

Pintatunnistuslaitteen käyttö potilaan hoidonaikaisen liik- keen seurannassa rinnan alu- een sädehoidossa

Liinu Hokkanen

Daniela Markula

Petra Pihlajasaari

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2020

Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

HOKKANEN, LIINU & MARKULA, DANIELA & PIHLAJASAARI, PETRA:
Pintatunnistuslaitteen käyttö potilaan hoidonaikaisen liikkeen seurannassa rinnan alueen sädehoidossa

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Lokakuu 2020

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kuvailla potilaiden hoidonaikaista liikettä rinnan alueen sädehoidossa. Tavoitteena oli selvittää potilaan hoidonaikaisen liikkeen määrä, jotta pintatunnistuslaitteelle voidaan asettaa toimenpideraja-arvot, joiden sisällä rinnan alueen kokonaisliike pysyy 95 %:ssa potilaiden hoitofraktioista. Potilaan hoidonaikainen liike aiheuttaa epävarmuutta sädehoidon osuvuuteen. Rinnan alueen vapaanhengityksen sädehoidossa hoidonaikaista liikettä voidaan seurata optisilla ihonpinnan tunnistusjärjestelmillä. Pintatunnistuslaite katkaisee sädetyksen liikkeen ylittäessä ennalta asetetut toimenpideraja-arvot.

Rinnan alueen vapaan hengityksen sädehoidossa kaikkien tutkimuksen potilaiden ($f=36$) kaikissa fraktioissa ($n=654$) hoidonaikainen liike oli vertikaalisuunnassa $\pm 0,79$ mm, longitudinaalisuunnassa $\pm 0,83$ mm ja lateraalisuunnassa $\pm 0,61$ mm suuruista. ROLL-suunnassa hoidonaikainen liike oli $\pm 0,19^\circ$, ROT-suunnassa $\pm 0,22^\circ$ ja PITCH-suunnassa $\pm 0,33^\circ$ suuruista. Potilaiden siirtymät pysyivät 95 %:ssa fraktioista VRT-suunnassa $\pm 1,82$ mm sisällä, LNG-suunnassa $\pm 1,54$ mm sisällä ja LAT-suunnassa $\pm 1,75$ mm sisällä. ROLL-suunnassa potilaiden siirtymät pysyivät 95 %:ssa fraktioista $\pm 0,57^\circ$ sisällä, ROT-suunnassa $\pm 0,59^\circ$ sisällä ja PITCH-suunnassa $\pm 0,52^\circ$ sisällä.

Kun otettiin huomioon sekä potilaiden hoidon aikana tapahtunut siirtymä isosentristä että hoidonaikaisen liikkeen keskihajonta, tulosten mukaan lineaaristen liikkeiden toimenpideraja-arvoiksi AlignRT -pintatunnistuslaitteelle näyttäisi sopivan VRT-suunnassa $\pm 2,6$ mm, sekä LNG- ja LAT-suunnassa $\pm 2,4$ mm. Kiertoliikkeiden toimenpideraja-arvoiksi näyttäisi sopivan ROLL- ja ROT-suunnassa $\pm 0,8^\circ$ ja PITCH-suunnassa $\pm 0,9^\circ$.

Opinnäytetyön johtopäätöksenä voidaan todeta, että yhteistyökumppanin tämänhetkisiä toimenpideraja-arvoja AlignRT:llä näyttäisi olevan mahdollista pienentää. Poikkeuksena oli VRT-suunta, jonka yhteistyökumppanilla käytössä olevaa toimenpideraja-arvoa näyttäisi olevan mahdollista hieman suurentaa. Kehittämisehdotuksena opinnäytetyön tulosten perusteella voisi tarkastella, kuinka tiukemmat toimenpideraja-arvot toimivat käytännössä sekä miten hoitokerran pituus vaikuttaa hoidonaikaisen liikkeen esiintymisen määrään.

Asiasanat: sädehoito, pintatunnistuslaite, AlignRT, hoidonaikainen liike, toimenpideraja-arvo, SGRT, rintasyöpä

ABSTRACT

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

HOKKANEN, LIINU & MARKULA, DANIELA & PIHLAJASAARI, PETRA:
The Use of Optical Surface Imaging in Monitoring Patients' Intra-Fractional
Movement in Breast Area Radiotherapy

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 1 page
October 2020

The purpose of this study was to describe patients' intra-fractional movement during free-breathing breast area radiotherapy. This study aimed to determine the tolerance limits for AlignRT in six directions (vertical=VRT, longitudinal=LNG, lateral=LAT, ROLL, rotation=ROT, PITCH) in 95 % of the study's treatment fractions.

Patients' intra-fractional movement can cause uncertainty to the target accuracy in radiotherapy. Intra-fractional movement can be monitored with optical surface imaging (e.g. AlignRT). Optical surface imaging enables beam-off technology, which turns the radiation off if the device detects movement outside of the preset tolerance limits.

This study was conducted with a quantitative approach in collaboration with the Radiation Therapy Unit of Pirkanmaa Hospital District. The intra-fractional movement was monitored in 36 patients. A total of 654 treatment fractions were analysed. From every fraction (n=654) the data were collected in six different directions with the AlignRT -device.

The results of this study show that in 95 % of the fractions, the patients' intra-fractional movement in the VRT-direction stayed within the tolerance limit of ± 2.6 mm, and within ± 2.4 mm in the LAT- and LNG-directions. In the ROLL- and ROT-directions the patients' intra-fractional movement stayed within the tolerance limit of $\pm 0.8^\circ$, and in the PITCH-direction within $\pm 0.9^\circ$ in 95 % of the fractions.

According to this study the tolerance limits in the LAT-, LNG-, ROLL-, ROT- and PITCH-directions could be slightly tighter than the collaborator's present tolerance limits. However, the tolerance limit in VRT-direction could be slightly wider according to this study. Further studies on the subject could be conducted about how the tighter tolerance limits would work in practice, and how the duration of a fraction affects the amount of intra-fractional movement.

Key words: radiotherapy, optical surface imaging, AlignRT, intra-fractional movement, tolerance-limit, SGRT, breast cancer

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	RINNAN ALUEEN SÄDEHOITO	7
	2.1 Rintasyöpä	7
	2.2 Rintasyövän hoito ja sädehoidon perusteet	8
	2.3 Sädehoidon haittavaikutukset ja niiden vaikutus hoitoon	10
	2.4 Sädehoidon suunnittelu	11
3	HOIDONAIKAINEN LIIKE JA ALIGN RT - PINTATUNNISTUSJÄRJESTELMÄ.....	14
	3.1 Hoidonaikainen liike	14
	3.2 AlignRT -pintatunnistusjärjestelmä.....	17
	3.3 Toimenpideraja-arvot	18
4	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT	20
5	TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUSAINEISTO	21
	5.1 Kvantitatiivinen tutkimus.....	21
	5.2 Tutkimusaineisto ja aineiston keruu	23
	5.3 Aineiston analyysi	26
	5.3.1 Havaintomatriisit	28
	5.3.2 Hengitysliikkeen vaikutuksen laskeminen tuloksiin.....	29
6	TULOKSET	32
	6.1 Hoidonaikaisen liikkeen määrä	32
	6.2 Rajat, joiden sisällä potilaiden siirtymät pysyivät 95 %:ssa fraktioista.....	34
	6.3 Toimenpideraja-arvot	35
7	POHDINTA	36
	7.1 Tulosten tarkastelu.....	36
	7.1.1 Hoidonaikaisen liikkeen määrä	36
	7.1.2 Rajat, joiden sisällä potilaiden siirtymät pysyivät 95 %:ssa fraktioista.....	40
	7.1.3 Toimenpideraja-arvot.....	41
	7.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	43
	7.3 Jatkotutkimusehdotukset ja oma oppimiskokemus	45
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	50
	Liite 1. Potilaiden (f=36) hoidonaikaisten lineaaristen ja kiertoliikkeiden määrät ja siirtymät kaikissa fraktioissa (n=654).....	50

LYHENTEET JA TERMIT

Baseline drift	Siirtymä perustasosta
CTV	Clinical Target Volume, kliininen kohdealue
GTV	Gross Tumor Volume, havaittava makroskooppisen kasvaimen alue
Gy	Gray
LAT	Lateraalisuunta, oikea–vasen -liike, sivuttaissuunta
LNG	Longitudinaalisuunta, kranio–kaudaali -liike, pituus-suunta
MAG	Magnitude, havainnollistaa kohteen etäisyyttä isosentristä vrt. RMS
PITCH	Kippaus
PTV	Planning Target Volume, suunniteltu kohdealue
RMS	Root Mean Square, neliöllinen keskiarvo, havainnollistaa kohteen etäisyyttä isosentristä vrt. MAG
ROI	Region Of Interest, mielenkiinnon kohde
ROLL	Kallistus
ROT	Kierto
SGRT	Surface Guided Radiotherapy, pintaohjattu sädehoito
VRT	Vertikaalisuunta, anterior–posterior -liike, korkeus-suunta
YAW	Kierto

1 JOHDANTO

Rintasyövän yhtenä hoitomuotona on sädehoito (Vehmanen 2020b). Sädehoidon perustavoitteina on saada korkea sädeannos kasvaimeen ja samanaikaisesti säästää mahdollisimman paljon terve kudosta. Potilaan tulee olla samassa asennossa jokaisella sädehoitokerralla, jotta sädehoito saadaan kohdistettua hoitokohteeseen. Sädehoidon kohdistuksessa käytetään apuna kuvantamismenetelmiä ja potilaan asetteluvälineitä. Potilaan hoidonaikainen liike aiheuttaa kuitenkin epätarkkuutta sädehoidon kohdistamisessa ja toteutuksessa. Optisilla ihon pinnan tunnistusjärjestelmillä, eli pintaohjatulla sädehoidolla (*Surface Guided Radiation Therapy, SGRT*) säteily voidaan kohdistaa tarkasti haluttuun kohteeseen, sekä seurata kaikkia potilaan hoidonaikaisia liikkeitä reaaliajassa. Tämä mahdollistaa potilaan asennon korjaamisen hoidon aikana tarvittaessa. (Hoisak & Pawlicki 2018, 185–186.)

AlignRT:llä on käytössä toimenpideraja-arvot, joilla määritellään, kuinka paljon ja missä suunnissa potilaan liikettä sallitaan hoidonaikaisesti. Hoidonaikaisen liikkeen ylittäessä ennalta asetetut toimenpideraja-arvot sädetys katkeaa automaattisesti. (Vision RT Ltd. 2018, 83, 147.) Opinnäytetyössä kuvaillaan ja selvitetään potilaan hoidonaikaisen liikkeen määrää AlignRT -pintatunnistulaitteesta saatavasta numeraalisesta tiedosta.

Pintaohjatun sädehoidon tekniikkaa kehittävä ja AlignRT -laitteen kehittänyt yhtiö Vision RT perustettiin vuonna 2001, tavoitteenaan edistää sädehoidon mukavuutta, tarkkuutta sekä tehokkuutta (Vision RT, n.d.). Pintaohjattu sädehoito on tutkimusaiheena ajankohtainen ja tärkeä, sillä kyseisellä menetelmällä sädehoito voidaan kohdistaa ionisoimattomasti sekä seurata potilaan hoidonaikaisia liikkeitä. Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Pirkanmaan sairaanhoitopiirin (PSHP) sädehoitoyksikön kanssa.

2 RINNAN ALUEEN SÄDEHOITO

2.1 Rintasyöpä

Rintasyöpä on naisten yleisin syöpä. Taudin toteamisen keski-ikä on 60 vuotta, mutta syöpää todetaan myös nuoremmilla naisilla. Miehillä rintasyöpä on harvinaisen. Rintasyövän ennuste paranee jatkuvasti ja useihin syöpätauteihin verrattuna, rintasyövän paranemisennuste on hyvä. (Vehmanen 2020a.) Vuonna 2018 uusia rintasyöpätapauksia todettiin naisilla 4934. Uusista tapauksista 3195 todettiin 20–69-vuotiailla. Samana vuonna rintasyöpään kuoli 873 naista. Kaikista syöivistä rintasyöpä aiheutti naisilla eniten syöpäkuolemia. (Pitkäniemi, Malila, Virtanen, Degerlund, Heikkinen & Seppä 2020, 15–16, 20.)

Rintasyöpä jaotellaan muun muassa sen mukaan, ovatko syöpäsolut maitotiehyen ja lobulusten, tai jommankumman sisällä, vai ovatko syöpäsolut läpäisseet tiehyen seinämän. Invasiiviseksi, eli in situ -karsinoomaksi kutsutaan sellaista rintasyöpää, joka on maitotiehyiden ja lobulusten, tai jommankumman sisällä. (Rissanen & Dean 2017.) Invasiivisten rintasyöpien yleisin histologinen alatyppi on duktaalinen rintasyöpä ja toiseksi yleisin on lobulaarinen (Vehmanen 2020a).

