



SÄDEHOIDON KONEKUVIEN KOHDISTAMINEN

Helmi Luukkanen

Risto Manninen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2013
Radiografian ja sädehoidon
koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

LUUKKANEN, HELMI & MANNINEN, RISTO:
Sädehoidon konekuvien kohdistaminen

Opinnäytetyö 97 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Lokakuu 2013

Sädehoidon konekuvien kohdistamisessa kohdistusten hajonta on yksi sädehoidon osuvuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietoa sädehoidon konekuvien kohdistamisesta Taysin sädehoitoyksikössä. Tietoa voidaan käyttää sädehoitoyksikön hoidon laadun kehittämisprojektissa Kuvantaohjatun sädehoidon tarkkuus ja tarvittavat marginaalit. Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää miten sädehoidon konekuvia kohdistetaan Taysin sädehoitoyksikössä. Tutkimusongelmina tutkittiin millaista hajontaa sädehoidon konekuvien kohdistamisessa esiintyy pään ja kaulan alueen sekä säästävästi leikatun rinnan sädehoidoissa, millaisia ominaisuuksia on konekuvissa, joiden kohdistuksessa esiintyy hajontaa ja miten sädehoidon työkokemus vaikuttaa hajontaan konekuvien kohdistamisessa. Opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytettiin kvantitatiivista kokonaistutkimusta ja aineisto kerättiin sädehoitoyksikössä järjestetyissä testitilanteissa. Tutkimuksen perusjoukkona oli konekuvien kohdistusta työseen tekevät tai siitä vastuussa olevat Taysin sädehoidon röntgenhoitajat ja lääkärit. Testitilanteisiin osallistui 30 röntgenhoitajaa ja 9 sädehoitolääkäreitä. Aineisto analysoitiin käyttäen tilastollisia menetelmiä.

Opinnäytetyön tuloksina saatiin, että Taysin sädehoitoyksikössä konekuvien kohdistuksissa referenssikuviiin kohdistusten keskihajontojen keskiarvo oli pään ja kaulan alueen kuvissa 1,2 mm röntgenhoitajilla ja 1,3 mm sädehoitolääkäreillä ja rinnan alueen kuvissa 1,3 mm molemmilla ammattiryhmillä. Röntgenhoitajien tekemien konekuvien kohdistusten keskihajontojen keskiarvot eri suunnissa olivat pään ja kaulan alueen kuvissa vrt 1,2 mm, lng 1,2 mm, lat 1,1 mm ja rinnan alueen kuvissa vrt 1,3 mm, lng 1,5 mm ja lat 1,2 mm. Joissakin konekuvissa, joiden kohdistuksissa oli suurempaa hajontaa, esiintyi myös merkittäviä anatomisten rakenteiden paikkapoikkeamia. Sädehoidon työkokemuksen ja röntgenhoitajien tekemien kohdistusten hajonnan välistä yhteyttä kuvaava korrelaatiokerroin oli 0,23 pään ja kaulan alueen konekuvien osalta ja -0,03 rinnan alueen konekuvien osalta.

Opinnäytetyön tulosten perusteella konekuvien kohdistusten hajonta Taysin sädehoitoyksikössä vastaa muissa yksiköissä aikaisemmissa tutkimuksissa saatuja tuloksia. Yksittäisten henkilöiden tekemissä konekuvien kohdistuksissa kohdistuksen poikkeama muusta joukosta muodostui melko suureksi, ja sädehoidon osuvuuteen voitaisiin vaikuttaa pyrkimällä eroon näistä suurimmista poikkeamista. Opinnäytetyössä todettiin, että pään ja kaulan alueen kuvapareissa esiintyvällä kaularangan ylä- ja alaosan välisellä paikkapoikkeamalla näyttää olevan yhteys kohdistusten hajontaan. Tähän voitaisiin mahdollisesti vaikuttaa selkeyttämällä kohdistusohjeistusta. Sädehoidon työkokemuksella ja konekuvien kohdistusten hajonnalla ei voida näyttää olevan yhteyttä.

Asiasanat: sädehoito, kuvantaohjattu sädehoito, konekuva, kohdistusten välinen hajonta, konekuvien kohdistus

ABSTRACT

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

LUUKKANEN, HELMI & MANNINEN, RISTO:
Treatment Image Matching in Radiation Therapy

Bachelor's thesis 88 pages, appendices 9 pages
October 2013

In radiotherapy treatment image matching one of the influencing factors to accuracy of radiotherapy is inter-observer variation. The objective of this Bachelor's thesis was to produce information about radiotherapy image matching in Radiotherapy unit of Tampere University Hospital (TAUH). This information can be used in the care quality project of radiotherapy unit called Accuracy of Image Guided Radiotherapy and Required Margins. The purpose of this study was to examine how the radiotherapy image matching is done in the TAUH radiotherapy unit. The research problems of this thesis were to find out what kind of inter-observer variation exists in radiotherapy image matching in head and neck and resection breast areas, what kind of attributes exist in images with matching variation and how radiotherapy work experience affects variation in radiotherapy image matching. Research method was quantitative study of the total population and research material was gathered in test situations that were organised in radiotherapy unit. A total of 30 radiotherapy technicians and 9 radiotherapy doctors participated in the test situations. Statistical methods were used to analyse the data.

The results of this study were that in TAUH radiotherapy unit the average of standard deviations in inter-observer variation in treatment image matching of the head and neck area were 1,2 mm for radiotherapy technicians and 1,3 mm for radiotherapy doctors and in resection breast area they were 1,3 mm for both profession groups. The average of standard deviations in inter-observer variation in image matching in different directions for radiotherapy technicians were vrt 1,2 mm, lng 1,2 mm, lat 1,1 mm in images of head and neck area and vrt 1,3 mm, lng 1,5 mm and lat 1,2 mm in images of breast area. In some treatment images in which bigger standard deviation occurred, also significant deformations occurred. The correlation between radiographers' radiotherapy work experience and deviation in image matching was 0,23 for images of head and neck area and -0,03 for images of resection breast.

According to the results of this study, the standard deviation of the image matching in TAUH corresponds to earlier research results in other radiotherapy units. In certain matching results the deviation of the matches from other population was notable. The accuracy of radiotherapy could possibly be influenced by getting rid of these bigger deviations. As result was also found that in image pairs of head and neck area, the deformity between C1 and C5-7 vertebrae of the cervical spine seems to have relation to the deviation of image matching. This could possibly be influenced by improving clarity of the matching instructions. On the basis of this study, it cannot be shown that radiation therapy work experience has relation to inter-observer variation in image matching.

Key words: radiotherapy, image guided radiotherapy, treatment image, image matching, inter-observer variation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KONEKUVIEN KOHDISTAMINEN PÄÄN JA KAULAN SEKÄ RINNAN ALUEEN SYÖPIEN SÄDEHOIDOSSA	7
2.1	Pään ja kaulan sekä rinnan alueen syöpäsairaudet.....	7
2.2	Sädehoito	8
2.2.1	Ulkoisen sädehoidon hoitotekniikat.....	9
2.2.2	Sädehoitosuunnitelma	11
2.2.3	Pään ja kaulan alueen syöpien sädehoito	12
2.2.4	Rintasyövän sädehoito	13
2.3	Sädehoidon kohdistaminen	14
2.3.1	Asettelu ja asettelutarkkuus.....	14
2.3.2	Konekuvaus ja kuvien kohdistaminen	16
2.3.3	Konekuvausohjeistus	18
2.3.4	Konekuvaus- ja paikkapoikkeamaohjeistus Taysin sädehoito-yksikössä.....	20
2.3.5	Aikaisemmat tutkimukset konekuvien kohdistuksen hajonnasta.....	24
2.3.6	Sädehoidon konekuvien jälkikäteistarkastelu	26
2.3.7	Työkokemuksen vaikutus konekuvien kohdistamiseen.....	27
3	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	29
4	OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT	30
4.1	Tutkimusmenetelmien valinta.....	30
4.2	Tutkimusmateriaalin valinta ja aineiston kerääminen	31
4.3	Kerätyn aineiston käsittely.....	36
5	TULOKSET	40
5.1	Taustatiedot.....	40
5.2	Röntgenhoitajien tekemä konekuvien ja referenssikuvien kohdistus	41
5.2.1	Pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistusten hajonta	41
5.2.2	Rinnan alueen konekuvien kohdistusten hajonta	46
5.3	Sädehoitolääkärien tekemä konekuvien ja referenssikuvien kohdistus.....	52
5.3.1	Pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistusten hajonta	52
5.3.2	Rinnan alueen konekuvien kohdistusten hajonta	56
5.4	Konekuvien ominaisuudet verrattuna röntgenhoitajien tekemien kohdistusten keskihajontaan	59
5.4.1	Pään ja kaulan alueen kuvaparien ominaisuudet ja kohdistusten hajonta	59
5.4.2	Rinnan alueen kuvaparien ominaisuudet ja kohdistusten hajonta.....	62

5.5 Työkokemuksen vaikutus röntgenhoitajien tekemien konekuvien kohdistusten hajontaan	65
6 POHDINTA.....	67
6.1 Hajonta sädehoidon konekuvien kohdistamisessa	67
6.1.1 Röntgenhoitajien tekemät pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistukset	67
6.1.2 Röntgenhoitajien tekemät rinnan alueen kuvaparien kohdistukset.....	70
6.1.3 Sädehoitolääkärien tekemät pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistukset	73
6.1.4 Sädehoitolääkärien tekemät rinnan alueen kuvaparien kohdistukset.....	75
6.2 Konekuvien ominaisuuksien ja kohdistusten hajonnan vertailu.....	76
6.3 Työkokemuksen vaikutus kohdistusten hajontaan	77
6.4 Tutkimuksen luotettavuus	78
6.5 Tutkimuksen eettisyys	80
6.6 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset	81
LÄHTEET.....	84
LIITTEET	89

1 JOHDANTO

Sädehoito on syövän hoitomuoto, jossa syöpäsoluja tuhotaan ionisoivalla säteilyllä. Sädehoidon tarkka kohdistaminen on tärkeää hyvän kasvainkontrollin saavuttamiseksi ja toisaalta myös terve kudosaaurioiden minimoimiseksi. (Ojala, Pitkänen & Kellokumpu-Lehtinen 1996; Sipilä 2004, 184; Jussila, Kangas & Haltamo 2010, 22, 24–25.) Sädehoidon osuvuutta voidaan parantaa konekuvauksella (Kouri & Kangasmäki 2009) ja sädehoidon osuvuuteen vaikuttaa myös henkilökunnan työtavat (Jussila ym. 2010, 147–148). Kohdistajien välinen hajonta sädehoidon konekuvien kohdistuksessa on yksi sädehoidon osuvuuteen vaikuttavista tekijöistä (Hoskin 2008, 17).

Tämän opinnäytetyön yhteistyötahona toimi Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Tampereen yliopistollisen sairaalan (Tays) syövänhoidon vastuualueen sädehoitoyksikkö, myöhemmin sädehoitoyksikkö. Opinnäytetyön aihe saatiin yhteistyötaholta ja se on osa laajempaa projektia ”Hoidon laadun kehittämisprojekti: Kuvantaohjatun sädehoidon tarkkuus ja tarvittavat marginaalit.” Opinnäytetyön aiheena oli sädehoidon konekuvien kohdistaminen. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietoa sädehoidon konekuvien kohdistamisesta Taysin sädehoitoyksikössä ja tarkoituksena oli selvittää miten sädehoidon konekuvia kohdistetaan sädehoitoyksikössä. Työssä tutkittiin sitä, millaista hajontaa konekuvien kohdistamisessa esiintyy pään ja kaulan alueen ja säästävästi leikatun rinnan alueen sädehoidoissa konekuvien kohdistusta työksien tekevien tai siitä vastuussa olevien röntgenhoitajien ja sädehoitolääkäreiden joukossa. Lisäksi tutkittiin millaisia ominaisuuksia on konekuvissa, joiden kohdistuksessa esiintyy hajontaa, sekä sädehoidon työkokemuksen vaikutusta konekuvien kohdistusten hajontaan. Yhteistyötaho voi hyödyntää opinnäytetyön tuloksia projektissaan ja hyöttyä tutkimuksesta saadessaan tietoa hajonnasta kuvien kohdistuksessa omassa yksikössään.

2 KONEKUVIEN KOHDISTAMINEN PÄÄN JA KAULAN SEKÄ RINNAN ALUEEN SYÖPIEN SÄDEHOIDOSSA

2.1 Pään ja kaulan sekä rinnan alueen syöpäsairaudet

Syöpä on elimistön omista soluista alkunsa saava kasvain, jolle on ominaista kyky kasvaa välittämättä elimistön säätelymekanismeista, tunkeutua kudusrajojen läpi viereisiin kudoksiin ja lähettää muualle elimistöön etäpesäkkeitä. Kasvaimet voidaan jakaa hyvän- ja pahanlaatuisiin. Hyvänlaatuisilla kasvaimilla ei ole edellä mainittuja kykyjä. (Ojala 2010, 18.) Isola & Kallioniemi (2013, 10) toteavat kasvaimien olevan solukon tai kudoksen epänormaalia kasvua, joka on isäntäelimille haitallista ja tarkoituksetonta ja lisäksi pääosin riippumatonta ulkoisista kasvuärsykkeistä.

Suomessa todettiin 715 pään ja kaulan alueen syöpää vuonna 2010 ja kyseessä on maailmanlaajuisesti kuudenneksi yleisin syöpäsairaus. (Grénman & Joensuu 2011; Grénman ym. 2013, 343). Pään ja kaulan alueen syöpien yleisimpiä esiintymisalueita ovat huulet, suuontelo, kurkunpää ja nielu (Grénman & Joensuun 2011). Grénmanin ym. (2013, 347) mukaan yli 90 % pään ja kaulan alueen pahanlaatuisista kasvaimista ovat pintakudoksesta alkunsa saaneita levyepiteelikarsinoomia. Kaulan imusolmukkeista voi löytyä myös muiden syöpien etäpesäkkeitä, kuten keuhkosityövän, kilpirauhassyövän, vatsan alueen syöpien tai rintasyövän etäpesäkkeitä (Grénman & Joensuu 2011; Grénman ym. 2013, 362). Pään ja kaulan alueen syöpiä todetaan enemmän miehillä kuin naisilla ja ilmaantuvuus lisääntyy yli 50-vuotialla. Tärkeimmät riskitekijät ovat tupakointi ja runsas alkoholinkäyttö. Lisäksi suunielun ja suuontelon syövässä on keskeisenä riskitekijänä ihmisen papilloomavirus. (Grénman & Joensuu 2011; Lyly 2011; Grénman ym. 2013, 343–344.)

Grénmanin ym. (2013, 348) mukaan pään ja kaulan alueen syöpien tärkeimmät hoitomuodot ovat kirurgia ja sädehoito. Kemosädehoito, eli solunsalpaajahoidon ja sädehoidon yhdistelmä, on vakiintunut hoitokäytännöksi varhaisvaiheen kasvaimien hoitoa lukuun ottamatta ja kemosädehoidolla on osoitettu olevan tilastollisesti merkitsevä elinai-kaetu pelkkään sädehoitoon verrattuna (Pignon ym. 2009; Saarilahti & Lindholm 2011). Pieniä paikallisia kasvaimia voidaan hoitaa myös pelkällä sädehoidolla. Hoito valitaan

potilaan yleiskunnon sekä kasvaimen sijainnin, levinneisyyden ja kudostyyppin mukaan. (Grénman ym. 2013, 348–349.)

Rintasyöpä on yleisin naisten syöpämuoto Suomessa ja vuonna 2010 naisilla todettiin 4673 uutta rintasyöpää (Suomen syöpärekisteri 2012). Suomen väestörakenteen vanheneminen kasvattaa rintasyöpäpotilaiden määrää, mutta rintasyövän ennuste on parantunut, minkä voi katsoa johtuvan rintasyöpäseulonnoista ja tehostuneesta liittäishoidosta. Rintasyövän riskiin vaikuttavat hormonaaliset seikat. Synnyttämättömien naisten riski sairastua rintasyöpään on suurempi kuin synnyttäneiden ja riskiä pienentävät matala ensisynnytysikä, imetys, vartalon hoikkuus ja liikunta. Myös synnytysten määrän kasvu pienentää riskiä. Häiriintymättömien kuukautiskiertojen suuri elämänaikainen kokonaismäärä sekä vaihdevuosien hormonikorvaushoidot kasvattavat riskiä samoin kuin alkoholin käyttö ja pitkäaikainen nuorena aloitettu tupakointi. (Joensuu 2013, 6–8; Joensuu & Huovinen 2013, 595.)

Rintasyöpää voidaan hoitaa resektiolla eli säästävällä rinnan leikkauksella tai ablaatiolla eli rinnan kokopoistolla. Joensuun ym. (2013, 602–603) mukaan paikallinen rintasyöpä hoidetaan tavallisesti leikkauksella. Solunsalpaajahoitoa voidaan käyttää ennen leikkausta pienentämään kasvaimen kokoa ennen säästävää leikkausta ja leikkauksen jälkeen sitä voidaan käyttää liittäislääkehoitona myös mahdollisten piilevien etäpesäkkeiden tuhoamiseen. Potilailla, joiden syövässä on hormonireseptoreita, voidaan käyttää hormonaalista liittäishoitoa. Kun rintasyövän hoidossa käytetään säästävää leikkausta, rintaan tulee antaa myös sädehoito uusiutumisen riskin pienentämiseksi. Sädehoidolla tuhotaan leikkausalueelle ja paikallisiin imusolmukkeisiin jääneet syöpäsolut. Uusiutuneen ja levinneen syövän hoidossa käytetään yleensä rinnan kokopoistoa liittäishoitoinen. (Joensuu ym. 2013, 602–614.)

2.2 Sädehoito

Sädehoito on syövän tärkeä hoitomuoto, jossa syöpäsolukkoa tuhotaan ionisoivan säteilyn avulla. Sädehoidon teho perustuu siihen, että syöpäsolut ovat herkempiä säteilylle kuin normaalisolukko. Sädehoito voidaan jakaa ulkoiseen ja sisäiseen sädehoitoon. Tämä opinnäytetyö liittyy ulkoiseen sädehoitoon, jossa potilaaseen kohdistetaan kehon ulkopuolelta sähkömagneettista jarrutussäteilyä, eli fotonisäteilyä tai hiukkassäteilyä

ulkoisen sädehoitolaitteen avulla. Lähellä ihon pintaa olevien hoitokohteiden sädehoidossa käytetään elektronisäteilyä ja syvemmällä olevien kohteiden sädehoidossa fotonisäteilyä. Molemmat näistä säteilyn muodoista voidaan tuottaa lineaarikiihdyttimellä kiihdyttämällä elektroneita. (Ojala ym. 1996; Sädehoitofysiikan sanasto 1997, 41; Sipilä 2004, 184; Jussila ym. 2010, 22, 24–25, 96.)

Ulkoisessa sädehoidossa säteily kohdistetaan hoidettavaan alueeseen yhdellä tai useammalla keilalla. Koska hoidettava alue on usein kehon sisällä, säteilykeilan matkalla sijaitseva terve kudoks altistuu myös säteilylle. Sädehoidossa säteilyn tarkka kohdistaminen halutulle hoitoalueelle on ensiarvoisen tärkeää sekä hyvän kasvainkontrollin saavuttamiseksi, että terveen kudoksen vaurioiden minimoimiseksi. (Ojala ym. 1996; Sipilä 2004, 184–185; Jussila ym. 2010, 30.)

Riippumatta siitä mitä sädehoidon tekniikkaa käytetään, täytyy hoitolaitteiden tekninen laadunvarmistus järjestää asianmukaisesti, jotta sädehoito voidaan tehdä samalla tavalla kerrasta toiseen. Teknisen laadunvarmistuksen lisäksi sädehoitoyksikön laadun varmistamiseen kuuluu myös toimintaohjeiden ylläpito, työntekijöiden koulutus ja heidän ammattitaitoon ja sädehoitoprosessin osaamiseen liittyvien vaatimusten seuraaminen ja laatutoiminnan organisointi ja dokumentointi. (Griffiths 2007, 202–208; Jussila ym. 2010, 136.)

2.2.1 Ulkoisen sädehoidon hoitotekniikat

Sädehoidossa käytettävän hoitotekniikan valinta tehdään hoidon tavoitteen, käytettävissä olevien resurssien ja hoitokohteessa vaadittavan sädehoidon tarkkuuden mukaan. (Jussila ym. 2010, 93).

Konformaalinen eli kolmiulotteisesti kohdealueen muotoinen sädehoito on yleinen sädehoidon tekniikka. Siinä kohdealueen muotoinen säteilyjakauma saadaan muotoilemalla sädekeilaa moniliuskakeilarajaimella ja säteilyn tulosuuntaa muuttamalla. Moniliuskakeilarajain koostuu ohuista lyijyliuskoista, joiden paikkaa ja liikettä voidaan säädellä. Hoitokohteeseen pyritään saamaan mahdollisimman tasainen annosjakauma. Käyttämällä useita säteilykenttiä, joista kohdealueen vaatima säteilyannos tulee, saadaan alennet-

tua säteilyn intensiteettiä terve kudoksessa, mutta samalla säteilyä saavan terve kudoksen tilavuus kasvaa. (Jussila ym. 2010, 93; Kouri & Tenhunen 2013, 170.)

Intensiteettimuokatulla sädehoidolla (intensity modulated radiation therapy, IMRT) voidaan lieventää sädehoidon haitallisia sivuvaikutuksia sädehoidon tarkemmalla kohdennuksella ja kohdealueelle saadaan tasainen annosjakauma. Hoitokohdan verifiointi on perinteistä sädehoitoa tärkeämpää IMRT hoidoissa, koska kohdekudokseen ja hyvin lähellä sijaitsevan terve kudoksen välille muodostuu suuria säteilyannosgradientteja (Kärnä 2008, 2, 22; Kapanen 2009, 8). Annosgradientti tarkoittaa annoksen muutosnopeutta paikan suhteen (Kapanen 2009, 5). Annosgradientti PTV:n ja normaalikudoksen välillä voidaan IMRT:n avulla tehdä suuremmaksi kuin perinteisessä konformaalisessa sädehoidossa, mikä mahdollistaa paremmin sädeherkkien elimien annoksen rajoittamisen ja vähentää terveen kudoksen saamia säteilyannoksia (Mohan 2000, Kärnä 2008, 22 mukaan.) IMRT:ssä myös käytetään yleensä useampia kenttiä kuin konformaalisessa sädehoidossa. Annosjakauma saadaan vastaamaan kohdekudoksen rakennetta käyttämällä säteilytyksen aikana liikkuvia moniliuskakeilarajaimia. Jussilan ym. (2010, 94) mukaan säteilyn intensiteettiä vähennetään säteilyherkkien kudosten kohdalla niistä suunnista katsoen, missä kasvain ja sädeherkkä kudos ovat päällekkäin ja tämä annos korvataan kasvattamalla annosta niistä suunnista, missä ei ole niin sädeherkkää kudosta kasvaimen edessä. IMRT:n tarkkuusvaatimus sädehoidon kohdistuksessa voidaan toteuttaa kuvantaohjatulla sädehoidolla tai ainakin säännöllisellä konekuvauskäytännöllä. (Griffiths 2007, 202–208; Kärnä 2008, 22–27; Kouri & Kangasmäki 2009; Jussila ym. 2010, 94, 222.)

Kaarihoito on tavallista IMRT:tä kohteenmukaisempi menetelmä IMRT-hoidosta. Kaarihoidossa kiihdyttimen kanturi kiertää hoidon aikana potilaan ympäri valitun kaaren verran erona intensiteettimoduloituihin tekniikoihin, joissa valitaan useita kiinteitä hoitokulmia. (Saarilahti & Lindholm, 2011.) Tässä tekniikassa yhdistetään siis moniliuskakeilarajaimien liike kanturin kiertoliikkeeseen (Kouri & Tenhunen 2013, 171). Intensiteettimoduloidulla kaarihoidolla saavutetaan parempi annosjakauma kuin tavanomaisella IMRT:llä (Saarilahti & Lindholm, 2011).

2.2.2 Sädehoitosuunnitelma

Sädehoitosuunnitelma sisältää hoitotekniikan, ja hoitoasennon valinnan, annossuunnittelukuvauksen, kohdealueen ja riskielimien määrittelyn, annossuunnittelun ja mahdollisen simuloinnin (Griffiths 2007, 157–167). Hoitoasennon huolellinen valinta on tärkeä osa sädehoitosuunnitelmaa. Asennon on oltava potilaalle niin mukava, että hän jaksaa olla siinä paikallaan. Asennon on oltava myös toistettavissa joka hoitokerralla ja hoitokeilat on voitava suunnata järkevistä suunnista kohti kohdealuetta. (Griffiths 2007, 158, Jussila ym. 2010, 82.)

Annossuunnittelu toteutetaan nykyään useimmiten tietokonetomografiakuvien perusteella (Evans 2008; Jussila 2010, 86). Annossuunnittelukuvaus tietokonetomografialaitteella tehdään siten, että potilas on suunnitellussa hoitoasennossa. Kuvauksen yhteydessä potilaan iholle tai käytettäviin apuvälineisiin merkitään ulkoiset referenssipisteet, joiden avulla potilas saadaan aseteltua tähän samaan asentoon hoitojen yhteydessä. (Jussila ym. 2010, 86.)

Annossuunnittelu voidaan jakaa biologiseen ja fysikaaliseen annossuunnitteluun. Biologisessa annossuunnittelussa lääkäri määrittelee hoitokohteen ja sille halutun kokonaisannoksen sekä fraktioinnin. Säteilyturvakeskuksen sädehoitofysiikan sanaston (1997, 67) mukaan fraktiointi tarkoittaa sitä, että kokonaisannos jaetaan moneen pienempään osaan, joiden kerta-annos ja aikaväli on määrätty. Lisäksi biologisessa annossuunnittelussa määritellään riskielimet ja niiden annosrajat. Sädehoidon kohdealue koostuu useammasta osasta. Makroskooppisen kasvaimen alue (GTV, gross tumour volume) on alue, jossa kasvain voidaan havaita jollakin kuvantamismenetelmällä. GTV:tä ei ole, jos kasvain on kirurgisesti poistettu. Kliininen kohdealue (CTV, clinical target volume) sisältää GTV:n lisäksi todennäköisen mikroskooppisen leviämisen alueen. CTV on se alue, jonka kudokset halutaan sädehoidolla tuhota. Sädehoidon kohdistuksen epävarmuustekijöistä johtuen kliinisen kohdealueen ympärille täytyy annossuunnitelmaa varten lisätä marginaalit. Tätä aluetta kutsutaan suunnittelualueeksi (PTV, planning target volume). (Sädehoitofysiikan sanasto 1997, 69, 70, 159; Sipilä 2004, 203–204; Kouri & Kangasmäki 2009; Jussila ym. 2010, 88–92.)

CTV:n ympärille tarvittavien marginaalien suuruuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten hoitokohteen liike kehon sisällä, referenssipisteiden liikkeestä aiheutuva asettelupe-

tarkkuus, huonosta fiksaatiosta aiheutuva poikkeama potilaan asennossa ja hoitokeilojen epätarkkuus (van Herk 2004, Gupta ym. 2007, Jussila ym. 2010, 148). Myös vaihtelu konekuvien analysoinnissa vaikuttaa hoidon osuvuuteen ja siten tarvittavaan marginaaliin (Hoskin ym. 2008, 17). Tarvittavan marginaalin laskemiseen on esitetty useita laskukaavoja (ICRU, 1999; Stroom ym. 1999; van Herk, Remeijer & Lebesque 2002).

Fysikaalisessa annossuunnitelmassa luodaan annossuunnitteluohjelmalla sellainen suunnitelma, joka vastaa mahdollisimman hyvin biologisen annossuunnitelman määrittelemiä kriteerejä. Annossuunnittelu tehdään käyttäen sitä varten otettuja tietokonetomografiakuvia. Fysikaaliseen annossuunnitteluun kuuluu myös hoitotekniikan valinta. Annossuunnittelun peruseriaatteita ovat riittävä ja mahdollisimman tasainen annos kohdealueelle ja mahdollisimman pieni annos säteilyherkille elimille ja potilaalle kokonaisuudessaan. Lisäksi annossuunnitelman olisi hyvä olla mahdollisimman yksinkertainen. (Jussila ym. 2010, 92–93.)

2.2.3 Pään ja kaulan alueen syöpien sädehoito

Monet pienet paikalliset kasvaimet pään ja kaulan alueella voidaan hoitaa pelkästään sädehoidolla, mutta yleisimmin sädehoitoa annetaan leikkaukseen tai lääkehoitoon yhdistettynä. Lisäksi sädehoitoa voidaan käyttää myös niissä tapauksissa, joissa potilaan yleiskunto, muut sairaudet tai kasvaimen sijainti ovat sellaisia, ettei kasvainta voida poistaa kirurgisesti. Pään ja kaulan alueen syöpien sädehoito toteutetaan ulkoisena sädehoitona lineaarikiihdyttimillä korkeaenergisillä fotoneilla (Saarilahti & Lindholm, 2011; Grénman ym. 2013, 348–349).

Pään ja kaulan alueen syöpien hoidossa käytetään yleisesti IMRT-tekniikkaa, koska sillä saadaan suunnitellulle kohdealueelle kattavasti hyvä annosjakauma ja samalla minimoidaan sädeherkkien kudosten kuten sylkirauhasten, selkäytimen, näköhermojen, leukaluun ja nielulihasten saama annos. Kaarihoidolla tämä toteutuu vielä paremmin, ja nykyään myös kaarihoito kuuluu pään ja kaulan alueen syöpien hoitotekniikkavalikoimaan. (Saarilahti & Lindholm, 2011.)

Definiitiivisessä sädehoidossa eli käytettäessä sädehoitoa ainoana paikallishoitona, tarvittava sädeannos näkyvän tuumorin alueella on 68–70 Gy:n ja elektiivisillä eli mahdol-

listen piilevien etäpesäkkeiden vuoksi hoidettavilla imusolmukealueilla annos on 50 Gy:n luokkaa. Käytettäessä arkipäivisin annettavaa 2 Gy:n fraktiointia hoitojakson pituudeksi tulee 6–7 viikkoa. Preoperatiivisessa sädehoidossa käytetty tuumoriannos on 60–65 Gy ja leikkaus tehdään 3–5 viikkoa sädehoidon päätyttyä. Postoperatiivinen sädehoito puolestaan aloitetaan 3–6 viikon kuluttua leikkauksesta ja postoperatiivisessa hoidossa annos suuren uusimisriskin alueilla on 60–70 Gy ja elektiivisillä 50 Gy. Jos hoidossa käytetään kiihdytettyä fraktiointia eli hyperfraktiointia, on kokonaishoitoaika lyhyempi. Hyperfraktioidussa sädehoidossa annetaan useampi kuin yksi sädehoitofraktio yhden päivän aikana. Pään ja kaulan alueen sädehoidoissa on tärkeää hoitokentän tarkka raja- ja kohdistus, sekä potilaan hyvä fiksointi hoitojakson ajaksi, jotta sädehoito voidaan antaa hoitokohteen lähellä olevia sädeherkkiä elimiä säästäten. (Mäkitie ym. 2011; Saarilahti & Lindholm, 2011; Grénman 2013, 349–350.)

2.2.4 Rintasyövän sädehoito

Rintasyöpäpotilaalle annetaan säästävän rintaleikkauksen jälkeen sädehoitoa, koska se pienentää syövän paikallista uusiutumiseriskää. Sädehoito annetaan jäljellä olevan rintarauhaskudoksen alueelle. Myös rinnan kokopoiston jälkeen harkitaan annettavaksi sädehoitoa. Jos potilaalla on ilmennyt merkittävää imusolmuke-etäpesäkkeiden muodostusta, voidaan sädehoitoa antaa myös kainalon ja soliskuopan imusolmukealueille. (Vehmanen 2012; Kouri & Sailas 2013.)

Rinnan säästävän leikkauksen jälkeisessä sädehoidossa pyritään rinnan alueella mahdollisimman tasaiseen annosjakamaan. Sen saavuttamiseksi voidaan tarvittaessa käyttää konformaalisen sädehoidon sijaan esim. intensiteettimuokattua sädehoitoa. (Kouri & Sailas 2013.)

Kourin ja Sailaksen (2013) mukaan rinnan säästävän leikkauksen jälkeinen sädehoito invasiivisessa rintasyövässä annetaan koko rinnan alueelle ja toteutetaan 45–50 Gy:n kokonaisannokseen 1,8–2,0 Gy:n kerta-annoksin 4,5–5 viikon aikana. Vaihtoehtoisesti sama sädehoito voidaan antaa suuremmilla kertafraktioilla lyhyemmässä ajassa eli hypofraktioituna hoitona 42,5 Gy:n kokonaisannokseen 2,66 Gy:n kerta-annoksin 16 fraktiossa kolmen viikon aikana (Kouri & Sailas 2013). Vehmasen (2012) mukaan säästävän leikkauksen jälkeisen sädehoidon lopuksi voidaan leikkausalueelle antaa vielä vii-

kon pituinen lisäsädehoito, jota kutsutaan arpibuusteriksi. Keuhkojen ja sydämen saamia sädeannoksia minimoidaan annossuunnittelun ja sädehoitotekniikoiden avulla (Vehmanen 2012).

2.3 Sädehoidon kohdistaminen

Sädehoitoannoksen tarkan kohdentamisen saavuttamiseksi käytetään aina samaa hoitoasentoa, johon potilas asetellaan potilaaseen tatuoitujen referenssipisteiden ja mahdollisten fiksaatiovälineiden avulla. Lisäksi voidaan käyttää konekuvausta varmistamaan potilaan oikea hoitoasento. (Jussila ym. 2010, 143–148.)

2.3.1 Asettelu ja asettelutarkkuus

Sädehoidossa potilas pyritään asettelemaan aina samaan asentoon kuin suunnittelukuvausta tehdessä. Potilaan asento sekä asettelussa käytettävät fiksaatiovälineet ja niiden asetukset on määriteltävä sädehoitosuunnitelmassa, samoin tieto potilaan ja fiksaatiovälineiden ulkoisista referenssipisteistä. Hoitokerran alussa potilas asetellaan hoitoasentoon sädehoitosuunnitelman kirjallisten ja mahdollisten kuvallisten ohjeiden mukaisesti ja siten että asettelussa käytettävät laservalot risteävät potilaaseen tai fiksaatiovälineisiin merkityissä pisteissä. (Jussila ym. 2010, 82–88, 144–145.)

Pään ja kaulan alueen hoidoissa yleensä käytetään potilaan asennon liikkumattomuuden varmistamiseen tarkoitettuja muotteja, jotka valmistetaan termoplastisesta muovista ja muotoillaan potilaan pään ja kaulan anatomian mukaan (Jussila ym. 2010, 83). Rintojen alueen hoidoissa potilaan kädet nostetaan pään yläpuolelle ja tuetaan tiettyyn asentoon käyttämällä esimerkiksi tarkoitukseen sopivaa telinettä (Jussila ym. 2010, 84).

