

Opinnäytetyö (AMK)

Sairaanhoitajakoulutus

Syksy 2019

Jutta Kukkonen & Henrik Mattila

KIRURGISEN DIATERMIALAITTEEN SAVUN VAIKUTUKSET LEIKKAUSSALIN ILMANLAATUUN TYÖTURVALLISUUDEN NÄKÖKULMASTA

– Opetusmateriaalin tuottaminen sairaanhoitajaopiskelijoille

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Sairaanhoitajakoulutus

Syksy 2019 | 35 sivua, 1 liitesivu

Kukkonen Jutta & Mattila Henrik

KIRURGISEN DIATERMIALAITTEEN SAVUN VAIKUTUKSET LEIKKAUSSALIN ILMANLAATUUN TYÖTURVALLISUUDEN NÄKÖKULMASTA

- Opiskelumateriaalin tuottaminen sairaanhoitajaopiskelijoille

Opinnäytetyön tarkoituksena oli narratiivisen kirjallisuuskatsauksen (n=22) menetelmää hyödyntäen kartoittaa kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksia leikkaussalin ilmanlaatuun ja työturvallisuuteen sekä laatia tulosten pohjalta opetusmateriaali sairaanhoitajaopiskelijoille. Opinnäytetyön tavoitteena oli edistää sairaanhoitajien työturvallisuutta ja lisätä tietoisuutta kirurgisen savun vaikutuksista terveyteen jo opiskeluaikana. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi Turun ammattikorkeakoulu.

Kirurgisen diatermialaitteen savun koostumusta on tutkittu 1980-luvulta lähtien ja siitä on kirjallista tutkimusaineistoa, aineiston mukaan savu sisältää terveydelle haitallisia pienhiukkasia, kemiallisia yhdisteitä ja biologista materiaalia. Osa savun sisältämissä kemiallisista yhdisteistä on karsinogeenisia. Savun haitallisuutta on verrattu tupakointiin. Leikkaussalihenkilökunnan pitkäaikaisen savukaasuille altistumisen vaikutuksia ei ole tutkittu. Kirjallisuuskatsauksen perusteella todetaan, että kirurgisen diatermialaitteen savulle altistumista on pyrittävä välttämään käyttämällä asianmukaisia suojaimia ja savunpoistoon tarkoitettuja laitteita oikeaoppisesti. Kirjallisuuskatsauksen tulosten pohjalta tuotettiin opetusmateriaalia PowerPoint-muodossa. Opetusmateriaali sisältää 14 diaa.

ASIASANAT:

Diatermialaite, kirurginen savu, diatermiasavu, työturvallisuus, ilmanlaatu.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Nursing

2019 | 35 pages, 1 page in appendices

Kukkonen Jutta & Henrik Mattila

THE EFFECTS OF SURGICAL DIATHERMY SMOKE AS REGARDS AIR QUALITY AND SAFETY AT WORK

- Study material for nursing school students

The purpose of this thesis is to evaluate how surgical diathermy device smoke affects air quality and safety at work, and to use the results of the study to compile teaching material for the Degree Programme in Nursing. The main research method used in the study was narrative literature review (n=22). The reason behind choosing this topic was to enhance safety at work and to increase awareness of the effects of surgical smoke already during nursing studies. Turku University of Applied Sciences authorized the diploma work.

The composition of the surgical smoke has been studied since the 1980s and there is research data available. According to the data surgical smoke contains toxic particles, chemical compounds and biological material which can have negative affect on one's health. Some of the chemical compounds are carcinogenic and their harmful effect has been compared to that of smoking. The long term effects of the smoke as concerns the operating room personnel have not been studied. The results of narrative literature review suggest that the operating room personnel should avoid the diathermy device smoke by wearing appropriate breathing protection and by using the smoke extractors correctly. Produced Study material based on results of the literature review. PowerPoint slideshow consists of 14 slides.

KEYWORDS:

Diathermy, surgical smoke, diathermy plume, occupational safety, air quality.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 LAINSÄÄDÄNNÖLLISET VELVOITTEET JA KIRURGINEN DIATERMIALAITE	7
2.1 Työturvallisuus ja leikkaussalin ilmanlaatua koskevat määräykset	7
2.2 Kirurginen diatermialaite	8
3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE, TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TOTEUTUSMENETELMÄ	10
4 TULOKSET	15
4.1 Kirurgisen savun vaikutukset leikkaussalin ilmanlaatuun ja työturvallisuuteen	15
4.2 Kirurgisen savun haittavaikutusten ehkäiseminen	17
4.2.1 Leikkaussalien ilmanvaihto	17
4.2.2 Kohdepoisto	19
4.2.3 Hengityksensuojainten käyttö	21
4.3 Opetusmateriaali kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksista leikkaussalin ilmanlaatuun työturvallisuuden näkökulmasta	22
5 OPINNÄYTETYÖN EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS	28
6 POHDINTA	29
LÄHTEET	31

LIITTEET

Liite 1. Partikkelien pitoisuudet eri etäisyyksillä ja kudostyypeillä.

KUVAT

Kuva 1. Kirurginen polttolaite.	8
Kuva 2. Aktiivielektrodiin integroitu savuimu.	19

KUVIOT

Kuvio1. Opinnäytetyön aineiston hakupolku.

11

TAULUKOT

Taulukko 1. Opinnäytetyön aineiston hakuprosessi.

12

Taulukko 2. Hakutulosten luettelointi esiintymisjärjestyksessä.

12

1 JOHDANTO

Kirurgisen diatermialaitteen alku voidaan ajoittaa 1890-luvulle, mutta hinnaltaan käyttökelpoinen polttovaikutuksen aikaan saava laite kehitettiin 1920-luvun lopulla. Alkuperäisen laitteen suuri koko ja palavien anesteettien käyttö leikkaussaleissa rajoitti laitteen käyttöönottoa aina 1960 – luvulle asti. Nykyisin kirurginen diatermialaite kuuluu yleisesti leikkaussalien, toimenpideosastojen ja poliklinikoiden perusvarustukseen (Helenius 2011, 24).

Jo vuonna 1981 julkaistussa tutkimuksessa on kiinnitetty huomiota diatermiasavun haitallisuuteen. Diatermiasavun mutageenisyyttä kartoittavassa tutkimuksessa havaittiin diatermiasavun olevan rinnastettavissa tupakan savuun. poltettaessa yksi gramma kudesta vapautui kuuden suodattamattoman tupakan polttamista vastaava määrä savua. (Tomita ym. 1981.) Tutkimusten osoittaessa diatermiasavun haitallisuuden, on savulta suojautumiseen kiinnitettävä enemmän huomiota. Perinteiset kirurgiset suu-nenäsuojaimet eivät kuitenkaan tarjoa suojaa diatermiasavulta, sillä savun sisältämät pienhiukkaset pystyvät pienen kokonsa vuoksi läpäisemään hengityksensuojaimen. (Gao ym. 2016, 608-618.) Pienhiukkaset pystyvät läpäisemään jopa elimistön omia puolustuskeinoja ylähengitysteissä ja kulkeutuvat alveolitasolle asti, josta ne päätyvät systeemiseen verenkiertoon (Karjalainen ym. 2018).

Sairaanhoitajaopiskelija voi suorittaa perioperatiivisen hoitotyön syventäviä opintoja ja aiheeseen liittyvää harjoittelua leikkaussalissa. Diatermialaitteen toimintaan opiskelijan on mahdollista tutustua instrumentoivan, valvovan ja anestesiahoitajan rooleissa. Opinnäytetyön tarkoituksena on narratiivisen kirjallisuuskatsauksen menetelmää hyödyntäen kartoittaa kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksista leikkaussalin ilmanlaatuun ja työturvallisuuteen, sekä laatia tulosten pohjalta opetusmateriaali sairaanhoitajaopiskelijoille. Opinnäytetyön tavoitteena on edistää sairaanhoitajien työturvallisuutta ja lisätä tietoisuutta kirurgisen savun vaikutuksista terveyteen jo opiskeluaikana. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimii Turun ammattikorkeakoulu.

2 LAINSÄÄDÄNNÖLLISET VELVOITTEET JA KIRURGINEN DIATERMIALAITE

2.1 Työturvallisuus ja leikkaussalin ilmanlaatua koskevat määräykset

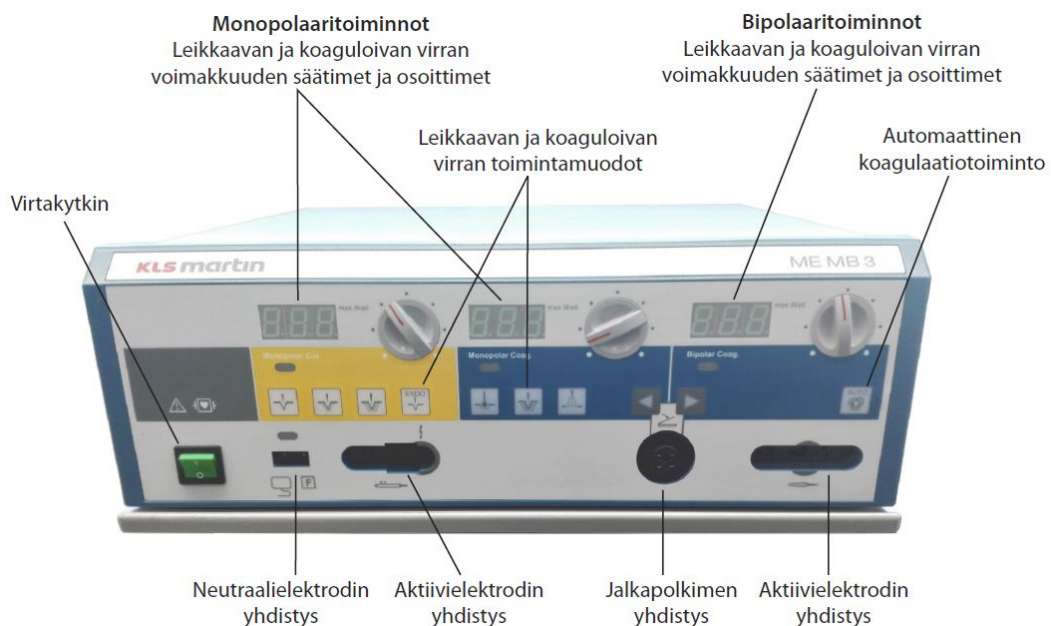
Työturvallisuuskeskus määrittelee työturvallisuuden fyysisten, psyykkisten ja sosiaalisten työolojen kokonaisuudeksi. Turvallinen ja sopivasti kuormittava työympäristö vaikuttaa työn mielekkyyteen, palkitsevuuteen ja työn tuloksellisuuteen. Työntekijöiden turvallisuus ja hyvinvointi edellyttää työpaikan prosessien, toimintatapojen ja niihin liittyvien vaara- ja haittatekijöiden tunnistamista. (Työturvallisuuskeskus 2019.) Työturvallisuuslakia sovelletaan myös oppilaan tai opiskelijan työhön koulutuksen yhteydessä. Lain tarkoituksena on ”parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennaltaehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä *terveys*, haittoja.”. Lain viidennen luvun 33:ssa pykälässä määrätään, että työpaikan ilmanvaihdon on oltava riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen. (Työturvallisuuslaki 2002.)

