



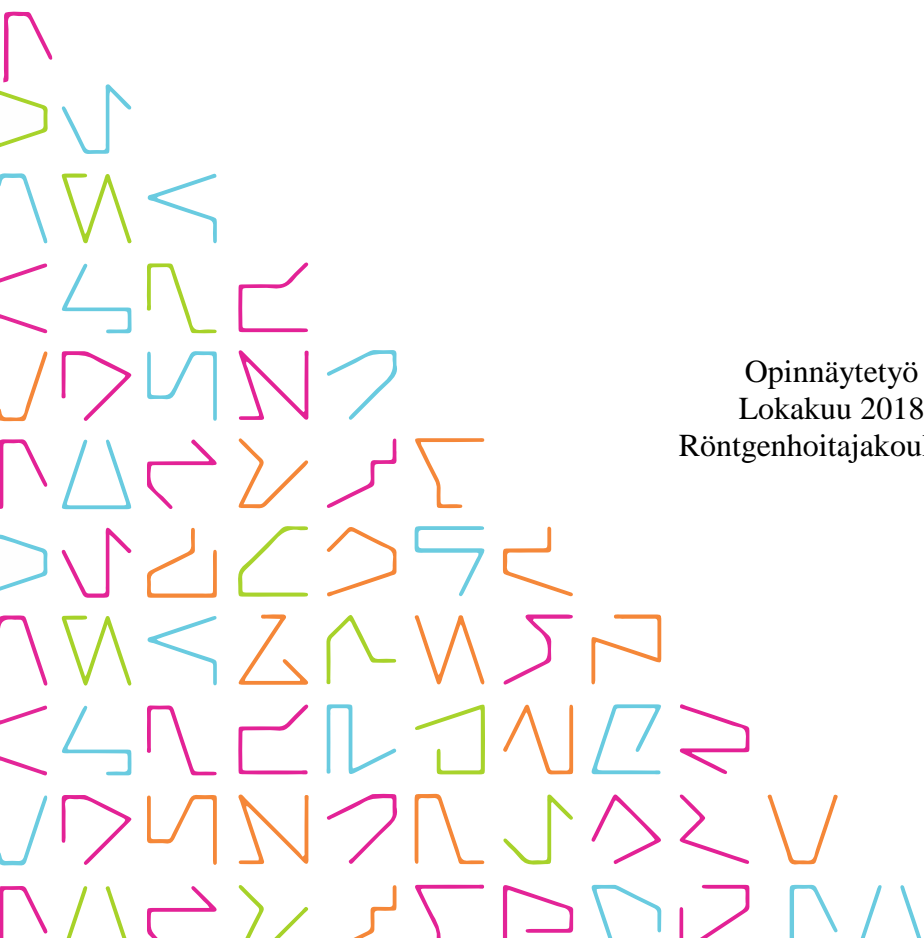
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PÄÄN ALUEEN KARTIOKEILATIETOKONE- TOMOGRAFIATUTKIMUSTEN SÄTEILYANNOKSET

Samuli Kesola

Anne Ruupunen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2018
Röntgenhoitajakoulutus



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Röntgenhoitajakoulutus

KESOLA SAMULI & RUUPUNEN ANNE:

Pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimusten säteilyannokset

Opinnäytetyö 38 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Lokakuu 2018

Kartiokeilatietokonetomografia (KKTT) on kolmiulotteinen kuvantamismenetelmä, jota käytetään muun muassa hammaslääketieteellisessä radiologiassa. STUK teki vuonna 2016 päätöksen, jossa määritettiin vertailutasot neljälle eri kuvausindikaatiolle pään alueen KKTT-tutkimuksissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä yhteistyökumppanin tietoa säteilyannoksista pään alueen KKTT-tutkimuksissa. Tarkoituksena oli kerätä aineistoa potilaiden saamista säteilyannoksista yhteistyökumppanin suorittamissa KKTT-tutkimuksissa ja verrata säteilyannosten keskiarvoja STUKin asettamiin vertailutasoihin. Opinnäytetyö oli tyypiltään määrällinen tutkimus. Aineisto analysoitiin tilastointimenetelmillä.

Annoskeskiarvo Indikaatiossa 1 oli $355,1 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$, Indikaatiossa 2 $89,3 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$, Indikaatiossa 3 $235,6 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$ ja Indikaatiossa 4 $1290,5 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$. Tulosten mukaan Indikaation 1 annoskeskiarvo oli 1,4 % vertailutason alapuolella, Indikaatio 2 oli 76,5 % vertailutason alapuolella ja Indikaatio 3 oli 57,2 % vertailutason alapuolella. Indikaatio 4 taas oli 12,2 % vertailutason yläpuolella.

Vain Indikaation 4 annoskeskiarvo ylitti vertailutason. Indikaation 1 annoskeskiarvo alitti niukasti vertailutason ja Indikaatioiden 2 ja 3 annoskeskiarvot olivat huomattavasti vertailutasojen alapuolella.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiotherapy

KESOLA SAMULI & ANNE RUUPUNEN:
Patient Doses in Maxillofacial Cone-Beam Computed Tomography

Bachelor's thesis 38 pages, appendices 6 pages
October 2018

The objective of this study was to increase the knowledge of the collaborating partner on patient doses in maxillofacial cone-beam computed tomography (CBCT). The purpose of the study was to gather information on patient doses in maxillofacial CBCT examinations performed by the collaborating partner. The mean doses were compared to the reference levels set by the Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland.

The study employed a quantitative research method. The data were gathered from four different imaging indications (Indication 1–4) and consisted of patient radiation doses and various imaging variables. The gathered data were analyzed with statistical programmes.

The mean dose was 355,1 mGy×cm² in Indication 1; 89,3 mGy×cm² in Indication 2; 235,6 mGy×cm² in Indication 3; and 1290,5 mGy×cm² in Indication 4. According to the results, the mean patient dose was 1,4 % under the reference level in Indication 1, 76,5 % under the reference level in Indication 2, 57,2 % under the reference level in Indication 3 and 12,2 % over the reference level in Indication 4.

When compared to the reference levels, the mean of Indication 4 was above the reference level. The mean of Indication 1 was under the reference level with a small margin. The remaining two indication means were under the reference levels with considerable margins.

Key words: cone-beam computed tomography, patient dose, reference level

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	LEUKOJEN, HAMPAISTON JA NENÄN SIVUONTELOIDEN ANATOMIA	6
3	KARTIOKEILATIETOKONETOMOGRAFIA.....	8
	3.1 Laitteisto ja kuvanmuodostus	8
	3.2 Tutkimusmenetelmän edut ja rajoitteet.....	10
	3.3 Säteilyannokset kartiokeilatietokonetomografiassa.....	12
4	SÄTEILYSUOJELU JA VERTAILUTASOT.....	13
	4.1 Säteilysuojelun historiaa	13
	4.2 Säteilysuojelun periaatteet	14
	4.3 Euroopan Unionin direktiivit ja Suomen lainsäädäntö	15
	4.4 Kartiokeilatietokonetomografian diagnostiset vertailutasot	16
5	TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT.....	18
6	MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT	19
	6.1 Määrällinen tutkimus	19
	6.2 Aineistonkeruu.....	19
	6.3 Aineiston analyysi.....	22
7	TUTKIMUSTULOKSET.....	24
8	POHDINTA.....	26
	8.1 Tulosten tarkastelu	26
	8.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	29
	8.3 Oma oppimiskokemus ja jatkotutkimusehdotus	30
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	33
	Liite 1. Tiedonkeruulomake	33
	Liite 2. Muuttujan arvojen toisistaan riippumattomien ryhmien testien teoreettinen viitekehys	34
	Liite 3. Tutkimusaineistosta tehtyjen Mann-Whitney U -testin tulosteet.....	36
	Liite 4. Tutkimusaineistosta tehtyjen Kruskal-Wallis-testien tulosteet.....	37

1 JOHDANTO

Kartiokeilatietokonetomografia (KKTT) on kolmiulotteinen kuvantamismenetelmä, jolla voidaan kuvata pään aluetta ja raajoja. Menetelmä on suhteellisen tuore, mutta silti vakiintunut hammaslääketieteellisessä radiologiassa. KKTT:n etuna on muun muassa tarkka kovakudosten erottuvuus. (Suomalainen & Koskinen 2015, 1063–1064.) Vuonna 2016 pään alueen tutkimuksiin tarkoitettuja KKTT-laitteita oli Suomessa 89 kappaletta (Pastila 2017, 39). Turnbull-Smithin (2016) kyselytutkimuksen mukaan Suomessa tehtiin 1674 pään alueen KKTT-tutkimusta kuukausittain. Näistä suurin osa oli preoperatiivisten implanttihoidon (536 kpl), poskionteloiden (329 kpl), hammasjuurien (195 kpl) sekä viisaudenhampaan ja mandibulaarikanavan (178 kpl) tutkimuksia. (Turnbull-Smith 2016, 56.)

Vuoden 2016 alussa astui voimaan Säteilyturvakeskuksen (STUK) päätös (12/3020/2016) potilaan säteilyaltistuksen vertailutasoista pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimuksissa. Tätä ennen vertailutasoja ei ollut. Vertailutasot koskevat vain aikuisten tutkimuksia. Päätös velvoittaa toiminnan harjoittajia ottamaan käyttöön vertailutasot niille tutkimuksille, joille sellainen on annettu.

Opinnäytetyön yhteistyökumppani haluaa tietoa kuvaustoiminnassa saatavista potilaiden säteilyannoksista pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimuksissa, sekä säteilyannosten vertailua vertailutasoihin. Tässä yhteydessä pään alueen tutkimuksilla tarkoitetaan hampaiston, leukojen osalta mandibulaarikanavan ja nenän sivuonteloiden kuvauksia. Opinnäytetyössä tutkitaan potilaiden saamia KKTT-säteilyannoksia ja verrataan niitä STUKin asettamiin vertailutasoihin. Opinnäytetyö on tarpeellinen, sillä aiheen saamisen aikaan vastaavaa vertailua ei oltu tehty yhteistyökumppanin taholla sen jälkeen, kun vertailutasot asetettiin. Lisäksi säteilysuojelullisesti aihe on tärkeä, sillä vertailutasoja käytetään osana laadunvarmistusta ja optimointia.

2 LEUKOJEN, HAMPAISTON JA NENÄN SIVUONTELOIDEN ANATOMIA

Leuat koostuvat yläleuasta (lat. maxilla) ja alaleuasta (lat. mandibula). Yläleuka koostuu parillisista yläleuanluista ja ne muodostavat suuontelon yläosan eli suulaen. Alaleuka muodostuu alaleuanluusta. Alaleuanluun runko on muodoltaan kaareva ja molemmin puolin on alaleuanluun haarat. Alaleuan sisällä kulkee kanava, jota pitkin kulkee verisuonitus ja hermotus hampaisiin. Sekä ylä- että alaleuassa on hammaskuoppaharjanne, jonka hammaskuopissa sijaitsevat ylä- ja alahampaat. (Drake, Mitchell & Gray 2005, 983–986, 1008–1011.)

Hampaat jaetaan maitohampaisiin ja pysyviin hampaisiin. Maitohampaat vaihtuvat pysyviin hampaisiin 12 ikävuoteen mennessä. Tähän ei ole laskettu mukaan taaimmaisista poskihampaita, joiden puhkeaminen voi mennä aikuisiälle asti. Aikuisilla on normaalisti 32 pysyvää hammasta. (Moore, Dalley & Agur 2010, 932–933.) Sekä ylä- että alaleuassa on neljä etuhammasta, kaksi kulmahammasta, neljä välihammasta ja kuusi poskihammasta (Drake ym. 2005, 1008). Etuhampaissa on leikkaava pinta ja ne sijaitsevat leukojen etuosassa. Kulmahampaat sijaitsevat etuhampaiden takana. (Moore, Dalley & Agur 2010, 932–933.) Ne ovat muodoltaan kartiomaisia ja hampaista pisimpiä. Kulmahampaiden jälkeen tulevat välihampaat. Välihampaissa on kaksi huippua, joista toinen on posken puolella hammasta ja toinen kielen puolella. Taaimmaisina leuoissa on poskihampaat, joissa voi olla kolmesta viiteen huippua. (Drake ym. 2005, 1009.)