Tarkasta asettelusta huolimatta hoitokohde ei välttämättä asetu jokaisella hoitokerralla täsmälleen samaan asentoon ja kohtaan. Iholla olevat referenssipisteet liikkuvat ihon mukana, kohdealue voi liikkua kehon sisällä tai muuttaa muotoaan, asettelu ei välttämättä tapahdu täysin identtisesti joka kerta tai esimerkiksi potilaan lihasjännitys voi vaikuttaa asentoon. (Griffiths 2007, 133–135.) Asetteluvirheestä löytyy aiempia tutkimuksia ja sitä on tutkittu konekuvauksen avulla. Esimerkiksi Korhonen ja Tanhuanpää

(2012, 35) saivat tulokseksi, että rinnan sädehoidoissa konekuvien perusteella yli 5 mm virhe asettelussa ilmeni sivusuunnassa 17,3 %:lla, pituussuunnassa 16,7 %:lla ja korkeussuunnassa 49,3 %:lla potilaista (n = 300), kun käytössä oli fiksaatiotelineenä rintateline. Korhosen ja Tanhuanpään (2012, 15) tutkimuksessa käytetty rintateline oli sädehoitopöydälle asetettava teline, jonka päälle potilas asetellaan makaamaan selälleen tyyny polvien alle, olkavarret käsitukien päälle ja kädet pään päälle käsinojan päälle. Rintatelineessä pystyy säätämään käsitukien asentoa, pään korkeutta ja telineen kallistuskulmaa (Korhonen & Tanhuanpää 2012, 15).

Asetteluvirheestä löytyy myös uudempia tutkimuksia, kuten Jassal ym. (2013), jotka vertailivat tutkimuksessaan tyhjiöpatjan ja rintatelineen asetteluvirheitä kartiokeilatietokonetomografiakuvauksen (KKTT-kuvaus) ja tutkimuksessa potilaiden asettelusta vastasivat röntgenhoitajat. Tutkijat saivat tulokseksi, että keskimääräinen (keskiarvo) asetteluvirhe vastasi 1,72 mm etäisyyttä pisteiden välillä. Keskiarvo asetteluvirheelle potilaan sivusuunnassa oli 0,80 mm, pituussuunnassa 1,70 mm ja pöydän korkeussuunnassa 1,50 mm. Rintatelinettä käytettäessä 15 %:lla asetteluista siirros oli yli 5 mm jossain kolmesta suunnasta. (Jassal ym. 2013.)

Sädehoidon osuvuudessa virhettä voi olla monen tyyppistä. Karkea virhe tarkoittaa virhettä, jossa osa kliinisen kohdealueen annoksesta jää liian matalaksi tai jonkin kriittisen elimen annos nousee liian suureksi. Karkea virhe pitää huomata ja korjata ennen hoitoannoksen antamista. Systemaattinen virhe on virhe, joka esiintyy aina samansuuntaisena tai suuruudeltaan samankaltaisena. Se voi syntyä esimerkiksi laitteen virheestä, kasvaimen koon muutoksesta tai jostakin asetteluun liittyvästä erosta annossuunnittelukuvauksen ja hoitokertojen välillä. Satunnainen virhe on virhe, joka vaihtelee hoitokertojen välillä satunnaisesti. Se voi liittyä esimerkiksi asettelussa tapahtuviin muutoksiin tai jonkin elimen kehon sisäisestä liikkeestä. Systemaattinen virhe aiheuttaa potilaan saaman lopullisen annosjakauman siirtymisen suunniteltuun nähden, kun taas satunnaisen virheen tilanteessa kumulatiivinen annosjakauma ei siirry, mutta leviää suunniteltua laajemmalle alueelle. (Hoskin ym. 2008, 11–12.) Esimerkiksi Guptan ym. (2007) pään ja kaulan alueen asetteluvirheiden tutkimuksessa oli satunnaisesti virheeksi saatu noin 2 mm ja systemaattiseksi virheeksi noin 1 mm kaikkiin suuntiin. CTV:n ympärille tarvittavan marginaalin laskenta perustuu systemaattisen ja satunnaisen virheen arviointiin (van Herk ym. 2000, 2002; Gupta ym. 2007). Systemaattinen virhe voidaan katsoa mer-

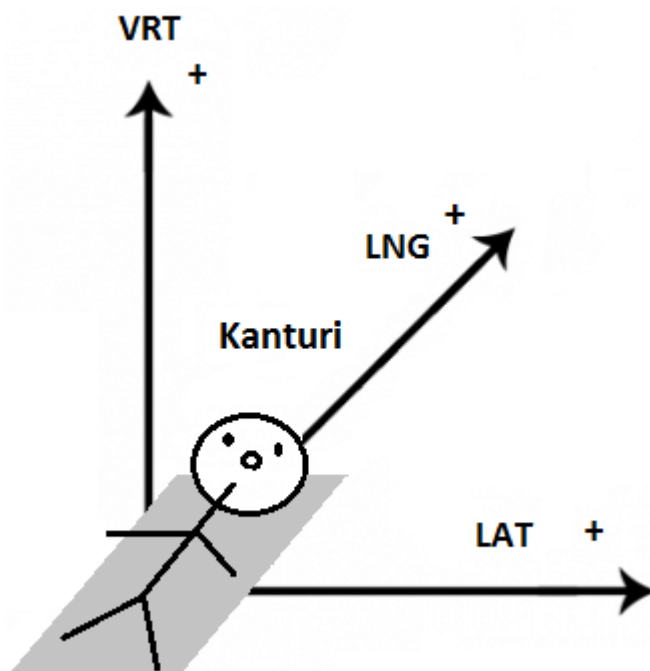
kittävämmäksi kuin satunnainen virhe kumulatiivisen annoksen kannalta (van Herk ym. 2000, 2002).

2.3.2 Konekuvaus ja kuvien kohdistaminen

Sädehoidon osuvuuden varmennus on prosessi, jolla varmistetaan, että kasvainta hoidetaan sädehoitosuunnitelman mukaisesti. Jotta voidaan varmistua, että oikea säteilyannos on annettu oikeaan paikkaan, täytyy tehdä geometrista ja dosimetristä varmennusta. Geometrisen varmennuksen tarkoitus on varmistaa, että sädehoito on tehty sädehoitosuunnitelman mukaisesti ja sallittujen virhemarginaalien sisällä. Konekuvaus on geometrisen varmennuksen tekniikka. Dosimetrisellä varmennuksella varmennetaan onko potilas saanut annossuunnitelman mukaisen säteilyannoksen. Kun dosimetrinen varmennus tehdään sädehoidon aikana, käytetään termiä *in vivo* dosimetria. (Hoskin ym. 2008, 9, 64.) Esimerkiksi Kapanen (2009, 63) ehdotti tutkimuksensa tuloksena, että pään ja kaulan alueen IMRT hoidossa dosimetrisen varmennuksen avulla sädeannoksen tulee pysyä ± 2.4 Gy:n marginaalissa ja geometrisen varmennuksen avulla ± 3 mm tarkkuudessa, jotta voidaan suojella säteilylle herkkiä sylkirauhasia.

Potilaan hoitokoneelle hoitoasentoon asettelun jälkeen voidaan varmistaa sädehoidon osuvuutta ottamalla konekuvat hoitoalueesta (Jussila ym. 2010, 147). Tällöin puhutaan kuvantaohjatusta sädehoidosta (Hoskin 2008, 10; Jussila ym. 2010, 95–96). Konekuvat voidaan ottaa sädehoitolaitteen hoitoenergialla (hoitokonekuvaus), sädehoitolaitteeseen liitettyllä röntgenkuvauslaitteistolla (kV-konekuvaus) tai muilla kuvantamismenetelmillä (Tenhunen 2007, 62). Sädehoidon osuvuuden varmentaminen kuvantamisen avulla tehdään vertaamalla keskenään näitä konekuvia ja sädehoidon annossuunnitteluvaiheessa potilaasta tietokonetomografialla otetusta kolmiulotteisesta kuvasta laskettuja kaksiulotteisia DRR-tasokuvia (engl. Digitally Reconstructed Radiograph) ja kohdistamalla ne toisiinsa anatomisten rakenteiden perusteella (Tenhunen 2007, 62). Tätä kutsutaan tässä opinnäytetyössä konekuvien kohdistamiseksi. DRR-tasokuvasta käytetään tässä opinnäytetyössä myöhemmin nimitystä referenssikuva. Referenssikuvista voidaan nähdä miten sisäisten referenssipisteiden tulisi näkyä, jos potilas on aseteltu oikein ja hoito on oikein kohdennettu. Näitä sisäisten referenssipisteiden eli kiinteiden luisten rakenteiden paikkaa verrataan konekuvissa ja referenssikuvissa ja niiden perusteella siirretään hoitopöytä kuvien kohdistusta vastaavaan kohtaan pituus- (lng), leveys- (lat) ja korkeus-

suunnassa (vrt) ennen hoitoa. (Jussila ym. 2010, 147, 150) Ortogonaalisia eli koh-tisuorassa toisiaan nähden olevia (Myllylä & Korttelahti 2013, 23–24) etu- ja sivusuun-nan konekuvia kohdistettaessa lat-suunnan kohdistus voidaan tehdä etukuvan perusteel-la, vrt-suunta sivukuvan perusteella ja lng-suunta sekä etu, että sivukuvan perusteella. Ortogonaalisesta etu- ja sivukonekuvaparista käytetään myöhemmin tässä opinnäyte-työssä nimitystä kuvapari. Säteihoitopöydän siirrostien suunnat on havainnollistettu koordinaatistoon kuvassa 1, jossa potilas on aseteltu pää hoitokoneen kanturia kohden. Koordinaatiston positiivisille akseleille vastakkaisissa suunnissa ovat vastaavat negatii-viset akselit.



KUVA 1. Hoitopöydän siirrostien suunnat

Perusajatuksena konekuvien kohdistamisessa on, että sädehoitosuunnitelman kannalta tärkeimmät anatomiset alueet ovat mahdollisimman hyvin kohdallaan, ja tarvittaessa tehdään kompromissi muiden alueiden kohdistuksessa. Kompromissi joudutaan teke-mään, jos potilas ei ole täysin samassa asennossa kuin annossuunnittelukuvassa, koska tällaisessa tilanteessa kuvia ei ole mahdollista saada täydellisesti kohdakkain. Tällaises-sa tilanteessa kuvien kohdistuksessa saattaa esiintyä hajontaa. Van Kranen ym. (2009) ovat tutkineet pään ja kaulan alueen sädehoitojen yhteydessä otetuissa KKTT-kuvissa esiintyviä anatomisten rakenteiden sijainnin muutoksia sädehoitofraktioiden välillä. Tässä opinnäytetyössä näistä muutoksista käytetään termiä paikkapoikkeama (engl. de-formation). Paikkapoikkeama määritellään aina suhteessa johonkin toiseen anatomiseen

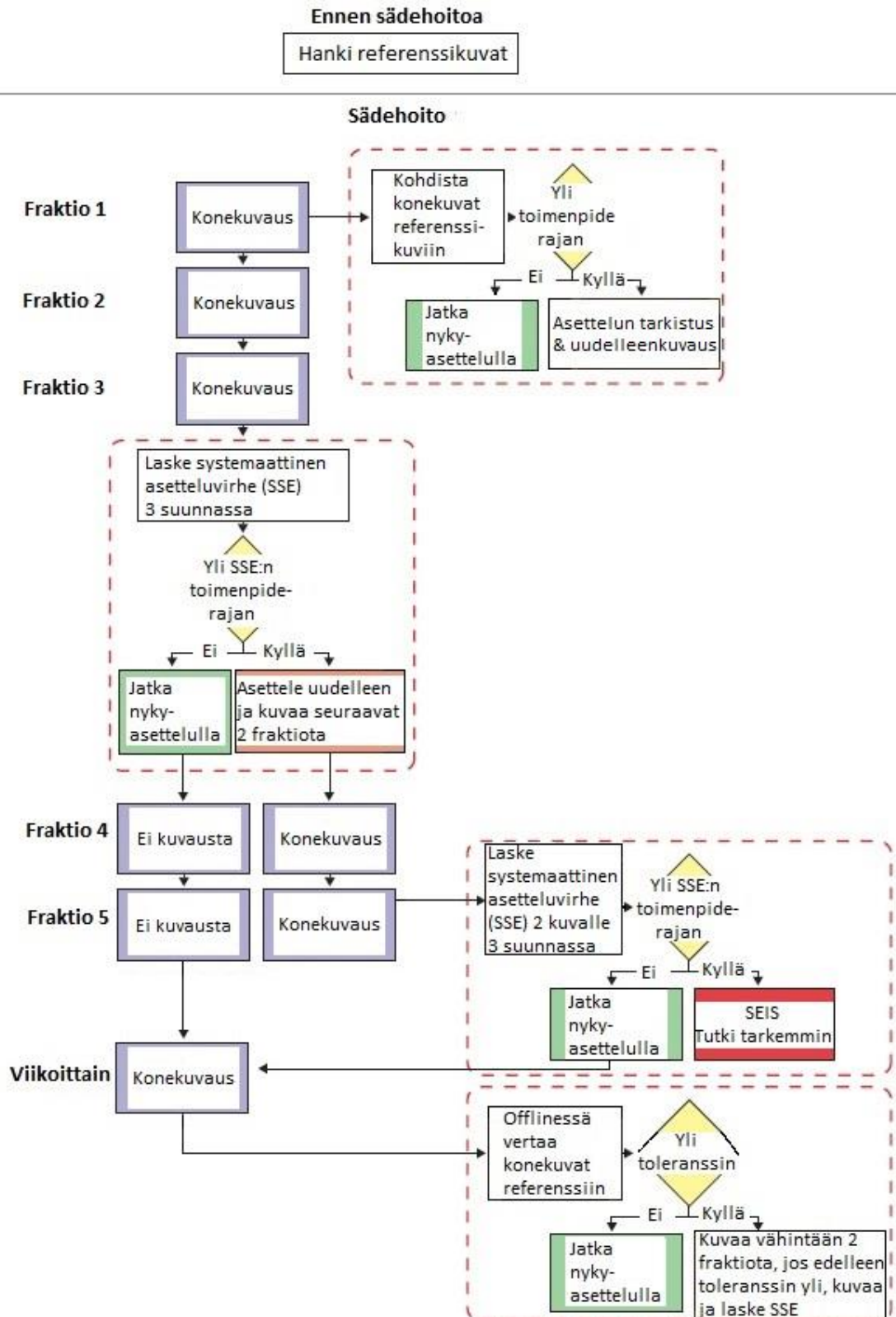
rakenteeseen. Kun kaksi kuvaa on kohdistettu rakenteen a perusteella, voidaan rakenteelle b määrittellä paikkapoikkeama rakenteen b sijaintien erotuksena näissä kahdessa kuvassa. Van Kranen ym. (2009) tutkimuksessa todettiin, että pään ja kaulan alueen sädehoidoissa esiintyi melko suuria paikkapoikkeamia siitä huolimatta, että käytössä oli potilaan asennon liikkumattomuuden varmistamiseen tarkoitettut fiksaatiolaitteet. Esimerkiksi kaularangan ylä- ja alaosan välisten paikkapoikkeamien satunnainen virhe (keskihajonta) oli eri suunnissa 2,2–3,3 mm. (van Kranen ym. 2009.)

Ennen sädehoitofraktion antamista tehdyn kuvauksen ja kuvien kohdistuksen sekä hoidon antamisen välinen aika on ideaalisesti mahdollisimman lyhyt eli korkeintaan muutamia minuutteja, jotta potilas ei ehdi liikkua (Hoskin ym. 2008, 10). Ennen sädehoitofraktion antoa tehtävän konekuvien tarkastelun avulla voidaan hallita systemaattista ja satunnaista virhettä eli sillä voidaan varmistaa onko hoitokohteen fiksaatio ja hoitoasennon toisto onnistunut. Sädehoitoklinikalla sovitun toleranssirajan ylittävät kohdistamisvirheet korjataan ennen sädehoidon antamista. (Jussila ym. 2010, 148, 150.) Potilaan asettelun onnistumista ja tehtyjä siirroksia voidaan tarkastella myös hoitokertojen jälkeen tekemällä konekuvien jälkikätestarkastelu (engl. offline review) siihen tarkoitulla ohjelmistolla. (Hoskin ym. 2008, 9.)

2.3.3 Konekuvausohjeistus

Konekuvausta käytetään sädehoitoyksikön konekuvausohjeistuksen mukaisesti. Kuvantaohjatussa (IGRT) sädehoidossa kuvaus tehdään ennen jokaista sädehoitofraktiota, kun taas joissakin hoidoissa kuvausta ei käytetä ollenkaan. Resurssisyistä kaikkien sädehoitofraktioiden kuvaaminen ei ole mahdollista (Jussila ym. 2010, 149). Eräs esimerkki konekuvausohjeistuksesta on esitetty kuviossa 1, jossa esitetään miten konekuvauksen avulla voidaan varmistaa hoidon geometristä osuvuutta sädehoitajakson aikana. Kuviossa 1 kolmella ensimmäisellä sädehoitofraktiolla otetaan potilaan asettelun jälkeen konekuvat. Kolmen kuvauskerran jälkeen tarkistetaan esiintyykö potilaan asettelussa systemaattista virhettä. Jos asettelussa ei esiinny virhettä, siirrytään ottamaan konekuvat kerran viikossa. Kuvauksen jälkeen tarkastetaan, ylittääkö asetteluvirhe sovitun toleranssin eli toimenpiderajan. Jos toimenpideraja ylittyy, jatketaan kuvauksia seuraavalla hoitokerralla. Jos asettelussa todetaan sovitun toleranssin ylittävää systemaattista virhettä,

tarkistetaan potilaan asettelu. Jos tämä ei auta, täytyy asiaa tutkia tarkemmin. (Hoskin ym. 2008, 9.)



KUVIO 1. Esimerkki konekuvausohjeistuksesta vuokaavion muodossa. (Hoskin ym. 2008, 9, muokattu).

Pään ja kaulan sekä rinnan alueen sädehoidoille on olemassa omia aluekohtaisia konekuvausohjeistuksia, jotka voivat erota yleisestä konekuvausohjeistuksesta. Esimerkiksi rinnan alueen konekuvausohjeistukseen voidaan ottaa mukaan myös viistosuunnan konekuva, josta seurataan rinnan asentoa. Rinnan alueen sädehoito annetaan usein viistosuuntaisia sädehoitokenttiä käyttäen, jotta vältetään sydämen ja keuhkon säteilytystä, joten viistosuunnan konekuvasta näkee miten paljon näitä tulee mukaan hoitokenttään. (Hoskin ym. 2008, 44, 48; Joensuu & Huovinen 2013, 610.)

2.3.4 Konekuvaus- ja paikkapoikkeamaohjeistus Taysin sädehoitoyksikössä

Taysin sädehoitoyksikön konekuvausohjeistus uudistettiin keväällä 2013, minkä jälkeen sen kehitystyö on jatkunut. Uudessa konekuvausohjeistuksessa tavoitteena oli muun muassa ohjeistuksen selkeyttäminen ja konekuvien kohdistuskäytäntöjen yhtenäistäminen. Konekuvausohjeistukseen kuuluvalla uudella paikkapoikkeamaohjeistuksella puolestaan pyritään huomioimaan potilaan annossuunnittelukuvauksesta muuttunut asento. (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a.)

Sädehoitoyksikön (2013a) konekuvausohjeiden mukaan vähintään kolmella ensimmäisellä sädehoitofraktiolla suoritetaan konekuvaus. Kuvat kohdistetaan ja kohdistuksen perusteella mahdollisesti tarvittavat sädehoitopöydän siirrokset tehdään ennen sädehoitofraktion antamista. Jos siirroksille määritellyt toimenpiderajat eivät ylity kolmen ensimmäisen fraktion aikana, siirrytään viikoittaisiin konekuvauksiin. Toimenpiderajat on määriteltävä erikseen eri hoitokohteille. Pään- ja kaulan alueen kuratiivisissa hoidoissa siirrostien toimenpideraja on 3 mm ja rinnan alueen hoidoissa 5 mm. Jos siirrostien suuruus saavuttaa toimenpiderajan suoritetaan konekuvaus tilanteesta riippuen vähintään kahden tai kolmen seuraavan sädehoitofraktion yhteydessä. (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a.)

Sädehoitoyksikön konekuvausohjeessa myös paikkapoikkeamille on määriteltävä toimenpiderajat. Konekuvausohjeessa paikkapoikkeama määritellään tiettyjen anatomisten rakenteiden sijainnin erona referenssikuvaan nähden, kun kuva on kohdistettu ohjeen määrittelemällä tavalla. Toistuvissa paikkapoikkeaman toimenpiderajojen ylityksissä ensisijaisesti asetellaan potilas uudelleen. Jos asettelun korjauksesta huolimatta paikka-

poikkeamat ylittävät toimenpiderajat, voidaan tehdä KKTT-kuvaus ja sen perusteella pohtia vaadittavia toimenpiteitä. Konekuvausohjeistuksen pääkohdat on esitetty kuviossa 2. (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a.)



KUVIO 2. Taysin sädehoitoyksikössä käytettävän konekuvausohjeistuksen pääkohdat (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a).

Sädehoitoyksikön (2013a) konekuvausohjeessa on määritelty mitä anatomisia rakenteita kone- ja referenssikuvia kohdistessa tulisi ensisijaisesti asettaa kohdakkain. Kohdistusohjeet on annettu eri hoitoalueille. Pään ja kaulan alueella otetaan ortogonaaliset kV-konekuvat konekuvausohjeistuksen mukaisesti. Kumpikin kuva kohdistetaan PTV:n keskellä olevan luisen rakenteen perusteella. Jos PTV:n keskikohta on alempana kuin kaularangan C3-taso, kohdistetaan kuvat C3-nikaman perusteella. Etukuvassa C3-nikama saattaa jäädä leuan taakse, jolloin kohdistuksessa tehdään kompromissi nikamiin C1 ja C5–C6 välillä. Kompromissilla tarkoitetaan tässä sitä, että tehdyssä kohdistuksessa kummankin rakenteen paikkapoikkeama on yhtä suuri. Pään ja kaulan alueen hoidoissa paikkapoikkeaman toimenpideraja saavutetaan, jos kohdistuksen jälkeen PTV:n

sisällä oleva nikama tai leukaluu poikkeaa 5 mm tai enemmän vastaavasta rakenteesta referenssikuvassa.

Säästävästi leikatun rinnan hoidon kohdistuksessa käytetään Taysin sädehoitoyksikön konekuvausohjeistuksen mukaan ortogonaalisten etu- ja sivukuvan lisäksi hoitoenergialla hoitokentästä otettavaa viistokuvaa. Sivukuva kohdistetaan referenssikuvaan siten, että kohdistuksessa tehdään lng- ja vrt-suunnassa kompromissi PTV:n keskellä olevan nikaman ja rintalastan välillä. Etukuva kohdistetaan lat-suunnassa PTV:n keskellä olevan nikaman ja kylkikaaren väliseen kompromissiin. Mahdolliset hoitopöydän siirrokset tehdään näiden kohdistusten perusteella. Hoitokentästä otettavaa viistokuvaa käytetään hoitokohteen eli rinnan asennon ja sijainnin tarkastamiseen. Viistokuva kohdistetaan referenssikuvaan PTV:n keskitasolla sijaitsevan kylkikaaren perusteella. Hoitopöydän siirroksia ei tehdä viistokuvan kohdistuksen perusteella. Viistokuvasta kuitenkin tarkastetaan, että rinta on varmasti hoitokentässä ja että tehty kohdistus pysyy toimenpiderajojen sisällä. Sädehoitoyksikön konekuvausohjeistuksen mukaan kolmella ensimmäisellä sädehoitokerralla otetaan sekä ortogonaaliset kuvat, että viistokuva. Jos toimenpiderajoja ei ylitetä, voidaan viikkokuvauksissa ottaa joissakin tapauksissa pelkkä viistokuva. Jos toimenpiderajat ylittyvät, jatketaan kuvaamista tarvittavilla projektiolla. (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a.)

Pään ja kaulan alueen sekä rinnan konekuvissa esiintyvien paikkapoikkeamien suuruutta ja määriä on selvitetty Taysin sädehoitoyksikössä. Sädehoitoyksikön konekuvien paikkapoikkeamien esiintyvyyksiheydet pään ja kaulan alueella 50 potilaan aineistossa on esitetty taulukossa 1. Taulukossa 1 on esitetty kuinka paljon potilaita kuuluu kuhunkin paikkapoikkeamaluokkaan. Luokittelun perusteena käytetty paikkapoikkeama on määritetty potilaan kuvien keskimääräisenä paikkapoikkeama. Taulukossa on esitetty paikkapoikkeamat nikamien C1 ja C5 välille, sekä C1:n ja alaleuan kärjen välille. Taulukosta 1 nähdään, että suuria (≥ 4 mm) paikkapoikkeamia esiintyy erityisesti (20 %:lla potilaista) vrt-suunnassa nikamien C1 ja C5 välillä. Pieniä paikkapoikkeamia (≤ 2 mm) taas vrt-suunnassa nikamien C1 ja C5 välillä esiintyy ainoastaan 36 %:lla potilaista.

TAULUKKO 1. Sädehoitoyksikön konekuvien paikkapoikkeamien esiintyvyyssiheydet pään ja kaulan alueella 50 potilaan aineistossa (Taysin sädehoitoyksikkö 2013b).

	virt	lng	lat
C1–C5			
0–2mm	36 %		66 %
2–4mm	44 %		24 %
4– mm	20 %		10 %
C1–alaleuan kärki			
0–2mm	64 %	62 %	
2–4mm	24 %	22 %	
4– mm	12 %	16 %	

Sädehoitoyksikön rinnan alueen konekuvien paikkapoikkeamien esiintyvyyssiheydet 28 potilaan aineistossa, 600 kuvaparissa on esitetty taulukossa 2. Taulukossa on esitetty paikkapoikkeamat rangan ja rintalastan välille, rangan ja kylkikaaren välille, kylkikaaren ja rintalastan välille, sekä rangan ylä- ja alaosan välille. Taulukosta 2 nähdään, että suuria paikkapoikkeamia (≥ 5 mm) esiintyy eniten lng-suunnassa. Näitä suuria paikkapoikkeamia on erityisesti rangan ja rintalastan, sekä rangan ja kylkikaaren välillä (18–19 %:lla potilaista). (Taysin sädehoitoyksikkö 2013b.)

TAULUKKO 2. Sädehoitoyksikön konekuvien paikkapoikkeamien esiintyvyyksiä rinnan alueella 28 potilaan aineistossa 600 kuvaparissa (Taysin sädehoitoyksikkö 2013b).

rinnan alue	virt	lng	lat
Ranka ja rintalasta			
0–2 mm	69 %	58 %	
3–4 mm	22 %	24 %	
5 mm tai yli	9 %	18 %	
Ranka ja kylkikaari			
0–2 mm		60 %	80 %
3–4 mm		26 %	17 %
5 mm tai yli		14 %	3 %
Kylkikaari ja rintalasta			
0–2 mm		59 %	
3–4 mm		22 %	
5 mm tai yli		19 %	
Rangan ylä- ja alaosa			
0–2 mm			64 %
3–4 mm			24 %
5 mm tai yli			12 %

2.3.5 Aikaisemmat tutkimukset konekuvien kohdistuksen hajonnasta

Konekuvauksen käytön vaikutuksesta sädehoidon osuvuuteen on tutkittu ja myös kuvien kohdistusten hajonnasta kohdistajien välillä on tehty joitakin tutkimuksia. Konekuvauksen on todettu parantavan sädehoidon osuvuutta (Kouri & Kangasmäki 2009), mutta jos kuvien kohdistuksessa on vaihtelua kohdistajien tai kuvauskertojen välillä, se vaikuttaa heikentävästi osuvuuteen ja siten tarvittaviin marginaaleihin. Konekuvien tulkinnaassa esiintyvistä vaihteluista löytyy joitakin kansainvälisiä tutkimuksia. Tutkimuksissa on useimmiten käytetty hoitokonekuvia, ja tutkimusten tuloksissa on vaihtelua. Tutkimuksissa kohdistusten hajonta on usein esitetty keskihajontana.

Devereux:n ym. (2011) tutkimus jossa käytettiin sekä kV-konekuvia että hoitokonekuvia on tehty kolmessa anonymisssä yksikössä. Tutkimuksessa kahteen eri kokemuksluokkaan jaetut röntgenhoitajat kohdistivat pään ja kaulan alueen sädehoitojen yhteydessä otettuja kV-konekuvia ja hoitokonekuvia. Testihenkilöille oli annettu ohjeeksi kohdistaa jokainen konekuva kahdesti, käyttäen kohdistukseen ensimmäisellä kerralla C1-nikamaa ja toisella kerralla C7-nikamaa. Tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää yksi-

kön, työkokemuksen, kuvamodaliteetin ja kohdistukseen käytetyn anatomisen kohteen vaikutusta kohdistukseen. Tutkimuksen tuloksena oli, että millään näistä tekijöistä ei ole tilastollista merkitystä kuvien kohdistuksessa. Kohdistusten keskihajontojen keskiarvot eri suunnissa on esitetty taulukossa 3. Kaikkien keskihajontojen keskiarvo kV-konekuvien kohdistuksissa oli noin 1,9 mm. (Devereux ym. 2011.)

Myös Pisanin ym. (2000) tutkimuksessa oli tutkittu kuvamodaliteetin vaikutusta pään ja kaulan, keuhkojen, vatsan ja lantion alueen kuvien kohdistuksen hajontaan. Tutkimuksessa todettiin, että suurimmassa osassa tapauksia hajonta oli suurempi hoitokonekuvien kohdistamisessa kuin kV-konekuvien kohdistamisessa. Pisanin ym. (2000) tutkimuksessa pään ja kaulan alueen kuvien kohdistusten maksimiero toisistaan oli yli 6 mm ja keskihajonta noin 0,5–1,5 mm. (Pisani ym. 2000.)

Court, Allen ja Tishler (2007) ovat tehneet tutkimuksen Department of Radiation Oncology:ssa, Dana-Farber/Brigham & Women's Cancer Centerissa Bostonissa, jossa tutkittiin hoitokonekuvien kohdistamista pään- ja kaulan alueen sädehoidossa. Tutkimuksessa tutkittiin eroja kuvien kohdistamisessa kohdistajien välillä, kahden hengen tiimien välillä, sekä yksittäisen kohdistajan tekemien kohdistamiskertojen välillä. Tutkimuksessa kohdistuksen teki viisi röntgenhoitajaa, joista yksi toisti samojen kuvien kohdistuksen kuukautta myöhemmin. Lisäksi kohdistuksen teki neljä kahden hengen röntgenhoitajatiimiä. Tutkimuksen tuloksena oli, että eri suunnissa 83–91% siirroksista oli alle 1,5 mm päässä keskiarvosta. Kohdistusten keskihajonnat eri suunnissa on esitetty taulukossa 3. (Court, Allen & Tishler 2007.)

Bertheletin ym. (2006) tutkimuksessa kuusi röntgenhoitajaa kohdisti kahdenkymmenen eturauhasen sädehoitoa saavan potilaan kymmenen ensimmäisen hoitokerran hoitokoneella otetut ap- ja lat-kuvat. Kohdistuksen apuna ei käytetty kultajyviä. Kohdistajien välisiä eroja on arvioitu laskemalla jokaiselle kuvalle kohdistusten keskiarvo ja keskihajonta. Myös kohdistusten hajontaa eri suunnissa oli tutkittu ja havaittu erityisesti lateraalikuvasta määritetyssä vertikaalisuunnassa suurehkoa hajontaa kohdistuksissa. Tuloksina saadut kohdistusten keskihajonnat on esitetty taulukossa 3. (Berthelet ym. 2006.)

Lewisin, Ryanin ja Smithin (2004) tutkimuksessa on tutkittu erityyppisten ja -kokoisten hoitokonekuvien kohdistamista. Heillä oli testihenkilöinä yhdeksän röntgenhoitajaa,

joilla oli kokemusta konekuvien kohdistamisesta 3-18 kuukautta. Tutkimuksessa hoitajat kohdistivat neljä lantion alueen kuvaa, joista kolme oli AP-suunnasta ja yksi lateraalisuunnasta. Tutkimuksen tuloksina maksimihajonta suhteessa keskiarvoon oli 5 mm, kohdistajien keskihajontojen keskiarvo 1,1 mm ja kohdistusten keskihajontojen vaihteluväli noin 0,6–2,1 mm. (Lewis, Ryan & Smith 2004.)

TAULUKKO 3. Konekuvien kohdistusten keskihajontojen keskiarvot (mm), Court:n ym. tutkimuksesta keskihajonnat (mm) eri suunnissa (Berthelet ym. 2006; Court ym. 2007; Devereux ym. 2011).

Tutkijat	Hoitoalue	Kuvan tyyppi	virt	Ing	Ing (lat-kuvasta)	lat
Berthelet ym.	eturauhanen	kV-konekuva	3,16	2,44	2,71	2,66
Devereux ym.	pää ja kaula	kV-konekuva	1,69	1,74		2,19
		hoitokonekuva	1,75	1,88		2,45
Court ym.	pää ja kaula	hoitokonekuva	0,9	0,9		1,1

2.3.6 Sädehoidon konekuvien jälkikäteistarkastelu

Jussilan ym. (2010, 148) mukaan ennen sädehoitofraktion antamista tehtävän konekuvien tarkastelun (engl. online review) lisäksi voidaan tehdä konekuvien jälkikäteistarkastelua (engl. offline review). Molemmat näistä ovat sädehoidon geometrisen osuvuuden varmennuksen tekniikoita. Jälkikäteistarkastelu suoritetaan potilaan sädehoitokäynnin jälkeen ja kuvien tarkistuksen perusteella suoritetaan päätökset pysyvistä hoitopöydän siirroksista eli muutokset otetaan käyttöön seuraavissa fraktioissa. Jälkikäteistarkastelua voidaan tehdä eri ammattiryhmien yhteistyönä, jolloin siihen osallistuvat röntgenhoitaja, sädehoitolääkäri ja sairaalafyysikko yhdessä. Kuvien tarkastelussa kiinnitetään huomiota kohdealueeseen, sädehoitosuunnitelmaan sekä potilaan asetteluun. Jälkikäteistarkastelun tavoitteena on vähentää sädehoidon systemaattista virhettä. (Hoskin ym. 2008, 66; Jussila ym. 2010, 148–150.)

Sädehoitoyksiköissä käytettävä Offline Review -työkalu on osa laajempaa sädehoidon tietojärjestelmää ARIA Oncology Information System. Offline Review on Varian Medical Systemsin kehittämä työkalu, jonka avulla voidaan tehdä konekuvien jälkikäteistarkastelua. Sen avulla potilaan asettelua ja sädehoidon osuvuutta voidaan tarkastella sädehoitofraktion jälkeen ja näin varmistaa hoidon osuvuutta. Offline Reviewillä voidaan tarkastella potilaiden kone- ja referenssikuvien lisäksi numerotietona sädehoito-

fraktion yhteydessä eri suunnissa tehtyjä siirroksia ja rotaatioita. Offline Reviewissä on myös työkalu kone- ja referenssikuvien manuaalisten siirrostien tekoa varten ja sillä voidaan harjoitella konekuvien kohdistamista anatomisten maamerkkien perusteella. Kone- ja referenssikuvat saadaan ohjelmassa näkymään päällekkäin läpikuultavina ja erivärisinä ja sen lisäksi ortogonaaliset kuvaparit voidaan esittää näytöllä rinnakkain, mikä helpottaa kohdistamista. Offline Reviewillä voidaan tarkastella ja kohdistaa sekä MV-, että kV-energioilla otettuja konekuvia referenssikuviiin sekä verrata KKTT-kuvia suunnittelukuviiin, jotka on tehty tietokonetomografialla, magneettikuvauksella tai positroniemissiotomografialla. (Varian Medical Systems 2006; Varian Medical Systems 2010; Wang ym. 2010.)

2.3.7 Työkokemuksen vaikutus konekuvien kohdistamiseen

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan myös röntgenhoitajien sädehoidon työkokemuksen vaikutusta hajontaan konekuvien kohdistamisessa. Konekuvien kohdistaminen on erityisosaamista, jota sädehoidon hoitokoneella työskentelevät röntgenhoitajat ja lääkärit oppivat työssään. Työkokemuksen vaikutuksesta ammattitaitoon ja osaamiseen on olemassa tutkittua tietoa kasvatustieteen ja johtamisen kirjallisuudessa. Myös työkokemuksen vaikutusta sädehoidon konekuvien kohdistamiseen on tutkittu hieman.