Leikkaussalien sisäilman todettiin Teknologian tutkimuskeskuksen tutkimushankkeen loppuraportin mukaan vaihtelevan suuresti. Toiminnan aikana leikkaussalien sisäilman hiukkaspitoisuus oli raportin mukaan huomattavan korkea ja yhtenä merkittävänä hiukkaslähteinä mainittiin diatermialaitteen käyttö. (Enbom ym. 2012, 41.) Tällä hetkellä leikkaussalien ilmanvaihdon toimivuutta tai ilmanlaatua ei rakennusvaiheen jälkeen veloiteta viranomaisten toimesta todentamaan tai valvomaan (Setälä 2017). Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 todettiin, että leikkaussalien ilmanvaihto toteutetaan tapauskohtaisesti, eikä tarkkoja raja-arvoja ole määritelty (Ympäristöministeriö 2012). Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta todetaan, että ”Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja.” (Ympäristöministeriö 2017). Kehitteillä on yleiseurooppalainen standardi (CEN/TC156/WG18), jonka tavoitteena on luoda tavoitteet terveydenhuollon sisäilmastolle ja asettaa sille minimitavoitteet (Setälä 2017).

2.2 Kirurginen diatermialaite

Kirurgisen diatermialaitteen kehittäjänä on pidetty amerikkalaista William Bovieta. Kirurgista diatermialaitetta on ensimmäisen kerran käytetty leikkaussalissa vuonna 1926, mutta kudosten kuumentamista ja sähköä käyttöä on hyödynnetty lääketieteessä jo kauan ennen kirurgisen diatermialaitteen keksimistä. (Massarweh ym. 2006, 520-530.) Kirurgisen diatermialaitteen käyttö on yleistynyt leikkaussaleissa vasta 1950 - luvulla, sillä aiempien laitteiden suuri koko sekä kallis hinta on rajoittanut laitteen käyttöönottoa. Myös palavien anesteettien, kuten eetterin, käyttö hidasti kirurgisen diatermialaitteen käyttöönottoa. (Honkanen 2006.)

Kirurginen diatermialaite on jokaiseen leikkaussaliin kuuluva laite. Diatermialaitetta käytetään verisuonten hyydyttämiseen (koagulointi) tai kudoksien leikkaamiseen. Diatermialaite koostuu sähkögeneraattorista ja laitteeseen kytketystä aktiivielektrodista, eli instrumentista, jolla sähkövirta johdetaan halutulle alueelle (Kuva 1). Monopolaarista käyttömuotoa käytettäessä on potilaaseen kiinnitettävä neutraalielektrodi, jota pitkin sähkövirta palautuu takaisin diatermialaitteeseen. Bipolaarista käyttömuotoa käytettäessä sähkövirta kulkee kahden aktiivielektrodin välillä esimerkiksi silloin, kun käytetään bipolaaripinsettejä. Kun käyttökytkintä painetaan, muodostuu diatermialaitteesta potilaan kautta kulkeva virtapiiri. Diatermialaitteesta säädetään käytetyn virran tehoa ja haluttua kudosaikutusta. (Karma ym. 2016, 139-144.)



Kuva 1. Kirurginen polttolaite.
(Kirjavainen ym. 2018)

Leikkaavaa toimintoa käytettäessä diatermialaitteen muodostama jännite pysyy vakiona, jolloin leikattavalle alueelle saadaan mahdollisimman suuri teho. Leikkauskärjellä ei kosketeta kudosta, vaan virta siirtyy kohteeseen valokaaren välityksellä. Valokaaren ansiosta leikattavan alueen solut kiehahtavat räjähdysnomaisesti ja kudosis leikkautuu auki. Ylimääräinen lämpö poistuu kiehahtamisesta syntyvän höyryn mukana, jolloin ympäröivä kudosis ei lämpene merkittävästi, eikä koaguloitumista tällöin tapahdu. Koaguloivaa virtaa käytettäessä jännite vaihtelee (fulgurointi), jolloin kohteeseen tuleva teho on pienempi kuin leikkaavaa toimintoa käytettäessä. Pienemmän tehon vuoksi kudosis leikkautumista ei tapahdu, mutta kudokseen johtuu huomattavasti enemmän lämpöä ja lämmön nousun seurauksena tapahtuu koaguloitumista. Edellä mainituissa toiminnoissa virta on johdettu kudokseen ilman suoraa kontaktia valokaaren avulla, sen sijaan kontaktikoaguloinnissa virta johdetaan suoraan kudokseen suoran kontaktin avulla. Kudokseen syötetty teho aiheuttaa kudosis lämpötilan nousun, mikä johtaa koaguloitumiseen, kuivumiseen ja lopuksi palamiseen. Sekoitettu virta (blend) on nimensä mukaisesti välimuoto leikkaavan ja koaguloivan virran väliltä. Sekoitettua virtaa käytettäessä yhdistyvät sekä leikkaava että koaguloiva ominaisuus. (Honkanen 2006.)

Monopolaarisessa käyttömuodossa virta johdetaan kudokseen pienipinta-alaisen aktiivielektrodin välityksellä ja virta palautuu takaisin potilaaseen kiinnitetyn suuripinta-alaisen neutraalielektrodin kautta. Monopolaarisessa käyttömuodossa on huomioitava virran kulku potilaassa. Leikattavan alueen ja neutraalielektrodin välissä ei tule olla metallisia implantteja tai tahdistimia, sillä se voi aiheuttaa palovammoja virran kulkualueella kudoksis, kudosis rajapinnoissa tai neutraalielektrodin luona. Tämän vuoksi neutraalielektrodi olisi hyvä sijoittaa mahdollisimman lähelle leikattavaa aluetta. (Karma ym. 2016, 139-144.) Yleisimmin bipolaarinen käyttö ilmenee pinsettien muodossa. Bipolaarisessa käyttömuodossa virta kulkee kahden aktiivielektrodin välillä. Bipolaarikäytössä virran kulku matka on lyhyempi ja tarvittava teho pienempi kuin monopolaarikäytössä, näin ollen myös palovammariski on bipolaarikäytössä pienempi. (Kirjavainen ym. 2018.)

3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE, TUTKIMUSKYSYMYKSET JA TOTEUTUSMENETELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena on kirjallisuuskatsauksen avulla kartoittaa kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksia leikkaussalin ilmanlaatuun ja työturvallisuuteen sekä laatia tulosten pohjalta opetusmateriaali sairaanhoitajaopiskelijoille. Opinnäytetyön tavoitteena on edistää sairaanhoitajien työturvallisuutta ja lisätä tietoisuutta kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksista terveyteen jo opiskeluaikana.

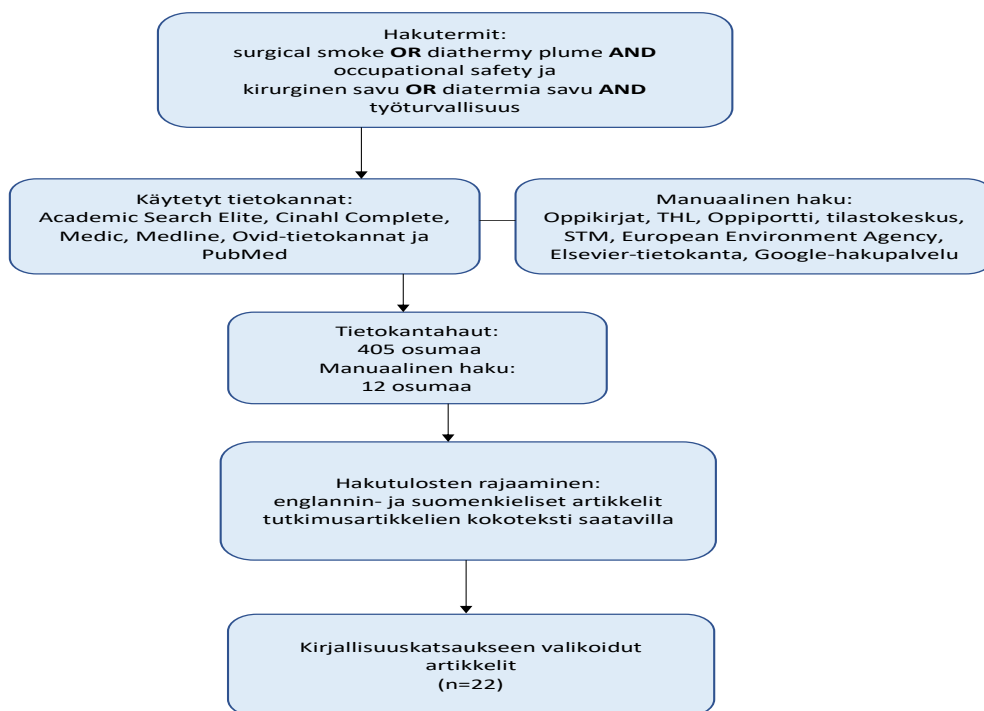
Opinnäytetyötä ohjaavat seuraavat kysymykset:

1. Minkälaisia vaikutuksia kirurgisen diatermialaitteen savulla on leikkaussalin ilmanlaatuun työturvallisuuden näkökulmasta?
2. Millä keinoilla kirurgisen diatermialaitteen savun haittavaikutuksia voidaan ehkäistä?
3. Minkälainen opetusmateriaali saadaan kirjallisen materiaalin pohjalta tuotettua sairaanhoitajaopiskelijoille kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksista leikkaussalin ilmanlaatuun ja työturvallisuuteen?

Opinnäytetyön menetelmäksi valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus. Narratiivisella kirjallisuuskatsauksella voidaan muodostaa laaja käsitys tutkittavasta aiheesta, mutta tiedonhaku ei rajaa systemaattisen tutkimuksen tiukat säännöt ja ohjeistukset. Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen menetelmää hyödyntäen voidaan kattavasti kuvailla tutkitavan kohteen merkillisyyttä. (Salminen 2011, 6-7.) Kirjallisuuskatsauksen aineisto koostuu sekä määrällisestä että laadullisesta tutkimuksesta. Määrällisen tutkimuksen aineisto perustuu numeroihin ja tilastoihin, laadullisen tutkimusmenetelmän avulla tutkimuksen kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkitystä pyritään ymmärtämään kokonaisvaltaisesti. (Jyväskylän yliopisto 2015.)

