

Tämä on rinnakkaistallenne.  
Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat  
*saattavat poiketa* alkuperäisestä julkaisusta.

Julkaisun tekijä(t):	Määttä, Arto; Kurttila, Maria; Marttila-Tornio, Kaisa; Jussila, Aino-Liisa
Julkaisun nimi:	Kartiokeilatietokonetomografiakuvauksen käyttö eturauhassyöpöpotilaan hoidon kohdistamisessa
Julkaisuvuosi:	2019
Versio:	Kustantajan versio

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Määttä, A., Kurttila, M., Marttila-Tornio, K. & Jussila, A.-L. (2019). Kartiokeilatietokonetomografiakuvauksen käyttö eturauhassyöpöpotilaan hoidon kohdistamisessa. *Kliininen radiografiatiede*, 17 (1), 10-20.

Haettu 27.10.2020 [https://www.sorf.fi/doc/KI\\_radiografialehdet/Kliininen-tiede\\_1\\_2019\\_VALMIS.pdf](https://www.sorf.fi/doc/KI_radiografialehdet/Kliininen-tiede_1_2019_VALMIS.pdf)

# Kartiokeilatietokonetomografiakuvauksen käyttö eturauhassyöpöpotilaan hoidon kohdistamisessa

## Arto Määttä

DI, röntgenhoitaja (AMK)  
Oulun yliopistollinen sairaala

## Maria Kurttila

FL, sairaalafyysikko  
Oulun yliopistollinen sairaala

## Kaisa Marttila-Tornio

HuK, TtM, röntgenhoitaja (AMK)  
Tutkimusavustaja  
Oulun yliopistollinen sairaala  
Oulun yliopisto

## Aino-Liisa Jussila

TtT, lehtori  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Eturauhassyöpöpotilaan sädehoidon kohdistaminen kartiokeilatietokonetomografian (KKT) avulla mahdollistaa suunnittelualueen marginaalin pienentämisen ja siirtymisen hypofraktioituun sädehoitoon. Tutkimuksessa selvitettiin tilastollisesti, kuinka paljon röntgenhoitajan tekemä kohdistus röntgenkuvaparin avulla eroaa offline-tarkastelussa (offline review) tehtävästä KKT-kuviin perustuvasta automaattisesta kohdistuksesta.

Tutkimusaineisto koostui vuoden 2015 toisella puoliskolla samanaikaisella täydennyshoidolla hoidetuista eturauhassyöpöpotilaista, joille hoitajakson aikana oli suoritettu kuvauksia KKT:lla. Perusjoukkoon kuului 51 potilasta, joista otokseen valikoitui 20 potilasta. Otos sisälsi yhteensä 40 KKT-kuvausta. Tuloksia tarkasteltiin tilastollisesti hoitopöydän siirtokohtaisesti ( $n = 40$ ).

Automaattinen kohdistus mielenkiinnon alueen rajauksella ja kultajyvillä tuotti parhaan kohdistustuloksen. Röntgenhoitajan tekemä kohdistus erosi tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0.05$ )

automaatin tekemästä kohdistuksesta vrt-suunnassa ( $-0.7 \text{ mm} \pm 1.3 \text{ mm}$ ). Lng- ja lat-suunnassa arvot olivat  $0.1 \text{ mm} \pm 1.7 \text{ mm}$  ja  $-0.2 \text{ mm} \pm 1.0 \text{ mm}$ . Muita tarkasteltavia kohdistustapoja olivat mielenkiinnon alueen rajausta sekä mielenkiinnon alueen rajausta käyttäen kultajyviä pöydän kierron kanssa. Pöydän kierto ei parantanut kohdistustarkkuutta. Tulokset puolsivat KKT:n käyttöä.

**Asiasanat:** Kartiokeilatietokonetomografia, KKT, sädehoito, eturauhassyöpä

## ABSTRACT

Daily online review with the use of CBCT enables the safe reduction of the treatment margins and it also makes possible to switch to the hypofractionated treatment. The purpose of the study was to determine statistically how the manual positioning of the prostate cancer patient performed by radiation therapists, who use orthogonal X-ray images, differs from the auto-matching, which was performed in the offline review, and based in the CBCT images.

Research data consisted of prostate cancer patients who were treated with

Simultaneous Integrated Boost (SIB) treatment, and who also had images taken by the CBCT during treatment sessions. The basic set of the study consisted of 51 patients and the subset was 20 patients containing 40 CBCT images. The results of the study were analyzed statistically couch shifts-specifically ( $n = 40$ ).

In conclusion, auto-matching with the region of interest (ROI) and gold fiducial markers produced the best positioning results. In regard to couch shifts, the manual positioning who use orthogonal X-ray images differed significantly statistically ( $p < 0.05$ ) from the positioning done by automatching in the vertical direction ( $-0.7 \pm 1.3 \text{ mm}$ ). Differences in longitude and lateral were  $0.1 \pm 1.7 \text{ mm}$  and  $-0.2 \pm 1.0 \text{ mm}$ . In the same way, other positioning methods included auto-matching with ROI, and auto-matching with ROI, gold markers and couch rotation. Results also indicated that couch rotation does not improve positioning accuracy. Results supported starting to use CBCT.

**Keywords:** Cone-beam computed tomography, CBCT, radiation therapy, prostate cancer

## JOHDANTO

Ulkoisessa sädehoidossa eturauhassyöpää sairastavan potilaan asetteluun käytetään lantion alueen sädehoitoon suunniteltua jalkatukitelinettä, jolla potilaan jalat saadaan fiksoitua aina samaan asentoon ja jonka ansiosta myös lantion asento saadaan pysymään samana koko hoitajakson ajan. Hoitoasennon toistamiseen samalla tavalla jokaisen sädehoitokerran yhteydessä potilaan asettelussa käytetään avuksi ulkoisia referenssipisteitä (tatuointipisteet iholla) ja laserosoitinlaitteistoa. Asettelen jälkeen potilaalle tehdään annossuunnitelman mukaiset hoitopöydän siirrot isosentripisteeseen. Kuvantaohjatussa sädehoidossa potilas kuvataan jokaisen sädehoitofraktion yhteydessä ja lopullinen asettelu tehdään tarkistuskuvien avulla. (Jussila ym. 2010.)

Röntgenhoitaja kohdistaa eturauhassyöpäpotilaan hoitoalueen kuvantaohjautusti yliopistollisen sairaalan sädehoidon yksikössä lineaarikiihdyttimien integroidun röntgenkuvauslaitteiston (on-board imager, OBI) avulla. OBI-laitteella kV-luokan säteilyllä otetun röntgenkuvaparin perusteella potilas asetellaan joko kiinteiden luisten rakenteiden, leikkauskliipsien tai röntgenpositiivisten merkien avulla, mutta OBI-laitteella voidaan suorittaa myös KKTT-kuvaus, joka mahdollistaa asettelen pehmytkudosrakenteiden avulla (Antoine ym. 2017, Varian Medical Systems 2007, viitattu 9.9.2017).

## TEORETTISET LÄHTÖKOHDAT

Ulkoinen sädehoito altistaa melko suuriakin tervekkudosalueita säteilylle, jonka seurauksena voi olla monenlaisia haittoja, joista osa on ohimeneviä ja osa pysyviä (Jussila ym. 2010). Ulkoisesta sädehoidosta aiheutuvia sivuvaikutuksia eturauhassyöpän hoidossa ovat peräsuolen ärsytys tai arkuus, ripuli, kirvely virtsateissä ja impotenssi. Harvinaisempi haitta on virtsankarkailu. Koska ripuli ja peräsuolen ärsytys ovat merkittävimmät haitat, niin peräsuolen koh-

distuvaan annokseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. (Joensuu ym. 2002.) Eturauhasen sijainti voi muuttua peräsuolen täytteisyysasteen mukaan sädehoitokerrasta toiseen, jolloin eturauhanen ei ole enää halutulla todennäköisyydellä suunnittelukohdealueella (planning target volume, PTV) (Joensuu ym. 2002).

Potilaan asennon varmistaminen lineaarikiihdyttimien integroidulla OBI-laitteella hoitokerrasta toiseen parantaa hoidon tehoa ja vähentää potilaalle aiheutuvia haittoja tarkemman kohdistamisen ja pienemmän kliinisen kohdealueen marginaalin (clinical target volume, CTV) johdosta (Joensuu ym. 2002, Varian Medical Systems 2007, viitattu 9.9.2017). KKTT-kuvauksen avulla nähtävät muutokset eturauhasen muodossa ja sijainnissa suhteessa ympäröiviin elimiin ovat merkittävä lisä verrattuna röntgenkuvaparin avulla tehtävään kohdistukseen (Jaffray 2008).