Työntekijän taidot karttuvat työkokemuksen lisääntymisen myötä ja tässä on havaittavissa Dreyfusin (1981, 25) mukaan vaiheittain etenevä oppimispolku: noviisi, edistynyt aloittelija, pätevä, taitava ja asiantuntija. Työssäoppimisen ja opiskelun myötä noviisista voi kehittyä asiantuntija. Oppiminen on syklinen prosessi, jossa omakohtainen kokemus, sen pohtiminen ja käsitteellistäminen ja aktiivinen soveltava toiminta aikaansaavat jatkuvasti kehittyvän prosessin. (Ruohotie 1999, 137.)

Terveysalan työntekijän taitojen karttumiseen vaikuttaa se hoito- ja organisaatiokulttuuri missä työntekijä työskentelee. Organisaatiokulttuuri, joka kannustaa itsensä ja oman työnsä kehittämiseen ja oppimiseen mahdollistaa myös organisaation kehittymisen. Eri-tyisesti johtajilla on suuri vaikutusmahdollisuus siihen millaiseksi organisaation kulttuuri muodostuu. (Pirnes 2003, 74; Laakkonen 2004, 168.) Juutin (2003, 72) mukaan organisaatiokulttuuri tarkoittaa organisaation palveluksessa olevien ihmisten tyypillisiä toi-

minta ja ajattelumalleja. Organisaatiokulttuuri näyttäytyy toimintana, palveluina ja tuotteina, joita organisaatio tekee. (Juuti 2003, 72.)

Laakkosen (2004, 25, 27) mukaan ammatillinen kasvu syntyy asiantuntijuuden kehittämisestä työssäoppimisen kautta. Hän lainaa väitöskirjassaan Eteläpeltoa (1997, 91) ja Paloposkea ym. (2003, 163) toteamalla, että ”asiantuntijuus ilman todellista toimintaympäristöstä hankittua kokemusta ei ole mahdollista”. Työpaikan hoitokulttuuri vaikuttaa hoitajan oppimishalukkuuteen ja työyhteisön kehittämiseen ja erityisesti työpaikan ilmapiirillä on suuri vaikutus oppimiseen (Laakkonen 2004, 27). Ammatilliseen kasvuun vaikuttavat itsenäisyys ja vastuu, roolien selkeys, työtyytyväisyys, johtamisen laatu, vertaistuki ja oppimismahdollisuudet (Hart & Rotem 1995, Laakkosen 2004, 27 mukaan).

Devereux ym. (2011) ovat tutkineet sädehoidon konekuvien kohdistuksissa kohdistajien välillä esiintyvää vaihtelua. Tässä tutkimuksessa tutkittiin myös aloittelevien ja kokeneiden sädehoidon toteuttajien sädehoidon konekuvien kohdistusten välisiä eroja. Tutkimuksessa oli mukana kV- ja MV- modaaliteeteilla otettuja sädehoidon konekuvia. Devereuxin ym. (2011) tutkimuksen tuloksena selvisi, että sädehoidon konekuvien kohdistamiserot aloittelevien ja kokeneiden sädehoitajien välillä eivät olleet kliinisesti merkittäviä. kV-konekuvien kohdistusten keskihajontojen keskiarvo kohdistuksissa C1 ja C7 nikamiin kolmessa eri klinikassa oli eri suunnissa seuraava: vrt-suunnassa aloittelevilla röntgenhoitajilla 1,71 mm ja kokeneilla 1,67 mm, lat-suunnassa aloittelevilla röntgenhoitajilla 2,15 mm ja kokeneilla 2,22 mm, lng-suunnassa aloittelevilla röntgenhoitajilla 1,65 mm ja kokeneilla 1,83 mm. (Devereux ym. 2011).

Hoskin ym. (2008, 18–19) ovat julkaisseet ohjeistuksen sädehoidon geometrisen osuvuuden varmistamisesta ja sen mukaan henkilöstön koulutus ja osaamisen mittaaminen ovat välttämättömiä sädehoidon osuvuuden varmistamisessa. Lisäksi henkilöstön kliinisten päätösten tekemisvastuun tulisi riippua kunkin henkilön koulutus- ja kompetensitasosta. (Hoskin ym. 2008, 18–19.)

3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tavoite on tuottaa tietoa sädehoidon konekuvien kohdistamisesta Taysin sädehoitoyksikössä. Tätä tietoa voidaan käyttää sädehoitoyksikön hoidon laadun kehittämisprojektissa Kuvantaohjatun sädehoidon tarkkuus ja tarvittavat marginaalit.

Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, miten sädehoidon konekuvia kohdistetaan Taysin sädehoitoyksikössä.

Opinnäytetyön tutkimusongelmat ovat seuraavat:

- Millaista hajontaa sädehoidon konekuvien kohdistamisessa esiintyy pään ja kaulan alueen ja säästävästi leikatun rinnan sädehoidoissa?
- Millaisia ominaisuuksia on konekuvissa, joiden kohdistuksessa esiintyy hajontaa?
- Miten sädehoidon työkokemus vaikuttaa hajontaan konekuvien kohdistamisessa?

4 OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄLLISET LÄHTÖKOHDAT

4.1 Tutkimusmenetelmien valinta

Kvantitatiivinen tutkimus on tutkimusmenetelmä, jossa tutkittavasta kohteesta kerätään tietoa, joka on numeerisesti esitettävissä ja analysoitavissa tilastokäsittelymenetelmin (Tilastokeskus 2006). Kanasen (2008, 10) mukaan kvantitatiivinen tutkimuksen tavoitteena on tutkimustulosten yleistämiseen pyrkiminen. Perusjoukon valinta ja otannan huolellinen suunnittelu ovat Vilkan (2007, 77–80) mukaan tärkeitä tutkimuksen luotettavuuden kannalta. Perusjoukko sisältää koko sen ryhmän, josta tutkimuksella halutaan tietoa (Vilka 2007, 77–80). Kokonaisotannassa otoksena on koko perusjoukko ja sitä voidaan käyttää, jos perusjoukko on pieni. Tällöin puhutaan kokonaistutkimuksesta. Muissa otantamenetelmissä perusjoukosta valitaan mahdollisimman hyvin perusjoukkoa kuvaava ryhmä, otos. Otoksesta pyritään yleistämään koko perusjoukkoa koskevaa tietoa. Tilastollisia menetelmiä käyttämällä voidaan saada tietoa perusjoukosta riittävän suurella luotettavuudella, vaikka on tutkittu vain otosta. (Kananen 2008, 10, 13, 70.)

Kokeellisessa tutkimuksessa tavoitteena on saada luotettavia tutkimustuloksia käyttäen kontrolloitua ja systemaattista havainnointia. Kokeellisen tutkimuksen lajit ovat varsinainen eli laboratiivinen tutkimus ja kvasikokeellinen tutkimus. Laboratiivisen tutkimuksen tutkimustilanteessa kontrolloidaan kaikkia ilmiöön vaikuttavia muuttujia ja havainnoidaan ilmiöiden vaikutuksia ja kausaliittisuuksia. Kvasikokeellisessa tutkimuksessa puolestaan ei tehdä tutkittavien kohteiden satunnaista jaottelua koe- ja kontrolliryhmiin ja ei kontrolloida kaikkia ilmiöön vaikuttavia muuttujia. Kokeellisen tutkimuksen tutkimusaineiston analyysissä voidaan hyödyntää sekä laadullisia, että määrällisiä analyysimenetelmiä. (Lähdesmäki ym. 2012.)

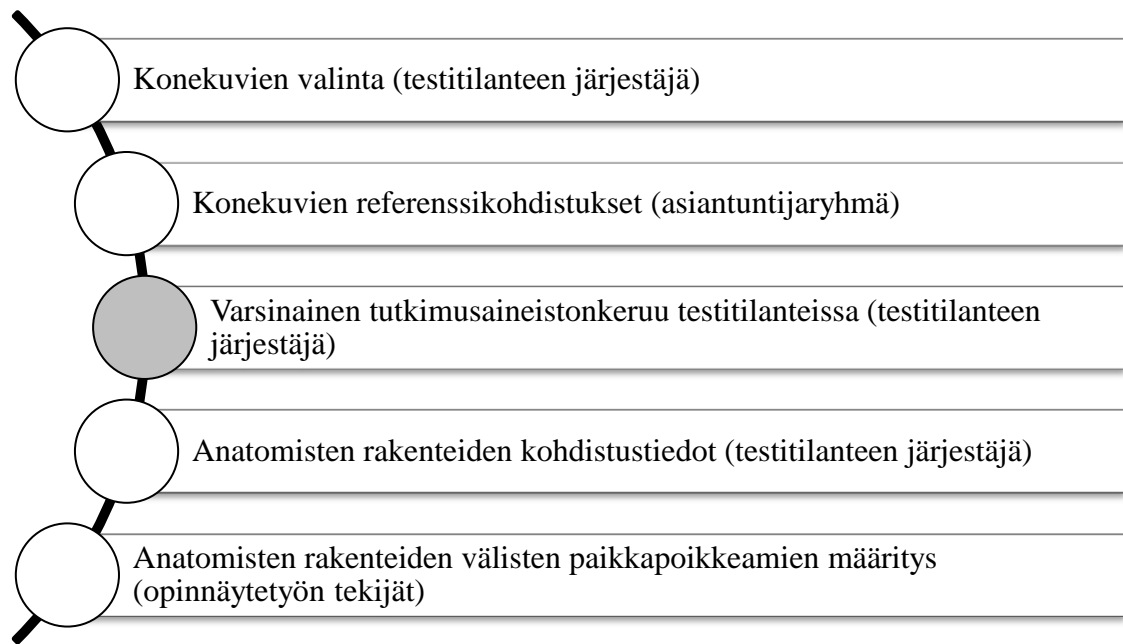
Tämän opinnäytetyössä tutkimusmenetelmäksi valittiin kvantitatiivinen tutkimus ja tutkimusaineiston keräämistä varten järjestetyissä testitilanteissa oli kvasikokeellisia piirteitä. Tutkimuksessa kerättyä aineistoa analysoitiin käyttäen tilastotieteellisiä menetelmiä. Tämän tutkimuksen perusjoukko oli Taysin sädehoitoyksikössä konekuvien kohdistamista tekevät tai siitä vastuussa olevat sädehoidon röntgenhoitajat ja lääkärit. Taysin sädehoitoyksikössä konekuvien kohdistamiseen osallistuvia hoitajia oli 40 ja sädehoitolääkäreitä 10–12 kpl. Koska tutkittavan perusjoukon koko oli pieni ja asiantuntija-

ryhmään valittuja työntekijöitä lukuun ottamatta tutkittiin koko perusjoukkoa, oli tutkimus hyvin lähellä kokonaistutkimusta.

4.2 Tutkimusmateriaalin valinta ja aineiston kerääminen

Erätuulen, Leinon ja Yli-Luoman (1994, 41) mukaan jo aineiston keruuvaiheessa kannattaa huomioida millaista aineistoa tutkimuksessa syntyy, koska ne tavat, joilla aineistoa kerätään, tulevat määräämään mitä analyysitekniikoita tutkija voi hyödyntää. Analyysitekniikka riippuu käytetyistä mitta-asteikoista. Erilaisia mitta-asteikoita ovat laatuasteikko, järjestysasteikko, välimatka-asteikko ja suhteasteikko. (Erätuuli, Leino & Yli-Luoma 1994, 39–41.) Tässä tutkimuksessa käytettävän koordinaatiston akselit olivat etäisyyksinä suhteasteikollisia.

Opinnäytetyölle saatiin tutkimuslupa Pirkanmaan sairaanhoitopiiriltä 26.3.2013 ja luvan saannin jälkeen aloitettiin aineistonkeruu. Opinnäytetyöhön liittyvää aineistoa kerättiin useissa eri vaiheissa. Aineistonkeruuvaiheet on esitetty kuviossa 3. Aluksi Taysin sädehoitoyksikön röntgenhoitaja valitsi tutkimuksessa käytettävän materiaalin eli konekuvat, jotka sisälsivät etu- ja sivukuvat sekä niiden referenssikuvat, ja rinnan alueella myös viistokuvat referenssikuvineen. Kuvaparit olivat pään- ja kaulan alueen sekä rinnan alueen sädehoitojen aikana otettuja kV-konekuvia ja niihin oli piirretty PTV-alue. Pään ja kaulan alueelta valittiin 6 ortogonaalista kuvaparia eli etu ja sivukuvat. Säästävästi leikatun rinnan alueelta valittiin 6 ortogonaalista kuvaparia etu- ja sivukuvineen sekä viistokuvat. Tässä opinnäytetyössä käytetään säästävästi leikatun rinnan alueesta myöhemmin nimitystä rinnan alue. Kummankin hoitoalueen kuvaparit numeroitiin numeroin 1–6. Kuvaparit valittiin siten, että niiden paikkapoikkeamien suuruudet vaihtelivat. Verrattuna taulukoissa 1 ja 2 esitettyihin Taysin sädehoitoyksikön (2013b) paikkapoikkeamien jakaumiin testin kuvapariaineistossa painottuivat kuvaparit, joissa oli keskimääräistä enemmän paikkapoikkeamaa. Aineiston valinnassa ei siis käytetty satunnaisotantaa, eikä se siten edusta Taysin sädehoitoyksikön konekuvia yleisesti, koska opinnäytetyössä oltiin kiinnostuneita paikkapoikkeamien vaikutuksesta sädehoidon konekuvien kohdistusten hajontaan.



KUVIO 3. Opinnäytetyön aineistonkeruun vaiheet ja suluissa aineiston kerääjät.

Kuvien valinnan jälkeen asiantuntijaryhmä teki kuville vertailua varten referenssikohdistuksen eli heidän mielestään optimaalisen kohdistuksen ja tiedot kerättiin lomakkeelle (liite 1). Asiantuntijaryhmään osallistui sädehoitolääkäri, sädehoidossa työskentelevä sairaalafyysikko ja kaksi röntgenhoitajaa. Asiantuntijaryhmän tekemää kohdistusta käytettiin aineiston käsittelyvaiheessa koordinaatiston origona eli nollapisteinä. Aineiston käsittelyvaiheessa testihenkilöiden kohdistuksille laskettiin uudet koordinaatit suhteessa tähän origoon eli tieto kohdistuksesta, jolla potilas on hoidettu, ei tule esille. Kaikki opinnäytetyössä esitettävät kohdistusluvut on nollattu asiantuntijaryhmän referenssikohdistukseen. Asiantuntijaryhmän referenssikohdistuksesta käytetään myöhemmin tässä opinnäytetyössä myös nimitystä referenssikohdistus. Testin järjestäjän kanssa sovitut ja suullisesti ja kirjallisesti läpikäytyt asiantuntijaryhmän tietojenkeruulomakkeen (liite 1) täyttöohjeet ovat liitteenä (liite 2).

Tämän opinnäytetyön varsinainen aineisto kerättiin testihenkilöiltä testitilanteissa, joissa käytettiin Offline Review -ohjelmaa. Testitilanteet järjestettiin sen jälkeen, kun sädehoitoyksikössä otettiin käyttöön uusi konekuvaus- ja paikkapoikkeamaohjeistus (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a). Testitilanteet järjestettiin sädehoitoyksikön tiloissa huhtitoukokuussa 2013 röntgenhoitajien osalta ja syyskuussa 2013 sädehoitolääkäreiden osalta. Testitilanteeseen osallistui 39 testihenkilöä, joista 30 oli röntgenhoitajia ja 9 sädehoitolääkäreitä. Testitilanteessa testihenkilöille annettiin ohjeeksi toimia kuvapareja kohdistessaan siten, kuin he toimisivat hoitokoneella työskennellessään. Testitilanteessa tes-

tihenkilöt suorittivat Offline Review -ohjelmalla konekuvien kohdistamisen ja testitilanteen järjestäjä tallensi testihenkilöiden puolesta tiedot ennalta suunniteltuun tietojenkeruulomakkeeseen (liite 3). Testitilanteessa kerättiin taustatietona vastaajan ammatti, sädehoidon työkokemus, Offline Review -ohjelman käyttökokemus ja testin tekoon käytetty aika. Varsinaisena aineistona tietojenkeruulomakkeelle kirjattiin testihenkilön tekemässä konekuvien ja referenssikuvien kohdistuksessa tekemät siirrokset. Testitilanteessa testihenkilöille näytettiin 6 kuvaparia kahdesta ryhmästä (pään- ja kaulan alue ja säästävästi leikattu rinta). Testihenkilöinä toimineille lääkäreille näytettiin kuitenkin vain 3 kuvaparia kummastakin ryhmästä ja rinnan viistokuvia he eivät kohdistaneet. Lääkäreiden kohdistamat kuvaparit olivat numerot 1,4 ja 6 molemmilta alueilta. Näiden tietojenkeruulomakkeella (liite 3) kerättyjen tietojen ja referenssikohdistusten perusteella voidaan selvittää vastauksia tutkimusongelmiin millaista hajontaa sädehoidon konekuvien kohdistamisessa esiintyy pään ja kaulan alueen ja säästävästi leikatun rinnan sädehoidoissa, sekä miten sädehoidon työkokemus vaikuttaa hajontaan konekuvien kohdistamisessa.

Testitilanteen järjestäjänä toimivalle sädehoidon röntgenhoitajalle annettiin testitilanteeseen suullinen ja kirjallinen ohjeistus (liite 4) väärinkäsitysten mahdollisuuden minimoimiseksi, ja siten tutkimuksen luotettavuuden lisäämiseksi. Testitilanteen järjestelyt käytiin läpi testitilanteen järjestäjän kanssa ja sovittiin, että jokaiselle testihenkilölle annetaan suullisesti sama ohjeistus. Testitilanteen järjestäjän tehtävänä oli täyttää tietojenkeruulomake (liite 3), jotta testihenkilöt saivat keskittyä itse testiin. Tällä pyrittiin myös vähentämään lomakkeen täyttämiseen liittyviä virheitä.

Tutkimuslomakkeen kysymysten esitestaus on tärkeää, kun kyse on uusista kysymyksistä tai muotoiluista, joiden toimivuudesta ei ole takeita. Esitestauksella voidaan saada selville kysymysten mahdollinen epäselvyys, vastausten hajonta ja puuttuvan tiedon määrä. Kyselyssä käytettävien kysymysten tulisi olla valideja eli osuvia sekä selkeitä ja teknisesti yksinkertaisia. Kysymysten epäselvyys aiheuttaa vastaukskatoa ja vastaajien erilaisia tulkintoja kysymyksistä, mutta tätä voidaan vähentää lisäämällä ohjeita lomakkeen täyttöön. (Luoto 2009.) Tämän opinnäytetyön testitilanteen sujuvuutta, tietojenkeruulomaketta (liite 3) ja testitilanteen järjestäjän ohjeistusta (liite 4) ja esitestattiin ennen varsinaisten testitilanteiden alkamista ja esitestauksesta saatuja kokemuksia hyödynnettiin testien järjestelyissä.

Testihenkilöiden kohdistusten hajonnan analysointia varten sädehoidon röntgenhoitaja keräsi tietoja opinnäytetyössä käytettyjen konekuvien erilaisista kohdistuksista (liite 5). Kuvaparit on kohdistettu tiettyihin anatomisiin rakenteisiin ja kohdistuksen koordinaatit on otettu ylös taulukkoon (liite 5). Liitteen 5 taulukossa 9 on esitetty pään ja kaulan alueen kohdistuskoordinaatit eri anatomisiin alueisiin suhteessa referenssikohdistukseen. Liitteen 5 taulukossa 10 on esitetty rinnan alueen ortogonaalisten kuvien kohdistuskoordinaatit eri anatomisiin alueisiin suhteessa referenssikohdistukseen. Liitteen 5 taulukoista 9 ja 10 voidaan siis nähdä mikä rakenne tai rakenteiden välinen kompromissi vastaa testihenkilöiden tekemiä kohdistuksia.

Taulukossa 4 on esitetty pään ja kaulan alueen kuvapareista kerätyt ominaisuudet. Näitä tietoja käytettiin selvittämään millaisia ominaisuuksia on pään ja kaulan alueen konekuvissa, joiden kohdistuksessa esiintyy hajontaa. Kuvapareista on kerätty tiedot hoitoalueista ja mahdollisista paikkapoikkeamista eri suunnissa. Taulukossa 4 esitetyt kaularangan, alaleuan ja kallonpohjan paikkapoikkeaman suuruudet suhteessa C1 nikamaan on laskettu liitteen 5 taulukon 9 tietojen perusteella. Paikkapoikkeaman suuruus vrt-, lng-, ja lat-suunnissa on laskettu C1 nikaman kohdistuksen ja kaularangan, alaleuan tai kallonpohjan kohdistuksen vrt-, lng-, ja lat-suuntien koordinaattien erotuksen itseisarvona. Reaaliluvun itseisarvo on luvun etäisyys nolasta lukusuoralla (Häkkinen 1993).

TAULUKKO 4. Pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdealueen (PTV) kuvaus ja tiettyjen anatomisten rakenteiden paikkapoikkeama suhteessa nikamaan C1.

	PTV	Suurimman annoksen alue kielen tyvi, matalamman annoksen alue kaularanka C7:ään asti.			
Kuvapari 1			vert (mm)	lng (mm)	lat (mm)
	Paikkapoikkeama	Nikamat C5–7:	2	1	3
		Alaleuka:	0	0	1
		Kallonpohja:	1	2	1
	PTV	Suurimman annoksen alue leuka ja kaularanka C7:ään asti, matalamman annoksen alue TH2:een asti			
Kuvapari 2			vert (mm)	lng (mm)	lat (mm)
	Paikkapoikkeama	Nikamat C5–7:	7	1	2
		Alaleuka:	1	1	1
		Kallonpohja:	1	0	0
	PTV	Leuka hoitoalueella			
Kuvapari 3			vert (mm)	lng (mm)	lat (mm)
	Paikkapoikkeama	Nikamat C5–7:	4	0	5
		Alaleuka:	4	2	4
		Kallonpohja:	0	0	0
	PTV	Imusolmukealueet kaulalla, matalamman annoksen alue solisalueella			
Kuvapari 4			vert (mm)	lng (mm)	lat (mm)
	Paikkapoikkeama	Nikamat C5–7:	9	0	3
		Alaleuka:	2	1	1
		Kallonpohja:	0	2	1
	PTV	Suurimman annoksen alue yläleuka, lisäksi alaleuka ja koko kaularanka			
Kuvapari 5			vert (mm)	lng (mm)	lat (mm)
	Paikkapoikkeama	Nikamat C5–7:	7	1	2
		Alaleuka:	3	7	1
		Kallonpohja:	1	1	1
	PTV	Leuka ja kaularanka nikamaan C7 asti			
Kuvapari 6			vert (mm)	lng (mm)	lat (mm)
	Paikkapoikkeama	Nikamat C5–7:	0	0	7
		Alaleuka:	6	13	0
		Kallonpohja:	0	2	4

Rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien hoitokohteista ja paikkapoikkeamista kerätyt tiedot on esitetty taulukossa 5. Näitä tietoja käytettiin selvittämään millaisia ominaisuuksia on rinnan alueen konekuvissa, joiden kohdistuksessa esiintyy hajontaa. Taulukossa esitetty paikkapoikkeaman suuruus on laskettu aina kahteen eri anatomiseen alueeseen tehdyn kohdistuksen välille kolmessa eri suunnassa. Paikkapoikkeaman suuruus on laskettu kahden eri kohdistuksen yksittäisten koordinaattien erotuksen itseisarvona. Laskentaan käytetyt kohdistusten koordinaatit on esitetty liitteen 5 taulukossa 10. Paikkapoikkeaman suuruus on laskettu rangan ylä- ja alaosan (nikamien C6–7 ja TH6–9)

välille, rintalastan yläosan ja PTV:n keskikohdan tasolla olevien selkänikamien välille, sekä PTV:n keskikohdan tasolla kylkikaaren ja rangan välille.

TAULUKKO 5. Rinnan alueen kuvaparien kohdealueen (PTV) kuvaus ja tiettyjen anatomisten rakenteiden välinen paikkapoikkeama.

	PTV	Rinta			
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 1	Paikkapoikkeama	Rangan ylä- ja alaosa:		1	1
		Rintalasta ja ranka:	1	4	
		Kylkikaari ja ranka:		4	2
	PTV	Rinta			
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 2	Paikkapoikkeama	Rangan ylä- ja alaosa:		0	1
		Rintalasta ja ranka:	4	10	
		Kylkikaari ja ranka:		2	1
	PTV	Rinta			
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 3	Paikkapoikkeama	Rangan ylä- ja alaosa:		2	4
		Rintalasta ja ranka:	2	5	
		Kylkikaari ja ranka:		2	1
	PTV	Rinta			
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 4	Paikkapoikkeama	Rangan ylä- ja alaosa:		1	8
		Rintalasta ja ranka:	2	3	
		Kylkikaari ja ranka:		4	2
	PTV	Rinta ja solisalue			
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 5	Paikkapoikkeama	Rangan ylä- ja alaosa:		0	2
		Rintalasta ja ranka:	3	6	
		Kylkikaari ja ranka:		3	2
	PTV	Rinta			
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 6	Paikkapoikkeama	Rangan ylä- ja alaosa:		2	8
		Rintalasta ja ranka:	1	2	
		Kylkikaari ja ranka:		3	0

4.3 Kerätyn aineiston käsittely

Tietojenkeruulomakkeen tiedot syötettiin havaintomatriisiin muotoon Excel- taulukkolaskentaohjelmiston taulukkoon. Havaintomatriisi on taulukko, jossa vaakarivit vastaavat tilastoyksiköitä ja pystysarakkeet muuttujia (Heikkilä 2005, 123). Kvantitatiivisesta aineistosta piirrettiin kuvaajia Excel- ja Tixel-ohjelmien avulla havainnollistamaan opinnäytetyön tuloksia.

Testihenkilöt jaettiin vastausten perusteella sädehoidon työkokemuksen mukaan työkokemusryhmiin sekä ammattiryhmiin. Eri anatomisten alueiden kuvien kohdistamista käsiteltiin erikseen ja tätä varten kuvaparit ryhmiteltiin hoitokohteiden mukaan. Aineistosta tulostettiin opinnäyteraporttiin vastausten hajontaa havainnollistavia kuvaajia, tilastollisia keskiarvoja, mediaaneja, moodeja ja keskihajontoja eri testihenkilöryhmistä ja erityyppisistä hoitokohteista. Keskiarvon laskeminen edellyttää vähintään välimatkaasteikollista muuttujaa ja aritmeettinen keskiarvo saadaan, kun lasketaan kaikki havaintoarvot yhteen ja jaetaan saatu luku havaintojen lukumäärällä (Nummenmaa 2009, 64 ja 69). Mediaanilla tarkoitetaan jakauman suuruusjärjestyksessä keskimmäistä havaintoa ja sen määrittämiseksi muuttujan täytyy olla vähintään järjestysasteikollinen (Nummenmaa 2009, 61). Moodi eli tyyppiarvo on jakaumassa useimmin esiintyvä havaintoarvo (Nummenmaa 2009, 61). Konekuvien kohdistusten moodi kuvaa pistettä, johon ryhmässä on kohdistettu eniten. Kohdistusten mediaani taas kuvaa sijainniltaan keskimmäistä kohdistusta.

Opinnäytetyön tutkimuksen tuloksia havainnollistettiin pylväskuvaajilla sekä laatikkojana-kuvioilla. Laatikko-jana-kuvioista nähdään jakauman mediaani ja laatikko sisältää keskikvartiilivälin eli keskimmäiset 50 % havainnoista. Janan päätepisteet esittävät aineiston suurimman ja pienimmän havaintoarvon. Voimakkaimmin aineistosta poikkeavat havainnot voidaan myös esittää erillisinä pisteinä, jolloin ne eivät vaikuta janan päätepisteisiin. (Nummenmaa 2009, 83–84.)

Kuten aiemmin todettiin, Hoskinin ym. (2008, 11–13) mukaan kohdistuksessa ilmenevät virheet voidaan jakaa systemaattisiin, satunnaisiin ja karkeisiin virheisiin. Koska asiantuntijaryhmän referenssikohdistusta käytettiin vertailukohtana ja sen koordinaatit olivat (vrt 0, lng 0, lat 0), saatiin systemaattinen virhe selville laskemalla kohdistuksien aritmeettinen keskiarvo eri suunnissa. Virheen satunnainen osuus on se poikkeama, jonka suuruus ja suunta vaihtelevat. Satunnaista virhettä voidaan kuvata kohdistusten keskihajonnalla

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n}} \quad (1)$$

missä y_i on yksittäinen poikkeama ja n havaintoarvojen määrä. Keskihajonta saadaan siis kun lasketaan poikkeamien neliöiden keskiarvo, ja otetaan siitä neliöjuuri. (Hoskin ym. 2008, 9, 11–13.)

Satunnaiseen virheeseen ei vaikuta asiantuntijaryhmän referenssikohdistus, sillä keskihajontaan vaikuttaa ainoastaan hajonnan suuruus, ei se miten kohdistukset sijoittuvat asiantuntijaryhmän referenssikohdistukseen nähden. Systemaattinen virhe sen sijaan on suhteessa asiantuntijaryhmän referenssikohdistukseen. Myös karkeat kohdistusvirheet olivat tämän opinnäytetyön tulosten kannalta mielenkiintoisia.

Yksittäisistä koordinaateista saa selville erilaiset virheet vain koordinaattiakselien suunnassa, mutta kohdistusten etäisyyksiä tarkastelemalla saa paremman kokonaiskuvan konekuvien kohdistusten osuvuudesta. Tuloksissa esitettiin testihenkilöiden kohdistusten ja referenssikohdistuksen väliset etäisyydet laatikko-jana-kuvioina. Etäisyys on laskettu kaavalla (2), jossa etäisyyden komponenttien neliöiden summasta otetaan neliöjuuri.

$$etäisyys = \sqrt{VRT^2 + LNG^2 + LAT^2} \quad (2)$$

Etäisyys kuvaa siis testihenkilön kohdistuspisteen ja asiantuntijaryhmän referenssikohdistuspisteen todellista etäisyyttä kolmiulotteisessa avaruudessa, joten se on hyvä huomioida myös annossuunnittelun marginaaleja harkittaessa.

Työkokemuksen vaikutuksen arviointia varten jokaiselle testihenkilölle, jonka sädehoidon työkokemus kerätään taustatietona, laskettiin kohdistusten etäisyyksien hajonta suhteessa koko ryhmän kohdistusten etäisyyden keskiarvoon, kummallekin hoitokohteelle erikseen. Työkokemus tulostettiin kuitenkin siten, ettei yksittäisen vastaajan vastaus tullut esille. Hajonta lasketaan kaavalla

$$shlö = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_{pop})^2}{n}} \quad (3),$$

missä x_i on kohdistuksen etäisyys asiantuntijaryhmän referenssikohdistuksesta, \bar{x}_{pop} on koko ryhmän etäisyyksien keskiarvo ja n on testihenkilön kohdistamien kuvaparien määrä. Opinnäytetyössä laskettiin myös työkokemuksen ja kaavalla (3) lasketun hajonnan välinen korrelaatio.

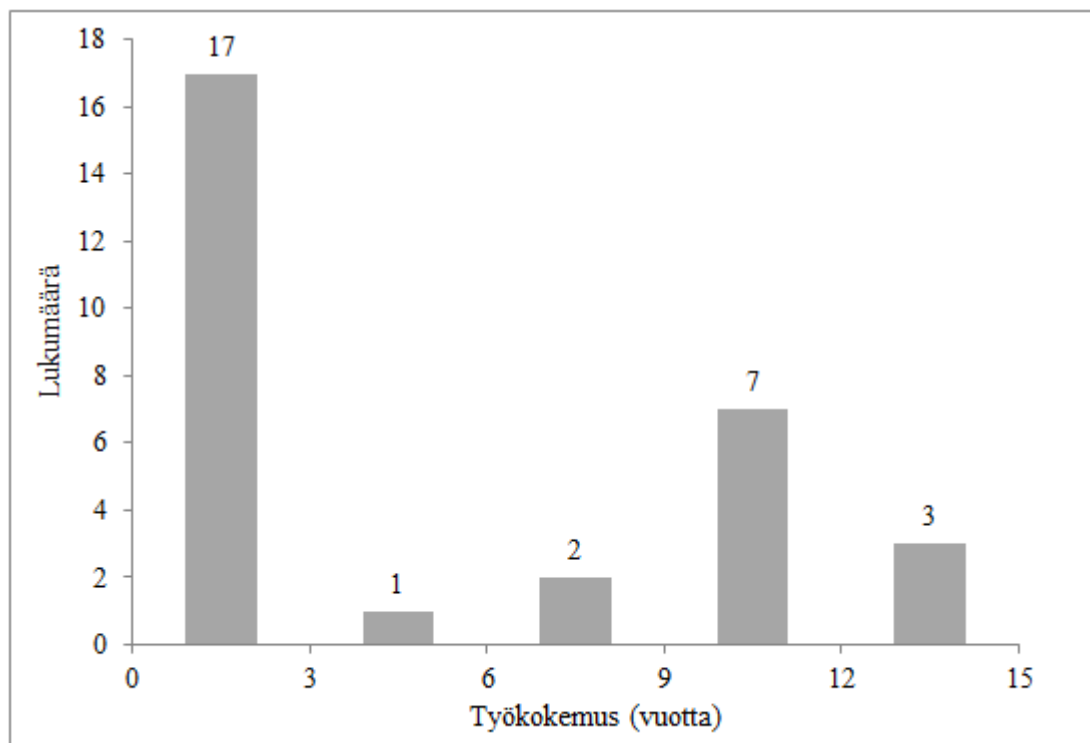
Korrelaatio mittaa Tähtisen ym. (2001, 107) mukaan kahden muuttujan välistä yhteyttä ja korrelaatiokertoimien arvot vaihtelevat välillä (-1, +1) miinus yhden kuvatessa täy-

dellistä negatiivista korrelaatiota ja plus yhden täydellistä positiivista korrelaatiota. Korrelaatio ei kerro muuttujien välisestä kausaliteetista eli syyn ja seurauksen suhteesta. Se ei myöskään kerro miten muuttujien välinen yhteys muodostuu ja mittaa vain lineaarista riippuvuutta. Pearsonin korrelaatiokertoimessa muuttujien mitta-asteikon tulee olla välimatka- tai suhdeasteikollinen. (Tähtinen & Isoaho 2001, 107; Heikkilä 2005, 90–92, 204, 295.)

5 TULOKSET

5.1 Taustatiedot

Testitilanteeseen osallistui 39 testihenkilöä, joista 30 oli röntgenhoitajia ja 9 sädehoitolääkäreitä. Vastaajilta kysyttiin Offline Review -ohjelman käyttöä ja tuloksena saatiin, että tyypillisesti röntgenhoitajat eivät käytä Offline Review -ohjelmaa lainkaan (moodi nolla). Keskimäärin ohjelmaa käytetään kuitenkin 1,1 kertaa kuukaudessa (keskiarvo), koska muutama vastaaja käyttää sitä useasti. Röntgenhoitajilla kohdistukseen käytetty aika vaihteli 35 minuutista 85 minuuttiin keskiarvon ollessa 60 minuuttia, eli yhden kuvaparin kohdistukseen käytettiin keskimäärin viisi minuuttia (keskiarvo). Testitilanteeseen osallistuneiden röntgenhoitajien sädehoidon työkokemus on esitetty kuviossa 4. Työkokemus vaihteli muutamasta kuukaudesta viiteentoista vuoteen. Sädehoitolääkäreiltä näitä taustatietoja ei kerätty.