Tutkimuskysymyksiin etsittiin vastauksia saatavilla olevista sähköisistä sosiaali- ja terveysalan tietokannoista löytyvistä tieteellisistä tutkimuksista ja artikkeleista. Manuaalista tiedonhakuä käyttämällä kartoitettiin aiheeseen liittyviä lakitekstejä, alkuperäisiä lähteitä ja alan ammattilehtiä. Aineiston kriittinen tarkastelu on oleellista luotettavuuden kannalta, tiedonhaku suoritettiin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmiä mukailen. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan löytää korkealaatuisia

tutkimustuloksia (Sackett ym. 1996). Mahdollisimman perinpohjaisen tiedon hankkimiseksi suositellaan tietokantahaun lisäksi hyödynnettävän manuaalista tiedon hakua (Greener & Grimshaw 1996, Khan ym. 2003). Tietokannoiksi valikoitui Academic Search Elite, Cinahl Complete, Medic, Medline, Ovid-tietokannat ja PubMed. Hakusanoiksi määriteltiin surgical smoke, diathermy plume ja occupational safety. Suomenkieliset hakusanat olivat kirurginen savu, diatermia savu ja työturvallisuus. Hakutermin yhdistämisessä hyödynnettiin Boolean operaattoria AND (ja) ja OR (tai). Tietokantahaut toteutettiin systemaattisesti samoja hakusanoja käyttämällä. Lopulliset hakutermit olivat surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety ja suomenkielinen haku kirurginen savu OR diatermiasavu AND työturvallisuus. Systemaattisen tiedonhaun luotettavuutta tukevat täsmälliset valintakriteerit, jotka osoittavat harkittua pohdintaa tutkittavan aiheen kannalta (Oxman 1994, Meade & Richardson 1997). Rajaavina kriteereinä oli tulosten suodattaminen englannin- ja suomenkielisiin kokoteksteihin. Asianmukaisen otannan kokoamiseksi kirjallisuuskatsauksessa päädyttiin olla käyttämättä aikarajausta, sillä kirjallisuuskatsauksen kannalta relevantteja tutkimuksia olisi karsiutunut huomattavasti. Tietokantahakujen tuloksia valikoitiin kirjallisuuskatsaukseen otsikko- ja sisällöntasolla vastaten määritettyihin tutkimuskysymyksiin. Pällekkäiset osumat karsittiin tuloksista. Haku-prosessia havainnollistaa oheinen kuvio (Kuvio 1).



Kuvio1. Opinnäytetyön aineiston hakupolku.

Tiedonhaku kirjataan sekä luetteloidaan, jotta tiedonhaku on toistettavissa ja työ on näyttöön perustuva (Tähtinen 2007, 27). Tietokantahaun toteutus ja tulokset ovat kuvattu taulukoissa 1 & 2.

Taulukko 1. Opinnäytetyön aineiston hakuprosessi.

Hakusanat		Academic Search Elite	Cinahl Complete	Medic	Medline	Ovid-tietokannat	Pubmed	n =
Surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Osumat	41	83	0	4	70	102	9
	Valitut julkaisut	3	6	0	0	0	0	
Kirurginen savu OR diatermia savu AND työturvallisuus	Osumat	0	0	105	0	0	0	1
	Valitut julkaisut	0	0	1	0	0	0	

Taulukko 2. Hakutulosten luettelointi esiintymisjärjestyksessä.

Hakumenetelmä	Tekijät	Julkaisu
Manuaalinen haku/Oppikirja	Karma, A.; Kinnunen, T.; Palovaara, M. & Perttunen, J. 2016.	Perioperatiivinen hoitotyö
Cinahl Complete/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Ulmer, B. 2008.	The Hazards of Surgical Smoke
Cinahl Complete/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Ball, K. 2001.	The hazards of surgical smoke, AANA Journal Course: Update for nurse anesthetists
Medic/kirurginen savu OR diatermia savu AND työturvallisuus	Lankinen, P.; Parkkila, A.; Roine, R. & Turpeinen, M. 2019.	Kirurginen savu toimenpiteissä – henkilöstön riskit ja suojaus
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Suomen ympäristökeskus. 2015.	Hiukkasten terveysvaikutukset
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Tilastokeskus. 2019.	Pienihiukkaset
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Terveystieteiden tutkimuskeskus ja Hyvinvointin tutkimuskeskus. 2019.	Pienihiukkasten vaikutusmekanismit

(jatkuu)

Taulukko 2 (jatkuu).

Academic Search Elite/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Karjalainen, M.; Kontunen, A.; Saari, S.; Rönkkö, T.; Leikkala, L.; Roine, A. & Oksala, N. 2018.	The characterization of surgical smoke from various tissues and its implications for occupational safety
Cinahl Complete/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Lindsey, C.; Hutchinson, M. & Mellor, G. 2015.	The Nature and Hazards of Diathermy Plumes: A Review
Academic Search Elite/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Krones, C.; Conze, J.; Hoelzl, F.; Stumpf, M.; Klinge, U.; Möller, M.; Dott, W.; Schumpelick, V. & Hollender, J. 2007.	Chemical composition of surgical smoke produced by electrocautery, harmonic scalpel and argon beaming – a short study
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. 2018.	Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Setälä, A. 2017.	Leikkaussalin ilmanvaihdon todentamismittaukset
Manuaalinen haku/Elsevier-tietokanta	Balaras, C.; Dascalaki, E. & Gaglia, A. 2007.	HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Enbom, S.; Heinonen, K.; Kalliohaka, T.; Mattila, I.; Nurmi, S.; Salmela, H.; Salo, S.; Wirtanen, G. & VTT Expert Services Oy. 2012.	High-tech sairaala – Korean hygienian hallinta sairaaloissa
Manuaalinen haku/Elsevier-tietokanta	Cao, G.; Storås, M.; Aganovic, A.; Stenstad, L. & Skogås, J. 2018.	Do surgeons and surgical facilities disturb the clean air distribution close to a surgical patient in an orthopedic operating room with laminar airflow?
Manuaalinen haku/Elsevier-tietokanta	Cao, G.; Nilssen, A.; Cheng, Z.; Stenstad, L.; Radtke, A. & Skogås, J. 2019.	Laminar airflow and mixing ventilation: which is better for operating room airflow distribution near an orthopedic surgical patient?
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Työsuojelusanasto. 2006/2008.	Kohdepoisto
Cinahl Complete/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Ball, K. 2010.	Surgical Smoke Evacuation Guidelines: Compliance among Perioperative Nurses
Cinahl Complete/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Schultz, L. 2014.	An Analysis of Surgical Smoke Plume Components, Capture and Evacuation

(jatkuu)

Taulukko 2 (jatkuu).

Cinahl Complete/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Holmes, S. 2016.	Factors affecting surgical plume evacuation compliance
Manuaalinen haku/Google-hakupalvelu	Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. 2018.	Hengityksensuojainten käyttö terveydenhuollossa
Academic Search Elite/surgical smoke OR diathermy plume AND occupational safety	Gao, S.; Koehler, R.; Yermakov, M. & Grinshpun, A. 2016.	Performance of Facepiece Respirators and Surgical Masks Against Surgical Smoke: Simulated Workplace Protection Factor Study

Mukaanottokriteerien määrittelyllä pyrittiin tekemään aineiston hankintaprosessi läpinäkyväksi ja toistettavaksi. Kriteereitä jouduttiin muokkaamaan prosessin alkuvaiheessa, kun käsitys saatavilla olevasta tutkimusaineistosta alkoi hahmottua. Myös käytettyjä hakutermejä jouduttiin tarkastelemaan prosessin aikana. Manuaalista hakua käytettiin apuna aineistoon liittyvien käsitteiden ja lainsäädännön selvittämiseksi sekä alkuperäislähteiden hakemiseksi. Lähteiden suhteen on oltava kriittinen ja pyrittävä käyttämään mahdollisimman tuoreita lähteitä (Hirsjärvi ym. 2007, 109). Lisäksi hyödynnetään sosiaali- ja terveysministeriön ja opetus- ja kulttuuriministeriön asiantuntijaelinten julkaisuja sekä muiden tieteenalojen julkaisuja ja tutkimuksia. Opetusmateriaali laaditaan Power Point – esitykseksi kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Materiaali tulee sisältämään myös kysymyksiä, jotka kannustavat opiskelijoita pohtimaan työturvallisuutta ja työterveyttä tulevaan ammattiinsa liittyen.

4 TULOKSET

Kirurgisen diatermialaitteen käytöstä muodostuu kudosten palaessa kirurgista savua, mikä lisää leikkaussalin ilman pienhiukkaspitoisuutta. Leikkauksien aikana henkilökunta voi hengittää runsaasti savua. Pienhiukkasilla on vaikutusta leikkaussalihenkilökunnan työturvallisuuteen ja sen on todettu aiheuttavan terveydellisiä haittoja henkilökunnalle ja potilaalle. (Karma ym. 2016, 139-144.) Kirurginen savu koostuu 95 prosenttisesti vedestä tai vesihöyrystä. Viisi prosenttia savun koostumuksesta sisältää ihmisen kudosten jäänteitä pienhiukkasina. Pienhiukkaset koostuvat kemikaaleista, verestä, kudospainetta, viruksista ja bakteereista. Pienhiukkasten koon määrittely on tärkeää, sillä hiukkasen halkaisijasta riippuu, kuinka syvälle hengityselimiin hiukkaset kulkeutuvat hengitysilmän mukana. (Ulmer 2008, 724.)

4.1 Kirurgisen savun vaikutukset leikkaussalin ilmanlaatuun ja työturvallisuuteen

Vuonna 1981 julkaistu tutkimus kirurgisen savun koostumuksesta vertasi kirurgista savua tupakansavuun. Kokeessa höyrytettiin yksi gramma kudosta ensin laseria käyttämällä ja se analysoitiin vastaavaksi haitaksi terveydelle kuin kolmen filtterittömän savukkeen polttaminen. Sama käsittely sähköllä toimivaa kirurgista polttolaitetta käyttäen tuotti kuutta filtteritöntä savuketta vastaavan määrän haitallista savua. (Ball 2001, 126.) Diatermiasavun koostumusta ja sen vaikutuksia henkilökunnan työturvallisuuteen on suomen kielellä viimeksi käsitelty terveydenhuollon ammattilaisille suunnatussa Lääkärilehden katsausartikkelissa lokakuussa 2019. Katsauksen mukaan kirurgiselle savulle altistuminen tarkoittaa altistumista savun haihtuvien yhdisteiden kemiallisille ja biologisille haittoille sekä biologista alkuperää oleville partikkeleille. Lisäksi kirurgisen savun mainitaan sisältävän viruksia, bakteereja, bakteerien osia ja karsinogeneenejä. Virus-DNA:ta on löydetty enemmän laser- ja ultraäänilaitteiden tuottamasta savusta ja kokonaisia soluja puolestaan diatermiasavusta. (Lankinen ym. 2019, 2439-2440.)