Biologisten ominaisuuksien mukaan jaoteltuna rintasyövät voidaan erotella neljään ryhmään. Jaottelu tehdään syöpäsolujen jakautumisnopeuden, estrogeeni- (ER) ja progesteronireseptorien (PR), sekä HER2 -kasvutekijän ilmenemisen mukaan. ER ja PR kuvaavat hormoniherkkyyttä, ja näitä hormonireseptoreita esiintyy luminaalisissa rintasyövissä. Rintasyöpätyypeistä yleisin on luminaalinen A-typpi. Luminaalisessa A-tyypin rintasyövässä syöpäsolujen jakautuminen on vähäistä, kun taas luminaalisen B-tyypin rintasyövässä syöpäsolujen jakautuminen on vilkkaampaa. Luminaaliset B-tyypin syövät uusivat todennäköisemmin kuin luminaaliset A-tyypin rintasyövät. Kolmoisnegatiivisissa rintasyövissä ei havaita HER2 -kasvutekijää eikä hormonireseptoreita. (Vehmanen 2020a.)

Jos rintasyövässä on HER2 -onkogeenin muodostuma, se on HER2 -positiivinen syöpä. HER2 -positiivisuus lisää rintasyövän aggressiivisuutta ja ilman täsmälääkehoitoa se lisää myös uusiutumiskäyttöä. HER2 -positiivinen ja kolmoisnegatiivinen rintasyöpä ovat alatyypeistä aggressiivisimmat. (Vehmanen 2020a.) HER2 -positiivisten rintasyöpien hoidossa solunsalpaajahoitoon voidaan liittää HER2 -vasta-ainetta eli trastutsumabia, joka pienentää syövän uusimisen riskiä. Trastutsumabia käytetään yleensä solunsalpaajahoidon ajan ja melko harvoin ilmenevien sydänhaittojen vuoksi, sydämen toimintaa seurataan hoidon aikana. (Vehmanen 2020b.)

2.2 Rintasyövän hoito ja sädehoidon perusteet

Ennen syövän hoidon aloittamista syöpäkasvaimen kudostyyppi ja syövän levinneisyysaste selvitetään esimerkiksi kuvantamistutkimuksilla ja koepalan otolla. Tämän perusteella lääkäri päättää hoitotavasta. Eri hoitotapoja ovat leikkaus, sädehoito sekä lääke- ja hormonihoito. Rintasyöpätapauksissa sädehoito annetaan postoperatiivisesti vähentämään syövän paikallista uusiutumista. (Vaalavirta & Skyttä 2019, 38.)

Kirurgia on tärkeä osa rintasyövän hoitoa ja sen tavoitteena on poistaa kasvain riittävin tervekudosmarginaalein. Myös kainaloiden mahdolliset etäpesäkkeet pyritään poistamaan kirurgisesti. Säästäväällä leikkauksella kasvaimen poistossa tavoitellaan vähintään 1–2 cm tervekudosmarginaalia. (Jahkola, Joukainen & Leidenius 2019, 24, 26–27.) Kun kyseessä on invasiivinen rintasyöpä, suosituksena on antaa leikkauksen jälkeistä koko rinnan sädehoitoa. Leikkauksen jälkeisellä, eli postoperatiivisella sädehoidolla voidaan vähentää paikallista syövän uusiutumista 65 %–75 %. Postoperatiivisella sädehoidolla voidaan pidentää myös potilaan syöpävapaata elinaikaa sekä vähentää rintasyöpäkuolleisuutta. (Vaalavirta & Skyttä 2019, 38.)

Sädehoidossa käytetään ionisoivaa säteilyä, joka vaurioittaa syöpäsoluja aiheuttamalla veden ja muiden molekyylien ionisoitumista, sekä synnyttämällä vapaita radikaaleja, jotka ovat kemiallisesti aktiivisia. Kun syöpäsolussa saadaan luotua riittävästi sädevaurioita, solu ei ehdi enää korjata vaurioita ja kuolee. (Johansson

2018.) Fraktioimalla sädehoitoa, eli antamalla kokonaisannos monessa osassa, saadaan parempia hoitotuloksia ja säästetään terve kudosta. Tervekudos kokee vähemmän myöhäisvaurioita ja syöpäsoluille voidaan antaa suurempi kerta-annos, jotta ne eivät ehtisi korjaamaan vaurioita. Yleensä tervekudos korjaantuu nopeammin kuin syöpäkudos. (STUK 2015.)

Sädehoidon vaikutusten vuoksi sädehoito tulee kohdistaa täsmällisesti samaan kohtaan jokaisella hoitokerralla. Kokonaisannoksen sekä päiväannoksen tulee olla myös suuruudeltaan tarkasti oikein. Sädehoitosuunnitelman pohjana toimivaan tietokonetomografia- tai magneettikuvapakkaan tehdään annoslaskenta ja suunnitellaan säteilykeilojen suuntaus. Suunnitelma tehdään niin tarkasti, että hoito osuu muutaman prosentin tarkkuudella samaan kohteeseen jokaisella hoitokerralla. (Johansson 2018.)

Säästävän leikkauksen jälkeen sädehoidon kohdealueena on koko jäljellä oleva rinta. Kun rinta on poistettu, sädehoidon kohdealueena on leikkausarpi ja rintakehän etuseinä. Sädehoitoa harkitaan myös soliskuopan, kainalon ja rintalastan viereisten imusolmukkeiden alueelle, silloin kun kainalossa on todettu metastaasointia. (Vehmanen 2020b.) Rintasyövän luokittelussa N0 merkitsee sitä, ettei imusolmukkeissa ole metastaaseja. N1 tarkoittaa, että kainalon imusolmukkeissa on rintasyövän metastaaseja, mutta ne ovat liikkuvia, eivätkä ole kiinnittyneet muihin rakenteisiin. (Shayne & Gretchen 2010, 96.)

Koko rinnan ja rintakehän sädehoidossa suositellaan käytettävän kahta tangentiaalisesti vastakkain olevaa fotonisäteilykeilaa. Lisäksi voidaan käyttää tehostuskenttiä, sädeannoksen tasaisuuden parantamiseksi. Kun sädehoitoa kohdistetaan myös solisluun yläpuolelle, hoitoalueen tulee olla koko soliskuopan alueella ja suositeltu sädeannos on 40,05 Gy viitenätoista fraktiona kolmen viikon aikana. Hoitokenttien etäisyys selkäytimestä tulisi olla 0,5 cm. Kun sädehoitoa kohdistetaan kainalokuoppaan, suositeltu sädeannos on 40 Gy jaettuna viiteentoista fraktioon kolmen viikon aikana. (Wolstenholme 2017, 10, 15.)

Rinnan säästävän leikkauksen jälkeen, ensisijaisena vaihtoehtona sädehoito toteutetaan hypofraktioituna. Sädehoito voidaan usein toteuttaa fraktioimalla kokonaisannos 40 Gy, $15 \cdot 2,67$ Gy, ja kokonaisannoksen ollessa 42,56 Gy, $16 \cdot 2,66$

Gy. Vaihtoehtona on myös konventionaalinen fraktiointi, joka toteutetaan viiden viikon aikana, kerta-annoksella 1,8–2 Gy kokonaisannokseen 45–50 Gy asti. (Vaalavirta & Skyttä 2019, 38.)

Epätasainen annosjakauma lisää välittömien haittojen riskiä, joten sädehoidossa on pyrittävä mahdollisimman tasaiseen annosjakaumaan rinnan alueella. Hoito voidaan toteuttaa usealla eri tekniikalla. Käytettyjä hoitotekniikoita ovat esimerkiksi intensiteettimuokattu sädehoito, kaarihoito tai perinteiset tangentiaaliset sädehoitokentät. (Vaalavirta & Skyttä 2019, 38.) Intensiteettimuokatulla sädehoidolla (*Intensity Modulated Radiotherapy, IMRT*) annosjakauma voidaan suunnitella niin, että kasvainta ympäröivän terve kudoksen sädeannosta voidaan entistä enemmän säästää, kuitenkin saaden syöpäkasvaimeen yhä isompia annoksia. Sädeherkkiä elimiä suojellaan sädetämällä syöpäkudosta pienemmällä intensiteetillä, sädeherkkien elimien ollessa säteilykeilassa. Silloin kun sädeherkkien elimien välissä on paremmin säteilykeilalle tilaa, annosta kompensoidaan sädetämällä suuremmalla intensiteetillä. (Kouri & Tenhunen 2013, 170.)

2.3 Sädehoidon haittavaikutukset ja niiden vaikutus hoitoon

Säteilysuojelulla tavoitellaan ihmisten, yhteiskunnan, ympäristön ja tulevien sukupolvien suojelemista säteilyn haittavaikutuksilta. Kansainvälinen säteilysuojelutoimikunta (ICRP, *International Commission on Radiological Protection*) on asettanut suosituksia, joihin säteilysuojelun periaatteet perustuvat. (Paile 2002, 152–153.) Optimointiperiaatteen (ALARA, *As Low As Reasonably Achievable*) mukaan säteilynkäyttö on järjestettävä niin, että lääketieteellisessä säteilyn käytössä säteilyaltistus rajoitetaan vain tutkimus- tai hoitotuloksien saavuttamiseksi välttämättömään määrään (Säteilylaki 859/2018). Sädehoito tulee suunnitella potilas-kohtaisesti, ja toteutettava siten, että hoitotavoitteen edellyttämä tarkkuus säteilyn kohdistuksessa saavutetaan. Säteilyaltistuksen suuruudesta ja kohdentumisesta on varmistuttava. Yli 1 MV fotonisäteilyä käytettäessä, annoksen epävarmuudeksi sallitaan enimmillään ja keskimäärin 5 %. Käytettäessä elektroni- tai röntgensäteilyä, sallitaan enimmillään 10 % keskimääräinen annosepävarmuus. (STUK 2019, 3.)

Sädehoidosta seuraa erilaisia haittavaikutuksia, joita on sekä varhaisia, että myöhäisiä. Esimerkiksi iholla näkyy varhaisia reaktioita, koska se on nopeasti jakautuvaa kudosta. Varhaisreaktiot ilmenevät usein muutaman viikon kuluttua hoidon aloituksesta. Fraktiointiannokset vaikuttavat enemmän myöhäis- kuin varhaisreaktioihin. Hitaasti jakautuvissa kudoksissa, kuten keuhkoissa, ilmenee myöhäisiä sädereaktioita. Myöhäisreaktiot ilmaantuvat vasta kuukausien päästä hoidon aloituksesta. Suuret kerta-annokset suurentavat myöhäisvaurioiden riskiä. (Kouri & Tenhunen 2013, 161–162.)

Rintasyövän sädehoidon haittavaikutuksena voi esiintyä kudosaärsytystä, joka voi ilmetä pehmytkudoksen turvotuksena (TAYS Sädehoito 2019). Koska rinnan alue on pääosin pehmytkudosta, on rintakudoksen turvotuksen mahdollisuus otettava huomioon esimerkiksi hoitomarginaaleja suunnitellessa (Hoisak & Pawlicki 2018, 189).

Tuohisen ym. (2018) mukaan rintasyövän sädehoito nostaa sydänongelmien riskiä jopa 2–6-kertaiseksi. Rintojen sädehoidon myötä potilailla voi ilmetä sydämessä varhaisia tai myöhäisiä haittoja. Varhaiset haitat ovat usein tulehduksellisia muutoksia, joita todetaan kuitenkin vähän. Myöhäiset haitat ovat eteneviä fibroottisia muutoksia, joista voi syntyä muun muassa läppävikoja, rytmihäiriöitä tai sepelvaltimotauti. Sädehoidon aiheuttamat sydänhaitat tiedostetaan ja sädehoitotekniikkoja kehitetään jatkuvasti, jotta se olisi mahdollisimman turvallista. (Tuohinen, Skyttä & Putanen 2018, 1207–1212.)

2.4 Sädehoidon suunnittelu

Sädehoidon tavoitteena on kohdistaa riittävä säteilyannos kasvaimeen siten, että terveeseen kudokseen kohdistuva annos pysyy mahdollisimman pienenä. Tämän vuoksi sädehoidon suunnittelu on monivaiheinen ja tarkkuutta vaativa prosessi, jossa määritellään optimaaliset parametrit kunkin potilaan hoitoon. Sädehoito tulee aina suunnitella ja toteuttaa yksilöllisesti ja tarkasti jokaisen potilaan kohdalla, jotta voidaan saavuttaa paras mahdollinen lopputulos. Hoidon suunnittelu alkaa heti, kun sädehoitopäätös on tehty. (Jussila ym. 2010, 88–93.)

