna potilaaseen, joka ei saa infektiota. Tehohoitoyksikössä tehdyssä tutkimuksessa sairaalainfektiopotilaan kokonaiskustannusten olivat 10354 USD ja puolestaan 3985 USD potilaalla, jolla ei ollut terveydenhuollossa alkanutta infektiota. (Gostine 2016.) Vuonna 2013 Yhdysvalloissa hoitoon liittyvien suorien ja ei- suorien infektioiden kustannukset olivat n. 96- 147miljardia USD yhteiskunnalle (Marchetti & Rossiterin 2013). Zimlichmanin (2013) meta-analyysissä tehdyssä raportissa Clostridium Difficile aiheuttamien hoitoon liittyvien infektioiden potilaskohtaisten kustannusten todetaan olleen Yhdysvalloissa keskimäärin 11285 USD ja MRSA:n aiheuttamien keskimäärin noin 42300 USD vuonna 2012. Näistä pelkästään Metisilliinille Resistenttien Stafylokokki Aureuksen (MRSA) aiheuttamien infektioiden kokonaislisäkustannukset Yhdysvaltojen terveydenhuollolle olivat 9,7 miljardia (Gostine ym. 2016; Jinadatha 2015; CDC 2012).

Kaiken kaikkiaan yhteiskuntatasolla Hotuksen arvioiden mukaan näiden infektioiden lisäkustannusten arvioidaan olevan jopa 500 miljoonaa euroa vuosittain myös Suomessa (Korhonen, ym. 2020; THL 2020). Hotus eli Hoitotyön tutkimussäätiö on Suomessa toimiva kansallinen säätiö, jonka tehtävänä on toimia näyttöön perustuvan toiminnan edistäjänä sekä tutkimusnäytön välittäjänä sosiaali- ja terveysalalla hoitotyössä toimiville (Hotus 2019).

3.6 UV-C-valo

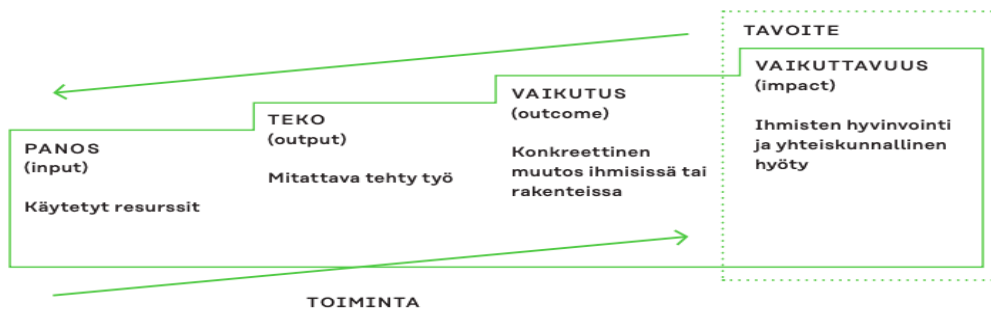
UV-säteily jaetaan UV-A-, UV-B- ja **UV-C-säteilyyn**, aallonpituuden ja fotonien energian mukaan. Ilmakehä suodattaa auringon UV-C-säteilyä, jonka aallonpituus on lyhin (200–280 nm) ja fotonien energia suurin UV-säteilyistä. UV-C-säteilyä käytetään ilman, veden ja pintojen desinfiointiin sekä vähentämään hoitoon liittyvien infektioiden haittoja. (STUK 2020; Gostine ym. 2016.) UV-C-valon desinfiointi perustuu juuri kohteen valaisimiseen tarkoituksenmukaisella aallonpituudella sekä säteilyajalla halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. UV-C-valo hajottaa kohde-eliön DNA:n ja RNA:n rakenteen ja näin muuttaa solujen biologisia ominaisuuksia. (Kauko 2020.) Tähän perustuu bakteerin tuhoaminen ja viruksen inaktivoiminen.

Ympäristön hyvä puhdistus ja desinfiointi sekä käsienpesu ovat merkittäviä ja ensisijaisia tapoja vähentää taudinaiheuttajien siirtymistä sekä ehkäistä hoitoon liittyviä infektioita ja vähentää niihin liittyviä riskejä potilasturvallisuudessa. (Napolitano ym. 2015, Lumio 2019.) Manuaalisella kliinisten alueiden kemiallisella puhdistuksella on tarkoitus vähentää mikrobikontaminaatioiden määrää, mutta se ei usein yksistään riitä, koska valitettavasti strategiat ja ohjeiden noudattamiset vaihtelevat kuitenkin yksiköittäin. Joten UV-C-valo tulisi ottaa mukaan kuitenkin tärkeänä osana infektioiden ehkäisyä myös käsihygienian kanssa, pintojen kontaminoitumisten vuoksi. UV-C-valo on itsessään jo tehokas desinfiointi ja tuhoaa bakteerit (myös vaikeammat moniresistentit) ja inaktivoi virukset (kuten SARS-CoV-2). (IES 2020; Casini ym. 2019; Napolitano ym. 2015.) UV-C-valo on lisäksi ekologinen, koska led-valaistus ei tuota ongelmajätettä (Kauko 2020). UV-C-valo on lisäksi hyvin nopea verrattuna perinteisiin manuaalisiin menetelmiin, esimerkiksi Helsingin yliopiston tutkimuksen (STT 2020) mukaan todettu tuhoavan koronavirusen (SARS-CoV-2) pinnoilta 5 minuutissa.

Mekaanisella puhdistuksella ja tavanomaisilla hoidoilla ei päästä bakteereita tuhoamaan esimerkiksi ihmisten haavoista tai sydämeen vietävistä katetreista, joihin ne usein aiheuttavat ongelmia, joten UV-C-säteilyä tullaan tulevaisuudessa käyttämään todennäköisesti pinnallisiin infektioihin (Welch ym. 2018; Yin ym. 2013). Näin ollen tutkimusskaalaa on aloitettu viemään myös siihen suuntaan, että voitaisiinko UV-C-valoa hyödyntää terveydenhuollon tilojen lisäksi kliinisessä potilaiden hoidossa. Varsinaisia potilas- ja eläinkokeita in vivo on suoritettu vähemmän, kuin in vitro. (Yin ym. 2013.)

3.7 UV-C-valon vaikuttavuus ja vaikutus

Vaikutusketju (kuvio 1) tunnetaan kansainvälisesti IOOI-menetelmänä. Kirjainten "IOOI" yhdistelmä tulee sanoista Input eli panos, Output eli tuotos, Outcome eli **vaikutus** ja Impact eli **vaikuttavuus**. Vaikutusketjua voidaan tarkastella kahdella tavalla. Voidaan lähteä tarkastelemaan kuvaa panoksista käsin ja arvioida niiden yhteiskunnallisia ja sosiaalisia vaikutuksia, tavoitteena vaikuttavuus. Jos tavoitteena on yhteiskunnallinen vaikuttavuus, kuten UV-C-valon käytöllä infektioiden torjunnassa, voidaan kuvaa tarkastella toisinpäin, oikealta vasemmalle. (Heliskoski, ym. 2018, 5-6.) Johtamistyön toiminnan arvioimisessa vaikuttavuuden käsite kohdistuu UV-C-valon kohdalla asiakkaisiin eli potilaisiin sekä käyttäjiin eli terveydenhuollon henkilöstöön. Vaikuttavuutta voidaan pitää ammatillisen työn kehittämisen eettisenä perustana ja sitä voidaan arvioida suhteessa tavoitteisiin ja tarpeisiin.



(Kuva Heliskoski ym. 2018)

KUVIO 1. IOOI-vaikutusketju

Vaikuttavuus (Impact) tarkoittaa vaikutusketjussa, että mitä vaikuttavuutta saadaan aikaan eli yhteiskunnallista hyötyä. Hyöty voi liittyä useaan asiaan, kuten ihmisten hyvinvointiin ja terveyden edistämiseen. Jotta yhteiskunnallinen kehitys voisi tapahtua, tarvitaan konkreettisia muutoksia eli vaikutuksia (Outcome). Niiden tulee saada aikaan perustellusti yhteiskunnallisen hyödyn syntyminen. Vaikutukset näkyvät keskipitkällä aikavälillä (3–6 vuotta) ja tavoitteeksi asetetut konkreettiset muutokset toimivat onnistumisen mittareina. (Heliskoski, ym. 2018, 6.)

Vaikuttavuus on tuotteilla eli UV-C-valotuotteilla tai UV-C-valon käyttöön otolla eli toimenpiteillä aikaan saatu tavoiteltu muutos kohderyhmässä. UV-C-valon vaikuttavuutta voidaan arvioida tuotosten ja vaikutusten tai käytettyjen resurssien ja vaikutusten avulla. Terveydenhuollossa usein

vaikuttavuutta halutaan mitata kustannusten avulla, jolloin käytetään termiä kustannusvaikuttavuus. Vaikuttavuutta mitataan esimerkiksi UV-C-valon käytöllä eli toimenpiteellä saatujen vaikutusten suhdetta käytettyihin resursseihin. (Mehtonen 2018.)

Tarkastelen työssäni vaikutusketjua oikealta vasemmalle. UV-C-valon käyttöönotolla tavoitellaan vaikuttavuutta (taulukko 1) yhteiskuntatasolla ja pyritään vastaamaan yksilö-, yhteisö- ja yhteiskuntatasolla seuraaviin haasteisiin.

TAULUKKO 1. UV-C-valon vaikuttavuus

Infektioiden ehkäisyllä yhteiskunnan hyvinvoinnin lisääminen ja samalla potilasturvallisuuden lisääminen
Moniresistenttien bakteerien määrän vähentäminen
Virusten (esim. SARS-CoV-19) aiheuttamien epidemioiden vähentäminen
Kansallista ja kansainvälistä terveyden edistämistä
Pyritään vähentämään henkilökunnan työkuormaa
Pyritään vähentämään hoitoon liittyvien infektioiden aiheuttamia kustannuksia.

TAULUKKO 2. UV-C-valon vaikutus

Sairaalalähtöisten infektioiden ja niiden aiheuttamien liitännäisongelmien ja komplikaatioiden väheneminen, mikä pelkäämekaanisella kemiallisella puhdistuksella ja muilla käytössä olevilla infektioiden ehkäisymenetelmillä, ei ole mahdollista.
Infektioista johtuvien pitkittyneiden sairaalajaksojen ehkäisy /- määrien vähentäminen /- lyhentäminen
Bakteereista johtuvien uusintaleikkausten ehkäisy
Terveydenhuollossa vähentää suljettuja potilaspaikkojen ja tehohoitopaikkojen määriä
Yhteiskunnassa sekä yksilötasolla vähentää tulon menetyksiä, sairaalalaskuja ja lääkehoitoja

Torjuntatoimet ovat yksi tärkeimmistä menetelmistä resistenttien bakteereiden ehkäisyssä sekä maltillinen antibioottien käyttö. Esimerkiksi MRSA leviää kosketustartuntana ihmisestä toiseen. Tavallinen tartuntatapa terveydenhuollossa on hoitohenkilökunnan siirtäminen bakteerin potilaiden välillä. MRSA säilyy pinnoilla pitkään, tätä tartuntatietä ehkäistään erityisellä sairaalasiivouksella. Tässä UV-C-valo voi olla kuitenkin apuna, jotta hoitohenkilökunta ei toimenpiteissään levitä

kontaminoituneista pinnoista potilaaseen tartuntaa. Vakavat yleiskuntoa heikentävät sairaudet, kirurgiset toimenpiteet, virtsatiekatetrit ja verisuonikanyylit ovat MRSA-taudin riskiä lisääviä tekijöitä. MRSA:n ehkäisy kuuluu tinkimätön käsi- ja toimenpidehygienia, eristystoimenpiteet, potilashuoneiden siivoukset. MRSA ei saa vaikuttaa tai hidastaa potilaan hoitoa tai sen laatua. (Anttila 2020.)

Vaikutusketjun kolmas osa oikealta katsottuna, kattaa mitattavat teot eli toimenpiteet (output). Monessa yhteydessä tekoja kutsutaan interventioiksi. Nämä vaativat konkreettisesti harkittuja ja kohdennettuja tekoja tai toimenpiteitä, kohderyhmien tunnistamista ja segmentointia. Segmentoinnilla tarkoitetaan kohdentamista esimerkiksi tiettyyn potilasryhmään, joiden voidaan ajatella olevan opinnäytetyössäni esimerkiksi sairaalalähtöisten infektioiden saajia. Segmentointi tulee nähdä johtamisen työkaluna ja sille asetetut kriteerit tulee nähdä muutoksen tavoitteista käsin, jolloin rajalliset resurssit osataan suunnata oikein. (Heliskoski ym. 2018.) Opinnäytetyössäni toimenpide/teko (Output) on konkreettisesti UV-C-valon ottaminen käyttöön terveydenhuollossa päivittäiseen pintojen sekä laitteiden desinfiointiin yksinään, mutta myös yhdessä manuaalisen puhdistuksen kanssa.

Oikealta katsottuna vaikutusketjun viimeisessä osassa tarkastellaan panoksia (Input) eli resursseja. Panokset voivat käsittää esimerkiksi valmistelutyötä ideoinnista toteutukseen, rahallista pääomaa, itse UV-C-valolaitteet, sopimuksia, aikaa, henkilöstön kouluttamista. Panosten tarkka määrittely mahdollistaa tekojen toteuttamisen sekä yhteistyöverkoston tunnistamisen ja investointilaskelmien toteuttamisen. Tavoitelähtöinen vaikutusketjun tarkastelu auttaa ymmärtämään yhteistyön merkityksen, yhteiskunnallisen hyödyn syntymisessä. (Heliskoski, ym. 2018.)

UV-C-valon tehokkuuden eli kuinka paljon enemmän tietyllä panosmäärällä voidaan tuottaa ja kuinka hyvin saavutetaan tavoitteet, tutkimiseksi voitaisiin käyttää esimerkiksi kustannusvaikuttavuusanalyysia (KVA) ja kustannus-hyötyanalyysia (KHA). KVA:ssa toimenpidettä verrataan jo olemassa oleviin ja käytössä oleviin hoitomuotoihin tai menetelmiin. KVA:ssa seurauksia mitataan määrällisissä yksiköissä, kuten esim. kuinka paljon UV-C-valon avulla voidaan välttää pitkittyneitä sairaalajaksoja ja hoitopäiviä tai saavutetut lisäelinvuodet, joka on usein KVA:n yhteiskunnallinen terveysvaikutuksellinen näkökulma. KHA:ssa puolestaan kuvataan menetelmien terveysvaikutuksen rahallista hyötyä yhteiskunnalle. (Liljeroos 2014, 18–21.)

4 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN

4.1 Integratiivinen kirjallisuuskatsaus

Työlään ja metodina vaativan, mutta monipuolisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena ja perusteena on pyrkiä tunnistamaan ongelmia ja tuottaa uutta teoriaa, jo olemassa olevasta teoriasta, arvioimalla sitä sekä rakentamalla kokonaiskuvaa siitä menetelmällisillä erityispiirteillä. (Salminen 2011, 3, 5.) UV-C-valon käytöstä ei ole tehty korkealaatuisia tutkimuksia tai kirjallisuuskatsauksia terveydenhuoltoon Suomessa/ suomen kielellä, joten kirjallisuuskatsaus aiheesta on siis hyvin ajankohtainen.

Kirjallisuuskatsaukset jaetaan kolmeen perustyyppiin: kuvailevaan kirjallisuuskatsaukseen, systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen ja meta-analyysiin. (Salminen 2011, 3, 5.) Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yleisimpiä kirjallisuuskatsauksen perustyyppisiä. Se on yleiskatsaus, jota ei määrittele tarkat metodiset säännöt ja käytetyt aineistot ovat laajoja. Se tuottaa laaja-alaisen kuvauksen tutkittavasta ilmiöstä ja sen ominaisuuksista. Kuvailevasta kirjallisuuskatsauksesta lähtee useita erilaisia tutkimussuuntia, joista tunnetuimpia ovat itsenäinen integratiivinen katsaus. (JAMK 2020; Salminen 2011, 6.) UV-C-valon käyttöä koskevassa tutkimuksessa on tärkeää säilyttää objektiivinen näkökulma, koska kyseessä on menetelmä, joka väärin käytettynä on kaikille eliöille vaarallinen. Integratiivinen katsaus sopii tähän tarkoitukseen hyvin, koska sitä käytetään kun tutkittavaa ilmiötä halutaan kuvata mahdollisimman monesta näkökulmasta.