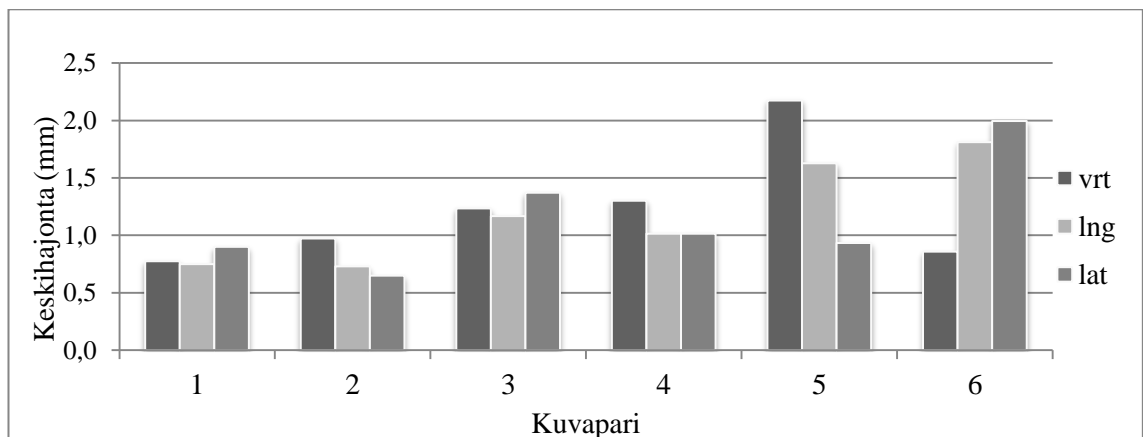


KUVIO 4. Tutkimukseen osallistuneiden röntgenhoitajien sädehoidon työkokemus.

5.2. Röntgenhoitajien tekemä konekuvien ja referenssikuvien kohdistus

5.2.1 Pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistusten hajonta

Kuviossa 5 on esitetty röntgenhoitajien tekemien kohdistusten satunnaista virhettä kuvaava keskihajonta pään ja kaulan alueen kuvapareissa kaikissa suunnissa. Kuvioista 5 nähdään, että kohdistusten pienin keskihajonta (0,7 mm) oli kuvaparin 2 lat-suunnassa. Suurin keskihajonta (2,2 mm) taas oli kuvaparin 5 vrt-suunnassa, toiseksi suurin keskihajonta (2,0 mm) kuvaparin 6 lat-suunnassa ja kolmanneksi suurin keskihajonta (1,8 mm) kuvaparin 6 lng-suunnassa. Keskihajonnan keskiarvo pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistuksessa oli 1,2 mm.



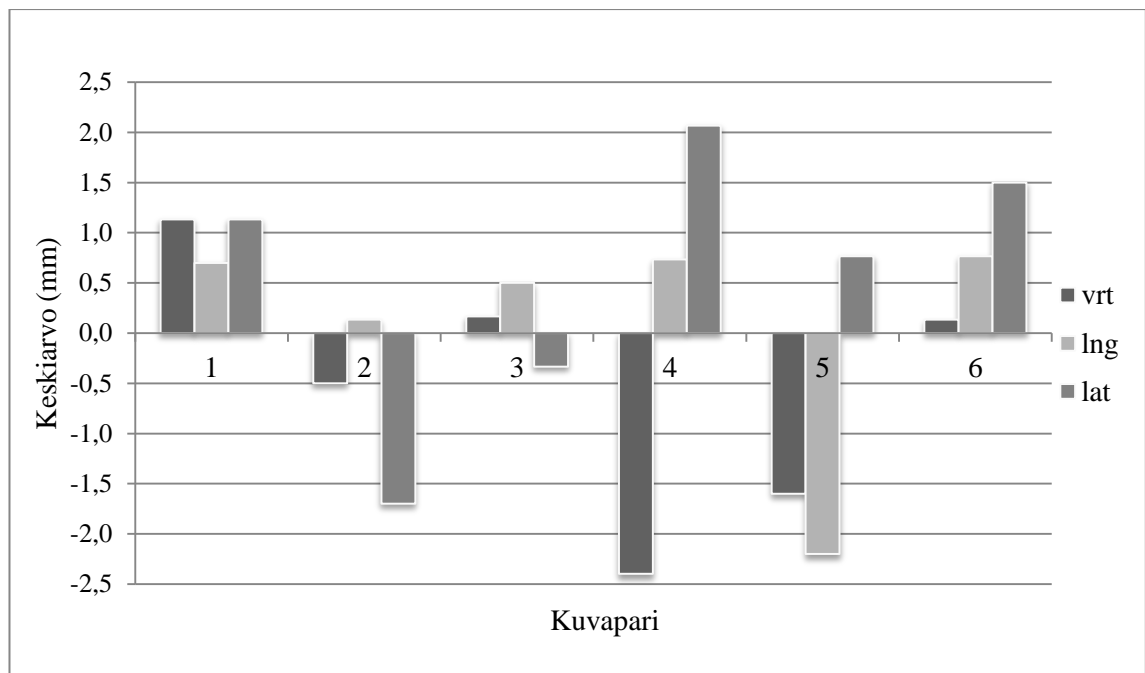
KUVIO 5. Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten satunnainen virhe (mm).

Keskihajonnan keskiarvo kaikissa pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistuksissa eri suunnissa on esitetty taulukossa 6. Taulukosta nähdään, että kohdistusten keskihajonnan keskiarvo eri suunnissa ei juuri eroa toisistaan.

TAULUKKO 6. Röntgenhoitajien tekemien konekuvien kohdistusten keskihajontojen keskiarvo (mm) eri suunnissa.

<i>hoitoalue/suunta</i>	<i>VRT</i>	<i>LNG</i>	<i>LAT</i>
pää ja kaula	1,2	1,2	1,1
rinta	1,3	1,5	1,2
rinta (viistokuva)	1,1	1,9	0,9

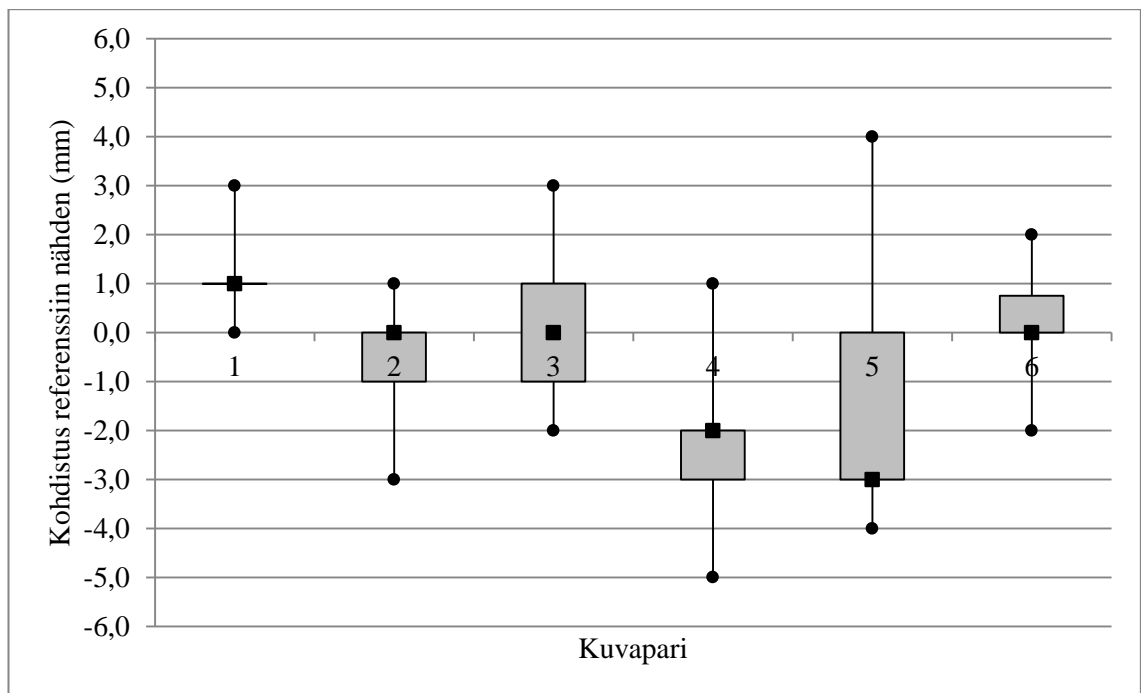
Kuviossa 6 on esitetty systemaattista virhettä kuvaava röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten keskiarvo kaikissa kuvapareissa kolmessa eri suunnassa. Nollataso vastaa referenssikohdistusta. Systemaattinen virhe pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistuksessa oli suurin (2,4 mm) kuvaparin 4 negatiiviseen vrt-suuntaan. Myös kuvaparin 4 positiivisen lat-suunnan ja kuvaparin 5 negatiivisen lng-suunnan systemaattinen virhe oli yli 2 mm. Pienimmillään systemaattinen virhe pään ja kaulan kuvaparien kohdistuksissa oli 0,1 mm.



KUVIO 6. Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten systemaattinen virhe (mm).

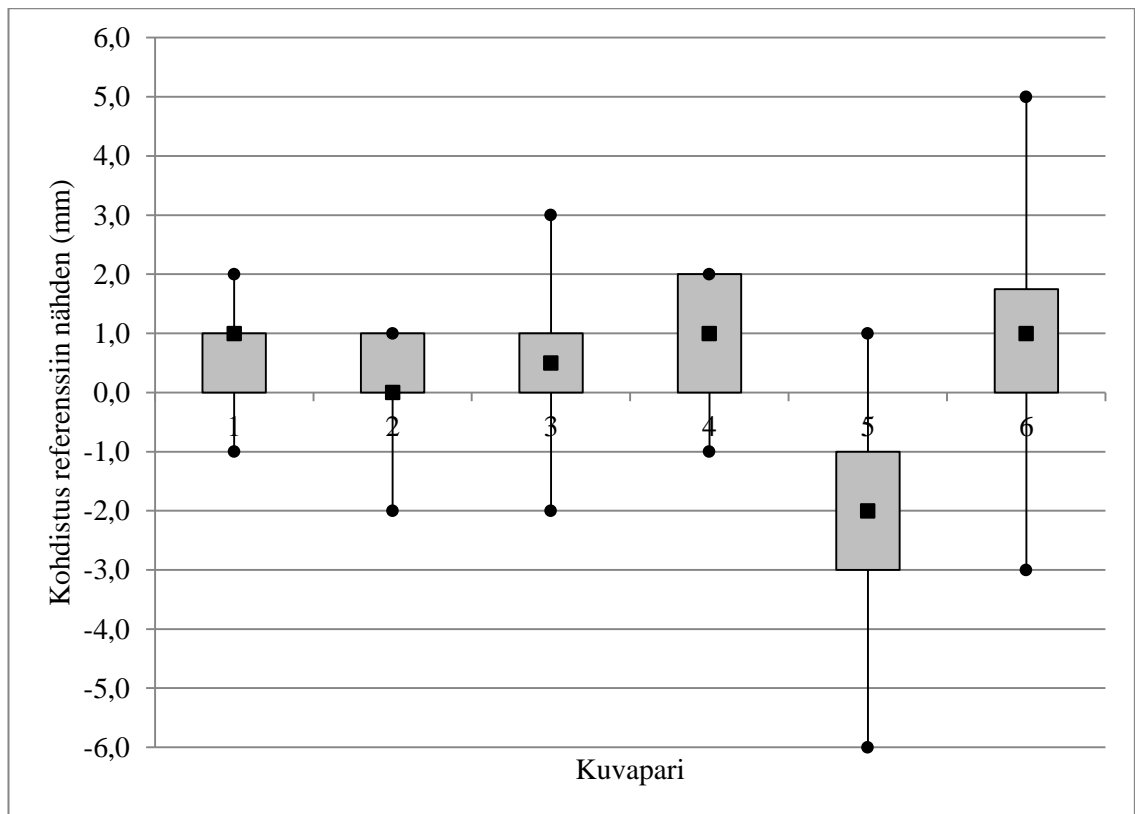
Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten jakauma vrt-suunnassa referenssikohdistukseen nähden eri kuvapareissa on esitetty kuviossa 7. Kuviossa on käytetty laatikko-jana-kuvaajaa, johon on piirretty minimi- ja maksimi-arvot (janojen päissä olevat pallot), keskikvartiilit, eli keskimmäiset 50 % arvoista (harmaa laatikko) ja mediaani, eli keskimäinen arvo (musta neliö). Kuvioista 7 nähdään, että

VRT-suunnassa kohdistusten pienin vaihteluväli (3 mm) oli kuvaparissa 1. Suurin vaihteluväli (8 mm) oli kuvaparissa 5 kohdistusten -4 mm ja 4 mm välillä. Kuvaparissa 1 keskikvartiiliväli oli 0 mm ja kuvaparissa 5 3 mm. Suurin keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssitasosta oli (3 mm) kuvaparissa 5, kun taas kuvapareissa 2, 3 ja 6 keskimääräinen poikkeama oli 0 mm eli niissä röntgenhoitajat kohdistivat keskimäärin referenssitasoon. VRT-suunnassa kaikkien kuuden pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten keskiarvo oli -0,5 mm ja mediaani (keskimmäinen arvo) 0 mm referenssikohdistukseen nähden.



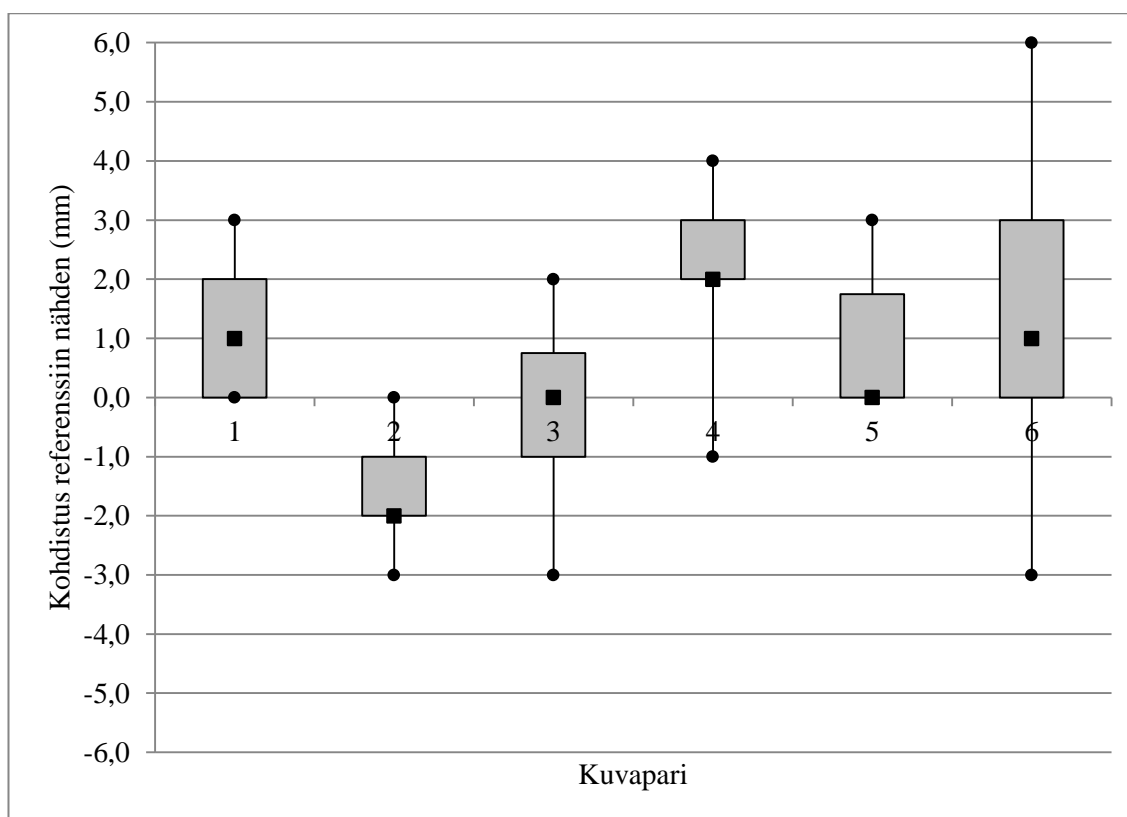
KUVIO 7. Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten jakauma vrt-suunnassa referenssikohdistukseen nähden.

Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten jakauma lng-suunnassa referenssikohdistukseen nähden eri kuvapareissa on esitetty kuviossa 8. Kuvioista nähdään, että vrt-suunnassa kohdistusten pienin vaihteluväli (3 mm) oli kuvapareissa 1, 2 ja 4, ja suurimmat vaihteluvälit (7 mm ja 8 mm) kuvapareissa 5 ja 6. Kuvapareissa 1–3 keskikvartiiliväli oli 1 mm ja kuvapareissa 4–6 2 mm. Suurin keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssitasosta (2 mm) oli kuvaparissa 5. Lng-suunnassa kaikkien pään ja kaulan alueen kuvien kohdistusten keskiarvo oli 0,1 mm ja mediaani (keskimmäinen arvo) 0 mm referenssikohdistukseen nähden.



KUVIO 8. Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten jakauma lng-suunnassa referenssikohdistukseen nähden.

Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten jakauma lat-suunnassa referenssikohdistukseen nähden eri kuvapareissa on esitetty kuviossa 9. Kuvioista nähdään, että lat-suunnassa kohdistusten pienin vaihteluväli (3 mm) oli kuvapareissa 1, 2 ja 5, ja suurin vaihteluväli (9 mm) kuvaparissa 6. Kuvapareissa 2 ja 4 keski-kvartiiliväli oli 1 mm ja kuvaparissa 6 3 mm. Suurin keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssitasosta (2 mm) oli kuvaparissa 4. Lat-suunnassa kaikkien pään ja kaulan alueen kuvien kohdistusten keskiarvo oli 0,6 mm ja mediaani (keskimmäinen arvo) 0 mm referenssikohdistukseen nähden.



KUVIO 9. Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten jakauma lat-suunnassa referenssikohdistukseen nähden.

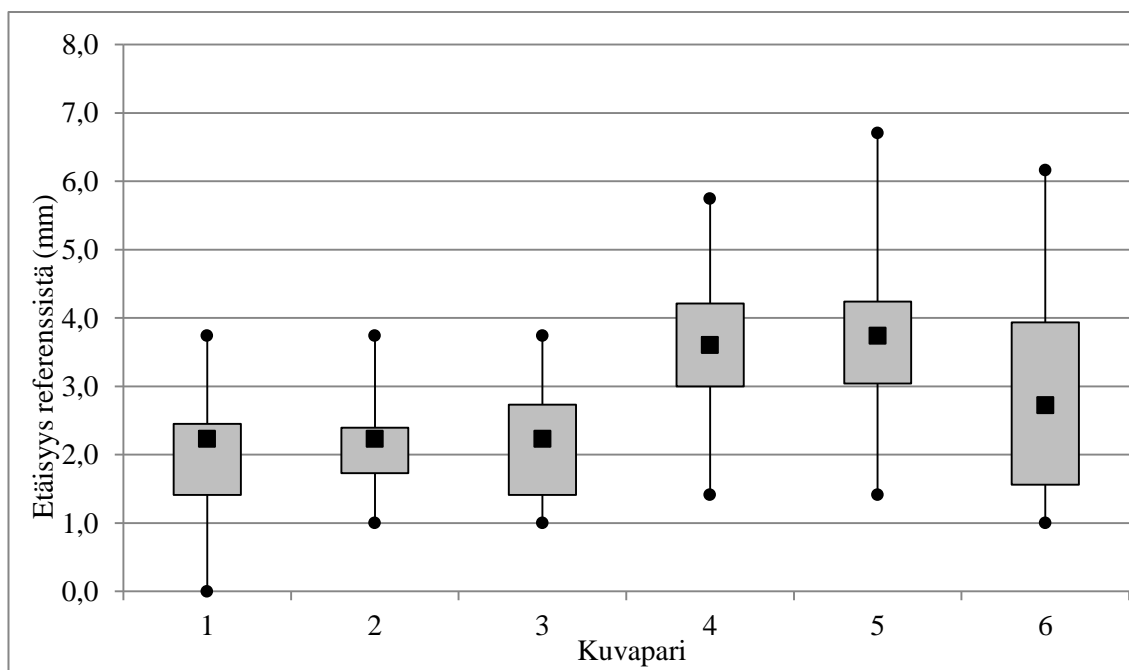
Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvien tyypillisimmät kohdistukset (moodit) on esitetty taulukossa 7. Taulukosta nähdään, että tyypillinen kohdistus eri suunnissa sijoittuu 0–3 mm päähän referenssikohdistuksesta. Suurin tyypillisen kohdistuksen poikkeama referenssikohdistuksesta (3 mm) oli kuvaparin 5 vrt-suunnassa. Kolmessatoista kahdeksastatoista eri kuvaparien eri suunnissa tehdyissä kohdistuksissa tyypillinen kohdistus eroaa referenssikohdistuksesta 0–1 mm, kuten taulukosta 7 nähdään.

TAULUKKO 7. Pään ja kaulan alueen kuvien tyypillisimmät röntgenhoitajien tekemät kohdistukset (moodi) referenssikohdistukseen nähden (mm).

	<i>kuvapari 1</i>	<i>kuvapari 2</i>	<i>kuvapari 3</i>	<i>kuvapari 4</i>	<i>kuvapari 5</i>	<i>kuvapari 6</i>
vrt	1,0	0,0	1,0	-2,0	-3,0	0,0
lng	1,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	1,0
lat	2,0	-2,0	0,0	2,0	0,0	0,0

Eri suunnissa ilmenevän hajonnan lisäksi röntgenhoitajien tekemien kohdistusten hajonnan konkreettisen merkityksen arviointia varten on laskettu myös kohdistusten etäisyys referenssikohdistuksesta kaavalla (2). Kuviossa 10 on esitetty röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten etäisyys referenssikohdistuk-

sesta. Kuviosta nähdään, että kohdistusten maksimietäisyys referenssikohdistuksesta on suurimmillaan 6,7 mm kuvaparissa 5. Suurimmat keskimääräiset (mediaani) etäisyydet referenssikohdistuksesta (3,6 mm ja 3,7 mm) ovat kuvapareissa 4 ja 5, pienin (2,2 mm) taas kuvapareissa 1, 2 ja 3. Liitteen 6 taulukosta 11 nähdään, että etäisyyksien keskihajonta oli suurimmillaan (1,5 mm) kuvaparissa 6 ja pienimmillään (0,7 mm) kuvaparissa 2. Myös muut tarkemmat tunnusluvut pään ja kaulan alueen kohdistusten etäisyyksistä ovat liitteenä taulukossa 11 (liite 6).

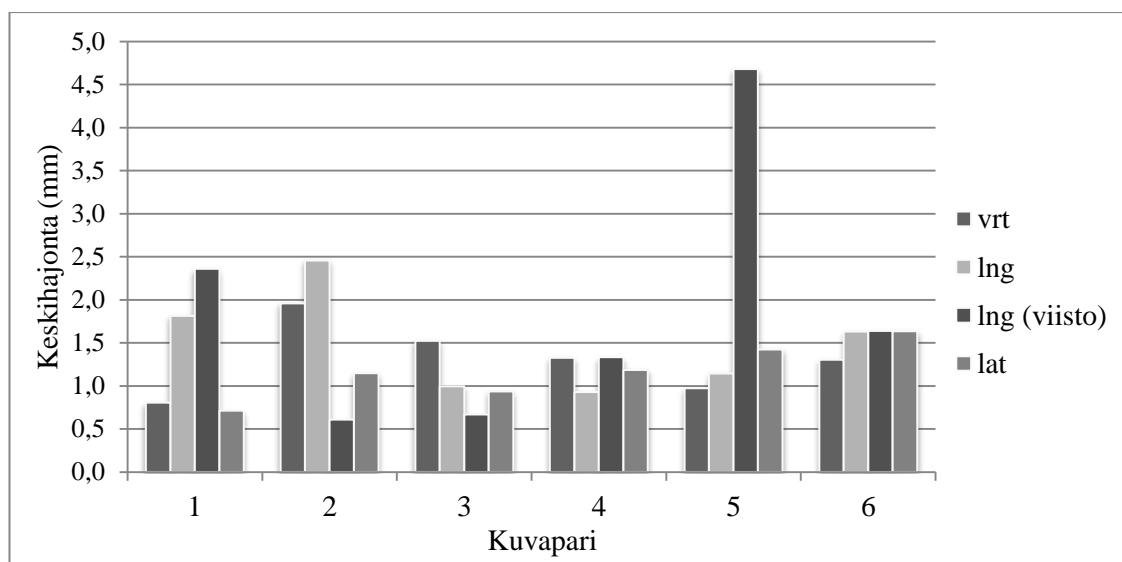


KUVIO 10. Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten etäisyys (mm) asiantuntijaryhmän referenssikohdistuksesta.

5.2.2 Rinnan alueen konekuvien kohdistusten hajonta

Kuviossa 11 on esitetty röntgenhoitajien tekemien konekuvien kohdistusten keskihajonta, eli satunnainen virhe rinnan alueen kuvapareissa kaikissa ortogonaalisista kuvista määritetyissä suunnissa ja lisäksi viistokuvista määritetyssä lng-suunnassa. Viistokuvan kohdistuksesta saadut vrt- ja lat-suunnan siirrokset on jätetty tuloksissa lähes huomiotta, koska viistokuvan perusteella näiden suuntien siirroksia ei voida luotettavasti määrittää konekuvausohjeistuksen mukaan (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a). Rinnan alueen kuvien kohdistuksissa havaittiin kaksi karkeaa virhettä kuvaparin 2 lng-suunnassa. Kaikki esitetyt laskennalliset tulokset on laskettu jättäen nämä karkeat virheet pois aineistosta. Kuviossa 14 ja 16 karkeat virheet on esitetty erillisinä muista tuloksista.

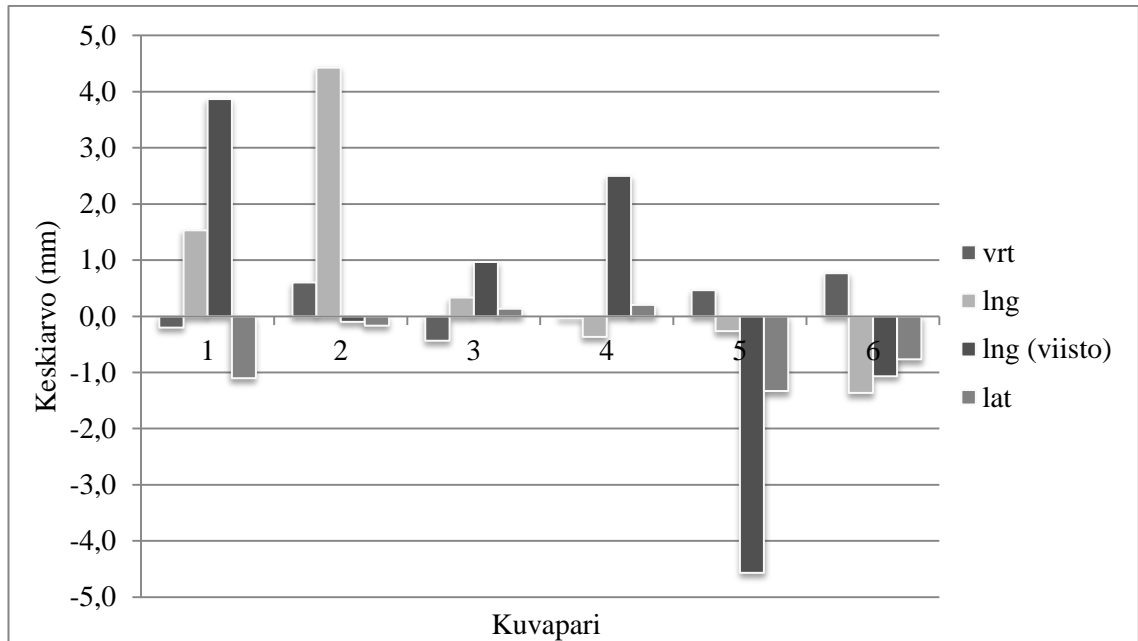
Röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kV-konekuvien kohdistusten keskihajontojen keskiarvo eri suunnissa on esitetty taulukossa 6. Taulukosta nähdään, että lng-suunnassa oli suurempi keskihajonnan keskiarvo (1,5 mm) kuin muissa suunnissa. Kuviossa 11 on esitetty kohdistusten satunnaista virhettä kuvaava keskihajonta. Kuviosta 11 nähdään, että ortogonaalisten kuvien kohdistusten pienin keskihajonta (0,7 mm) oli kuvaparin 1 lat-suunnassa. Suurin keskihajonta (2,5 mm) oli kuvaparin 2 lng-suunnassa. Myös kuvaparin 2 vrt-suunnassa oli 2,0 mm keskihajonta. Keskihajontojen keskiarvo rinnan alueen ortogonaalisten konekuvien kohdistuksessa oli 1,3 mm. Kuviossa 11 on esitetty satunnainen virhe myös viistokuvien lng-suuntaisissa kohdistuksissa. Kuviosta nähdään, että selvästi suurin (4,7 mm) satunnainen virhe esiintyy kuvaparissa 5. Viistokuvissa 2 ja 3 satunnainen virhe oli pienin, 0,6–0,7 mm.



KUVIO 11. Röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten satunnainen virhe (mm).

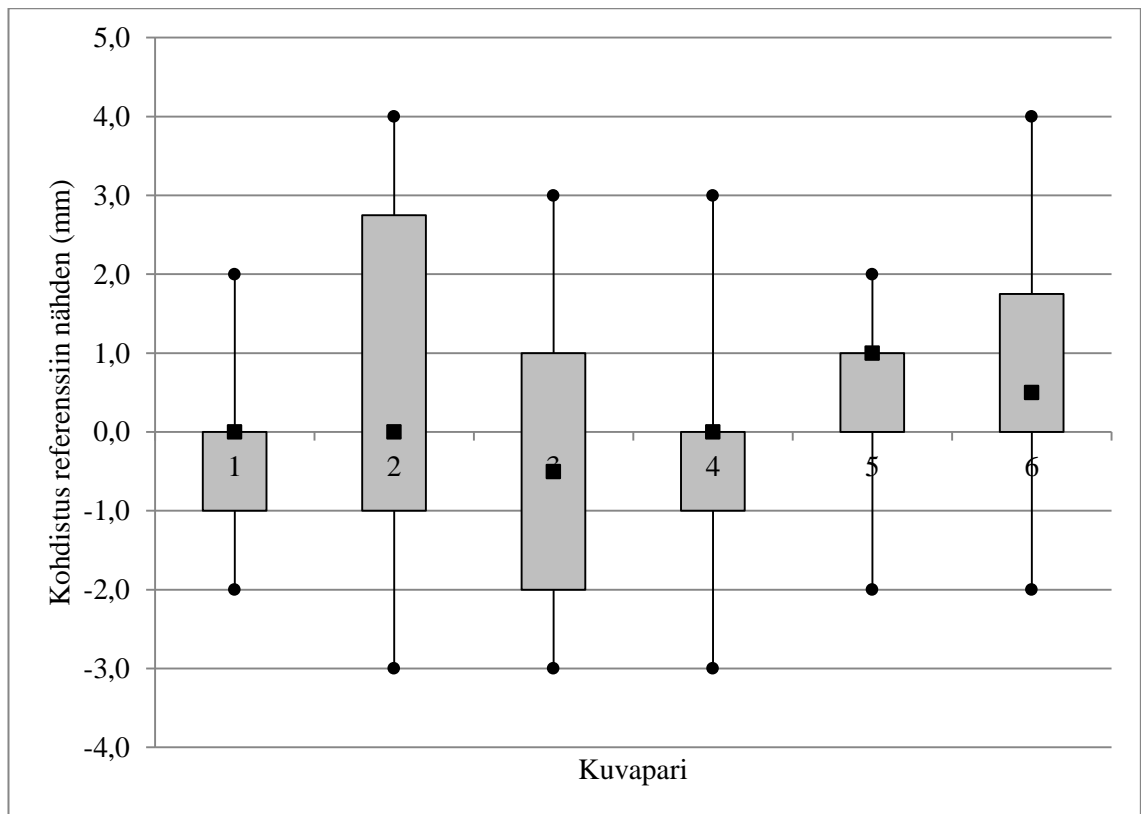
Kuviossa 12 on esitetty systemaattista virhettä kuvaava röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten keskiarvo kaikissa kuvapareissa, kaikissa ortogonaalisista kuvapareista määritetyissä suunnissa ja lisäksi viistokuvista määritetyssä lng-suunnassa. Systemaattinen virhe ortogonaalisten rinnan alueen kuvien kohdistuksessa oli selvästi suurin (4,4 mm) kuvaparin 2 positiiviseen lng-suuntaan. Lng-suunnassa myös kuvapareissa 1 ja 6 oli 1,4–1,5 mm suuruinen systemaattinen virhe. Pienimmillään systemaattinen virhe oli 0 mm rinnan alueen kuvaparien kohdistuksissa. Viistokuvien lng-suuntaisissa kohdistuksissa systemaattinen virhe oli suurin (-4,6 mm) kuvapa-

rissa 5 ja toiseksi suurin (3,9 mm) kuvaparissa 1. Viistokuvassa 2 systemaattinen virhe oli pienin, -0,1 mm.



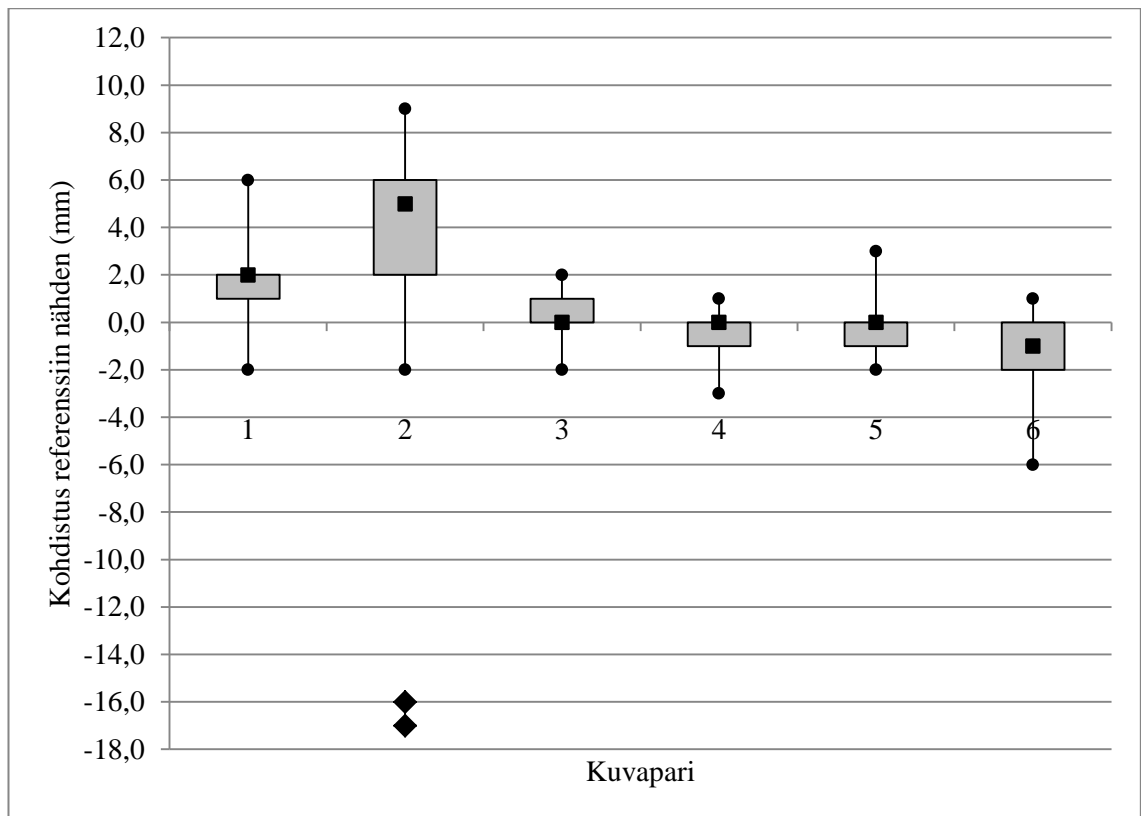
KUVIO 12. Röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten systemaattinen virhe (mm).

Röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten jakauma vrt-suunnassa referenssikohdistukseen nähden eri kuvapareissa on esitetty kuviossa 13. Kuviosta nähdään, että vrt-suunnassa kohdistusten pienin vaihteluväli (4 mm) oli kuvapareissa 1 ja 5, ja suurin vaihteluväli (7 mm) kuvaparissa 2. Kuvapareissa 1, 4 ja 5 keskikvartiiliväli oli 1 mm ja kuvaparissa 2 3,8 mm. Keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssitasosta vaihteli kaikissa kuvapareissa 0 mm ja 1 mm välillä. Vrt-suunnassa kaikkien ortogonaalisten rinnan alueen kuvaparien kohdistusten keskiarvo oli 0,2 mm ja mediaani (keskimmäinen arvo) 0 mm referenssikohdistukseen nähden.



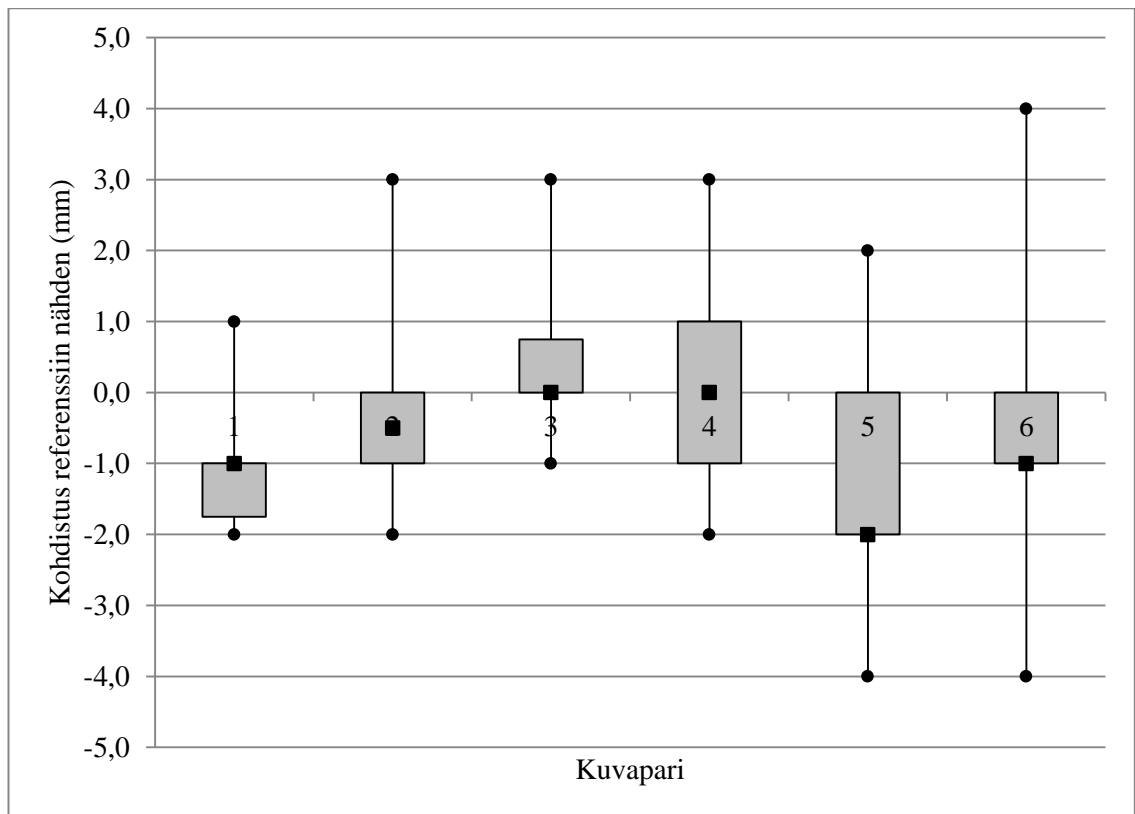
KUVIO 13. Röntgenhoitajien tekemien kohdistusten jakauma vrt-suunnassa referenssi-kohdistukseen nähden rinnan alueen ortogonaalisissa kuvapareissa.

Röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten jakauma lng-suunnassa referenssikohdistukseen nähden eri kuvapareissa on esitetty kuviossa 14. Kuvioista nähdään, että lng-suunnassa kohdistusten pienin vaihteluväli (4 mm) oli kuvapareissa 3 ja 4. Suurin vaihteluväli (11 mm) oli kuvaparissa 2 välillä -2 mm ja 9 mm. Lisäksi kuvaparin 2 kohdalle on merkitty kaksi karkeaa virhettä vinoneliöillä. Kuvapareissa 1, 3, 4 ja 5 keskikvartiiliväli oli 1 mm ja kuvaparissa 2 4 mm. Kuvaparissa 2 oli myös suurin keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssitasosta (5 mm). lng-suunnassa ortogonaalisten rinnan alueen kuvien kohdistusten keskiarvo ilman karkeita virheitä oli 0,7 mm ja mediaani (keskimmäinen arvo) 0 mm referenssikohdistukseen nähden.



KUVIO 14. Röntgenhoitajien tekemien kohdistusten jakauma lng-suunnassa referenssi-kohdistukseen nähden rinnan alueen ortogonaalisissa kuvapareissa.

Röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten jakauma lat-suunnassa referenssikohdistukseen nähden eri kuvapareissa on esitetty kuviossa 15. Kuviosta nähdään, että lat-suunnassa kohdistusten pienin vaihteluväli (3 mm) oli kuvaparissa 1. Suurin vaihteluväli (8 mm) oli kuvaparissa 6 välillä -4 mm ja 4 mm. Kuvapareissa 1 ja 3 keskikvartiiliväli oli 0,8 mm ja kuvapareissa 4 ja 5 2 mm. Kohdistusten suurin keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssitasosta (mediaanikohdistus -2 mm) oli kuvaparissa 5. Lat-suunnassa kaikkien ortogonaalisten rinnan alueen kuvien kohdistusten keskiarvo oli -0,5 mm ja mediaani (keskimmäinen arvo) -1,0 mm referenssikohdistukseen nähden.



KUVIO 15. Röntgenhoitajien tekemien kohdistusten jakauma lat-suunnassa referenssi-kohdistukseen nähden rinnan alueen ortogonaalisissa kuvapareissa.

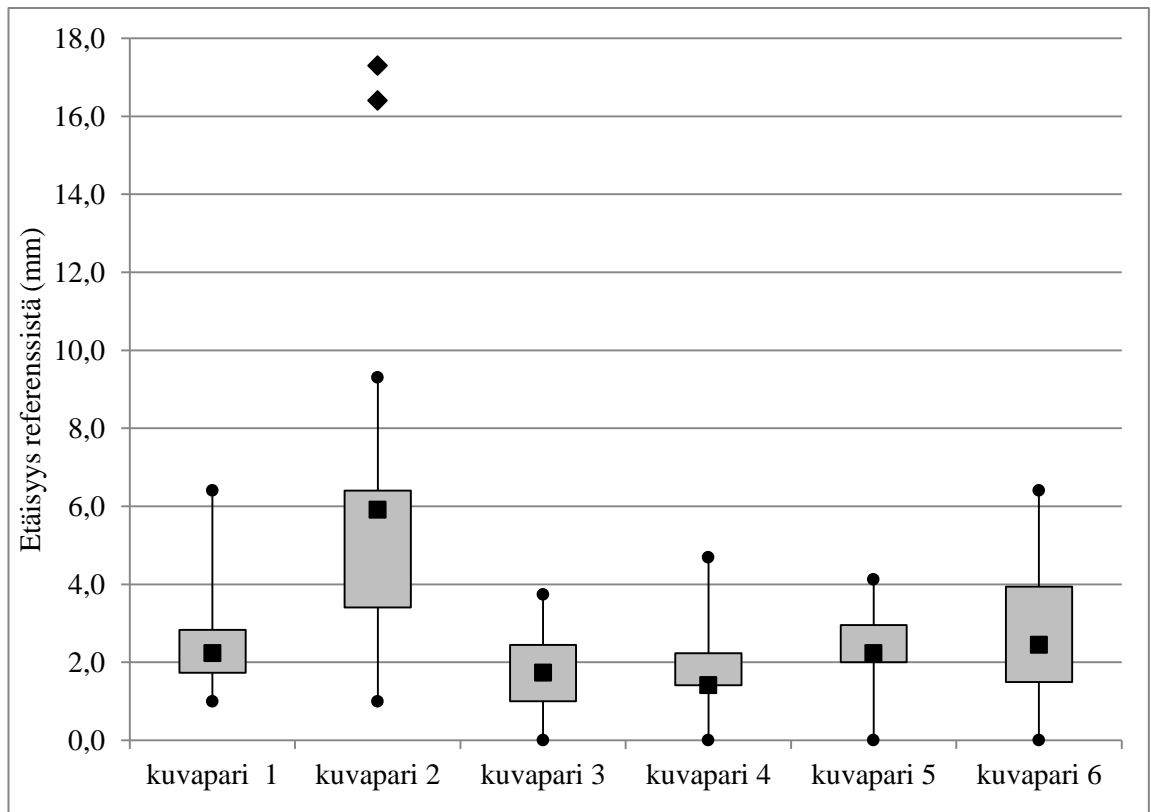
Röntgenhoitajien tekemät rinnan alueen kuvaparien tyypillisimmät kohdistukset (moodit) on esitetty taulukossa 8. Taulukosta nähdään, että tyypillinen kohdistus eri suunnissa sijoittuu 0–5 mm päähän referenssikohdistuksesta. Suurin tyypillisen kohdistuksen poikkeama referenssikohdistuksesta (5 mm) oli kuvaparin 2 lng-suunnassa. Kaikki muut tyypilliset kohdistukset eroavat referenssikohdistuksesta korkeintaan 2 mm ja viidessätoista kahdeksastatoista eri kuvaparien eri suunnissa tehdyissä kohdistuksissa tyypillinen kohdistus eroaa referenssikohdistuksesta 0–1 mm, kuten taulukosta 8 nähdään.

TAULUKKO 8. Rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien tyypillisimmät röntgenhoitajien tekemät kohdistukset (moodi) referenssikohdistukseen nähden (mm).

	<i>kuvapari 1</i>	<i>kuvapari 2</i>	<i>kuvapari 3</i>	<i>kuvapari 4</i>	<i>kuvapari 5</i>	<i>kuvapari 6</i>
vrt	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	0,0
lng	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	-1,0
lat	-1,0	-1,0	0,0	-1,0	-2,0	0,0

Myös rinnan alueen ortogonaalisille kuvapareille on laskettu röntgenhoitajien tekemien kohdistusten etäisyydet referenssikohdistuksesta kolmiulotteisessa avaruudessa kaavalla

2. Kuviossa 16 on esitetty rinnan alueen ortogonaalisten kuvien kohdistusten laskettu etäisyys referenssikohdistuksesta. Kuviosta nähdään, että kohdistusten maksimietäisyys referenssikohdistuksesta oli suurin (9,3 mm) kuvaparissa 2. Kuvaparissa 2 oli myös suurin keskimääräinen (mediaani) etäisyys (5,9 mm). Kuvaparien kohdistuksista saaduista havaintoarvoista laskettu etäisyyksien keskihajonta oli suurimmillaan (3,6 mm) kuvaparissa 2 ja pienimmillään (0,9 mm) kuvapareissa 3 ja 5. Muut tunnusluvut rinnan alueen kohdistusten etäisyyksistä on esitetty taulukossa 12 (liite 6).



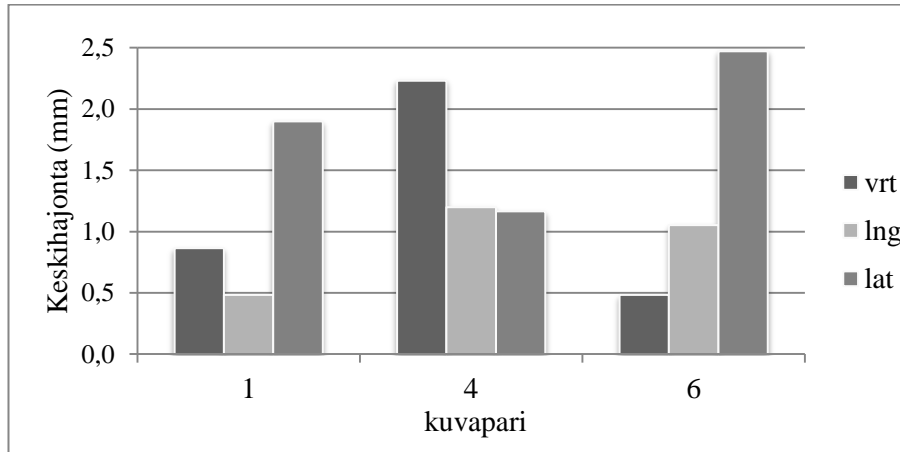
KUVIO 16. Röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten etäisyys (mm) referenssikohdistuksesta.

5.3. Sätehoitolaäkärien tekemä konekuvien ja referenssikuvien kohdistus

5.3.1 Pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistusten hajonta

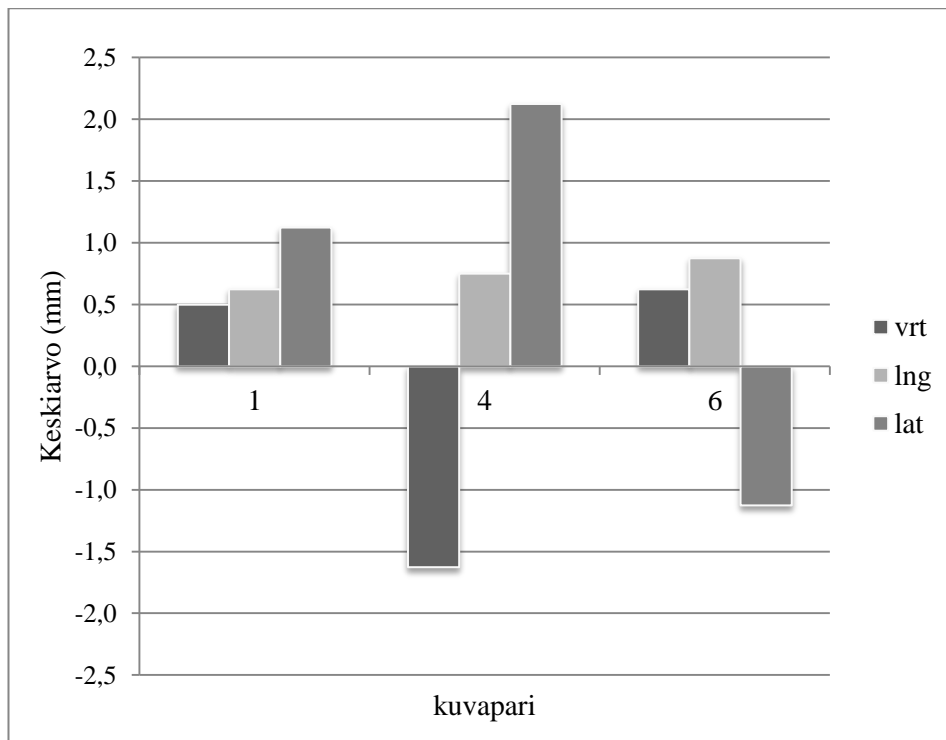
Kuviossa 17 on esitetty sädehoitolaäkärien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten satunnaista virhettä kuvaava kohdistusten keskihajonta kaikissa suunnissa. Kuviosta nähdään, että kuvaparien kohdistusten pienin keskihajonta (0,5 mm) oli kuva-

parin 1 lng- ja kuvaparin 6 vrt-suunnassa. Suurin keskihajonta (2,5 mm) taas oli kuvaparin 6 lat-suunnassa. Kuvaparin 4 vrt-suunnassa oli 2,2 mm keskihajonta ja kuvaparin 1 lat-suunnassa 1,9 mm keskihajonta. Keskihajontojen keskiarvo sädehoitolääkärin tekemissä pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistuksessa oli 1,3 mm.



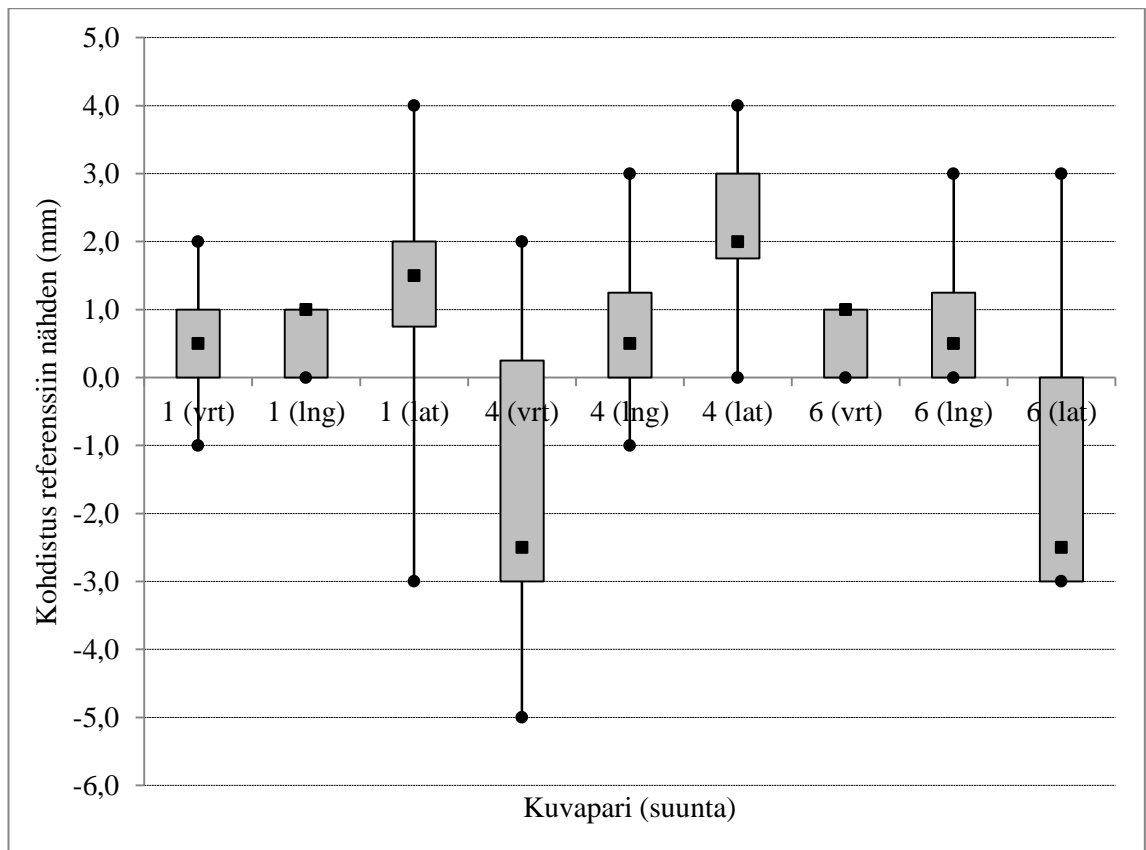
KUVIO 17. Sädehoitolääkärin tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten satunnainen virhe (mm).

Kuviossa 18 on esitetty sädehoitolääkärin tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten systemaattista virhettä kuvaava kohdistusten keskiarvo kaikissa kuvapareissa kolmessa eri suunnassa. Systemaattinen virhe pään ja kaulan alueen kuvien kohdistuksessa oli suurin (2,1 mm) kuvaparin 4 positiiviseen lat-suuntaan. Kuvaparin 4 negatiiviseen vrt-suuntaan systemaattinen virhe oli 1,6 mm. Pienin systemaattinen virhe (0,5 mm) esiintyi kuvaparin 1 vrt-suunnassa.



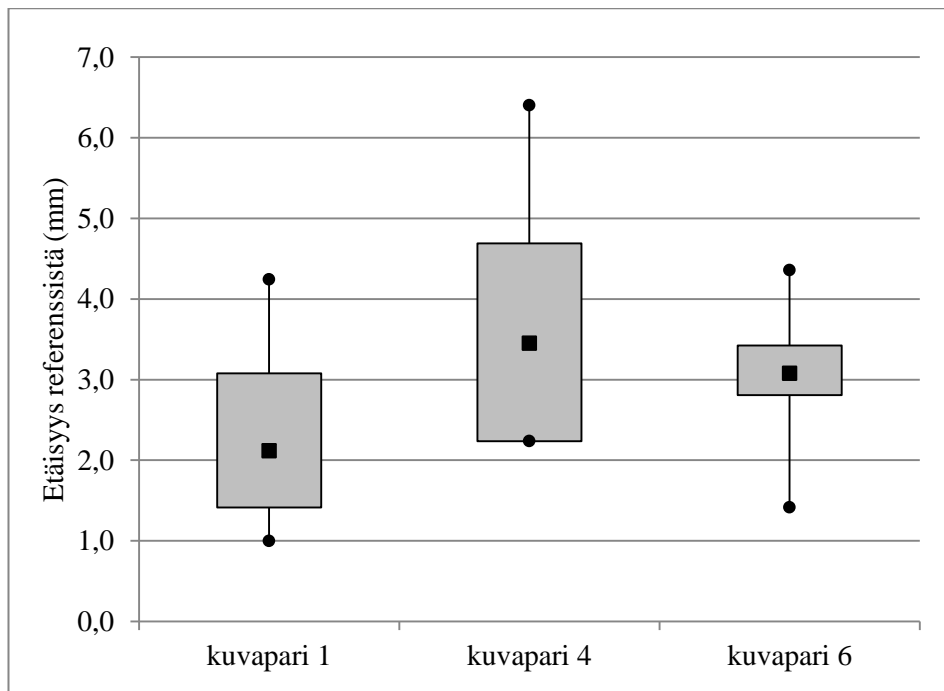
KUVIO 18. Sädehoitolääkärien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten systemaattinen virhe (mm).

Sädehoitolääkärien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten jakauma kaikissa kolmessa suunnassa referenssikohdistukseen nähden, eri kuvapareissa on esitetty kuviossa 19. Kuvioista nähdään, että vrt-suunnassa kohdistusten suurin vaihteluväli (7 mm) oli kuvaparissa 4 välillä -4 mm ja 2 mm. Pienin vaihteluväli (1 mm) oli kuvaparissa 6. Lng-suunnassa suurin vaihteluväli (4 mm) oli kuvaparissa 4 ja pienin (1 mm) kuvaparissa 1. Lat-suunnassa suurin vaihteluväli (7 mm) oli kuvaparissa 1 ja pienin (4 mm) kuvaparissa 4. Kuvaparin 4 vrt-suunnassa keskikvartiiliväli oli 3,3 mm ja keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssikohdistuksesta 2,5 mm (mediaanikohdistus -2,5 mm). Kuvaparin 6 lat-suunnassa keskikvartiiliväli oli 3 mm ja keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssikohdistuksesta 2,5 mm (mediaanikohdistus -2,5 mm).



KUVIO 19. Sädehoitolääkärien tekemien konekuvien kohdistusten jakauma referenssi-kohdistukseen nähden pään ja kaulan alueen kuvapareissa 1, 4 ja 6.

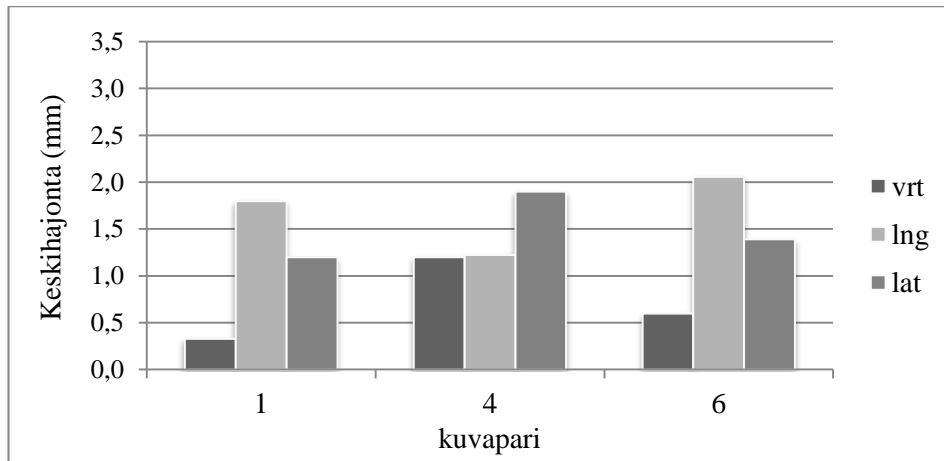
Kuviossa 20 on esitetty sädehoitolääkärien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten laskennallinen etäisyys referenssikohdistuksesta kolmiulotteisessa avaruudessa. Kuviosta 20 nähdään, että kohdistusten maksimietäisyys referenssikohdistuksesta oli 4,2 mm kuvaparissa 1, 6,4 mm kuvaparissa 4 ja 4,4 mm kuvaparissa 6. Kuvaparien kohdistuksista saaduista havaintoarvoista laskettu suurin kohdistusten etäisyyksien keskihajonta (1,5 mm) oli kuvaparissa 4 ja pienin (0,9 mm) kuvaparissa 6.



KUVIO 20. Sädehoitolääkärien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten etäisyys (mm) referenssikohdistuksesta.

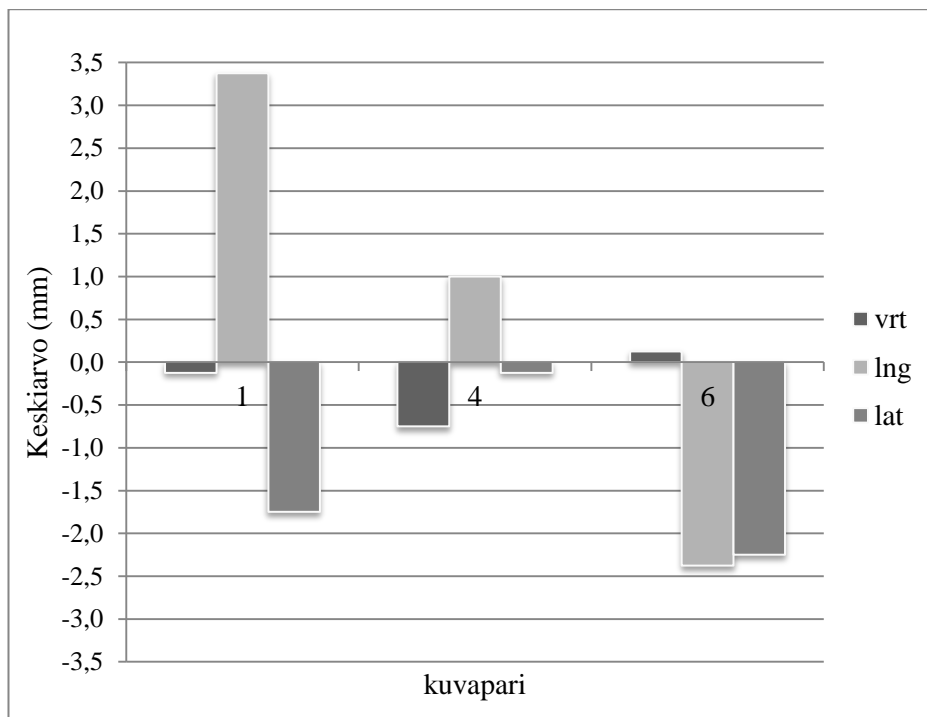
5.3.2 Rinnan alueen konekuvien kohdistusten hajonta

Kuviossa 21 on esitetty sädehoitolääkärien tekemien konekuvien kohdistusten satunnainen virhe rinnan alueen kuvapareissa kaikissa ortogonaalisista kuvista määritetyissä suunnissa. Sädehoitolääkärit eivät kohdistaneet viistokuvia. Kuvioista 21 nähdään, että kuvaparien kohdistusten pienin keskihajonta (0,3 mm) oli kuvaparin 1 vrt-suunnassa. Suurin keskihajonta (2,1 mm) taas oli kuvaparin 6 lng-suunnassa. Kuvaparin 4 lat-suunnassa oli 1,9 mm keskihajonta ja kuvaparin 1 lng-suunnassa 1,8 mm keskihajonta. Sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten keskihajontojen keskiarvo oli 1,3 mm.



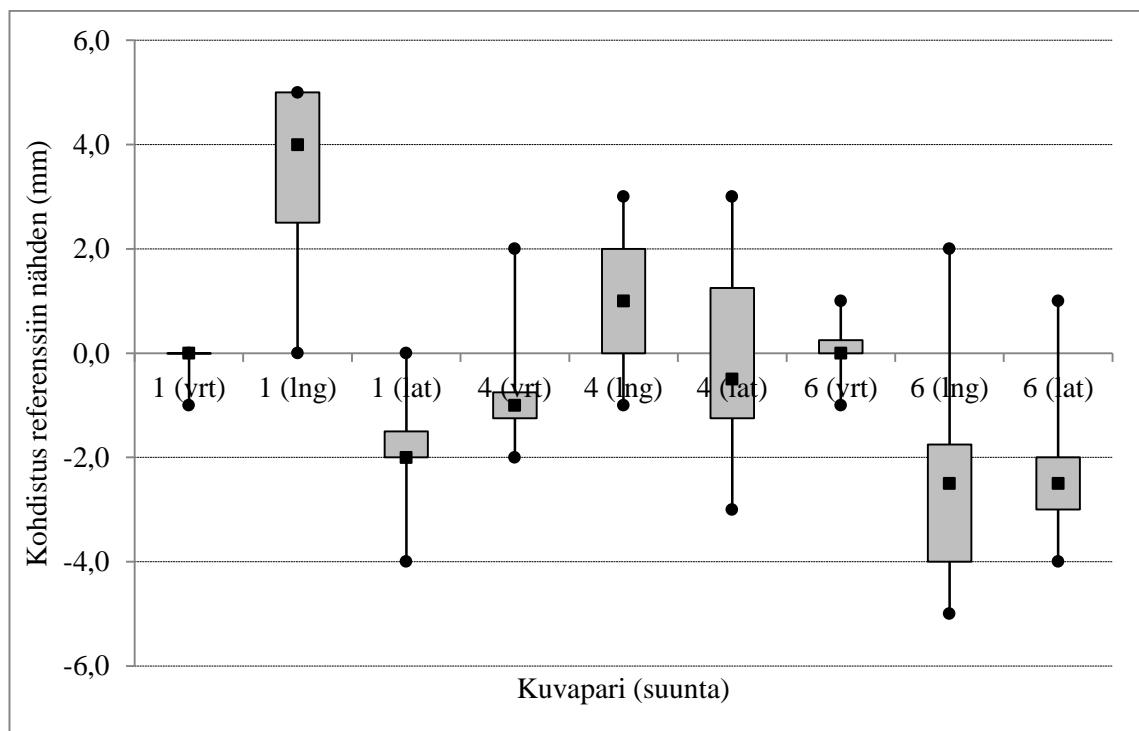
KUVIO 21. Sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten satunnainen virhe (mm).

Kuviossa 22 on esitetty sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten systemaattista virhettä kuvaava kohdistusten keskiarvo, kaikissa ortogonaalisista kuvista määritetyissä suunnissa. Systemaattinen virhe rinnan alueen kuvaparien kohdistuksessa oli suurin (3,4 mm) kuvaparin 1 positiiviseen lng-suuntaan. Kuvaparissa 6 negatiiviseen lng-suuntaan systemaattinen virhe oli 2,4 mm ja negatiiviseen lat-suuntaan 2,3 mm. Pienin systemaattinen virhe (0,1 mm) esiintyi kuvaparien 1 ja 6 vrt-suunnassa ja kuvaparin 4 lat-suunnassa.



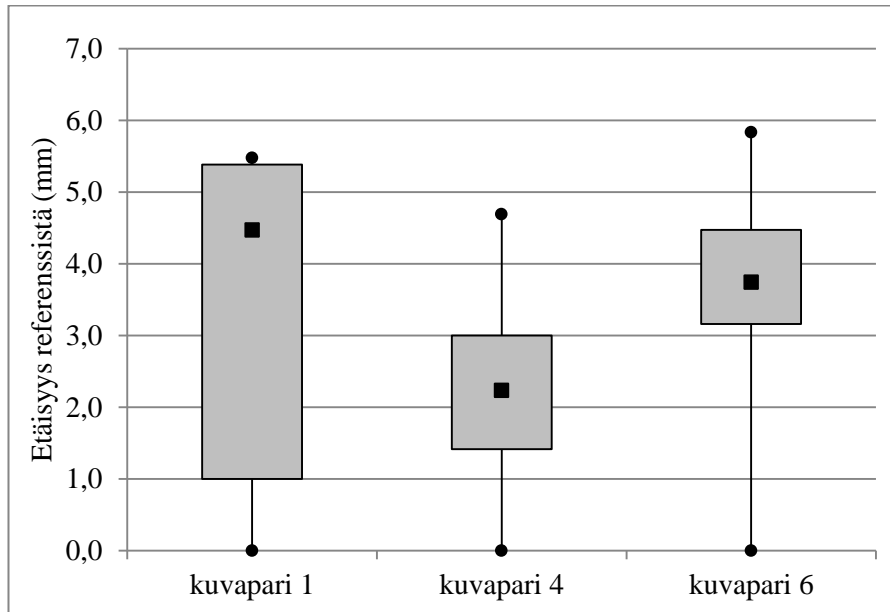
KUVIO 22. Sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten systemaattinen virhe (mm).

Sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien 1, 4 ja 6 kohdistusten jakauma kaikissa kolmessa suunnassa referenssikohdistukseen nähden on esitetty kuviossa 23. Kuviosta nähdään, että vrt-suunnassa kohdistusten suurin vaihteluväli (4 mm) oli kuvaparissa 4 ja pienin vaihteluväli (1 mm) kuvaparissa 1. lng-suunnassa suurin vaihteluväli (7 mm) oli kuvaparissa 6 välillä -5 mm ja 2 mm ja toiseksi suurin (5 mm) kuvaparissa 1 välillä 0–5 mm. Kuvaparissa 4 lng-suunnassa vaihteluväli oli 4 mm. Lat-suunnassa suurin vaihteluväli (6 mm) oli kuvaparissa 4 välillä -3 mm ja 3 mm. Pienin vaihteluväli (4 mm) lat-suunnassa oli kuvaparissa 1. Kuvaparin 1 lng-suunnassa keskikvartiiliväli oli 2,5 mm ja keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssikohdistuksesta 4 mm. Kuvaparin 4 lat-suunnassa keskikvartiiliväli oli 2,6 mm ja lng-suunnassa 2,0 mm. Kuvaparin 6 lng-suunnassa keskikvartiiliväli oli 2,2 mm.



KUVIO 23. Sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten jakauma referenssikohdistukseen nähden (mm).

Rinnan alueen ortogonaalisille kuvapareille lasketut sädehoitolääkärien tekemien kohdistusten etäisyydet referenssikohdistuksesta on esitetty kuviossa 24. Kuviosta nähdään, että kohdistusten maksimietäisyys referenssikohdistuksesta oli 5,5 mm kuvaparissa 1, 4,7 mm kuvaparissa 4 ja 5,8 mm kuvaparissa 6. Suurin keskimääräinen (mediaani) etäisyys referenssikohdistuksesta (4,5 mm) oli kuvaparissa 1. Kuvaparien kohdistuksista saaduista havaintoarvoista laskettu suurin kohdistusten etäisyyksien keskihajonta (2,4 mm) oli kuvaparissa 1 ja pienin (1,4 mm) kuvaparissa 4.