Ennen sädehoidon aloittamista tehdään suunnittelukuvaus. Potilas kuvataan tietokonetomografialaitteella (TT-laitteella) niin, että hoidon suunnittelun kannalta keskeiset rakenteet näkyvät kuvausalueella. Suunnittelukuvausta tarvitaan sädehoidon kohdealueen määrittämiseen ja annossuunnitteluun. Suunnittelukuvauksen yhteydessä päätetään myös potilaan hoitoasento sekä sen toistettavuuden varmistamiseksi tarvittavat fiksaatiovälineet. Suunnittelukuvauksen jälkeen potilaan iholle tatuoidaan referenssipiste ja asettelupisteitä, jotka ovat tulevilla sädehoitokerroilla apuna potilaan asettelussa ja hoidon kohdistamisessa. TT-kuvauksen avulla paikannetaan kolmiulotteisesti sädehoidettava alue sekä riskielimet. (Jussila ym. 2010, 82–87.)

Riskielin on tervettä kudosta, joka sijaintinsa ja sädeherkkyytensä vuoksi vaikuttaa oleellisesti hoidon suunnitteluun (STUK 1997, 70). Rinnan alueen sädehoitoissa riskielimiä ovat muun muassa keuhkot, sydän, toinen rinta sekä olkanivel. Näiden saamat sädeannokset pyritään minimoimaan huolellisen annossuunnittelun ja nykyaikaisen sädehoitotekniikan avulla. (Vaalavirta & Skyttä 2019, 38.)

Potilaan hoidonaikainen liike aiheuttaa epävarmuustekijöitä sädehoidon kohdistuksessa, ja käytössä on eri menetelmiä potilaan asennon varmistamiseksi sekä potilaan liikkeen minimoimiseksi ennen sädehoitoa ja sen aikana (Hoisak & Pawlicki 2018, 185–186). Rintasyöpäpotilaita hoidettaessa voidaan käyttää SaBella Flex™ -fiksaatiovälinettä, joka mahdollistaa asentojen pienetkin säädöt. Hoitoasennossa potilas on selinmakuulla kädet nostettuna pään yläpuolelle, säädettäviin käsikahvoihin. Rintakehän korkeutta ja kippausta voidaan myös säätää fiksaatiovälineen avulla. Reisien alle asetetaan myös siirreltävä tuki, joka helpottaa potilaan paikallaan pysymistä. Fiksaatiovälineiden potilaskohtaisesti määriteltyjen ja potilaan tietoihin tallennettujen asetusten perusteella määritelty asento voidaan toistaa jokaisella hoitokerralla. (CDR Systems n.d..)

Suunnittelukuvauksen jälkeen TT-kuvapakkaan tehdään annossuunnitelma, joka voidaan jakaa biologiseen ja fysikaaliseen annossuunnitteluun. Biologinen annossuunnittelu sisältää kohdealueen ja kriittisten elinten määrittelyn sekä päätöksen sädehoidon fraktioinnista. Fysikaalinen annossuunnittelu sisältää hoitotekniikan valinnan ja kenttäjärjestelyjen optimoinnin. (Jussila ym. 2010, 88–93.)

Annossuunnittelussa hoitoalueelle määritellään ensin kuvantaen, palpoiden tai silmin nähtävän makroskooppisen kasvaimen alue eli GTV (*Gross Tumor Volume*). Primaarikasvaimen lisäksi GTV voi sisältää etäpesäkkeitä. Mikäli kasvain on leikattu pois, GTV:tä ei voida määrittää. Hoitokohteen määrittely ei kuitenkaan ole yksinkertaista, sillä millään kuvantamismenetelmällä ei voida havaita koko syöpäsolukon levinneisyysaluetta. Mikroskooppisen pientä syöpäsolukkoa on todennäköisesti levinnyt myös makroskooppista kasvainta ympäröiviin kudoksiin tai imusolmukkeisiin. Tämän alueen sädetys varmistetaan määrittelemällä kliininen kohdealue eli CTV (*Clinical Target Volume*), joka sisältää sekä makroskooppisen kasvaimen alueen sekä sen ympärille asetetut marginaalit, joiden sisällä mikroskooppista syöpäsolukkoa arvioidaan olevan. (Khan, Gibbons ja Sperduto 2016.)

Marginaalien suuruudet voivat vaihdella sen mukaan, millainen levinneisyys kyseiselle syöpätyypille on tavallista. CTV:n määrittely perustuu vain kliiniseen arviointiin, minkä vuoksi marginaalit eivät saa olla liian tiukat. Jos osa syöpäsolukosta jää hoitoalueen ulkopuolelle, sädehoito voi epäonnistua tavoitteessaan. CTV tulee aina määritellä, vaikka GTV:tä ei olisi määritelty. (Khan ym. 2016.)

Marginaalien asettamisessa tulee myös huomioida potilaaseen liittyvät epävarmuustekijät. Kohdealueen koko ja paikka voivat muuttua potilaan asennon, sisäelinten liikkeen, hengitysvaihtelun sekä muun hoidon aikana liikkeen mukaan. Tämän vuoksi tarvitaan suunniteltu kohdealue eli PTV (*Planning Target Volume*). PTV sisältää CTV:n sekä marginaalit, joilla turvataan koko hoitoalueen säteilynsaanti hoidon aikana liikkeestä huolimatta. PTV on siis lopullinen kohdealue, johon hoidon suunnittelussa ja toteutuksessa keskitytään. Kun PTV saa asianmukaisen annoksen säteilyä jokaisella hoitokerralla, saa myös varsinaisen hoitokohde asianmukaisen määrän säteilyä. (Khan ym. 2016.)

3 HOIDONAIKAINEN LIIKE JA ALIGN RT -PINTATUNNISTUSJÄRJESTELMÄ

Potilaan asennon muutos tai hengitysvaihtelu aiheuttavat hoidon aikana liikettä. Säteihoidon osuvuuden tarkkuuteen voi vaikuttaa myös sädetettävän kohteen koon tai muodon muutos. (Hoisak & Pawlicki 2018, 185.) Jensen, Roa, Lund & Frengen (2017, 867) epäilevät hartiaseudun lihasten rentoutumisen aiheuttavan suuren osan hoidon aikana tapahtuvista baseline drifteistä, eli asennon perustason siirtymistä. Baseline driftiä syntyy myös potilaan liikkehdinnästä hoidon aikana. (Jensen ym. 2017, 867.)

Optisilla ihon pinnantunnistusjärjestelmillä saadaan tietoa potilaan hoidon aikana tapahtuvista liikkeistä, sekä saadaan varmuutta potilaan tarkkaan asetteluun ja sädehoidon kohdistamiseen (Hoisak & Pawlicki 2018, 185). AlignRT -pinnantunnistuslaitteella hoidon aikana tapahtuvaa liikettä seurataan lineaarisista suunnista (VRT, LAT, LNG) sekä kiertojen suhteen (YAW=ROT, PITCH, ROLL) (Wiant ym. 2014, 150). Lisäksi AlignRT esittää yhteenlasketun arvion kohteen etäisyydestä isosentriin (RMS tai MAG) (Vision RT Ltd. 2018, 6).

3.1 Hoidon aikana tapahtuva liike

Ricotti ym. (2017, 79) selvittivät fraktion aikana tapahtuvaa rintakehän liikettä rintasyövän sädehoidossa ulkoisten markkereiden ja laserlaitteiston avulla. Hoidot suoritettiin vapaassa hengityksessä. Tutkimuksen kaikkien potilaiden kaikkien fraktioiden kesimääräinen hoidon aikana tapahtuvan liikkeen keskihajonnan määrä oli lateraalisuunnassa $0 \pm 1,1$ mm, longitudinaalisuunnassa $-0,5 \pm 1,7$ mm ja vertikaalisuunnassa $-1,4 \pm 1,8$ mm. Potilaiden baseline drifteissä tapahtuneet variaatiot tapahtuivat hoitojen ensimmäisten kahdeksan minuutin aikana, ja tutkijat päättelevät tämän johtuvan vartalon rentoutumisesta ja asettumisesta fiksaatiotelineellä. Tutkimuksessa ei huomioitu rintakudoksen muutoksia sädehoitojakson aikana, sillä käytössä olivat ulkoiset markerit. Tutkijat huomauttavat olemaan tarkkoja asian suhteen, sillä rintakudoksen muuttuminen voisi vaatia marginaalien kasvattamista. (Ricotti ym. 2017, 79–85.)

Jacqmin (2019, 731–732) tutki fraktion aikaista liikettä rinnan sädehoidossa AlignRT -pintatunnistuslaitteen avulla. Tutkimustietoja kerättiin 83 potilaalta yhteensä 1446 fraktiosta. Hoidot toteutettiin vapaassa hengityksessä. Tutkimuksessa potilaiden asennon todettiin pysyvän ± 3 mm sisällä pintatunnistuslaitteen referenssiasennosta 95 %:ssa fraktioista. Kiertoliikkeet pysyivät $\pm 1,9^\circ$ sisällä 95 % fraktioista. Potilaiden siirtymät referenssiasennosta olivat keskiarvoltaan 1 mm hoitokerran aikana. Hengityksestä johtuva rintakehän liike oli tyypillisesti 2–4 mm. Tutkimuksessa liikkeen toimenpideraja-arvoksi oli asetettu 4 mm. 20 %:lla potilaista tämä toimenpideraja-arvo alittui jokaisella hoitokerralla. Lopuilla potilailla toimenpideraja-arvo ylittyi vähintään yhdellä hoitokerralla, jolloin heille tehtiin uusi referenssipinta pintatunnistuslaitteella. (Jacqmin 2019, 731–732.)

Jensen ym. (2017, 868–869) havaitsivat tutkimuksessaan rintasyöpöpotilaiden liikkuneen lähinnä posterioriseen suuntaan. Hoidonaikaista liikettä ei seurattu pintatunnistuslaitteella, vaan laserjärjestelmällä, mikä seuraa potilaan rintalastan liikettä. Hoidonaikaista liikettä havaittiin ensimmäisen fraktion aikana vähän ja toisen fraktion aikana jo enemmän. Hoidonaikaisesta liikkeestä 90 % ilmeni ensimmäisen kolmen minuutin aikana. Potilaat liikkuvat $-0,5 \pm 0,2$ mm/min posterioriseen suuntaan. Koko hoitokerran aikana potilaat liikkuvat keskimääräisesti 1,3 mm. Hoitokerroista 96 % oli sellaisia, joissa potilaan liike pysyi pienempänä kuin 5 mm. Tutkimuksessa ehdotettiin toimenpideraja-arvoksi 5 mm. (Jensen ym. 2017, 868–869.)

Laaksomaa ym. (2019, 22–24) tutkivat konekuvauksien päivittäistä tarvetta, sekä asettelutarkkuutta laserasettelun ja optisten pintatunnistuslaitteiden välillä hoidettaessa rintasyöpöpotilaita vapaahengityksen sädehoidossa. Selvitystyössä pintatunnistuslaitteiden kohdistustarkkuuden marginaaliksi saatiin 4–5 mm ilman konekuvausta, ja laserasettelun kohdistustarkkuuden marginaaliksi 6–7 mm. Laserasettelua tehdessä potilaasta tulisi ottaa päivittäin etu- ja sivusuunnan konekuvat, jos tavoiteltaisiin samaa asettelutarkkuutta kuin SGRT:llä. Tutkimuksessa painotetaan myös pintaohjatun sädehoidon lisäävän toistettavuutta hoidon osuvuuden kannalta. (Laaksomaa ym. 2019, 22–24.)

Wiant ym. (2014, 152–153) selvittivät 831 hoitokerrasta AlignRT:llä hoidon aikaisen liikkeen esiintymistä rintasyövän sädehoidossa vapaassa hengityksessä. Näillä 831 hoitokerralla, tehtiin yhteensä 127 hoidon aikaista korjausta potilaan asennossa. Yksittäiselle potilaalle suurimmaksi asennon siirtymäksi pois isosentristä saatiin keskiarvolta noin 0,6 mm. Kaikkien potilaiden siirtymät olivat keskiarvoltaan 2,23–2,39 mm. Siirtymien keskiarvon vaihteluväliksi saatiin 1,16–4,52 mm. Keskihajonnan vaihteluväliksi saatiin yksittäiselle potilaalle 0,84–3,21 mm. Kaikkien potilaiden kohdalta vertikaalinen siirtymä oli suurimmillaan lineaarisesti noin 0,3 mm. Kaikkien potilaiden kierrot jäivät keskiarvoltaan alle 0,1 asteen. Keskihajonta kaikilla potilailla lineaarisissa siirtymissä oli 1,67–1,80 mm. Kiertojen määrä vaihteli 0,50–0,70°. Wiantin ym. tutkimuksessa toimenpideraja-arvoina pintatunnistuslaitteella oli käytössä 3 mm lineaarisille siirtymille ja kierroille 3°. (Wiant ym. 2014, 150–158.)