Yliopistollisen sairaalan sädehoidon yksikössä siirryttiin vuoden 2016 aikana KKTT:n käyttöön eturauhassyöpäpotilaan sädehoidon kohdentamisessa, jonka vuoksi siellä oli toiveena saada opas eturauhassyöpäpotilaan sädehoidon kohdistamiseen KKTT:n avulla. Tässä artikkelissa kuvataan opinnäytetyöhön liittyvä tutkimusosio, jonka tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon röntgenhoitajan tekemä kohdistus (vertaamalla tietokonetomografia-suunnittelukuvista (TT) tuotettuja referenssikuvia OBI-laitteella otettuun röntgenkuvapariin) eroaa tarkkuudeltaan Varianin Aria-ohjelmiston offline-tarkastelun (offline review) automaattisesta kohdistuksesta (auto matching), jossa ohjelmisto vertaa automaattisesti KKTT-laitteella otettua 3D-kuvaa TT-suunnittelukuvauksesta saatuun referenssikuvaan. Jos automaattisen kohdistuksen tulos ei poikkea röntgenhoitajan tekemästä kohdistuksesta eri suunnissa, niin tällöin röntgenhoitajan tekemä kohdistus röntgenkuvaparin avulla on yhtä tarkka kuin automaattisen kohdistuksen tulos KKTT-kuvadatan avulla. Automaatti-

nen kohdistus voidaan suorittaa erilaisen parametrien avulla. Tässä tutkimuksessa parametreina olivat mielenkiinnon alueen (region of interest, ROI) rajaus, mielenkiinnon alueen rajaus ja kultajyvät sekä mielenkiinnon alueen rajaus, kultajyvät ja pöydän kierto (rot).

Sädehoidossa KKTT-laitteessa käytetään joko lineaarikiihdyttimen tuottamaa Megavoltin (MV) röntgensäteilykeilaa tai lineaarikiihdyttimien integroidun röntgenputken tuottamaa kilovoltin (kV) röntgensäteilykeilaa. (Alaei & Spezi 2015). Alempana tarkastellaan kV-KKTT-laitetta.

KKTT-laitteessa röntgensäteilykeila on kartiomainen ja ilmaisin on tasopaneeli-ilmaisin. Röntgenputki ja ilmaisin pyörittävät potilaan ympäri 180–360 astetta ottaen samalla lukuisia (300–600) kaksitasoprojektioita (röntgenkuvia), jotka rekonstruoidaan kolmiulotteiseksi tilavuusdataksi. (Jaffray 2008, Koskinen & Suomalainen 2013.) Tätä kolmiulotteista (3D) tilavuusdataa voidaan tarkastella samalla tavalla eri suunnista kuin TT-laitteella otettuja kuvia (Koskinen & Suomalainen 2013).

KKTT-laitteella otettujen 3D-kuvien ominaisuuksiin kuuluvat erotettavissa oleva pehmytkudoskontrasti ja erityisen hyvä paikkaerotuskyky. Potilaalle kuvan ottamisesta aiheutuu suhteellisen pieni sädeannos, joka on suuruusluokaltaan jonkin verran pienempi kuin diagnostiikassa TT-laitteessa. Näiden edellä mainittujen ominaisuuksien vuoksi KKTT-laitte on erinomainen vaihtoehto esim. eturauhasen kuvantaohjattuun sädehoitoon (image-guided radiation therapy, IGRT). KKTT-laitteen pehmytkudoskontrasti ei kuitenkaan ole TT-laitteiden tasolla. (Jaffray 2008, Nurmi ym. 2013.)

Sädehoitokertaan liittyvä kokonaisvirhe muodostuu systemaattisesta ja satunnaisesta virheestä. Systemaattisen virheen jostain tietystä lähteestä johtuvaa ja sen tunnistaminen ja eliminoiminen parantaa sädehoitoprosessia. Käytännön toimet systemaattisen virheen eliminoimiseen ovat sädehoitolait-

teiston (esim. laservalot, kenttävalot, hoitopöytä ja kanturi) laadunvarmistus sekä henkilökunnan ohjeistus ja koulutus. Lineaarikiihdyttimelle suoritetaan annosmittauksia ja säteilyominaisuuksista seurattavia asioita ovat säteily- ja valokentän koko sekä niiden yhteneväisyys, säteilykeilan annoksen tasaisuus ja annosmonitorin ominaisuudet (lineaarisuus ja toistettavuus). (Jussila ym. 2010.)

Suunnittelukuvauksessa tapahtuva ihon liikkuminen suhteessa sisäiseen anatomiaan aiheuttaa systemaattista virhettä hoitoasennon toistettavuuteen. Elinten liikkuminen aiheuttaa sekä systemaattista että satunnaista virhettä. (Van Herk 2004.) Satunnaista virhettä voidaan kuvata yksittäiseksi tapahtumaksi, jolle ei voida ennustaa syytä, suuntaa tai määrää. Sädehoitokertaan liittyvä satunnainen virhe aiheutuu yleensä potilaan tai henkilökunnan yksittäisestä poikkeavasta tapahtumasta. Satunnaisen virheen hallitseminen on vaikeampaa, mutta sitä voidaan vähentää kuvantaohjatulla sädehoitolla. (Jussila ym. 2010.)

Sädehoitolaitteella otettujen tarkistuskuvien ottaminen ja analysointi voidaan jakaa offline- ja online-tarkasteluun. Systemaattinen offline-tarkastelu toteutetaan sädehoitokäynnin jälkeen useimmiten lääkärin, sairaalafyysikon ja röntgenhoitajan yhteistyönä. Offline-tarkastelussa kuvien avulla arvioidaan kohdealuetta, sädehoitosuunnitelmaa ja potilaan asettelua. Offline-tarkastelulla pyritään minimoimaan sädehoidon systemaattista virhettä. Suuret toleranssirajojen yli menevät virheet korjataan jo ennen hoitoa, mutta kuvien tarkempi analysointi ja päätökset pysyvistä siirroista tehdään jälkikäteen. (Jussila ym. 2010.)

Online-tarkastelun avulla pyritään minimoimaan systemaattinen ja satunnainen virhe. Online-tarkastelu tehdään ennen sädehoitokertaa otettujen tarkistuskuvien avulla. Online-tarkastelussa tarkistuskuvia verrataan referenssikuviin, jonka perusteella tehdään tarvittavat siirrot hoitokohtaan potilaan asettelussa. Online-tarkastelu tehdään yleensä röntgenhoitajan toi-

mesta. (Jussila ym. 2010.)

PTV-marginaalia voidaan pienentää eturauhasen sädehoidossa kohdistustarkkuuden parantuessa Bolesch ym. (2014) totesivat tutkimuksessaan, että kV- ja kV-KKTT-kohdistus kultajyviin ovat yhtä tarkkoja kohdistusmenetelmiä ja että hypofraktioidun eturauhasen sädehoidon PTV-marginaali voidaan pitää 5 mm:n alueella tai alle sen, mutta eturauhasen seuranta hoidon aikana on suositeltavaa. Hypofraktioidusta sädehoidon kerta-annoksesta potilaalle aiheutuvat edut ovat peräsuolelle aiheutuvien haittojen väheneminen. Tämän johdosta potilaan elämänlaatu paranee, joka on selvä etu. Lisäksi tavanomaisesti fraktioidun sädehoidon hoitoaikaa on mahdollista lyhentää kahdeksasta viikosta neljään viikkoon. Tästä seuraa etuja resurssien optimoinnin ja kustannusten pienemisen muodossa. (Angulo ym. 2015, Benson ym. 2014, Den ym. 2013.)

Tavanomaisesti fraktioidussa eturauhassyöpöpotilaan sädehoidossa potilaan kerta-annos (fraktiokoko) on 1.8–2 Gy:ta. Hoito kestää yhden tunnin päivässä, viitenä päivänä viikossa kokonaihoitoajan ollessa kahdeksan viikkoa, jolloin kokonaisannoksen suuruus on 76–80 Gy:ta. Hypofraktioidussa hoidossa kerta-annos on 2.1–3.5 Gy:ta. Hoitoa annetaan kerran päivässä, viitenä päivänä viikossa kokonaihoitoajan ollessa noin neljä viikkoa. (Den ym. 2013.) Äärimmäisessä (extreme) hypofraktioinnissa hoidon kerta-annos on > 4–10 Gy:ta kokonaisannoksen suuruuden ollessa 35–50 Gy:ta. Kokonaihoitoajan kesto on 1–2 viikkoa. (Aebersold ym. 2017.)

## **TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TAVOITTEET**

Tarkoituksena oli selvittää, kuinka paljon röntgenhoitajan tekemä eturauhassyöpöpotilaan kohdistus röntgenkuvavaparin avulla eroaa offline-tarkastelussa (offline review) tehtävästä automaattisesta kohdistuksesta, joka perustuu eturauhassyöpöpotilaasta hoidon aikana otettuihin KKTT-kuviin. Tutkimuksen

tavoitteena oli löytää parhaat menetelmät suorittaa kohdentaminen automaattisella kohdistuksella.