Pienhiukkanen tarkoittaa alle 2,5 mikrometriä halkaisijaltaan olevaa ilmakehän hiukasta. Hiukkaset ovat pahimpia ihmisten terveyteen vaikuttavista ilmansaasteista. Taus- tapitoisuuksien merkittävänä lähteenä ovat päästöjen kaukokulkeumat Keski- ja Itä-Euroopasta. (Suomen ympäristökeskus 2015.) Paikallisten pienhiukkaspäästöjen lähteinä ovat esimerkiksi palamisprosessit ja liikenne (Tilastokeskus 2019). Ulkoilman

pienhiukkaspäästöjen on Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) mukaan arvioitu aiheuttavan maassamme vuodessa noin 1800 ennen aikaista kuolemaa ja moninkertaisesti lievempiä haittoja (THL 2019). Diatermialaitteen käytöstä syntyvän savun todetaan suomalaisessa tutkimushankkeessa muistuttavan liikenteen päästöjä ja sisältävän terveydelle haitallisia pienhiukkasia. Savun pienhiukkaspäästöjen määrä vaihtelee käsiteltävän kudoksen mukaan. (Karjalainen ym. 2018.)

Hiukkasten vaikutukset elimistössä ovat moninaisia. Lievimmillään hiukkasaltistus aiheuttaa kurkun ja silmien kutinaa, yskää ja nuhaa. Pahimmillaan altistus voi pahentaa oireita esimerkiksi astmaatikoilla ja sydänsairailta. Hengitetyt hiukkaset aiheuttavat keuhkoissa hapettavaa stressiä, joka voi johtaa paikalliseen tulehdukseen, tulehduksen leviämiseen koko elimistöön tulehdusvälittäjäaineiden avulla sekä aiheuttaa verisuonten sisäseinämien toimintahäiriöitä. Erityisen haitallista terveydelle on pitkäkestoinen, vuosia jatkunut altistus. Pitkään jatkuneen altistuksen ja akuutin tulehdusreaktion aiheuttaman valtimon sisäseinämän toimintahäiriön seurauksena voi olla esimerkiksi suonon tukkeutuminen tai sydäninfarkti. THL:n mukaan päivinä, jolloin ilman pienhiukkaspitoisuudet ovat koholla, hengityselin- ja sydänsairauksiin liittyvät kuolemat ja sairaaloihin otot lisääntyvät samana ja muutamana seuraavana päivänä johdonmukaisesti. Myös lyhytaikaisen altistuksen on osoitettu vaikuttavan sydämen toimintaan. Ongelmallista on, että pienhiukkaspitoisuudelle ei ole pystytty määrittelemään rajaa, jonka alapuolella terveyshaittoja ei esiintyisi. Myös Suomen matalien pienhiukkaspitoisuuksien on todettu olevan yhteydessä terveyshaittoihin. (THL 2019.) Ilmatieteenlaitoksen mukaan jo $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylitävää pitoisuutta pidetään erittäin huonona. Vertailun vuoksi diatermialaitteen käytöstä voi muodostua jopa $1700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ partikkelikonsentraation pitoisuuksia (Liite 1). Leikkausalin henkilökunta altistuu pitkällä aikavälillä terveysriskin aiheuttaville pienhiukkasille. Pienhiukkasaltistus lisää sairastuvuutta ja kuolleisuutta. (Lindsey 2015, 440.) Hiukkasten koko vaikuttaa siihen, kuinka syvälle elimistöön ne pääsevät kulkeutumaan. Viiden mikrometrin tai suuremman halkaisijan hiukkaset jäävät ylähengitysteihin, halkaisijaltaan enintään kahden mikrometrin hiukkaset pääsevät kulkeutumaan alveolitasolle asti. Virukset ovat pienimpiä kirurgisen savun hiukkasista, halkaisijaltaan 0,01-0,3 mikrometriä. (Ulmer 2008, 724.)

Kirurgisen savun sisältämistä kemiallisista aineista osa on karsinogeenisia eli syöpää aiheuttavia. Toistuvaa karsinogeenisille aineille altistumista tulisi välttää. (Ball 2001, 126.) Karsinogeenisia kirurgisesta savusta löydettyjä yhdisteitä ovat muun muassa bentseeni ja tolueeni. Kirurgisen savun kemialliset komponentit aiheuttavat lisäksi silmä-,

ylähengitystie- ja ihoärsytystä sekä päänsärkyä. (Ulmer 2008, 726.) Porsaiden kudoksilla tehdyillä kokeilla diatermiasavusta pystyttiin mittaamaan muun muassa bentseeniä, tolueenia, akryyliamidia, formaldehydiä, vetysyanidia, hiilidioksidia ja asetaldehydiä. Kokeessa testattiin erilaisia sähköisiä kirurgisia instrumentteja ja mitä korkeamman lämpötilan laite muodosti, sitä myrkyllisempää oli savukaasu. Diatermialaitetta käytettäessä savukaasun myrkyllisten hiukkasten määrä oli suurin. Lisäksi savun koostumukseen vaikutti käsiteltävä kudostyyppi, käytetty jännite ja tekniikka. (Krones 2007, 118-121.) Formaldehydiä ja tolueenia on tosin havaittavissa leikkaussalin ilmassa taustapitoisuuksina, eikä kokeessa mitattu näitä määriä ennen kokeen suorittamista (Lindsey 2015, 435-436). Verrattaessa tupakansavuun kirurgisesta savusta on mitattu korkeampia tolueeni-, etyylibentseeni- ja ksyleenipitoisuuksia (Lankinen ym. 2019, 2441). Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista (HTP) lausutaan, että ”Pysyttäessä HTP-arvoissa säädettyjen pitoisuuksien alapuolella, ei altistumisesta olemassa olevan tiedon valossa pääsääntöisesti aiheudu enää haittaa tai vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle taikka lisääntymisterveydelle. Osa vaikutuksista (esimerkiksi syöpävaikutukset) on kuitenkin sellaisia, ettei täysin turvallista arvoa voida määrittää”. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2018.)

AORN- lehdessä (Association of Perioperative Registered Nurses) julkaistussa kirjallisuuskatsauksessa todetaan loppupäätelmänä, että diatermiasavu muodostaa potentiaalisesti vakavia työterveyshaittoja perioperatiivisessa ympäristössä sisältäen biologisia ja kemiallisia aineita, jotka ovat karsinogeenisia, mutageenisia ja mahdollisesti infektioita aiheuttavia. Tällä hetkellä tiedetään vain vähän siitä, mitä vaikutuksia kirurgiselle savulle altistumisesta seuraa työntekijöille. Yhdessä tutkimuksessa havaittiin, että riski sairastua keuhkosyöpään ei lisääntynyt leikkaussalin työntekijöillä. Toisen kyselymenetelmällä toteutetun tutkimuksen havaintona oli, että perioperatiivisilla hoitajilla oli enemmän hengitystieoireita kuin väestöllä keskimäärin. (Lindsey 2015, 437.)

4.2 Kirurgisen savun haittavaikutuksien ehkäiseminen

4.2.1 Leikkaussalien ilmanvaihto

Leikkaussalien ilmanvaihdolla on merkittävä vaikutus leikkaussalien ilmanlaatuun, ilmassa olevien mikrobien määrään, työturvallisuuteen sekä työhyvinvointiin. Ilmanvaihdolla ei voida täydellisesti poistaa mikrobeja ja epäpuhtauksia leikkaussalin ilmasta,

mutta tehokkaalla ja oikein mitoitetulla ilmanvaihdolla voidaan vähentää ilmassa olevien partikkelien määrää ja näin parantaa ilmanlaatua. Suuri osa leikkausaleissa esiintyvistä mikrobeista ja epäpuhtauksista on peräisin henkilökunnalta ja potilaalta. (Setälä 2017, 5-38.) Kansainvälisen standardoimisjärjestön mukaan leikkaussalin puhtausluokan on oltava vähintään ISO 7- tasoa, jolloin ilmassa on enintään 352 000 partikkelia $0,5 \mu\text{m}$ halkaisijaltaan (Balaras ym. 2007). Partikkelien suodattamiseksi käytetään usean suodattimen yhdistelmää, jolloin hiukkasia suodatetaan koon mukaan suuremmista hiukkasista pienempiin. Ensin tuloilma kulkee karkean suodattimen läpi ja jatkaa kulkeutumista lopulta hienosuodattimen läpi, usean suodattimen yhdistelmää käyttämällä myös vältetään ilmanvaihtokoneiden tukkeutumiselta. Leikkaussaleissa on puhtauden kannalta erityisen tärkeää suodattaa pienimmätkin hiukkaset, jolloin on käytettävä joko HEPA-suodattimia (High Efficiency Particulate Filter) tai ULPA-suodattimia (Ultra Low Penetration Air Filter). (Setälä 2017, 5-38.) Koska Suomessa ei ole viranomaisten taholta standardeja määrittämään leikkaussalien ilmanvaihdon riittävyttä, määritetään ilmanvaihto laskelemallisesti. Teknologian tutkimuskeskuksen mukaan leikkaussalin ilman tulisi vaihtua tunnin aikana vähintään 17 kertaa. (Enbom ym. 2012, 23.) Riittäväällä ilmanvaihtokertoimella voidaan vähentää ilmassa esiintyvien epäpuhtauksien pitoisuutta laimentamalla leikkaussalin ilmaa tuomalla saliin puhdasta suodatettua ilmaa. Leikkaussalin ilman vaihtuessa yhden kerran, arvioidaan ilman epäpuhtauksien vähentyvän 37 % edellisestä mitausarvosta, olettaen ilman sekoittuvan salissa täydellisesti. (Balaras ym. 2007.)

Yleisimmät leikkaussaleissa käytettävät ilmanvaihtomenetelmät ovat sekoittava ilmanjako ja laminaarivirtausta hyödyntävä vyöhykeilmanjako. Sekoittavan ilmanjaon toiminta perustuu puhtaan tuloilman sekoittumiseen leikkaussalin ilman kanssa, jolloin ilman partikkelipitoisuus laimenee. Puhaltimien suuntaamisessa on huomioitava, että puhdas tuloilma kulkeutuu leikkauspöydän kautta ja sitten leviää muualle leikkaussaliin. Leikkaussalissa on oltava riittävästi poistoilmalaitteita katon ja lattian tasolla, jotta varmistetaan ilman sekoittuminen sekä partikkelipitoisuuden laimentuminen. Lattiatasolle sijoitetulla poistolaitteella voidaan myös poistaa ilmaa raskaampia kaasuja, mitkä voivat olla haitallisia leikkaussalihenkilökunnalle ja potilaalle. (Setälä 2017, 5-38.)