Hammas koostuu kruunusta, kaulasta ja juuresta. Kruunu on hampaan näkyvä osa ikenien yläpuolella. Hampaan kaula sijaitsee kruunun ja juuren välissä. Juuri on kiinnittynyt hammaskuoppaan ja juurien lukumäärä riippuu hampaan tyypistä. (Moore ym. 2010, 932–934.) Etu- ja kulmahampaissa on yksi juuri, välihampaissa voi olla yksi tai kaksi juurta, ja poskihampaissa on kolme juurta (Drake ym. 2005, 1009). Suurin osa hampaan rakenteesta on hammasluuta eli dentiiniä. Hammasluuta peittää juuressa sementti ja kruunussa kiille. Hampaan sisällä on ydinontelo, joka sisältää muun muassa verisuonia ja hermoja. Hermot ja verisuonet kulkevat ydinontelosta hampaan juurissa sijaitsevia juurikanavia pitkin juuren kärkeen. (Moore ym. 2010, 932–934.)

Nenän sivuontelot (lat. sinus paranasales) ovat nenäonteloon liittyviä ilman täyttämiä onteloita, jotka sijaitsevat kallo luissa (Moore ym. 2010, 960). Nenän sivuonteloita on neljä;

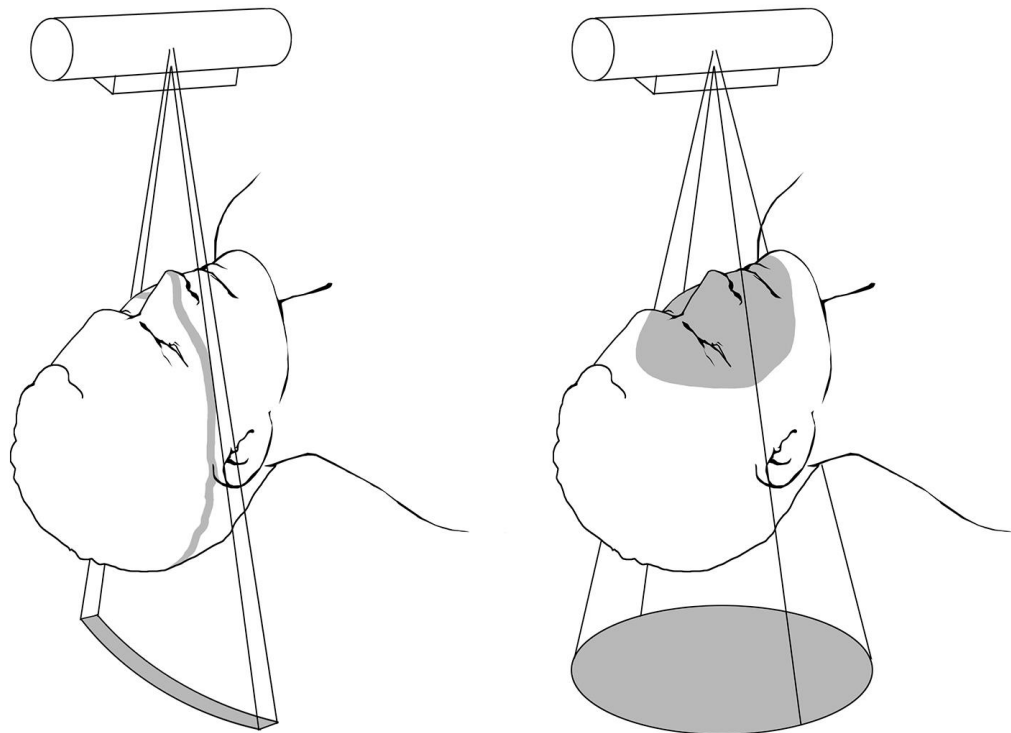
otsaontelot, seulalokerot, kitaluun ontelo ja poskiontelot (Drake ym. 2005, 970). Vasen ja oikea otsaontelo sijaitsee otsaluussa kummallakin puolen pään keskiviivaa. Niiden koko voi vaihdella paljon eri yksilöiden välillä. (Moore ym. 2010, 963.) Otsaontelot ovat muodoltaan kolmiomaiset (Drake ym. 2005, 971). Seulalokerot ovat pieniä ilman täyttämiä pussimaisia rakenteita seulaluussa nenäontelon ja silmäkuoppien välissä (Moore ym. 2010, 963). Ne jaetaan sijaintinsa perusteella anteriorisiin, keskimmäisiin ja posteriorisiin seulalokeroihin (Drake ym. 2005, 971). Kitaluun ontelo sijaitsee nimensä mukaisesti kitaluussa. Poskiontelot ovat suurimmat nenän sivuonteloista. Niitä on kaksi ja ne sijaitsevat yläleukaluissa nenäontelon molemmilla puolilla. (Moore ym. 2010, 963.) Poskiontelot ovat muodoltaan pyramidimaisia (Drake ym. 2005, 972).

Hammaslääketieteessä kartiokeilatietokonetomografiaa käytetään pään alueen luisten rakenteiden arviointiin (Scarfe & Farman 2008, 728). Kuvaamisen syinä voi olla muun muassa puhkeamattomat tai ylimääräiset hampaat, hammasimplantit, tulehdukset ja leukojen leesiot, kystat tai tuumorimassat (Boeddinghaus & Whyte 2017, 4).

3 KARTIOKEILATIETOKONETOMOGRAFIA

3.1 Laitteisto ja kuvanmuodostus

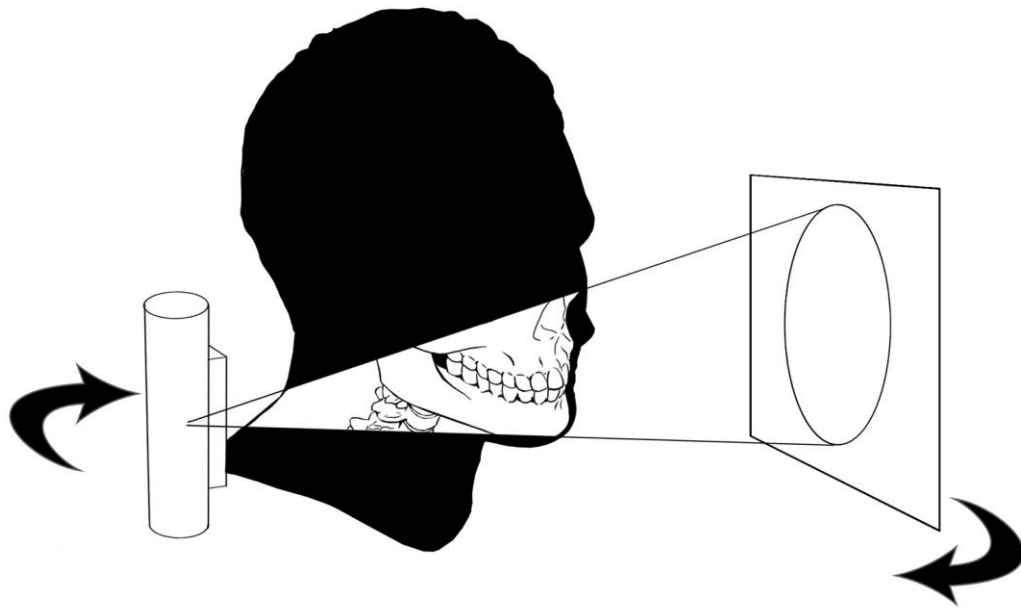
KKTT-laitteiston gantry koostuu C-kaaresta, jonka vastakkaisille puolille on kiinnitetty röntgenputki ja detektori (Pauwels, Araki, Siewerdsen & Thongvigitmanee 2014, 3). Säteilykeila on pyramidin tai kartion muotoinen ja kuvauskohde keskitetään säteilykeilan keskelle. Kuvattavan kohteen toisella puolella oleva detektori vastaanottaa läpimenneen vaimentuneen säteilyn. (Scarfe & Farman 2008, 708.) Säteilykeilan geometriaa havainnollistaa kuva 1. Kuvassa oikealla on esitetty kartiokeilatietokonetomografiassa käytettävä kartion muotoinen säteilykeila. Vertailun vuoksi kuvaan on piirretty vasemmalle myös tietokonetomografian viuhkamainen säteilykeila.



KUVA 1. Säteilykeilan geometria tietokonetomografiassa ja kartiokeilatietokonetomografiassa (Kuva: Suvi Järvinen 2018)

Gantry pyörittää kuvattavan kohteen ympäri tehden täyden tai osittaisen pyörähdysen. Yksi gantryn pyörähdys riittää tuottamaan tarvittavan kuvadatan, sillä kuvattava kohde

sisältyy kokonaan kuva-alaan (englanniksi field of view, FOV). FOV määrää kuinka suuri tilavuus on mahdollista kuvata. FOV:iin vaikuttaa detektorin koko ja muoto, sekä sädekeilan geometria ja sen rajaaminen. (Scarfe & Farman 2008, 708, 711–712.) KKTT-laitteistoja on erilaisia, mutta hammaslääketieteessä käytetyissä laitteistoissa potilas kuvataan yleensä seisaaltaan tai istuen (Pauwels ym. 2014, 3; Scarfe & Farman 2008, 710). Kuva 2 esittää röntgenputken ja detektorin pyörähdystä potilaan ympärillä.



KUVA 2. Röntgenputken ja detektorin pyörähtäminen kuvattavan kohteen ympäri (Kuva: Suvi Järvinen 2018)

Pyörähdysten aikana KKTT-laitteisto ottaa sarjan kaksikulotteisia kuvia. Kuvien määrä vaihtelee, mutta lukumäärä voi olla sadasta yli kuuteen sataan. (Pauwels ym. 2014, 5; Scarfe & Farman 2008, 708.) Jokainen yksittäinen kuva vaimentuneesta säteilystä otetaan hieman eri kulmassa edelliseen kuvaan nähden. Säteily voi olla jatkuvaa tai pulsoivaa, jolloin säteilyä muodostuu vain silloin kun se on kuvanmuodostuksen kannalta tarpeellista. Potilaan säteilyaltistus on pulsoivalla säteilymuodostuksella huomattavasti pienempää verrattuna jatkuvaan säteilyyn. Kuvien määrään vaikuttaa kuinka monta kuvaa laitteiston on mahdollista ottaa sekunnissa (frame rate), onko pyörähdys kokonainen vai vajaa, ja kuinka nopeasti pyörähdys tapahtuu. Mitä enemmän kuvasarjassa on kuvia, sitä parempi on rekonstruoitujen kuvien kuvanlaatu. Kuvien määrä kuitenkin vaikuttaa myös

potilaan säteilyannokseen, sillä potilas saa säteilyä enemmän, kun kuvien määrä nousee. (Scarfe & Farman 2008, 711, 713.)

Kaksiulotteinen kuvasarja toimii pohjana kuvien rekonstruktioille. Kuvia käsittelemällä saadaan aikaan kolmiulotteinen kuvadata. Kuvien käsittely tapahtuu tietokoneella. Rekonstruktion kestoon vaikuttaa kuvadata, tietokoneen teho ja käytetty ohjelmisto. Ennen rekonstruktioita raakakuvat esikäsitellään detektorin aiheuttamien virheiden poistamiseksi. (Scarfe & Farman 2008, 714–717.) Raakakuvien esikäsitelymenetelmät vaihtelevat eri laitevalmistajien välillä (Pauwels ym. 2014, 7). Rekonstruktiossa kuvadata käsitellään kaksiulotteisiksi viipalekuviksi kolmessa eri suunnassa (aksiaali-, sagittaali- ja koronaalisuunnat), joista kootaan kolmiulotteinen visualisointi (Scarfe & Farman 2008, 716–717).