*Tutkimusongelmat olivat:*

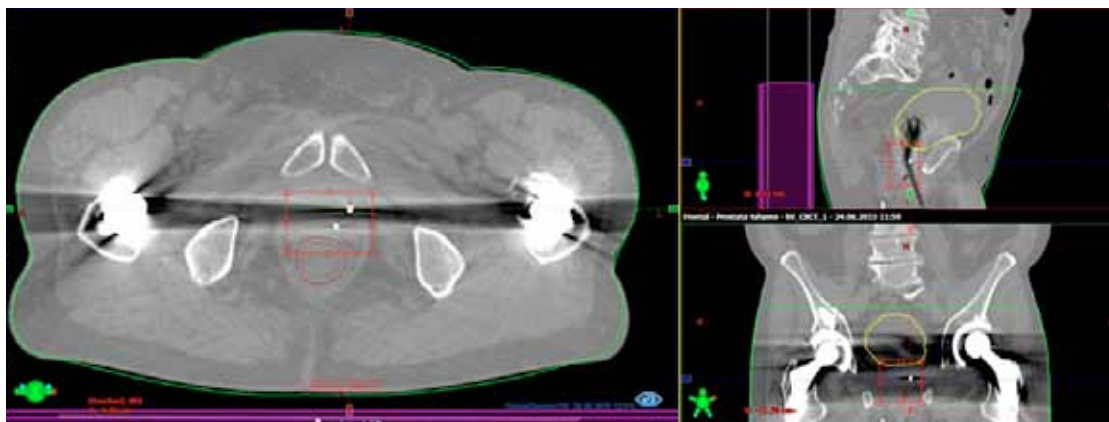
1. Kuinka paljon eroa on automaattisen kohdentamisen ja röntgenhoitajan tekemän kohdentamisen välillä?
2. Mikä automaattisen kohdistuksen menetelmistä tuottaa parhaimman kohdistustuloksen?
  - 2.1. Minkälaisella mielenkiinnon alueen rajaamisella saavutetaan paras kohdistustulos?
  - 2.2. Minkälaisella mielenkiinnon alueen rajaamisella ja kultajyviin kohdistamisella saavutetaan paras kohdistustulos?
3. Tuottaako pöydän kierron (rot) valinta paremman kohdistustuloksen, ja onko automaattisen kohdistuksen ilmoittamalla pöydän kierron suuruudella merkitystä sädehoidon kohdentamisessa?

## **MENETELMÄT**

### **Tutkimusaineiston keruu**

Aineisto kerättiin elokuussa 2016 yliopistollisen sairaalan sädehoidon yksikössä sädehoidon annossuunnittelussa käytettävän Varianin Aria-ohjelmiston offline-tarkastelun avulla. Aineiston keruussa oli käytössä sädehoidon yksiköstä saatu lista, joka sisälsi vuoden 2015 toisella puoliskolla hoidetut eturauhassyöpöpotilaat (117 potilasta). Listassa oli neljä potilasta, joilla hoitoalue kohdistui muualle kuin eturauhasen (esim. pään ja kaulan alueelle). Listan kooksi muodostui siten 113 potilasta, mihin sisältyi tutkimusaineiston perusjoukko eli 51 SIB-hoidolla hoidettua eturauhassyöpöpotilasta. Perusjoukon ulkopuolella oli myös eturauhassyöpöä sairastavia potilaita, mutta heillä hoitomuoto oli eri kuin SIB-hoito (esim. imusolmukkeet sisältyivät hoitoalueeseen).

Tutkimuksen otos koostui SIB-hoidolla hoidetuista eturauhassyöpöpotilaista, joille sädehoitajakson aikana oli suoritettu KKTT-kuvauksia ennen yksittäisellä hoitokerralla annettavaa sädehoitoa. KKTT-kuvauksia ei suoriteta



**Kuvio 1.** Automaattiseen kohdistukseen käytettävä ohjelma offline-tarkastelussa.

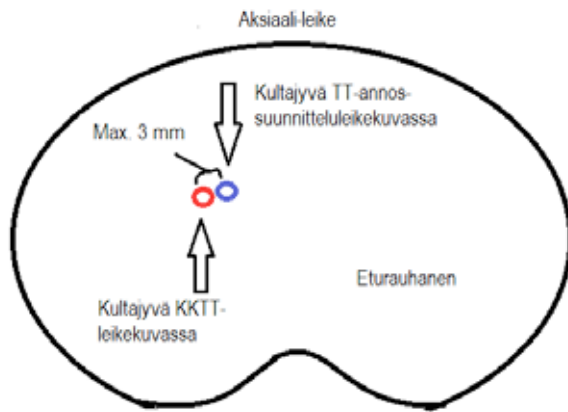
rutiinisti jokaisen sädehoitokerran yhteydessä, vaan SIB-hoidolla hoidettavan potilaiden KKTT-kuvauksen tarve on arvioitu sädehoitokertakohtaisesti tarkistamalla kohdistamiseen käytettävistä kV-kuvista, onko hoitoalueella poikkeavuuksia, joiden takia KKTT-kuvaus tulisi tehdä. Sädehoidon yksikön sisäisen ohjeen mukaan indikaationa KKTT-kuvaukselle voivat olla ilma tai uloste PTV-alueen sisäpuolella tai rektum-rakenteen ulkopuolella. Ilma ei välttämättä aina johda KKTT-kuvaukseen, vaan potilaalle suoritetaan ensimmäisen kV-kuvauksen jälkeen ilmaus, jonka tulos tarkistetaan uuden kV-kuvauksen avulla. Jos ilmaus ei auttanut, tämän jälkeen suoritetaan KKTT-kuvaus ja tehdään tulkinta ja hoitopöydän siirrot KKTT-kuvauksen perusteella. (Heikkilä ym. 2015.)

Tutkimuksen otokseen valikoitui kaksikymmentä potilasta, joille hoitajakson aikana tehtyjen KKTT-kuvausten määrä per potilas vaihteli yhden ja viiden välillä. Otos sisälsi yhteensä neljäkymmentä KKTT-kuvausta, kun kaikki suoritettut KKTT-kuvaukset laskettiin yhteen.

Potilaslistaa käytiin offline-tarkastelussa (kuvio 1) läpi potilas kerrallaan ja yksittäiseltä potilaalta tarkistettiin hoitajakson aikajanalta, oliko hänelle suoritettu KKTT-kuvauksia. Jos KKTT-kuvaus oli suoritettu, valittiin kyseinen hoitokerta ja tarkistettiin sen aikajanalta, että KKTT-kuvaus on kV-kuvien perusteella suoritettuna online-asettelun (online matched position) ja hoitokerran välissä. Kuvio 1.

Röntgenhoitajan kV-kuvien perusteella suorittamat hoitopöydän siirrot (couch delta) potilaan asettelussa vrt-, lng- ja lat-suunnassa kirjattiin muistiin Excel-taulukoon. Offline-tarkastelussa KKTT-kuvia voidaan verrata TT-annossuunnittelukuviin ja tutkia, kuinka paljon röntgenhoitajan suorittama potilaan asettelu poikkeaa suunnittelukuvauksen asettelusta. TT-leikkeitä selaamalla etsittiin kultajyvä niin, että se näkyi yhtä aikaa aksiaali-, koronaali- ja sagittaalitasossa (katso kuvio 1). Leiketaison alareunassa on nuoli (kuvio 2), jota liikuttamalla saadaan kultajyvä TT- ja KKTT-leikkeessä näkymään yhtä aikaa niin, että niiden etäisyyttä voidaan verrata keskenään. Jos kultajyvien välinen ero vrt-, lng tai lat-suunnassa oli suurempi kuin 3 mm, tästä kirjattiin etäisyys ja suunta Excel-taulukkoon. Yllä oleva tarkastelu tehtiin kaikille eturauhaseen istutetuille kultajyville, joita on yleensä kolme kappaletta. Kuvio 2.