Integratiivinen kirjallisuuskatsaus on hyvä vaihtoehto, kun tarkoituksena on tuottaa monipuolista uutta tietoa, jo tutkitusta aiheesta. Integratiivinen ei seulo yhtä tarkasti tutkimusaineistoa, kuin kriittinen systemaattinen katsaus. Näin ollen integratiivinen tuottaa laajemman kuvan käsitellystä aineistosta ja samalla myös tarjoaa tarkalle systemaattiselle katsaukselle uusia tutkittavia ilmiöitä. Integroivassa katsauksessa aineistojen eri metodeilla ja eri perspektiiveistä tehdyt tutkimukset, voivat olla myös vaihtelevammat kuin systemaattisen katsauksen. (Salminen 2011, 7-8.)

Etenin integratiivisessa kirjallisuuskatsauksessa osittain soveltaen systemaattiselle kirjallisuuskatsaukselle tyypillisiä kriteereitä ja vaikutteita, kuten esim. seuraamalla sille ominaisia eri vaiheita, jolloin integratiivinen ei juurikaan eroa systemaattisesta suunnasta. (Salminen 2011, 7-8.) Salminen esittelee tekstissään Finkin (2005, 3-5) systemaattisen katsauksen eri vaiheiden

mallin. Tutkimuskysymysten (1) asettelun jälkeen, valitaan (2) kirjallisuus ja tietokannat. Kolmannessa vaiheessa asetetaan (3) huolellisesti hakutermit, jotka voivat olla asiasanoja tai kokonaisia sanontoja. Tämän jälkeen käydään läpi (4) sisäänotto- ja poissulkukriteerit. Viidennessä vaiheessa suoritetaan (5) valittu laadunarviointi tutkimusten ja artikkelien tieteellisyyden validisuudelle. Lisäksi itse vielä tähän vaiheeseen aineiston analyysin induktiivisella sisällönanalyysillä. Kuudennessa vaiheessa suoritetaan (6) itse katsauksen tekeminen. Viimeiseksi vaiheeksi jää itse tulosten syntetisointi (7), joka tarjoaa useamman vaihtoehdon kuvailevasta katsauksesta meta-analyysiin.

4.2 Kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksen lisäksi on määriteltävä, minkälaiset tutkimukset hyväksytään mukaan katsaukseen. Kun etsitään vaikuttavuustietoa, satunnaisten kokeet ovat etusijalla. Voidaan myös riittämättömän saatavuuden vuoksi, ottaa mukaan harkitusti ei satunnaistettuja- kontrolloituja tutkimuksia. Tutkimusprotokollasta tulee pitää kiinni, mutta jos siitä poiketaan, niin se täytyy raportoida katsausartikkelissa. (Malmivaara 2008, 275.) Teen opinnäytetyöni yksin ja näin ollen aineiston keruu sekä tutkimusten valinta jäi näin ollen suurimmaksi osaksi minun yksin tehtäväkseni. Käytin kuitenkin tutkimuksen aikana hyödyksi OAMK informaatikon Merja Sormusen apua 9.6.2021 aineistonkeruussa, joka lisäsi tiedonhaun ja tutkimuksen luotettavuutta. Suoritin haun vielä uudelleen myöhemmin itsenäisesti. Pyrin minimoimaan harhat mukaan otettavien tutkimusten laadun arvioinnilla (JBI) joka on välttämätön osa järjestelmällistä katsausta, jotta päästään mahdollisimman todenmukaisiin tutkimustuloksiin (Malmivaara 2008, 274).

Katsauksen tutkimuskysymykset tulisi määritellä riittävän huolellisesti, jotta niistä saatavilla vastauksilla vastattaisiin suoraan terveydenhuollon ammattilaisten tai terveyspoliittisia päätöksiä tekevien henkilöiden kysymyksiin (Malmivaara 2008: 273, 276). Lähdin suunnittelemaan hakustrategiaani asettamalla ensin tutkimuskysymykset PICO- menetelmän avulla, koska tarkoituksena on tuottaa tietoa, jonka vaikuttavuus mahdollisesti arvioitaisiin sekä tiedon tuloksena suorittaa integratiivinen kirjallisuuskatsaus. PICO- menetelmä liitetään usein systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen, mutta käytän PICO- menetelmää integratiivisen-katsauksen yhteydessä, koska se auttaa minua kirkastamaan tutkimuskysymykset sekä auttaa muuttamaan kysymykset hakusanoiksi, helpottaa näin hakustrategiaani (JAMK, 2020), ja lisäksi PICO- menetelmä lisää

tutkimukseni luotettavuutta. Päämääränäni on tuottaa luotettavaa ja kriittistä tietoa, tieteellisiä menetelmiä käyttäen, hyvin suunnitellun ja toteutetun katsauksen avulla.

Aihetta rajatessa ja tutkimuskysymyksen /- tai kysymysten muotoilussa käytetään PICO-menetelmää tai muita kirjallisuushauissa yleisesti käytettäviä menetelmiä, riippuen katsauksen tyypistä. PICO tulee sanoista Patients (potilaat), Intervention (tutkittava toimenpide / interventio), Control (vertailutoimenpide) ja Outcome (mitattava tulos). Näiden lisäksi on hyvä määrittellä toimintaympäristö, joka UV-C valolla on terveydenhuollon ympäristö. (Malmivaara 2008, 274-276.)

PICO:n asiasanoja määrittäessäni, käytin sanoille synonyymeja sekä englanninkielisiä vastineita. UV-C-valon yhteydessä määrittelin potilaat- "potilas and patients" asiasanalla. Valitsin yleistävän potilassanan siksi, koska hoitoon liittyvien infektioiden lisääntynyt riski kohdistuu potilaisiin erityisesti leikkausten, tehohoidon, tapaturmien ja kudosvaurioiden yhteydessä, vakavasti sairailta, virtsakatetripotilailla sekä potilaalla olevan vastustuskykyä heikentävän sairauden yhteydessä. (Anttila 2020). Näin ollen tutkiessani UV-C-valon vaikuttavuutta mikrobien rakenteen hajottamisen ja in-aktivoimisen kautta infektioiden ehkäisyyn, näen UV-C kohdistuvan menetelmänä pelkästään välillisesti suoraan potilaisiin, vaikka he ovat kuitenkin loppukädessä UV-C:n intervention suurena hyödynsaajana. Uskon lisäksi löytävän enemmän tutkimuksia määritellessäni P-asiasanan pelkästään "patients ja potilas" sanalla. Aina ei ole tarpeen käyttää kaikkia asiasanoja, asiasanojen muotoilun tai runsaan hakutuloksen vuoksi (Isojärvi 2011).

Lisäksi PICO asiasanoja täydensin MeSH (Medical subject headings) asiasanastolla (kuvio 2.) (NCBI, 2020). Täydensin P- kohtaa MeSH asiasanoilla eli moniresistenttien bakteereiden ja sairaalavälitteisten infektioiden aiheuttamilla yleisimmillä infektiotyypeillä, sekä otin tähän kohtaan asiasanoiksi mukaan myös sairaalainfektioiden yleisimmät aiheuttajat eli moniresistentit bakteerit sekä toimintaympäristöjä, kuten tehohoito (ICU), leikkaus (Surgery). I (Intervention) kohtaa täydensin myös asiasanoilla, joihin interventio vaikuttaa eli mikrobeihin, koska sillä saavutetaan O (Outcome) eli toimenpiteen aiheuttamaan tulokset. C (Control) vertailumenetelmäksi otin tällä hetkellä merkittävimmät toimenpiteet, joilla ehkäistään infektioita.

PICOn OSAT	P = PATIENTS	I= INTERVENTION (TOIMENPIDE)	C= CONTROL (VERTAILUMENETE LMÄ)	O=OUTCOME (TULOS)
↓ OR	Potilaat	UV-C	<input type="checkbox"/> Manuaalinen kemiallinen desinfointi /Puhdistus <input type="checkbox"/> Käsi pesu	<input type="checkbox"/> Infektioiden ehkäisy <input type="checkbox"/> Vaikuttavuus <input type="checkbox"/> Vaikutus
Avainsanat ja MeSH – termit	<input type="checkbox"/> Pneumonia <input type="checkbox"/> Sepsis <input type="checkbox"/> MRSA <input type="checkbox"/> ICU <input type="checkbox"/> Surgery <input type="checkbox"/> DNA <input type="checkbox"/> Microbe <input type="checkbox"/> Bacteria	<input type="checkbox"/> UV-C <input type="checkbox"/> UV-C disinfection	<input type="checkbox"/> Mechanical cleaning /disinfection <input type="checkbox"/> Handwash	<input type="checkbox"/> HAI <input type="checkbox"/> Effectiveness <input type="checkbox"/> Intervention <input type="checkbox"/> Complication <input type="checkbox"/> Mortality <input type="checkbox"/> Economic <input type="checkbox"/> Carcinogenic
→ AND / OR				

KUVIO 2. PICO-asiasanat ja MeSH-termit

Tutkimuskysymykseni ovat:

- Millaista vaikuttavuutta UV-C-valon käytöllä voidaan saavuttaa infektiota ehkäisyssä?
- Minkäläistä vaikutusta UV-C-valolla on terveydenhuollossa?

4.3 Tutkimusten valintakriteerit

Artikkelin kielet määrittelin suomeksi tai englanniksi, tällä tavoin saatoin rajata pois olennaista tietoa, mutta koen että minulla ei ole resursseja ottaa muita kieliä osaamattomuuteni vuoksi huomioon. Lisäksi englannin kielestä kääntäessäni suomeksi tutkimustuloksia, minun täytyy huomioida virhemarginaali, koska en ole natiivisti englanninkielinen.

TAULUKKO 3. Sisäänotto- eli inklusiokriteerit

Kuvaus UV-C-valon vaikuttavuudesta terveydenhuollossa tai kuvaus UV-C-valon vaikutuksesta terveydenhuollossa tai kuvaus UV-C ja infektiot tai kuvaus UV-C ja kustannushyödyt
Vertaisarvioidut tieteelliset artikkelit
Koko teksti saatavilla

Verkossa saatavilla
Saatavilla maksuttomasti
Otan huomioon ja etsin myös virallisten organisaatioiden, kuten ministeriöiden, terveysportista ja säteilyturvakeskuksen verkkosivuilta tietoa
Artikkelien alkuperäiskielenä suomi tai englanti

TAULUKKO 4. Poissulku- eli eksluusiokriteerit

Lehtikirjoituksia, jotka eivät täyttäneet tieteellisen julkaisun kriteereitä
Tieteellisiä julkaisuja, jotka ovat tehty ennen tammikuuta 2005
Hankkeet ja hankeraportit, jotka eivät täytä tieteellisen julkaisun kriteereitä
Vertaisarvioimattomat
Tutkijalla jotain merkittäviä intressejä UV-C laitteita kohtaan esim. kyseisen laiteyrityksen työntekijä

Tutkimusten hakustrategian määrittelyn jälkeen, suoritin lopullisen aineiston keräämiseksi kirjallisuushaun itsenäisesti, tammikuu 2005 ja syyskuu 2021 julkaistujen viittausten osalta. Käytin tietokantoihin sopivia haku- ja katkaisutermejä aikaisemmin määrittelemieni hakusanojen mukaisesti (taulukko 5.)

TAULUKKO 5. Hakusanat

UV-C	UV-C
UVC	UVC
Ultravioletti-C	Ultraviolet-C
Ultravioletti-C-säteily	Ultraviolet-C-radiation
UV-C desinfiointi	UV-C disinfection
Infektiot	Infections
Mikrobit	Microbes
Bakteerit	Bacteria
MRSA	MRSA
Tehohoito	ICU
DNA	DNA
Sairaalalähtöiset infektiot	HAI

Ehkäisy, Ennaltaehkäisy	Prevention
Hoito(menetelmät)	Treatment, Nursing
Komplikaatio	Complication

Käytin opinnäytetyöni aineistonhaussani tietokantoja: Oula-Finna, Finna.fi, Medic, PubMed ja CINAHL (Ebsco). Huolimatta siitä, että manuaalinen tiedonhaku varmistaisi kattavamman hakutuloksen kirjallisuuskatsaukseen, jätin sen pois, koska tietokantojen etu on se, että niillä on suurempi ajankohtaisuus (Hirsjärvi ym. 2013, 188). Selvittelemällä en myöskään löytänyt UV-C-valon vaikuttavuudesta tuoretta kirjallisuutta.

Aiheena on UV-C-valon vaikuttavuus infektioiden ehkäisyssä. Tarvitsin tietoa UV-C-valon käytöstä terveydenhuollossa, mikrobien leviämisen ehkäisyssä, infektioiden ehkäisyssä ja potilaiden hoidossa.

Katsauksen kirjallisuushaku tulee olla toistettavissa. Tämä varmistetaan riittävällä kuvauksen tarkkuudella katsauksessa. (Malmivaara 2008, 274.) Jos ns. harmaat eli heikkolaatuiset tutkimukset edustavat parhainta saatavissa olevaa näyttöä suositusten kannalta, voidaan niitä poikkeustapauksissa valita tiedonlähteiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että minun tulee huomioida julkaisemisharhan (publication bias) mahdollisuus, koska on havaittu, että tutkimukset, jotka osoittavat hoidon vaikuttavuutta, hoidon tehottomuuden sijaan, julkaistaan todennäköisemmin ja näin se saattaisi johtaa vääriin positiivisiin tuloksiin. (HOTUS, 2020; Salakari, M. 2020.)

4.4 Aineistojen haun tulokset ja aineistojen valinta

Valitsin tietokannoiksi Oula-Finna, Finna.fi, Medic, PubMed ja CINAHL (Ebsco). Tietokannat valitsin informaation suosituksesta, koska olin tehnyt näihin tietokantoihin hakuja aikaisemmin ja mielestäni ne olivat hyvät opinnäytetyötäni ajatellen.

Tiedonhaut (Taulukko 6.) Oula-Finna, Finna.fi, Medic, PubMed ja CINAHL (Ebsco) -tietokantoihin tehtiin tutkimuskysymyksen osalta aluksi seuraavilla hakusanoilla: uv-c OR uvc OR "ultravioletti-c"

OR "ultravioletti-c-säteily" OR "uv-c desinfiointi" AND infek* OR mikrobi* OR bakteer* OR mrsa OR tehohoi* OR dna OR "sairaalalähtöiset infektiot" AND ehkäis* OR ennaltaehkäis* OR hoito* OR komplikaati* suomen kielistä materiaalia haettaessa ja uv-c OR uvc OR "ultraviolet-c" OR "ultraviolet-c-radiation" OR "uv-c disinfection" AND infect* OR microb* OR bacter* OR mrsa OR icu OR dna OR hai AND prevent* OR treat* OR nurs* OR complicat* englanninkielistä materiaalia haettaessa.

Suoritin itsenäisesti haut Oula-Finnasta, Finna.fi:stä, PubMedista ja Medicistä 8.9.21 ja CINAHL-tietokantaan 13.9.21.

Oula-Finnasta suomen kielellä tuli 1 tulos. Kyseessä oli leivontaan liittyvä kirja ja näin ollen ei vastannut hakuani. Englannin kielellä tuli 18325 tulosta. Kokotekstejä oli saatavilla 6304 kappaletta, joista vertaisarvioituja oli 4092 kappaletta ja englanninkielisiä 4057 kappaletta. 2005 vuoden jälkeen julkaistuja oli 3580 kappaletta, joista artikkeleja 3528 kappaletta ja konferenssijulkaisuja 52 kappaletta.

Finna.fi tietokannasta suomenkielisillä hakusanoilla tuli tulokseksi 8 kappaletta. Näistä Finna.fi hakutuloksista yksikään ei ollut validi tutkimukseeni, koska tutkimukset eivät olleet tarpeeksi korkeatasoisia eivätkä vastanneet tutkimuskysymykseeni, käsitellessään eri aihealuetta. Englanninkielisillä hakusanoilla tulokseksi tuli 18 kappaletta, joista verkossa oli saatavilla 6 kappaletta. Näistä kaksi olivat korkeatasoisia, mutta eivät vastanneet tutkimuskysymykseen otsikon perusteella.