KUVIO 24. Sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen kuvaparien kohdistusten etäisyys (mm) referenssikohdistuksesta.

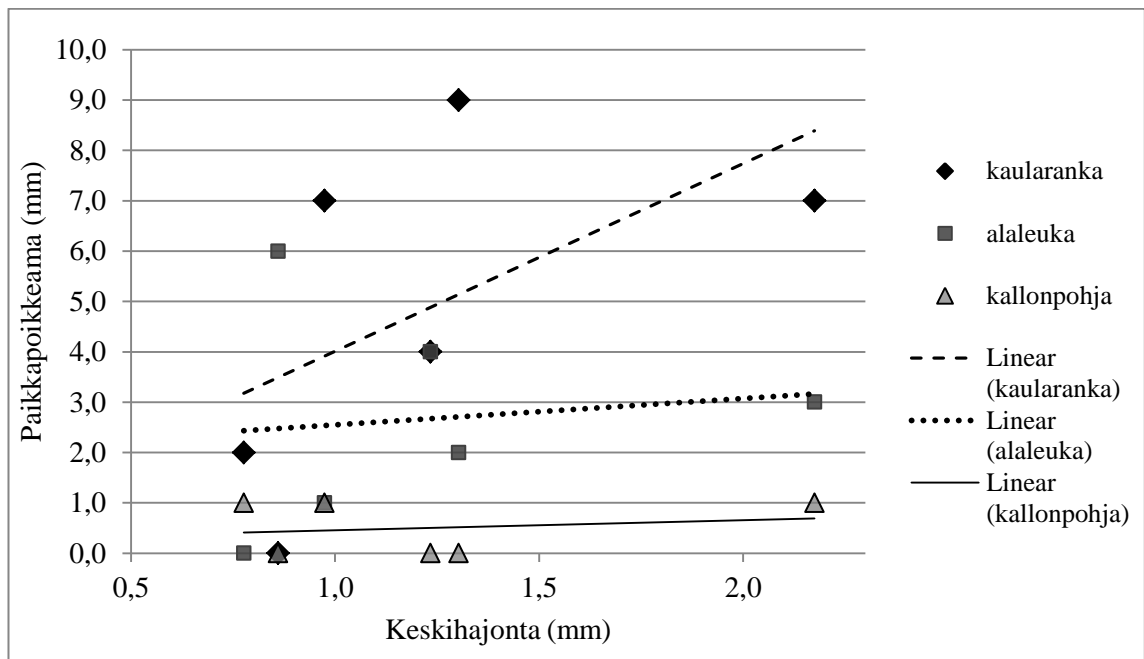
5.4 Konekuvien ominaisuudet verrattuna röntgenhoitajien tekemien kohdistusten keskihajontaan

Konekuvien kohdistuksessa esiintynyttä keskihajontaa vertailtiin konekuvissa esiintyvien paikkapoikkeamien suuruuteen eri suunnissa. Kohdistusten keskihajonnat on esitetty kuvioissa 5 ja 11 ja paikkapoikkeamat taulukoissa 4 ja 5. Vertailun avulla selvitettiin, minkälaisia paikkapoikkeamia esiintyy kuvapareissa, joiden kohdistuksessa ilmeni erisuuruisia keskihajontoja. Vertailu tehtiin pään ja kaulan sekä rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien osalta, kaikissa kolmessa kohdistussuunnassa erikseen. Vertailu tehtiin vain röntgenhoitajien tekemien kohdistusten osalta ja sädehoitolääkärien tekemät kohdistukset jätettiin tästä vertailusta pois.

5.4.1 Pään ja kaulan alueen kuvaparien ominaisuudet ja kohdistusten hajonta

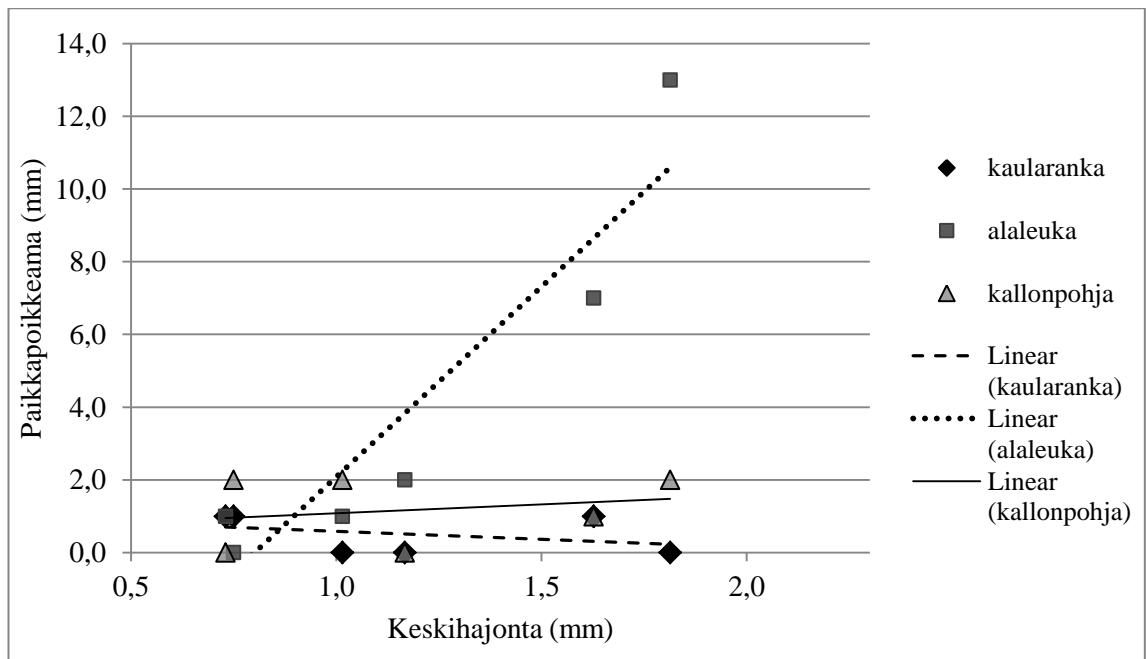
Kuviossa 25 on esitetty röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien vrt-suunnan kohdistusten keskihajonta, eli satunnainen virhe x-akselilla ja tätä keskihajontaa vastaavan kuvaparin vrt-suunnan paikkapoikkeamat y-akselilla. Paikkapoikkeamat on esitetty kaularangan alaosalta (C5–7), alaleualle sekä kallonpohjalle suhteessa nika-

maan C1. Kuviosta nähdään, että vrt-suunnassa kallonpohjan paikkapoikkeamat ovat korkeintaan 1 mm suuruisia, joten keskihajonnan ja kallonpohjan paikkapoikkeamien välistä yhteyttä ei voida arvioida. Kaularangan paikkapoikkeamapisteisiin sovitettu lineaarinen käyrä on muodoltaan nouseva, alaleuan paikkapoikkeamapisteisiin sovitettu käyrä on lähes vaakatasossa. Kuviosta 25 nähdään, että sekä kaularangan että kallonpohjan yksittäiset paikkapoikkeamapisteet eroavat sovituskäyristä huomattavastikin.



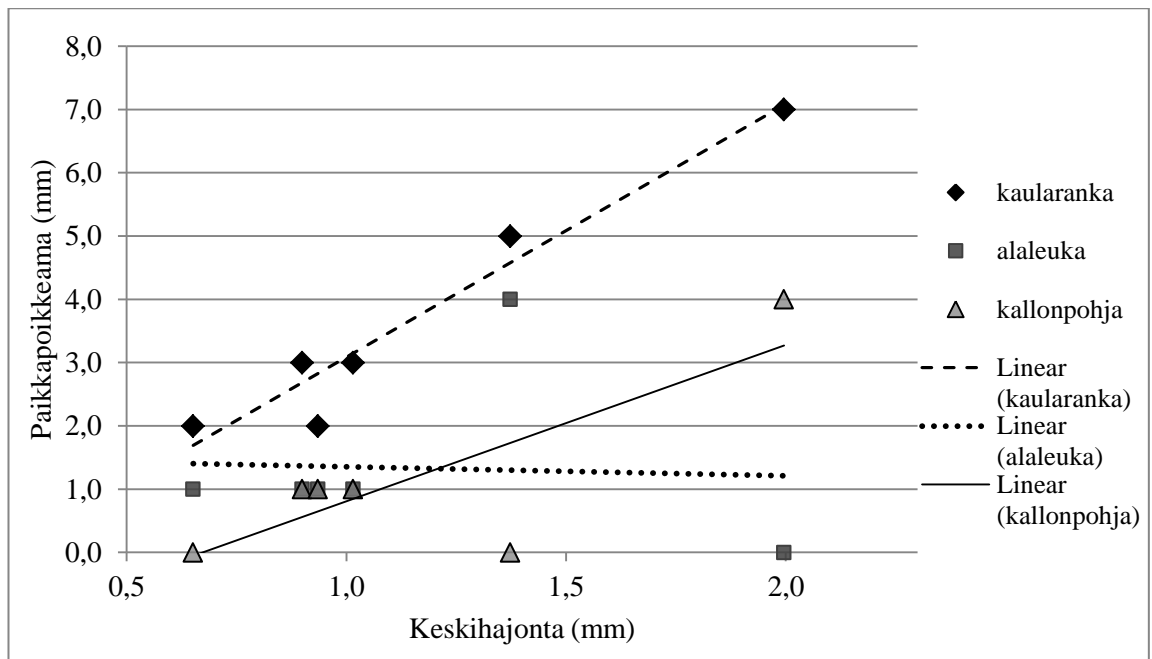
KUVIO 25. Pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten hajonta suhteessa kuvapareissa esiintyviin paikkapoikkeamiin nikaman C1 ja kaularangan alaosan, alaleuan, sekä kallonpohjan välillä vrt-suunnassa ja kunkin anatomisen rakenteen paikkapoikkeamapisteisiin piirretyt lineaariset sovituskäyrät.

Kuviossa 26 on esitetty röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien lng-suunnan kohdistusten keskihajonta ja tätä keskihajontaa vastaavan kuvaparin lng-suunnan kaularangan alaosan, alaleuan sekä kallonpohjan paikkapoikkeamat. Kuviosta nähdään, että lng-suunnassa yli kahden millimetrin paikkapoikkeamia ei esiinny kuin alaleuan osalta, joten paikkapoikkeamien ja keskihajonnan yhteyttä kaularangan ja kallonpohjan osalta ei voida tämän aineiston perusteella arvioida. Alaleuan paikkapoikkeamapisteisiin sovitettu lineaarinen käyrä on muodoltaan nouseva. Kuvapareissa, jossa oli lng-suunnan kohdistuksissa suurimmat keskihajonnat (1,8 mm ja 1,6 mm), oli alaleuassa 13 mm ja 7 mm paikkapoikkeamat.



KUVIO 26. Pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten hajonta suhteessa kuvapareissa esiintyviin paikkapoikkeamiin nikaman C1 ja kaularangan alaosan, alaleuan, sekä kallonpohjan välillä lng-suunnassa ja kunkin anatomisen rakenteen paikkapoikkeamapisteisiin piirretyt lineaariset sovitekäyrät.

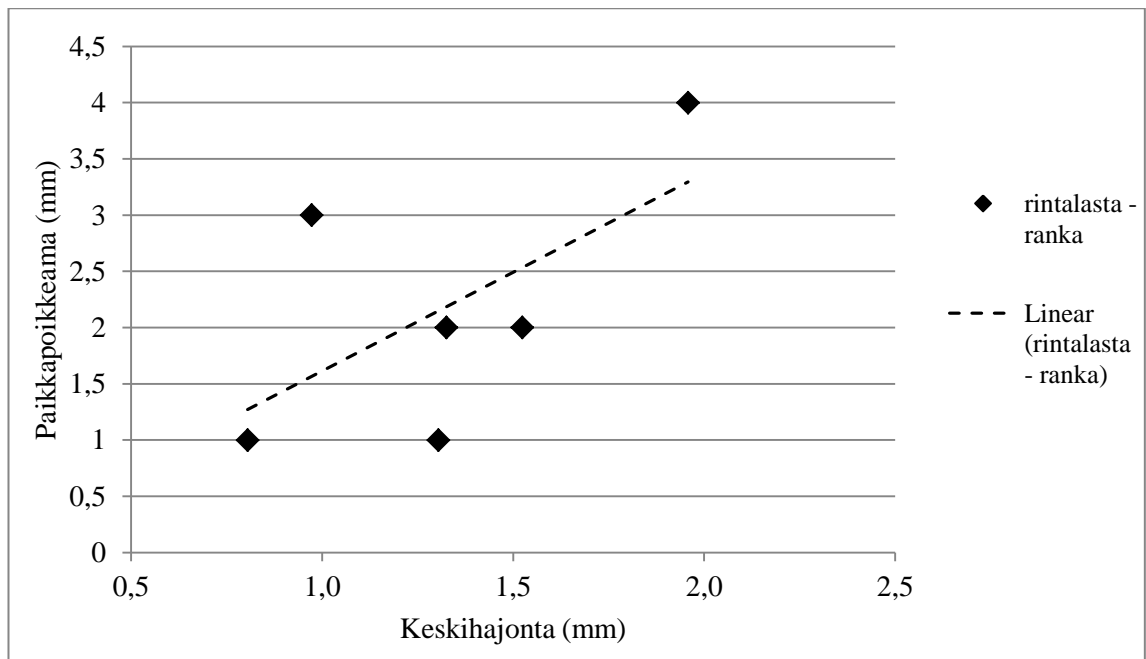
Kuviossa 27 on esitetty röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien lat-suunnan kohdistusten keskihajonta ja tätä keskihajontaa vastaavan kuvaparin kaularangan alaosan, alaleuan sekä kallonpohjan paikkapoikkeamat lat-suunnassa. Kuviosta nähdään, että lat-suunnassa alaleuan ja kallonpohjan paikkapoikkeamat ovat kummallakin alueella ylittäneet yhden millimetrin ainoastaan yhdessä kuvaparissa, joten lineaarisen sovituskäyrän tulkinnan luotettavuus voidaan kyseenalaistaa. Kaularangan paikkapoikkeamapisteisiin sovitettu lineaarinen käyrä on muodoltaan nouseva ja yksittäiset pisteet eivät eroa siitä kovin paljoa. Kuvaparissa, jossa lat-suunnassa ilmeni suurin kohdistusten keskihajonta (2,0 mm), oli suurin kaularangan ja kallonpohjan paikkapoikkeama (7 mm ja 4 mm).



KUVIO 27. Pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten hajonta suhteessa kuvapareissa esiintyviin paikkapoikkeamiin nikaman C1 ja kaularangan alaosan, alaleuan, sekä kallonpohjan välillä lat-suunnassa ja kunkin anatomisen rakenteen paikkapoikkeamapisteisiin piirretyt lineaariset sovitekäyrät.

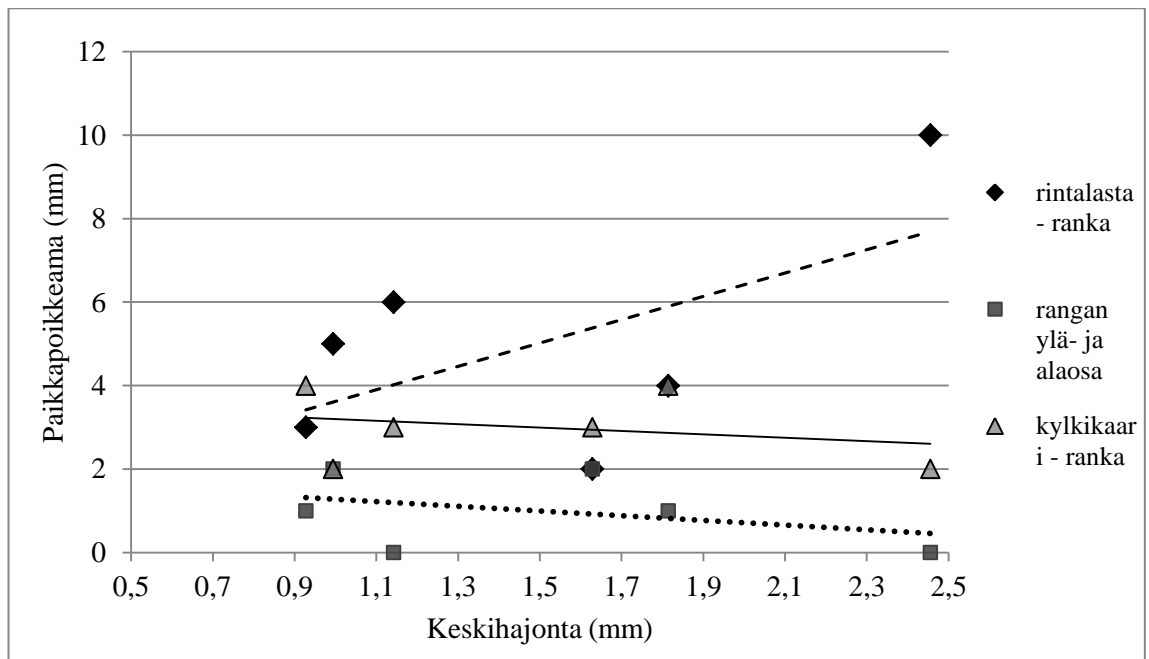
5.4.2 Rinnan alueen kuvaparien ominaisuudet ja kohdistusten hajonta

Kuviossa 28 on esitetty röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen kuvaparien vrt-suunnan kohdistusten keskihajonta x-akselilla ja tätä keskihajontaa vastaavan kuvaparin vrt-suunnan paikkapoikkeamat y-akselilla. Vrt-suunnassa paikkapoikkeamat on määritetty ainoastaan rintalastan ja rangan välille. Kuviosta nähdään, että lineaarinen sovituskäyrä on nouseva. Kuvaparissa, jonka vrt-suunnan kohdistuksessa esiintyi suurin keskihajonta (2,0 mm), on suurin vrt-suuntainen paikkapoikkeama (4 mm).



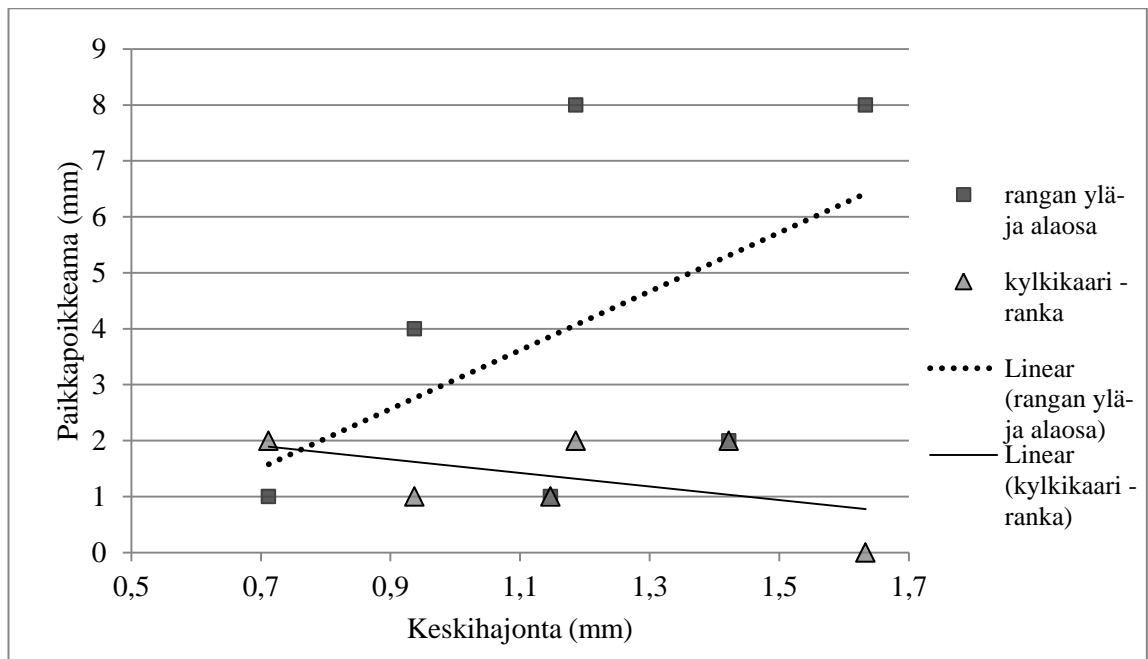
KUVIO 28. Rinnan alueen kuvaparien kohdistusten hajonta suhteessa kuvapareissa esiintyviin paikkapoikkeamiin rintalasten ja rintarangan välillä vrt-suunnassa ja paikkapoikkeamapisteisiin piirretty lineaarinen sovitekäyrä.

Kuviossa 29 on esitetty röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen kuvaparien lng-suunnan kohdistusten keskihajonta ja tätä keskihajontaa vastaavan kuvaparin lng-suunnan paikkapoikkeamat rintalastan ja rangan, rangan ylä- ja alaosan sekä kylkikaaren ja rangan välillä. Keskihajonnassa ei ole mukana kahta kohdistuksissa esiintynyttä karkeaa virhettä. Rintalastan ja rangan välistä paikkapoikkeamaa kuvaaviin pisteisiin sovitettu lineaarinen käyrä on muodoltaan nouseva. Muiden alueiden paikkapoikkeamat eivät lng-suunnassa poikkea toisistaan eri kuvapareissa yli 2 mm ja niitä kuvaava lineaarinen sovitussuora ei juuri nouse tai laske. Kuvaparissa, jonka kohdistuksissa esiintyi suurin keskihajonta (2,5 mm), paikkapoikkeama rintalastan ja rangan välillä lng-suunnassa oli 10 mm, kylkikaaren ja rangan välillä 2 mm ja rangan ylä- ja alaosan välillä 0 mm.



KUVIO 29. Rinnan alueen kuvaparien kohdistusten hajonta suhteessa kuvapareissa esiintyviin paikkapoikkeamiin rintalasten ja rintarangan, rangan ylä- ja alaosan, sekä kylkikaaren ja rangan välillä lng-suunnassa ja paikkapoikkeamapisteisiin piirretyt lineaariset sovitekäyrät.

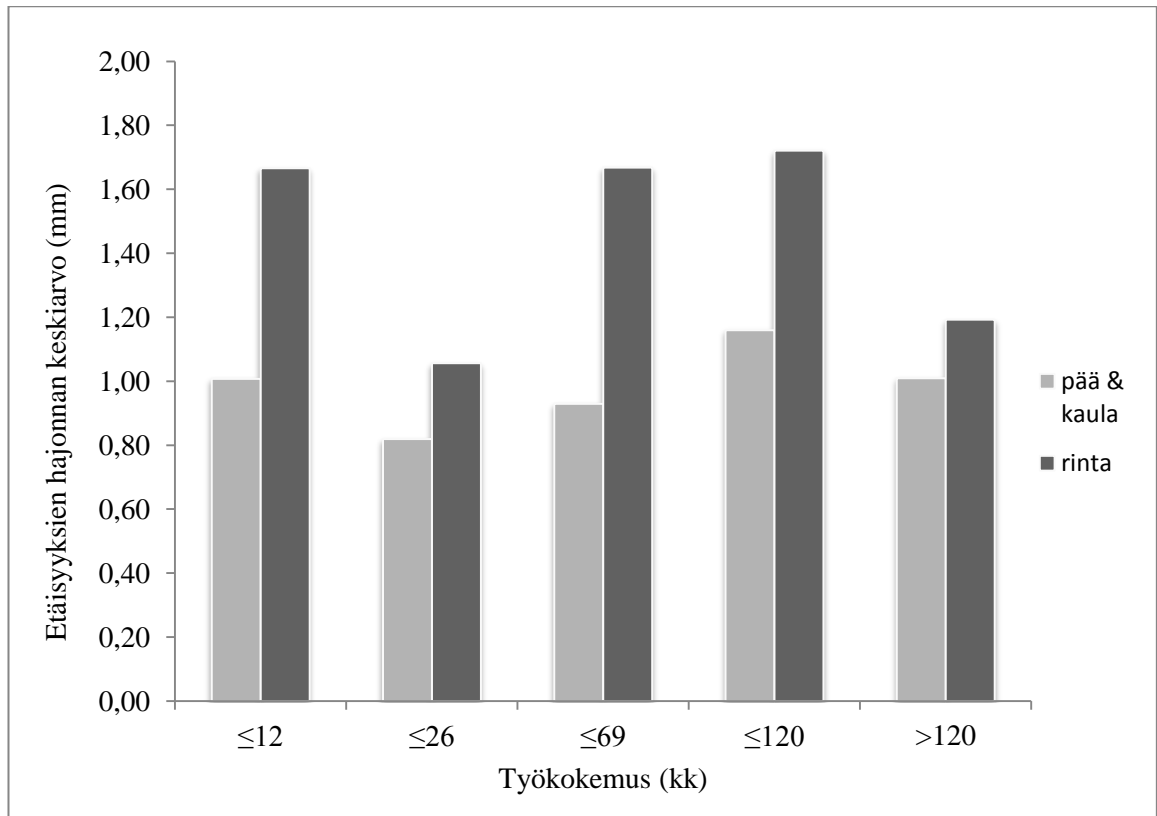
Kuviossa 30 on esitetty röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen kuvaparien lat-suunnan kohdistusten keskihajonta ja tätä keskihajontaa vastaavan kuvaparin lat-suunnan paikkapoikkeamat. Lat-suunnassa paikkapoikkeamat on määritelty rangan ylä- ja alaosan välille ja kylkikaaren ja rangan välille. Kylkikaaren ja rangan väliset paikkapoikkeamat ovat korkeintaan 2 mm suuruisia, joten niiden perusteella ei yhteyttä voida analysoida. Rangan ylä- ja alaosan välisten paikkapoikkeamien arvoihin sovitettu lineaarinen käyrä on muodoltaan nouseva. Kuvaparien, joissa oli suurin paikkapoikkeama (8 mm) rangan ylä- ja alaosan välillä, kohdistusten keskihajonnat olivat 1,6 mm ja 1,2 mm, eli suurin ja kolmanneksi suurin keskihajonta. Toiseksi suurinta kohdistusten keskihajontaa (1,4 mm) vastaa rangan ylä- ja alaosan välinen paikkapoikkeama 2 mm.



KUVIO 30. Rinnan alueen kuvaparien kohdistusten hajonta suhteessa kuvapareissa esiintyviin paikkapoikkeamiin rangan ylä- ja alaosan sekä kylkikaaren ja rangan välillä lat-suunnassa ja paikkapoikkeamapisteisiin piirretyt lineaariset sovitekäyrät.

5.5 Työkokemuksen vaikutus röntgenhoitajien tekemien konekuvien kohdistusten hajontaan

Työkokemuksen vaikutusta kohdistusten hajontaan arvioitiin ainoastaan röntgenhoitajien osalta, sillä sädehoitolääkäreiltä ei kysytty taustatietona sädehoidon työkokemusta. Kuviossa 31 on esitetty työkokemusryhmittäin keskiarvo hajonnoista kohdistusten etäisyydessä suhteessa kaikkien röntgenhoitajien tekemien kohdistusten etäisyyksien keskiarvoon. Kuviossa yksi pylväs vastaa työkokemusryhmään kuuluvien yksilöiden kaavalla (3) laskettujen henkilökohtaisten hajontojen $s_{hlö}$ keskiarvoa. Kuviossa esitetyt työkokemusryhmät on jaettu siten, että jokaiseen ryhmään kuuluu yhtä suuri osa (20 %) testihenkilöistä. Hajonta sekä pään ja kaulan alueen, että rinnan alueen kuvaparien kohdistuksessa on esitetty samassa kuviossa. Kuvioista nähdään, että työkokemusryhmien välillä esiintyy vain pientä vaihtelua. Pienin hajonnan keskiarvo (pään ja kaulan alueen kuvapareissa 0,8 mm ja rinnan alueen kuvapareissa 1,1 mm) oli työkokemusryhmässä 13–26 kk ja suurin hajonnan keskiarvo (pään ja kaulan alueen kuvapareissa 1,2 ja rinnan alueen kuvapareissa 1,7) ryhmässä 70–120 kk.



KUVIO 31. Röntgenhoitajien tekemien kuvaparien kohdistusten etäisyyksien hajonnan keskiarvo työkokemusryhmittäin.

Sädehoidon työkokemuksen ja kaavalla (2) kullekin testihenkilölle laskettujen kohdistusten etäisyyksien välille laskettiin myös korrelaatiokerroin. Röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvien kohdistusten hajonnan ja työkokemuksen korrelaatiokertoimeksi saatiin 0,23 ja rinnan alueen kuvaparien kohdistusten hajonnan ja työkokemuksen korrelaatiokertoimeksi -0,03.

6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa tietoa sädehoidon konekuvien kohdistamisesta Taysin sädehoitoyksikössä ja tarkoituksena oli selvittää miten sädehoidon konekuvia kohdistetaan. Opinnäytetyössä tutkittiin hajontaa konekuvien kohdistamisessa pään ja kaulan alueen ja säästävästi leikatun rinnan alueen sädehoidoissa konekuvien kohdistusta työkseen tekevien tai siitä vastuussa olevien röntgenhoitajien ja sädehoitolääkäreiden joukossa. Lisäksi röntgenhoitajien osalta tutkittiin yhteyttä konekuvien ominaisuuksien ja kohdistusten hajonnan välillä, sekä sädehoidon työkokemuksen vaikutusta konekuvien kohdistusten hajontaan.

6.1 Hajonta sädehoidon konekuvien kohdistamisessa

Tässä kappaleessa pohditaan tulosten perusteella vastausta tutkimusongelmaan ”millaista hajontaa sädehoidon konekuvien kohdistamisessa esiintyy pään ja kaulan alueen ja säästävästi leikatun rinnan sädehoidoissa?” Lähemmin hajontaan mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä on tarkasteltu sellaisten kuvaparien osalta, joissa esiintyi suurempaa systemaattista tai satunnaista virhettä ja pyrittiin löytämään hajontaan mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Tulosten tarkastelu on jaettu ammatti- ja hoitokohderyhmittäin.

6.1.1 Röntgenhoitajien tekemät pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistukset

Röntgenhoitajien tekemissä pään ja kaulan alueen kone- ja referenssikuvien kohdistuksissa kohdistusten satunnaista virhettä kuvaavan keskihajonnan keskiarvo kaikkien kuvaparien osalta oli 1,2 mm. Tämä näyttäisi olevan samassa suuruusluokassa kuin pään ja kaulan alueen kuvien kohdistusten hajonta Pisanin ym. (2000), Devereuxin ym. (2011) ja Courtin ym. (2007) tutkimuksissa, joissa keskihajonnat tai keskihajontojen keskiarvot olivat välillä 0,5–1,9 mm. Näissä tutkimuksissa suurin keskihajonta oli esiintynyt lateraalisuunnassa, mutta tässä opinnäytetyössä sellaista ei havaittu, vaan keskihajonnoista laskettu keskiarvo oli lähes samansuuruinen kaikissa suunnissa (taulukko 6).

Systemaattista virhettä, eli röntgenhoitajien tekemien kohdistusten keskiarvon eroa asiantuntijaryhmän referenssikohdistuksesta, esiintyi 0,1 millimetristä 2,4 millimetriin

vaihtelevasti eri suunnissa (kuvio 6). Mihinkään tiettyyn suuntaan esiintyvää kohdistusten systemaattisuutta näiden kuvaparien keskuudessa ei kuitenkaan tullut esiin, sillä jokaisessa suunnassa kaikkien kuvaparien keskimääräinen kohdistus oli 0 (mediaani), eli sama kuin referenssikohdistus, ja kohdistusten keskiarvo poikkesi 0,1–0,5 mm referenssitasosta.

Pään ja kaulan alueella kohdistuksissa esiintynyt suurin vaihteluväli oli 9 mm kuvaparissa 6 lateraalisuunnassa (kuvio 9). Kaikissa kuvissa, kaikissa suunnissa kuitenkin keskikvartiiliväli, eli väli jolle keskimääräiset 50 % kaikista kohdistuksista osui, oli korkeintaan 3 mm. Suurimmassa osassa pään ja kaulan alueen kuvista tyypillisin (moodi) ja keskimääräinen (mediaani) kohdistus poikkesi korkeintaan 1 mm referenssikohdistuksesta. Näyttäisi siis siltä, että useimpien kuvaparien kohdistuksissa röntgenhoitajat olivat tyypillisesti käyttäneet samoja anatomisia maamerkkejä kuin asiantuntijaryhmä. Joitakin suurempiakin eroja röntgenhoitajien tekemien keskimääräisen (mediaani) ja tyypillisen (moodi) kohdistuksen ja referenssikohdistuksen välillä kuitenkin havaittiin (taulukko 7).

Vrt-suunnassa röntgenhoitajien tekemien kohdistusten suurin keskimääräinen poikkeama referenssikohdistuksesta (mediaani 3 mm), suurin vaihteluväli (8 mm) ja suurin keskiahajonta (2,2 mm) esiintyivät kuvaparissa 5 (kuvio 6, kuvio 7). Keskimääräinen kohdistus (mediaani) oli vrt-suunnassa -3 mm ja vaihteluväli sijoittuu kohdistusten -4 mm ja 4 mm välille. Taulukosta 4 nähdään, että kuvaparissa 5 on vrt-suunnassa 7 mm paikkapoikkeama nikamien C1 ja C5–7 välillä ja koko kaularanka kuuluu kohdealueeseen. Taulukosta 9 nähdään, että vrt-suunnan kohdistus 3 mm vastaisi kohdistusta nikamaan C1 ja kohdistus -4 mm nikamiin C5–C7. Asiantuntijaryhmä (referenssikohdistus 0 mm) on siis kohdistanut kuvaparin 5 vrt-suunnassa kaularangan ylä- ja alaosan kompromissiin, kun taas röntgenhoitajien tekemä keskimääräinen (mediaani) ja tyypillinen kohdistus (-3 mm) on painottanut enemmän kaularangan alaosaan, kohdistusten vaihtelun kattaessa kuitenkin kaikki kaularangan nikamat. Lisäksi kuvaparin 5 vrt-suunnassa sekä alaleuan, että kallonpohjan paikkapoikkeama (taulukko 4) ohjaisivat vrt-suunnan kohdistukseen 4–6 mm (taulukko 9), mahdollisesti vaikuttaen myös suureen vaihteluväliin ja keskiahajontaan, eli satunnaiseen virheeseen. Vastaavan suuntaisia päätelmiä voi tehdä kuvaparin 4 osalta, jossa keskimääräinen (mediaani) kohdistus oli -2 mm, vaihteluväli 6 mm ja kaularangan ylä- ja alaosan välinen paikkapoikkeama 9 mm (kuvio 7 ja taulukko 4). Taulukon 9 tietojen perusteella näyttäisi siltä, että kuvaparissa 4

asiantuntijaryhmä olisi painottanut kohdistuksessaan kaularangan yläosaa, röntgenhoitajien tekemien kohdistusten mediaanin vastatessa kompromissia kaularangan ylä- ja alaosan välillä.