Wiantin ym. (2014, 156) mukaan potilaiden hoidon aikaisen liikkeen määrä kasvaa hoidon kestoon nähden. Sädehoitokerran pidentyessä, rintasyöpäpotilailla esiintyy enemmän siirtymiä hoitoasennossa. Tutkimuksen perusteella pääteltiin myös, ettei hoidon aikaisen liikkeen kannalta ollut merkitystä, kuinka mones hoitokerta oli kyseessä. Tutkijat suosittelivatkin, että sädehoitokerran kestoon tulisi perehtyä jo sädehoitosuunnitelmaa tehdessä. Vähennettäessä potilaan aikaa tutkimuspöydällä, kuitenkin hoidon laadusta tinkimättä, voidaan potilaan liikettä vähentää merkittävästi ja parantaa hoidon vastaanotettavuutta. Tutkimuksen jatkotutkimusehdotuksena on selvittää lisää pidemmissä sädehoidoissa esiintyvää liikkeen määrää, sekä tutkia sitä, kuinka liikettä voisi estää. (Wiant ym. 2014, 156–158.)

Reitz ym. (2018) selvittivät potilaan hoidon aikaista liikettä rintasyövän sädehoidossa Catalyst -pintatunnistuslaitetta hyödyntäen. Reitzin ym. tutkimuksessa potilaat liikkuivat hoidon aikana lateraalisuunnassa keskimäärin -0,25 mm, longitudinaalisuunnassa keskimäärin 0,45 mm ja vertikaalisuunnassa keskimäärin 2,03 mm. (Reitz ym. 2018.)

3.2 AlignRT -pintatunnistusjärjestelmä

Pintatunnistusjärjestelmän on todettu olevan tärkeä työkalu potilaiden hoidonai-
kaisten liikkeiden valvomisessa rintasyövän sädehoidossa. Järjestelmä havait-
see herkästi pienetkin liikkeet missä tahansa suunnassa, sekä vähentää potilai-
den saamaa säteilyannosta, sillä hoidon kohdistukseen ja hoidonai-
kaisten liikkeiden valvontaan ei käytetä ionisoivaa säteilyä. (Reitz ym. 2018.)

AlignRT -pintatunnistusjärjestelmällä saadaan luotua 3D-kartta potilaan topogra-
fiasta sädehoituhuoneen kattoon sijoitettujen valoprojektoreiden ja optisten ka-
meroiden avulla. Tämä mahdollistaa potilaan tarkkailun missä hoitoasennossa
tahansa ja monesta eri kulmasta. (Hoisak & Pawlicki 2018, 186–187.) AlignRT
on täysin ionisoimaton järjestelmä, eikä järjestelmän käyttö vaadi potilaaseen ta-
tuoitavien pisteiden käyttöä. Järjestelmää voidaan hyödyntää myös potilaan aset-
telussa hoitolaitteen isosentriin hoidonai-
kaisten liikkeiden seurannan lisäksi. (Vision
RT Ltd. 2018, 14.)

Järjestelmässä on joko kaksi tai kolme 3D-kamerayksikköä. Kamerayksiköt tal-
lentavat kuvia potilaasta koko hoidon ajan, luoden monitorille kolmiulotteisen pin-
nan potilaan topografiasta. Potilaan ihon pinnalle projisoidaan punaisten pistei-
den kuvio, jotta kaiken kuvattavan pinnan tunnistaminen helpottuu. Kaikki tämä
tapahtuu kameraprojektoreiden kautta. Punaisten pisteiden kuviosta potilaan pin-
nalta luodaan 3D-kartta. (Vision RT Ltd. 2018, 14, 25.)

AlignRT:llä potilaan ihon pinnasta luotuu 3D-karttaan määritellään myös säde-
hoidon mielenkiintoalue, eli ROI (*Region Of Interest*) (Laaksomaa ym. 2019, 22–
23). Haluttu ROI voidaan valita neljästä eri vaihtoehdosta (Vision RT Ltd. 2018,
111). Potilaan asennossa tapahtuvat muutokset, kuten kierto (ROT), kallistus
(ROLL) ja kippaus (PITCH) ilmoitetaan sekä lukuina että kuvana. Siirroissa tar-
kastellaan myös korkeussuuntaa (vertikaali, VRT), pituussuuntaa (longitudinaali,
LNG) sekä sivuttaissuuntaa (lateraali, LAT). Poikkeamia voidaan tarkkailla niin
asettelun kuin hoidonkin aikana. (Laaksomaa ym. 2019, 22–23.)

Pintatunnistusjärjestelmään sisältyy säätötilaan asennettavat tietokonetyöasemat, joihin yhdistetään järjestelmän kaukosäädin. Kaukosäätimen avulla röntgenhoitajan ei tarvitse kulkea edestakaisin hoituhuoneen ja AlignRT -konsolin välillä asettelun aikana. Kaukosäädintä voidaan hyödyntää ihon pinnan kuvaukseen, ROI:n valintaan sekä potilaan monitoroinnin käynnistämiseen ja pysäyttämiseen. (Vision RT Ltd. 2018, 149.)

Jokaisen hoitokerran alussa, potilaan ihon pinta ja asento kuvataan pintatunnistusjärjestelmällä. Tätä kuvaa verrataan referenssipintaan, minkä jälkeen tehdään tarvittavat siirrokset potilaan asennossa. Pintatunnistusjärjestelmä laskee tarvittavien siirrosten määrät, jotta hoitopöytää voidaan siirtää juuri tarvittava määrä. (AlignRT User Guide 2018, 14.) AlignRT -järjestelmällä potilaan referenssipinta voidaan luoda tuodusta DICOM-formaatista, joka on luotu suunnittelukuvauksen yhteydessä hoitoasennossa. Vaihtoehtoisesti voidaan ottaa staattinen kuva itse AlignRT -järjestelmällä, josta luodaan referenssipinta hoituhuoneessa hoitoasennossa. (Wiant 2014, 148.)

3.3 Toimenpideraja-arvot

AlignRT:llä potilaan hoidon aikaiselle liikkeelle voidaan asettaa toimenpideraja-arvoja hoitokohteen mukaisesti. Toimenpideraja-arvoilla voidaan määrittää tiettyssä hoidossa sallittavat siirtojen ja poikkeamien määrät potilaan asennossa verraten referenssipintaan. AlignRT:llä on olemassa oletustoimenpideraja-arvot, joita voidaan muokata. Järjestelmästä voidaan määrittää myös käytettävät mitayksiköt (cm tai mm) ja kuinka monta desimaalia on käytössä. AlignRT:n VRT-suunnan oletustoimenpideraja-arvona rinnan alueelle on ± 3 mm ja PITCH-, ROT- ja ROLL-suunnille $\pm 3^\circ$. (Vision RT Ltd. 2018, 44, 83–85.) Yhteistyökumppanilla on tällä hetkellä käytössä fyysikon asettamat toimenpideraja-arvot potilaan hoidon aikaiselle liikkeelle, jotka ovat VRT-suunnassa ± 2 mm, LNG-suunnassa ± 4 mm ja LAT-suunnassa ± 5 mm. ROT, ROLL sekä PITCH-suuntien toimenpideraja-arvoina on tällä hetkellä $\pm 3^\circ$. Käytössä olevat toimenpideraja-arvot on määritellyt laitteen valmistajan esittämien oletustoimenpideraja-arvojen pohjalta.

Toimenpideraja-arvot asetetaan jokaiselle suunnalle erikseen. Potilaan liikkeen ylittäessä sallittu toimenpideraja-arvo minkä suunnan kohdalla tahansa, näytöllä näkyvä vihreä palkki muuttaa väriä punaiseen. Tässä tilanteessa röntgenhoitaja voi korjata potilaan asennon ja tarvittaessa ottaa kohdistuskuvat uudelleen sekä uuden referenssipinnan potilaasta. (Hoisak & Pawlicki 2018, 186–187.) AlignRT:n Beam Hold -asetus takaa, että sädetys katkeaa automaattisesti, jos mikä tahansa potilaan liike ylittää ennalta määrätyt toimenpideraja-arvot (Vision RT Ltd. 2018, 147).

4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvailla potilaan hoidonaikaista liikettä. Tavoitteena on selvittää potilaan hoidonaikeisen liikkeen määrää, jotta pintatunnistuslaitteelle voidaan asettaa toimenpideraja-arvot, joiden sisällä rinnan alueen kokonaisliike pysyy 95 %:ssa potilaiden hoitofraktioista. Kokonaisliike koostuu VRT-, LNG-, LAT-, ROT-, ROLL- ja PITCH-suunnan liikkeistä.

Opinnäytetyön tutkimusongelmina ovat:

1. Kuinka paljon potilailla esiintyy hoidonaikeista liikettä?
2. Mitkä ovat sellaiset toimenpideraja-arvot, joiden sisällä kokonaisliike pysyy 95 %:ssa potilaiden fraktioista?

5 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUSAINEISTO

5.1 Kvantitatiivinen tutkimus

Kvantitatiivisessa tutkimuksessa selvitetään lukumääriin ja prosenttiosuuksiin liittyviä kysymyksiä. Opinnäytetyössä selvitetään potilaan hoidonaikaisen liikkeen määrää numeraalisen tiedon pohjalta, joten opinnäytetyö toteutetaan kvantitatiivisen eli määrällisen tutkimuksen menetelmin. Kvantitatiivisella tutkimuksella vastataan kysymyksiin *mikä, missä, kuinka paljon ja kuinka usein*. Saatuja tuloksia havainnollistetaan taulukoin ja kuvioin. (Heikkilä 2014, 13–15.)

Kvantitatiivisen tutkimusprosessin vaiheiden mukaisesti opinnäytetyössä määritellään ensin tutkimusongelma, minkä perusteella voidaan tehdä aihealueen valinta ja asettaa tutkimukselle tavoitteet. Tämän jälkeen tutustutaan aikaisempiin tutkimuksiin ja kirjallisuuteen, sekä luodaan tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelman laatiminen käsittää muun muassa tutkimusmenetelmän valitsemisen, aikataulun laatimisen, perusjoukon ja otoksen määrittämisen sekä aineiston käsittelytavasta päättämisen. Näiden vaiheiden jälkeen rakennetaan tietojenkeruuväline ja kerätään tiedot. Tietojenkeruun jälkeen koittaa tietojen käsittely ja analysointi, josta seuraa tulosten raportointi ja johtopäätöksien esittäminen. (Heikkilä 2014, 20, 23.)

Tutkimuksessa perusjoukko on kohdejoukko, josta halutaan tehdä päätelmiä. Kokonaistutkimuksessa kaikki perusjoukkoon kuuluvat havaintoyksiköt mitataan. Perusjoukkoa voi karsia tarkemmaksi otantamenetelmiä käyttäen. Otantamenetelmiä käyttäen saadaan otos, jonka tulee edustaa mahdollisimman hyvin perusjoukkoa, jotta siitä saataisiin kokonaiskuva kohderyhmästä. (Vilkkä 2007, 51–52.) Opinnäytetyön perusjoukko on AlignRT -pintatunnistuslaitteella vapaassa hengityksessä hoidettavat rintasyöpäpotilaat, joiden hoidonaikeista liikettä havainnollistetaan opinnäytetyössä. Perusjoukko esitetään merkinnällä f.

Otannan on tarkoitus kuvata perusjoukkoa. Otanta toimii perusjoukon pienoismallina, ja sen tulee kuvata laajaa perusjoukkoa edustaen oikeassa suhteessa

ryhmän erilaisia jäseniä. Otantamenetelmille ominaista on satunnaisuus. Perusjoukon koko ja tutkittava asia vaikuttaa otantakoon valintaan. Mitä suurempi tutkimuksen perusjoukko on, sitä pienempi osa siitä prosentuaalisesti otetaan mukaan otantaan. (Valli 2015, 14–15.) Opinnäytetyön perusjoukon otanta oli harkinnanvaraista. Otanta alkoi tiettyä ajankohtana (heinäkuu 2018), ja perusjoukkoon kuuluvat ne potilaat, joiden sädehoidot osuivat tietojenkeruun aikavälille.

Yhtä otantamenetelmää ei tarvitse yksinään noudattaa, vaan eri otantamenetelmistä voi käyttää hyödyksi tutkimukseen parhaiten soveltuvia menetelmiä. Perusjoukon pienoismallin tekeminen on tilannesidonnaista ja siinä tulee ottaa huomioon monia asioita. (Valli 2015, 19.) Opinnäytetyön otantaan kuuluvat ne potilaat, jotka tietojenkeräämisen aikana ovat sopineet sisäänottokriteereihin. Sisäänottokriteereinä oli rinta- tai rinta- ja solisalueen sädehoito toteutettuna vapaassa hengityksessä, AlignRT:llä aseteltuna, käyttäen SaBellaFlex™ -fiksaa tiota. Tietojen kerääminen aloitettiin hoitokoneella (jossa AlignRT on asennettuna) työskennelleiden röntgenhoitajien toimesta heinäkuussa 2018 ja aineisto saatiin kokoon marraskuussa 2019.