Medic-tietokannasta ei tullut yhtään tulosta kummallakaan kielellä. PubMedissa suomen kielellä ei tullut yhtään hakutulosta ja englanninkielisillä hakusanoilla 1124, joista 440:llä oli saatavilla ilmaiseksi koko teksti ja kaikki näistä olivat englannin kielellä. 380 oli julkaistu vuoden 2005 jälkeen.

CINAHL-tietokannasta suomen kielellä ei tullut tulokseksi yhtään tulosta. Englannin kielellä tulokseksi tuli 125 kappaletta, joista full text oli saatavilla 60 kappaleeseen. CINAHL:ssa kaikki nämä tulokset olivat julkaistu 2007 jälkeen.

Aloitin tutkimusten valinnan järjestelmällisesti tutkimalla otsikoita. Valitsin otsikoiden perusteella Oula-Finnasta 50 julkaisua, CINAHL:sta 26 julkaisua ja PubMedista 32 julkaisua eli yhteensä 108 julkaisua, jotka liittyivät tutkimuskysymykseeni. Poistin näistä duplikaatit, joita oli 4 kappaletta, joten

poistin 2 tutkimusta sekä CINAHL:sta, että 2 tutkimusta PubMedista ja tutkimuksia jäi siten yhteensä 104 kappaletta. Tiivistelmän eli abstraktin luettuani poistin, tutkimuksena kannalta ei relevantteja tutkimuksia Oula-Finna hausta 9 kappaletta tutkimuksia, joten artikkeleita jäi 41 kappaletta. CINAHL:sta poistin yhden julkaisun abstraktit luettuani eli niitä jäi 23 kappaletta ja PubMedista 11 kappaletta, eli tutkimuksia jäi jäljelle 19 kappaletta eli yhteensä 83 kappaletta. Tämän jälkeen luettuani kokotekstit valitsin kirjallisuuskatsaukseeni 6 kappaletta Oula-Finnasta, 4 kappaletta CINAHL:sta ja PubMedista 2 kappaletta eli yhteensä 12 kappaletta.

TAULUKKO 6. Aineiston haku

Hakusanat	Kriteeria	Tulos	Kriteeria	Tulos	Kriteeria	Tulos	Kriteeria	Valitut tutkimukset
uv-c OR uvc OR "ultravioletti-c" OR "ultravioletti-c-säteily" OR "uv-c desinfiointi" AND infekti* OR mikrobi* OR bakteer* OR mrsa OR	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella suomen kielellä	Oula Finna n=1	Otsikon perusteella	n=0	Abstraktin perusteella	-	Koko tekstin perusteella	-
tehohoit* OR dna OR "sairaalaalähtöiset infektiot" AND ehkäis* OR	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella suomen kielellä	Finna.fi n=8	Otsikon perusteella	n= 0	Abstraktin perusteella	-	Koko tekstin perusteella	-
ennaltaehkäis* OR hoito* OR komplikaati*	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella suomen kielellä	Medic n=0	Otsikon perusteella	-	Abstraktin perusteella	-	Koko tekstin perusteella	-
	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella suomen kielellä	Pubmed n=0	Otsikon perusteella	-	Abstraktin perusteella	-	Koko tekstin perusteella	-

	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella suomen kielellä	CINAHL n=0	Otsikon perusteella	-	Abstraktin perusteella	-	Koko tekstin perusteella	-
uv-c OR uvc OR "ultraviolet-c" OR "ultraviolet-c-radiation" OR "uv-c disinfection" AND infect* OR microb* OR bacter* OR mrsa OR icu OR dna OR hai AND prevent* OR treat* OR nurs* OR complicated*	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella englannin kielellä	Oula Finna=3580	Otsikon perusteella	n= 50	Abstraktin perusteella	n=41	Koko tekstin perusteella	n=6
	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella englannin kielellä	Finna.fi n=18	Otsikon perusteella	n=0	Abstraktin perusteella	-	Koko tekstin perusteella	-
	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella englannin kielellä	Medic n=0	Otsikon perusteella		Abstraktin perusteella		Koko tekstin perusteella	-
	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella englannin kielellä	Pubmed n=380	Otsikon perusteella	n= 32 2 poistettua duplikaattia eli n=30	Abstraktin perusteella	n=19	Koko tekstin perusteella	n=2
	Hakusanojen perusteella ja sisäänotto- sekä poissulkukriteerien perusteella englannin kielellä	CINAHL n=60	Otsikon perusteella	n= 26 2 poistettua duplikaattia eli n=24	Abstraktin perusteella	n=23	Koko tekstin perusteella	n=4

	Yhteensä	n=		n=108 duplikaattien poiston jälkeen n=104		n=83		n=12
--	----------	----	--	---	--	------	--	------

4.5 Laadunarviointi

Tutkimuksen luotettavuuden arviointi kuuluu olennaisena osana tieteelliseen tutkimukseen, jonka tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman todenmukaista tietoa. Laadullista tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida yleisillä luotettavuuskriteereillä, kuten uskottavuus, vahvistettavuus, reflektiivisyys ja siirrettävyys. (Kylmä & Juvakka 2007, 127.)

Laadunarviolla selvitin tutkimusten laatueroja tutkimustulosten erojen selittäjänä ja tulosten tulkinnassa. Laadunarviointi koostuu useista eri tekijöistä, kuten metodologisesta laadusta, systemaattisesta harhasta, sisäisestä ja ulkoisesta laadusta (Kontio & Johansson 2007, 101; Salakari 2020). Koin hidastavaksi tekijäksi laadunarviointikriteereiden valinnan, koska olin epävarma siitä, että valitsinko oikein kriteerit. Näistä valitsin mielestäni 13 sopivinta laatukriteerit täyttävää tutkimusta mukaan, jotka täyttävät kokonaisuudessaan valitsemani kriteerit (taulukko 7). Kaikki julkaisut ovat julkaistu korkealaatuisissa tieteen julkaisupaikoissa ja ovat läpikäyneet vertaisarvioinnin. Tutkimusten tutkimuskysymykset, tieteenfilosofiset lähtökohdat, metodologia oli valitsemisani tutkimuksissa yhteensopivat keskenään. Aineistonkeruumenetelmät, aineiston analysoinnit ja metodologia olivat myös yhteensopivat keskenään kaikissa tutkimuksissa. Tutkimusten luotettavuudesta kertoi myös se, että tutkimukset ovat toistettavissa, sekä aiheesta on tehty samanlaisia tutkimuksia antavia tutkimuksia jo aiemmin.

Taulukko 7. Laadunarviointi

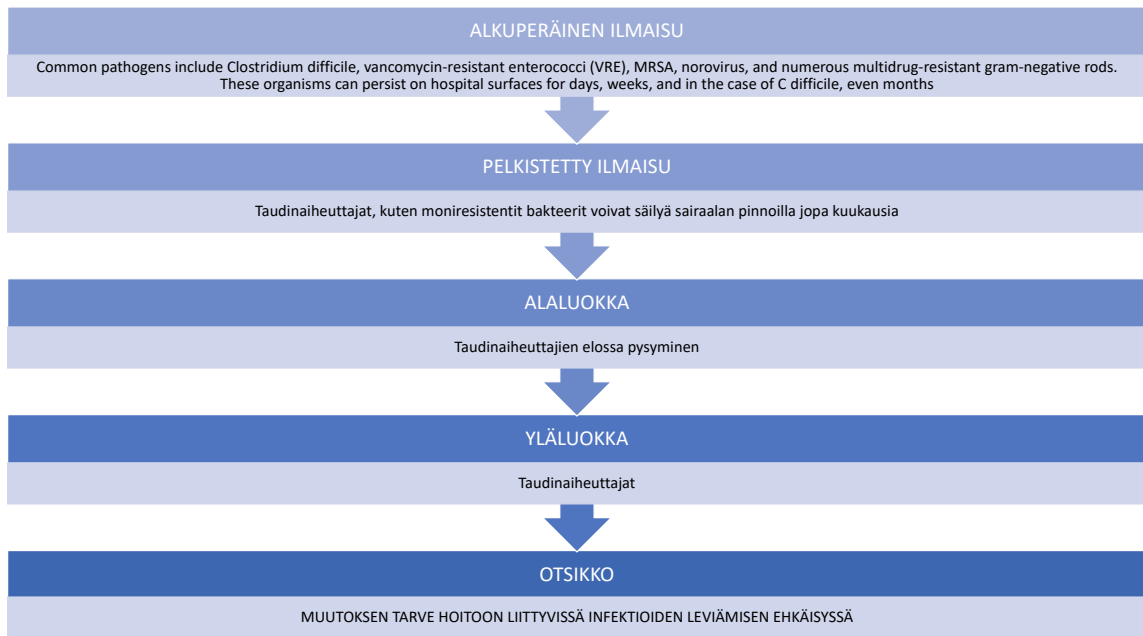
Artikkelin tekijät	Artikkelin nimi	JBI laadunarviointi	JBI pisteet
Gostine, Andrew.; Gostine, David.; Donohue, Cristina.; Carlstrom, Luke	Evaluating the effectiveness of ultraviolet-C lamps for reducing keyboard contamination in the intensive care unit: A longitudinal analysis	Kvasikokeellinen	9/9
Yin, Rui.; Dai, Tianhong.; Avci, Pinar.; Jorge, Ana Elisa Serafim.; de Melo, Wanessa CMA.; Vecchio, Daniela.; Huang, Ying-Ying.; Gupta, Asheesh.; Hamblin, Michael R	Light based anti-infectives: ultraviolet C irradiation, photodynamic therapy, blue light, and beyond	Järjestelmällinen katsaus	11/11
Shaikh, Aaron A.; Ely, Dylan; Cadnum, Jennifer L.; Koganti, Sreelatha.; Alhmdi, Heba.; Sankar C., Thirveen.; Jencson, Annette L.; Kundrapu, Sirisha.; Donskey, Curtis J.	Evaluation of a low-intensity ultraviolet-C radiation device for decontamination of computer keyboards	Kvasikokeellinen	9/9
Cates, Ezra L.; Torkzadeh, Hamed	Can incorporation of UVC LEDs into showerheads prevent opportunistic respiratory pathogens? – Microbial behavior and device design considerations	Järjestelmällinen katsaus	11/11
Ethington, Tina.; Newsome, Sherry.; Waugh, Jerri.; Lee, Linda D	Cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lessened contact infections in a long-term acute care hospital	Kvasikokeellinen	9/9
Hamblin, Michael R.; Abrahamse, Heidi	Can light-based approaches overcome antimicrobial resistance?	Järjestelmällinen katsaus	11/11
Kaiki, Yuki; Kitagawa, Hiroki; Hara, Toshihito; Nomura, Toshihito; Omori, Keitaro; Shigemoto, Norifumi; Takahashi, Shinya; Ohge, Hiroki;	Methicillin-resistant Staphylococcus aureus contamination of hospital-use-only mobile phones and efficacy of 222-nm ultraviolet disinfection.	Kvasikokeellinen	9/9
Malhotra, Sanchi; Wlodarczyk, Jordan; Kuo, Christopher; Ngo, Catherine; Glucoft, Marisa; Sumulong, Ivan; Smit, Michael A.; Bender, Jeffrey M.;	Shining a light on the pathogenicity of health care providers' mobile phones: Use of a novel ultraviolet-C wave disinfection device.	Kvasikokeellinen	9/9
Napolitano, Nathanael A.; Mahapatra, Tanmay; Tang, Weiming	The effectiveness of UV-C radiation for facility-wide environmental disinfection to reduce health care-acquired infections.	Kvasikokeellinen	9/9
Messina, Gabriele; Burgassi, Sandra; Messina, Daniele; Montagnani, Valerio; Cevenini, Gabriele	A new UV-LED device for automatic disinfection of stethoscope membranes	Kvasikokeellinen	9/9
Welch D, Buonanno M, Grijl V, Shuryak I, Crickmore C, Bigelow AW, Randers-Pehrson G, Johnson GW, Brenner DJ.	Far-UVC light: A new tool to control the spread of airborne-mediated microbial diseases	Kvasikokeellinen	9/9
Ponnaiya B, Buonanno M, Welch D, Shuryak I, Randers-Pehrson G, Brenner	Far-UVC light prevents MRSA infection of superficial wounds in vivo	Poikkileikkaustutkimus	8/8

4.6 Aineiston analyysi

Sovin ohjaajieni kanssa käytäväni aineiston analysointimenetelmänä induktiivista sisällönanalyysia (kts. Liite 1 ja 2), koska se sopii hyvin sekä laadulliseen, että integratiiviseen katsaukseen. Sisällönanalyysissa edetään aineiston ehdoilla muodostaen abstrahointia ja sisältö järjestetään tiiviiseen muotoon, hukkaamatta aineiston sanomaa ja sen sisältämää tietoa. Tarkoitukseni on tuottaa tietoa tutkimuksen kohteena olevasta ilmiöstä. Sisällönanalyysi määritellään yleisesti menettelytavaksi, jolla voidaan analysoida dokumentteja systemaattisesti, sekä muodostaa niiden perustella ilmiöitä kuvaavia hierarkkisia käsitejärjestelmiä ja käsitteiden suhteita toisiinsa (Tuomi & Sarajärvi 2018, 92). Sisällönanalyysillä pystyin analysoimaan objektiivisesti ja luotettavasti valitsemani kirjallisuuskatsauksen tutkimusaineistoa. Lopulta ryhmitettyä aineistosta muodostin synteessin, joka vastaa tutkimuskysymyksiin.

Induktiivinen analyysi voidaan ajatella kolmivaiheisena prosessina (kuvio 3), joiden vaiheita myös itse noudatan analysoinnissa. Aluksi aineisto (1) redusoidaan eli pelkistetään. Tässä vaiheessa karsin kaiken turhan valitsemistani tutkimuksista pois ja etsin niistä opinnäytetyöni kannalta olennaisia ilmaisuja sekä samalla käänsin tekstin englannista suomeksi. Vertailin tekstiä toisiin ja se auttoi myös (2) klusteroimaan koodatut alkuperäisilmaisut eli ryhmittelemään aineistoa eri

tasoiin luokkiin ja muodostamalla otsikot, jonka alle kirjoitin valitsemani tekstit. Lopuksi vielä tein aineiston (3) abstrahoinnin, jossa erotin tutkimuksen kannalta olennaisen tiedon ja tiedon perusteella loin teoreettiset käsitteet. (Tuomi ym. 2018, 92–93.)



KUVIO 3. Esimerkki sisällönanalyysistä

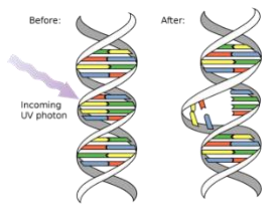
5 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET

5.1 Infektioiden leviämisen ehkäiseminen

Infektioiden leviämisen ehkäisytaidoista tällä hetkellä käsien desinfiointi on ensisijainen tapa estää hoitoon liittyviä infektioita. Valitettavasti sen, sekä sairaalan ympäristön siivous sekä aseptiikan tietoisuus sekä toteutus vaihtelevat kuitenkin aivan liian usein, eri terveydenhuollon ympäristöissä. (Napolitano ym. 2015.) Nykyinen puhdistusprosessi-suositus sisältää manuaalisen pintojen puhdistamisen ja desinfiointiaineilla. Kemiallinen manuaalinen puhdistus tapahtuu pyyhkimällä potilashuoneen laitteet ja pinnat erilaisilla puhdistusaineilla. Sen onnistuminen riippuu henkilöstön toiminnasta, taudinaiheuttajasta, kemiallisen aineen tyypistä, pitoisuudesta sekä altistumisen kestosta. (Gostine ym. 2016.) Desinfiointiaineilla, kuten 2 % klooriheksidiinillä ja 70 % isopropyylialkoholilla puhdistus, johtaa bakteerikontaminaation vähenemiseen, mutta esim. klooriheksidiini ei poista C-difficile itiöitä (Shaikh ym. 2016). Useat tutkimukset osoittavat kuitenkin, että manuaalinen desinfiointi jättää jäännöskontaminaatiota eli se ei ole yksistään riittävä. **Vaihtoehtoisista antimikrobisista toimintatavoista** on tullut tästä syystä tutkijoiden tutkimusintressejä. Kasvaneesta resistenttiongelmasta johtuen tutkijat ovat alkaneet etsimään ratkaisua vaihtoehtoisista mikrobilääkkeistä ja keskittämään tutkimusta ei-antibioottisiin keinoihin (Welch, ym. 2018; Yin ym. 2013), joita täytyisikin pitää tällä hetkellä ensisijaisena kansainvälisinä tutkimus- ja kehitystavoitteina. (Hamblin ym. 2018.)