Resoluutio tarkoittaa sitä, kuinka pieniä rakenteita kuvasta voidaan erottaa (Pauwels ym. 2014, 11). Kolmiulotteisen kuvan resoluutio perustuu vokseleihin, eli kuvan yksittäisiin tilavuuselementteihin. Vokselikoko määräytyy detektorin pikselikoon mukaan. Kartiokeilatietokonetomografiassa vokselit ovat isotrooppisia, eli vokselin mitat ovat samat jokaisessa suunnassa. (Scarfe & Farman 2008, 714.) Kuvien rekonstruktiossa jokaiselle vokselille annetaan harmaasävy arvo perustuen säteilyn vaimenemiseen kudoksessa (Pauwels ym. 2014, 7).

3.2 Tutkimusmenetelmän edut ja rajoitteet

KKTT-laitteisto on fyysisesti pienikokoinen ja esimerkiksi tietokonetomografialaitteistoon verrattuna edullinen hinnaltaan. Se soveltuu erityisen hyvin luisten rakenteiden kuvaamiseen. Kuvausaika ei poikkea merkittävästi hampaiston panoraamakuvauksesta, mutta rekonstruktio vie huomattavasti kauemmin aikaa. (Scarfe & Farman 2008, 717–721.) Yhden pyörähdyksen kesto on noin 10–40 sekuntia (Pauwels ym. 2014, 5). Säteilykeilan rajaaminen mahdollistaa säteilyn rajoittamisen vain kiinnostuksen kohteena olevalle alueelle. Kuvien resoluutio on korkea pienen vokselikoon ja vokselien isotrooppisuuden vuoksi. KKTT:n tuottama kolmiulotteinen kuvamateriaali antaa anatomisista rakenteista tietoa, jota ei ole mahdollista saada hammaslääketieteen perinteisemmistä kaksiulotteisista kuvantamismenetelmistä. Kuvia on myös mahdollista tarkastella ja käsitellä monipuolisesti tietokoneella. (Scarfe & Farman 2008, 717–721.)

KKTT:n rajoitteet johtuvat lähinnä säteilykeilan geometriasta, detektorien herkkyydestä ja kontrastiresoluutiosta. Kuvien laatuun vaikuttaa artefaktat, kohina ja heikko pehmytkudoskontrasti. (Scarfe & Farman 2008, 724–726.) Pauwels ym. (2014, 12) määrittelee artefaktan sellaiseksi alueeksi kuvassa, joka ei vastaa todellista kuvattua kohdetta. Artefaktat voivat huonontaa kuvanlaatua merkittävästi (Angelopoulos, Scarfe & Farman 2012, 13). Artefaktat voivat johtua röntgensäteilystä, potilaasta, laitteistosta tai säteilykeilan geometriasta (Scarfe & Farman 2008, 724–726).

Potilaasta johtuvat artefaktat ovat lähinnä liikeartefaktoja (Scarfe & Farman 2008, 724). Potilaan liikkuminen kuvauksen aikana aiheuttaa kuviin epäterävyyttä, jonka voimakkuus riippuu potilaan liikkeen määrästä (Pauwels ym. 2014, 13). Päätuen käyttö ja kuvausajan pitäminen minimissä ovat tehokkaimmat keinot vähentää potilaan liikkumista. Myös potilaan yllä olevat metalliesineet kuten korut tai hammasproteesit voivat aiheuttaa artefakttaa röntgensäteilyn kovenemisestä johtuen. Metalliesineet tulee riisua ennen kuvausta ja mahdolliset hammasimplantit tulisi pyrkiä rajaamaan kuva-alueen ulkopuolelle. (Scarfe & Farman 2008, 724–725.) On myös olemassa rekonstruktioalgoritmeja, jotka vähentävät metalliartefaktojen määrää (Pauwels ym. 2014, 13). Säteilyn koveneminen aiheuttaa myös kuviin tummia raitoja kahden tiheän kohteen väliin (Scarfe & Farman 2008, 724).

Laitteistosta johtuvat artefaktat näkyvät kuvissa ympyrän muotoisina. Niiden syynä on virhe kuvanluennassa, joka toistuu samankaltaisena jokaisessa kulmassa detektorin pyörähdysten aikana. Laitteiston pyörähdysten aikana otettavien kuvien määrä vaikuttaa kuvanlaatuun. Jos rekonstruktiossa on käytettävissä liian vähän kuvamateriaalia, se johtaa kuvavirheisiin. Kuvanlaatu ei välttämättä kärsi dramaattisesti, mutta pieniä kohteita kuvattaessa riittävä kuvanlaatu yksityiskohdissa on tärkeää. Tämä kuvanlaadullinen ongelma on vältettävissä ottamalla tarpeeksi monta projektiota kuvauksen aikana. (Scarfe & Farman 2008, 725–726.)

Säteilykeilan kartiomainen muoto voi aiheuttaa vääristymiä ja raitoja kuviin, sekä kohinaa kuvan reuna-alueille. Tämä johtuu siitä, että säteilykeilan muodosta johtuen detektorin reuna-alueet rekisteröivät vähemmän läpituullutta säteilyä kuin sen keskiosat. Säteilykeilan geometrian johdosta säteilytettävä tilavuus on suuri jokaisessa yksittäisessä kuvassa pyörähdysten aikana (Scarfe & Farman 2008, 726–727). Tämä saa aikaan paljon hajasäteilyä, kun röntgensäteilyn fotonit siroavat potilaassa (Pauwels ym. 2014, 12).

Suuri osa tästä hajasäteilystä osuu detektoriin ja osallistuu kuvanluentaan. Hajasäteily saa kuvissa aikaan kohinaa. Hajasäteily vähentää myös kontrastiresoluutiota, minkä johdosta KKTT-menetelmällä on huono pehmytkudoskontrasti. Liian suuri vokselikoko kuvatta-vaan anatomiaan nähden voi aiheuttaa kuvavirheitä silloin, kun yhden detektorin pikselin sisään osuu useita anatomisia kohteita, joilla on erilainen tiheys. Pikselin harmaasävyarvo ei vastaa todellisuutta, vaan on painotettu keskiarvo eri kudosten harmaasävyistä. Tämä on ongelma erityisesti kahden erilaisen kudoksen rajalla ja alueilla, joissa on äkkinäisiä tiheysvaihteluita kudoksissa. Kuvavirheiden vähentämiseksi vokselikoon tulee olla mahdollisimman pieni. (Scarfe & Farman 2008, 726–727.)

3.3 Säteilyannokset kartiokeilatietokonetomografiassa

Potilaan saama säteilyannos on suhteellinen sähkömäärään (mAs), eli käytetyn putkivirran ja säteilytysajan tulon kanssa. Se, tekeekö laitteisto täyden vai vajaan pyörähdyksen vaikuttaa myös säteilyannokseen. Joillakin laitteistoilla pyörähdyksen laajuus vaikuttaa mAs-arvoon, jolloin vajaa pyörähdys tarkoittaa myös pienempää säteilyannosta. Pulsoidun säteilyntuoton käyttäminen vähentää huomattavasti potilaan saamaa sädeannosta, sillä tutkimuksen kokonaisuudesta säteilyä tuotetaan vain murto-osa. Myös pyörähdyksen aloituskohdalla on säteilysuojelullisesti väliä, sillä säteilyherkkiä elimiä on erityisesti pään etuosissa. Hammaslääketieteen kuvantamisessa kuitenkin esimerkiksi sylkirauhaset sijaitsevat mielenkiintoalueen takana, jolloin on säteilysuojelullisesti järkevämpää, että säteilykeila kulkee pään etupuolelta. (Pauwels ym. 2014, 5–6.)

Säteilyannokseen vaikuttaa kuvausarvot, joskin useimmissa kuvauslaitteissa kV-arvo on vakio ja vain putkivirtaa ja valotusaikaa saa muutettua potilaan koon ja halutun kuvanlaadun mukaan. FOV-koon sekä kV- ja mAs-arvojen nosto vaikuttaa korottavasti potilaan saamaan säteilyannokseen. Vokselikoon muutoksella ei ole vaikutusta säteilyannokseen. Kuvausarvot tulisi valita potilaan koon ja vaaditun kuvanlaadun mukaisesti siten, että kuvanlaatu on riittävä alhaisimmalla mahdollisella säteilyannoksella. (Pauwels ym. 2014, 5–6, 9, 14.)

4 SÄTEILYSUOJELU JA VERTAILUTASOT

4.1 Säteilysuojelun historiaa

Ionisoivan säteilyn haitat havaittiin nopeasti vuoden 1895 jälkeen, jolloin röntgensäteily löydettiin. Kuusi vuotta säteilyn löytymisen jälkeen ymmärrettiin röntgensäteilyn aiheuttavan syöpää, kun röntgenkuvantamisen alkuvaiheessa röntgenhoitajat käyttivät omia käsiään kuvauslaitteen fokusoimisessa. Jatkuva käsien säteilyttäminen röntgensäteillä aiheutti hoitajille ihosyöpää. (Clarke & Valentin 2009, 77.)

Ensimmäiset suositukset säteilyaltistuksen rajoittamiseksi julkaistiin vain vuosi ionisoivan säteilyn löytymisen jälkeen. Yhdysvalloista kotoisin oleva insinööri Fuchs ehdotti vuonna 1896 suositukseksi, että hoitajan pitäisi minimoida altistuksensa röntgensäteille ja pysyä yli 30 cm päässä röntgenputkesta, sekä peittää paljas iho rasvalla. Useat maat ottivat käyttöön omia säteilysuojelutoimiaan 1920-luvun alussa ja International Congress of Radiology (ICR) antoi vuonna 1928 omat suosituksensa säteilysuojelusta. ICR:n toiminta ennen toista maailmansotaa oli pienimuotoista ja kokouksia oli vain viisi kertaa, mutta järjestö teki kokouksissaan tärkeitä päätöksiä kansainvälisistä yksiköistä sekä antoi säteilysuojeluun liittyviä suosituksia. (Clarke & Valentin 2009, 78, 87.)

Toisen maailmansodan aikana ydinaseen kehittämiseen tähänneessä Manhattan-projektissa tapahtui merkittävää kehitystä annosrajoitusten käyttöönotossa. Jo alkuvaiheessa projektin johto ymmärsi säteilysuojelun merkityksen ja projektin työntekijöille otettiin käyttöön annosrajat röntgen- ja gammasäteille sekä kehonsisäiset annosrajat radioisotoopeille. Sodan aikana annosrajoista kuitenkin joustettiin tai niitä muokattiin siten, että projektin eteneminen olisi nopeaa työntekijöiden terveysriskeistä huolimatta. (Zwicker 2008, 42–46.)

Nimensä vaihtanut International Commission on Radiological Protection (ICRP) kokoontui toisen maailmansodan jälkeen vasta vuonna 1950. Sen toiminta elpyi 50-luvulla merkittävästi järjestön siirtyessä World Health Organisation:n (WHO) alaisuuteen sekä järjestön luodessa yhteyksiä muihin YK:n alaisiin organisaatioihin. ICRP kokoontui 1950-luvulla useasti ja järjestö huomasi tarpeen pysyvemmän toiminnan käynnistämiseksi. Toi-

mintaa rajoitti kuitenkin lähes olematon rahoitus, joka parantui vasta 1960-luvulla ja silloinkin aluksi lahjoitusvaroin. ICRP päätti vuoden 1950 kokouksessa suositella säteilytyöntekijälle 0,5 röntgenin maksimaalista viikkoannosta, joka vastasi 150 mSv:n vuosittaista annosta. (Clarke & Valentin 2009, 78–80, 88–90.)

ICRP alkoi 1960-luvulla suosituksissa ottaa huomioon stokastiset haitat ja 1966 kokouksessa luovuttiin käsityksestä, jonka mukaan ihminen kestäisi tietyn verran säteilyä ennen kuin haittoja ilmaantuu. Kokouksessa otettiin käyttöön lineaarinen malli stokastisten haittojen arvioinnissa, eli malli jossa kaikki säteily aiheuttaa haittoja ihmisessä. Uuden mallin mukana otettiin käyttöön hyväksyttävän riskin periaate, jonka mukaan kaikki altistus pitää minimoida huomioiden sosiaaliset ja taloudelliset näkökulmat. (Clarke & Valentin 2009, 81–84, 93–94.)