Offline-tarkastelussa on vastaavanlainen ”automaattinen kohdistus” -ominaisuus (auto matching) kuin online-tarkastelussa. Offline-tarkastelussa voidaan testata, kuinka paljon automaattinen kohdistus vielä parantaa potilaan asettelua röntgenhoitajan tekemästä asettelusta. Automaattisen kohdistus voidaan suorittaa erilaisilla parametreilla (kuvio 3). Tässä tutkimuksessa käytettiin kolmea eri tapaa, joista ensimmäisessä rajattiin mielenkiinnon alue käsittämään eturauhasen alue aksiaali-, sagittaali- ja koronaalitasossa (katso



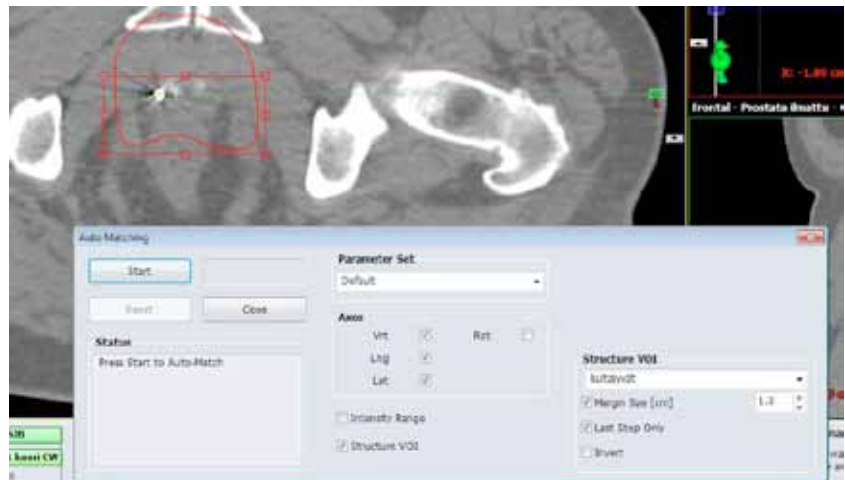
**Kuvio 2.** KKTT-leikekuvien vertailu TT-annossuunnitteluleikekuviin (kultajyvien välinen toleranssi 3 mm).

kuvio 1). Toisessa tavassa mielenkiinnon alueen lisäksi parametriksi valittiin mielenkiinnon rakenne (Structure VOI), joka oli kultajyvä. Kolmannessa tavassa mielenkiinnon alueen ja kultajyvien lisäksi valittiin parametriksi pöydän kierto (rot). Kuvio 3.

Automaattisen kohdistuksen ehdottamat siirrot (mittaustulokset) kahdella ensimmäisellä kohdistustavalla vrt-, lng- ja lat-suunnissa sekä kolmannella tavalla edellä mainittujen lisäksi rot-suunnassa, kirjattiin analysointia varten Excel-taulukkoon. Tämän jälkeen TT-leikkeitä selaamalla etsittiin kultajyvä, niin että se näkyi yhtä aikaa aksiaali-, koronaali- ja sagittaalitasossa. Leiketason alareunassa olevaa nuolta liikuttamalla saatiin kultajyvä TT-leikkeessä ja KKTT-leikkeessä näkymään niin, että niiden etäisyyttä voidaan verrata keskenään. Jos kultajyvien välinen ero on  $> 3$  mm, joka on yliopistollisen sairaalan sädehoidon toleranssiarvo eturauhassyövän sädehoidossa, niin kyseessä ei ole hyväksyttävä tulos (Kurttila 2016a). Tällaisessa tilanteessa tilanne palautettiin samaksi kuin ennen automaattista kohdistusta. Tämän jälkeen automaattinen kohdistus suoritettiin uudestaan rajaamalla mielenkiinnon alue tarkemmin kultajyvien ympärille kaikissa kolmessa leiketiasossa. Yllä oleva tarkastelu tehtiin kaikille eturauhaseen istutetuille kultajyville, joita on yleensä kolme kappaletta. Jos TT- ja

KKTT-leikkeissä näkyvien kultajyvien välinen ero oli vielä useiden automaattisten kohdistusyritysten jälkeen  $> 3$  mm, niin tästä kirjattiin huomio Excel-taulukkoon.

Jos automaattisen kohdistuksen ehdottamat siirrot ovat  $\leq 3$  mm, niin tästä voidaan päätellä, että röntgenhoitajan tekemä asetelu kV-kuvien perusteella on 3 mm:n toleranssin sisällä. Tällöin TT- ja KKTT-leikkeissä näkyvien kultajyvien välinen ero ei kuitenkaan saa olla  $> 3$  mm. Jos automaattisen kohdistuksen siirtojen avulla saadaan TT- ja KKTT-leikkeissä näkyvät kultajyvä paremmin kohdalleen, niin tällöin automaattisen kohdistuksen tulos on



**Kuvio 3.** Automaattisen kohdistamisen parametrit.

parempi kuin röntgenhoitajan tekemä kohdistus. Jos automaattisen kohdistuksen tulos TT- ja KKTT-leikevertailussa on huonompi, on röntgenhoitajan tekemä manuaalinen kohdistus parempi. Mahdollinen syy automaattisen kohdistuksen ehdottamille suurille siirroille voi olla röntgenhoitajan tekemä aseteluvirhe tai se, että kultajyvä ovat liikkuneet kV- ja KKTT-kuvausten välillä. Röntgenhoitajasta riippumattomia syitä suurille siirtotarpeille, jotka syntyvät kV-kuviin perustuvan asettelun jälkeen, voivat olla potilaan liikahtaminen hoitopöydällä tai peräsuoleen kertynyt ilma.

### Aineiston analysointi

Excel-taulukkoon kerätyt mittaustulokset siirtotarpeista analysoitiin käyttäen Van Herkin (2004, 53–54) esittämää tapaa. Potilaskohtaisesti KKTT-kuvausten määrä vaihteli yhdestä viiteen. Jotta tämän tutkimuksen tulokset olisivat tilastollisesti luotettavia, olisi KKTT-kuvausten potilaskohtaisesti ollut suotavaa olla vähintään viisi, sillä jos perusjoukon jakauma on normaalijakautunut ja ns. ”hyvää muotoa” eli yksi-huippuinen ja symmetrinen, niin pienempikin otoskoko riittää (esim.  $n = 5$ ) (Ruuhonen 2011).

	Mielenkiinnon alue (n= 40)			Mielenkiinnon alue ja kultajyvät (n=40)			Mielenkiinnon alue, kultajyvät ja pöydän kierto (n = 40)			
	vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)	vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)	vrt (mm)	lng (mm)	lat (mm)	rot (°)
M	-0,7	-0,0	-0,2	-0,7	0,1	-0,2	-0,5	0,1	-0,3	-0,6
SD	1,6	2,3	1,0	1,3	1,7	1,0	1,5	1,6	0,9	1,4
Min	-3,0	-9,0	-3,0	-3,2	-3,0	-2,0	-2,9	-3,7	-2,0	-3,9
Max	4,0	5,0	2,0	2,0	6,0	2,0	3,2	5,0	2,0	2,7

**Taulukko 1.** Automaattisten kohdistustapojen keskiarvot ja keskihajonnat (n = 40).

Röntgenhoitajan suorittamille hoitopöydän siirroille ja automaattisille kohdistustavoille laskettiin myös yksittäisten suuntien kaikkien siirtojen (n = 40) keskiarvot ja keskihajonnat. Koska otoskokoa n = 30 pidetään yleisesti tilastolliselle tutkimukselle riittävänä, niin **tässä artikkelissa keskitytään kuvaamaan tuloksia hoitopöydän siirroista kerätyn aineiston avulla** (Heikkilä 2008, Ruohonen 2011).

Hoitopöydän yksittäisten suuntien siirtoja (n = 40) eri automaattisilla kohdistustavoilla tarkasteltiin histogrammien avulla. Hoitopöydän kierron vaikutusta kohdistustuloksiin tarkasteltiin korrelaatioanalyysin avulla. Eri automaattisen kohdistuksen tapoja verrattiin myös röntgenhoitajan tekemään kohdistukseen ja t-testin sekä Mann-Whitneyn U-testin avulla tutkittiin, löytyykö niiden väliltä tilastollisesti merkitseviä eroja vrt-, lng- ja lat-suunnissa sekä kolmannella automaattisella kohdistustavalla lisäksi rot-suunnassa. Näiden vertailujen avulla etsittiin vastauksia tutkimusongelmiin.

## TULOKSET

Automaattisten kohdistustapojen eri suuntien kaikkien siirtojen (n = 40) keskiarvot, keskihajonnat sekä minimi- ja maksimi-arvot on esitetty taulukossa 1.

Automaattisen kohdistuksen ehdottamia hoitopöydän siirtoja (n = 40) kaikilla kohdistustavoilla ja kaikissa suunnissa verrattiin röntgenhoitajan tekemään kohdistukseen t-testin ja tarvittaessa Mann-Whitneyn U-testin avulla. Tilas-

tollisesti merkitseviä eroja ( $p < 0.050$ ) hoitopöydän siirroissa havaittiin kaikkien kolmen eri kohdistustavan vrt-suunnissa, joissa keskiarvot vaihtelivat välillä -0.7 mm–0.5 mm. lng- ja lat-suunnan siirrot eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi röntgenhoitajan tekemästä kohdistuksesta millään kohdistustavalla. Myös pöydän kierron (rot) ollessa kohdistusparametrina havaittiin rot-suunnassa tilastollisesti merkitsevää eroa röntgenhoitajan tekemään kohdistukseen verrattaessa (pöydän kierron keskiarvo oli -0.6 °).