Lng-suunnassa kohdistusten suurin vaihteluväli (8 mm) ja keskihajonta (1,8 mm) esiintyivät kuvaparissa 6, suurin keskimääräinen poikkeama (mediaani -2 mm) taas oli kuvaparissa 5, missä myös vaihteluväli (7 mm) ja keskihajonta (1,6 mm) olivat melko suuret (kuvio 5, kuvio 8). Lng-suunnassa sekä kuvaparissa 6, että kuvaparissa 5 erityisesti alaleuassa esiintyy todella suurta paikkapoikkeamaa (13 mm ja 7 mm, tässä järjestyksessä) C1-nikamaan verrattuna. Molemmissa kuvapareissa alaleuka kuuluu hoitoalueeseen, mikä on saattanut johtaa siihen, että myös leuan asento on haluttu huomioida kohdistuksessa. Muita mahdollisia tekijöitä suurimpien kohdistusten vaihteluiden aiheuttajaksi lng-suunnassa ei voida tämän aineiston perusteella havaita.

Lat-suunnassa kohdistusten suurin vaihteluväli (9 mm) ja keskihajonta (2,0 mm) olivat kuvaparissa 6 (kuvio 5, kuvio 9). Taulukosta 4 nähdään, että kuvaparissa 6 kaularangan ylä- ja alaosan välillä on lateraalisuunnassa 7 mm paikkapoikkeama. Kuvaparissa 6 kohdistukset vaihtelevat lateraalisuunnassa välillä -3 mm ja 6 mm. Taulukosta 9 nähdään, että kuvaparin 6 lateraalisuunnan kohdistus -4 mm vastaa kohdistusta nikamaan C1 ja 3 mm kohdistusta nikamiin C5–C7. Asiantuntijaryhmä on siis kohdistanut kuvaparin rangan ylä- ja alaosan väliseen kompromissiin (0 mm) ja röntgenhoitajien tekemät kohdistukset asettuvat tästä molempiin suuntiin, tyypillisen kohdistuksen (taulukko 7) vastatessa kuitenkin referenssikohdistusta. Kaularangan suurilla paikkapoikkeamilla näyttäisi kuitenkin olevan vaikutusta hajontaan, sillä kohdistuksia on tehty kaikkiin osiin kaularankaa. Lateraalisuunnassa kohdistusten suurin keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssikohdistuksesta (2 mm) oli kuvapareissa 2 ja 4 (kuvio 9). Näille syyksi voisi löytää sen, että röntgenhoitajien tekemissä kohdistuksissa on kaularangan ala- tai keskiosalle annettu enemmän painoa, kuin asiantuntijaryhmän tekemissä kohdistuksissa, joissa taas kohdistus on tehty lähinnä nikaman C1-mukaan.

Tulosten valossa voisi sanoa, että tyypillisesti röntgenhoitajat ovat kohdistaneet pään ja kaulan alueen kuvia sädehoitoyksikön ohjeistusta anatomisesti alempana sijaitsevien rakenteiden mukaan, asiantuntijaryhmä taas ohjeistusta ylempänä sijaitsevien rakenteiden mukaan. Ohjeistuksen mukaan pään ja kaulan alueen kuvaparit tulisi kohdistaa PTV:n keskikohdan tasolla olevan, mutta ei kuitenkaan C3:a alemman nikaman mu-

kaan. Kuitenkin hajontaa kohdistuksissa esiintyi, eli näyttäisi siltä, että osa röntgenhoitajista on noudattanut kohdistusohjetta, mutta osa ei. On huomioitava, että kohdistusohjeet olivat testitilanteiden aikaan uudet, joten niitä ei ehkä ollut vielä sisäistetty. Kohdistusten etäisyydestä referenssikohdistuksesta (kuviot 10) nähdään, että kohdistuksissa esiintyneet eroavaisuudet vaikuttavat merkittävästi hoidon osuvuuteen, sillä kohdistajien valitseman kohdistuksen ja referenssikohdistuksen etäisyyksien keskiarvo oli 2,8 mm pään ja kaulan alueen kuvissa.

6.1.2 Röntgenhoitajien tekemät rinnan alueen kuvaparien kohdistukset

Röntgenhoitajien tekemissä rinnan alueen ortogonaalisten kone- ja referenssikuvien kohdistuksissa keskihajonnan keskiarvo kaikkien kuvaparien osalta oli 1,2 mm, ilman karkeita virheitä. Aikaisempia vertailukelpoisia tutkimuksia hajonnasta rinnan alueen konekuvien kohdistuksessa ei löytynyt, mutta muiden alueiden konekuvien kohdistuksessa keskihajonta on aikaisemmissa tutkimuksissa ollut noin 0,5–3 mm (kts. kappale 2.3.5). Tässä opinnäytetyössä tehdyssä tutkimuksessa rinnan alueen konekuvien kohdistuksissa suurin keskihajonnan keskiarvo (1,5 mm) esiintyi lng-suunnassa (taulukko 6).

Systemaattista virhettä, eli röntgenhoitajien tekemien kohdistusten keskiarvon eroa asiantuntijaryhmän referenssikohdistuksesta, esiintyi 0 millimetristä 4,4 millimetriin ilman karkeiden virheiden vaikutusta (kuviot 12). Systemaattisen virheen suunta vaihteli eri kuvapareissa ja eri suunnissa, mutta kuten pään ja kaulan alueen kuvaparienkin kohdalla, mihinkään tiettyyn suuntaan esiintyvää kohdistusten systemaattisuutta ei näiden kuvaparien keskuudessa tullut esiin. Tämä nähdään siitä, että kaikkien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien keskimääräinen kohdistus kaikissa suunnissa oli 0 (mediaani), eli sama kuin referenssikohdistus.

Vrt-suunnassa röntgenhoitajien tekemien ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten suurin keskihajonta (2,0 mm) ja vaihteluväli (7 mm) esiintyivät kuvaparissa 2 (kuviot 11, kuviot 13). Lähes yhtä suuri, eli 6 mm vaihteluväli oli kuvapareissa 3, 4 ja 6. Vrt-suunnassa suurin paikkapoikkeama (4 mm) rintalastan ja selkärangan välillä oli kuvaparissa 2 (taulukko 5). Kuvapareissa 3, 4 ja 6 rintalastan ja selkärangan välinen paikkapoikkeama oli 1–2 mm. Paikkapoikkeama ei siis näytä selittävän täysin vrt-suunnan vaihteluvälejä. Voidaankin miettiä, vaikuttaisiko kohdistusten vaihtelu esimerkiksi sa-

masta kuvasta katsottavassa lng-suunnassa kohdistusten hajontaan myös vrt-suunnassa. Kohdistusten keskimääräinen (mediaani) tai tyypillinen (moodi) poikkeama vrt-suunnassa ei ylitä 1 mm (kuvio 13, taulukko 8), eli näyttäisi siltä, että tyypillisesti röntgenhoitajat kohdistivat kuvia vrt-suunnassa kuitenkin saman anatomisen rakenteen perusteella kuin asiantuntijaryhmä.

Lng-suunnassa röntgenhoitajien tekemien ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten suurin keskimääräinen poikkeama referenssikohdistuksesta (mediaani 5 mm), suurin vaihteluväli (11 mm), ja suurin keskihajonta (2,5 mm) esiintyivät kuvaparissa 2 (kuvio 11, kuvio 14). Vaihteluväli sijoittui välille -2 mm ja 9 mm. Kuvaparin 2 kohdistuksissa ilmeni myös kaksi karkeaa virhettä, joissa kuvat oli kohdistettu väärän nikaman perusteella. Taulukoista 5 ja 10 nähdään, että kuvaparissa 2 on lng-suunnassa 10 mm paikka-poikkeama rintalastan ja rangan välillä siten, että kohdistus -5 mm vastaa kohdistusta rintalastan yläosaan ja 5 mm nikamiin PTV:n keskitasolla. Asiantuntijaryhmän tekemä kohdistus (0 mm) vastaa siis kohdistusta näiden rakenteiden kompromissiin, kun taas röntgenhoitajien tekemä keskimääräinen (mediaani) ja tyypillinen (moodi) kohdistus (5 mm) vastaa kohdistusta nikamiin. Tästä voidaan päätellä, että huolimatta uudesta, juuri ennen testejä annetusta kohdistusohjeesta, jonka mukaan rinnan alueen kuvien kohdistuksessa pitäisi tehdä kompromissi rintalastan ja rangan välillä, röntgenhoitajat ovat tyypillisesti, ehkä vanhasta tottumuksesta, painottaneet rangan merkitystä kohdistuksessaan. Osa röntgenhoitajista on tehnyt kohdistuksen taas enemmän rintalastan mukaan. Suuri hajonta kohdistuksissa saattaisi siis olla seurausta siitä, että testikohdistukset on tehty juuri silloin, kun kohdistuskäytännöissä tapahtui merkittäviä muutoksia. Kuvapari 2 on saattanut olla suuren paikkapoikkeaman lisäksi muutoinkin hankala katsoa, koska se oli ainoa kuvapari, jonka kohdistuksessa selkeästi ilmeni karkeita virheitä. Tätä oletusta tukee myös testitilanteessa kerätty tieto, jonka mukaan toinen karkean virheen tehneistä kohdistajista oli kokenut kuvaparin kohdistuksen vaikeaksi, eikä ollut varma kohdistuksensa oikeellisuudesta. Lng-suunnassa muissa kuvapareissa kohdistusten keskihajonnat olivat kuvapariin 2 verrattuna pienehköt (0,9–1,8 mm) samoin kuin kohdistusten keskimääräiset (mediaani) poikkeamat (0–2 mm).

Lateraalisuunnassa röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistusten keskihajonnan keskiarvo oli eri suunnista pienin (1,2 mm, taulukko 6). Suurin kohdistusten keskihajonta (1,6 mm) ja vaihteluväli (8 mm) lateraalisuunnassa oli kuvaparissa 6 (kuvio 15). Kohdistukset vaihtelivat välillä -4 mm ja 4 mm. Keskikvartii-

liväli kuvaparissa 6 oli kuitenkin vain 1 mm ja keskimääräinen (mediaani) kohdistus -1 mm. Taulukosta 5 nähdään, että kuvaparissa 6 esiintyy rangan ylä- ja alaosan välillä 8 mm paikkapoikkeama lateraalisuunnassa. Lat-suunnan kohdistus -3 mm vastaa kohdistusta nikamiin TH6–9 ja 5 mm kohdistusta nikamiin C6–7 (taulukko 10). Tällä voisi olla yhteys kuvaparin 6 kohdistusten vaihteluväliin. Toisaalta myös kuvaparissa 4 on 8 mm paikkapoikkeama rangan ylä- ja alaosan välillä, mutta kohdistusten vaihteluväli ainoastaan 5 mm. Kuvaparissa 6 asiantuntijaryhmän tekemä kohdistus lateraalisuunnassa vastaa kohdistusta nikamaan PTV:n keskitasolla. Kuviosta 15 nähtävä pieni kohdistusten keskikvartiiliväli välillä -1 mm ja 0 mm voisi kertoa siitä, että suurin osa röntgenhoitajien tekemistä kohdistuksista on kuitenkin tehty tämän saman anatomisen rakenteen perusteella.

Lateraalisuunnassa kohdistusten suurin keskimääräinen poikkeama referenssistä (mediaani -2 mm) ja systemaattinen virhe (-1,3 mm) taas ilmenivät kuvaparissa 5, keskihajonnan ollessa 1,4 mm ja vaihteluvälin 7 mm (kuviot 11, 12 ja 15). Taulukosta 5 nähdään, että kuvaparissa 5 ei esiinny kovin suuria paikkapoikkeamia lateraalisuunnassa, suurimman kuville määritetyn paikkapoikkeaman ollessa 4 mm kaularangan alaosan ja kylkikaaren välillä. Rangan eri osien välillä paikkapoikkeama on suurimmillaan 2 mm ja asiantuntijaryhmä on tehnyt lateraalisuunnan kohdistuksen rangan ylä- ja alaosan kompromissiin. Röntgenhoitajien tekemien kohdistusten keskimääräinen (mediaani) poikkeama ja systemaattinen virhe vastaavat kohdistusta -1,3–2 mm, kun taas kohdistus kylkikaareen olisi -3 mm (taulukko 10). Kohdistuksissa on siis mahdollisesti huomioitu kylkikaari, kuten sädehoitoyksikön konekuvausohjeistus (Taysin sädehoitoyksikkö 2013a) neuvoo.

Tulosten valossa näyttäisi siltä, että rinnan alueen ortogonaalisissa kuvapareissa esiintyvät rintalastan ja rangan väliset paikkapoikkeamat vaikuttavat röntgenhoitajien tekemien konekuvien kohdistusten hajontaan, joten näiden paikkapoikkeamien osalta kohdistusohjeistus ei ehkä testien aikaan ole ollut vielä riittävän selkeä. Kohdistusten etäisyydestä referenssipisteestä (kuvio 16) nähdään, että kohdistuksissa esiintyneestä hajonnasta ja yhdestä selvästi hankalasti kohdistettavasta kuvaparista (kuvapari 2) huolimatta suurimmassa osa kohdistuksista etäisyys referenssipisteestä oli korkeintaan 3 mm rinnan alueen kuvissa.

Viistokuvien kohdistusten hajonnasta ei tässä opinnäytetyössä tehdä tarkempia johtopäätöksiä. Rinnan alueen sädehoitojen viistokuvaukset oli otettu käyttöön juuri ennen testitilanteiden järjestämistä, joten monilla hoitajista ei ollut niiden kohdistamisesta juuri lainkaan kokemusta. Vrt- ja lat-suunnassa hajonnan suuruutta ei voi verrata ortogonaalisten kuvien tai viistokuvien lng-suunnan hajontaan, eikä myöskään aikaisemmista tutkimuksista löydy näille vertailukohtia, joten tässä työssä ne jätetään käsittelemättä. Viistokuvien lng-suunnan kohdistukset kuvaavat todellisia siirroksia ja niiden keskihajonnan keskiarvoksi saatiin 1,9 mm röntgenhoitajien tekemissä kohdistuksissa (taulukko 6) Ainoa järkevä vertailukohta saadulle keskihajonnalle on rinnan alueen ortogonaalisten kuvien lng-suuntaisten kohdistusten keskihajonnat joiden keskiarvo ilman karkeita virheitä oli 1,5. Kuviosta 11 ja 12 nähdään, että yksittäisten kuvien, erityisesti kuvapari 5 kohdalla, esiintyi muista poikkeavan suurta systemaattista ja satunnaista virhettä. Muutoin röntgenhoitajien tekemät viistokuvien kohdistukset olivat varsin yhteneviä.

6.1.3 Sädehoitolääkärien tekemät pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistukset

Pään ja kaulan alueen kuvia kohdisti 8 sädehoitolääkärinä. Kohdistettavia kuvapareja oli kolme. Koska sekä kohdistajien, että kuvaparien määrä oli näin vähäinen, on saatuihin tuloksiin ja niiden yleistämiseen suhtauduttava varauksella, koska jo yksi vastaus tai yksi kuvapari voi vaikuttaa kokonaisuuteen. Satunnaista virhettä kuvaava keskihajonnan keskiarvo sädehoitolääkärien tekemissä pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistuksissa oli 1,3 mm, mikä näyttäisi olevan samaa suuruusluokkaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa saadut 0,5–1,9 mm keskihajonnat (kts. kappale 2.3.5). Kuviosta 18 nähdään, että systemaattisen virheen suuruus vaihteli 0,5 mm ja 2,1 mm välillä, eli joidenkin kuvaparien osalta kohdistuksissa oli myös selkeää systemaattista eroa asiantuntijaryhmän tekemään kohdistukseen nähden.

Vrt-suunnassa sädehoitolääkärien tekemien kohdistusten keskihajonta kuvapareissa 1 ja 6 oli alle 1 mm, mutta kuvaparissa 4 keskihajonta oli 2,2 mm, vaihteluväli 7 mm kohdistusten -5 mm ja 2 mm välillä, sekä keskikvartiiliväli 3,3 mm (kuvio 17, kuvio 19). Lisäksi kuvaparissa 4 kohdistusten keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssitasosta oli 2,5 mm vastaten kohdistusta -2,5 mm ja systemaattinen virhe -1,6 mm (kuvio 18, kuvio 19). Taulukoista 4 ja 9 nähdään, että kuvaparissa 4 esiintyy 9 mm paikka-

poikkeama rangan ylä- ja alaosan välillä ja jopa 11 mm paikkapoikkeama rangan alaosan ja alaleuan välillä vrt-suunnassa. Näillä paikkapoikkeamilla saattaa olla yhteys kohdistuksissa esiintyneeseen hajontaan. Systemaattisen virheen taustalla taas saattaa olla se, että asiantuntijaryhmä on kohdistuksessaan painottanut enemmän kaularangan yläosaa, alaleukaa ja kallonpohjaa, kun taas sädehoitolääkäreiden tekemä keskimääräinen (mediaani) kohdistus vastaa kaularangan ylä- ja alaosan kompromissia.

Ing-suunnassa sädehoitolääkärien tekemien kohdistusten keskihajonta eri kuvapareissa on 0,5–1,2 mm (kuvio 17) ja vaihteluväli 1–4 mm (kuvio 19), eli satunnaisten virheiden voidaan sanoa olevan suhteellisen pientä. Kaikissa kuvapareissa myös kohdistusten systemaattinen virhe on alle 1 mm (kuvio 18). Kohdistetuissa kuvapareissa ei tosin esiinny Ing-suunnassa suuria paikkapoikkeamiaakaan (taulukko 4), lukuun ottamatta kuvaparin 6 alaleuan 13 mm paikkapoikkeamaa C1-nikamaan nähden. Sillä ei kuitenkaan näytä olleen suurta vaikutusta kohdistuksen valintaan.

Lat-suunnassa sädehoitolääkärien tekemien kohdistusten keskihajonta oli 1,2–2,5 mm (kuvio 17), vaihteluväli 4–7 mm ja keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssi-kohdistuksesta 1,5–2,5 mm (kuvio 19). Suurin kohdistusten vaihteluväli (7 mm) oli kuvaparissa 1, mutta paikkapoikkeamatietojen (taulukko 4) perusteella tähän ei ole löydettävissä syytä. Kuvaparin 1 kohdistusten keskikvartiiliväli oli kuitenkin vain 1,2 mm kohdistusten sijoittuessa kaularangan ylä- ja alaosan väliseen kompromissiin, joten suurin osa kohdistajista oli siis varsin yksimielisiä. Kuvaparissa 6 kohdistusten keskihajonta oli 2,5 mm, vaihteluväli 6 mm ja keskikvartiiliväli 3 mm (kuvio 17, kuvio 19). Taulukosta 4 nähdään, että tässä kuvaparissa lat-suunnassa rangan ylä- ja alaosan välillä on 7 mm paikkapoikkeama, mikä saattaa vaikuttaa hajontaan. Kuvaparissa 6 lat-suunnassa sädehoitolääkärien tekemä keskimääräinen (mediaani) kohdistus oli -2,5 mm. Tässä kuvaparissa asiantuntijaryhmä on tehnyt kohdistuksen rangan ylä- ja alaosan kompromissiin, kun taas keskimääräisessä (mediaani) kohdistuksessa painottuu enemmän rangan yläosa (taulukko 9).

Sädehoitolääkärien tekemisissä pään ja kaulan alueen kuvien kohdistuksissa esiintyy erityisesti lateraali- ja vertikaalisuunnassa sekä satunnaista, että systemaattista virhettä. Tämä merkitsee sitä, että niin sädehoitolääkäreiden keskuudessa kuin asiantuntijaryhmään verrattunakin kohdistusten suhteen esiintyy näkemyseroja. Tämä voidaan havaita myös kohdistusten etäisyyksistä referenssitasosta (kuvio 20).

6.1.4 Sädehoitolääkärien tekemät rinnan alueen kuvaparien kohdistukset

Myös rinnan alueen konekuvia kohdisti 8 sädehoitolääkärää, ja kohdistettavia kuvapareja oli kolme. Systemaattista virhettä kuvaava keskihajonnan keskiarvo sädehoitolääkärien tekemissä rinnan alueen kuvaparien kohdistuksissa oli 1,3 mm, mikä on yhtä suuri kuin sädehoitolääkärien tekemien pään ja kaulan alueen kuvaparien kohdistusten keskihajonnan keskiarvo. Kuvioista 21 nähdään, että systemaattisen virheen suuruus vaihteli 0,1 mm ja 3,4 mm välillä eri kuvapareissa ja eri suunnissa.

Vrt-suunnassa kuvapareissa 1 ja 6 sädehoitolääkärien tekemien kohdistusten keskihajonta on hyvin pientä (kuvio 21), eikä myöskään systemaattista virhettä esiinny (kuvio 22). Kuvaparissa 4 kohdistusten keskihajonta on 1,2 mm ja kohdistukset vaihtelevat välillä -2 mm ja 2 mm (kuvio 23). Keskipartiiliväli on kuitenkin vain 0,5 mm, ja ainoastaan yksi kohdistus poikkeaa ryhmän keskimääräisestä (mediaani) kohdistuksesta yli 1 mm, eli pääosin kohdistusten hajonta on vrt-suunnassa hyvin pientä.

Myös sädehoitolääkäreillä rinnan alueen kuvaparien kohdistusten hajonta oli suurinta lng-suunnassa keskihajonnan vaihdellessa 1,4–2,1 mm (kuvio 21), vaihteluvälien 4–7 mm ja keskipartiilivälien 2–2,5 mm (kuvio 23). Myös kohdistusten keskimääräinen (mediaani) poikkeama referenssikohdistuksesta ja systemaattinen virhe olivat kuvapareissa 1 ja 6 merkittävät (kuvio 23, kuvio 22). Kuvaparissa 1 kohdistukset vaihtelivat lng-suunnassa välillä 0 mm ja 5 mm ja taulukosta 10 nähdään, että sekä rangan ja rintalastan, että rangan ja kylkikaaren välillä on vastaava paikkapoikkeama. Kohdistus 0 mm vastaa kohdistusta rankaan ja 4 mm kohdistusta rintalastan yläosaan ja kylkikaareen. Keskimääräinen sädehoitolääkärien tekemä kuvaparin 1 kohdistus (mediaani 4 mm) vastaa siis kohdistusta rintalastan perusteella, kun taas asiantuntijaryhmä on tehnyt kohdistuksen rangan perusteella. Kuvaparissa 6 kohdistusten vaihteluväli lng-suunnassa oli 7 mm (kuvio 23), ja rangan yläosan nikamien ja rintalastan välinen paikkapoikkeama 5 mm (taulukko 5). Keskimääräinen (mediaani) kohdistus kuvaparissa 6 lng-suunnassa oli -2,5 mm, jonka voisi taulukon 10 tietojen perusteella arvioida olevan lähellä rangan eri osien, rintalastan ja kylkikaaren kompromissia. Asiantuntijaryhmä taas oli kohdistanut kuvaparin 6 rintalastan ja PTV:n keskikohdan tasolla olevan nikaman mukaan, eikä ollut painottanut kylkikaarta tai rangan yläosaa.

Lat-suunnassa kohdistusten keskihajonta vaihteli 1,2 mm ja 1,9 mm välillä (kuvio 21) ja vaihteluväli 4 mm ja 6 mm välillä (kuvio 23). Suurin vaihteluväli oli kuvaparissa 4 sijoituen kohdistusten -3 mm ja 3 mm välille. Taulukosta 5 nähdään, että kuvaparissa 4 rangan ylä- ja alaosan välillä on 8 mm paikkapoikkeama, mikä saattaa vaikuttaa hajontaan. Kuvaparissa 4 kohdistukset poikkesivat referenssikohdistuksesta lat-suunnassa kuitenkin keskimäärin vain 0,5 mm (mediaani) (kuvio 23).

Kuviosta 24 nähdään, että sädehoitolääkärien tekemien rinnan alueen kuvien kohdistusten keskimääräinen (mediaani) etäisyys referenssikohdistuksesta vaihteli 2,2 mm ja 4,5 mm välillä. Kuvaparin 1 mediaanietäisyys 4,5 mm tarkoittaa siis sitä, että puolet kohdistuksista poikkesi vähintään 4,5 mm asiantuntijaryhmän tekemästä kohdistuksesta.

6.2 Konekuvien ominaisuuksien ja kohdistusten hajonnan vertailu

Toinen tutkimusongelma oli ”millaisia ominaisuuksia on konekuvissa, joiden kohdistuksessa esiintyy hajontaa?” Tätä ongelmaa pohdittiin vertaamalla röntgenhoitajien tekemien kone- ja referenssikuvien kohdistusten keskihajontaa, eli satunnaista virhettä, ja vastaavissa kuvapareissa esiintyviä anatomisten rakenteiden paikkapoikkeamia. Paikkapoikkeama on määritelty aiemmin tässä opinnäytetyössä. Johtopäätösten vetämisessä syy-seuraussuhteesta täytyy kuitenkin olla varovainen. Jos yhteys löytyy, siihen voi vaikuttaa myös jokin muu syy, josta ei kerätyssä aineistossa ole tietoa. Aineisto on myös varsin pieni, joten sen perusteella tehdyt päätelmät eivät välttämättä ole luotettavasti yleistettävissä.

Pään ja kaulan alueella kaularangan ylä- ja alaosan välisillä paikkapoikkeamilla ja kohdistusten keskihajonnalla oli selkein yhteys ja se voidaan nähdä sekä vrt- että lat-suunnassa (kuviot 25 ja 27) lineaarisen sovituskäyrän nousevassa muodossa. Lng-suunnassa (kuvio 26) oli huomattavissa mahdollinen yhteys alaleuan ja C1-nikaman välisellä paikkapoikkeamalla ja keskihajonnalla. Lat-suunnassa (kuvio 27) kuvaparissa, jossa oli suurin keskihajonta (2,0 mm), oli myös suurin kallonpohjan paikkapoikkeama (4 mm), johtaen kallonpohjan lukuihin sovitettun käyrän nousevaan muotoon. Ei voida kuitenkaan sanoa, onko kallonpohjan paikkapoikkeamalla ja suurella keskihajonnalla todellista yhteyttä, koska samassa kuvaparissa on myös suurin kaularangan ylä- ja ala-

osan välinen paikkapoikkeama, mikä saattaisi johtaa suureen keskihajontaan kallonpohjan paikkapoikkeamasta riippumatta.

Rinnan alueella paikkapoikkeamien ja hajonnan välinen yhteys ei missään suunnassa ja minkään anatomisten rakenteiden välisen paikkapoikkeaman osalta ole täysin selkeä. Vrt-suunnassa (kuviot 28) sovituskäyrä rintalastan ja rangon välisen paikkapoikkeaman ja keskihajonnan välillä näyttää nousevalta, mutta pisteparvi on hyvin hajanainen. Esimerkiksi kuvaparissa, jossa oli toiseksi pienin keskihajonta (1,0 mm), paikkapoikkeama on ryhmän toiseksi suurin (3 mm). Vastaavasti lng-suunnassa (kuviot 29) rintalastan ja rangon välisen paikkapoikkeaman ja lat-suunnassa (kuviot 30) rangon ylä- ja alaosan välisen paikkapoikkeaman ja kuvien kohdistusten keskihajonnan suuruudella näyttäisi olevan yhteys, mutta kaikkien kuvaparien tapauksessa se ei päde.

6.3 Työkokemuksen vaikutus kohdistusten hajontaan

Tässä luvussa pohditaan vastausta tutkimusongelmaan ”Miten sädehoidon työkokemus vaikuttaa hajontaan konekuvien kohdistamisessa?” Opinnäytetyön tutkimuksen tuloksena oli, että pään ja kaulan alueen kuvien kohdistusten hajonnan ja työkokemuksen korrelaatiokerroin oli 0,23 ja rinnan alueen kuvien kohdistusten hajonnan ja työkokemuksen korrelaatiokerroin oli -0,03. Kumpikin korrelaatiokerroin on pieni (Nummenmaa 2009, 290), joten voidaan sanoa, että kohdistusten hajonnan ja työkokemuksen välillä on hyvin heikko tai ei lainkaan lineaarista riippuvuutta. Tästä voidaan tehdä päätelmä, että tutkittavassa ryhmässä sädehoidon työkokemus ei näytä vaikuttavan hajontaan konekuvien kohdistamisessa, kun tarkastellaan näiden muuttujien lineaarista riippuvuutta.

Tässä tutkimuksessa saatu tulos vahvistaa Devereuxin ym. (2011) tutkimuksen tulosta, jonka mukaan sädehoidon kohdistamiserot aloittelevien ja kokeneiden sädehoitajien välillä eivät olleet kliinisesti merkittäviä. Tulosta voi tulkita siten, että potilaat voivat olla turvallisin mielin huolimatta siitä, miten kokenut sädehoidon röntgenhoitaja heitä hoitaa.

6.4 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuus ja sen objektiivinen arviointi ovat tärkeitä tutkimuksen arvon luomiseksi. Tutkimuksella ei ole juuri arvoa, jos sen luotettavuus on heikko tai luotettavuutta ei ole arvioitu mitenkään. Luotettavuuden arviointiin on olemassa menetelmiä ja määriteltyjä käsitteitä. Tutkimuksen kokonaisluotettavuus muodostuu reliabiliteetista ja validiteetista. Jos molemmat ovat hyviä, kokonaisluotettavuus on hyvä (Vilka 2007, 161–162, 180). Kanasen (2008, 79) mukaan tutkimuksen tarkoituksena on saada mahdollisimman luotettavaa ja totuudenmukaista tietoa ja tätä tutkimuksen luotettavuutta voidaan selvittää arvioimalla tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia. (Vilka 2007, 180.)

Reliaabelius tarkoittaa mittaustulosten toistettavuutta ja tarkkuutta. Tämä tarkoittaa esimerkiksi, että reliaabelissa tutkimuksessa tutkijasta riippumatta saataisiin sama tulos ja tulokset vastaavat todellisuutta. Reliabiliteetin arviointiin on olemassa tilastollisia menetelmiä. Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksessa saatujen tulosten pysyvyyttä eli sitä saadaanko samat tulokset, jos tutkimus toistetaan (Erätuuli ym. 1994, 19; Kananen 2008, 79). Vilkan (2005, 182) mukaan reliabiliteetti tarkoittaa tulosten tarkkuutta eli mittauksen kykyä antaa ei-sattumanvaraisia tuloksia sekä mittaustulosten toistettavuutta. (Erätuuli ym. 1994, 100; Vilka 2007, 161, 182; Hirsjärvi ym. 2009, 231.)

Validius tarkoittaa tutkimusmenetelmän kykyä mitata sitä, mitä tutkimusongelmassa on määritelty. Jos tutkimuksen validiteetissa on ongelma, tutkimuksessa on saatettu mitata jotakin muuta, ja näin tutkimustulokseen muodostuu systemaattinen virhe. Jotta tutkimuksesta tulee validi, täytyy tutkimus suunnitella huolellisesti ja käsitteet, perusjoukko ja muuttujat määritellä tarkasti. Esimerkiksi tietojenkeruulomaketta käytettäessä vastaajien täytyy ymmärtää kysymykset samoin kuin tutkimuksen tekijä. Myös jos otos on valittu huonosti, se ei edusta perusjoukkoa, eikä tutkimuksen tulosta näin ollen voida yleistää perusjoukkoon. (Erätuuli ym. 1994, 19–20; Vilka 2007, 161, 184; Hirsjärvi ym. 2009, 231.)

Opinnäytetyön tutkimuksen kokonaisluotettavuutta voidaan arvioida tutkimuksen validiteettia ja reliabiliteettia tarkastelemalla. Tässä opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen voi toistaa vaikkapa toisessa klinikassa kunhan testiaineiston valinnan ja testitilanteen järjestelyt tekee vastaavalla tavalla kuin tässä tutkimuksessa ja käyttää tutkimuksessa

liitteen 3 tietojenkeruulomaketta testihenkilöiden kohdistusvastausten keräämiseen. Tutkimuksessa järjestettävää testitilannetta esiteltiin testihenkilöllä ennen varsinaisen tutkimuksen järjestämistä, millä varmistettiin testitilanteen toimivuus ja se, että testihenkilö ymmärtää testin vaiheet oikein. Nämä seikat vahvistavat tutkimuksen reliabiliteettia.

Valitulla tutkimusmenetelmällä saatiin vastaukset tutkimusongelmiin ja tutkimuksessa mitattiin juuri niitä asioita, joita tutkimusongelmissa kysyttiin. Testitilanteen järjestäjä sai suullisen ja kirjallisen ohjeistuksen testitilanteen järjestämisestä ja tutkimuksen perusjoukko ja mitattavat muuttujat määriteltiin tarkkaan ennen tutkimusta. Testitilanteen aikana testitilanteen järjestäjä ohjeisti testin suorittajia siitä miten testitilanne etenee ja neuvoi tarvittaessa miten testitilanteessa käytetty Offline Review -ohjelma toimii ja nämä seikat paransivat puolestaan tutkimuksen validiteettia. Tutkimuksen validiteettia paransivat myös tutkimussuunnitelman teko ennen tutkimusluvan saantia ja tutkimussuunnitelmasta saadun palautteen ottaminen tutkimussuunnitelmassa huomioon sekä tutkimuksessa käytettävän teoreettisen viitekehyksen luominen.

Tutkimuksen validiteetin arviointia varten voidaan myös verrata tutkimukseen osallistuneiden röntgenhoitajien ja sädehoitolääkäreiden lukumäärää heidän lukumääräänsä koko tutkittavassa perusjoukossa. Taysin sädehoitoyksikössä konekuvien kohdistamiseen osallistuvia röntgenhoitajia on 40 ja sädehoitolääkäreitä 10–12 kpl ja testitilanteeseen heistä osallistui yhteensä 39 testihenkilöä, joista 30 oli röntgenhoitajia ja 9 sädehoitolääkäreitä. Testitilanteen järjestäjä, sekä toinen sädehoidon röntgenhoitaja, jotka molemmat kuuluivat asiantuntijaryhmään, eivät osallistuneet testiin. Asiantuntijaryhmään, jonka referenssikohdistukseen testihenkilöiden konekuvien kohdistuksia verrataan, osallistui rinnan alueen konekuvien kohdistuksessa 1 sädehoitolääkäri ja pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistuksessa 1 sädehoitolääkäri. Nämä asiantuntijaryhmään osallistuneet sädehoitolääkärit eivät kohdistaneet uudestaan oman alueensa konekuvia, vaan kohdistivat vain toisen alueen konekuvat. Voidaan sanoa, että testihenkilöt edustavat hyvin perusjoukkoa ja testihenkilöiden määrä oli riittävä suhteessa perusjoukon kokoon, jotta tutkimusta voidaan pitää luotettavana.

Tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa tulee huomioida erilaisten virhelähteiden vaikutus luotettavuuteen. On mahdollista, että testitilanteessa vastaajan vastauksien kopiointissa on voinut tapahtua virhe tai että testihenkilö olisi näyttänyt väärän konekuvan

testihenkilölle. On mahdollista, että testivastausten kopioinnissa havaintomatriisiin on voinut tapahtua kopiointivirheitä. Tätä pyrittiin estämään vastausten tarkistamisella. Testitilanteessa Offline review -ohjelmalla suoritettu konekuvien kohdistus poikkeaa jonkin verran ennen sädehoitofraktion antamista tehtävästä ns. online-kohdistuksesta, koska ohjelma on vähän erilainen, mutta ero online-kohdistustilanteeseen on pieni. Normaalisissa online-kohdistustilanteissa konekuvien kohdistustuloksen tarkistaa toinen röntgenhoitaja, mutta tässä testitilanteessa haluttiin tutkia yhden testihenkilön kohdistustulosta kerrallaan.

Joissakin kuvapareissa asiantuntijaryhmä oli kohdistuksessaan ilmeisesti käyttänyt tapauskohtaista kliinistä harkintaa sen sijaan, että olisi tehnyt kohdistuksen kohdistusohjeistuksen mukaisesti. Tämä vaikuttaa näiden kuvaparien osalta tutkimustuloksena saatuun systemaattiseen virheeseen, jonka luotettavuus ei täten ole kiistaton.