Nykyään ICRP julkaisee raportteja ja suosituksia säteilysuojelusta. Nämä pohjautuvat tieteelliseen näkemykseen ja johtopäätöksiin, jotka huomioivat sosiaaliset, eettiset ja kokemukselliset näkökulmat ICRP:n suositusten ja raporttien käytöstä. (International commission on radiological protection 2017.)

4.2 Säteilysuojelun periaatteet

ICRP antoi jo vuonna 1955 suosituksen että sädeannokset on pidettävä niin alhaisena kuin mahdollista ja tarpeetonta altistusta säteilylle tulisi välttää (ICRP 2007, 36). Suomessa säteilysuojelusta on säädetty Säteilyturvallisuusohjeessa ST 1.1. ja viranomaismääräykset ovat ICRP:n suositusten mukaiset. Säteilysuojelun toimenpiteitä ohjaa viranomaispäätöksin STUK ja STUK myöskin valvoo suositusten ja toimenpiteiden toteutusta. (ICRP 2007, 88–100; STUK 2013, 3–4.)

Säteilysuojelun yleisten periaatteiden mukaan säteilyä käytettäessä kolmen ehdon pitää toteutua. Oikeutusperiaate rajoittaa ja määrittää kenellä ja kenelle on oikeus määrätä tutkimuksia ja hoitoja, joissa käytetään ionisoivaa säteilyä. Tavoitteena tälle yksilölliselle harkinnalle on se, että tutkimuksesta tai hoidosta aiheutuvat hyödyt ylittävät hoidosta aiheutuvat haitat. Suomessa oikeutusperiaatteesta on säädetty säteilylaissa. (STUK 2013, 3–4; Säteilylaki 27.3.1991/592.)

Optimointiperiaatteessa pyritään minimoimaan potilaalle aiheutuvaa säteilyannosta käytettävissä olevin käytännöllisin keinoin. Periaatetta kutsutaan myös ALARA (As Low As Reasonably Achievable) -periaatteeksi. (STUK 2013, 4.) Annosta optimoitaessa täytyy kuitenkin huolehtia, että kuva on riittävä diagnoosin tekemiseen. Henkilökunnan pitää olla riittävän koulutettua ja laitteiston soveltuvuus pitää olla varmistettu sekä laitteiston pitää olla hyvässä kunnossa. (STUK 2014, 5.)

Yksilönsuojaperiaatteessa yksilöä pyritään suojelemaan ionisoivan säteilyn haitoilta. Käytännön toteutuksena periaatteelle on säädetty annosrajoitukset säteilytyöntekijöille ja muulle väestölle. (STUK 2013, 4.)

4.3 Euroopan Unionin direktiivit ja Suomen lainsäädäntö

Euroopan Unionin direktiivit on Euroopan Unionin perussopimuksissa määritelty oikeudellinen väline, jolla jäsenvaltioiden kansallista lainsäädäntöä yhtenäistetään. Direktiivin määräykset pitää toteuttaa kansallisessa lainsäädännössä määräaikaan mennessä mahdolliset paikalliset erityispiirteet huomioiden. (Direktiivi 2013/59/EURATOM)

Euroopan Unioni uudisti ionisoivaa säteilyä koskevaa lainsäädäntöä siten että useita säteilyyn liittyviä direktiivejä, mm. potilaaseen kohdistuvaa ionisoivaa säteilyä säädellyt MED-direktiivi yhdistettiin uudeksi Basic safety standards (BSS) -direktiiviksi. BSS-direktiivi asettaa säteilynsuojelun vähimmäistason. International Commission on Radiological Protection (ICRP):n asiantuntijalausuntoja ja suosituksia (erityisesti ICRP:n julkaisua nro. 103) käytetään perusteina BSS-direktiivissä perustelutekstin kohdissa 6, 7, 9, 10, 11 ja 14. (Direktiivi 2013/59/EURATOM.)

Suomea velvoittavan Basic safety standards (BSS) -direktiivin voimaan tulo on pakottanut käynnistämään myös Suomessa säteilylain uudistusprosessin. Direktiivin määräykset pannaan täytäntöön valtioneuvoston esittämällä uudella säteilylailla, jonka BSS-direktiivi velvoittaa astumaan voimaan ennen 6. helmikuuta 2018. (Hallituksen esitys Eduskunnalle säteilylaiksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi 2016). Säteilylain valmistelu on myöhässä sillä opinnäytetyön kirjoituksen aikana laki ei ole astunut voimaan.

Säteilylaissa määrätään, että STUK valvoo säteilylain noudattamista. Säteilylain lisäksi turvallisuusmääräykset ja ohjeet ovat STUKin toiminnan peruste. Säteilyn käyttöön liittyvät luvat Suomessa myöntää STUK. (STUK valvoo säteily ja ydinturvallisuutta Suomessa 2016.)

4.4 Kartiokeilatietokonetomografian diagnostiset vertailutasot

ICRP julkaisussaan nro. 103 otti käyttöön diagnostisten vertailutasojen käsitteen potilaan säteilyaltistuksen optimoinnissa. Käsitteellä tarkoitetaan potilaan säteilyannostasoa, joka on tavanomainen suoritettavalle kuvantamistutkimukselle keskivertopotilaalla. Vertaamalla potilaiden saamia säteilyannoksia diagnostiseen vertailutasoon saadaan vertailutietoa tutkimuksen annostasosta paikalliseen tasoon nähden. (ICRP 2007, 128.)

BSS-direktiivin 56. artikla velvoittaa diagnostisten vertailutasojen käyttöönoton kansallisella tasolla (Direktiivi 2013/59/EURATOM). Hallituksen esityksessä uudeksi säteilylaiksi (2016) määrätään 112. pykälässä, että tutkimuksissa ja toimenpiteissä pitää käyttää säteilyaltistuksen vertailutasoja. Samassa pykälässä määrätään, että STUK määrittää tarkemmin tutkimuskohtaisten vertailutasojen tekniset yksityiskohdat ja tasot (Hallituksen esitys Eduskunnalle säteilylaiksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi 2016).

Turnbull-Smith (2016) tutki diplomityössään pään alueen KKTT-tutkimuksien säteilyannoksia kyselytutkimuksella. Tutkimuksessaan hän havaitsi, että annoksissa on suurta hajontaa kuvauslaitteiden välillä. Näiden havaintojen perusteella hän suositti vertailutasojen asettamista pään KKTT-tutkimuksille, jotta potilaiden säteilyaltistus olisi tasaisempi eri kuvauslaitteiden välillä. (Turnbull-Smith 2016, 31, 62.)

STUK päätti asettaa KKTT-laitteille vertailutasot Turnbull-Smithin laajan tutkimuksen suositusten mukaisesti. Päätöksessä tutkimusindikaatioita on neljä kappaletta ja niille on omat vertailutasot (taulukko 1). STUK käyttää vertailutasoa määrittäessään DAP-suuretta jonka yksikkö on $\text{mGy} \times \text{cm}^2$. Päätöksessä on myöskin ohjeet vertailutason määrittämiseksi. (Päätös 12/3020/2016.)

TAULUKKO 1. Kuvausindikaatiot ja niiden vertailutasot pään alueen KKTT-tutkimuksissa (Päätös 12/3020/2016)

<i>Kuvausindikaatio</i>	<i>DAP mGy×cm²</i>
Implanttihoitojen preoperatiivinen kuvaus (yksi hammas)	360
Viisaudenhampaan ja mandibulaarikanavan keskinäisen suhteen arviointi	380
Hampaan periapikaalialueen ja juurikanavamorfologian arviointi	550
Nenän sivuonteloiden kuvaus (pl. traumakuvaus)	1150

STUK toteaa myöskin päätöksessään: ”Jos vertailutasojen todetaan ylittyvän, ylitysten syy on selvitettävä ja tarvittaessa on tehtävä tarpeelliset toimenpiteen(sic) potilaiden säteilyaltistuksen pienentämiseksi.” (Päätös 12/3020/2016.)

5 TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä yhteistyökumppanin tietoa pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimusten säteilyannoksista.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää yhteistyökumppanin suorittamien pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimusten säteilyannokset ja verrata niitä STUKin asettamiin vertailutasoihin.

Tutkimusongelmat:

1. Kuinka suuria säteilyannokset ovat yhteistyökumppanin suorittamissa pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimuksissa eri kuvausindikaatioissa?
2. Kuinka paljon säteilyannokset eri indikaatioissa poikkeavat STUKin asettamista vertailutasoista?

6 MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT

6.1 Määrällinen tutkimus

Kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimusmenetelmässä käsiteltävä tutkimusaineisto on numeraalisessa muodossa. Määrällinen tutkimusmenetelmä antaa yleiskuvan mitattavien muuttujien välisistä suhteista ja eroista. (Vilka 2007, 13, 49–50.) Kvantitatiivisessa tutkimuksessa pyritään aluksi muodostamaan teoreettinen viitekehys tutkimukselle ja määrittelemään tutkimuksen kannalta tärkeät käsitteet. Aineiston keräämistä varten tehdään tarkat otantasuunnitelmat. Aineisto käsitellään siten, että se on käsiteltävissä tilastollisesti ja tilastollisen analysoinnin perusteella aineistosta tehdään päätelmiä. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 140.) Opinnäytetyö on määrällinen tutkimus, sillä siinä käsiteltävä aineisto on pääasiassa numeraalista ja sitä analysoidaan tilastollisin menetelmin. Numeraalisen tiedon perusteella tehdään sanallisia havaintoja.

Määrällisen tutkimuksen luotettavuutta kuvaavat käsitteet validiteetti ja reliabiliteetti. Validiteetti tarkoittaa, että tutkimuksessa mitataan sitä, mitä on tarkoituskin mitata. Reliabiliteetti taas tarkoittaa tutkimustulosten pysyvyyttä, eli että käytetty mittari antaa saman tuloksen eri mittauskerroilla. (Kananen 2008, 79, 81.) Reliabiliteetti kuvaa tulosten pysyvyyttä (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2013, 189). Tutkimuksen validiteetti takaa myös reliabiliteetin. (Kananen 2008, 79, 81.) Eli kun mitataan oikeaa asiaa oikealla mittarilla, myös reliabiliteetin voi olettaa olevan kunnossa. Tutkimus on eettinen, kun se noudattaa hyvää tieteellistä käytäntöä. Sen mukaan tutkimuksen suunnittelun, aineiston keräämisen, säilyttämisen ja käsittelyn, sekä tulosten esittämisen tulee noudattaa hyviä tieteellisiä tapoja. Aineistoa käsitellään huolellisesti. Tutkimus ei saa loukata tai vahingoittaa mitään tahoja, jotka sen kanssa ovat tekemisissä. (Vilka 2007, 90.)

6.2 Aineistonkeruu

Suunnitelma aineistonkeruuseen muodostettiin syksyllä 2017 opinnäytetyön tutkimussuunnitelmaa kirjoittaessa. Määrällisen tutkimuksen ominaispiirteisiin kuuluu perusjoukon ja otoksen määrittely. Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen (2013, 104) määrittelevät perusjoukon sellaiseksi väestöryhmäksi, johon tulokset halutaan tutkimuksessa yleistää.

Perusjoukosta otetaan otos, jonka on oltava niin edustava, että sen perusteella voidaan tehdä yleistyksiä perusjoukkoon (Hirsjärvi ym. 2009, 180). Opinnäytetyössä perusjoukkona toimii STUKin päätöksessä (12/3020/2016) määritelty aikuisten normaalikokoisten miespotilaiden joukko, joille tehdään kartiokeilatietokonetomografiatutkimus tietyillä kuvausindikaatioilla. Otoksena taas on ne potilaat, jotka kuvattiin yhteistyökumppanina toimivassa sairaalassa. Aineistoa kerättiin tästä potilasjoukosta STUKin vertailutasopäätöksessä (12/3020/2016) nimeämistä neljästä kuvausindikaatiosta pään alueen KKTT-tutkimuksissa. Nämä kuvausindikaatiot löytyvät taulukosta 1.