**Hoitopöydän siirtojen keskihajonta** oli suurinta lng-suunnassa (2.3 mm) automaattisella kohdistuksella mielenkiinnon alue rajattuna. Vrt-suunnassa keskihajonta oli samaa suuruusluokkaa automaattisella kohdistuksella mielenkiinnon alue rajattuna (1.5 mm) sekä mielenkiinnon alueen rajauksella mielenkiinnon rakenteena kultajyvä ja pöydän kierto valittuna (1.6 mm). Pienin keskihajonta (1.3 mm) vrt-suunnassa oli automaattisella kohdistuksella mielenkiinnon alue rajattuna mielenkiinnon rakenteena kultajyvät. Lat-suunnassa keskihajonnat olivat kaikilla kohdistustavoilla välillä 0.9 mm–1.0 mm. Pöydän kierron ollessa kohdistusparametrina rot-suunnassa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ( $p = 0.012$ ) verrattuna röntgenhoitajan tekemään kohdistukseen (keskiarvo = -0.6° ja keskihajonta = 1.4°).

Röntgenhoitajan tekemän kohdistuksen jälkeisessä offline-tarkastelussa havaittiin yhdeksällätoista potilaalla eri suunnissa yli 3 mm:n välisiä eroja

kultajyvissä TT-suunnittelu- ja KKTT-kohdistuskuvia vertailtaessa. Automaattinen kohdistus kultajyviin tai kultajyviin pöydän kierron kanssa pienensi kultajyvien välisen eron TT-suunnittelu- ja KKTT-kohdistuskuvia verratessa pienemmäksi kuin alle 3 mm paitsi kahden potilaan tapauksessa. Suurin osa automaattisen kohdistuksen suorittamista hoitopöydän siirroista (87.5 %–100.0 %) – kaikilla kohdistustavoilla ja kaikissa eri suunnissa – pysyivät välillä  $\pm 3$  mm.

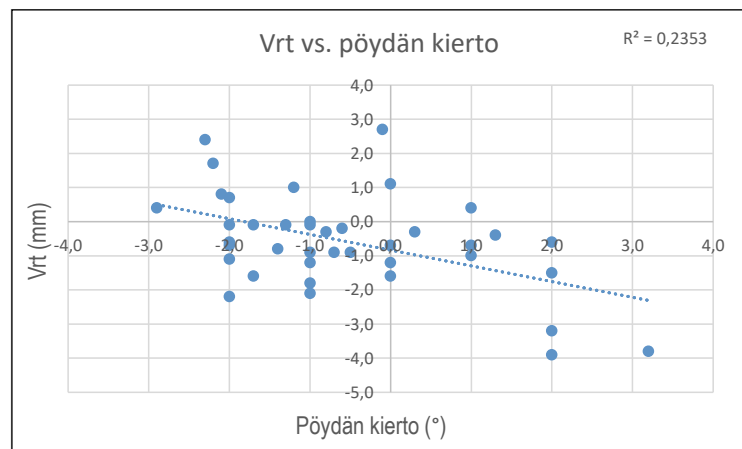
Offline-tarkastelun perusteella automaattinen kohdistus mielenkiinnon alueen rajauksella ei anna niin hyviä kohdistustuloksia kuin kohdistus mielenkiinnon alueen rajauksella mielenkiinnon rakenteena kultajyvät tai kohdistus mielenkiinnon alueen rajauksella mielenkiinnonrakenteena kultajyvät ja pöydän kierto valittuna. Viimeksi mainittu kohdistustapa oli tarkempi kahdessa ja epätarkempi yhdessä tapauksessa kuin kohdistus mielenkiinnon alue rajattuna mielenkiinnon rakenteena kultajyvät.

Pelkkää mielenkiinnon alueen rajausta käytettäessä alue täytyy rajata myös tarkasti eturauhasen ympärille aksiaali-, sagittaali- ja koronaalitasoissa. Kun mielenkiinnon rakenteeksi valitaan kultajyvät mielenkiinnon alueen rajauksen lisäksi, kohdistustarkkuus paranee ja lisäksi kohdistusyritykset parhaan mahdollisen kohdistustuloksen saamiseksi vähenevät. Mielenkiinnon alueen täytyy olla tiukasti rajattu kultajyvien ympärille aksiaali-, sagittaali- ja koronaalitasoissa parhaan kohdistustuloksen aikaansaamiseksi.

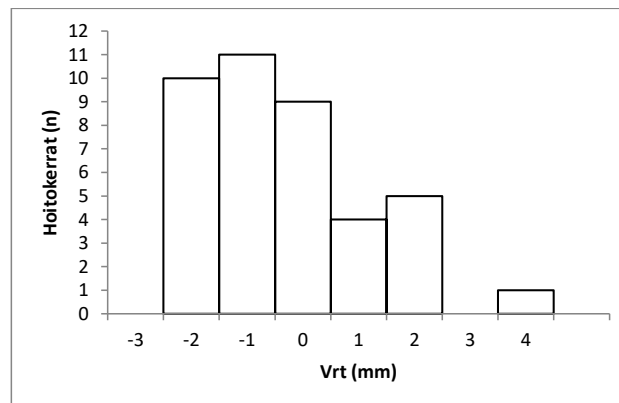
**Pöydän kierron lisääminen** kohdistusparametriksi ei offline-tarkastelussa näyttänyt parantavan kohdistustuloksia muuten kuin kahdessa tapauksessa. Pöydän kierron arvot olivat  $-3.2^\circ$  ja  $-3.9^\circ$ . Ensiksi mainitulla potilaalla oli peräsuolella ilmaa, joka painoi yhtä ylemmistä kultajyvistä vatsanpuolelle vrt-suunnassa. Lisäksi yhden kultajyvän vieressä oli artefaktia. Toisella mainituista potilaista oli suolessa paljon ilmaa ja ulostetta. Kaikki kultajyvät sijaitsivat KKTT-kohdistuskuvissa enemmän supussa kuin TT-suunnittelukuvissa. Yhdessä tapauksessa kohdistustulos pöydän kierron ( $-3.8^\circ$ ) kanssa oli huonompi. Potilaan peräsuolella oli ilmaa, ja kultajyvistä aiheutui artefaktia, josta syystä kohdistus oli vaikeaa suorittaa manuaalisestikin.

Pöydän kierron yhteyttä vrt-, lng- ja lat-suunnan siirtoihin selvitettiin korrelaation avulla vertaamalla keskenään automaattista kultajyväkohdistusta ja automaattista kultajyväkohdistusta pöydän kierrolla. Tuloksista havaittiin, että korrelaatio on positiivinen ja voimakas ( $r \geq 0.7$ ) ja yhteys tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0.050$ ) kaikissa suunnissa, joten pöydän kierron kanssa vrt-, lng- ja lat-suunnan siirrot eivät eroa merkittävästi kultajyväkohdistuksen vastaavien suuntien siirroista.

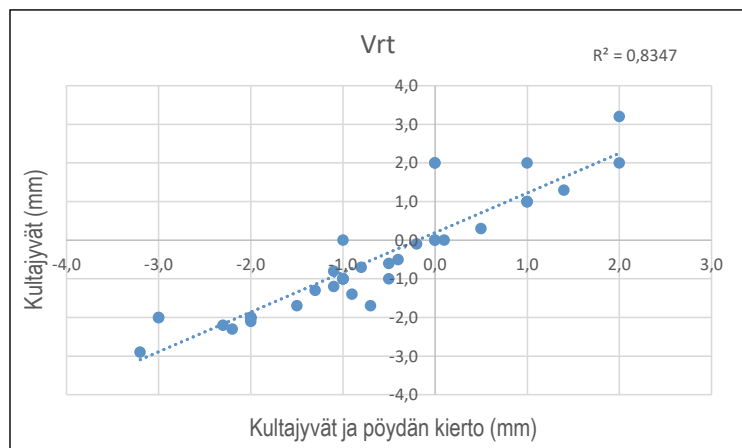
Tarkasteltaessa automaattista kohdistusta kohdistusparametreina kultajyvät ja pöydän kierto (katso kuvio 4) havaittiin, että vrt- ja rot-suunnan välinen negatiivinen korrelaatio oli kohtalainen tai merkittävä ( $r = 0.49$ ). Yhteys on myös tilastollisesti merkitsevä, sillä  $p = 0.002$ . lng- ja rot-suunnan sekä lat- ja rot-suunnan välillä korrelaatio oli kohtalainen tai heikko eivätkä yhteydet olleet tilastollisesti merkitseviä ( $p > 0.050$ ). Pöydän kierrolla näyttäisi siten olevan yhteys vrt-suunnan siirtoihin. Sama johtopäätös voidaan tehdä myös tarkasteltaessa vrt-suunnan histogrammeja kultajyväkohdistuksella sekä kultajyväkohdistuksella pöydän kierron kanssa (katso kuvio 5). Vaikka jakauma pöydän kierron kanssa näyttää muuttuvan oikealle vinoksi, niin kultajyväkohdistuksen vrt-suunnan siirtojen ja kultajyväkoh-



**Kuvio 4.** Vrt-suunnan siirtojen yhteys pöydän kierron kanssa.



**Kuvio 5.** Vrt-suunnan histogrammi automaattisella kohdistuksella kultajyviin ja pöydän kierrolla ( $n = 40$ ).



**Kuvio 6.** Vrt-suunnan siirtojen yhteys ilman pöydän kiertoa ja sen kanssa.



distuksen pöydän kierrolla vrt-suunnan siirtojen (katso kuvio 6) välinen positiivinen korrelaatio pysyy kuitenkin voimakkaana ( $r = 0.91$ ).