Hoitoon liittyvien infektioiden torjuntaan on rajallinen resurssi terveydenhuollossa, mutta tutkijoiden mukaan vaihtoehtoiseksi antibioottiresistenssin lisääntymiseen ja infektioiden vastaiseksi strategiaksi, mikrobien tuhoamiseksi voisi olla UV-C-valon käyttö (Welch, ym. 2018; Yin ym. 2020). Infektioiden torjuntaan liittyvään tarpeeseen vastatakseen, UV-C-valoa on alettu viime aikoina kehittämään tosissaan ja ottamaan yleisesti käyttöön ehkäisevänä toimenpiteenä, muun muassa potilashuoneisiin ja leikkaussaleihin, koska on havaittu mahdollisten haittavaikutusten olevan suhteellisen pieniä verrattuna sen korkeaan aktiivisuuteen taudinaiheuttajien eliminoimisessa. (Yin ym. 2013; Malhotra ym. 2020.) UV-C:llä on osittain myös tehokkaammat näytöt kuin pelkästään mekaanisella puhdistuksella (Napolitano ym. 2015). Valoon perustuvat lähestymistavat in-aktivoida patogeeniset ja vastustuskykyiset mikrobit myös elävästä kudoksesta, aiheuttamatta kudonvaurioita ovat hyvin innovatiivisia (Hamblin ym. 2018).

UV-C-valon desinfiointi tapahtuu tuhoamalla monilääkeresistentit bakteerit ja in-aktivoimalla eri viruskannat. Desinfiointi perustuu kohteen valaisimiseen tarkoituksenmukaisella aallonpituudella sekä säteilyajalla ja sopivalla etäisyydellä lähteestä osoitettuun pintaan, halutun lopputuloksen aikaansaamiseksi. Mikrobin DNA, RNA ja proteiinit absorboivat herkästi UV-C-valon fotoneita. UV-C-valon käyttö on ollut rajallista, koska läheltä käytettynä sekä tietyillä aallonpituuksilla säteilyttämällä se on karsinogeeninen ihmisille sekä vahingollista silmille (Welch ym. 2018). UV-C muodostaa useita perimää vaurioittavia ja sytotoksisia DNA-lesioita (kuva 1), kuten pyrimidiini-dimeereitä tymiinissä ja sytosiinissa. Kun dimeerin muodostumisen molekyyli- tai atomitasolla ylittää organismien oman kyvyn korjata syntyneitä vahinkoja esim. solujen replikaatiossa, se muuttaa solujen biologisia ominaisuuksia ja johtaa lopulta solukuolemaan. (Yin ym. 2020; Gostine 2016; Hamblin ym. 2018; Messina ym. 2015.)



KUVA 1. Dimeerin muodostuminen DNA:han (Herring 2014.)

UV-C-valon desinfiointin tehokkuuden erilaisten bakteerien hävittämisessä osoittivat lukuisat tutkimukset kirjallisuuskatsauksessani (taulukko 8) ja se onkin yksi houkuttelevimmista uusista menetelmistä, joilla tuhoetaan resistenttejä mikro-organismeja, koska mikrobin on vaikeaa myös kehittää resistenssiä sille (Napolitano ym. 2015; Yin ym. 2020; Hamblin ym. 2018). UV-C-valon on todettu tappavan tai in-aktivoivan MRSA, *C. difficile*- itiöt ja noroviruksen samalla tehokkuudella uusiutumattomat ja epäekologiset vetyperoksidipyyhkeet, sekä tilastollisesti merkittävästi vähentävän *C. difficile* ja Vankomysiiniresistentin *Enterococcus* (VRE) taudinaiheuttajia (Malhotra ym. 2020). Maailmalla sairaalat, jotka käyttävät UV-C-valolamppuja desinfiointiin eri aallonpituuksilla ja eri voimakkuuksilla säteilyttämällä, ovat vähentäneet huomattavasti näitä ympäristövälikkeisiin tartuntareitteihin liittyviä resistenttien bakteerien aiheuttamia infektioita. Tutkimukset osoittavat, että myös näistä infektioista johtuvat pitkittyneet sairaalassaoloajat ja kuolleisuus ovat vähentyneet paikoissa, missä käytetään tilojen ja pintojen desinfiointiin UV-C-valoa. (Napolitano ym. 2015.) Tästä syystä UV-C desinfiointijärjestelmiä käytetään yhä enemmän hoitoon liittyvien infektioiden ehkäisemiseksi ja sairaalapatogeenien hallintaan ottamiseksi (Kaiki ym. 2021).

TAULUKKO 8. kirjallisuuskatsauksen tutkimukset ja tulokset

Julkaisija	Tutkimuksen tarkoitus	Materiaali / tutkimusympäristö	Avaintulokset
Gostine, Andrew ym. 2016	Tarkoitus tutkia automatisoitujen UV-C-valojen tehokkuutta tietokoneiden näppäimistöjen biokuorman poistamiseen	Tutkimus suoritettiin Chicagossa, Yhdysvalloissa toukokuu 2014-lokakuu 2015, yliopistollisessa akuuttisairaalassa, teho-osastolla (potilaspaikkoja 15) sekä leikkausosastolla (teho-osasto) (potilaspaikkoja 15) Tietokoneen näppäimistö puhdistettiin säännöllisesti klo 7–17 klooriheksidiini-pyyhkeillä. Näppäimistöistä otettiin bakteerinäytteet 3 kk ajan, klo 6 aamulla enimmäiskontaminaation määrittelemiseksi. Automatisoidut UV-C-lamput (The UV Angel) asennettiin toimimaan eri mittaisilla sykleillä (vähimmäisvaikuttavuuksien selvittämiseksi) näppäimistöjen ja hiiren yläpuolelle, jonka jälkeen otettiin näytteet uudestaan ja ne analysoitiin.	The UV Angel, tässä tutkimuksessa käytetty UV-C-valo vähensi huomattavasti bakteerikasvua tavallisen manuaalisen pintapuhdistuksen lisänä.
Yin, Rui ym. 2013	Maailmanlaajuisen antibioottiresistenssin lisääntymisen vuoksi, tutkijat tutkivat erilaisia valoon perustuvia lähestymistapoja. Viime aikojen havainnot siitä, että UV-C-valon mahdolliset haittavaikutukset kudoksiin ovat vähäiset, verrattuna sen korkeaan aktiivisuuteen patogeenien tuhoamisessa kiinnostaa tutkijoita.	Joukko tutkijoita ympäri maailmaa, nimekkäistä yliopistoista (muun muassa Harvard, MIT ja niin edelleen.) tekivät yleiskatsauksen aikaisempien tutkimusten perusteella valoon perustuvista toimintavoista bakteerien tuhoamisessa.	Tutkijat toteavat UV-C-valon olevan erittäin bakterisidinen. Potilaan kliinisessä hoidossa UV-C-valon käyttö on hyvin varhaisessa vaiheessa. UV-C-valon käytön suurin etu on hävittää resistentit ja patogeeniset mikro-organismit ilman systeemisiä yleisesti käytössä olevien antibioottien sivuvaikutuksia sekä tekemällä sen nopeasti ja kustannustehokkaasti.
Shaikh, Aaron A. ym. 2016	Tietokoneen näppäimistöjen toimivan resistenssien bakteerien siirtäjinä, tutkijat halusivat selvittää matalan intensiteetin (The UV Angel) UV-C-valojen tehokkuutta, joita voidaan käyttää ihmisten ollessa samassa tilassa säteilytyksen aikana.	Tietokoneen näppäimistölle levitettiin puhdasta bakteeriviljelmää. Eri mittaisten UV-C-säteilytyksen jälkeen näytteet kerättiin näppäimistöltä.	UV-C laite vähensi erittäin tehokkaasti MRSA:aa ja NDM-1:tä tuottavaa E. coli -bakteeria. Laite vähensi merkittävästi bakteerien ja patogeenien kokonaisuutta, jo yhden 6 minuutin syklin jälkeen. UV-C-valo ei ollut niin tehokas C.Difficilen vähentämisessä, mutta tutkijat uskoivat, että

			usean syklin jälkeen se voisi olla tehokas myös C.difficilea vastaan. Ei havaittua säteilyä näppäimistön ulkopuolelle.
Cates, Ezra L. & Torkzadeh, Hamed 2020	Suihkupäiden biokalvon kasvu lisää opportunististen bakteeripatogeenien pitoisuutta ja on merkittävä altistumisreitti Legionella ja Mycobacteria- infektioille.	Tutkijat tekivät monipuolisen katsauksen mahdollisista vaihtoehdoista suihkupäiden desinfiointiin UV-C-valon avulla.	UV-C-säteilyä voidaan käyttää estämään altistuminen opportunisteille bakteereille sekä suihkupäistä, mutta myös muista tunnistetuista lähteistä.
Ethington, Tina ym. 2018	Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää vähentääkö UV-C-valolla bakteerien tuhoaminen ilmasta samalla myös infektioiden määrää.	Tutkimus tehtiin 2015 Kaakkois- Yhdysvalloissa teho-osastolla, pitkäaikais-akuuttihoiton sairaalassa, selvittämällä infektioiden määrät 12 kuukauden ajalta ennen ja jälkeen UV-C säteilytyksen. Näytteet ilmasta kerättiin 81 päivää UV-C-säteilytysten jälkeen 16:sta potilashuoneesta. Tutkimuksen aikana ei suoritettu lisäsiivouksia, tehty muutoksia siivousrutiineihin tai lämmitykseen, vaan suoritettiin normaaleita infektiota torjuntaan liittyviä toimenpiteitä. UV-C lamput asennettiin erityisten kammioiden alle säteilemään jatkuvasti 253,7 nm aallonpituudella, sekä erityisillä tuulettimilla ilma ohjattiin UV-C-valo kammioihin desinfiotavaksi, jonka jälkeen se palautui huoneeseen.	UV-C-valo asennuksen jälkeen pesäkkeitä muodostavat bakteeriyksiköt vähenivät selkeästi, yleiset hoitoon liittyvät infektiot vähenivät merkittävästi sekä verenkiertoon liittyvät infektiot ja MRSA-tartunnat vähenivät huomattavasti.
Hamblin, Michael R. & Abrahamse, Heidi 2018	Tutkimuksen tarkoituksena selvittää antibiootiresistenssin vastaisessa taistelussa, voiko valopohjaisia lähestymistapoja käyttää aiheuttamatta resistenssiä ja vahingoa isäntäsoluille.	Tutkimus suoritettiin menestyksekkäiden yliopistojen (muun muassa Harvard, MIT) tutkijoiden toimesta Yhdysvalloissa sekä Etelä-Afrikassa monipuolisena kirjallisuuskatsauksena laadukkaista tutkimuksista.	UV-C-valon tehokkuus useita valoja suurempi bakteerien tuhoamisessa. Tutkijat pohtivat, että ehkäpä turvallisella 207 nm ja 222 nm aallonpituudella toimivat UV-C-valot, voittavat vastahakoisuuden potilaiden kliinisessäkin hoidossa.
Welch, David ym. 2018, (korjattu 2021).	Ilmassa leviävät mikrobisairaudet ovat suuri kansanterveydellinen uhka. UV-C-valoa on käytetty pitkään julkisten tilojen desinfiointiin antimikrobisten ominaisuuksien vuoksi, mutta sen käyttö on ollut rajallista ihmisille	Tutkijat testasivat 222 nm aallonpituudella toimivaa UV-C-valoa influenssa A-viruksen (H1N1) inaktivointiin.	Tutkimus osoitti, että erittäin pienellä annoksella (2mJ/cm ²) toimiva UV-C-valo inaktivoi >95 % ilmassa leviävästä H1N1-viruksesta. Tutkijoiden mukaan, jos tulokset vahvistuvat myös muissa olosuhteissa, niin UV-C-valo on tehokas ja

	<p>haitallisten vaikutusten vuoksi. Tutkijat ovat aikaisemmin osoittaneet, että UV-C-valo aallonpituudella 207 nm – 222 nm on tehokas mikrobien inaktivoinnissa, vahingoittamatta nisäkkäiden ihoa. Tutkijat haluavat osoittaa, että UV-C-valo aallonpituudella 222 nm on tehokas ehkäisemään ilmajäliteisten mikrobisairauksien leviämisen vähentämiseen.</p>		<p>turvallinen menetelmä rajoittaa julkisissa tiloissa ilmajäliteisten mikrobisairauksien ja pandemioiden leviämistä.</p>
<p>Kaiki, Yuki ym. 2021.</p>	<p>Matkapuhelimet toimivat patogeenien, kuten MRSA:n levittäjinä. Tutkijat halusivat selvittää Hiroshiman yliopistollisessa sairaalassa Japanissa, lääkäreiden käytössä sairaalassa olevien matkapuhelimien MRSA: bakteerien ja aerobisten bakteerien kontaminaatiomäärää ja 222 nm toimivan UV-C-valon desinfiointikykyä niihin.</p>	<p>Tutkijat keräsivät 50 lääkärin käytössä olevista matkapuhelimista näytteet, jotka viljeltiin bakteerikantojen selvittämiseksi ja uudet näytteet kerättiin UV-C-valon säteilytyksen jälkeen. 5 puhelinta oli kontaminoitunut MRSA:lla.</p>	<p>Tutkimuksessa osoitettiin, että 222 nm aallonpituudella toimiva UV-C-valo vähensi vaikuttavasti MRSA-bakteeria matkapuhelimista ja aerobisten bakteerien kohdalla tapahtui merkittävää vähentymistä.</p>
<p>Malhotra, Sanchi ym. 2020</p>	<p>Matkapuhelinten tiedetään olevan riski terveydenhuollossa, koska niiden tiedetään kantavan patogeenisiä bakteereita ja viruksia. Tutkijat halusivat selvittää Los Angelesissa, Yhdysvalloissa lasten sairaalassa UV-C-valon tehokkuutta matkapuhelinten desinfiointiin ja pyrkiä vähentämään samalla matkapuhelinten aiheuttamia hoitoon liittyvien infektioiden määrää.</p>	<p>Matkapuhelimista kerättiin näytteet ennen ja jälkeen UV-C-valo desinfiointin, niin työvuoron alussa kuin lopussa.</p>	<p>UV-C-valo vähensi vaikuttavasti patogeenisiä bakteereita matkapuhelimista.</p>
<p>Napolitano, Nathanael A. ym. 2015</p>	<p>Tutkijoita huolestutti hoitoon liittyvien infektioiden määrän kasvaminen ja he halusivat selvittää UV-C-valon käytön merkitystä potilashuoneissa hoitoon liittyviin infektioiden ehkäisyssä Hollywood Community Hospital/Brotman Medical Center Campus 2012-2013.</p>	<p>Tutkimuksessa kerättiin näytteitä potilashuoneista eniten kosketuksissa olevista kohdista (muun muassa sängyn kaiteet, ovenkahvat, kutsupainike, monitorit ja niin edelleen.) UV-C-säteilytystä ja säteilytyksen jälkeen sekä tutkittiin hoitoon liittyvien infektioiden määriä.</p>	<p>UV-C-valon käyttö vähensi sairaalassa selkeästi hoitoon liittyvien infektioiden määrää, mikä voi myös samalla vähentää sairastuvuutta ja kuolleisuutta.</p>