Otostyyppinä on erilaisia ja tässä tapauksessa käytettiin harkinnanvaraista otosta aineiston kokoamisessa. Harkinnanvaraisuus antaa aineiston koon suorittaville röntgenhoitajille mahdollisuuden tehdä lopullinen päätös siitä, sopiiko potilas aineistoon ja kirjaataanko tutkimustiedot ylös. Hoitajia ei myöskään haluttu sitouttaa kirjaamaan poikkeuksetta kaikki aineistoon sopivien kuvattavaksi tulevien potilaiden tutkimustiedot, sillä tähän ei aina ole esimerkiksi aikataulullisista syistä mahdollisuutta. Työpisteen mahdollinen kiire ja inhimillisen virheen mahdollisuus huomioitiin keräämällä jokaisesta indikaatiosta 12 potilasta ja tarjoamalla ylimääräinen rivi virheellisten kirjausten korjaukseen. Hoitaja oli yhden indikaation kohdalla käyttänyt virhekorjausriviä ja lisäksi aineistosta poistettiin yksi selkeästi virheellinen kirjaus. Lisäksi poistettiin potilas, joka oli alle 18-vuotias. Lopullinen kymmenen potilaan valinta 12 potilaan aineistosta suoritettiin yksinkertaisena satunnaisotantana. Tämä tarkoittaa, että aineistoon kuuluvat potilaat arvottiin (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2013, 105) ja kaikilla oli yhtä suuri todennäköisyys tulla valituksi lopulliseen otokseen.

Aineistonkeruu päätettiin suorittaa tiedonkeruulomakkeiden avulla. Lomakkeet suunniteltiin siten, että niitä olisi työn ohessa mahdollisimman helppo ja nopea täyttää. Tästä syystä myös päädyttiin paperisiin lomakkeisiin, jotta ne olisivat helposti käden ulottuvilla. Sähköisen vaihtoehdon huonona puolena koettiin se, että lomake ei ole välittömästi saatavilla. Tällöin olisi mahdollista, että kiireessä hoitaja ei ehdi tehdä kirjauksia heti ja lomakkeen täyttäminen voi unohtua täysin. Jokaiselle kuvausindikaatiolle tehtiin oma lomake.

Jokaisesta indikaatiosta kerättiin yhteensä 12 kappaletta säteilyannostietoja normaalikokoisista miespotilaista. Lomakkeeseen kirjattiin millä laitteella kuvaukset eri indikaati-

oissa tehtiin. Annostiedot kerättiin anonyymisti, joten opinnäytetyön tekijöille ei kulkeutunut mitään tietoja, joista potilaat olisi voinut tunnistaa. Henkilökohtaisista tiedoista kirjattiin ylös vain potilaan ikä. Säteilyannos kirjattiin STUKin päätöksen (12/3020/2016) mukaisesti säteilyannoksen ja pinta-alan tulona, eli DAP-arvona, jonka yksikkö oli $\text{mGy} \times \text{cm}^2$. Säteilyannostietojen lisäksi lomakkeeseen taulukoitiin käytetty resoluutio, kenttäkoko sekä kuvausarvoista putkijännite ja mAs-arvo. Resoluution sijaan taulukkoon on kuitenkin kirjattu käytetty kuvausohjelma siinä muodossa, missä kuvauslaite sen ilmoittaa. Taulukkoon lisättiin myös huomiosarake, mihin hoitaja voi kirjata kuvaukseen liittyvät poikkeavuudet. Taulukkoon lisättiin ylimääräinen rivi sellaista tilannetta varten, jos huomataan että kirjauksissa on tehty virhe tai jostain muusta syystä ilmenee tarve ylimääräisen kirjauksen tekemiselle. Lisäksi lomakkeeseen kirjoitettiin täyttöohjeet lyhyesti ja mahdollisimman selväsanaisesti. Liitteessä 1 on esimerkkinä yksi tiedonkeruulomake. Lomakkeet olivat samanlaisia kaikille kuvausindikaatioille.

Aineistonkeruu aloitettiin heti, kun tutkimuslupa opinnäytetyöhön oli saatu talvella 2018. Aineistonkeruun suorittivat yhteistyökumppanin röntgenhoitajat oman työnsä ohessa. Aineisto kerättiin noin kahden kuukauden aikana. Rajalliseen keruu-aikaan päädyttiin siksi, jotta aineisto saataisiin tarpeeksi ajoissa opinnäytetyön tekijöille. Tämä mahdollisti sen, että aineiston analysointiin ja tulosten käsittelyyn jäi tarpeeksi aikaa.

Kuvausindikaatiot päädyttiin uudelleennimeämään lyhyemmin tekstin luettavuuden helpottamiseksi (taulukko 2). Indikaatioiden nimet on tarvittaessa kirjoitettu myös sivun alaindeksiin indikaatioiden muistamisen helpottamiseksi.

TAULUKKO 2. Uudelleen nimetyt kuvausindikaatiot sekä indikaatiokohtaiset kuvauslaitteet

<i>Uudelleen nimetty indikaatio</i>	<i>Indikaation nimi</i>	<i>Kuvauslaite</i>
Indikaatio 1	Implanttihoitojen preoperatiivinen kuvaus	Laite 1
Indikaatio 2	Viisaudenhampaan ja mandibulaarikanavan keskinäisen suhteen arviointi	Laite 2
Indikaatio 3	Hampaan periapikaalialueen ja juurikanavamorfologian arviointi	Laite 2
Indikaatio 4	Nenän sivuonteloiden kuvaus	Laite 1

Taulukkoon 2 on lisäksi kirjattu indikaatioittain niiden kuvaukseen käytetyt kuvauslaitteet. Laitetiedot eivät ole julkiset, joten tässä yhteydessä käytetään kuvauslaitteista nimityksiä Laite 1 ja 2. Laitetiedot lähetetään yhteistyökumppanille sähköpostitse.

6.3 Aineiston analyysi

Kerätty aineisto analysoitiin SPSS 25-ohjelmalla ja aineistosta laskettiin indikaatioiden säteilyannoksien tärkeimmät tilastolliset tunnusluvut (keskiarvo, mediaani, maksimi, minimi, arvoalue ja keskihajonta). Otoksen annoskeskiarvot laskettiin kaavalla (1) ja tuloksia verrattiin vertailutasoihin indikaatioittain. Koska säteilyannokset eivät olleet normaali-jakautuneet, graafinen esitysmuoto ei ollut järkeen käypä ja tulokset on esitetty taulukossa.

$$\text{Keskiarvo} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \mid n = \text{havaintojen määrä} \quad (1)$$

Potilaiden säteilyannoksien ollessa indikaatioiden välillä eri kertaluokassa, niistä suoraan piirrettävät kuvaajat eivät välttämättä ole helposti tulkittavissa. Säteilyannoksien jakauma indikaation sisällä vaikuttaa myös käytettäviin kuvaajiin ja niiden tulkintaan. Potilaiden annoskeskiarvojen ja vertailutasojen vertailu toteutettiin tarkastelemalla absoluuttista eroa ja suhteellista (prosentuaalista) eroa. Suhteellisessa esitystavassa on helpompi arvioida annoskeskiarvojen ja vertailutasojen eroa. Suhteellinen annos ei ole varsinainen ti-

lastosuure tai STUKin käyttämä säteilysuure, vaan se on järkeväksi todettu säteilyannoksen ja vertailutason yhdistävä suure, jonka yksikkö on %. Kaavassa (2) on suhteellisen annoksen laskemistapa.

$$\text{Suhteellinen annos } S = \frac{DAP}{\text{Vertailutaso}} \times 100\% \quad (2)$$

Suhteellisesta annoksesta on myös johdettu sen keskiarvo (kaava 3), jota käytetään annoskeskiarvon tavoin kuvioissa ja taulukoissa.

$$\text{Suhteellisen annoksen keskiarvo } \bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^{10} S_n \quad (3)$$

Saman keskiarvon omaavilla aineistoilla voi olla aivan eri varianssi (ja keskihajonta). Siksi on hyvä kertoa myös aineiston varianssi tai keskihajonta. Varianssi kertoo keskimääräisen virheen aineiston keskiarvon ja yksittäisen havainnon välillä. (Field 2018, 23–24.) Kaavasta (4) nähdään, että laskettaessa varianssia myös muuttujan yksiköt nousevat toiseen potenssiin.

$$\text{varianssi } (s^2) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} \quad \left| \begin{array}{l} N = \text{havaintojen lukumäärä} \\ x_i - \bar{x} = \text{devianssi} \end{array} \right. \quad (4)$$

Varianssi ei ole aivan niin käyttökelpoinen kuin keskihajonta, joka on varianssin neliöjuuri ja jonka yksikkö on sama kuin tutkittavan muuttujan (kaava 5). Pieni keskihajonta kertoo, että muuttujan arvot eivät poikkea keskimäärin kovinkaan paljon keskiarvosta ja keskihajonnan ollessa nolla kaikki muuttujan arvot ovat samat. (Field 2018, 23–24.)

$$\text{keskihajonta } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (5)$$

7 TUTKIMUSTULOKSET

Potilaiden säteilyannoksien tilastolliset tunnusluvut on koottu taulukkoon 3. Annoskeskiarvo vaihteli indikaatioiden välillä paljon ja indikaatioiden säteilyannoksien arvoalue poikkesi suuresti indikaatioiden välillä (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Annoksen ja pinta-alan tulo DAP ($\text{mGy}\times\text{cm}^2$) pään alueen kartiokeila-tietokonetomografiatutkimuksissa eri kuvausindikaatioilla

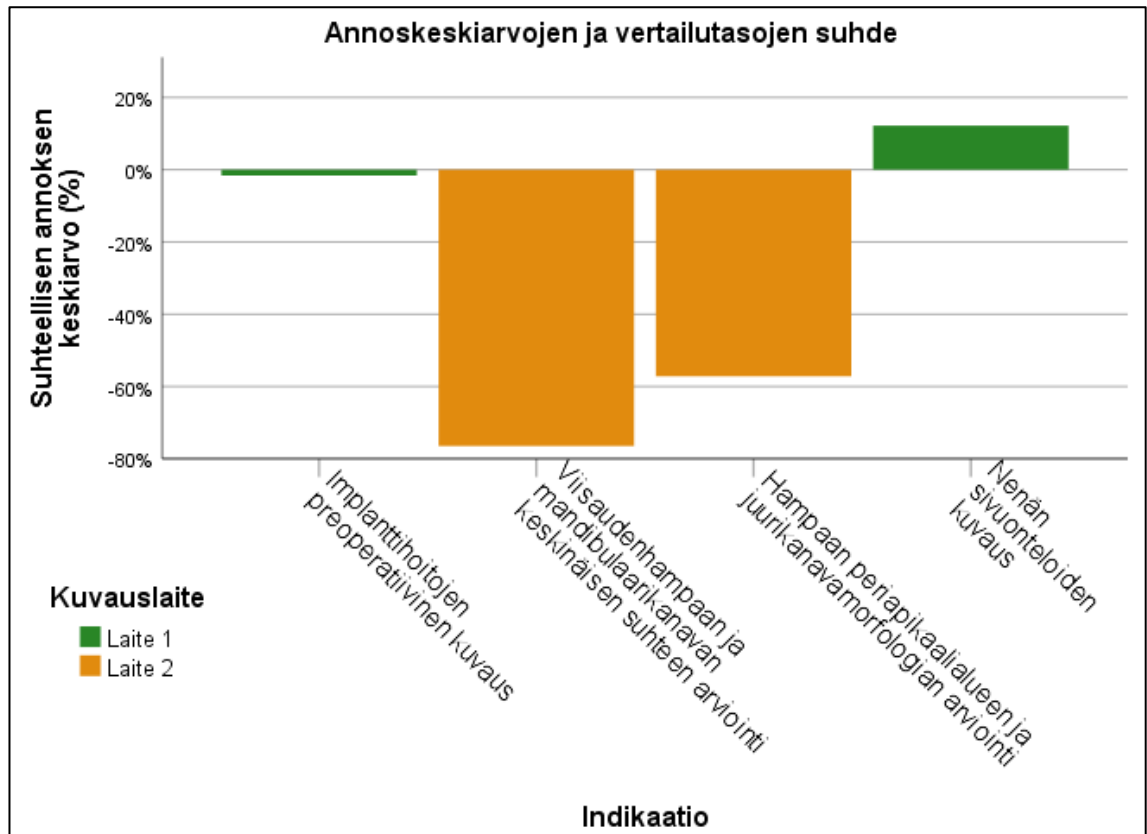
<i>Kuvaus-indikaatio</i>	<i>Annoskeskiarvo</i>	<i>Mediaani</i>	<i>Keskihajonta</i>	<i>Arvoalue</i>	<i>Minimi</i>	<i>Maksimi</i>	<i>Lkm</i>
Indikaatio 1	355,1	361,5	23,8	80,3	289,2	369,5	10
Indikaatio 2	89,3	56,0	94,0	299,0	56,0	355,0	10
Indikaatio 3	235,6	355,0	154,6	300,0	56,0	356,0	10
Indikaatio 4	1290,5	1398,0	184,8	517,0	881,0	1398,0	10

Indikaatioiden annoskeskiarvoa on verrattu viranomaisen asettamaan vertailutasoon taulukossa 4. Indikaatioiden annoskeskiarvon poikkeama vertailutasosta on ilmoitettu absoluuttisena erotuksena ($\text{mGy}\times\text{cm}^2$) sekä suhteellisen annoksen keskiarvona (%). Taulukossa 4 negatiiviset Erotus-muuttujan arvot alittavat viranomaisen asettaman vertailutason.