6.5 Tutkimuksen eettisyys

Hyvä tutkimusetiikka voidaan suurelta osin yhdistää hyvän tieteellisen käytännön noudattamiseen. Hyvä tieteellinen käytäntö tarkoittaa tiedeyhteisön määrittelemiä yhteisiä pelisääntöjä. Hyvässä tieteellisessä käytännössä käytetään tiedeyhteisön hyväksymiä tiedonhankinta- ja tutkimusmenetelmiä. Esimerkiksi tiedonhankinnassa käytetään luotettavana pidettyä alan kirjallisuutta ja muita asianmukaisia julkaisuja. Tutkimuksessa käytettävät menetelmät, esimerkiksi laboratoriokokeet, täytyy olla todettu luotettaviksi. Tutkimuksen vaiheet tulee kirjoittaa tarkkaan ylös, jotta toinen tutkija voi arvioida tutkimuksen luotettavuutta ja voi halutessaan toistaa tutkimuksen käyttämällä samoja tutkimusmenetelmiä. (Vilka 2007, 29–30; Kananen 2008, 83.)

Ammattikorkeakoulussa tehtävälle tutkimukselle asetetaan eettisiä vaatimuksia lainsäädännön-, koulun- ja tutkimuksen yhteistyötahon puolelta. Tutkimuksen lähtökohtana voidaankin pitää ihmisarvon kunnioittamista. Tutkimuksen aikana tulee tehdä tietoisia ja eettisesti perusteltuja ratkaisuja jo tutkimusaiheen valinnassa, tutkimuksen kohteena olevien henkilöiden kohtelussa ja lisäksi tutkimuksen eri vaiheissa tulee välttää epärehellisyttä. Terveysalalla kannattaa usein olla hienotunteinen tietoja kerätessään ja huomioida alan lainsäädäntö varsinkin, jos käsittelee tutkimuksessaan potilastietoja. Kun tutkimuksen kohteena on ihmisiä, täytyy huomioida, että tutkittavien henkilöiden

on oltava suostuvaisia tutkimukseen. Ketään ei siis saa tutkia ilman suostumusta. Tutkitavalle henkilölle on myös kerrottava tutkimuksesta riittävän tarkasti, jotta hän voi tehdä valistuneen päätöksen siitä haluaako osallistua tutkimukseen. (Hirsjärvi ym. 2009, 23–27.)

Opinnäytetyö tehtiin hyvän tieteellisen tutkimuskäytännön mukaan ja opinnäytetyön teon eri vaiheissa tarkasteltiin tutkimuksen luotettavuutta. Opinnäytetyön tulokset pyrittiin esittämään objektiivisesti. Opinnäytetyön tekijät saivat Tampereen yliopistollisen sairaalan tiedekeskukselta opinnäytetyölle tutkimusluvan 26.3.2013. Opinnäytetyötä tehdessä huolehdittiin tarkasti potilastietojen salassapidosta. Opinnäytetyössä käsiteltiin vain sellaisia potilastietoja, joiden käsittelyyn oli lupa. Opinnäytetyössä käsiteltiin konekuvien tietoja, mutta itse konekuvia ei julkaista opinnäytetyössä. Opinnäytetyön tekijät eivät osallistuneet testitilanteen suorittamiseen, vaan sen teki opinnäytetyön tekijöiden puolesta sädehoidon röntgenhoitaja. Näin varmistettiin aineiston käsittelyn objektiivisuus, sekä potilaiden ja testihenkilöiden tietosuojaa. Kerättyä aineistoa käsiteltäessä testihenkilöt jaettiin riittävän suuriin työkokemusryhmiin niin, ettei testihenkilöiden vastauksia voida yhdistää vastaajaan. Opinnäytetyössä esitetään sädehoitolääkärien ja röntgenhoitajien vastaukset erikseen. Opinnäytetyön aineisto hävitetään tekijöiden toimesta, kun opinnäytetyö on hyväksytty.

6.6 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset

Yleisesti röntgenhoitajien ja sädehoitolääkärien tekemien konekuvien kohdistusten hajonta vastasi aikaisempia tutkimuksia. Yksittäisissä kuvapareissa hajonta ja vaihteluvälit osoittautuivat kuitenkin melko suuriksi ja näissä samoissa kuvissa myös suuret paikkapoikkeamat heikentävät sädehoidon osuvuutta. Jos paikkapoikkeamat vielä osin kasaantuvat samoille potilaille ja ovat fraktiosta toiseen mahdollisesti samansuuntaisia, saattaa huonoilla yhteensattumilla jonkun yksittäisen potilaan hoidon osuvuus jäädä liian heikoksi. Pienestä konekuvien kohdistusten hajonnasta ei ehkä voida päästä eroon, mutta kohdistuksissa tapahtuvien suurempien poikkeamien vähentämiseen olisi hyvä pyrkiä. On kuitenkin mahdollista, että sädehoitoyksikön nykytilanteessa kohdistusten hajonta on pienempi kuin testitilanteen aikainen, koska kohdistusohjeistukset on ehditty sisäistää paremmin.

Yksikössä on käyty keskustelua ja tehty tutkimusta siitä, mikä kohdistus olisi optimaalinen missäkin tilanteessa ja minkälainen konekuvausohjeistuksen pitäisi olla. Tämän opinnäytetyön tulosten perusteella keskustelulle kuitenkin saattaisi edelleen olla tarvetta, jotta yhteisymmärrys lisääntyisi ja voitaisiin varmistua siitä, että sädehoitosuunnitelman tekijä (sädehoitolääkäri), fysikaalisen annossuunnitelman vastuuhenkilö (sairaalafyysikko) ja hoidon toteuttaja (röntgenhoitaja) puhuvat samaa kieltä ja ymmärtävät asiat samalla tavalla.

Opinnäytetyön tuloksissa havaittiin myös karkeita kohdistusvirheitä. Käytännön työssä karkeita virheitä pystytään välttämään koulutuksella ja sillä, että sädehoidon kohdistustuloksen tarkistaa useampi röntgenhoitaja. Lisäksi kohdistustilanteessa on käytössä tieto kohdistuksista aiemmissa fraktioissa, jolloin suurten fraktioiden välisten kohdistuspoikkeamien pitäisi herättää tarkistamaan, onko kyse karkeasta virheestä.

Paikkapoikkeamille ja kuvien kohdistusten hajonnalle voitiin löytää selkeä yhteys vain pään ja kaulan alueen kuvien kaularangan paikkapoikkeaman osalta. Rinnan hoidoissa erityisesti lng-suunnassa näytti kohdistuksissa esiintyvän paljon hajontaa. Lng-suunnassa rintalastan ja rangan välillä, niin tässä opinnäytetyössä käytettävien kuvaparien joukossa (taulukko 5), kuin myös yksikön kuvissa yleisemminkin (taulukko 2) esiintyi yleisesti suurehkoja paikkapoikkeamia. Kohdistusohjeistukseen näiden rakenteiden osalta voisi olla perusteltua kiinnittää erityistä huomiota. Röntgenhoitajien sädehoidon työkokemukselle ja konekuvien kohdistusten hajonnalle ei voitu löytyä yhteyttä toisiinsa tässä opinnäytetyössä.

Tuloksista tuli siis ilmi, että joissakin tapauksissa paikkapoikkeamien suuruudella ja kohdistusten hajonnalla on yhteys. Taulukoiden 1 ja 4 perusteella pään ja kaulan alueen testiaineisto sisältää enemmän paikkapoikkeamaa, kuin Taysin sädehoitoyksikössä keskimäärin, mutta tästä huolimatta pään ja kaulan alueen konekuvien kohdistusten keskijointa on samaa luokkaa, kuin aiemmissa tutkimuksissa. Aiemmissa tutkimuksissa (Pisani ym. 2000; Lewis ym. 2004; Berthelet ym. 2006; Court ym. 2007; Devereux ym. 2011) ei kuvata aineiston valintaa, eikä kuvien paikkapoikkeamista ole tietoa. Lisäksi esimerkiksi Devereux:n ym. (2011) tutkimuksessa testihenkilöitä oli ohjeistettu kohdistamaan tiettyyn nikamaan sen sijaan, että kohdistaja olisi itse joutunut valitsemaan optimaalisen kohdistuksen. Tämä saattaa vaikuttaa pienentävästi tutkimustuloksena saatuun kohdistusten hajontaan, kun verrataan siihen, että tässä opinnäytetyössä käytetyissä

testilanteissa ei annettu mitään tiettyä anatomista rakennetta, johon olisi pitänyt kohdistaa.

Opinnäytetyön tutkimus saatiin suoritettua onnistuneesti ja tutkimusongelmiin saatiin vastaukset. Opinnäytetyön yhteistyötaho Pirkanmaan sairaanhoitopiiri hyötyi tutkimuksesta saadessaan juuri Taysin sädehoitoyksikköä koskevaa tietoa konekuvien kohdistuksesta. Tämän lisäksi erityisesti Taysin sädehoitoyksikön hoidon laadun kehittämisprojekti hyötyi opinnäytetyössä tehdystä tutkimuksesta saadessaan käyttöönsä opinnäytetyön tulokset kohdistajien välisestä konekuvien kohdistusten hajonnasta. Osaa opinnäytetyön tuloksista on käytetty hyödyksi projektin tuloksista julkaistavassa tieteellisessä artikkelissa.

Opinnäytetyön tekemisen aikana tuli esille joitakin jatkotutkimusehdotuksia. Konekuvien kohdistusten hajontaa voisi tutkia uudestaan jonkin ajan päästä eli onko kohdistusten tarkkuus parantunut, kun uuden konekuvausohjeistuksen käytöstä on saatu lisää kokemusta. Samanlaisen tutkimuksen voisi myös tehdä toisessa sädehoitoyksikössä tai tutkia jonkin muun anatomisen alueen konekuvien kohdistuksia. Aihepiiristä voisi myös tehdä laadullisen tutkimuksen siitä, millaisia ajatuksia sädehoidon uusi konekuvausohjeistus herättää sädehoidon röntgenhoitajissa ja minkälainen olisi hyvä konekuvausohjeistus. Myös sitä voisi tutkia tarkemmin, mitkä tekijät vaikuttavat konekuvien kohdistusten hajontaan, tai tutkia yksittäisen tekijän, kuten esimerkiksi referenssikuvien kuvanlaadun vaikutusta konekuvien kohdistukseen.

LÄHTEET

Berthelet, E., Truong, P. T., Zavgorodni, S., Moravan, V., Liu, M. C., Runkel, J., Bendorffe, B. & Sayers, D. 2006. Consistency in Electronic Portal Imaging Registration in Prostate Cancer Radiation Treatment Verification. *Radiation Oncology* 37 (1).

Court, L. E., Allen, A. & Tishler, R. 2007. Evaluation of the Precision of Portal-Image-Guided Head-and-Neck Localization: An intra- and Interobserver Study. *Medical Physics* 34 (7), 2704–2707.

Devereux, B., Sisson, T., Fenton, P., Bradford, C., Ambler, A., Plank, A. & Middleton, M. 2011. Uniformity in the Analysis of Head and Neck Image Guided Radiotherapy Across Multiple Departments. *The Radiographer* 58 (2), 5–9.

Dreyfus, S. 1981. Formal Models vs. Human Situational Understanding: Inherent Limitations on the Modeling of Business Expertise. Department of Industrial Engineering and Operations Research. University of California. Luettu 12.10.2013. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a097468.pdf>

Erätuuli, M., Leino, J., Yli-Luoma, P. 1994. Kvantitatiiviset analyysimenetelmät ihmistieteissä. Rauma: Kirjapaino Oy West Point.

Eteläpelto, A. 1997. Asiantuntijuuden muuttuvat määritykset. Teoksessa J. Kirjonen, P. Remes & ja A. Eteläpelto (toim.) Muuttuva asiantuntijuus. Jyväskylän yliopisto. Koulutuksen tutkimuslaitos, 86–102.

Evans, P. M. 2008. Anatomical Imaging for Radiotherapy. *Physics in Medicine and Biology* 53 (12), 151–191.

Grénman, R. & Joensuu, H. 2011. Pään ja kaulan alueen onkologiatyöryhmä – 20 vuotta moniammatillista toimintaa. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim*. 127 (18), 1951–2. Luettu 19.3.2013. <http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo99771.pdf>

Grénman, R., Kajanti, M., Joensuu, H. & Saarilahti, K. 2013. Pään ja kaulan syövät – hoito. Teoksessa Joensuu H., Roberts P., Kellokumpu-Lehtinen, P-L., Jyrkkiö, S., Kouri, M. & Lyly, T. (toim.) *Syöpätaudit*. Helsinki: Duodecim, 348–351.

Griffiths, S. 2008. *Radiotherapy: Principles to Practice: A Manual for Quality in Treatment Delivery*. 2. painos. Leeds: Cookridge Hospital.

Gupta, T., Chopra, S., Kadam, A., Agarwal, J.P., Devi, R., Ghosh-Laskar, S. & Dinshaw, K.A. 2007. Assessment of Three-dimensional Set-up errors in Conventional Head and Neck Radiotherapy Using Electronic Portal Imaging Device. *Radiation Oncology* 44 (2).

Hart, G. & Rotem, A. 1995. The Clinical Learning Environment: Nurses' Perceptions of Professional Development in Clinical Settings. *Nurse Education Today* 15 (1), 3–10.

Heikkilä, T. 2005. *Tilastollinen tutkimus*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Van Herk, M., Remeijer, P., Rasch, C. & Lebesque, J. V. 2000. The Probability of Correct Target Dosage: Dose – Populations Histograms for Deriving Treatment Margins in Radiotherapy. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics* 47 (4), 1121–1135.

Van Herk, M., Remeijer, P. & Lebesque, J. V. 2002. Inclusion of Geometric Uncertainties in Treatment Plan Evaluation. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics* 52 (5), 1407–1422.

Van Herk, M. 2004. Errors and Margins in Radiotherapy. *Seminars in Radiation Oncology* 14 (1), 52–64.

Hirsjärvi, S., Remes, P., Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Hoskin, P., Gaze, M., Greener, T., Kirby, M., McNair, H., Powell, M., Routsis, D. & Tait, D. 2008. On target: Ensuring Geometric Accuracy in Radiotherapy. Lontoo: The Royal College of Radiologists.

Häkkinen, K. 1993. Matematiikan propedeuttinen kurssi. Jyväskylän yliopisto. Matematiikan laitos. Luettu 1.10.2013. <http://www.math.jyu.fi/matyl/propedeuttinen/kirja>

International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). 1999. Report 62: Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50).

Isola, J. & Kallioniemi, A. 2013. Syövän synty, kasvu ja leviäminen. Määritelmä, jaottelu ja näkemykset syntymekanismeista. Teoksessa Joensuu H., Roberts P., Kellokumpu-Lehtinen, P-L., Jyrkkiö, S., Kouri, M. & Lyly, T. (toim.) Syöpätaudit. Helsinki: Duodecim, 10–12.

Jassal, K., Bisht, S., Kataria, T., Sachdev, K., Choughle, A., & Supe, S. 2013. Comparison of Geometrical Uncertainties in Breast Radiation Therapy with Different Immobilization Methods. *Journal of Nuclear Medicine & Radiation Therapy* 4 (1).

Joensuu, H. 2013. Rintasyövän yleisyys, ennuste, riskitekijät ja ehkäisy. Teoksessa: Auvinen, P., Heikkilä, P., Huovinen, R., Jahkola, T., Joensuu, H., Joukainen, S., Jukkola-Vuorinen, A., Karihtala, P., Kataja, V., Kouri, M., Kärjä, V., Leidenius, M., Mattson, J., Saarni, O., Sailas, L., Sudah, M., Tanner, M. & Tengström, M. Rintasyövän valtakunnallinen diagnostiikka- ja hoitosuositus. Suomen Rintasyöpäryhmä ry, 6–8.

Joensuu, H. & Huovinen, R. 2013. Rintasyövän vaaratekijät ja ehkäisy. Teoksessa Joensuu H., Roberts P., Kellokumpu-Lehtinen, P-L., Jyrkkiö, S., Kouri, M. & Lyly, T. (toim.) Syöpätaudit. Helsinki: Duodecim, 595–596.

Joensuu, H., Leidenius, M. & Huovinen, R. 2013. Rintasyövän hoidon periaatteet ja rinnan säästävä kirurgia. Teoksessa Joensuu H., Roberts P., Kellokumpu-Lehtinen, P-L., Jyrkkiö, S., Kouri, M. & Lyly, T. (toim.) Syöpätaudit. Helsinki: Duodecim, 602–604.

Jussila, A-L., Kangas, A. & Haltamo, M. 2010. Sädehoitotyö. Helsinki: WSOYpro OY.

Juuti, P. 2003. Johtaminen ja organisaation alitajunta. 3. painos. Helsinki: Otava.

- Kananen, J. 2008. Kvantti – Kvantitatiivinen tutkimus alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän yliopistopaino.
- Kapanen, M. 2009. Accuracy of Absorbed Dose in External Photon Beam Radiotherapy: What Level is Sufficient and How to Approach it? Department of Physics. University of Helsinki.
- Korhonen, J. & Tanhuanpää, S. 2012. Apuvälineen vaikutus rintasyövän sädehoidon asettelutarkkuuteen. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.
- Kouri, M. & Kangasmäki, A. 2009. Moderni sädehoito. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 125(9):947–58. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim.
- Kouri, M. & Sailas, L. 2013. Rintasyövän postoperatiivinen sädehoito. Teoksessa: Rintasyövän valtakunnallinen diagnostiikka- ja hoitosuositus. Suomen Rintasyöpäryhmä ry, 34–37.
- Kouri, M. & Tenhunen, M. 2013. Sädehoidon suunnittelu ja toteutus. Teoksessa Joensuu H., Roberts P., Kellokumpu-Lehtinen, P-L., Jyrkkiö, S., Kouri, M. & Lyly, T. (toim.) Syöpätaudit. Helsinki: Duodecim, 170–172.
- van Kranen, S., van Beek, S., Rasch, C., van Herk, M. & Sonke, J-J. 2009. Setup Uncertainties of Anatomical Sub-Regions in Head-and-Neck Cancer Patients after Offline CBCT Guidance. International Journal of Radiation Oncology Biology Physics. 73 (5), 1566–1573.
- Kärnä, A. 2008. Ionisaatiokammimatriisin käyttö intensiteettimuokatun sädehoidon laadunvarmistuksessa. Jyväskylän yliopisto. Fysiikan laitos. Pro gradu -tutkielma.
- Laakkonen, A. 2004. Hoitohenkilöstön ammatillinen kasvu hoitokulttuurissa. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy Juvenes Print. Väitöskirja.
- Lewis, D. G., Ryan, K. R. & Smith, C. W. 2004. Observer Variability When Evaluating Patient Movement from Electronic Portal Images of Pelvic Radiotherapy Fields. Radiotherapy and Oncology 74 (3), 275–281.
- Luoto, R. 2009. Tutkimuslomakkeiden esitestaus. Tutkimus ja opetus. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 125 (15), 1647–53. Luettu 23.2.2012.
[http://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo98221.pdf](http://www terveysportti.fi/xmedia/duo/duo98221.pdf)
- Lyly, T. 2011. Suomalainen syöpäsananasto. Suomen syöpäyhdistys. Luettu 12.8.2013.
www.cancer.fi
- Lähdesmäki, T., Hurme, P., Koskimaa, R., Mikkola, L. & Himberg, T., Menetelmäpolkuja humanisteille. Jyväskylän yliopisto. Humanistinen tiedekunta. Luettu 18.09.2012.
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmäpolkuja>
- Mohan, R. 2000. Intensity Modulated Radiotherapy Part I: Planning and Delivery, Handout for ASTRO 2000 Refresher Course, 42nd Annual Scientific Meeting of the American Society for Therapeutic Radiology and Radiation Oncology. Boston.

- Myllylä, K. & Kortetlahti, N. 2013. Matematiikan perusteet taloustieteilijöille 2. Luentomoniste. Oulun yliopisto. Matemaattisten tieteiden laitos.
- Mäkitie, A., Keski-Säntti, H., Saarilahti, K., Bäck, L. Kontio, R. Grénman, R., Koivunen, P. & Laranne, J. 2011. Suusyövän hoitotulokset – mitä on opittu? Teema: pään ja kaulan alueen syövät. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 127 (18), 1986–91.
- Nummenmaa, L. 2009. Käyttätymistieteiden tilastolliset menetelmät. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Ojala, A. 2010. Sädehoito osana syövän hoitoa. Teoksessa Jussila, A-L., Kangas, A. & Haltamo, M. 2010. Sädehoitotyö. Helsinki: WSOYpro OY, 18–32.
- Ojala, A., Pitkänen, M. & Kellokumpu-Lehtinen, P. 1996. Mihin sädehoito perustuu? Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 112 (18), 1679–1687.
- Paloposki, S., Eskola, N., Heikkilä, J. Miettinen, M., Paavilainen, E. & Tarkka, M-T. 2003. Ammattikorkeakoulusta valmistuneiden sairaanhoitajien arvio teoreettisesta ja käytännöllisestä osaamisestaan. Hoitotiede 15 (4), 155-165.
- Pignon, J. P., le Maître, A., Maillard, E. & Bourhis, J. 2009. Meta-analysis of Chemotherapy in Head and Neck Cancer (MACH-NC): An Update on 93 Randomised Trials and 17,346 Patients. Radiotherapy Oncology 92 (1), 4–14.
- Pirnes, U. 2003. Kehittyvä johtajuus: Johtamisen dynamiikka. 7. uusittu painos. Helsinki: Otava.
- Pisani, L., Lockman, D., Jaffray, D., Yan, D., Martinez, A. & Wong, J. 2000. Setup Error in Radiotherapy: On-line Correction Using Electronic Kilovoltage and Megavoltage Radiographs. International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics 47 (3), 825–839.
- Ruohotie, P. 1999. Oppiminen ja ammatillinen kasvu. Helsinki: Werner Söderström osakeyhtiö.
- Saarilahti, K. & Lindholm, P. 2011. Pään ja kaulan alueen syöpien onkologiset hoidot. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim 127 (18), 1979–85.
- Sipilä, P. 2004. Sädehoito. Teoksessa Pukkila, O. (toim.) Säteilyn käyttö. Säteilyturvakeskus. Helsinki: Karisto Oy:n kirjapaino, 184–217.
- Stroom, J. C., de Boer, H. C., Huizenga, H. & Visser, A. G. 1999. Inclusion of Geometrical Uncertainties in Radiotherapy Treatment Planning by Means of Coverage Probability. International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics 43 (4), 905–919.
- Sädehoitofysiikan sanasto. 1997. Säteilyturvakeskus (STUK). Sädehoitofysiikan sanastotyöryhmän ehdotus 1997. Työryhmä: Järvinen, H., Komppa, T., Hyödynmaa, S., Ojala A., Ruotsalainen, P. & Väyrynen, T. Säteilyturvakeskus.
- Suomen syöpärekisteri. 2012. Yleisimmät syövät vuonna 2010, naiset. Luettu 25.1.2013. Päivitetty 13.11.2012. www.syoparekisteri.fi

- Taysin sädehoitoyksikkö. 2013a. Konekuvausohjeistus. Pirkanmaan sairaanhoitopiiri.
- Taysin sädehoitoyksikkö. 2013b. Röntgenhoitajan laskemat sädehoitoyksikön konekuvi-
vien paikkapoikkeamien esiintyvyyssiheydet. Tiedonanto. Pirkanmaan sairaanhoitopiiri.
- Tenhunen, M. 2007. Sädehoidon fysiikka ja tekniikka. Luentomoniste. Helsinki.
- Tilastokeskus. 2006. Verkkokoulu. Johdatus tilastolliseen ajatteluun. Luettu 29.10.2012.
www.stat.fi/tup/verkkokoulu/
- Tähtinen, J. & Isoaho, H. 2001. Tilastollisen analyysin lähtökohtia. Kasvatustieteiden
tiedekunta. Turun yliopisto.
- Varian Medical Systems Inc. 2006. ARIA Oncology Information System Image review.
Yhdysvallat. Luettu 22.1.2013.
http://www.varian.com/media/oncology/products/aria/pdfs/ARIAImageReview_varian.pdf
- Varian Medical Systems. 2010. Offline Review Reference Guide. Yhdysvallat.
- Vehmanen, L. 2012. Paikallisen rintasyövän hoito. Lääkärikirja Duodecim 10.4.2012.
Luettu 22.4.2013. www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00468
- Vilkka, H. 2007. Tutki ja kehitä. 2. painos. Vaajakoski: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Wang, J-Z., Rice, R., Pawlicki, T., Mundt, A., Sandhu, A., Lawson, J. & Murphy, K.
2010. Evaluation of Patient Setup Uncertainty of Optical Guided Frameless System for
Intracranial Stereotactic Radiosurgery. Journal of Applied Clinical Medical Physics 11
(2).

LIITTEET

Liite 1. Asiantuntijaryhmän tietojenkeruulomake

1 (3)

Kuvapari 1 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuva- sta:			
Huomioita LAT ku- vasta:			

Kuvapari 2 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuva- sta:			
Huomioita LAT ku- vasta:			

Kuvapari 3 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuva- sta:			
Huomioita LAT ku- vasta:			

Kuvapari 4 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuva- sta:			
Huomioita LAT ku- vasta:			

Kuvapari 5 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuva- sta:			
Huomioita LAT ku- vasta:			

Kuvapari 6 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuva- sta:			
Huomioita LAT ku- vasta:			

(jatkuu)

2 (3)

Kuvapari 7 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuvasta:			
Huomioita LAT kuvasta:			
Viistokuva siirros [cm]:	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita viistokuvasta:			

Kuvapari 8 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuvasta:			
Huomioita LAT kuvasta:			
Viistokuva siirros [cm]:	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita viistokuvasta:			

Kuvapari 9 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuvasta:			
Huomioita LAT kuvasta:			
Viistokuva siirros [cm]:	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita viistokuvasta:			

Kuvapari 10 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuvasta:			
Huomioita LAT kuvasta:			
Viistokuva siirros [cm]:	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita viistokuvasta:			

(jatkuu)

3 (3)

Kuvapari 11 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuvasta:			
Huomioita LAT kuvasta:			
Viistokuva siirros [cm]:	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita viistokuvasta:			

Kuvapari 12 Siirros [cm]	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita AP kuvasta:			
Huomioita LAT kuvasta:			
Viistokuva siirros [cm]:	VRT:	LNG:	LAT:
Huomioita viistokuvasta:			

Liite 2. Ohje asiantuntijaryhmän tietojenkeruulomakkeen täyttöön

Ohje asiantuntijaryhmän tietojenkeruulomakkeen täyttöön

- Asiantuntijaryhmä tekee kohdistuksen ainoastaan näkemiensä kuvien perusteella kuin ne olisivat anonyymejä.
- Asiantuntijaryhmään kuuluvat jäsenet (röntgenhoitaja, sädehoidon lääkäri ja sairaalafyysikko) tuovat kohdistukseen kukin oman erikoisalansa osaamisen.
- Asiantuntijaryhmä antaa kohdistuksen perustelut ja kirjoittaa huomioihin, jos päätöksessä oli jotain merkille pantavaa.
- Lomakkeelle tulee maininta minkä kohdan perusteella kohdistus on tehty, esim. PTV:n keskikohta tai jokin anatominen kohde.

Liite 3. Tietojenkeruulomake

Testihenkilön numero:	
Ammatti:	
Sädehoidon työkokemus kuukauden tarkkuudella:	
Montako kertaa kuukaudessa käytät Offline review -työkalua:	
Kohdistukseen käytetty kokonaisaika:	

Siirros [cm]	VRT	LNG	LAT					Huomioita
Kuvapari 1								
Kuvapari 2								
Kuvapari 3								
Kuvapari 4								
Kuvapari 5								
Kuvapari 6								
Siirros [cm]	VRT	LNG	LAT	VRT viisto	LNG viisto	LAT viisto		
Kuvapari 7								
Kuvapari 8								
Kuvapari 9								
Kuvapari 10								
Kuvapari 11								
Kuvapari 12								

Liite 4. Ohje testitilanteen suorittamiseen ja tietojenkeruulomakkeen täyttöön

Taustatietojen täyttö lomakkeeseen:

Testihenkilön numero:
Ammatti:
Sädehoidon työkokemus kuukauden tarkkuudella:
Montako kertaa kuukaudessa käytät Offline review -työkalua:
Kohdistukseen käytetty kokonaisaika:

- Testihenkilöt numeroidaan juoksevilla numerolla.
- Ammatiksi kirjataan joko röntgenhoitaja tai lääkäri.
- Sädehoidon työkokemus arvioidaan kuukauden tarkkuudella. Jos joku on ollut pitkään töissä eikä muista tarkasti, hän voi antaa arvion muistamallaan tarkkuudella.
- Offline review -työkalun käyttökokemuksella tarkoitetaan työkalun käyttöä sädehoitotyön yhteydessä.
- Kohdistukseen käytetty kokonaisaika tarkoittaa kaikkien konekuvien kohdistukseen käytettyä kokonaisaika.
- Testitilanteen alussa kaikille testihenkilöille näytetään miten Offline review -työkalu toimii, miten värejä saa vaihdettua ja ikkunointia muutettua. Tarvittaessa annetaan teknistä tukea ohjelman käyttöön myös testitilanteen aikana.
- Kohdistettavat kuvat on aseteltu aluksi täysin pois paikaltaan.
- Testihenkilöä ohjeistetaan toimimaan, kuten hän toimisi hoitokoneella työskennellessään. Tällä tarkoitetaan mm. kohdistuksen ajankäyttöä.

Siirrosten kirjaus

Siirros [cm]	VRT	LNG	LAT	Huomioita
Kuvapari 1				

- Siirrokset peitetään näkyvistä monitoriin liimattavalla pahvilapulla (tai poistetaan monitorinäkömästä).
- Testihenkilön suorittamasta kohdistuksesta merkitään ylös LAT, LNG ja VRT siirrokset senttimetreinä kyseisen kuvaparin kohdalle.
- Lomakkeessa on huomioita -kenttä, johon testitilanteen ohjaaja voi kirjoittaa tarvittaessa huomioita, jos testitilanteessa oli jotain erityisesti merkillepantavaa.

Liite 5. Kohdistukset eri anatomisiin alueisiin

1 (2)

Pään ja kaulan alue

TAULUKKO 9. Pään ja kaulan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistuskoordinaatit eri anatomisiin alueisiin suhteessa asiantuntijaryhmän referenssikohdistukseen

			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 1	Kohdistus	C1 nikamaan:	0	0	0
		C5–C7 nikamiin:	2	1	3
		Alaleukaan:	0	0	1
		Kallonpohjaan:	-1	2	1
Kuvapari 2	Kohdistus	C1 nikamaan:	3	0	-1
		C5–C7 nikamiin:	-4	-1	-3
		Alaleukaan:	2	1	0
		Kallonpohjaan:	2	0	-1
Kuvapari 3	Kohdistus	C1 nikamaan:	-3	1	-3
		C5–C7 nikamiin:	1	1	2
		Alaleukaan:	1	-1	1
		Kallonpohjaan:	-3	1	-3
Kuvapari 4	Kohdistus	C1 nikamaan:	2	0	0
		C5–C7 nikamiin:	-7	0	3
		Alaleukaan:	4	1	-1
		Kallonpohjaan:	2	-2	-1
Kuvapari 5	Kohdistus	C1 nikamaan:	3	-2	2
		C5–C7 nikamiin:	-4	-1	0
		Alaleukaan:	6	-9	1
		Kallonpohjaan:	4	-3	1
Kuvapari 6	Kohdistus	C1 nikamaan:	0	1	-4
		C5–C7 nikamiin:	0	1	3
		Alaleukaan:	-6	14	-4
		Kallonpohjaan:	0	-1	-8

(jatkuu)

Rinnan alue

TAULUKKO 10. Rinnan alueen ortogonaalisten kuvaparien kohdistuskoordinaatit eri anatomisiin alueisiin suhteessa asiantuntijaryhmän referenssikohdistukseen

			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 1	Kohdistus	C6–7 nikamiin:		1	-1
		TH 6–9 nikamiin:		0	-2
		Rintalastan yläosaan:	0	4	
		Kylkikaareen keskellä PTV:tä:		4	-2
		Rankaan keskellä PTV:tä:	-1	0	0
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 2	Kohdistus	C6–7 nikamiin:		5	-2
		TH 6–9 nikamiin:		5	-1
		Rintalastan yläosaan:	2	-5	
		Kylkikaareen keskellä PTV:tä:		3	0
		Rankaan keskellä PTV:tä:	-2	5	-1
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 3	Kohdistus	C6–7 nikamiin:		0	-2
		TH 6–9 nikamiin:		2	2
		Rintalastan yläosaan:	-2	-3	
		Kylkikaareen keskellä PTV:tä:		0	1
		Rankaan keskellä PTV:tä:	-4	2	2
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 4	Kohdistus	C6–7 nikamiin:		-2	4
		TH 6–9 nikamiin:		-1	-4
		Rintalastan yläosaan:	-1	2	
		Kylkikaareen keskellä PTV:tä:		3	-1
		Rankaan keskellä PTV:tä:	1	-1	1
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 5	Kohdistus	C6–7 nikamiin:		2	1
		TH 6–9 nikamiin:		2	-1
		Rintalastan yläosaan:	-1	-2	
		Kylkikaareen keskellä PTV:tä:		1	-3
		Rankaan keskellä PTV:tä:	2	4	-1
			vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)
Kuvapari 6	Kohdistus	C6–7 nikamiin:		-4	5
		TH 6–9 nikamiin:		-2	-3
		Rintalastan yläosaan:	0	1	
		Kylkikaareen keskellä PTV:tä:		-4	0
		Rankaan keskellä PTV:tä:	-1	-1	0

Liite 6. Tunnuslukuja kuvaparien kohdistusten etäisyydestä asiantuntijaryhmän tekemään kohdistukseen

TAULUKKO 11. Tunnuslukuja (mm) röntgenhoitajien tekemien pään ja kaulan alueen kuvien kohdistusten etäisyydestä asiantuntijaryhmän tekemään kohdistukseen

	<i>Keski-arvo</i>	<i>Medi-aani</i>	<i>Keski-hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala-kvartiili</i>	<i>Ylä-kvartiili</i>	<i>Maksimi</i>
<i>Kuvapari 1</i>	2,1	2,2	0,8	0,0	1,4	2,4	3,7
<i>Kuvapari 2</i>	2,1	2,2	0,7	1,0	1,7	2,4	3,7
<i>Kuvapari 3</i>	2,1	2,2	0,8	1,0	1,4	2,7	3,7
<i>Kuvapari 4</i>	3,6	3,6	1,0	1,4	3,0	4,2	5,7
<i>Kuvapari 5</i>	3,8	3,7	1,2	1,4	3,0	4,2	6,7
<i>Kuvapari 6</i>	2,9	2,7	1,5	1,0	1,6	3,9	6,2

TAULUKKO 12. Tunnuslukuja (mm) röntgenhoitajien tekemien rinnan alueen kuvien kohdistusten etäisyydestä asiantuntijaryhmän tekemään kohdistukseen

	<i>Keski-arvo</i>	<i>Medi-aani</i>	<i>Keski-hajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Ala-kvartiili</i>	<i>Ylä-kvartiili</i>	<i>Maksimi</i>
<i>Kuvapari 1</i>	2,5	2,2	1,3	1,0	1,7	2,8	6,4
<i>Kuvapari 2</i>	5,9	5,9	3,6	1,0	3,4	6,4	17,3
<i>Kuvapari 3</i>	1,9	1,7	0,9	0,0	1,0	2,4	3,7
<i>Kuvapari 4</i>	1,7	1,4	1,0	0,0	1,4	2,2	4,7
<i>Kuvapari 5</i>	2,3	2,2	0,9	0,0	2,0	3,0	4,1
<i>Kuvapari 6</i>	2,8	2,4	1,5	0,0	1,5	3,9	6,4