Otostutkimuksesta ei koskaan saada täysin täsmällistä tulosta, vaan otostutkimuksen tulokseksi saadaan estimaatti, eli arvio. Mitä pienempää virhemarginaalia tavoitellaan, sitä suurempi otos tarvitaan. Otokoko esitetään merkinnällä n . Luottamustaso ilmaisee tulosten pätevyyden todennäköisyyden perusjoukossa, eli sen onko tulkinnat oikein. Luottamusväli tarkoittaa väliä, jonka alaraja saadaan vähentämällä virhemarginaali lasketusta tunnusluvusta tai prosenttiluvusta, ja yläraja saadaan vastaavasti lisäämällä virhemarginaali laskettuun arvoon. Otostutkimuksissa tyydytään yleisesti 95 %:n varmuuteen. (Heikkilä 2014, 40–41, 187.) Opinnäytetyössä selvitetään potilaiden hoidonaikaista liikettä siten, että saadaan selville toimenpideraja-arvot, joiden sisällä hoidonaikainen liike pysyy 95 %:ssa potilaiden hoitofraktioista. Tulokset koskevat 95 %:a hoitofraktioista. Tuloksissa fraktioista lasketaan pois 5 % marginaali, jolla suljetaan pois esimerkiksi yksittäiset suuret liikkeet, jotta ehdotetuista toimenpideraja-arvoista ei tulisi liian suuret. Marginaalista on sovittu yhteistyökumppanin kanssa.

Hyvän tutkimuksen perusvaatimuksina ovat muun muassa validiteetti, reliabiliteetti sekä objektiivisuus. Validiteetti saavutetaan opinnäytetyössä siten, että mitattavat käsitteet ja muuttujat määritellään tarkasti ja itse työ suunnitellaan huolellisesti. Validiudella tarkoitetaan käytännössä systemaattisen virheen puuttumista. Validius on varmistettava jo tutkimuksen suunnitteluvaiheessa tarkalla suunnittelulla ja harkitulla tiedonkeruulla. Validiutta lisääviä tekijöitä ovat muun muassa tarkka perusjoukon määrittely ja edustava otos. (Heikkilä 2014, 27.)

Tulosten tarkkuus, eli reliabiliteetti, eli luotettavuus, saavutetaan tutkijoiden tarkalla ja kriittisellä työn teolla. Jotta tutkimus olisi luotettava, sen on oltava toistettavissa samanlaisin tuloksin. Tutkijoiden on myös otettava huomioon virheiden sattumisen mahdollisuus. Virheitä voi tapahtua tietojen keruu-, syöttö-, käsittely- tai tulkintavaiheissa. Tästä syystä tutkimuksessa on hyvä käyttää apuna erilaisia tilasto-ohjelmia. (Heikkilä 2014, 28.) Opinnäytetyössä käytetään Excel- ja Tixel 10 -taulukkolaskentaohjelmia aineiston käsittelyssä, tulkinnessa ja tulostamisessa.

Tutkimuksen eri vaiheissa tehdään subjektiivisia päätöksiä esimerkiksi analysointimenetelmän ja raportointitavan suhteen. Huolellisesta työnteosta huolimatta, tahattomiin virheisiin on mahdollisuus tutkimusprosessin eri vaiheissa. Objektiivisuudella, eli puolueettomuudella tarkoitetaan sitä, että tutkimuksen tulokset eivät saa riippua tutkijasta. (Heikkilä 2014, 28–29.)

Tutkimustyössä noudatetaan hyvän tieteellisen tutkimuksen käytäntöjä, kuten rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta. Eettiseen toimintaan kuuluu myös tarvittavien tutkimuslupien hankkiminen. (TENK 2013, 6–7.) Opinnäytetyössä käytetään mahdollisimman ajankohtaisia lähteitä, joita luetaan lähdekriittisesti. Lähdeviitteet merkitään asianmukaisesti toisten töitä kunnioittaen.

5.2 Tutkimusaineisto ja aineiston keruu

Kvantitatiivisen tutkimuksen aineisto voidaan hankkia eri tavoin. Aineistoa voidaan saada valmiista muiden keräämistä tilastoista ja tietokannoista, tai vaihtoehtoisesti tiedot voidaan kerätä itse. Kun aineisto kerätään itse, on määriteltävä

kohderyhmä ja tilanteeseen parhaiten sopiva tiedonkeruumenetelmä. (Heikkilä 2014, 16–17.)

Yhteistyökumppani on määrittänyt opinnäytetyössä tutkittavien potilaiden sisäänottokriteerit ja otannan. Tutkimukseen sisältyy kolmekymmentäkuusi potilasta ($f=36$), jotka ovat saaneet rinta- (N0) tai rinta- ja solisalueen (N1) sädehoitoa vapaassa hengityksessä (taulukko 1). Aineiston neljälle potilaalle (taulukko 1) oli tehty rinnan poisto (ablaatio).

TAULUKKO 1. Hoitoalueet potilaskohtaisesti

Hoitoalue	Rinta (N0)	Rinta- ja solisalue (N1)	Ablaatio
Potilaiden lukumäärä ($f=36$)	21	11	4

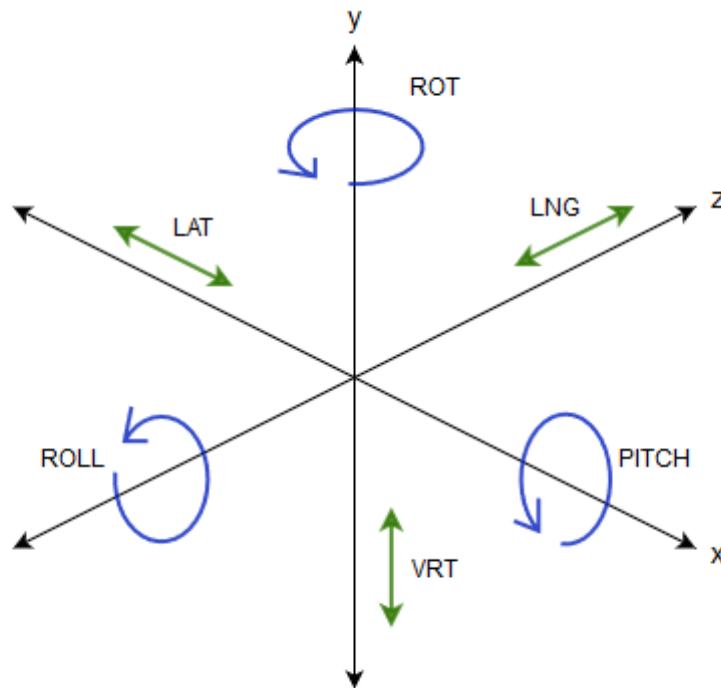
Aineisto koostuu yhteensä 654 hoitofraktiosta ($n=654$). Fraktioiden määrät potilasta kohden vaihtelevat 10–25 hoitofraktioiden välillä (taulukko 2). Fraktioiden määrien vaihtelut johtuvat osittain siitä, että potilasta ei ole aina voitu hoitaa samalla sädehoitokoneella, jossa pintatunnistuslaite AlignRT on asennettuna. Tämän seurauksena osan potilaiden kaikkien (15 tai 25) hoitofraktioiden tietoja ei ole saatu kerättyä, ja fraktioiden määrissä esiintyy vaihtelua. Aineistossa on eniten viidentoista fraktion hoitoja. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Hoitofraktiot ($n=654$) potilaita ($f=36$) kohden

Fraktiointi	10	12	13	14	15	20	21	22	24	25
Potilaiden lukumäärä ($f=36$)	1	2	1	3	13	2	1	4	4	5

Potilaiden sädehoidot on toteutettu vapaassa hengityksessä käyttäen SaBella Flex™ -fiksaatiovälinettä. Potilaiden hoidonaikaisen liikkeiden määriä selvitetään potilaan asennon kierron (ROT), kallistuksen (ROLL) ja kippauksen (PITCH) suhteen, sekä vertikaali- (VRT), longitudinaali- (LNG) ja lateraalisuunnista (LAT) (kuva 1). Hoidonaikaisten liikkeiden eri suuntia havainnollistetaan kolmiulotteisen

x, y, z -koordinaatiston avulla, jossa x-akselilla on LAT-suunnan liike, y-akselilla VRT-suunnan liike ja z-akselilla LNG-suunnan liike (kuva 1).



KUVA 1. Kiertoliikkeiden (ROT, ROLL, PITCH) ja lineaaristen liikkeiden (VRT, LAT, LNG) suunnat esitettynä x, y, z -koordinaatistossa

Tutkimussuunnitelma toimii kirjallisena sopimuksena toteutettavasta tutkimuksesta ja sen käytännöistä. Suunnitelma sisältää ne asiat, joihin tutkimusryhmän jäsenet voivat sitoutua. Näitä asioita ovat muun muassa tutkimuksen teoreettinen viitekehys, tutkimuksen tavoite ja tarkoitus sekä tutkimusmenetelmä, aineiston keruu ja analyysitapa. Suunnitelmaan kirjataan muun muassa myös vastuut, yhteistyökumppani, budjetti sekä tutkimuksen aikataulu ja valmiin työn julkistamiseen liittyvät tiedot. Yhteistyötaho voi edellyttää tutkimussuunnitelmaa ennen tutkimusluvan myöntämistä, ja se tarvitaan tutkimuksen lupahakemuksen liitteeksi, jos tutkimusaineisto sisältää yksityisiä asiakirjoja. (Vilka 2015, 50.) Opinnäytetyön tutkimussuunnitelma jätettiin yhteistyötaholle lupahakemuksen liitteenä 19.12.2019, ja tutkimuslupa myönnettiin 2.1.2020. Tutkimusluvan myöntämisen jälkeen työn tekijöille luovutettiin tutkimusaineisto tammikuun 2020 lopulla.

Opinnäytetyön aineisto on kerätty AlignRT -pintatunnistuslaitteelta toteutuneista fraktioista rinnan alueen sädehoidoista. Aineisto on kerätty yhteistyötahon toimesta. Aineisto sisältää tiedot potilaan hoidon aikaisista liikkeistä fraktiokohtaisesti. Koska aineisto on kerätty osana sädehoidon päivittäistä toimintaa sekä laadunvarmistusta ja -tarkkailua, ei erillistä lupaa aineiston keräämiseen ja käsitteilyyn tarvitse hakea. Kolmekymmentäkuusi potilasta kattava aineisto tallennetaan AlignRT -laitteelta sairaalafysiikan kehittämään ohjelmaan. Aineisto siirretään Excel -ohjelmaan ennen sen luovuttamista opinnäytetyön tekijöille. Aineisto on sädehoitoyksikössä valmiiksi anonymisoitu. Aineisto säilytetään asianmukaisesti ja hävitetään opinnäytetyön hyväksymisen jälkeen.

Aineisto saadaan 36 Excel -taulukkona. Jokaisen potilaan tiedot ovat omana tiedostonaan ja jokaisen hoitokerran tiedot omalla välilehdellään. Aineisto sisältää tiedot potilaan hoidon aikaisen liikkeen suuruudesta kuudessa eri suunnassa. Lineaariset liikkeet esitetään millimetreissä ja kiertoliikkeet asetelukuina. Excel -taulukossa ilmaistaan kunkin suunnan hoidon aikainen siirtymä isosentristä ja liikkeen keskihajonta. Opinnäytetyössä hyödynnetään kahta erilaista tarkastelualueita hoidon aikaisen liikkeen tarkastelussa.

Saadussa aineistossa hoidon aikaiset liikkeet ilmoitetaan etumerkein + ja -. Toimenpideraja-arvot ilmoitetaan etumerkin \pm kanssa. Nämä etumerkit ilmaisevat liikkeen suuntaa isosentriin nähden. Potilaan ollessa isosentrisessä hoidon aikaisen liikkeen katsotaan olevan 0. Esimerkiksi vertikaalisuunnassa merkintä +2 mm tarkoittaa, että potilas on liikkunut 2 mm anterioriseen suuntaan isosentriin nähden. Vastaavasti merkintä -2 mm tarkoittaa, että potilas on liikkunut 2 mm posterioriseen suuntaan isosentriin nähden. Toimenpideraja-arvojen kohdalla merkintä ± 2 mm tarkoittaa, että hoidon aikaista liikettä sallitaan 2 mm anterioriseen suuntaan ja 2 mm posterioriseen suuntaan isosentriin nähden.