Itseisarvoltaan  $< 1^\circ$  pöydän kierroilla ei ole merkitystä eturauhassyövän hoidossa, sillä yhden asteen muutos ei aiheuta isoa siirtymää hoitoalueen ääri-reunoilla. Lisäksi jos pöydän kierto parantaa kultajyvien kohdistusta, se on hyödyllistä ottaa käyttöön (Kurttila 2016b). Tutkimusaineistossa ( $n = 40$ ) hieman alle puolella (45 %) pöydän kieroista asteluku oli  $\geq 1^\circ$ , joten hieman yli puolella (55 %) pöydän kieroista ei ollut merkitystä potilaan hoidon kannalta. Pöydän kierron ei myöskään todettu parantavan kohdistustuloksia muuta kuin kahdessa tapauksessa, joissa asteluku oli  $< -3^\circ$ , mikä aiheuttaa lisätyötä hoidon toteuttamisessa, koska hoitopöytä joudutaan kääntämään hoitohuoneen puolelta kaikissa itseisarvoltaan yli kolmen asteen kierroissa. Kaikista pöydän kiertoon liittyvistä tuloksista päätellen pöydän kierron lisääminen kohdistusparametriksi ei paranna kohdistustuloksia niin merkittävästi, että se kannattaisi ottaa käyttöön.

## POHDINTA

### Automaattinen kohdistaminen vs röntgenhoitajan suorittama kohdistaminen

Hoitopöydän siirtojen keskiarvot ja keskihajonnat ovat samaa suuruusluokkaa, tai ne eivät eroa merkittävästi toisistaan vrt-, lng- ja lat-suunnissa eri kohdistustavoilla. Siksi kaikilla kolmella eri kohdistustavalla päästäisiin lähes samoihin kohdistustuloksiin. Kuitenkin offline-tarkastelun systemaattisten havaintojen perusteella automaattista kohdistusta pelkällä mielenkiinnon alueen rajauksella voidaan pitää kohdistustarkkuudeltaan muita kohdistustapoja epätarkempana.

Eturauhassyöpäpotilaan sädehoitokerran kohdistus kV-kuvien avulla perustuu TT-suunnittelukuvista luotujen aksiaalikuviin vertailuun. Kohdistuksessa vertaillaan luisten rakenteiden

ja kultajyvien sijaintia kv-kohdistuskuvien ja TT-aksiaalikuviin välillä. KKTT-kuvauksen avulla suoritettavan automaattisen kohdistuksen ilmoittamien pöydän siirtojen arvoilla eri suunnissa voidaan tarkastella röntgenhoitajan suorittaman kohdistuksen tarkkuutta. Tässä tutkimuksessa hoitopöydän siirtoja ( $n = 40$ ) tarkasteltaessa KKTT-kuvauksen avulla suoritettu automaattinen kohdistus erosi tilastollisesti merkitsevästi röntgenhoitajan tekemästä kohdistuksesta vrt-suunnassa kaikilla kohdistustavoilla. Hoitopöydän siirtojen keskiarvo eri suunnissa oli kuitenkin alle yhden mm:n ( $-0.7 \text{ mm} - -0.5 \text{ mm}$ ), joten sitä ei voida pitää sädehoidon kohdistamisen kannalta kliinisesti merkittävänä (Kurttila 2016b). Bell ym. (2015) totesivat tutkimuksessaan kv-KKTT:n kohdistustarkkuutta tutkiessaan, että  $-0.7 \text{ mm:n}$  suuruinen hoitopöydän vrt-suunnan siirtojen keskiarvo on lähellä nollaa. Lisäksi heidän yksikössään ei hoitopöydällä voinut toteuttaa alle  $1 \text{ mm:n}$  siirtoja, joten he katsoivat tämän suuruisten siirtojen olevan merkityksettä (Bell ym. 2015).

Potilaan kohdistamisessa KKTT-kuvauksen avulla pyritään TT-suunnittelukuvien ja KKTT-kohdistuskuvien kultajyvien sijainnissa päällekkäisyyteen. Täydellistä päällekkäisyyttä ei kuitenkaan ole aina mahdollista saavuttaa. Toleranssi on  $3 \text{ mm}$  eli  $> 3 \text{ mm:n}$  eroja kultajyvien välillä ei voida pitää hyväksyttävänä tuloksena. (Kurttila 2016a.) Automaattisen kohdistuksen suorittamia hoitopöydän siirtoja tarkasteltaessa  $> 3 \text{ mm:n}$  siirrot voivat viitata kv-kuvauksen jälkeiseen röntgenhoitajan asettelun epätarkkuuteen, potilaan peräsuoleen kerääntyneeseen ilmaan tai potilaan liikkumiseen hoitopöydällä (Kurttila 2016b).

Bissonnette ym. (2007) vertailivat hoitopöydän siirtojen välisiä eroja MV-kohdistuskuviin ja kv-KKTT-kohdistuskuviin perustuvan kultajyväkohdentamisen välillä. Potilaista oli vastaavalla tavalla otettu MV- ja KKTT-kuvat ennen sädehoitokerran toteutusta, kuten tämän

artikkelin tutkimuksessa. Hoitopöydän siirrot sijoittuvat suurimmaksi osaksi  $\pm 3 \text{ mm:n}$  välille (95.5 % vrt-suunnassa, 91.3 % lng-suunnassa ja 99.7 % lat-suunnassa). (Bissonnette ym. 2007.) Tässä tutkimuksessa suurin osa automaattisen kohdistuksen suorittamista hoitopöydän siirroista kaikilla kohdistustavoilla ja kaikissa eri suunnissa pysyivät välillä  $\pm 3 \text{ mm}$  seuraavasti:

Mielenkiinnon alueen rajauksella vrt-suunnassa 95.0 %, lng-suunnassa 87.5 % ja lat-suunnassa 100.0 %.

Kultajyväkohdennuksella vrt-suunnassa 97.5 %, lng-suunnassa 95.0 % ja lat-suunnassa 100.0 %.

Kultajyväkohdennuksella pöydän kierron kanssa vrt-suunnassa 97.5 %, lng-suunnassa 95.0 % ja lat-suunnassa 100.0 %.

Sen perusteella, että automaattisen kohdistuksen suorittamat hoitopöydän siirrot sijaitsevat suurimmalta osin  $\pm 3 \text{ mm:n}$  sisällä ja myöskin tilastollisen tarkastelun perusteella, röntgenhoitajan suorittamaa kv-kohdistusta kultajyviin voidaan pitää lähes yhtä hyvänä menetelmänä kuin automaattista kohdistusta KKTT:n avulla kultajyviin. Systemaattisten (visuaalisten) havaintojen perusteella automaattinen kohdistus kuitenkin parantaa kohdistustarkkuutta, jos röntgenhoitajan suorittaman kohdistuksen jälkeen TT-suunnittelukuvien ja KKTT-kohdistuskuvien välillä kultajyvien välinen ero  $> 3 \text{ mm}$ . Näin suuri ero voi johtua röntgenhoitajan suorittaman asettelun epätarkkuudesta, kv-kuvauksen jälkeen peräsuoleen kertyneestä ilmasta tai potilaan liikkumisesta hoitopöydällä. Eniten yli  $3 \text{ mm:n}$  eroja havaittiin vrt- ja lng-suunnissa, joissa eturauhasen liikkuvuuden on tutkimusten mukaan todettu olevan suurinta (Aoyama ym. 2011). Tulosten voidaan katsoa puoltavan KKTT:n käyttöä eturauhassyöpäpotilaan hoidon kohdistamisessa.

Toisin kuin kv-kohdistuskuvista, KKTT-kohdistuskuvista voidaan erottaa myös pehmytkudoksia, kuten esim. eturauhanen. Vaikka kultajyvät olisivat TT-suunnittelukuvien ja KKTT-kohdistuskuvien välisessä vertai-

lussa paikallaan, voi eturauhanen olla esim. kallellaan ja painautua hoitoalueen (PTV) yli. (Kurttila 2017.) Offline-tarkastelussa havaittiin myös seuraavaa: jos peräsuolella on runsaasti ulostetta ja kultajyvät ovat TT-suunnittelukuvien ja KKTT-kohdistuskuvien välisessä vertailussa kohdakkain niin peräsuoli tulee hoitoalueen (PTV) sisälle altistuen säteilylle ja sen johdosta haitoilte.