<p>Messina, Gabriele ym. 2015</p>	<p>Tutkimuksen tavoitteena on ehdottaa innovatiivista UV-C-valoratkaisua, laajalti käytössä olevien ja mahdollisten hoitoon liittyvien infektioiden lähteiden, stetoskooppien desinfiointiin. Tutkijat halusivat tutkia UV-C-LED valon vaikutusta stetoskooppien desinfiointiin, sen pienen koon, alhaisen virrankulutuksen, pitkän käyttöiän, ympäristöystävällisyyden ja edullisten kustannusvaikutusten vuoksi. Tutkimus tehtiin Sienan yliopisto laboratorioissa, Italiassa.</p>	<p>UV-LED kannettava prototyyppi tulostettiin 3D-tulostimella stetoskoopin kalvopäähän sopivaksi, pyöreäksi kanneksi, jonka keskellä olevan UV-C-valon huippuaallonpituus oli 260 nm +/- 12 nm. Bakteereita siirrettiin stetoskoopin kalvoilta petrimaljoille ja niitä valaistiin UV-C valolla.</p>	<p>UV-C-valo osoitti bakteerien kohdalla merkittävää vähenemistä. Stetoskoopin renkaan reuna on kriittinen kohta. UV-C-valokaan ei kyennyt, kuten ei muutkaan menetelmät, desinfiomaan renkaan reunan alta ellei rengasta poisteta desinfiointiin ajaksi.</p>
<p>Ponnaiya, Brian ym. 2018</p>	<p>Tutkijoiden mukaan lääkeresistenttien bakteerien, kuten MRSA:n aiheuttamien pinnallisten kirurgisten haavainfektioiden ehkäisy on tällä hetkellä terveydenhuollon suurimpia haasteita. Suurimman osan epäillään johtuvan bakteerien leviämisestä ilmateitse haavaa kirurgisten toimenpiteiden aikana. Tutkijat halusivat selvittää 222 nm aallonpituudella säteilevää UV-C-valoa haavanhoidossa, aiheuttamatta ihovaurioita.</p>	<p>Tutkimus suoritettiin 100:lla kuuden-kahdeksan viikon ikäisellä karvattomalla uroshiirellä. Tutkimukset tehtiin joko nukutuksessa tai puudutuksessa. Hiiren selän ihon tehtiin viilto ja siihen levitettiin MRSA- bakteeria. Osa hiiristä altistettiin voimakkuudelle 40 tai 300mJ/cm² aallonpituudella 222 nm tai 254 nm säteilevästä lampusta. UV-C-valoaltistuksen jälkeen selkään tehtiin viilto ja ommeltiin viilto kiinni välittömästi. Kontrolliryhmänä oli negatiiviset hiiret, joille ei levitetty MRSA:ta sisältävää liuosta ollenkaan, mutta tehtiin kuitenkin viilto + ommeltiin, positiiviset kontrolliryhmät taas altistettiin MRSA infektiolle, mutta ei UV-C-säteilytetty. UV-C-säteilytyksen jälkeen ihovaurioita ja bakteerien määrää seurattiin. 2 tai 7 päivää leikkausten jälkeen hiiret nukutettiin ja iho kerättiin analysoitavaksi, jonka jälkeen hiiret lopetettiin inhimillisesti protokollan mukaisesti.</p>	<p>Pinnallisissa viilloissa, 222 nm UV-C-valo osoitti yhtä tehokkaat bakterisidiset ominaisuudet kuin 254 nm UV-C, mutta ilman siihen liittyviä ihovaurioita.</p>

5.2 UV-C-valo mikrobien inaktivoinnissa

Bakteerikuorman vähentymisen UV-C-valo altistuksen jälkeen osoittavat lukuisat eri tutkimukset. Gostine ym. (2016) ja Shaikh ym. (2016) totesivat bakteerikuormituksen huomattavaa vähentymistä normaalin puhdistuksen lisänä, tietokoneen näppäimistöllä, testatessaan matalan intensiteetin UV-C-valoa, jota voidaan käyttää myös ihmisten läsnä ollessa. UV-C-valo vähensi merkittävästi aerobisten bakteerien kokonaismäärää, sekä toimii erittäin hyvin esim. MRSA:ta vastaan. Vaikka UV-C-valo ei ollut niin tehokas C.Difficilen vähentämisessä, Shaikh ym. (2016) uskovat, että se voisi vähentää myös C. Difficilen määrää todellisissa olosuhteissa, ainakin usean perättäisen syklin jälkeen.

Malhotran ym. (2020) tekemässä tutkimuksessa löydettiin ennen UV-C-säteilytystä, patogeenisiä bakteereita 66 %:sta puhelimista. Ensimmäisen 30 sekunnin jälkeen esim. patogeeninen bakteerikuorma väheni 98,2 %. ($P=0.038$) ja toisen desinfiointin jälkeen >99.99 % ($P=0.037$) eli molemmat tulokset erosivat tilastollisesti melkein merkittävästi vertailuryhmään, ennen UV-C-valon desinfiointia. UV-C-valolaite vähentää matkapuhelimista sekä kokonaisbakteerikuormitusta, että patogeenistä bakteerikuormitusta yli 90–99 %. (Malhotra ym. 2020.) UV-C-valon aallonpituudella 222 nm, voimakkuudella $9\text{mJ}/\text{cm}^2$ ja intensiteetillä $0,1\text{mW}/\text{cm}^2$ 1,5 minuutin ajan ja $15\text{mJ}/\text{cm}^2$ 2,5 minuutin ajan vähensi tehokkaasti MRSA kontaminaatiota, ja $9\text{mJ}/\text{cm}^2$ voimakkuudella säteilytys 1,5minuutin ajan vähensi merkittävästi aerobisten bakteerien- kontaminaatiota matkapuhelimista (Kaiki ym. 2021). UV-C-valolla on potentiaalia estää myös SARS CoV-2 kaltaisten virusten leviäminen fomiittien, kuten matkapuhelinten välityksellä. UV-C-valon on osoitettu olevan tehokas koronaviruksen in-aktivoimisessa ja se vähentää vakavan hengitystieoireyhtymän tarttuvuutta plasmassa. Jos UV-C-valon käyttö olisi standardi, sen positiiviset vaikutukset olisivat kauaskantoisia myös Covid- 19 kaltaisessa pandemiassa. (Malhotra ym. 2020.)

Messinan ym. (2015) tutkimuksessa selvitettiin UV-C-valon tehokkuutta stetoskooppien bakteerimäärään. Tutkimus suoritettiin neljällä eri tavallisella bakteerikannalla: Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa ja Enterococcus faecalis. Stetoskooppien kalvoihin kylvettiin tasaisesti bakteerilajeja, jotka viljeltiin sen jälkeen petriمالjoissa ja niitä vertailtiin UV-C-valon altistumisen jälkeen kontrolliryhmän näytteiden kanssa. Kaikissa tapauksissa UV-C-valon säteilyn jälkeen testit osoittivat tilastollisesti merkittävää vähentymistä ($P<0,01$) ja prosentuaaliset vähennykset olivat kaikki yli 85 %. Bakteereita jäi ainoastaan stetoskoopin kalvon reunoille UV-C-valon 60 sekunnin säteilytyksen jälkeen. Reunat stetoskoopin kalvossa ovat

kriittinen kohta, johon UV-C-valo ei yllä, mutta toistuvat käsittelyt saattaisivat vähentää bakteerimäärää myös tämän reunassa olevan renkaan alla. (Messina ym. 2015.)

Erittäin pienellä annoksella (2mJ/cm²) toimiva UV-C-valo inaktivoi >95 % ilmassa leviävästä H1N1-viruksesta. Tutkijoiden mukaan, jos tulokset vahvistuvat myös muissakin olosuhteissa, niin UV-C-valo voidaan todeta olevan tehokas ja turvallinen menetelmä rajoittaa julkisissa tiloissa myös ilmapölyisten mikrobisairauksien, kuten tuberkuloosin ja pandemioiden leviämistä. (Welch ym. 2018.) Myös Ethington ym. (2018) tutki UV-C-valon vaikutusta ilmassa olevien bakteerien tuhoamiseen, tarkoituksena vähentää hoitoon liittyvien infektiota. UV-C-valon osoitti merkittävää infektioiden ja ilmassa olevien bakteerien vähenemistä potilashuoneissa. Puolestaan biovaarahuoneessa ja käytävällä tapahtui vähenemistä aikaisempaan verrattuna, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkittävää. (Ethington ym. 2018.) Napolitano ym. (2015) tutkimuksessa UV-C-valoa käytettiin kosketuspintojen desinfiointiin ja sitä kautta pyrittiin hoitoon liittyvien infektioiden vähentämiseen. UV-C-valo liittyi hoitoon liittyvien infektioiden vähenemiseen, kolmeen viidestä tunnistetun organismin kohdalla. Kaiken kaikkiaan tämä UV-C interventio korreloi mahdollisen tilastollisesti merkitsevän vähenemisen kanssa *A. Baumannii*, *C. Difficilen* ja *Klebsiella Pneumoniae* aiheuttamissa keuhkokuumeissa, mutta sen sijaan MRSA:n ja VRE:n kohdalla tilastollista merkittävää vähenemistä ei tapahtunut. Napolitanon ym. tutkimusmalli vähensi hoitoon liittyvien infektioiden esiintyvyyttä 34, 2 % potilaspäivissä ja niiden kokonaismäärä sekä ilmaantuvuus väheni 28,8 % UV-C:n käytön jälkeen. (Napolitano ym. 2015.) Vaikka kaikki hoitoon liittyvien infektioiden vähentymiset UV-C-valon avulla eivät saavuttaneet merkittävää tasoa näissä kahdessa tutkimuksessa, trendi bakteerikuormituksen vähentymiseen on kuitenkin selkeä.

Leikkaussalien UV-C-säteilytys vähentää leikkauskohdan infektiota ortopedisten kirurgisten toimenpiteiden aikana (Hamblin ym. 2018). UV-C-valon käyttöä haavojen desinfioimista ja haavan paranemista koskevissa tutkimuksissa suurimmassa osassa on selkeät löydökset mikrobitaakan vähenemisestä ja haavan paremmasta paranemisesta siitäkin huolimatta, että tarkka mekanismi niissä UV-C-valon kohdalla on epäselvää (Yin ym. 2020). Vaikka UV-C laitteet ovat kliinisesti hyväksytyjä haavan hoidossa, niiden haitallisten ja karsinogeenisten vaikutusten vuoksi, niitä ei juurikaan ole vielä käytetty haavanhoidossa (Hamblin ym. 2018). UV-C-valoa tullaan kuitenkin todennäköisesti käyttämään tulevaisuudessakin potilaan hoidossa vain pinnallisiin infektioiden, juuri sen haittavaikutusten vuoksi (Yin ym. 2013). Ns. turvallisella aallonpituudella 207 nm tai 222 nm toimivat UV-C-valot saattavat kuitenkin voittaa tulevaisuudessa tämän vastahakoisuuden (Hamblin 2018).

Myös hiiritutkimuksen antavat tukea mahdollisesti potilaiden kliiniseen hoitoon UV-C-valon avulla tulevaisuudessa. Ponnaiya ym. (2015) kertovat, että molemmilla aallonpituuksilla, sekä 222 nm että 254 nm säteilyttämällä, johtivat tilastollisesti merkittävään MRSA bakteerimäärien laskuun hiirillä (Ponnaiya ym.2015). Hiirillä selkään tehtyjen MRSA infektoituneiden haavojen bakteerimäärä on UV-C-valo aallonpituudella 254 nm säteilytyksen jälkeen vähemmän, kuin mitä UV-C-valolla aallonpituudella 222 nm säteilytettäessä. Joidenkin päivien (5–12) UV-C-säteilytyksen jälkeen myös 222 nm aallonpituudella säteilytettyjen haavojen bakteerimäärä oli vähentynyt ja oli saman verran tai vähemmän kuin 254 nm aallonpituudella säteilytettyihin. (Hamblin ym. 2018.) Hamblin ym. (2018) referoi Dain ym. (2011; 2012) tehtyjä tutkimuksia hiirillä, jossa UV-C-valon potentiaalia erittäin vaikeissa *P.aeruginosa* ja *S. Aureuksen* aiheuttamissa pinnallisissa ihoaavojen hoitamisessa tutkittiin. UV-C-valo voimakkuudella 2,59J/cm² vähensi merkittävästi bakteeritaakkaa verrattuna hoitamattomiin haavoihin. Toisessa tutkimuksessa Dai ym. (2011) käyttivät UV-C-valoa aallonpituudella 254 nm, bioluminoivan *C.albicans*-infektion hoitoon hiirellä kolmannen asteen palovammassa. Havaittiin, että UV-C-valo toimi huomattavasti paremmin kuin paikallinen sienilääkkeenä käytetty nystatiinivoide. (Hamblin ym. 2018.) Sienien ja bakteerien soluseinien erilainen rakenne, vaatii sienien tuhoamiseen UV-C:ltä huomattavasti suurempia säteilyannoksia, jotta se olisi tehokas. Tulee muistaa, että UV-C laitteissa on eroja ja aiheuttavat siksi erilaisia lopputuloksia. Edellä mainittujen lisäksi tutkimusraportit ovat osoittaneet, että UV-C-säteilytys in vivo pystyy desinfioimaan myös katetrit, tuhoamalla niihin kehittyneet biofilmit. (Yin ym. 2013.)

Turvallisuus on ydinasioita UV-C-valon käytössä. Erittäin aktiivinen UV-C-valo pystyy tuhoamaan ja in-aktivoimaan kaiken tyyppisiä patogeenejä (Hamblin ym 2018). Siksi UV-C-valon käytössä yksi tärkeimpiä kysymyksiä on, että voidaanko UV-C-valoa käyttää turvallisesti aiheuttamatta peruuttamatonta ja vakavaa vahinkoa myös ihmisen DNA:lle ja isäntäsoluille? On osoitettu, että toistuva ja pitkäaikainen UV-C-säteily on vaarallista myös isäntäsolujen DNA:lle sekä karsinogeenistä. (Yin ym. 2013.) Ihmissolujen altistuminen toistuvasti tai pitkään UV-C-valon aallonpituudelle 254 nm, aiheuttaa mutageenisten ja sytotoksisten DNA-leesioiden muodostumiseen ja sitä kautta esim. ihosyövän alkamiseen (Hamblin 2018). Lisäksi on havaittu erilaisia haitallisia vaikutuksia munasarjasoluihin, verihutaleisiin, keratiinosyytteihin, glukoosin kulutuksen lisääntymiseen, laktaatin kertymiseen ja pH:n heikentymiseen altistuksen aikana, mutta myös tutkimuksiin, jossa ihon korjaantuvan 24 tunnin kuluessa pienistä vahingoista. (Yin ym. 2013). DNA voi korjata näitä vahinkoja DNA-korjausentsyymillä osittain tai kokonaan, mutta parasta olisi,

jos nämä vahingot voitaisiin kokonaan välttää. Ehjä iho hoidettavan infektiolueen ympäriltä tulee suojata joka tapauksessa UV-C-valon epäspesifisten vaurioiden minimoimiseksi. Aallonpituudella 222 nm säteilevää UV-C-valoa tulisi testata ihon, mutta myös silmien käyttöön, onko se riittävän turvallista. Tällä hetkellä silmän alueen infektiioihin ei ole suositeltavaa käyttää 254 nm UV-C-valoa sen silmille haitallisten vaikutusten vuoksi. (Yin ym 2013; Hamblin ym. 2018.)

Kun UV-C-valon aallonpituutta lasketaan 254 nm:stä 222 nm:iin, proteiinien absorptiokerroin nousee jyrkästi, kun taas nukleiinihappojen absorptiokerroin pysyy suurin piirtein samana (Hamblin ym. 2018). UV-C-valo aallonpituudella 207-222 nm pystyy inaktivoimaan bakteerit tehokkaasti (>99,9 %) ja lisäksi sillä on huomattavasti vähemmän sytotoksisia ja perimää vaurioittavia vaikutuksia, kuin samalla tehoteheydellä annetulla 254 nm aallonpituudella (Yin ym. 2013; Hambling ym. 2018). Tämä johtuu siitä, että absorptiomuutoksen seurauksena 222 nm fotonit voi vahingoittaa DNA:ta, kuten 254 nm fotonit, mutta se ei pysty tunkeutumaan eukaryoottisolun sytoplasmaa eli solulimaa muodostavan proteiinin läpi (Yin ym. 2013). Eukaryoottisolut ovat suurempia kuin prokaryoottisolut ja näin ollen niissä on myös enemmän proteiinia. Eukaryoottisoluissa DNA on tumen ja tumakotelon sisällä, kun taas prokaryoottisolussa DNA on solulimassa. (Hambling ym. 2018.) Erittäin lyhyt aallonpituus ei pääse siis ihon uloimman kerroksen läpi eivätkä silmään, joten sopivilla säteilyannoksilla sekä altistusajalla ei UV-C-valo näyttäisi aiheuttavan merkittäviä vaurioita isäntäsoluille tai -kudoksille (Yin ym. 2013; Welch, ym. 2018).