5.3 Aineiston analyysi

Tilastotieteessä muuttujille käytetään erilaisia mitta-asteikkoja. Fysikaaliset suureet ja lukumääriin liittyvät suureet ovat yleensä suhteasteikollisia. Suhdeas-

teikon eli absoluuttisen asteikon muuttujat voidaan jakaa luokkiin ja laittaa järjestykseen jonkin kriteerin perusteella. Suhdeasteikossa muuttujilla on yksiselitteinen nollakohta ja muuttujien välisiä etäisyyksiä voidaan laskea. (Heikkilä 2014, 81–82.) Opinnäytetyössä tarkastellaan potilaan hoidon aikaisen liikkeen suuruutta millimetreinä ja asteina, jotka ovat suhdeasteikollisia muuttujia.

Muuttujien arvojen informaatio voidaan yksinkertaistaa muuttamalla arvojen informaatio muuttujaa kuvaavaan tunnuslukuun. Tunnusluvut voidaan jakaa sijaintilukuihin ja muuttujien arvoja kuvaaviksi hajontaluvuiksi. Jakauman sijaintia kuvataan sijaintiluvuilla. Sijaintiluvuista keskilukuja ovat keskiarvo, moodi ja mediaani. Keskiarvolla tarkoitetaan arvoa, joka saadaan jakamalla havaintoarvojen summa havaintojen lukumäärällä. Mediaani kertoo suuruusjärjestykseen asetetuista arvoista keskimmäisen, kun havaintoja on pariton määrä. Havaintoja ollessa parillinen määrä, mediaani on kahden keskimmäisen arvon keskiarvo. Moodi kertoo useimmin esiintyvän arvon. (Heikkilä 2014, 82–84.)

Hajontaluvut kuvaavat lukujen hajaantuvuutta muuttujasta tehdystä mittauksesta. Hajontalukujen avulla kuvataan, kuinka paljon mittaustulokset vaihtelevat. Mitä suurempi hajonta on, sitä kauempana mittaukset ovat toisistaan, tai keskimääräisestä arvosta. Vaihteluväli on väli, jolla havainnot vaihtelevat. Suurimman ja pienimmän havaintoarvon erotus ilmoittaa vaihteluvälin. Keskihajonta on tärkein ja paljon käytetty hajonnan mitta. Keskihajonta eli standardipoikkeama kuvaa, kuinka hajallaan arvot ovat keskiarvon ympärillä. Monissa tilastomenetelmissä keskihajonta on keskiarvon lisäksi lähtökohtana. (Heikkilä 2014, 85–86.) Opinnäytetyön toisessa tarkastelualueessa, joka koskee potilaan koko hoidon aikaisia liikkeitä, tarkastellaan keskihajontoja ja keskihajontojen keskiarvoja.

Fraktiileja käytetään järjestettyjen havaintojen jakamisessa yhtä suuriin osiin. Näistä tunnetuimpia ovat kvartiilit, jotka jakavat muuttujan arvot kolmeen osaan. 1. kvartiili eli alakvartiili ilmoittaa arvon, jonka alle 25 % havainnoista jää. 3. kvartiili eli yläkvartiili puolestaan ilmoittaa arvon, jonka alapuolelle 75 % havainnoista jää. Ala- ja yläkvartiilin välissä on 2. kvartiili, joka sisältää 50 % havainnoista. Väliä alakvartiilista yläkvartiiliin kutsutaan kvartiiliväliksi. (Heikkilä 2014, 84–85.)

Heikkilän (2014, 161) mukaan tunnuslukukuvioiden avulla tunnusluvuista voidaan antaa havainnollisempi kuva kuin pelkillä tunnuslukujen arvoilla. Opinnäytetyössä käytetään Boxplot -kuvioita havainnollistamaan sekä aineistoa että tutkimuksen tuloksia. Kuvioissa kukin laatikko sisältää 50 % havainnoista. Laatikon alareuna on alakvartiili ja yläreuna on yläkvartiili. Laatikon keskellä oleva neliö kuvastaa mediaania. Laatikon ala- ja yläpuolella olevat ”viikset” kuvaavat havaintojen vaihteluväliä. ”Viiksien” päissä olevat pallot kuvaavat minimiä ja maksimia. Tuloksia havainnollistavissa kuvioissa (kuvio 3 ja 4), punainen poikkiviiva kuvastaa rajaa, jonka alla hoidonaikainen liike pysyy 95 %:ssa fraktioista.

Tutkimuksessa käytävien havaintoarvojen kokonaisuutta kutsutaan dataksi, tai havaintoarvoksi. Tietojenkäsittelyssä data kuvaa tietojen säännönmukaista esitystä, joka on käsittelykelpoisessa tai viestittävässä muodossa. Havaintomatriisi on tietojen käsittelyssä säännönmukainen esitystapa. Havaintomatriisi sisältää tiedot yksityiskohtaisimmassa muodossaan. Havaintomatriisi on oletettu käsiteltävän aineiston muoto yleisissä tilastollisissa ohjelmissa. (Uhari & Nieminen 2014.) Parhaiten kvantitatiivisen tutkimusaineiston analysointiin sopivat tilastolliset ohjelmistot. Yksinkertaiset tilastoanalyysit voidaan tehdä myös taulukkolaskentaohjelmalla. Tilastollisiin yleisohjelmistoihin kuuluvat taulukkolaskentaohjelma Excel, sekä Excel-pohjainen Tixel. (Heikkilä 2014, 118.)

5.3.1 Havaintomatriisit

Opinnäytetyössä havaintomatriisi on koottu yhteistyökumppanin keräämästä datasta, joka on saatu 36 Excel -tiedostona. Tiedostoista on koottu Excel -tiedostoiksi kaksi havaintomatriisia kahdesta eri tarkastelualueesta. Molemmat havaintomatriisit sisältävät 36 potilaan ($f=36$) tiedot hoidonaikaisista liikkeistä kaikkien hoitofraktioiden ($n=654$) osalta. Havaintomatriiseissa näkyvät tiedot potilaiden liikkeistä yksityiskohtaisimmillaan kaikista kuudesta suunnasta. Havaintomatriiseista muodostetaan myös kuvioita ja taulukoita Tixel 10 -ohjelmaa käyttäen.

Havaintomatriiseihin on kerätty potilaiden liikkeistä keskenään eri tarkastelualueet. Toinen tarkastelualueista sisältää koko ajan siitä, kun sädehoitokerta on aloi-

tettu siihen asti, kun hoidonaikaisen liikkeen seuranta on lopetettu. Tämä tarkastelualue käsittää koko seuranta-ajan hoidon alusta hoidon loppuun. Tältä tarkastelualueelta tarkastellaan kaikkien fraktioiden (n=654) aikaisien liikkeiden keskihajontoja ja niiden keskiarvoja. Tämän avulla nähdään, miten stabiili potilas on ollut koko hoidon ajan. Alku- ja lopputilanteen välillä ei välttämättä nähdä juurikaan eroa, mutta näin nähdään mihin suuntaan ja paljonko liikettä tapahtuu koko hoitokerran aikana. (Aula 2019.)

Toinen tarkastelualueista sisältää sädehoidon alku- ja lopputilanteesta lasketun erotuksen kaikille kuudelle suunnalle fraktiokohtaisesti (n=654). Tämä tarkastelualue siis ei sisällä tietoa hoidon keskellä tapahtuvasta liikkeestä. Tältä tarkastelualueelta tarkastellaan hoidonaikaisten liikkeiden keskiarvoja. Tämän avulla nähdään kuinka paljon ja missä suunnissa potilaan asento on muuttunut hoitokerran alun ja lopun välillä. (Aula 2019.)

Potilaiden liikkeen alku- ja lopputilanteen erotukset kattavasta aineistosta luvut muutetaan itseisarvoiksi, minkä jälkeen ne järjestetään suuruusjärjestykseen. Suurimmasta päästä lasketaan pois 5 %, jolloin jäljelle jääneet lukemat kattavat 95 % aineistosta. Näin saadaan tulos, minkä arvojen sisällä 95 %:ssa hoitofraktioista potilaiden siirtymät alusta loppuun pysyvät. Tässä tuloksessa ei vielä oteta huomioon hoitofraktion aikana tapahtuvaa liikkeen keskihajontaa.

5.3.2 Hengitysliikkeen vaikutuksen laskeminen tuloksiin

Aaltoliikettä ajan funktiona kuvaava sinikäyrä esittää aallon korkeuden (amplitudin), kulmataajuuden sekä vaihevakion (Henttonen, Oinonen & Uusitalo 2007, 138). Ranskalaisen insinöörin Fourierin mukaan mikä tahansa itseään toistava jaksollinen signaali, voidaan tulkita monien siniaaltojen summana. Siniaaltoa voidaan siis käyttää apuna minkä tahansa vaihtelevan signaalin tulkinnassa. (Moser 2009, 86.) Hengitysliikkeen tulkitaan olevan jatkuvaa itseänsä toistavaa aaltoliikettä, jonka perusteella opinnäytetyössä tutkitaan hengitysliikettä siniaaltoon perustuen.

Siniaallon korkeinta ja matalinta arvoa, eli huippuja nimitetään termillä *peak*. Tarkastellessa aallon korkeimman ja matalimman kohdan väliä, puhutaan *peak-to-peak* -termistä. Siniaallon *peak-to-peak* arvo voidaan laskea keskihajonnan avulla kaavalla (1)

$$Vp - p = 2\sqrt{2} \cdot SD, \quad (1)$$

jossa $Vp-p$ on siniaallon *peak-to-peak* arvo ja SD keskihajonta. Sinisignaalin keskimääräinen arvo on nolla, sillä puolet ajasta aaltoliike on positiivista ja puolet ajasta negatiivista, samalla etäisyydellä x-akselista. (Smith 1997.) Hengitysliike tapahtuu molempiin suuntiin suhteessa x-akseliin, mutta opinnäytetyössä selvittävän hoidonaikaisen liikkeen suuruuden kannalta on tärkeää selvittää paikkapoikkeamaa kasvattavan suunnan vaikutus, eli hengitysliikkeen amplitudi *peak-to-peak* -arvon sijaan (Aula 2020).

Hengitysliikkeen vaikutus hoidonaikaisen liikkeen määrään saadaan siis selville amplitudin avulla. Aallon korkeus keskiakselin ympärillä, eli amplitudi, lasketaan kaavalla (2)

$$A = \frac{Vp-p}{2} = \sqrt{2} \cdot SD, \quad (2)$$

jossa A on amplitudi, $Vp-p$ on siniaallon *peak-to-peak* arvo ja SD keskihajonta. Tarkastelun avuksi tarvitaan vielä tieto *peak-to-peak* -amplitudin suhteesta keskihajontaan, joka on määritetty siniaallolle, ja se on $2\sqrt{2} = 2,83$. (Smith 1997.) Arvo 2,83 kertoo *peak-to-peak* -amplitudin suhteen keskihajontaan, mutta hengitysliikettä ja sen vaikutuksia paikkapoikkeamiin tarkastellessa, tarvitaan kertomiksi x-akselin yläpuolelle jäävä tieto, joten arvo jaetaan kahdella ja käyttöön saadaan kerroin 1,4, eli hengitysliikkeen amplitudin suhde keskihajontaan. (Aula 2020.)