### **Mielenkiinnon alueen rajauksesta**

Automaattista kohdistusta kokeiltiin erikokoisilla mielenkiinnon alueen rajauksilla ja havaittiin, että rajausta tarkasti eturauhasen ympärille ja kultajyvät valittuna mielenkiinnon rakenteeksi antoi parhaimman kohdistustuloksen. Brinkmann ym. (2014) vertailivat tutkimuksessaan erikokoisia (pieni, keskikokoinen ja suuri) mielenkiinnon alueita keuhkosyöpäpotilaita kohdistettaessa Varianin automaattisen kohdistuksen avulla. Pelkällä mielenkiinnon alueella pienin mielenkiinnon alue antoi parhaimman kohdistustuloksen (Brinkman ym. 2014). Parhaimmat kohdistustulokset Brinkman ym. (2014) saavuttivat tutkimuksessaan pienellä mielenkiinnon alueen rajauksella ja käyttämällä PTV:tä mielenkiinnon rakenteena.

### **Pöydän kierto (rot)**

Korrelaatioanalyysissä havaittiin vrt-suunnan siirtojen ja pöydän kierron välillä kohtalainen tai merkittävä riippuvuus, kun kohdistusmenetelmänä oli automaattinen kohdistus mielenkiinnon alue rajattuna mielenkiinnon rakenteena kultajyvät ja pöydän kierto valittuna. Korrelaation avulla ei pystytty selvittämään kumpi muuttujista (vrt-suunnan siirrot vai pöydän kierto) on syy ja kumpi seuraus, eli kausaaliteetti jäi tässä tapauksessa selvittämättä (Broberg ym. 2011). Tässä tutkimuksessa ei löydetty selittävää muuttujaa vrt-suunnan siirtojen ja pöydän kierron yhteydelle. Offline-tarkastelun empiiristen havaintojen perusteella sekä aiempien tutkimusten mukaan (Van Herk 2004) eturauhasen on mahdollista kiertyä

vrt-, lng- ja lat-akselin suhteen. Tässä tutkimuksessa syitä eturauhasen kiertymiselle olivat asetelusta johtuva potilaan kiertyminen lng-akselin suhteen (roll), uloste tai ilma peräsuolella ja edellä mainittujen sijainti eturauhasen nähden (aiheuttaa eturauhasen kiertymistä lat-akselin suhteen (pitch), mutta myös eturauhasen liikkumista vrt-suunnassa). Potilaan lantio voi olla myös lat-akselin suhteen kiertyneenä, mikä aiheuttaa myös eturauhasen kiertymisen lat-akselin suhteen. Empiiristen havaintojen perusteella tulkittuna vrt-, lng-, lat- ja rot-suunnan siirroilla ei saada lng- tai lat-akselin suhteen kiertyneen eturauhasen kultajyviä täysin kohdilleen offline-tarkastelussa automaattisen kohdistuksen avulla, vaan tarvittaisiin vielä pitch- ja roll-suunnan siirrot. Toisaalta, jos pitch- ja roll-suunnan siirrot olisivat mukana automaattisessa kohdistamisessa, niin todennäköisesti rot-suunnan siirtojen arvot pienenisivät kohdistamisessa. Selittävää muuttujaa vrt-suunnan siirtojen ja pöydän kierron yhteydelle olisi voitu mahdollisesti selvittää pitch- ja roll-suunnan siirtojen avulla, mutta niitä ei ollut mahdollista käyttää offline-tarkastelussa, koska niillä hoitokoneilla, joilla aineiston potilaita oli hoidettu, ei ollut kyseisiä hoitopöydän vapausasteita käytössä.

### **Automaattiseen kohdistukseen liittyviä havaintoja**

Runsas ilma tai uloste peräsuolella näyttää vaikeuttavan automaattista kohdistusta, jos siitä aiheutuu eturauhasen kiertymistä lng-akselin ympäri. Potilaan asetelu voi myös aiheuttaa eturauhasen kiertymistä lng-akselin ympäri. Eturauhasen on mahdollista kiertyä eniten lat-akselin ympäri (Van Herk 2004), mutta tätä ilmiötä ei ollut mahdollista tarkastella automaattisen kohdistuksen avulla, joten havainnot eturauhasen kiertymisestä lat-akselin ympäri ja sen yhteys automaattiseen kohdistukseen jäivät tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Kahdessa potilastapauksessa eturauhasessa näytti kultajyvien lisäksi olevan ylimää-

räistä metalliartefaktaa aiheuttavaa materiaalia (tai itse kultajyvät aiheuttivat artefaktaa), jolloin automaattinen kohdistus oli huonompi kuin röntgenhoitajan tekemä tai riittävää kohdistustarkkuutta ( $\leq 3$  mm) ei saavutettu. Yhdessä potilastapauksessa kultajyvien sijainti näytti muuttuneen TT-kuviin verrattuna ja peräsuolella oli runsaasti ulostetta, jolloin automaattinen kohdistus ei saavuttanut riittävää kohdistustarkkuutta.

Lantion alueen KKTT-kuvantamiseen liittyy myös ilmatiloista johtuvaa artefaktaa. Rektumissa olevan ilman määrä voi muuttua kuvauksen aikana ja aiheuttaa ympäröivän pehmytkudoksen liikkumista, jolloin anatomisten rakenteiden luotettava tunnistaminen vaikeutuu. Lisäksi ohutsuolessa oleva ilma voi aiheuttaa juova-artefaktaa (streaking artefact). (Bryant ym. 2010.)

### **Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys**

Tutkimuksessa pyrittiin erityiseen huolellisuuteen sen kaikissa vaiheissa. Automaattisessa kohdistuksessa tehtiin useampia kohdistusyrityksiä, jos TT-suunnittelukuvien ja KKTT-kohdistuskuvien kultajyvien välinen toleranssi  $\pm 3$  mm ylittyi. Mielenkiinnon alueen rajausta käytettäessä yritettiin aina löytää sellainen rajaus, jolla saavutetaan paras kohdistustulos. Potilasaineiston alkupään tuloksiin saattaa vaikuttaa se, että aineistoa kerätessä kuvien tarkastelussa ja niiden menetelmien käytössä, joita käytettiin TT-suunnittelukuvien ja KKTT-kohdistuskuvien vertailussa tapahtui henkilökohtaista kehittymistä. Tarkastelun edetessä potilaskohtaisten kohdistustulosten läpikäynnistä kehittyi rutiini. Potilasaineiston tarkastelu aloitettiin kuitenkin aina alusta, kun tutkimuksen edetessä huomattiin puutteita aiemmin suoritetuissa tarkasteluissa.

Yleisesti ottaen suurempi otos johtaa luotettavimpiin tuloksiin ja mitä pienempi otoskoko on, sitä sattumanvaraisempia tulokset ovat (esim. epätarkkaa tietoa keskiarvosta) (Heikkilä 2008). Tilastotieteen menetelmien käytön

edellytyksenä on tutkittavien muuttujien normaalisti jakautuminen perusjoukossa, mutta yleensä perusjoukon jakauma, keskiarvo ja keskihajonta ovat tuntemattomia ja niitä arvioidaan otoksen perusteella (Heikkilä 2008). Yleensä otoskokoja  $n = 30$  pidetään riittävänä, jotta otantajakaumaa voidaan pitää normaalina (Heikkilä 2008, Ruohonen 2011). Hoitopöydän siirroista lasketuille tutkimustuloksille aineiston ( $n = 40$ ) kokoa voidaan pitää määrälliselle tutkimukselle riittävänä ja ulkoista reliabilitteettia arvioitaessa tarpeeksi edustavana. Tutkimustulosten voidaan katsoa olevan yleistettävissä perusjoukkoon, joka koostui SIB-hoidolla hoideista eturauhassyöpöpotilaista yliopistollisen sairaalan sädehoidon yksikössä ja joilla kohdistus suoritettiin eturauhaseen istutettuihin kultajyviin.

Reliabiliteetin täyttymiseksi tutkimus ja sen vaiheet dokumentoitiin tarkasti, jotta tutkimus olisi toistettavissa. Mielenkiinnon alueen rajauksella automaattisessa kohdistuksessa oli suurin vaikutus kohdistustulokseen kaikilla kohdistustavoilla ja tutkimuksen toistettavuuden kannalta sillä on todennäköisesti suurin merkitys myös tuloksiin, jos tutkimus tehtäisiin toisen tutkijan toimesta. Hyväksyttävälle kohdistustulokselle on kuitenkin  $\pm 3$  mm:n toleranssi, joka mahdollisesti pienentää eroja tutkijoiden välillä.

Tutkimukselle on tutkimuslupa (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012). Tutkimus suoritettiin mahdollisimman huolellisesti vääristelemättä mittaustuloksia. Potilasaineistoa, jossa potilaat olivat numerojärjestyksessä, säilytettiin koko tutkimuksen ajan yliopistollisen sairaalan sädehoidon yksikössä salassapitovelvollisuuden mukaisesti ja tulosten Excel-taulukoinnissa viitataan potilaisiin vain numeroilla, jolloin yksittäiset potilaat eivät ole lainkaan tunnistettavissa.