TAULUKKO 4. Keskimääräisen annoksen ja pinta-alan tulon DAP ($\text{mGy}\times\text{cm}^2$) vertailu viranomaismääräyksen vertailutasoon

<i>Indikaatio</i>	<i>Annoskeskiarvo</i>	<i>Vertailutaso</i>	<i>Erotus</i>	<i>Suhteellisen annoksen keskiarvo (%)</i>
Indikaatio 1	355,1	360	-4,9	-1,4
Indikaatio 2	89,3	380	-290,7	-76,5
Indikaatio 3	235,6	550	-314,4	-57,2
Indikaatio 4	1290,5	1150	140,5	12,2

Suhteellisen annoksen keskiarvo taulukosta 4 on koottu graafiseen muotoon kuvioon 1, johon on otettu mukaan lisäksi laitteiden välinen vertailu. Kuviossa negatiiviset suhteelliset annoskeskiarvot alittavat viranomaisen asettaman vertailutason. Kuviossa 1 eri kuvauslaitteita kuvaa palkkien toisistaan poikkeavat värit.



KUVIO 1. Annoskeskiarvojen ja vertailutasojen suhteellinen ero (taulukko 4)

8 POHDINTA

8.1 Tulosten tarkastelu

Potilasaineiston pieni koko on selvästi nähtävissä tilastollisista tunnusluvuista. Näin pienessä aineistossa yksi poikkeava potilastapaus voi nostaa merkityksellisen tunnusluvun (annoskeskiarvo) arvoa niin paljon, että kuvausindikaatiokohtainen vertailutaso ylittyy. Suorien tilastollisten tunnuslukujen lisäksi aineistoa voi myös analysoida spekulatiivisin esimerkein. Näiden avulla voi arvioida tunnuslukujen muutoksen avulla yksittäisen potilastapauksen vaikutusta aineistoon.

Indikaation 4¹ annoskeskiarvo ylittää vertailutason merkittäväällä 140,5 mGy×cm² ylityksellä (kuvio 1). Tulos on merkittävä, sillä vertailutaso ylittyy 12 %. Indikaatiossa säteilyannoksien hajonta on suuri arvoalueen ollessa 517 mGy×cm². Indikaation 1² säteilyannoksen keskiarvoa tarkastelemalla huomataan sen olevan aivan vertailutason alapuolella 1,4 % alituksella ja mediaanitaso onkin jo vertailutason yläpuolella. Potilasannoksien jakauma indikaation sisällä herätti myöskin epäilemään vastaako satunnaisotanta koko yhteistyökumppanin potilasvirtaa. Indikaation 2³ keskiarvo on maltillinen ja reilusti vertailutason alapuolella. Indikaation 3⁴ annoskeskiarvo on reilusti vertailutason alapuolella ja keskihajonta on indikaatiolla suuri.

Potilasaineiston rakenne herätti opinnäytetyön tekijöissä paljon kysymyksiä ja aineistoa päätettiin lisäanalysoida vastauksien selvittämiseksi. Aineistoa päätettiin analysoida spekulatiivisin esimerkein. Näiden avulla voitiin arvioida tunnuslukujen muutoksen avulla yksittäisen potilastapauksen vaikutusta aineistoon. Indikaatiossa 4 poistamalla yhden merkittävästi muista poikkeavan arvon, nousee annoskeskiarvo entisestään arvoon 1336 mGy×cm² ja 517 mGy×cm² keskihajonta putoaa arvoon 123,0 mGy×cm². Indikaatiossa 1 yhden poikkeavan potilastapauksen merkitys on niin suuri, että sen poistaminen

¹ Indikaatio 4:llä tarkoitetaan nenän sivuonteloiden kuvausta (taulukko 2).

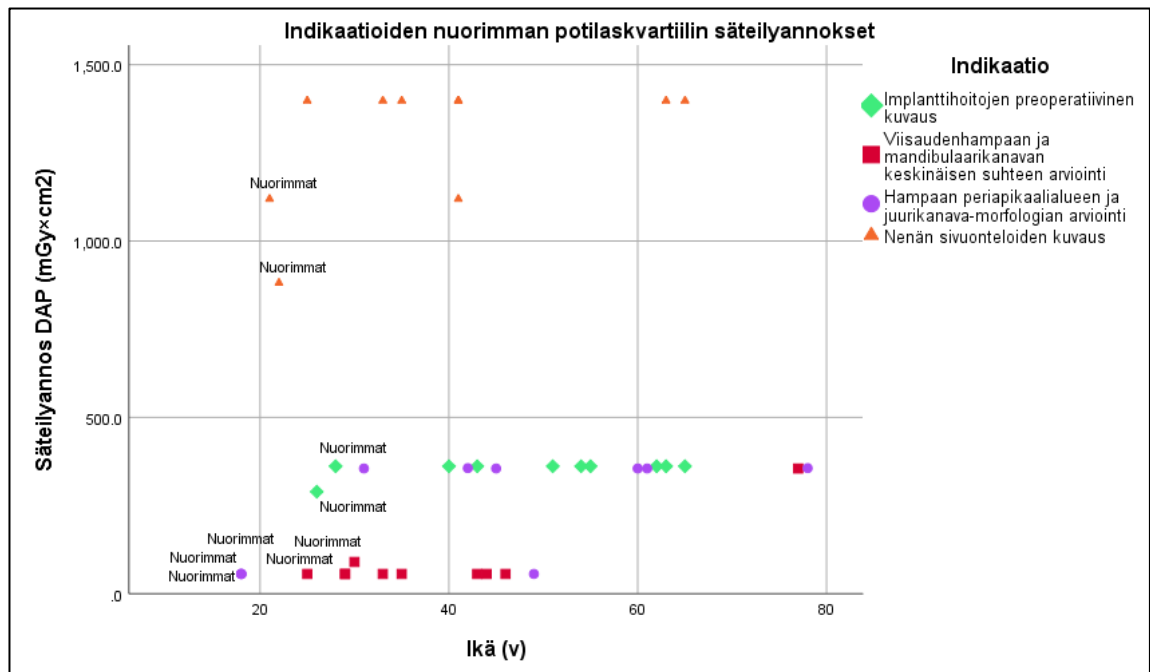
² Indikaatio 1:llä tarkoitetaan implanttihoitojen preoperatiivista kuvausta (taulukko 2).

³ Indikaatio 2:lla tarkoitetaan viisaudenhampaan ja mandibulaarikanavan keskinäisen suhteen arviointia (taulukko 2).

⁴ Indikaatio 3:lla tarkoitetaan hampaan periapikaalialueen ja juurikanavamorfologian arviointia (taulukko 2).

aineistosta pudottaa keskihajonnan nollaan ja nostaa indikaation annoskeskiarvon yli vertailutasoon. Indikaatioissa 2 potilastapauksien joukossa on yksi muista poikkeava tapaus. Tämän tapauksen poistaminen pienentää keskihajonnan arvoon $11,3 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$, joka on huomattavasti pienempi kuin alkuperäinen $94,0 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$. Kun keskiarvo indikaatiolla on $89,3 \text{ mGy} \times \text{cm}^2$, voidaan keskihajonnan pienemistä pitää merkityksellisenä.

Spekulatiivista tulosten muokkausta tehdessä heräsi lisää kysymyksiä opinnäytetyön tekijöillä ja tätä varten tehtiin kuvio 2 potilasaineiston tarkastelemiseksi. Tällä tarkastelulla pystyttiin arvioimaan iän vaikutusta säteilyannoksiin. Aineisto jaettiin kahtia siten, että nuorimpien potilaiden joukkoon on valittu nuorin ikäkvartiili kaikista indikaatioista ja toisessa joukossa on muut (vanhemmat) potilaat. Tähän jakoon päädyttiin, koska yksiselitteistä ikärajaa nuorille potilaille oli vaikea asettaa. Kuvioista 2 on todettavissa, että Indikaatioissa 3 ja 4 nuorten potilaiden annokset ovat muiden potilaiden annostasoa alempana.



KUVIO 2. Kuvausindikaatioiden nuorimpien potilaiden säteilyannokset

Kuviosta 2 havaitut ryhmien väliset erot päätettiin varmistaa toisistaan riippumattomien ryhmien jakauman arviointiin tarkoitetuilla tilastollisilla testeillä. Näiden teoriasta on kerrottu lisää Liitteessä 3. Mann-Whitneyn U-testin mukaan potilaiden suhteellinen annos erosi kahden ikäryhmän välillä tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0,031$) siten, että nuorimmilla potilailla suhteellinen annos oli keskimääräistä pienempi (liite 3, kuvio 3). Tutki-

musaineiston potilaiden ikä oli vaikuttanut potilaiden saaman säteilyannoksen jakautumiseen siten, että nuoremmilla potilailla (potilaiden nuorin ikäkvartili) se oli muita pienempi. Potilaiden ikien jakautumisessa indikaatioiden välillä ei ollut havaittavissa Kruskal-Wallis-testin mukaan tilastollista eroa ($p = 0,448$) (liite 4, kuvio 7).

Opinnäytetyön tekijöillä heräsi kiinnostus myös kuvausohjelmien välisestä annosjakaumasta. Havaittiin ohjelmien välisen annosjakauman olevan tasainen, paitsi Laitteella 2 käytettyjen ohjelmien välillä. Laitteella 2 kuvattujen indikaatioiden kuvauksessa oli käytetty normaaliannoksen ja ultra-low-dose-ohjelmaa. Näiden kahden ohjelman välillä oli potilaiden iän suhteen tilastollisesti merkitsevää eroa. Nuoret potilaat oli kuvattu muita todennäköisemmin ($p = 0,015$) Kruskal-Wallis-testin mukaan matalan annoksen antavalla kuvausohjelmalla (liite 4, kuvio 5). STUK päätöksessään (12/3020/2016) toteaa, että annoskeskiarvo määritetään normaalikokoisista miespotilaista, mutta tämän opinnäytetyön perusteella tutkimusaineiston potilaiden annoksiin on koon lisäksi vaikuttanut myös potilaiden ikä (liite 4, kuvio 6). Normaalianatomian omaavia nuoria potilaita oli pystytty kuvaamaan pienemmän annoksen antavalla ohjelmalla ja yhteistyökumppani voisi harkita, olisiko matalamman annoksen antavan ohjelman käyttöä mahdollista laajentaa kaikkiin potilaisiin.