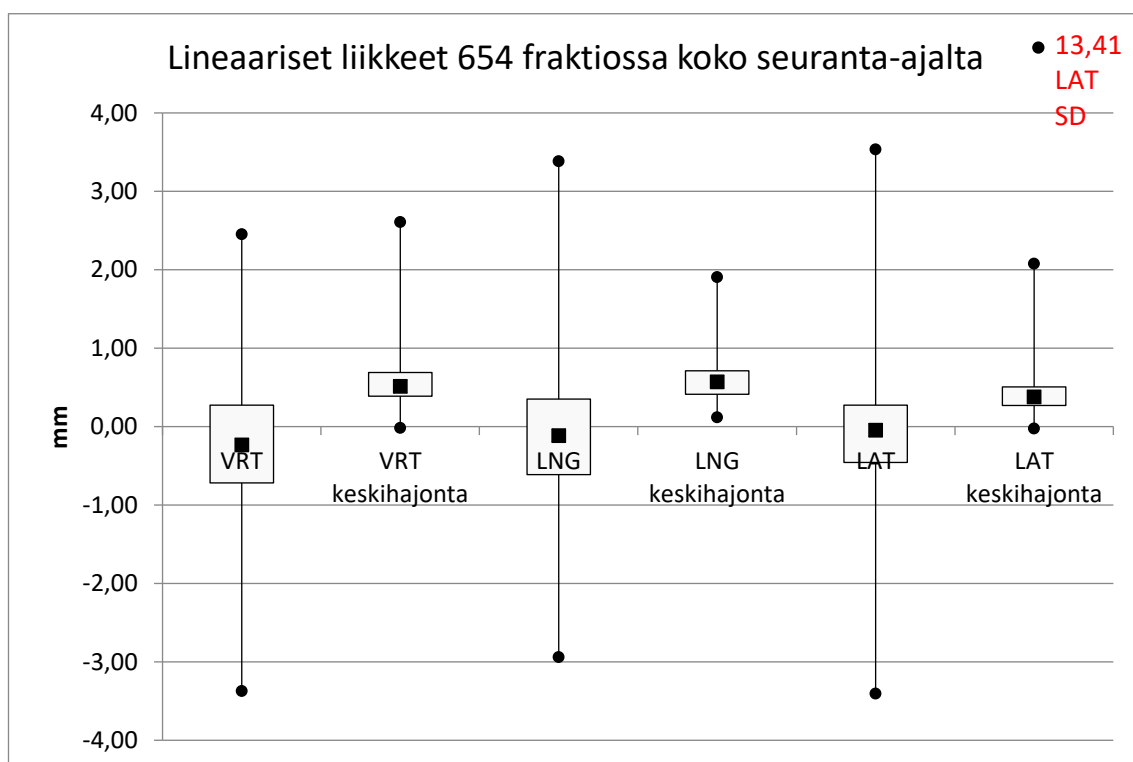
Opinnäytetyön tuloksissa otetaan huomioon alku- ja lopputilanteen erotus, eli hoidon aikana tapahtunut siirtymä, sekä kaikkien fraktioiden aikana tapahtunut liike, eli hoidonaikainen liike. Hoidonaikaisen siirtymän suuruutta selvitetään alku- ja lopputilanteen erotuksella, josta poistetaan 5 % marginaali suurimmista liikkeistä, milloin saadaan selville rajat, joissa 95 %:ssa hoitofraktioista potilaiden siirtymät

pysyvät. Hoidonaikaista liikettä selvitettäessä jokaisen liikesuunnan kaikkien fraktioiden hoidonaikaisen liikkeen keskihajonnasta lasketaan keskiarvot. Lasketut hoidonaikaisen liikkeen keskiarvot kerrotaan hengitysliikkeen amplitudin suhteesta keskihajontaan perustuen arvolla 1,4. Laskettujen hoidonaikaisten siirtymien ja hoidonaikaisten liikkeiden tulokset yhdistetään yhteenlaskulla. Tulokseksi saatu arvo sisältää potilaan siirtymän alkutilanteesta fraktion loppuun ja koko hoidon aikana tapahtuneen liikkeen keskihajonnan. Tulokseksi saatu arvo kertoo toimenpideraja-arvoehdotuksen potilaan hoidonaikaiselle liikkeelle.

6 TULOKSET

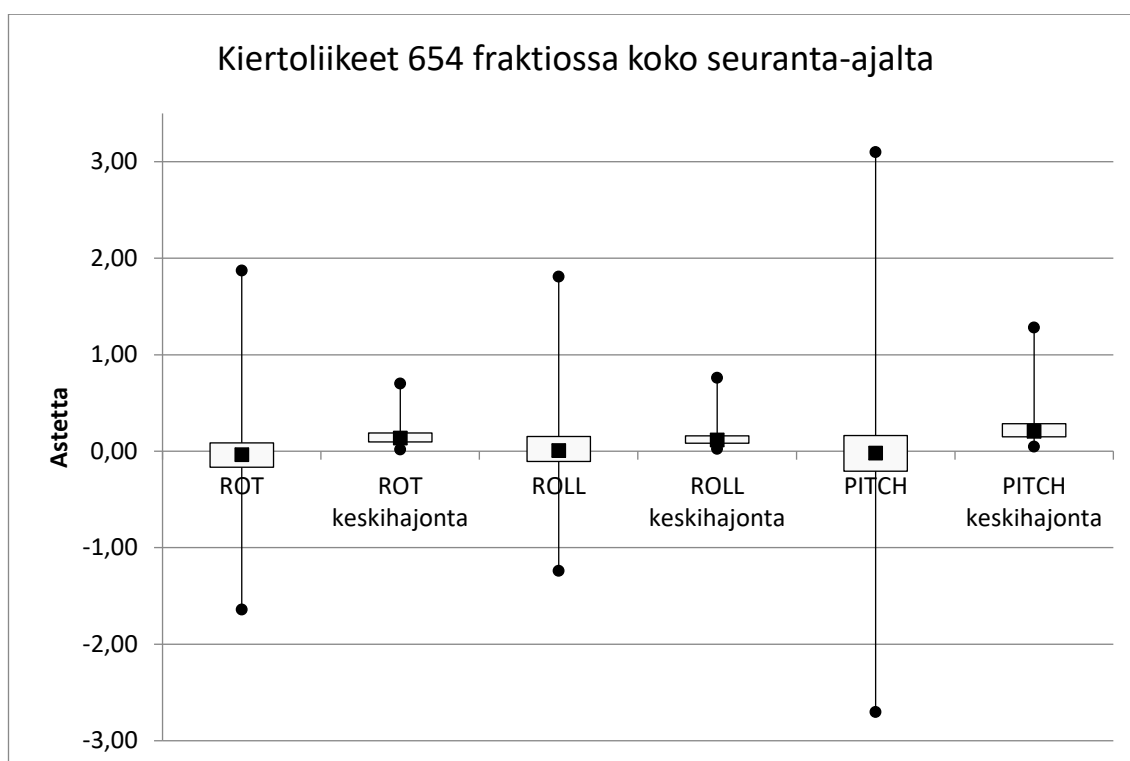
6.1 Hoidonaikaisen liikkeen määrä

Rinnan alueen vapaan hengityksen sädehoidossa kaikkien aineiston potilaiden ($f=36$) kaikissa fraktioissa ($n=654$) vertikaalisuunnan hoidonaikaisen liikkeen keskihajontojen vaihteluväli oli $-0,02$ – $2,61$ mm ja kaikkien fraktioiden keskihajontojen keskiarvo oli $0,57$ mm. Longitudinaalisuunnassa kaikkien potilaiden hoidonaikaisten liikkeiden keskihajontojen vaihteluväli oli $0,12$ – $1,91$ mm, ja kaikkien fraktioiden keskihajontojen keskiarvo oli $0,59$ mm. Lateraalisuunnassa 653 fraktiossa potilaiden hoidonaikaisten liikkeiden keskihajonnat olivat vaihteluväliltään $-0,02$ – $2,08$ mm, ja 654 fraktiossa hoidonaikaisten liikkeiden keskihajonnat olivat vaihteluväliltään $-0,02$ – $13,41$ mm. Lateraalisuunnassa kaikkien fraktioiden keskihajontojen keskiarvo oli $0,44$ mm. (Kuvio 1; liite 1; taulukko 3.)



KUVIO 1. Potilaiden hoidonaikaiset lineaariset liikkeet sekä niiden keskihajonnat

Rinnan alueen vapaan hengityksen sädehoidossa kaikkien tutkimuksen potilaiden ($f=36$) kaikissa fraktioissa ($n=654$) potilaiden vartaloiden kiertojen (ROT) keskihajontojen määrä vaihteli $0,02^{\circ}$ – $0,70^{\circ}$ välillä, ja kaikkien fraktioiden keskihajontojen keskiarvo oli $0,16^{\circ}$. Kaikissa fraktioissa potilaiden kallistuksien (ROLL) keskihajontojen määrä vaihteli $0,02^{\circ}$ – $0,76^{\circ}$ välillä, ja kaikkien fraktioiden keskiarvo oli $0,13^{\circ}$. Kaikkien potilaiden kippauksen (PITCH) keskihajonnat vaihtelivat $0,04^{\circ}$ – $1,28^{\circ}$ välillä, ja kaikkien fraktioiden keskihajontojen keskiarvo oli $0,24^{\circ}$. (Kuvio 2; liite 1; taulukko 4.)

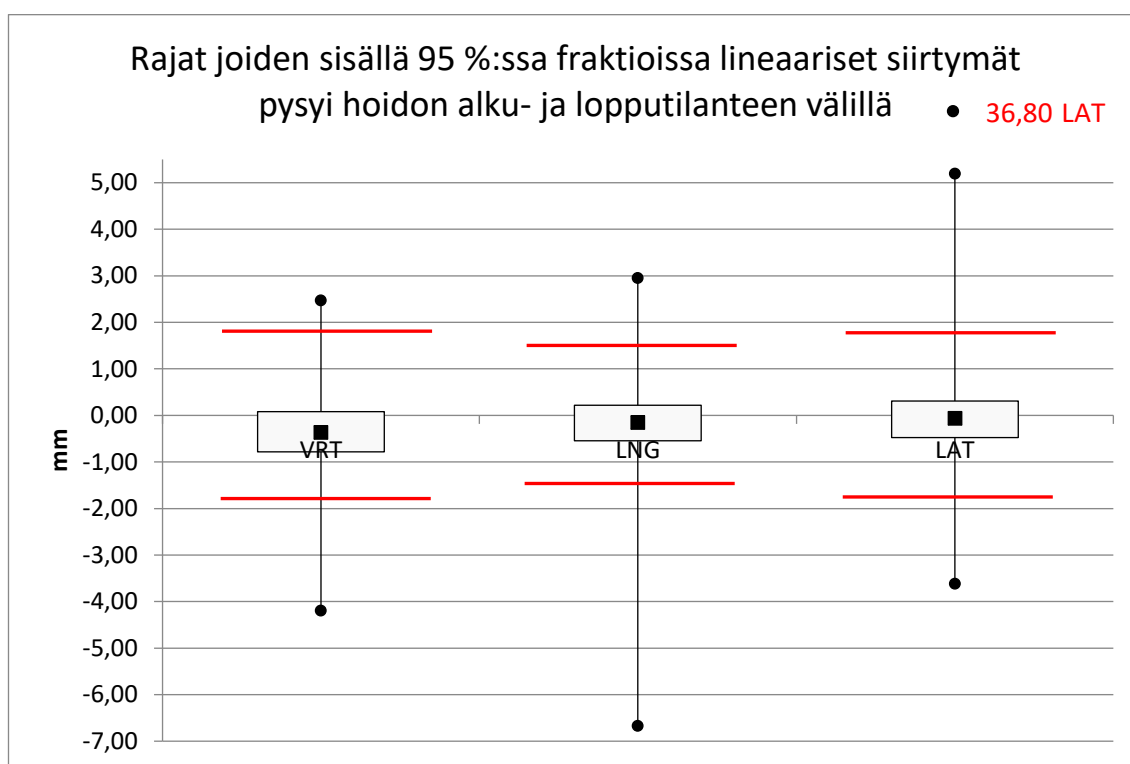


KUVIO 2. Potilaiden hoidon aikaiset kierto liikkeet sekä niiden keskihajonnat

Jokaisen liikesuunnan hoidon aikaisen liikkeen keskihajontojen keskiarvo kerrottiin arvolla 1,4, jolloin rinnan alueen vapaan hengityksen sädehoidossa kaikkien tutkimuksen potilaiden ($f=36$) kaikissa fraktioissa ($n=654$) hoidon aikainen liike oli vertikaalisuunnassa $\pm 0,79$ mm, longitudinaalisuunnassa $\pm 0,83$ mm suurista ja lateraalisuunnassa $\pm 0,61$ mm. ROT-suunnassa hoidon aikainen liike oli $\pm 0,22^{\circ}$, ROLL-suunnassa $\pm 0,19^{\circ}$ ja PITCH-suunnassa $\pm 0,33^{\circ}$ suuruisia.