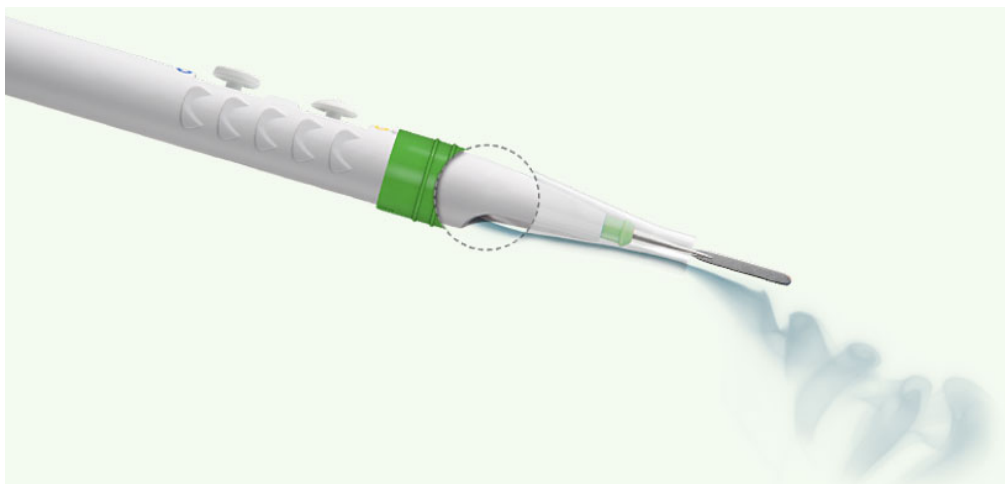
Laminaarinen ilmanjako perustuu kohtisuoran ilmavirtauksen hyödyntämiseen puhtaan alueen luomisessa. Leikkaussaleissa katosta tuleva kohtisuora virtaus huuhtelee leikkauspöytää puhtaalla ilmalla estäen muita leikkaussalissa olevia epäpuhtauksia kulkeutumasta leikkausalueelle. Laminaarista ilmanjakoa käytettäessä sijoitetaan poistoilmalaitteet vastaavalla tavalla kuin käytettäessä sekoittavaa ilmanjakoa. (Setälä 2017, 5-38.)

Laminaarinen virtaus edellyttää jatkuvaa keskeytymätöntä ilmavirtausta. Leikkaustilanteessa laminaarivirtaus on alttiina useille häiriötekijöille, jolloin ilmassa olevien partikkelien on mahdollista kulkeutua leikkausalueelle. Häiriöitä ilmanvirtaukseen aiheutuu kattoon sijoitetuista leikkausvalaisimista, pöydän ympärillä työskentelevistä henkilöistä, potilaasta ja muista laitteista. (Cao ym. 2018.) Leikkaussalihenkilökunnan ja laitteiden aiheuttamat vaikutukset ovat merkittävämpiä käytettäessä laminaarista ilmanjakoa verrattuna sekoittavaan ilmanjakoon (Cao ym. 2019).

4.2.2 Kohdepoisto

Kirurgista savua poistetaan leikkaussaleissa kohdepoistoa käyttämällä. Kohdepoistolla tarkoitetaan epäpuhtauden poistamista lähteestä tai sen välittömästä läheisyydestä (Työsuojelusanasto 2006/2008). Savunpoistoon tulisi kiinnittää huomiota, sillä savu voi haitata näkyvyyttä ja kirurgisen savun karsinogeenisten ja mutageenisten ominaisuuksien vuoksi henkilökunnan altistumista savulle tulisi välttää (Karjalainen ym. 2018).

Savuimuun tarkoitettuja laitteita on nykyään saatavilla runsaasti, mutta niiden käyttö ei ole toistaiseksi yleistynyt käytettäväksi jokaisessa diatermiasavua tuottavassa toimenpiteessä (Ball 2010). Yleisimpiä savunpoistoon käytettyjä välineitä ovat diatermiainstrumenttiin integroidut imut (Kuva 2), erillinen diatermiasavun poistoon suunniteltu savuimulaite, keskusimun käyttäminen diatermian yhteydessä ja nesteimun käyttö savunimemistarkoituksessa. Nesteimua ei ole suunniteltu käytettäväksi diatermiasavun poistoon, sillä sen savunpoistoteho on noin 50 % (Karjalainen ym. 2018).



Kuva 2. Aktiivielektrodiin integroitu savuimu.
(SafeAir®, Surgery without smoke. 2014)

Tampereen yliopiston ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteisessä tutkimushankkeessa tutkittiin eri kudoksista syntyvää diatermiasavua ja sen vaikutuksia työturvallisuuteen. Eri kudoksista muodostuva savu luokiteltiin ympäröivään ilmaan vapautuvien partikkelien haitallisuuden mukaan alhaisen pitoisuuden, keskisuuren pitoisuuden ja korkean pitoisuuden luokkiin. Alhaisen pitoisuuden sisältävää diatermiasavua syntyi operoitaessa ihoa, aivokudosta, keuhkoputkea tai ihonalaista rasvakudosta. Keskisuuren pitoisuuden sisältävää diatermiasavua muodostui operoitaessa munuaiskuorta, munuaisalasta ja lihaskudosta. Haitallisinta korkean pitoisuuden sisältävää diatermiasavua muodostui operoitaessa maksakudosta. (Karjalainen ym. 2018.)

Tutkimuksessa raportoitiin yhteneviä tuloksia aiempien tutkimusten kanssa, joiden mukaan epäpuhtauslähteen lähetyvillä työskentelevä leikkaussalihenkilökunta altistuu keskimäärin haitallisille pitoisuuksille. Operoitaessa keskisuuren ja korkean pitoisuusluokan kudoksia ilman paikallista savunpoistoa, partikkelikonsentraatio ylittää pitoisuuden $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kyseinen pitoisuus on Euroopan unionin ilmanlaatuindeksin mukaan epäterveellistä. Savuimua käyttämällä pystyttiin huomattavasti vähentämään partikkeli-altistusta. Taulukossa (Liite 1) havainnollistetaan laskennalliset arvot partikkelipitoisuuksille eri etäisyyksillä epäpuhtauslähteestä ja eri kudostyyppisiä operoitaessa. Tuloksissa havaittiin, että käytettäessä savuimua ja operoitaessa korkean pitoisuusluokan maksakudosta leikkaussalihenkilökunta altistui edelleen epäterveellisille pitoisuuksille. Alemman pitoisuusluokan kudoksia operoitaessa ja käytettäessä savuimua ilman partikkelipitoisuus pysyi turvallisella tasolla. (Karjalainen ym. 2018.)

Savuimun tehoa kartoittavassa tutkimuksessa todettiin imun etäisyys epäpuhtauslähteestä merkittävimmäksi tekijäksi savunpoiston tehokkuutta määriteltäessä. Lisäksi muita tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä oli imulaitteen suosan halkaisijalla ja käytetyllä ilmanvirtauksen nopeudella. Käytettäessä savuimulaitetta 2,2 cm halkaisijalla varustetulla suuttimella ja ilmanvirtauksen ollessa $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ sekä suuttimen ollessa 2,5 cm päässä epäpuhtauslähteestä, kyettiin poistamaan 99 % savusta. Suuttimen ollessa 7,6 cm päässä epäpuhtauslähteestä savua kyettiin poistamaan 53 %. (Schultz 2014, 292.) Savuimua ja korkean suojaustason hengityssuojainta (N95) suositellaan käytettäväksi operoitaessa etenkin keskisuuren ja suuren pitoisuusluokan kudoksia. (Karjalainen ym. 2018.)

Australian College of Operating Room Nurses - lehdessä julkaistussa kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin, mitkä tekijät vaikuttavat savunpoiston käyttöön tai käyttämättä

jättämiseen leikkaussaleissa. Suurin osa kirjallisuuskatsauksen aineistosta oli Yhdysvalloista ja Iso-Britanniasta. Kirurgin vähättelevä asenne savun haittoja kohtaan oli usein syynä päätökseen olla käyttämättä savunpoistolaitteistoa, eikä muu hoitohenkilökunta kokenut olevansa vastuussa tai voivansa vaikuttaa savunpoistolaitteiston käyttöön. Laitteistojen koko ja niiden aiheuttama meluhaitta mainittiin käytön esteinä. Uudemmissa savunpoistolaitteissa tämä haitta on huomioitu ja laitteet tuottavat vähemmän melua. Savunpoistolaitteen suutinosan koettiin myös olevan kömpelö, painava ja tukkeutuvan helposti. Jos henkilökunnan asenne savun terveydelle haitallisia vaikutuksia kohtaan oli vähättelevä, oli todennäköistä, että savunpoistoon ei suosituksista huolimatta sitouduttu. Positiivinen asenne savunpoiston suosituksia kohtaan näkyi myös käytännön toimintana. Esimiesten kannustus työympäristön turvallisuuden lisäämiseen ja työntekijöiden aikaansaamien positiivisten muutosten tunnustaminen koettiin tärkeäksi. Esimiesten nähtiin myös voivan vaikuttaa kirurgien asenteisiin muuta henkilökuntaa helpommin. Artikkelissa kuvattiin myös tuloksia, joiden mukaan henkilökunnan kouluttamisella oli merkittävä vaikutus: jos kirurgit ja hoitajat tiesivät savun haitoista, he todennäköisemmin käyttivät savunpoistolaitteita. (Holmes 2016, 39-41.)

4.2.3 Hengityksensuojainten käyttö

Terveydenhuollossa käytetyillä hengityksensuojaimilla tarkoitetaan yleensä joko kirurgista suu-nenäsuojainta tai korkeamman suojaustason hengityksensuojainta. Kirurgista suu-nenäsuojainta käyttämällä voidaan suojautua veri- ja eriteroiskeilta tai suojata toimenpiteissä steriilejä alueita suun ja uloshengityksen mikrobeilta. Kirurgisilla suu-nenäsuojaimilla ei voida suojautua ilmaitse tarttuvilta taudeilta. Tarttuvilta taudeilta suojaudutaan käyttämällä hengityksensuojaimia, jotka pystyvät suodattamaan alle 5 μm kokoiset pienhiukkaset ja taudinaiheuttajat. Hengityksensuojaimille ja CE-merkityille kirurgisille suu-nenäsuojaimille on asetettu tiukat viranomaiskriteerit. Korkean suojaustason hengityksensuojaimilla tarkoitetaan FFP3-suojaimia, joiden suojaustehon on oltava vähintään 98%. FFP3-suojain vastaa amerikkalaista N95-suojainta. (THL 2018.)