Tutkimusaineiston potilaat oli kuvattu kahdella eri laitteella. Tulosten mukaan Laitteella 2 kuvattujen indikaatioiden annoskeskiarvot alittivat reilusti vertailutasot. Laitteella 1 indikaatioiden annoskeskiarvot olivat hyvin lähellä vertailutasoa tai reilusti sen yli. Myös Mann-Whitney U-testillä todettiin, että potilaiden suhteellisissa annoksissa oli merkittävä ero laitteiden välillä ($p < 0,001$) (liite 3, kuvio 4). Laitteen 2 suhteellinen annos oli pienempi. Tässä yhteydessä jää kuitenkin epäselväksi, johtuvatko laitteiden väliset erot laiteteknisistä seikoista vai indikaatioiden kuvanlaadullisista vaatimuksista.

Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus täyttyivät. Asetettuihin tutkimusongelmiin vastattiin työn edetessä. Lisäksi prosessin edetessä havaittiin, että aineistosta kumpusi tärkeää tutkimusongelmien ulkopuolista lisätietoa, kun aineistoa käsitteli tilastollisin menetelmin. Opinnäytetyön tekijät kokivat, että tilastolliset lisätestit olivat tärkeitä koska niistä saatiin tärkeää lisätietoa yhteistyökumppanille. Loppuyhteenvedonä todettakoon, että Indikaation 4 annoskeskiarvo ylitti STUKin asettaman vertailutason. Muilla indikaatioilla annoskeskiarvot alittivat vertailutasot, joskin Indikaatiossa 1 alitus oli hyvin niukka. Vertailutason ylittymisestä johtuen yhteistyökumppanin tulisi STUKin ohjeistuksen mukaisesti

selvittää ylityksen syyt ja mahdollisesti ryhtyä toimenpiteisiin, joilla pyritään pienentämään potilaiden säteilyannosta. Tilastolliset lisätestit antoivat viitteitä siitä, että Laitteella 2 saattaisi olla mahdollista optimoida potilaiden säteilyannoksia.

8.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Tässä opinnäytetyössä eettisiä periaatteita pyrittiin noudattamaan eri tavoin. Opinnäytetyö ja aineiston kerääminen pohjattiin huolellisesti tehtyyn tutkimussuunnitelmaan. Tutkimusaineisto kerättiin anonymisti, joten potilastietoja ei päätenyt opinnäytetyön tekijöille eivätkä potilaat olleet tunnistettavissa aineiston perusteella. Aineisto tarkistettiin huolellisesti ja tarkistuksen seurauksena virheelliset kirjaukset poistettiin otoksesta. Potilasannoksien vertailu vertailutasoihin tehtiin STUKin päätöksessään (12/3020/2016) vaatimalla tavalla. Teorian käsittelyssä noudatettiin huolellista lähdetyöskentelyä, jossa arvioidaan lähteiden ikää ja lähteiden luotettavuutta niihin kohdistuvien viittausmäärien perusteella. Viittausmäärät tarkistettiin Google Scholar -hakupalvelusta, joka mm. näyttää kuinka monta kertaa artikkeliin on muissa tieteellisissä artikkeleissa viitattu. Lähteet merkittiin opinnäytetyöraporttiin tarkasti ja kunnioittaen alkuperäistä tiedon tuottajaa.

Validiteetti ja reliabiliteetti ovat tutkimuksen luotettavuutta kuvaavia määreitä. Tutkimusongelman mukaisesti otoksesta laskettiin indikaatioittain säteilyannoksien keskiarvo, jonka suure on sama kuin STUKin päätöksessä vaadittu annossuure, joten tutkimuksen validiteetti on kunnossa. Lisäksi validiteetti takaa reliabiliteetin, joten opinnäytetyön voi olettaa olevan luotettava. Opinnäytetyössä käytetyt säteilyannokset on saatu kuvauslaitteiden omista säteilymittareista. Yhteistyökumppanilta saadun tiedon mukaan Laitteen 1 annosnäytön tarkkuuden laadunvalvontamittauksessa on havaittu, että annosnäytön lukemat poikkeavat enimmillään 0,2 % kuvauksissa käytetyllä energialla todellisista mitatuista arvoista. Laitteen 2 osalta ei ole vastaavaa tietoa, mutta opinnäytetyön tekijät ovat luottaneet siihen, että laitteen annosnäytön toimivuus ja lukemien paikkaansa pitävyys on varmistettu normaaleilla laadunvarmistustoimilla. Laite 2 alittaa myös vertailutasot huomattavalla marginaalilla ja annosnäytön virhe ei todennäköisesti vaikuta tulosten tulkinnaan. Opinnäytetyön luotettavuutta pyrittiin vahvistamaan myös raportoimalla sen vaiheet ja käytetyt menetelmät siten, että tutkimuksen toistaminen on mahdollista.

Opinnäytetyön aineiston koko ja rakenne suunniteltiin STUKin vertailutasopäätöksen (12/3020/2016) ohjeistuksen pohjalta. Tilastolliset testit lisäsivät aineistosta tehtyjen päätelmien luotettavuutta, mutta aineiston pienestä koosta johtuen johtopäätelmät eivät ole suoraan yleistettävissä suurempaan potilasjoukkoon. Luotettavuuden arviointia vaikeuttaa se, että opinnäytetyön tekijöillä ei ole tietoa yhteistyökumppanin kokonaiskuvausmääristä näissä indikaatioissa. Vaikka tilastollisista testeistä tehtyjä johtopäätelmiä ei voi suoraan yleistää, antavat ne viitteitä siitä, mihin annos seurannassa voisi olla hyvä kiinnittää huomiota.

8.3 Oma oppimiskokemus ja jatkotutkimusehdotus

Opinnäytetyön aikana syvensimme tietämystämme kartiokeilatietokonetomografiasta tutkimusmenetelmänä, sillä aihetta on käsitelty aiemmin hyvin pintapuolisesti. Opinnäytetyön kirjoittaminen syvensi ymmärrystämme tutkimusmenetelmään liittyvästä suun- ja kasvojen alueen anatomiasta sekä kartiokeilatietokonetomografialaitteen toiminnasta. Vaikkei tämän työn puitteissa keskitytty käsittelemään vertailutasoja osana laadunvarmistusta, lisääntyi kuitenkin ymmärryksemme siitä kuinka tärkeä osa ja työkalu vertailutasot ovat laadunvarmistuksessa. Opimme myös paljon määrällisen tutkimuksen suorittamisesta, tilastotieteestä ja hyvästä tieteellisestä raportoinnista. Lisäksi opinnäytetyöprosessin aikana opimme paljon käytännön työelämän taitoja, kuten aikataulutusta, työnjakoa ja keskinäistä kommunikointia.

Jatkotutkimusehdotuksena voisi olla selvittää, onko säteilyannoksilla, kuvausteknisillä valinnoilla ja kuvanlaadulla yhteyttä pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimuksissa. Voisi tutkia, millaisilla kuvausohjelmien asetuksilla säteilyannokset laskisivat, johtaako säteilyannoksien madaltaminen kuvanlaadun laskuun ja onko tämä diagnostisesti merkittävää.

LÄHTEET

Angelopoulos, C., Scarfe, W. C. & Farman, A. G. 2012. A comparison of maxillofacial CBCT and medical CT. *Atlas of the Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America* 20 (1), 1–17.

Boeddinghaus, R. & Whyte, A. 2017. Trends in maxillofacial imaging. *Clinical radiology*

Clarke, R. & Valentin, J. 2009. The history of ICRP and the evolution of its policies. *Annals of the ICRP* 39 (1), 75–110.

Council of the European Commission. 1997. Council directive 97/43/EURATOM of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure. *Official Journal of the European Communities* 180, 22–27.

Direktiivi 2013/59/EURATOM. Euroopan unionin virallinen lehti 5.12.2013. Luettu 1.9.2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013L0059&from=EN>

Drake, R. L., Vogl, W., Mitchell, A. W. M. & Gray, H. 2005. *Gray's Anatomy for students*. Philadelphia (Pa.): Elsevier Churchill Livingstone

Field, A. 2018. *5 Discovering statistics using SPSS.*: Sage publications

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. & Sinivuori, E. 2009. *15. uud. p. Tutki ja kirjoita*. Helsinki: Tammi

ICRP. 2007. ICRP publication 103. *Ann.ICRP* 37 (2.4), 2.

ICRP. 2017. International commission on radiological protection. Päivitetty 26.10.2017. Luettu 27.10.2017. <http://www.icrp.org/>

Kananen, J. 2008. *Kvantti: Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun.*: Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Kankkunen, P. & Vehviläinen-Julkunen, K. 2013. *Tutkimus hoitotieteessä*. 2013. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Moore, K. L., Dalley, A. F. & Agur, A. M. R. 2010. *6th ed Clinically oriented anatomy*. Philadelphia (Pa.): Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins

Pastila, R. (toim.) 2017. *Säteilyn käyttö ja muu säteilylle altistava toiminta. Vuosiraportti 2016*. STUK-B 213. Helsinki: STUK.

Pauwels, R., Araki, K., Siewerdsen, J. & Thongvigitmanee, S. 2014. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofacial Radiology* 44 (1), 20140224.

Potilaan säteilyaltistuksen vertailutasot aikuisten pään alueen kartiokeilatietokonetomografiatutkimuksissa. STUK 12/3020/2016

Scarfe, W. C. & Farman, A. G. 2008. What is cone-beam CT and how does it work? *Dental clinics of North America* 52 (4), 707–730.

STUK. 2013. Säteilytoiminnan turvallisuus. ST 1.9. Helsinki: STUK

STUK. 2014. Röntgentutkimukset terveydenhuollossa. ST 3.3. Helsinki: STUK

STUK. 2016. STUK valvoo säteily- ja ydinturvallisuutta Suomessa. Päivitetty 15.4.2016. Luettu 27.10.2016. <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/stuk-valvoo-sateily-ja-ydinturvallisuutta-suomessa>

Suomalainen, A. & Koskinen, S. K. 2015. Kartiokeila-TT:n käyttö kliinisessä lääketieteessä. *Duodecim; laaketieteellinen aikakauskirja* 129, 1063–1070.

Säteilylaki 27.3.1991/592

Turnbull-Smith, S. B. 2016. Cone-Beam Computed Tomography Examinations of the Head and Neck Region in Finland: Indications and Patient Radiation Dose. Tampere University of Technology. Degree Programme in Bioengineering. Pro Gradu -tutkielma.

Valtioneuvosto. 2016. Hallituksen esitys Eduskunnalle säteilylaiksi ja eräksi siihen liitetyiksi laeiksi. Päivitetty 21.11.2016. Luettu 27.10.2017. <http://stm.fi/documents/1271139/3516854/Luonnos+hallituksen+esitykseksi+eduskunnalle+s%C3%A4teilylaiksi+21112016.pdf/db471dfa-3676-4b9d-a45f-178e37468291>

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa: määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi

Zwicker, K. 2008. A History of Neglect: Negotiating the Role of Safety in the Manhattan Project, 1939–1945. *Past Imperfect* 11

LIITTEET

Liite 1. Tiedonkeruulomake

Implanttihoitojen preoperatiivinen kuvaus (yksi hammas)

Kuvauslaite ja malli

Merkki: _____

Malli: _____

Annoskeräyksen taulukko

Nro	Ikä	Annos (DAP) mGy×cm ²	Resoluutio	Putkijännite kV	Putkivirtaxs mAs	Kenttäkoko	Huomiot*
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
#							

*Huomioita voi kirjoittaa paperin takapuolelle ja numeroida ne. Taulukkoon siis pelkkä numero.

#Lisäriivi jos ilmenee että tarvitsee lisätä tutkimusten määrää tai tulee virheellinen kirjaus.

Täyttöohjeet

Potilaiksi valitaan normaalikokoisia miespotilaita. Valinta tehdään silmämääräisen arvion perusteella.

Taulukkoon tapahtuvat kirjaukset numeraalisessa muodossa huomioiden sarakkeen yksikkö.