## Johtopäätökset ja merkitys sädehoitotyölle

Automaattinen kohdistus mielenkiinnon alueen rajauksella ja kultajyvyillä

tuotti parhaan kohdistustuloksen verrattuna muihin tarkasteltaviin kohdistustapoihin. Röntgenhoitajan tekemä kohdistus erosi tilastollisesti merkitsevästi automaatin tekemästä kohdistuksesta vain vrt-suunnassa, mutta tätä ei voida pitää sädehoidon kohdistamisen kannalta kliinisesti merkittävänä, koska pysyttiin edelleen toleranssirajojen sisäpuolella. Tutkimuksen tulokset puolsivat KKTT-laitteen käyttöönottoa eturauhassyöpöpotilaan hoidon kohdistamiseksi.

Tutkimuksen tulokset ovat hyödynnettävissä sädehoitotyössä. Tutkimuksen tavoitteena oli saada selville mikä automaattisen kohdistuksen tavoista on paras. Automaattisen kohdistuksen käyttökokemusten perusteella laadittiin kohdistusopas tutkimuksen ohessa. Kohdistusoppaan voidaan katsoa olevan hyödyllinen sädehoidon yksikölle, sillä potilaan kohdistaminen KKTT:n avulla ei ole vielä niin yleistä, että siitä olisi muodostunut rutiini kaikille röntgenhoitajille. Kohdistaminen KKTT:n leikekuvien avulla eroaa huomattavasti kohdistamisesta kV-kuvien avulla. Leikekuvien selailu, leikevalitsimien käyttö ja kuvien tulkinta aksiaali-, sagittaali- ja koronaalitasoissa vaatii myöskin perehtymistä. Hoitokoneella ei nopeasta työtahdista johtuen ole välttämättä aikaa perehtyä syvällisesti ilman opasta KKTT:n avulla suoritettavaan kohdistamiseen kyseisen tilanteen ensi kertaa kohdalle sattuuksa. Hypofraktoidun sädehoidon käyttöönotto eturauhassyöpöpotilaiden hoidossa oli ajankohtainen vuonna 2016, joten tutkimus ja opas olivat ajankohtaisia. Oppaalla on sädehoidon laatua parantava vaikutus parantuneen kohdistustarkkuuden johdosta. Tästä hyötyvät myös potilaat sädehoidosta aiheutuvien sivuvaikutusten vähenemisen vuoksi.

## LÄHTEET

Aebersold D M, Albrecht C, Böhmer D, Flentje M, Ganswindt U, Höcht S, Hölscher T, Martin T, Sedlmayer F & Wenz F. 2017. Hypofractionated radiotherapy

for localized prostate cancer. *Strahlentherapie und Onkologie* 193 (1), 1-12.

Alaei P & Spezi E 2015. Imaging dose from cone beam computed tomography in radiation therapy. *Physica Medica* 31 (7), 647-658.

Angulo J C, Luengo-Matos S, Polo-deSantos M, Rodríguez-Melcón J I, Sánchez-Gómez L M. 2015. Hypofractionated radiation therapy versus conventional radiation therapy in prostate cancer: A systematic review of its safety and efficacy. *Actas Urológicas Españolas (English Edition)* 39(6), 367-374.

Antoine M, Bobin M, Guérif S, Iriondo-Alberdi J, Latorzeff I, Leduc N, Richaud P, Supiot S, Thomas L, Vilotte F. 2017. Post-prostatectomy image-guided radiotherapy: the invisible target concept. *Frontiers in Oncology* 7.

Aoyama H, Azuma Y, Inamura K. 2011. Comparison of Daily Prostate Positions during Conformal Radiation Therapy of Prostate Cancer Using an Integrated CT-linear Accelerator System: In-room CT Image versus Digitally Reconstructed Radiograph. *Journal of Radiation Research* 52(2), 220-228.

Bell K, Beyhs M, Dzierma Y, Licht N, Niewald M, Nuesken F, Palm J, Rube C. 2015. Set-up errors and planning margins in planar and CBCT image-guided radiotherapy using three different imaging systems: A clinical study for prostate and head-and-neck cancer. *Physica Medica* 31(2015), 1055-1059.

Benson R J, Cook J, Fairfoul J, Huddart R, Maund I F, Poynter A. 2014. Image-guided radiotherapy of the prostate using daily CBCT: the feasibility and likely benefit of implementing a margin reduction. *British Journal of Radiology* 87(1044), 1-10.

Bissonnette J, Catton CN, Gospodarowicz M, Jaffray D A, Moseley D J, Rosewall T, Sharpe M B, Siewerdsen J H, Warde P, White E A, Wiltshire K L. 2007. Comparison of localization performance with implanted fiducial markers and cone-beam computed tomography for on-line image-guided radiotherapy of the prostate. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics* 67(3), 942-953.

Bolesch C, Dimmerling P, Glanzmann C, Kloock S, Lang S, Najafi Y, Oehler C, Studer G, Tini A, Zwahlen D R. 2014. PTV margin definition in hypofractionated IGRT of localized prostate cancer using cone beam CT and orthogonal image pairs with fiducial markers. *Radiation Oncology* 9(1), 229-235.

- Brinkmann D H, Brown L C, Fong de los Santos L E, Garces Y I, Grams M P, Mundy D W, Olivier K R, Pafundi D H, Park D H. 2014. Analysis of automatic match results for cone-beam computed tomography localization of conventionally fractionated lung tumors. *Practical Radiation Oncology* 2014(4), 35–42.
- Broberg M, Laakkonen E, Tähtinen J. 2011. Tilastollisen aineiston käsittelyn ja tulokinnan perusteita. Turku: Turun yliopiston kasvatustieteiden laitos ja Opettajankoulutuslaitos.
- Bryant J, Ivanova T, Mitra P, Mukhopadhyay N, Murphy M, Myers M, Ramakrishnan V, Sleeman W, Weiss E, Wu J. 2010. Clinical evaluation of soft tissue organ boundary visualization on cone-beam computed tomographic imaging. *International Journal of Radiation Oncology\* Biology\* Physics* 78(3), 929-936.
- Den R B, Dicker A P, Ohri N, Showalter T N, Zaorsky N G. 2013. Systematic review of hypofractionated radiation therapy for prostate cancer. *Cancer Treatment Reviews* 39(7), 728-736.
- Heikkilä T. 2008. Tilastollinen tutkimus. 7. uudistettu painos. Helsinki: Edita.
- Heikkilä V-P, Henttu P, Kurttila M, Rouhiainen S. 2015. Prostatapotilaiden kuvaus- ja toimenpideohje rektumin ongelmatilanteissa. Sisäinen lähde.
- Jaffray D A. 2008. IGRT in Prostate Cancer: Method and Application of Cone-Beam Computed Tomography. Teoksessa A P Dicker, D A Jaffray, R K Valicenti (toim.) *Image-Guided Radiation Therapy of Prostate Cancer*. New York, US: CRC Press, 95–102.
- Joensuu H, Kouri M, Ojala A. 2002. Eturauhasen syöpä. Teoksessa H Joensuu, M Kouri, A Ojala, M Tenhunen, L Teppo (toim). *Kliininen sädehoito*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Jussila A-L, Kangas A, Haltamo M. 2010. *Sädehoitotyö*. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Koskinen S K. & Suomalainen A. 2013. Kartiokeilatietokonetomografia ja sen kliiniset sovellukset. *Duodecim* 129 (10), 1037-1043.
- Kurttila M. 2016a. Sairaalfyysikko, Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri, Oulun yliopistollinen sairaala, Medisiininen tulosalue, Syöpätautien ja hematologian vastuualue, Sädehoidon yksikkö. Keskustelu 12.5.2016. Tekijän hallussa.
- Kurttila M. 2016b. Sairaalfyysikko, Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri, Oulun yliopistollinen sairaala, Medisiininen tulosalue, Syöpätautien ja hematologian vastuualue, Sädehoidon yksikkö. Keskustelu 15.12.2016. Tekijän hallussa.
- Kurttila M. 2017. Sairaalfyysikko, Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri, Oulun yliopistollinen sairaala, Medisiininen tulosalue, Syöpätautien ja hematologian vastuualue, Sädehoidon yksikkö. Henkilökohtainen tiedonanto 29.8.2017. Tekijän hallussa.
- Nurmi H, Saarilahti K & Tenhunen M. 2013. Kuvantamisohjauksinen sädehoito. *Duodecim* 129 (7), 721-729.
- Ruohonen K. 2011. Tilastomatematiikka. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 21.5.2017, <http://math.tut.fi/~ruohonen/TM.pdf>.
- Van Herk M. 2004. Errors and Margins in Radiotherapy. *Seminars in Radiation Oncology* 14(1), 52-64.
- Varian Medical Systems. 2007. On-Board Imager Confidence in tumor targeting. Viitattu 9.9.2017, [https://www.varian.com/sites/default/files/resource\\_attachments/On-Board%20Imager%20Product%20Brief.pdf](https://www.varian.com/sites/default/files/resource_attachments/On-Board%20Imager%20Product%20Brief.pdf).