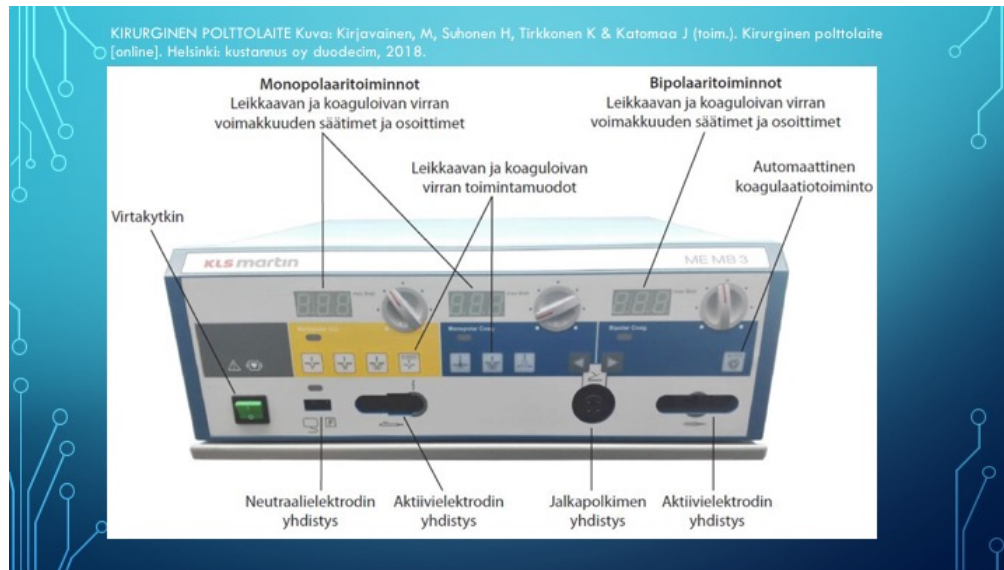
Kirurgisen suu-nenäsuojaimen ja hengityksensuojaimen suojaustehoa vertailevassa tutkimuksessa todettiin, että suu-nenäsuojaimet eivät suojaa leikkaussalihenkilökuntaa kirurgiselta diatermiasavulta. Suu-nenäsuojainten huono suojausteho selittyi suojainten

puutteellisella tiiveydellä, sillä ilman epäpuhtauksien ja pienhiukkasten on mahdollista kulkeutua suojaimen ja kasvojen väliin jäävistä aukoista. N95-hengityksensuojaimilla kyettiin saavuttamaan huomattavasti parempi istuvuus kasvoille ja parempi suojausteho. (Gao ym. 2016, 608-618.)

4.3 Opetusmateriaali kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksista leikkaussalin ilmanlaatuun työturvallisuuden näkökulmasta

Opetusmateriaali tuotettiin PowerPoint-tiedostoksi ja sisältää 14 diaa. Diat esitellään alkaen sivulta 22 ja päättyen sivulle 27. Dioihin sisällytettiin keskeiset tiedot lainsäädännöllisistä tekijöistä, savun vaikutuksista ilmanlaatuun ja terveyteen sekä keinoista vähentää haittoja. Diasarjan aluksi esitellään diatermialaite kuvana. Työturvallisuuslainsäädännön kerrotaan koskevan opiskelijaa työhön koulutuksen yhteydessä ja materiaali on suunniteltu herättämään työturvallisuuteen liittyvää pohdintaa jo opiskeluaikana. Pohdinnan tueksi diasarjan lopussa on esimerkkitapaus ja siihen liittyviä kysymyksiä.





TYÖTURVALLISUUSLAINSÄÄDÄNTÖÄ

- Työturvallisuuslakia sovelletaan myös oppilaan tai opiskelijan työhön koulutuksen yhteydessä. Tarkoituksena on

"parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi sekä ennalta ehkäistä ja torjua työtapaturmia, ammattitauteja ja muita työstä ja työympäristöstä johtuvia työntekijöiden fyysisen ja henkisen terveyden, jäljempänä terveys, haittoja."

- Työntekijällä on ilmoitusvelvoite ja työnantajalla yleinen huolehtimisvelvoite

"työnantajan ja työntekijöiden on yhteistoiminnassa ylläpidettävä ja parannettava työturvallisuutta työpaikalla"

Työturvallisuuslaki 738/2002 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

LEIKKAUSSALIN ILMANLAATUA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET

- "Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fyysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja." (Ympäristöministeriö 2017).
- Rakennusvaiheen jälkeen leikkaussalin ilmanvaihdon toimivuutta tai ilmanlaatua ei viranomaisten toimesta veloiteta mittaamaan (Setälä 2017).
- Kehitteillä yleiseurooppalainen standardi (CEN/TC156/WG18), jonka tavoitteena on luoda tavoitteet terveydenhuollon sisäilmastolle ja asettaa sille minimitaloiteet (Setälä 2017).

Setälä, A. 2017. Leikkaussalin ilmanvaihdon todentamismittaukset.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.

VAIKUTUKSET ILMANLAATUUN JA TERVEYTEEN

- Pienhiukkaset
 - Kurkun ja silmien kutina, yskä, nuha -> hengityselin- ja sydänsairauksien oireiden paheneminen
 - Pitäisyydelle ei ole pystytty määrittelemään rajaa, jonka alapuolella haittoja ei esiintyisi (THL 2019).
- Biologiset haitat
 - virukset, bakteerit, bakteerien osat (Lankinen 2019)
 - patogeenien välittyminen on mahdollista (Ball 2001)
- Kemialliset aineet
 - aiheuttavat yskää, hengitysteiden ärsytystä, silmien kirvelyä, päänsärkyä (Ulmer 2008)
 - osa karsinogeenisia (mm. bentseeni, tolueni), toistuvaa altistusta tulisi välttää (Ball 2001)

Ulmer, B. 2008. The Hazards of Surgical Smoke. Aorn Journal, Vol 87, No 4, 721-738.

Lankinen, P.; Parkkila, A.; Roine, R. & Turpeinen, M. 2019. Kirurginen savu toimenpiteissä – henkilöstön riskit ja suojaus. Lääkärilehti, Vol. 74, 43, 2439-2441.

Pienhiukkasten vaikutusmekanismit. 2019. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.

LASERIN JA SÄHKÖLLÄ TOIMIVAN POLTTOLAITTEEN KÄYTÖSTÄ VAPAUTUVIA KEMIKAALEJA (BALL 2001)

- Akroleiini – karsinogeeni, tupakassa
- Asetonitrilli - liuotin
- Akryylnitrilli – syövyttää mm. messinkä ja kuparia
- Asetyleni – polttoakaasi, osana kemikaalien valmistuksessa
- Bentseeni – karsinogeeni, päänsärky, heikotus, väsymys
- Butadieeni – ylähengitystieärsytys, silmien kirvely
- Buteeni – uneliaisuus, tajunnantason heikkeneminen
- Hiilimonoksidi – syrjäyttää hapen hemoglobiinissa
- Kresolit – muiden kemikaalien valmistuksessa
- Etaanit – muiden kemikaalien valmistuksessa
- Eteeni – uneliaisuus, tajunnantason heikkeneminen
- Formaldehydi – karsinogeeni
- Vapaat radikaalit – additio- ja substitutioreaktiot
- Syaaniety – heikotus, päänsärky, huijaus, sekavuus, huonovointisuus, oksentele, soluhengitysmyrky
- Isobuteeni - buteenin isomeeri
- Metaani – huijaus, pahoinvointi, päänsärky
- Fenoli – 2. kategorian mutageeni, nenän ja kurkun ärsytys
- Polysykliset aromaattiset hiilivedyt - karsinogeenit
- Propeeni – uneliaisuus, tajunnantason heikkeneminen
- Pyridiini – epamiellyttävä tuoksu, heikko emäs
- Pyrroli
- Styreeni – makeahko ja pistävä haju, ylähengitysteiden limakalvojen ja silmien ärsytys, keskushermoston toiminnan häiriöt
- Tolueni – väsymys, tasapainohäiriöt, huonovointisuus, päänsärky
- Ksyleeni – ks. tolueni


Vaikutukset: Työterveyslaitos 2017. OVA-ohjeet.

NO SMOKING!

- 1 g kudosta + laser = 3 filteritöntä savuketta
- 1 g kudosta + sähköllä toimiva kirurginen polttolaite = 6 filteritöntä savuketta

Ball, K. 2001. AANA Journal Course. Update for Nurse Anesthetists. The Hazards of Surgical Smoke. AANA Journal, Vol 69, No 2, 125-132.

(Alkuperäinen tutkimus Tomita ym. 1981.)



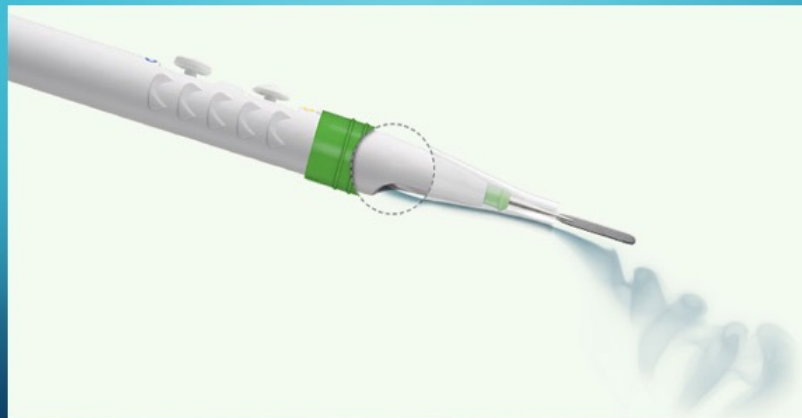
HAITTOJA VÄHENTÄVIÄ TEKIJÖITÄ

- Ilmanvaihto: sekoittava, laminaarinen.
-> Teknologian tutkimuskeskuksen ohjeellisten suunnitteluarvojen mukaan leikkaussalin ilman tulisi vaihtua yli 17 kertaa tunnissa.
- Kohdepoisto: pystytään poistamaan jopa 99% haitallisista savukaasuista (Schultz 2014)
- Henkilökunnan tietoisuus, koulutus, johdon tuki ja ohjaus, asenteet, ammatillinen varmuus.
-> kun savun haitoista tiedettiin, savunpoistolaitteiston käyttö oli todennäköisempää (Holmes 2016)

Schultz, I. 2014. An Analysis of Surgical Smoke Plume Components, Capture and Evacuation. AORN Journal, Vol 99, No 2, 289-298.

Holmes, S. 2016. Factors affecting surgical plume evacuation compliance. Journal of Perioperative Nursing in Australia. Vol 29, No 4, 39-42.

Diatermiakynä integroidulla savunpoistolla. Kuva: SafeAir® 2014.



TEHTÄVÄ:

Seuraavilla sivuilla on esitetty kuvitteellinen, mutta mahdollinen, tilanne leikkaussalissa. Pohdi parin kanssa esitettyjä kysymyksiä.

SAIRAAHOITAJAOPISKELIJANA LEIKKAUSSALISSA

Olet harjoittelemassa instrumentoivan hoitajan tehtäviä.

Leikkauksessa käytetään diatermialaitetta koaguloimaan verisuonia ja leikkaamaan kudoksia. Paikallinen savunpoisto ei ole käytössä, koska laitteesta aiheutuu tiimin kirurgin mielestä liian kova ääni ja se häiritsee hänen lempimusiikkinsa kuuntelua leikkauksen aikana. Lisäksi hän toteaa, että "on sitä savusaunassakin istuttu". Nyökyttelet muun henkilökunnan mukana, että mukavahan se on musiikkia kuunnella leikkauksen aikana.