Näitä johtopäätöksiä ja tutkimusten tuloksia tukee, myös hiirillä tehty haavatutkimus, jossa hiirien selkään tehtyihin haavoihin levitettiin MRSA:aa ja sen jälkeen säteilytettiin UV-C-valolla. 222 nm UV-C-valo näytti olevan yhtä tehokas kuin 254 nm UV-C-valo, mutta 222 nm UV-C altituksen jälkeen huolimatta matalasta (40mJ/cm^2) tai korkeasta (300mJ/cm^2) säteilyn voimakkuudesta, ei aiheuttanut tilastollisesti merkittävää epidermaalista kasvua verrattuna kontrollinäytteeseen. Sen sijaan 254 nm aallonpituudella (suurella voimakkuudella 300mJ/cm^2) säteilevä UV-C aiheutti tilastollisesti merkittävää kasvua epidermissä verrattuna kontrollinäytteisiin ja näin ollen aiheutti esiasteita pahanlaatuisista DNA-vaurioista ihoon, jotka säilyivät jopa 7 päivää. Aallonpituudella 222 nm leikkaushaavoja säteilyttämällä ei aiheutunut ihovaurioita seitsemän ensimmäisen päivän aikana. (Ponnaiya ym. 2015.)

UV-C-säteilylle altistuminen on luonnollisesti huolenaihe, koska laitetta käytetään samassa tilassa ihmisten kanssa. Turvallisuutta voidaan lisätä esimerkiksi automaattisesti toimivalla UV-C-valolla. Shaikh ym. (2016) ja Gostine ym. (2016) testasivat tutkimuksessaan samaa (The UV Angel)

matalan intensiteetin kannettavaa UV-C laitetta. Näppäimistön yläpuolelle sijoitettava lamppu on tarkoitettu näppäimistöjen, kosketusnäyttöjen ja pienten lääkinnällisten laitteiden automaattiseen de-kontaminaatioon. Laite toimii täysin automaattisesti ja laitteen anturat havaitsevat käytön sekä liikkeen näppäimistön alueella, jolloin etukäteen asennettu säteilytyssykli keskeytyy. Syklin pituus tuli olla riittävä bakteerien eliminointiin, mutta kuitenkin rajautua siihen kohtaan, kun jatkuva altistuminen ei tuottanut lisäarvoa. Laite on ohjelmoitu aloittamaan de-kontaminaatiosykli 60 sekuntia viimeisen havaitun näppäimistön käytön jälkeen. Ihmisten on sallittu olla samassa tilassa lamppua käytettäessä. UV-C Ilmaisiniuskoja ja radiometristä anturia käyttämällä ei löytynyt todisteita sallitun alueen eli näppäimistön ulkopuolelle tunkeutuvasta tahattomastakaan säteilystä. (Shaikh, ym. 2016; Gostine ym. 2016.)

Resistenssin kehittymisestä UV-C-valolle on bakteerien ja sienien kohdalla ristiriitaisia tuloksia, erilaisten altistusannoksen väleillä. Tutkijat raportoivat viljelmissä eri asteisten vastustuskyvyn kehittymistä in-aktiivoinnin ja uudelleenkasvun jälkeen. Toistuvat altistukset saattavat bakteerien ja sienien alkaa kehittämään geeneissä mutaatioita missä DNA- korjaa itseään ja replikaatiota. Luultavasti geeneissä valikoituu edullisia mutaatioita, jotka liittyvät DNA:n korjaamiseen ja replikaatioon. (Yin ym. 2013.) Haavoissa on haavaeritettä, proteiinipitoista nestettä. Se sisältää monenlaisia soluja ja proteiineja, joten on mahdollista, että proteiinit absorboivat UV-C-valoa ja suojaavat siten bakteereita, jotka eivät ole tuhoutuneet UV-C säteilytyksen aikana. Tämän jälkeen bakteerit, jotka eivät kuole, voivat alkaa valitettavasti uudestaan kasvamaan ja lisääntymään haavassa. (Hamblin ym. 2018.)

Tutkimuksista nousi esille myös **jatkoehdotuksia** kirjallisuuskatsausta tehdessäni, miten infektioita tulisi terveydenhuollossa ehkäistä ja miten UV-C-valo voisi toimia siinä apuna. Hoitoon liittyvien infektioiden ei pelkästään pitäisi olla hoitohenkilökunnan vastuulla vaan myös itse terveydenhuollon yksiköiden ja johdon vastuulla. Potilailla on oikeus ryhtyä valitustoimiin ja tarvittaessa korvauksiin, jotka ovat aiheutuneet esim. laiminlyönneistä tai huonosta aseptiikasta. Nykypäivänä rutiininomaiset aseptiikkakäytännöt, kuten kirurgisten instrumenttien desinfiointi, käsineiden ja suojaimien käyttö toimenpiteiden aikana, ihon desinfiointi ennen injektioita, eivät vakiintuneet ennen kuin vuosien työn jälkeen. (Messina ym. 2015.) Aseptiikkakäytännöt tulisi koskea ja ulottaa myös matkapuhelinten, tietokoneiden ja stetoskooppien desinfiointia rutiinitoimenpiteenä.

Kaiki ym. (2021) UV-C desinfiointitutkimukseen osallistuneista 89,7 % vastaajista oli sitä mieltä, että hoitohenkilökunnan tulisi ryhtyä desinfioimaan puhelimensa työvuoronsa aikana. Niin Kaikin

kuin Malhotran ym. (2020) tutkimukseen osallistuneista 100 % oli sitä mieltä, että matkapuhelinten desinfiointiin tarkoitettu UV-C-valo on helppo ja nopeakäyttöisyydessään hyödyllinen sairaalalle ja kannattivat sen käyttöönottamista. Matkapuhelinten desinfiointimisen päivittäisenä toimenpiteenä lisäksi, tulisi sekä kädet pestä ennen ja jälkeen puhelimen käsittelyn. (Malhotra ym. 2020.) Sama tulisi koskea myös esim. stetoskooppien puhdistusta. Jokainen terveydenhuollon ammattilainen voisi kantaa stetoskooppeja desinfioivaa UV-C-LED valoa mukanaan ja kytkeä se helposti sekä tiiviisti stetoskooppiin, potilaiden välillä. Antureiden tunnistuessa stetoskoopin, laite lähtisi sitten käyntiin ja näin ollen lisäksi säteilyturvallisuuksi. Kaulalla roikkuvien stetoskooppien desinfiointimisen tehokkaasti UV-C-LED- valolla voisi olla yksi mahdollisista riskienhallintakeinoista hoitoon liittyviä infektioita vastaan. (Messina ym. 2015.)

UV-C-valon kehittäminen suihkupäihin hoitokodeissa ja sairaaloissa, voi tarjota kustannustehokkaan ratkaisun yhteiskunnalle, ottaen huomioon sen, että Legionella ja Mycobakteerien aiheuttamat infektiot liittyvät yleisesti terveydenhuollossa suihkuihin. UV-LED laitteet, jossa yhdistyisi niin virtaavan suihkuveden UV-desinfiointi, kuin biokalvon kasvun minimointi ja in-aktivointi, ehkäisisivät tehokkaimmin opportunistisia bakteeripatoogeneja. Tähän tarvitaan vielä yhdisteiden altistumisreittien tarkempaa tunnistamista sekä suihkupäälaitteiden suunnittelua. Lisäksi tarvitaan menetelmiä tehokkaimman, mutta määrältään vähimmäisintensiteetin selvittämistä, millä biokalvoja voitaisiin ehkäistä. Biokalvon kasvun estäminen ja eliminointi UV-C-valon avulla on toinen vaihtoehto opportunististen bakteeripatoogeenien leviämiseen. (Cates ym. 2020.)

Suihkupäähän UV-C-valon kehittäminen tuottaa haasteita, koska eri materiaalit ovat suotuisampia biokalvon kasvulle kuin toiset, sekä suoraan näköyhteydellä tapahtuvalla säteilyllä ei voida kohdistaa niitä suihkupään pintoihin. On olemassa kaksi vaihtoehtoista esitystä suihkupäähän kehitettävistä UV-C-valoista. Toisessa UV-C desinfiointireaktorit in-aktivoivat mikrobit virtaavasta vesijohtovedestä ja toisessa taas jatkuvalla tai määräaikaikaisilla sykleillä käytetään matalan intensiteetin UV-C-valoa, jolla estetään biokalvon muodostuminen suihkupäähän. Innovatiiviset UV-C-LED järjestelmät tulevat kuitenkin todennäköisesti käyttämään näiden kahden menetelmän välimuotoa. Sillä voidaan samalla hoitaa myös pesualtaita, joita käytetään kirurgisten työkalujen desinfiointiin. (Cates ym. 2020.)

UV-C-valo aallonpituudella 207–222 nm teho desinfiointissa on yhtä hyvä kuin 254 nm UV-C-valolla, mutta turvallisempi. Kaiki ym. (2021) ja Hambling ym. (2018) toteavat, että lisätutkimuksia

tarvitaan, jotta voitaisiin varmistua aallonpituuden kuitenkin 207 nm tai 222 nm turvallisuudesta käytännössä kliinisessä potilaan hoidossa ja ihmisten ollessa läsnä. Ponnaiya ym. (2015) ehdottavat UV-C-valoa aallonpituudella (207–222 nm) ottamista vakiotoimenpiteeksi infektioita aiheuttavien partikkelien leviämisen estämiseksi kliinisessä ympäristössä. Ethington ym. mainitsevat, ettei heidän tutkimuksensa väitä, että UV-C-valo olisi yksin ja suoraan vastuussa infektioiden vähenemisestä, mutta ilmassa leviävien bakteerien määrän väheneminen oli UV-C-valo altistuksen jälkeen selkeä. Gostine ym. (2016) toteavat, että vaikka UV-C on itsessään tehokas puhdistaja, he eivät suosittele kuitenkaan manuaalisesta puhdistuksesta luopumista.

6 POHDINTA

Kirjallisuuskatsausta tehdessä havaitsin, että Suomessa UV-C-valon käyttöä infektioiden ehkäisemisessä ei juuri ole tutkittu, vaikka itse infektiota on tutkittu sen sijaan paljon. Aineistoa hankkiessa nousi merkittävästi esille, että aihetta tutkitaan kansainvälisesti infektioiden ehkäisyssä koko ajan enemmän, eli kiinnostusta ja tutkimuksia viime vuosilta löytyi enemmän, kuin rajaukseni alkupäästä vuodelta 2005. Pyrin koko tutkimuksen ajan tarkastelemaan aihepiiriä kriittisesti, yrittäen etsiä materiaaleista samankaltaisuuksia ja epäjohtonmukaisuuksia, jolla saisin mahdollisimman totuudenmukaisen ja laajan näkemyksen millaista vaikuttavuutta UV-C-valolla on infektioiden ehkäisyssä ja minkälaista vaikutusta UV-C valolla on terveydenhuollossa.

Jokaisessa tutkimuksessa UV-C vähensi selkeästi bakteerien määrää ja osittain jopa merkittävästi moniresistenttejä bakteereitakin. Kaikkiin bakteereihin ei UV-C saavuttanut samanlaista vaikutusta, mutta myös merkitystä näytti olevan sillä, millaista UV-C-valoa säteilytyksessä käytettiin, minkälaisella teholla säteilytettiin, mikä säteilytyksen objekti oli sekä kuinka pitkä säteilytyksen vaikutusaika oli. UV-C-valon eduksi nousi myös se, että bakteerit eivät kehitä UV-C-valolle yhtä helposti resistenttiyttä, kuin esim. antibiooteille. Aina vaarana kuitenkin on, että yksittäisiä bakteereita jää tuhoutumatta UV-C-valon väliiltä ja ne alkavat kasvamaan uudelleen. Antibiooteihin verrattuna UV-C-valo on myös kustannustehokas vaihtoehto infektioiden torjunnassa. Myös SARS-CoV-19 kaltaisten virusten aiheuttamien pandemioiden vastaiseen taisteluun UV-C-valolla on erityistä merkitystä.

Tulosten perusteella voin katsoa, että UV-C-valolaitteen käyttöön liittyy kuitenkin paljon huomioonotettavia asioita muun muassa turvallisuuteen liittyen. UV-C-valoon liittyvät tutkimukset kertoivat kaikki rehellisesti sen sytotoksista ja perimää vaurioittavista vaikutuksista. Tämä tietysti on huolestuttavaa. Tekniikka kehittyy koko ajan ja aallonpituudella 207 nm-222 nm säteilevät lamput tuottivat hyviä ja tehokkaita tuloksia bakteerien määrien vähenemisestä sekä siitä, että näyttäisi, ettei tällä aallonpituuden välillä pääsisi tunkeutumaan kudoksiin yhtä helposti kuin aallonpituudella >250 nm säteilevä UV-C-valo.

UV-C-valon käytöllä voidaan vähentää tehokkaasti hoitoon liittyvien infektioiden ja niiden aiheuttamien liitännäisongelmia sekä komplikaatioita, mihin pelkästään nykyisillä käytössä olevilla menetelmillä, kuten mekaanisella kemiallisella puhdistuksella, ei tällä hetkellä pystytä. Kemiallisen

puhdistuksen etuna UV-C-valoon on se, että se pääsee paikkoihin mihin UV-C-valo ei välttämättä yllä ja puolestaan UV-C-valon ehdottomia etuja on sen systemaattinen, nopea ja ekologinen vaikutus resistentteihin ja patogeenisiin mikro-organismeihin. Uusiutumattomien luonnonvarojenkin vuoksi tehokas UV-C-valo tarjoaisi arvoa infektioiden vastaisessa taistelussa. Esimerkiksi matkapuhelinten puhdistus desinfiointiliinoilla voivat vahingoittaa niiden elektronista näyttöä ja niiden käyttö on myös epä johdonmukaista (Malhotra ym. 2020). Havaitsin, että tutkimukset yhteiskäytöstä kemiallisen puhdistuksen kanssa käsittelevät yleensä sitä, että ensin suoritetaan manuaalinen puhdistus ja vasta sen jälkeen UV-C-valolla puhdistaminen. Pohdin, voisiko tätä toteuttaa myös toisinpäin ja saataisiinko silloin vielä parempia lopputuloksia.

Samalla, kuin infektiota ja infektioiden liittyviä komplikaatioita ehkäistään, vähennetään myös uusintaleikkauksia, jotka johtuvat moniresistenteistä bakteereista sekä ehkäistään / lyhennetään sairaalassa oloaikoja ja näin ollen vapautetaan suljettuja potilaspaiikkoja ja tehohoitopaikkojen määriä. Tämä luonnollisesti keventää myös hoitohenkilökunnan työkuormaa, lisää potilasturvallisuutta ja pienennetään ylimääräisiin hoitoon liittyvien infektioiden aiheuttamia kustannuksia. Kaikki tämä osoittaa, että UV-C-valolla on suuri merkitys globaalisti terveyden edistämässä niin yksilötasolla, yhteisö- kuin yhteiskunnallisestikin. Mielestäni UV-C valon käyttöä tulisi lisätä myös Suomessa sairaaloissa, hoitoon liittyvissä infektioiden ehkäisyssä erityisesti leikkaussalien sekä eristys- ja tehohoituhuoneiden ilman ja pintojen puhdistuksessa, mutta myös matkapuhelinten, stetoskooppien, tietokoneiden ja potilaan hoidossa käytettävien laitteiden desinfiomisessa rutiininomaisesti. UV-C-valon tehokkuus desinfiointissa on laajasti todistettu, mutta sen ennaltaehkäisykykyyn sairaaloissa ja pitkäaikaisiin hyötyihin, sekä tutkimuksia varsinaiseen UV-C-valon käyttöön kliinisessä potilaan hoidossa tarvitaan kuitenkin vielä lisää, jotta voidaan varmistua sen turvallisuudesta. Uskon, että UV-C-valolla on potentiaalia nykyisten puhdistusmenetelmien rinnalle ja ennen kaikkea niihin tilanteisiin, jossa manuaalinen puhdistus ei ole riittävä.