Resoluutio ja kenttäkoko kirjataan laitteen antamassa muodossa. Yksikön voi kirjata sarakkeen yläpuolelle.

Liite 2. Muuttujan arvojen toisistaan riippumattomien ryhmien testien teoreettinen viitekehys

Muuttujan arvojen jakautumista kahden tai useamman toisistaan riippumattomien ryhmien välillä voidaan arvioida Mann-Whitney U -testillä tai useamman kuin kahden ryhmän tapauksessa Kruskal-Wallis-testillä. Kummatkin testit perustuvat aineiston muuttujan arvoille annettavaan järjestysnumeroon (ranking) ja ryhmien välille jakautuneiden järjestysnumeroiden keskinäiseen vertailuun. Muuttujan arvot saavat ryhmistä välittämättä järjestysnumeron siten että pienin arvo saa järjestys numeron 1 ja suurin arvo saa järjestysnumeron n (n=muuttujan arvojen lukumäärä). (Field 2018, 216–218, 230.)

Mann-Whitney U -testissä verrataan muuttujan arvojen jakautumista kahden ryhmän välillä käyttäen ryhmien järjestysnumeroiden summia (Field 2018, 218). Kaavasta (6) nähdään eri ryhmien välille tehtävän vertailun ja järjestysnumeroiden (summan) käytön.

$$U_i = n_i n_j + \frac{n_i(n_i+1)}{2} - R_i \quad \left| \begin{array}{l} R_i = \text{ryhmän järjestysnumeroiden summa,} \\ i = \text{tutkittava ryhmä ja } j = \text{toinen ryhmä,} \\ n = \text{ryhmän arvojen lukumäärä} \end{array} \right. \quad (6)$$

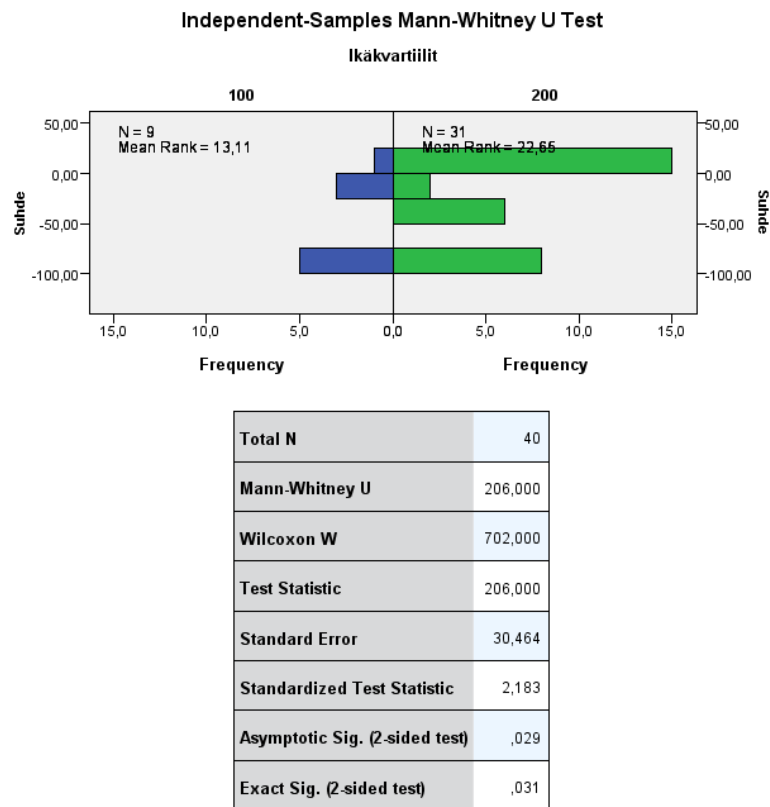
U-arvoista valitaan tarkasteluun pienempi ja verrataan (p=0,05) julkaistuihin taulukoihin (Field 2018, 218). Testin tulos antaa vastauksen kysymykseen, että onko muuttujan arvojen jakautumisessa eroa ryhmien välillä. SPSS:n antaman yksinkertaisen vastauksen lisäksi on tulosta syytä tarkastella tarkemmin, jotta nähdään ryhmien välinen ero ja muut testin tilastolliset parametrit. (Field 2018, 220–223)

Kruskal-Wallis-testin peruseriaate on sama kuin Mann-Whitney U –testin. Ryhmien järjestysnumeroiden summaa hyödynnetään ja lasketaan, onko muuttujan arvojen jakautumisessa eroa ryhmien välillä (Field 2018, 230–231). Kaavassa (7) on esitelty tarkasti Kruskal-Wallis-testin laskemistapa.

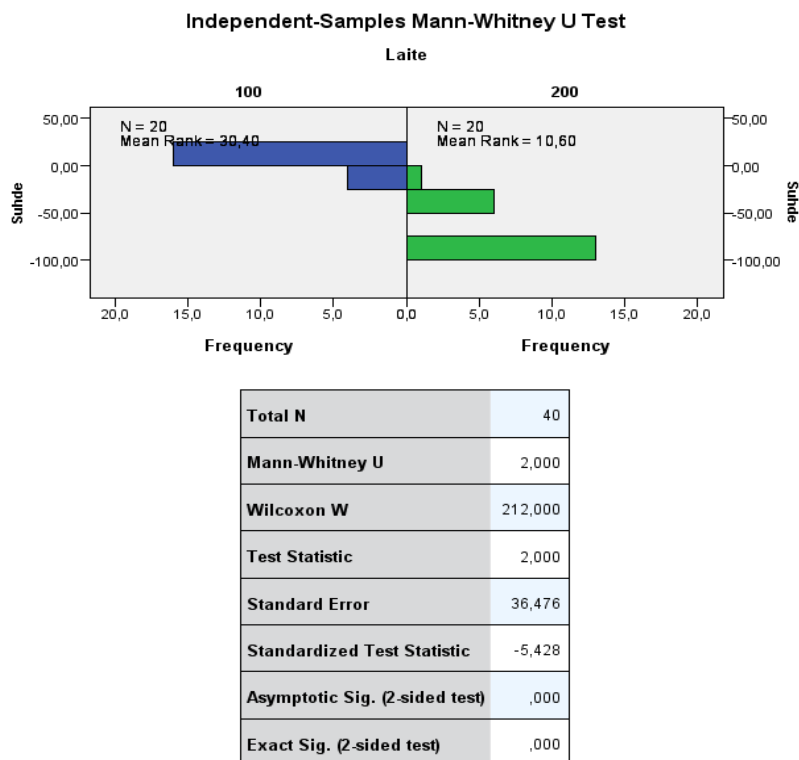
$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad \left| \begin{array}{l} N = \text{Kaikkien arvojen lukumäärä,} \\ n = \text{ryhmän arvojen lukumäärä,} \\ R = \text{ryhmän järjestysnumeroiden summa} \\ i = \text{tarkasteltava ryhmä, } k = \text{ryhmien lkm.} \end{array} \right. \quad (7)$$

Testin tulos antaa vastauksen kysymykseen, onko ryhmien välillä muuttujan arvojen jakautumisessa eroa. Testin tuloksen lisäksi SPSS:ssä on syytä tarkastella tulosta tarkemmin ja katsoa tulossivulta Mann-Whitney U -testin tulokset eri ryhmäparien välillä, jotta Kruskal-Wallis-testin tulos tarkentuu ja on helpommin tulkittavissa. (Field 2018, 235–236.)

Liite 3. Tutkimusaineistosta tehtyjen Mann-Whitney U -testin tulosteet

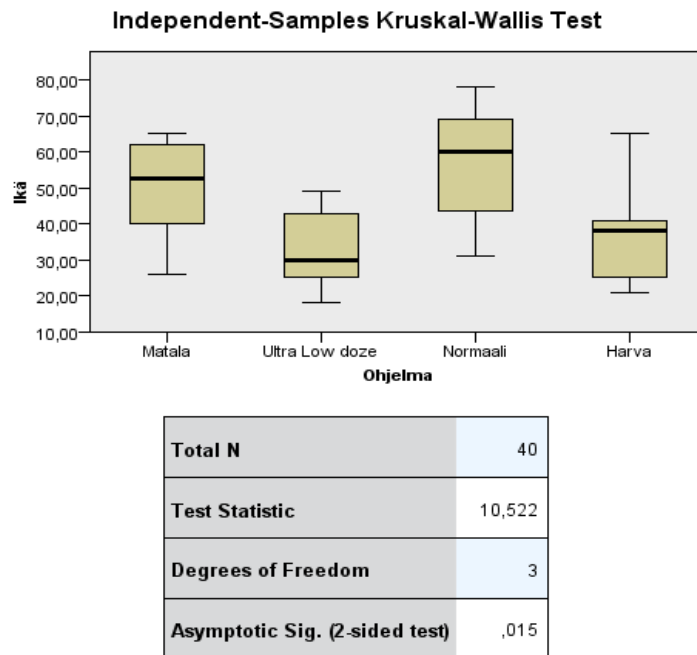


KUVIO 3. Suhteellisen annoksen jakautuminen ikäryhmien välillä ja Mann-Whitney U -testin tilastolliset tunnusluvut



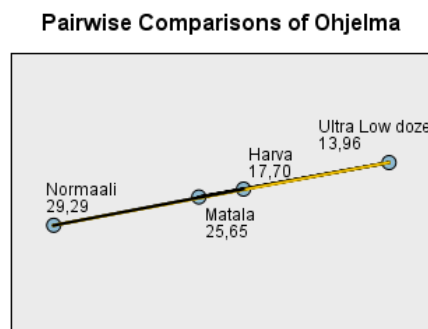
KUVIO 4. Suhteellisen annoksen jakautuminen eri laitteiden välillä ja Mann-Whitney U -testin tilastolliset tunnusluvut

Liite 4. Tutkimusaineistosta tehtyjen Kruskal-Wallis-testien tulosteet



1. The test statistic is adjusted for ties.

KUVIO 5. Potilaiden ikien jakautuminen kuvausohjelmien välillä ja Kruskal-Wallis-testin tilastolliset tunnusluvut

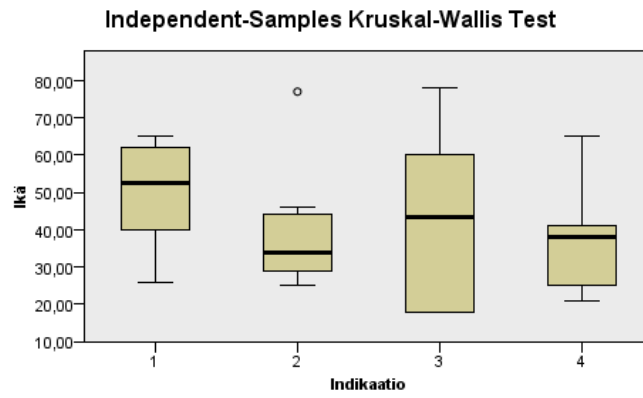


Each node shows the sample average rank of Ohjelma.

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
Ultra Low doze-Harva	-3,738	4,914	-,761	,447	1,000
Ultra Low doze-Matala	11,688	4,914	2,379	,017	,104
Ultra Low doze-Normaali	-15,324	5,477	-2,798	,005	,031
Harva-Matala	7,950	5,224	1,522	,128	,769
Harva-Normaali	11,586	5,757	2,012	,044	,265
Matala-Normaali	-3,636	5,757	-,632	,528	1,000

Each row tests the null hypothesis that the Sample 1 and Sample 2 distributions are the same. Asymptotic significances (2-sided tests) are displayed. The significance level is ,05. Significance values have been adjusted by the Bonferroni correction for multiple tests.

KUVIO 6. Potilaiden ikäjakaumien parittaiset vertailut eri kuvausohjelmien välillä



Total N	40
Test Statistic	2,657
Degrees of Freedom	3
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,448

1. The test statistic is adjusted for ties.
2. Multiple comparisons are not performed because the overall test does not show significant differences across samples.

KUVIO 7. Potilaiden ikien jakautuminen indikaatioiden välillä ja Kruskal-Wallis-testin tilastolliset tunnusluvut