POHDI PARIN KANSSA:

- > Miksi savunpoiston käyttämättä jättämisellä vain tämän kerran olisi niin suurta väliä?
- > Miten on mahdollista, että yhtä hoitajaa tiimistä savu alkaa yskittää, muita ei?
- > Mitä tilanteessa olisi pitänyt tapahtua ja millä perusteella?
- > Pohdi ammatilliseen asemaan liittyvän hierarkian hyviä ja huonoja puolia leikkaussaliolosuhteissa.
- > Pohdi sairaanhoitajaopiskelijan roolin ongelmia kuvatussa tilanteessa.
- > Pohdi tilannetta potilaan kannalta.

LÄHDELUETTELO

- Kirjavainen, M, Suhonen H, Tirkkonen K & Katomaa J (toim.). Kirurginen polttolaitte [online]. Helsinki: kustannus oy duodecim, 2018.
- Työturvallisuuslaki 738/2002. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020238>
- Setälä, A. 2017. Leikkaussalin ilmanvaihdon todentamismittaukset.
- Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Ympäristöministeriö.
- Ulmer, B. 2008. The Hazards of Surgical Smoke. Aorn Journal, Vol 87, No 4, 721-738.
- Lankinen, P.; Parkkila, A.; Roine, R. & Turpeinen, M. 2019. Kirurginen savu toimenpiteissä – henkilöstön riskit ja suojaus. Lääkärilehti, Vol. 74, 43, 2439-2441.
- Pienhiukkasten vaikutusmekanismit. 2019. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos.
- OVA-ohjeet. 2017. Työterveyslaitos.
- Ball, K. 2001. AANA Journal Course. Update for Nurse Anesthetists. The Hazards of Surgical Smoke. AANA Journal, Vol 69, No 2, 125-132.
- Schultz, I. 2014. An Analysis of Surgical Smoke Plume Components, Capture and Evacuation. AORN Journal, Vol 99, No 2, 289-298.
- Holmes, S. 2016. Factors affecting surgical plume evacuation compliance. Journal of Perioperative Nursing in Australia. Vol 29, No 4, 39-42.



5 OPINNÄYTETYÖN EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS

Opetus- ja kulttuuriministeriön asettama eettinen neuvottelukunta on julkaissut ohjeen hyvästä tieteellisestä käytännöstä ja sen loukkausepäilyjen käsittelystä (TENK 2012). Ohjeessa on esitetty yhdeksän keskeistä lähtökohtaa eettiselle ja luotettavalle tutkimukselle ja niitä käytettiin perustana opinnäytetyömme eettisyyden ja luotettavuuden arvioinnissa. Turun ammattikorkeakoulun kanssa tehty opinnäytetyösopimus on tallennettu Ankkuriin, jossa sitä säilytetään kuuden vuoden ajan.

Opinnäytetyö on tehty hyvää eettistä tutkimuskäytäntöä, rehellisyyttä ja yleistä huolellisuutta noudattaen. Muiden tutkijoiden työhön ja julkaisuihin on viitattu asianmukaisella tavalla kontekstia muuttamatta. Opinnäytetyön luotettavuutta voidaan arvioida kirjallisuuskatsaukseen valitun metodin soveltuvuudella. Oikean menetelmän valitsemiseksi on kyettävä ymmärtämään käytetyn menetelmän edellytykset ja pyrittävä käyttämään alkuperäislähteitä. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2010, 161-162.) Työn luotettavuutta tukee systemaattisen kirjallisuuskatsauksen menetelmän soveltaminen aineiston käsittelyssä (Stolt ym. 2016, 91). Menetelmän vaiheittaisella kuvaamisella osoitetaan työn läpinäkyvyyttä ja hakuprosessin kirjaamisella mahdollistetaan työn toistettavuus. Systemaattisesti toteutetun tietokantahaun tulosten luotettavuutta voidaan arvioida käytettyjen hakutermin, tietokantojen, hakukriteerien ja aineiston ajankohtaisuuden perusteella. Opinnäytetyön tekijöillä on oltava riittävän hyvä englannin kielen taito ja kyky ymmärtää aineiston käsitteitä ja ilmiöitä. Työn tekemiseen ei ole tarvittu tutkimuslupia, sillä aineisto on saatavilla julkisissa tietokannoissa. Opinnäytetyön tekijät eivät ole saaneet työlle rahoitusta. Tekijät eivät ole kohdanneet tilanteita, joissa olisi jouduttu pohtimaan esteellisyyttä. Aineiston säilyttämiseen, käyttöoikeuteen tai tietosuojaan liittyviä ongelmia ei esiintynyt. Käytetyt kuvat ovat julkisia ja niiden alkuperäiseen julkaisijaan on viitattu asianmukaisella tavalla. Tekijöillä ei ole taloudellisia sidonnaisuuksia tai muita intressejä laitetoimittajiin. Valmis työ julkaistaan sähköisessä muodossa Theseus-tietokannassa.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää narratiivisen kirjallisuuskatsauksen menetelmää hyödyntäen kirurgisen diatermialaitteen savun vaikutuksia leikkaussalin ilmanlaatuun työturvallisuuden näkökulmasta. Kirjallisen aineiston tulosten pohjalta laadittiin opetusmateriaali sairaanhoitajaopiskelijoille.

Diatermialaitteen savukaasun koostumuksesta ja vaikutuksista leikkaussalin ilmanlaatuun löydettiin kirjallista aineistoa. Saatavilla olevaa tutkimustietoa oli käsitelty useissa terveydenhuoltoalan ammattilaisille suunnatuissa lehtiartikkeleissa. Aineistoa analysoitaessa havaittiin useammankin kerran, että artikkeleissa käsiteltiin samoja lähteitä. Toisaalta opinnäytetyön tekijöiden mielestä asian käsittely ammattilehdissä lisää kirurgiselle savulle potentiaalisesti altistuvan henkilökunnan ja sairaanhoitoalan opiskelijoiden mahdollisuuksia tutustua aiheeseen sekä kiinnittää huomiota työturvallisuutta lisääviin toimenpiteisiin omalla työ- tai harjoittelupaikalla.

Tutkimuksissa todettiin yhtenevästi, että diatermialaitteen käytöstä syntyy terveydelle haitallisia savukaasuja. Savukaasujen vaikutuksista henkilökunnan terveyteen tiedetään puolestaan vasta vähän (Lindsey 2015, 437). Ongelmaksi tutkimuksen suhteen on osoittautunut, että savukaasun komponenteille altistuminen on vaihtelevaa esimerkiksi leikkauksen tyypistä, käytetystä sähkökirurgisesta laitteesta ja jännitteestä, käytössä olevista savukaasujen poistomenetelmistä, henkilökunnan valvutuneisuudesta ja koulutuksesta sekä suojaimien laadusta ja käytöstä tai käyttämättä jättämisestä riippuvista syistä. Tutkimusasetelman vakioiminen ja toistettavuus voi muodostua ongelmaksi mittaessa kirurgisen savun määrää ja laatua oikeassa leikkaussaliympäristössä. Toisaalta tiedetään, että esimerkiksi pienhiukkasille ei ole voitu määritellä rajaa, jonka alapuolella terveyshaittoja ei esiintyisi (THL 2019). Lisäksi henkilökunnan altistuminen savukaasun komponenteille on usein kumulatiivista: hiukkasille altistumista voi tapahtua jopa useamman vuosikymmen työuran aikana. Pidemmän aikavälin seuranta ei ole tähän mennessä toteutettu. Yksilöt myös reagoivat savukaasuun eri tavoin: oireiden esiintyminen yhdellä ei tarkoita sitä automaattisesti toisella. Tämä pätee myös päinvastaisessa tilanteessa. Myös suomenkielisissä terveydenhuollon ammattilaisille suunnatuissa julkaisuissa on kiinnitetty huomiota diatermialaitteen vaikutuksiin leikkaussalin ilmanlaatuun. Lääkärilehden artikkelissa todetaan savukaasun haittaavan näkyvyyttä leikkausalueella, aiheuttavan hajuhaittoja ja vapauttavan haitallisia aineita. Savukaasulle

altistumisen ei ole todettu artikkelin mukaan lisäävän sairastuvuutta tai syöpäriskiä, mutta savun yksittäisillä komponenteilla voi olla merkitystä riskeihin. Lisäksi savukaasu-altistumisen todettiin lisäävän raportoituja hengitystieoireita. (Lankinen ym. 2019, 2439.) Kirurgisen savun haittavaikutuksia voidaan ehkäistä käyttämällä paikallista savunpoistolaitetta ja tarvittaessa N95-tyyppistä hengityksensuojainta leikkauksissa, joissa vapautuu erityisen paljon pienhiukkasia (Lankinen ym. 2019, 2442). Kirjallisuuskatsauksessa (Holmes 2016, 39-41) selvitettiin tekijöitä, jotka vaikuttavat savunpoistolaitteistojen käyttöaktiivisuuteen leikkaussaleissa Yhdysvalloissa ja Iso-Britanniassa. Vaikuttavina tekijöinä mainittiin muun muassa kirurgien vähättelevä asenne ja hoitohenkilökunnan epävarmuus puuttua savunpoistolaitteiston käyttämättä jättämiseen. Opinnäytetyön tekijät pohivat leikkaussalissa mahdollisesti vallitsevan hierarkian vaikutuksia työturvallisuuden kannalta: jokaisen työntekijän tulisi olla asemassa, jossa työturvallisuuteen vaikuttaviin asioihin voisi ja pitäisi puuttua.

Opetusmateriaali haluttiin kehittää helposti lähestyttäväksi ja työturvallisuutta edistäväksi. Kirurgista polttolaitetta, kirurgisen savun aiheuttamia työturvallisuustekijöitä ja haittojen ehkäisyä käsiteltiin yleisellä tasolla. Huomiota haluttiin kohdentaa opiskelijan omaan pohdintaan tulevan ammatin työturvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tätä tavoitetta varten opetusmateriaali sisältää pohdintaan ja keskusteluun kannustavan esimerkkitapauksen kysymyksineen. Opinnäytetyön tekijät tunnistavat opiskelijan aseman harjoittelun aikana pitävän sisällään epävarmuutta ottaa kantaa harjoitteluympäristön mahdollisiin työturvallisuusriskeihin.

Opinnäytetyön tekemisen aikana keksittiin useita jatkotutkimusaiheita. Savukaasun määrää ja laatua voisi mitata oikean operaation aikana - haasteena toisin on olosuhteiden vakioiminen ja koeolosuhteiden toistaminen samanlaisina. Perioperatiivisen henkilökunnan kokemuksia leikkaussalin ilmanlaadusta ja mahdollisista vaikutuksista omaan terveyteen olisi mahdollista tutkia kyselytutkimuksen avulla. Suhtautumista ja asenteita työturvallisuusriskeihin olisi hyvä kartoittaa, sillä asenteet sekä edesauttavat että estävät työturvallisuuden paranemista. Lisätutkimusta tarvitaan sairaanhoitajaopiskelijoiden tai jo työssä toimivien sairaanhoitajien valmiuksista havaita työturvallisuuteen vaikuttavia seikkoja.