6.1 Opinnäytetyön eettisyyden tarkastelu

Hyvä tutkimus on huolella sekä laadukkaasti tehty ja kun tutkimusta ohjaa eettinen sitoutuneisuus, niin eettisyys ja luotettavuus kietoutuvat vahvasti toisiinsa (Tuomi & Sarajärvi 2009, 111, 132., Kylmä & Juvakka 2007, 134). Tuomi ja Sarajärvi (2002, 132) toteavat, että tutkijan eettiset kannat vaikuttavat tutkijan tieteellisessä työssään tekemiin ratkaisuihin. Olen sitoutunut noudattamaan

TENK eli tutkimuseettisen neuvottelukunnan tieteelliselle tutkimukselle asetettuja hyviä tutkimuseettisiä kriteereitä sekä pyrin läpinäkyvyyteen, huolellisuuteen, rehellisyyteen ja puolueettomuuteen koko opinnäytetyöprosessini ajan. Lisäksi noudatan Oulun ammattikorkeakoulun sekä ARENE RY:n eli ammattikorkeakoulujen rehtorineuvoston laatimia eettisiä ohjeita tieteellisille tutkimuksille. Nämä eettiset kriteerit ohjaavat kaikkia opinnäytetyön ja kirjallisuuskatsaukseni vaiheita, joihin kuuluu ideointi ja aiheen valinta, suunnitelma, aineistojen haku ja tiedon kerääminen, analysointi, raportointi ja julkaiseminen. Kyseessä ei ole suoraan, vaan välillisesti ihmiseen kohdistuva kirjallisuuskatsaus, jolloin käytän valmiita ja avoimia dokumentteja katsauksen muodostamiseksi. (TENK 2012, ARENE RY 2019, OAMK 2020.)

Tutkimuksen aikana olen kohdannut ja tulen opiskelijana kohtaamaan monia eettisiä kysymyksiä sekä valinta- ja päätöksentekotilanteita. Terveystieteellisten tutkimustiedon hyödyntämisessä korostuu vaikuttavan tiedon keräämiseen ja soveltamiseen liittyvät eettiset kysymykset. Tiedon syntyyn vaikuttavat eri tekijät ja painotukset, kuten tutkijan omat arvovalinnatkin. (Paasivaara 2013.) Pyrin eettisesti oikeisiin valintoihin ja välttämään virheitä, jotta opinnäytetyöni uskottavuus säilyy. Aiheen valinta on merkittävä eettisyyden kannalta. Tutkimukselle on löydyttävä perustelut ja sen on rakennettava kyseisen alan tietoperustaa. (Kylmä ym. 2007, 144.) UV-C valolla on merkittäviä terveystieteellisiä ja yhteiskunnallisia vaikutuksia ihmisten hyvinvointiin. Pohdin ja perustelin menetelmän vaikutuksia ja vaikuttavuutta kirjallisuuskatsauksen toteutusvaiheessa IOOI-vaikutusketjun avulla.

6.2 Opinnäytetyön luotettavuus

Aiheen valinnassa tulee ottaa huomioon, saavutetaanko haluttu tieto kyseisellä tutkimusmenetelmällä (Kylmä ym. 2007, 143). Kun valitaan tietty tutkimuksellinen menetelmä, on selvää että tutkimus on erilainen, kuin toisella strategialla tuotettu (Hirsjärvi, Remes & Sajajärvi 2013 123). Suomessa UV-C-valon hyödyistä terveydenhuollossa ei ole tehty vielä varsinaisia tutkimuksia, joten kirjallisuuskatsaus englanninkielisistä lähteistä tietoperustan rakentamiseksi suomen kielellä sopi mielestäni aiheen valintaan hyvin ja luotettavasti. Koska suoritan opinnäytetyöni kirjallisuuskatsauksena, tutkimuksessani ei ole ollut osallisena suoraan tutkittavia henkilöitä eikä tiedonantajia. Tein opinnäytetyöni yksin eikä minulla ole yhteistyökumppania. Minua ei siten kosketa esim. toimeksiantajaa, tutkimuslupia tai haastateltavia henkilöitä koskevat lainsäädännöt ja eettiset periaatteet.

Tutkijan tulisi tuoda esille myös oma kiinnostus ja yhteys aiheeseen, sekä kenen ehdoilla tutkimukseen ryhdytään (Tuomi ym. 2002, 110). Alun perin kuulin UV-C-valosta puolisoiltani Miikka Ojalta, joka työskentelee valaisinvalmistaja Signifylla (entinen Philips Lighting). Hän ei itse työskentele varsinaisesti UV-C-valoihin liittyvissä toiminnoissa, joten tutkimukseni on puolueettomasta näkökulmasta tehty. Tämän lisäksi Johtamisella tehokkuutta ja vaikuttavuutta -kurssilla syksyllä 2020 valitsimme ehdottamani aiheen UV-C valon vaikuttavuudesta ryhmätyömme aiheeksi. Sain tästä ryhmässä tehdystä työstä hyötyä opinnäytetyöni aloittamiseen ja ideoimiseen, kun aihetta tarkasteltiin ryhmän sisällä monesta eri näkökulmasta. Ryhmän jäsenet olivat lisäksi: Jenni Greus, Jaana Kivelä, Mervi Väisänen ja Juha Ylilehto. Kiinnostukseni UV-C-valon potentiaalin hyödyntämiseen Suomessa laajemmassa mittakaavassa kiinnostaa minua erityisesti, koska nykyisillä menetelmillä ei pystytä riittävästi vastaamaan mikrobien aiheuttamiin haasteisiin. Koen olevani erittäin sitoutunut aiheen tutkimukseen.

Opiskelijan tulee pohtia myös jo alkuvaiheessa tutkimuksensa vaikutuksia, jotka voivat ulottua pitkälle tulevaisuuteen (Kylmä ym. 2007, 143). Erityisesti resurssien käyttöä koskeissa priorisointikeskusteluissa täytyy muistaa, että tietoa tulkittaessa ja sovellettaessa käytäntöön, se ei ole kuitenkaan välttämättä objektiivista ja vaikuttavan tutkimustiedon käsite jää tällöin tyhjäksi. (Paasivaara 2013.) Hypoteesini oli aikaisempien tutkimusten perusteella, että UV-C-valolla on paljon terveyttä edistäviä vaikutuksia, mutta myös ihmisille haitallisia vaikutuksia. Olen pyrkinyt huomioimaan myös nämä negatiiviset vaikutukset tutkimuksessani ja pyrin tarkastelemaan aihetta objektiivisesta näkökulmasta. Mielestäni hypoteesini on sama, kuin käsitykseni UV-C-valon hyödyistä ja haitoista myös tutkimuksen jälkeen.

Olen pyrkinyt ottamaan huomioon ja yrittänyt selvittää mitkä seikat uhkaavat tutkimukseni luotettavuutta ja eettisyyttä. Kirjallisuuskatsauksen aiemmin tekemälläni tarkalla suunnitelmalla ja kuvauksella menetelmistä, miten opinnäytetyöni aion suorittaa, lisään kirjallisuuskatsaukseni luotettavuutta ja eettisyyttä.

Katsauksen tutkimuskysymykset tulisi määritellä riittävän huolellisesti, jotta niistä saatavilla vastauksilla vastattaisiin suoraan ja luotettavasti terveydenhuollon ammattilaisten tai terveystieteiden päätöksiä tekevien henkilöiden kysymyksiin. (Malmivaara 2008: 273, 276.) Aihetta rajatessa ja tutkimuskysymyksen /- tai kysymysten muotoilussa käytetään PICO-menetelmää tai muita kirjallisuushauissa yleisesti käytettäviä menetelmiä, riippuen katsauksen tyypistä (HOTUS

2020). Tavoitteenani on tuottaa luotettavaa ja kriittistä tietoa, tieteellisiä menetelmiä käyttäen, hyvin toteutetun katsauksen avulla. Tästä syystä, vaikka PICO-menetelmä liitetään usein systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen, käytin PICO-menetelmää oman integratiivisen katsauksen yhteydessä. Se auttoi minua kirkastamaan tutkimuskysymykset, auttoi muuttamaan kysymykset asiasanoiksi, helpottamaan näin hakustrategiaani ja lisäksi menetelmän käyttäminen lisää tutkimukseni luotettavuutta. (JAMK 2020.) Lisäksi PICO asiasanoja täydensin MESH-termeillä (Medical subject headings) haun tukena (NCBI 2020). Hakusanat rajasin tarkasti kohdistumaan UV-C valon terveydenhuoltoon kuvaavaan vaikutukseen ja vaikuttavuuteen.

Teen opinnäytetyöni yksin, mutta käytin kuitenkin kirjallisuuskatsauksen aikana hyödyksi OAMK informaation apua aineistonkeruussa. Tutkimusten valinta jäi silti suurimmaksi osaksi minun yksin tehtäväkseni. Käytin eri tieteenalan tietokantoja ja niin, että en rajannut esimerkiksi lähteitäni tiettyihin tutkimustyyppeihin. Asettelin tarkasti tutkimusten sisäänotto- ja poissulkevat kriteerit. Vähennän valikoitumisharhailmiötä eli katsauksen kannalta otsikoiden perusteella tärkeän tutkimuksen poisjättämistä, tutustumalla otsikoiden lisäksi abstrakteihin ja koko teksteihin. Valitsin alkuperäistutkimuksesta kattavimman, jos tarjolla oli samasta tutkimuksesta useampi julkaisu, tällä vähensin dublaattiharhaa. (Lampinen ym. 2013, 83.) En rajannut alkuperäistutkimuksille maata, joka lisää lähdemateriaalien monipuolisuutta. Vaikka kartoittavaan katsauksen rajoituksena on tutkimusaineistojen laadunarvioinnin puuttuminen, käytin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mukaisesti kullekin tutkimukselle parhaiten soveltuvaa JBI laadunarviointikriteereitä. Laadunarvioinnilla pyrin minimoimaan harhat, jotta päästään mahdollisimman todenmukaisiin tutkimustuloksiin. (Malmivaara 2008, 274.) Analysoin aineiston huolellisesti käyttäen sisällönanalyysimenetelmää. Nämä kaikki edellä mainitut tekijät tässä kappaleessa lisäävät kirjallisuuskatsaukseni suunnitelmallisuutta ja luotettavuutta. Tutkimuksen luotettavuutta pyrin lisäämään myös alkuperäistutkimusten korkealla laadulla, käyttämällä vain vertaisarvioituja ja toistettavissa olevia tutkimuksia, jotka ovat julkaistu tieteen korkeatasoisissa julkaisupaikoissa.

Käytin vain englanninkielisiä tutkimuksia kirjallisuuskatsauksen pohjana, koska kriteerit täyttäviä tutkimuksia suomen kielellä ei löytynyt. Kielenrajauksella ja kielen kääntämisessä mahdollisesti tapahtuvien virheiden mahdollisuus vähentää tutkimukseni luotettavuutta (Lampinen ym. 2013). Julkaisemattomien lähteiden eli harmaalla kirjallisuudella tai painettujen julkaisuiden käyttämättä jättämisellä voi olla vaikutusta hakutuloksiin, joka voi myös vähentää opinnäytetyöni luotettavuutta (Lampinen ym. 2013, 83; Hirsjärvi ym. 2013, 188).

Etenen tutkimustyössäni kunnioittaen alkuperäisten tutkimusten tutkijoiden ääntä. Merkitsen lähteet asianmukaisesti ja annan kunnian työstä, alkuperäisen lähteen kirjoittajalle. Opinnäytetyöni ohjaajat tarkistavat tutkimukseni. Raportoin luotettavuuden osoittamiseksi koko opinnäytetyöprosessin mahdollisimman tarkoin ja selkeästi, jotta lukijalle jää arviointimahdollisuus valinnoistani. Vastaan tutkimuksentekijänä opinnäytetyöni tulosten raportoinnin oikeellisuudesta. Kriittisiksi kohdiksi opinnäytetyössäni muodostuvat, kirjallisuuskatsausta varten suoritettu elektronisen haun asianmukaisuus, alkuperäisten tutkimusten valinta ja analyysiprosessin toteutus sekä kielen kääntäminen. (Lampinen ym. 2013, 83.)

6.3 Opinnäytetyön hyödynnettävyys

Tekemäni kirjallisuuskatsauksen tutkimustuloksia voidaan hyödyntää ja ne ovat siirrettävissä laaja-alaisesti infektioiden ehkäisyyn ja torjuntaan terveydenhuollossa. Tuloksia voidaan hyödyntää kasvavaa antibioottiresistenssiongelmaa ja hoitoon liittyviä infektioita vastaan terveydenhuollon yksiköissä. Kyseessä ollessa kuitenkin tietyllä aallonpituudella ja säteilyannoksilla ihmisille sytotoksinen ja karsinogeeninen laite, tulee käyttöön ottaessa ottaa huomioon hyvin tarkasti valmistajan ohjeistukset kyseisestä UV-C-valosta sekä kouluttaa henkilökunta etukäteen oikeanmukaista ja turvallista käyttöä varten.

Jatkotutkimukseen ehdotan seuraavia asioita:

Kuinka paljon UV-C-valo vähentää hoitoon liittyviä infektioita infektio-osastolla Suomessa?

Kvalitatiivista tutkimuskyselyä, miten Suomessa terveydenhuollon henkilöstö tuntee UV-C-valon infektioiden ehkäisyssä ja millaista mielipidettä UV-C-valon käyttöönottaminen aiheuttaisi henkilökunnassa?

Kvantitatiivista tutkimuskyselyä, kuinka moni infektio-osastolla tai teho-osastolla työskentelevä kokee, ettei nykyiset infektioiden ehkäisymenetelmät ole riittävät nykytilanteessa?

LÄHTEET

Anttila, V-J. 2020. Hoitoon liittyvät infektiot. Hakupäivä 15.11.2020.

https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01042.

Bell SG. 2003. Antibiotic resistance: is the end of an era near? *Neonatal Netw.* 2003; 22:47–54.

Casini, B., Tuvo, B., Cristina, M.L., Spagnolo, A.M., Totaro, M., Baggiani, A. & Privitera, G.P. 2019. US National Library of Medicine National Institutes of Health. Hakupäivä 14.11.2020. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0202275>.

Cates, E. L.; & Torkzadeh, H. 2020. Can incorporation of UVC LEDs into showerheads prevent opportunistic respiratory pathogens? – Microbial behavior and device design considerations. *Water Research* Volume 168, 1 January 2020. Hakupäivä 30.9.2021. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115163>

Centers for Disease Control and Prevention 2012. Active Bacterial Core Surveillance Report, Emerging Infections Program Network, Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*, 2012. Hakupäivä 4.11.21. <http://www.cdc.gov/abcs/reports-findings/survreports/mrsa12.pdf>.

Chen YY, Chou YC, Chou P. Impact of nosocomial infection on cost of illness and length of stay in intensive care units. *Infect Control Hosp Epidemiol* 2005; 26: 281-7.

Ethington, T.; Newsome, S.; Waugh, J.; & Lee, L. D. 2018. *Cleaning the air with ultraviolet germicidal irradiation lessened contact infections in a long-term acute care hospital*. *American Journal of Infection Control* 46 (2018)482-6. Hakupäivä 10.11.21. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.11.008>

Finavia. 2020. Finavia. Hakupäivä 16.12.2020. Finavia aloittaa UVC-tekniikan pilotoinnin – desinfoitu turvatarkastuskaukalo jokaisella käyttökerralla.

Gidari, A. ; Sabbatini, S. ; Bastianelli, S. ; Pierucci, S. ; Busti, C. ; Bartolini, D. ; Stabile, A. M ; Monari, C. ; Galli, F. ; Rende, M. ; Cruciani, G. ; Francisci, D. SARS-CoV-2 Survival on Surfaces and the Effect of UV-C Light. 2021. Viruses 2021-03-05, Vol.13 (3), p.408

Gostine, A., Gostine, D., Donohu, C., & Carlstrom, L. 2016. Evaluating the effectiveness of ultraviolet-C lamps for reducing keyboard contamination in the intensive care unit: A longitudinal analysis.” Science direct. Hakupäivä 13.11.2020. <https://www-sciencedirect-com.ezp.oamk.fi:2047/science/article/pii/S019665531630579X?via%3Dihub>.

Hamblin, M. & Abrahamse, H. 2018. Can light-based approaches overcome antimicrobial resistance? Drug Dev Res. 2019 Feb; 80(1): 48–67. Hakupäivä 20.12.21. <https://doi.org/10.1002/ddr.21453>

Heliskoski, J., Humala, H., Kopola, R., Tonteri, A. & Tykkyläinen, S. 2018. Vaikuttavuuden askelmerkit-Työkaluja ja esimerkkejä palveluntuottajille. Hakupäivä 16.11.2020. <https://media.sitra.fi/2018/03/27105443/vaikuttavuuden-askelmerkit.pdf>.

Herring, D. 2014. NASA/ Wikipedia. Hakupäivä 10.11.2021. https://fi.wikipedia.org/wiki/Tymiinidimeeri#/media/Tiedosto:DNA_UV_mutation.svg

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2013. Tutki ja kirjoita. 18.painos. Porvoo: Bookwell Oy.

HOTUS. 2020. ”Tutkimustiedonhaku.” Hotus- Hoitotyön tutkimussäätiö. Hakupäivä 14.11.2020. <https://www.hotus.fi/tutkimustiedon-hakeminen/>.

Hotus. 2020. Tutkimusten arviointikriteeristöt (JBI). Hakupäivä 19.11.2020. <https://www.hotus.fi/jbin-kriittisen-arvioinnin-tarkistuslistat/>.

Hotus. 2019. Hotus säätiönä. Hakupäivä 22.11.21. <https://www.hotus.fi/hotus-saationa-2/>.

IES. 2020. IES Committee Report CR-2-20 FAQs. Hakupäivä 13.11.2020. <https://www.ies.org/standards/committee-reports/ies-committee-report-cr-2-20-faqs/>.

Isojärvi, Jaana. 2011. Hakupäivä 15.11.2020. <https://docplayer.fi/16355927-Tutkimuskysymyksesta-hakustrategiaksi-pico-asetelma-informaation-tyokaluna.html>.

JAMK. 2020. Opinnäytetyönohjaajan käsikirja YAMK, kirjallisuuskatsaukset. Hakupäivä 3.1.2021. <https://oppimateriaalit.jamk.fi/yamk-kasikirja/kirjallisuuskatsaukset/>.

Jinadatha, C. M., Villamaria, F. C., Restrepo, M. I., Ganachari-Mallappa, N. P., Liao, I.-C. B., Stock, E. M. & Zeber, J. E. 2015. Is the pulsed xenon ultraviolet light no-touch disinfection system effective on methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in the absence of manual cleaning? Hakupäivä 12.11.21. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.04.005>

JYU. 2015. Jyväskylän yliopisto. Tieteenfilosofiset suuntaukset. Hakupäivä 20. 1 2021. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tieteenfilosofiset-suuntaukset>.

Kaiki, Y., Kitagawa, H., Hara, T., Nomura, T., Omori, K., Shigemoto, N., Takahashi, S., Ohge, H. 2020. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* contamination of hospital-use-only mobile phones and efficacy of 222-nm ultraviolet disinfection. *American journal of infection control* VOLUME 49, ISSUE 6, P800-803, JUNE 01, 2021. Hakupäivä 9.10.21. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.11.011>

Kauko. 2020. Kauko. Hakupäivä 15.11.2020. <https://www.kauko.com/led-future-uv-led-valodesinfointi-terveydenhuoltoon>.

Kylmä, J. & Juvakka, T. 2007–2012. Laadullinen terveystutkimus. 1.–2. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy

Lampinen, M-S., Viitanen, E., & Konu, A. 2013. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus yhteisöllisyydestä työelämässä. *Sosiaalilääketieteellinen aikakauslehti*, 71–86. Hakupäivä 18.11.2020. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/100821/systemaattinen_kirjallisuuskatsaus.pdf?sequence=1.

Lumio, J. 2019. Infektioiden tartunta, taudin synty ja leviäminen. Hakupäivä 21.11.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00569#s1.

Malmivaara, A. 2008. ”Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus vaikuttavuudesta – Apuväline terveyden- ja sosiaalihuollon ammattilaisille, tutkijoille ja päättäjille.” 273–278. Hakupäivä 22.11.2020. [file:///Users/Marketta/Downloads/1252-Kirjoitus%20\(sis%C3%A4lt%C3%A4en%20ydinasiat,tiivistelm%C3%A4t%20&%20asiasanat\)-6202-1-10-20100105.pdf](file:///Users/Marketta/Downloads/1252-Kirjoitus%20(sis%C3%A4lt%C3%A4en%20ydinasiat,tiivistelm%C3%A4t%20&%20asiasanat)-6202-1-10-20100105.pdf).

Malhotra, S., Wlodarczyk, J., Kuo, C., Ngo, C., Glucoft, M., Sumulong, I. Smit, M.A. Bender, J. 2020. Shining a light on the pathogenicity of health care providers' mobile phones: Use of a novel ultraviolet-C wave disinfection device. *Am J Infect Control*. 2020 Nov; 48(11): 1370–1374. Hakupäivä 17.11.2021. doi: 10.1016/j.ajic.2020.05.040

Marchetti A. & Rossiter R. Economic burden of healthcare-associated infection in US acute care hospitals—societal perspective. Hakupäivä 2.1.22. DOI: 10.3111/13696998.2013.842922

Messina, G., Burgassi, S. Messina, D., Montagnani, V., Cevenini, G. 2015. A new UV-LED device for automatic disinfection of stethoscope membranes. *American Infection Journal*, volume 43, issue 10, 61-66, october 01, 2015. Hakupäivä 20.12.21. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.06.019>

Napolitano, N. & Mahapatra, T. & Weiming, T. 2015. www.Sciencedirect.com. Hakupäivä 19.11.2020. <https://www-sciencedirect-com.ezp.oamk.fi:2047/science/article/pii/S0196655315007579?via%3Dihub>.

NCBI. 2020. MeSH. Hakupäivä 15.11.2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/>.

Ojasalo, K., T. Moilanen, ja J. Ritalahti. 2015. *Kehittämistyön menetelmät*. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Otter.J.A., Yezli, S., Salkeld, J.A.G.& French, G. 2013. Evidence that contaminated surfaces contribute to the transmission of hospital pathogens and an overview of strategies to address

contaminated surfaces in hospital settings. American Journal of Infection Control, 41 May 2013 6-11.

Philips Lighting. 2020. Hakupäivä 16.11.2020. <https://www.lighting.philips.fi/tuotteet/uv-c>.

Pimenoff, V., Harrikari, T., Toivanen, O., Ylöstalo, H., Vainikainen, M-P., Mäkinen, S., Arponen, A., Heinikoski, S., Limnell, J. & Salo, A. Valtioneuvoston kanslia, Covid-19 tutkimuskatsaus 1/2020. Hakupäivä 20.12.2020. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162415/COVID19_Tutkimuskatsaus%202-2020.pdf?sequence=1

Ponnaiya, B., Buonanno, M., Welch, D., Shuryak, I., Randers-Pehrson, G., Brenner, D.J. 2018. Far-UVC light prevents MRSA infection of superficial wounds in vivo. PLoS One. 2018; 13(2): e0192053. Hakupäivä 24.11.21 doi: 10.1371/journal.pone.0192053

Raeiszadeh, M. & Adeli, B. 2020. "A Critical Review on Ultraviolet Disinfection Systems against COVID-19 Outbreak: Applicability, Validation, and Safety Considerations." US National Library of Medicine National Institutes of Health. Hakupäivä 16.11.2020. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7571309/>.

Sabria, M. & Yu, V.L. 2002. Hospital-acquired legionellosis: solutions for a preventable infection Lancet Infect. Dis., 2 (6) (2002), pp. 368-373. Hakupäivä 3.1.2022. DOI: 10.1016/s1473-3099(02)00291-8

Salakari, M. 2020. Systemoitu kirjallisuuskatsaus tiedon tuottamisen menetelmänä, osa 2. Turku AMK, Turku university of Applied Sciences. Hakupäivä 17.11.21. https://tohtori.turkuamk.fi/uploads/2020/06/a46696db-kirjallisuuskatsaus_18.5._ms-1.pdf

Salminen, A. 2011. "Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin." Vaasan yliopiston julkaisuja. Hakupäivä 18.11.2020. https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf.

Shaikh, A. A.; Ely, D. B.; Cadnum, J. L.; Koganti, S. M.; Alhmidi, H. M.; Sankar C., T. M. Donskey, C. J. (2016). Evaluation of a low-intensity ultraviolet-C radiation device for decontamination of

computer keyboards. American journal of infection control VOLUME 44, ISSUE 6, P705-707, JUNE 01, 2016. Hakupäivä. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2015.11.025>

Shiomori T., Miyamoto H., Makishima K. 2001. Significance of airborne transmission of methicillin-resistant staphylococcus aureus in an otolaryngology-head and neck surgery unit. Otolaryngol Head Neck Surg 2001; 127: 644-8. 28.

Signify. 2020. Signify and Boston University validate effectiveness of Signify's UV-C light sources on inactivating the virus that causes COVID-19. Hakupäivä 16.11.2020.

<https://www.signify.com/global/our-company/news/press-releases/2020/20200616-signify-boston-university-validate-effectiveness-signify-uv-c-light-sources-on-inactivating-virus-that-causes-covid19>.

Slavov, M. 2011. TULKINTA EMPIRISMIN TIETO-OPISTA, Tietoteoreettinen analyysi David Humen, A. J. Ayerin ja Eino Kailan empiristisistä tietokäsityksistä. Pro-gradu tutkielma. Hakupäivä 20 1. 2021. <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/27157/1/URN%3ANBN%3Afi%3Aju-2011061310995.pdf>.

Stiefel U., Cadnum JL., Eckstein BC., Guerrero DM., Tima MA. & Donskey CJ. Contamination of hands with methicillin-resistant staphylococcus aureus after contact with environmental surfaces and after contact with the skin of colonized patients. Infect Control Hosp Epidemiol 2011; 32:185-7. Hakupäivä 16.12.2021.

https://www.researchgate.net/publication/50989371_Contamination_of_Hands_with_Methicillin-Resistant_Staphylococcus_aureus_after_Contact_with_Environmental_Surfaces_and_after_Contact_with_the_Skin_of_Colonized_Patients.

STT. 2020. STT Info. Hakupäivä 16.12.2021. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/helsingin-yliopiston-testisars-cov-2-kuolee-uv-c-valoa-kayttavassalatauskaapissa?publisherId=69818012&releaseId=69882500>.

STUK. 2020. UV-C-säteilyn käyttö desinfiointissa. Hakupäivä 18.11.2020. <https://www.stuk.fi/aiheet/uv-sateily-aurinko-ja-solarium/uv-c-sateilyn-kaytto-desinfiointissa#:~:text=UV%2Ds%C3%A4teily%20jaetaan%20s%C3%A4teilyn%20aallonpituuden,s%C3%A4teilyn%20kokonaan%20pois%20auringon%20s%C3%A4teilyst%C3%A4>.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

THL. 2020. Hoitoon liittyvät infektiot. Hakupäivä 16.12.2020. <https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/taudit-ja-torjunta/hoitoon-liittyvat-infektiot>.

Vilkka, H. 2015. Tutki ja kehitä. Jyväskylä: PS-Kustannus.

Vonberg RP., Weitzel-Kage D., Behnke M., Gastmeier P. 2011. Worldwide outbreak database: the largest collection of nosocomial outbreaks. *Infection* 2011; 39: 29- 34.

Welch, D., Buonanno, M., Shuryak, I., Randers-Pehrson, G., Spotnitz, H.M. ja Brenner, D.J. 2018. Plos One. Hakupäivä 15.11. 2020 https://www.researchgate.net/publication/326964780_Effect_of_far_ultraviolet_light_emitted_from_an_optical_diffuser_on_methicillin-resistant_Staphylococcus_aureus_in_vitro.

Yin, R., Dai, T., Avci, P., Jorge, A. E., De Melo, V., Vecchio, D.; Huang, Y-Y., Gupta, A. Hamblin, M. R. 2013. Light based anti-infectives: ultraviolet C irradiation, photodynamic therapy, blue light, and beyond. Hakupäivä 13.12.21. *Curr Opin Pharmacol.* 2013 Oct; 13(5): 10.1016/j.coph.2013.08.009.

Zimlichman E, Henderson D, Tamir O, Franz C, Song P, Yamin C, et al. Health care-associated infections a meta-analysis of costs and financial impact on the US health care system. *JAMA Intern Med* 2013;173: 2039–46.

Infektioiden ehkäiseminen	Vaihtoehtoiset toimintatavat	antimikrobiset	Kemiallinen puhdistus
			Innovatiiviset valoon perustuvat lähestymistavat
			Vaihtoehtoiset lähestymistavat
			Innovatiiviset valoon perustuvat lähestymistavat
			Kemialliset puhdistuspyyhkeet
			UV-C ja vetyperoksidi
	UV-C-valon desinfiointi	Bakteerien tuhoaminen ja virusten inaktivoiminen	
		Näytteiden kerääminen	
		UV-C-valojen asennus	
		Mikrobien in-aktivointi ja biofilmien tuhoaminen katetreista	
		Bakteerien tuhoaminen ja mikrobien inaktivointi	
		UV-C-valolaite näppäimistön desinfiointissa	
		UV-C-säteilyn merkitys bakteerien vähentämisessä	
		UV-C-valon käyttö biokuormituksen vähentämiseen ilman puhdistamisessa	
		UV-C-valon vaikutus DNA:han	
		UV-C infektioiden ehkäisemisessä	
		Säännöllinen matkapuhelimien puhdistus	
		UV-C desinfiointin tehokkuus	
		Stetoskoopin desinfiointi	
		UV-C toimintamekanismi	
UV-C-valon toimintamekanismi			
UV-C aerosolien desinfiomisessa			
UV-C ja ilmalevitteiset taudit			

UV-C valo mikrobin in-aktiivoinnissa	Bakteerikuorman vähentäminen	Bakteerinäytteiden kerääminen lajien tunnistamista ja antibioottiherkkyden määrittelyä varten
		UV-C-valon bakteereita vähentävä mekanismi
		UV-C-valon vaikutus näppäimistöjen bakteeri kuormaan
		Bakteerimäärän vähentyminen
		Hoitoon liittyvien infektioiden vähentäminen
		Kemiallinen ja UV-C-valopuhdistus
		Bakterisidisyys 222 nm ja 254 nm säteilyn välillä
		Puhelinten bakteerikuorman vähentäminen
		Patogeenisen bakteerikuorman vähentäminen
		Stetoskoopin bakteerikuorman vähentäminen
		Hoitoon liittyvien infektioiden bakteerikuorman vähentäminen
		Hoitoon liittyvien infektioiden määrien vertailu
		UV-C valon tehokkuus
		Matalan intensiteetin laitteen tehokkuus
		hiiritutkimus In- vivo haavojen paraneminen
		222 nm ja 254 nm tehokkuusero
		MRSA:n ja AB vähentyminen mobiililaitteista
		Hoitoon liittyvien infektioiden ilmaantuvuus
		Pinnallinen haavahoito
		Haavanhoito UV-C-valolla
		UV-C-valon käyttäminen potilaan hoidossa
		Leikkauskohdan säteilytys
		Kudosvauriot
	Resistenssin muodostuminen	Mahdollisen resistenssin kehittyminen UV-C-valolle
	Turvallisuus ja haittavaikutukset	Mikrobin tuhoaminen aiheuttamatta vahinkoa isäntäsoluille
		Toistuvat ja pitkäaikaishaittavaikutukset
		Ihovauriot
		Isäntäsolujen vahingoittumiselta suojaaminen
		DNA- korjaukset
		UV-C-säteilylle altistuminen
		UV-C-valon vaarallisuus

		Aallonpituuksien ero
		Sytotoksisuus ja mutageenisuus
		Aallonpituudella 222 nm säteilyn vaikutus iholle
	Jatko ehdotukset	Biokalvojen kasvun ehkäisy ja eliminointi UV-C-valolla.
		Suihkupään UV-C-valolaite
		Vähimmäisintensiteetin selvittäminen biokalvojen muodostumisessa
		OBP:n Altistumisreittien tunnistus
		Ilman bakteerien vähentäminen
		Yhteismenetelmä- suositus
		Päivittäinen UV-C käyttö
		Stetoskoopille tarkoitettu UV-C valo
		UV-C-valo riskienhallintakeinoksi
		UV-C-valo ennaltaehkäisemässä infektioissa