LÄHTEET

Alasuutari, P. 1995. Laadullinen tutkimus. Jyväskylä: Vastapaino.

Balaras, C.; Dascalaki, E. & Gaglia, A. 2007. HVAC and indoor thermal conditions in hospital operating rooms. *Energy and Buildings*, Vol 39, No 4, 454-470.

Ball, K. 2001. The Hazards of Surgical Smoke. *AANA Journal Course: Update for Nurse Anesthetists*. *AANA Journal*, Vol 69, No 2, 125-132.

Ball, K. 2010. Surgical Smoke Evacuation Guidelines: Compliance Among Perioperative Nurses. *AORN Journal*, Vol 92, No 2, 1-23.

Enbom, S.; Heinonen, K.; Kalliohaka, T.; Mattila, I.; Nurmi, S.; Salmela, H.; Salo, S.; Wirtanen, G. & VTT Expert Services Oy. 2012. High-tech sairaala – Korkean hygienian hallinta sairaaloissa. Teknologian tutkimuskeskus VTT.

Cao, G.; Nilssen, A.; Cheng, Z.; Stenstad, L.; Radtke, A. & Skogås, J. 2019. Laminar airflow and mixing ventilation: Which is better for operating room airflow distribution near an orthopedic surgical patient?. *American Journal of Infection Control*, Vol 47, No 7, 737-743.

Cao, G.; Storås, M.; Aganovic, A.; Stenstad, L. & Skogås, J. 2018. Do surgeons and surgical facilities disturb the clean air distribution close to a surgical patient in an orthopedic operating room with laminar airflow?. *American Journal of Infection Control*, Vol 46, No 10, 1115-1122.

Gao, S.; Koehler, R.; Yermakov, M. & Grinshpun, A. 2016. Performance of Facepiece Respirators and Surgical Masks Against Surgical Smoke: Simulated Workplace Protection Factor Study. *Annals of Occupational Hygiene*, Vol 60, No 5, 608-618.

Greener, J. & Grimshaw, J. 1996. Using meta-analysis to summarise evidence within systematic reviews. *Nurse researcher*, Vol 4, 27-38.

Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisuja 9/2018. Helsinki. Viitattu 19.11.2019. Saatavilla

https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160967/STM_09_2018_HTParvot_2018_web.pdf

Helenius, L. 2011. Diatermialaitteen käyttö: periaatteet ja turvallisuus. *Pinsetti* 4/2011. Saatavilla 08.10.2019

https://www.forna.fi/images/PDF_tiedostot/Pinsetit/pinsetti_2011_4.pdf

Hengityksensuojainten käyttö terveydenhuollossa. 2018. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Viitattu 30.11.2019. Saatavilla

<https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit/ohjeet-ja-saadokset/ohjeita-terveydenhuollolle/hengityksensuojainten-kaytto-terveydenhuollossa>

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

Hiukkasten terveysvaikutukset. Suomen ympäristökeskus, 2015. Saatavilla 3.11.2019

https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Paastojen_alueellinen_skenaariomallinnus_FRES/Hiukkasten_terveysvaikutukset

Holmes, S. 2016. Factors affecting surgical plume evacuation compliance. Journal of Perioperative Nursing in Australia. Vol 29, No 4, 39-42.

Honkanen, J. 2006. Kirurginen diatermialaite. Saatavilla 02.11.2019

<http://www.kolumbus.fi/jukka.u.honkanen/tdata/kirdiate.pdf>

Ilmanlaatustandardit. 2019. Euroopan Unioni. Viitattu 21.11.2019. Saatavilla

<https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

Ilmanlaatuindeksi. Ilmatieteenlaitos. Viitattu 21.11.2019. Saatavilla

<https://ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatuindeksi>

Tutkimusstrategiat, Laadullinen tutkimus & Määrällinen tutkimus. Jyväskylän yliopisto 2015. Viitattu 11.10.2019. Saatavilla

<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku>

Kankkunen, P. & Vehviläinen-Julkunen, K. 2010. Tutkimushoitotieteessä. Helsinki: WSOYpro Oy.

Karjalainen, M.; Kontunen, A.; Saari, S.; Rönkkö, T.; Leikkala, L.; Roine, A. & Oksala, N. 2018. The characterization of surgical smoke from various tissues and its implications for occupational safety. Plos One. Saatavilla 08.10.2019

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0195274>

Karma, A.; Kinnunen, T.; Palovaara, M. & Perttunen, J. 2016. Perioperatiivinen hoitotyö. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Khan, K.; Kunz, R.; Kleijnen, J. & Antes, G. 2003. Systematic Reviews to Support Evidence-based Medicine, How to review and apply findings of healthcare research. The Royal Society of Medicine Press Ltd, London.

Kirjavainen M, Suhonen H, Tirkkonen K & Katomaa J (toim.). Kirurginen polttolaite [online]. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 2018 viitattu (02.11.2019). Saatavilla Internetissä (vaatii käyttäjätunnuksen)

<https://www.oppiportti.fi/op/lko00005>

Krones, C.J.; Conze, J.; Hoelzl, F.; Stumpf, M.; Klinge, U.; Möller, M.; Dott, W.; Schumpelick, V. & Hollender, J. 2007. Chemical composition of surgical smoke produced by electrocautery, harmonic scalpel and argon beaming – a short study. *European Surgery*, Vol 39, No 2, 118-121.

Lankinen, P.; Parkkila, A.; Roine, R. & Turpeinen, M. 2019. Kirurginen savu toimenpiteissä – henkilöstön riskit ja suojaus. *Lääkärilehti*, Vol. 74, 43, 2439-2441.

Lindsey, C.; Hutchinson, M. & Mellor, G. 2015. The Nature And Hazards of Diathermy Plumes: A Review. *AORN Journal*, Vol 101, No 4, 428-442.

Massarweh, N.; Cosgriff, N. & Slakey, D. 2006. Electrosurgery: History, Principles, and Current and Future Uses. *The American College of Surgeons*, Vol 202, No 3, 520-530.

Meade, M. & Richardson, W. 1997. Selecting and appraising studies for a systematic review. *Annals of Internal Medicine*. Viitattu 29.11.2019. Saatavilla

<https://annals.org/aim/article-abstract/710841/selecting-appraising-studies-systematic-review>

Oxman, A. 1994. Systematic Reviews: Checklists for review articles. *British Medical Journal*. Viitattu 29.11.2019. Saatavilla

<https://www.bmj.com/content/309/6955/648.full>

Pienhiukkaset. Tilastokeskus, 2019. Saatavilla 30.10.2019

<https://www.stat.fi/meta/kas/pienhiukkaset.html>

Pienhiukkasten vaikutusmekanismit. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, 2019. Saatavilla 09.09.2019

<https://thl.fi/fi/web/ymparistoverveys/ilmansaasteet/pienhiukkasten-vaikutusmekanismit>

Sackett, D.; Rosenberg, W.; Gray, J.; Haynes, R. & Richardson, W. 1996. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *British Medical Journal*, 312, 71-2.

SafeAir®, Smoke pencil. Surgery without smoke. 2014. Viitattu 01.12.2019. Saatavilla

<http://safeair.ch/products/safeair-smoke-pencil>

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopisto. Viitattu 25.11.2019. Saatavilla https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Schultz, I. 2014. An Analysis of Surgical Smoke Plume Components, Capture and Evacuation. AORN Journal, Vol 99, No 2, 289-298.

Setälä, A. 2017. Leikkaussalin ilmanvaihdon todentamismittaukset. Saatavilla 6.11.2019 <http://ssty.fi/lvi-jaos/files/2017/12/LeikkaussalinIlmanvaihdonTodentamismittaukset-Aleksanteri-Setala.pdf>

Shuang, G.; Richard, K.; Michael, Y. & Sergey, G. 2016. Performance of Facepiece Respirators and Surgical Masks Against Surgical Smoke: Simulated Workplace Protection Factor Study. Annals of Occupational Hygiene, Vol 60, No 5, 608-618.

Stolt, M.; Axelin, A. & Suhonen, R. 2016. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turun yliopisto, Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. 73/2016. 2. korjattu painos. Turku: Juvenes print

TEPA-termipankki. 2006/2008. Työsuojelusanasto. viitattu 19.11.2018. Saatavilla <http://www.tsk.fi/tepa/fi/haku/kohdepoisto>

Tomita, Y.; Mihashi, S.; Nagata, K.; Ueda, S.; Fujiki, M.; Hirano, M. & Hirohata, T. 1981. Mutagenicity of Smoke Condensates Induced by Co₂-laser Irradiation and Electrocauterization. Mutation Research/Genetic Toxicology. Vol. 89, No 2, 145-149.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012. Helsinki. Viitattu 25.11.2019 https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Työturvallisuuslaki 2002/738. Annettu Helsingissä 23.08.2002. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=tyoturvallisuuslaki#L5P37>

Työturvallisuuden perusteet. Työturvallisuuskeskus. Saatavilla 2.11.2019 https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuoja/tyoturvallisuuden_perusteet

Tähtinen, H. 2007. Systemaattinen tiedonhaku hoitotieteen näkökulmasta. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto, Turku.

Ulmer, B. 2008. The Hazards of Surgical Smoke. AORN Journal, Vol 87, No 4, 721-738.

Ympäristöministeriö. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto: määräykset ja ohjeet. Helsinki. Saatavilla Google-hakupalvelussa 6.11.2019

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Saatavilla 6.11.2019

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009>

Liitteet

Liite 1. Partikkelien pitoisuudet eri etäisyyksillä ja kudostyypeillä. (Karjalainen ym. 2018)

Table 3. Spherical model approximation for particle concentrations from various distances, for the tested tissues.

Extrapolated particulate exposures	Distance (cm)	High-PM µg/m ³ , AQI	Medium-PM µg/m ³ AQI	Low-PM µg/m ³ AQI
40 W, without any smoke removal	30	1700 VH	500 VH	86 H
	50	360 VH	110 VH	19 L
	100	46 M	14 VL	2.3 VL
	200	5.6 VL	1.7 VL	0.29 VL
40 W, with general purpose surgical suction (-50%)	30	870 VH	260 VH	44 M
	50	190 VH	56 VH	9.7 VL
	100	24 L	7.1 VL	1.2 VL
	200	2.9 VL	0.88 VL	0.15 VL
40 W, with integrated smoke evacuator (-88%)	30	200 VH	60 H	10 VL
	50	44 M	13 VL	2.3 VL
	100	5.6 VL	1.7 VL	0.28 VL
	200	0.68 VL	0.21 VL	0.036 VL

A high-PM (liver), medium-PM (kidney, skeletal muscle) and low-PM (skin, subcutaneous fat, lung and brain). PM_{2.5} Air quality index (AQI) for one hour exposure. Very low (VL), Low (L), Medium (M), High (H), Very High (VH).