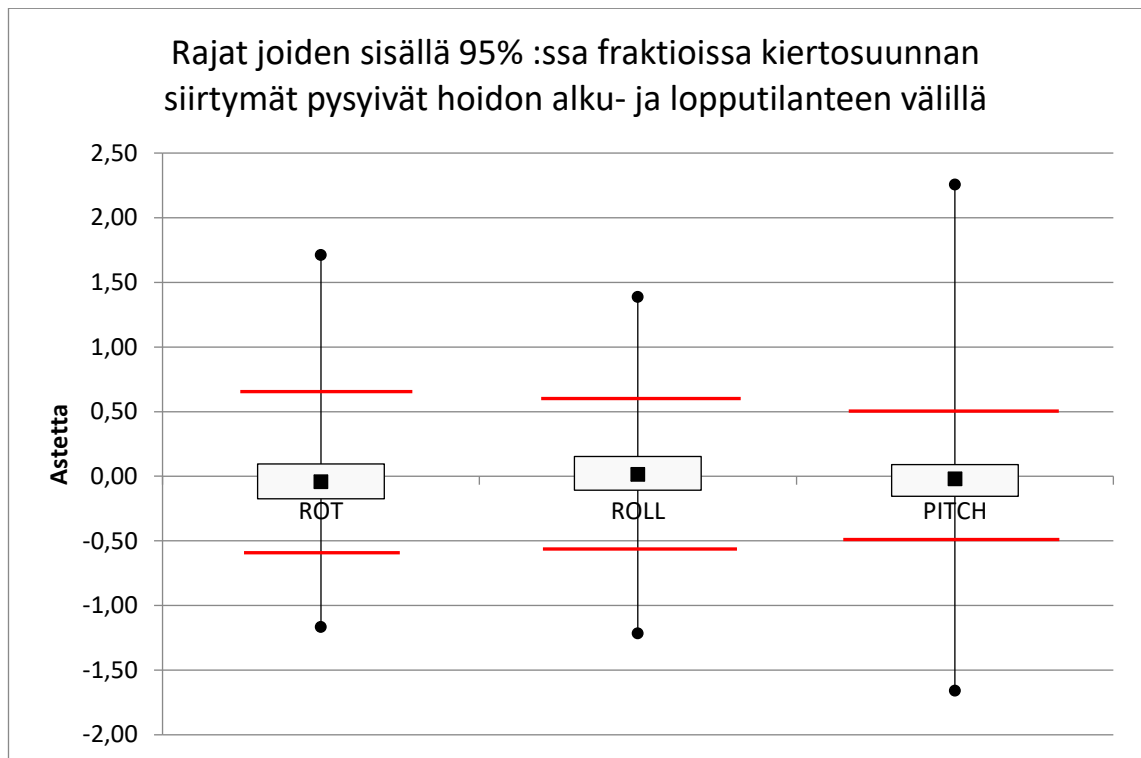
6.2 Rajat, joiden sisällä potilaiden siirtymät pysyvät 95 %:ssa fraktioista

Rinnan alueen vapaan hengityksen sädehoidossa VRT-suunnassa potilaiden siirtymät pysyvät 95 %:ssa fraktioista $\pm 1,82$ mm sisällä. LNG-suunnassa 95 %:ssa fraktioista siirtymät pysyvät $\pm 1,54$ mm sisällä ja LAT-suunnassa $\pm 1,75$ mm sisällä. Yksittäisen potilaan suurin siirtymä vertikaalisuunnassa oli 2,47 mm, longitudinaalisuunnassa 2,95 mm ja lateraalisuunnassa kaksi suurinta olivat 5,20 mm ja 36,80 mm. (Kuvio 3; liite 1; taulukko 5.) Kuviossa (kuvio 3 ja 4) punaiset viivat kuvaavat rajoja, joiden sisällä potilaiden siirtymät pysyvät 95 %:ssa kaikista fraktioista (n=654).



KUVIO 3. Lineaariset siirtymät hoidon alku- ja lopputilanteen välillä sekä rajat, joiden sisällä 95 %:ssa liikkeet pysyvät

ROLL-suunnassa siirtymä, jonka sisällä potilaat 95 %:ssa fraktioissa pysyivät, oli $\pm 0,57^\circ$ ja ROT-suunnassa $\pm 0,59^\circ$. PITCH-suunnassa siirtymä, jonka sisällä potilaat 95 %:ssa fraktioissa pysyivät, oli $\pm 0,52^\circ$. Yksittäisen potilaan suurin siirtymä ROT-suunnassa oli $1,71^\circ$, ROLL-suunnassa $1,39^\circ$ ja PITCH-suunnassa $2,26^\circ$. (Kuvio 4; liite 1; taulukko 6.)



KUVIO 4. Kiertoliikkeiden siirtymät hoidon alku- ja lopputilanteen välillä, sekä rajat, joiden sisällä 95 %:ssa kierrot pysyvät

6.3 Toimenpideraja-arvot

Toimenpideraja-arvot selvitettiin ottamalla huomioon sekä potilaiden hoidon aikana tapahtunut siirtymä isosentristä että hoidonaikaisen liikkeen keskihajonta. Toimenpideraja-arvo laskettiin erikseen jokaiselle kuudelle suunnalle.

Rinnan alueen vapaanhengityksen sädehoidossa lineaaristen liikkeiden toimenpideraja-arvoiksi yhteistyökumppanin AlignRT -pintatunnistuslaitteelle sopisivat VRT-suunnassa $\pm 2,6$ mm, sekä LNG- ja LAT-suunnissa $\pm 2,4$ mm. Kiertoliikkeiden toimenpideraja-arvoiksi yhteistyökumppanin AlignRT:lle sopisi opinnäytetyön mukaan ROLL- ja ROT-suunnissa $\pm 0,8^\circ$ ja PITCH-suunnassa $\pm 0,9^\circ$.

7 POHDINTA

7.1 Tulosten tarkastelu

Opinnäytetyössä tarkasteltiin 654 fraktionaikaisia potilaiden vartalon lineaarisia liikkeitä ja siirtymiä sekä kiertoliikkeiden suuruuksia ja siirtymiä Excel- ja Tixel 10 -taulukkolaskentaohjelmien avulla. Opinnäytetyössä onnistuttiin selvittämään vastaukset opinnäytetyön tutkimusongelmiin, jotka olivat: 1. Kuinka paljon potilailla esiintyy hoidonaikaista liikettä? 2. Mitkä ovat sellaiset toimenpideraja-arvot, joiden sisällä kokonaisliike pysyy 95 %:ssa potilaiden fraktioista?

Tarkastelemalla potilaan hoitojen aikana esiintyneitä liikkeitä selvitettiin potilaan hoidon aikana tapahtuvan liikkeen määrä kuudessa eri suunnassa. Opinnäytetyössä saatiin selvitettyä hoidonaikaisten liikkeiden suuruus, sekä koko hoidon aikana tapahtunut siirtymä alku- ja lopputilanteen erotuksen välillä, eli paikan siirros. Paikan siirros voi johtua esimerkiksi hoidon aikana tapahtuvasta rentoutumisesta.

Tuloksia tarkasteltiin kunkin opinnäytetyön tutkimusongelman näkökulmasta. Tuloksia pohdittiin hoidonaikaisen liikkeen määrän suhteen, paikan siirroksien ja rajan jossa 95 %:ssa fraktioista potilaiden liikkeet pysyivät sekä vielä pintatunnistulaitteen toimenpideraja-arvojen osalta. Lopullisissa toimenpideraja-arvo ehdotuksissa otettiin huomioon kaikki edellä mainitut näkökulmat.

7.1.1 Hoidonaikaisen liikkeen määrä

Kun selvitettiin hoidonaikaisen liikkeen määrää kaikkien fraktioiden (n=654) aikana, tarkasteltiin liikkeiden keskihajontoja ja näiden keskiarvoja. Hoidonaikaisten liikkeiden määriä vertailtiin nykyisiin yhteistyökumppanilla käytössä oleviin toimenpideraja-arvoihin, mutta on huomioitavaa, että tässä tarkastelussa on otettu huomioon vain koko seuranta-ajan aikana tapahtunut hoidonaikainen liike sekä hengityслиikkeen vaikutus.

Kaikkien potilaiden (f=36) vertikaalisuunnan siirtymien keskihajontojen keskiarvoksi saatiin 0,57 mm vaihteluvälin ollessa -0,02–2,61 mm (kuvio 1; liite 1; taulukko 3). Vertikaalisuunnan tämänhetkinen toimenpideraja-arvo yhteistyökumppanilla (± 2 mm) ylittyi muutaman potilaan hoitojen aikana joissakin fraktioissa tarkasteltaessa hoidon aikaisen liikkeen keskihajontoja. Kun vertikaalisuunnan hoidon aikaisen liikkeen keskihajonta kerrottiin arvolla 1,4, hoidon aikaiseksi liikkeeksi saatu $\pm 0,79$ mm ei vielä ylitä nykyistä toimenpideraja-arvoa. Tähän tarkasteluun ei ole otettu vielä huomioon potilaiden siirtymiä hoidon alku- ja lopputilanteen välillä.

Longitudinaalisuunnassa kaikkien potilaiden (f=36) hoidon aikaisen liikkeen keskihajontojen keskiarvoksi saatiin 0,59 mm vaihteluvälin ollessa 0,12–1,91 mm (kuvio 1; liite 1; taulukko 3). Longitudinaalisuunnan yhteistyökumppanin nykyinen toimenpideraja-arvo (± 4 mm) ei ylittynyt yhdessäkään fraktiossa tarkastellessa hoidon aikaisen liikkeen keskihajontoja. Kun longitudinaalisuunnan hoidon aikaisen liikkeen keskihajonta kerrottiin arvolla 1,4, hoidon aikaiseksi liikkeeksi saatu $\pm 0,83$ mm ei myöskään ylitä yhteistyökumppanin nykyistä toimenpideraja-arvoa. Tässä tarkastelussa on huomioitu vain koko seuranta-ajan hoidon aikainen liike sekä hengitysliikkeen vaikutus.

Lateraalisuunnassa 653 fraktiossa kaikkien potilaiden (f=36) siirtymien keskihajonnat olivat vaihteluväliltään -0,02–2,08 mm, ja 654 fraktiossa siirtymien keskihajonnat olivat vaihteluväliltään -0,02–13,41 mm. Lateraalisuunnassa kaikkien fraktioiden (n=654) keskihajontojen keskiarvoksi saatiin 0,44 mm. (Kuvio 1; liite 1; taulukko 3.) Lateraalisuunnassa yhteistyökumppanin nykyinen toimenpideraja-arvo (± 5 mm) ei ylittynyt 653 fraktiossa. Kun kaikkien fraktioiden (n=654) hoidon aikaisen liikkeen keskihajonta kerrottiin arvolla 1,4, lateraalisuunnan hoidon aikaiseksi liikkeeksi saatu $\pm 0,61$ mm ei myöskään ylitä yhteistyökumppanin nykyistä toimenpideraja-arvoa. Tässä tarkastelussa on huomioitu vain hoidon aikainen liike ja hengitysliikkeen vaikutus.

Lateraalisuunnan hoidon aikaisissa liikkeissä esiintyi yksittäinen poikkeavan suuri arvo yhdessä fraktiossa, minkä takia lateraalisuunnan hoidon aikaista liikettä on tarkastelu sekä 653 että 654 fraktion näkökulmasta. Yksittäisen potilaan yhden

fraktion hoidonaikainen 13,41 mm suuruinen liike oli poikkeuksellisen suuri verrattuna muuhun potilaiden hoidonaikaiseen liikkeeseen. Suuri hoidonaikainen liike voi mahdollisesti johtua esimerkiksi aivastuksesta tai muusta hallitsemattomasta kehon toiminnasta. Suuri arvo on voinut johtua myös keskeytetystä hoitokerrasta tai ihon pinnan seurannan epäonnistumisesta. Ei kuitenkaan ole olemassa tarkkaa tietoa siitä, mistä hoidonaikainen suurempi liike on syntynyt. Arvo (13,4 mm) lisättiin kuvioon 1 käsin, jotta vältettiin kuvion ja tulosten tahaton vääristyminen.

Hoidonaikaisia kiertoliikkeitä tarkasteltiin vastaavasti kuten lineaarisia liikkeitä. Kaikkien potilaiden (f=36) vartalon kiertojen (ROT) keskihajontojen keskiarvoksi saatiin $0,16^\circ$ vaihteluvälin ollessa $0,02^\circ-0,70^\circ$ (kuvio 2; liite 1; taulukko 4). Vartalon kierron tämänhetkinen yhteistyökumppanin toimenpideraja-arvo ($\pm 3^\circ$) ei ylittynyt yhdessäkään fraktiossa tarkastellessa hoidonaikaisten kiertojen keskihajontoja. Kun kaikkien fraktioiden (n=654) hoidonaikaisen kiertoliikkeen keskihajonta kerrottiin arvolla 1,4, hoidonaikaiseksi liikkeeksi saatu $\pm 0,22$ mm ei myöskään ylitä nykyistä yhteistyökumppanin toimenpideraja-arvoa. Tässä tarkastelussa huomioitiin vain koko seuranta-ajan aikana tapahtunut hoidonaikainen liike ja hengitysliikkeen vaikutus.

Kaikkien potilaiden (f=36) vartalon kallistuksen (ROLL) keskihajontojen keskiarvoksi saatiin $0,13^\circ$ vaihteluvälin ollessa $0,02^\circ-0,76^\circ$ (kuvio 2; liite 1; taulukko 4). Vartalon kallistuksen tämänhetkinen yhteistyökumppanin toimenpideraja-arvo ($\pm 3^\circ$) ei ylittynyt yhdessäkään fraktiossa tarkastellessa hoidonaikaisen kallistuksen keskihajontoja. Kun kaikkien fraktioiden (n=654) hoidonaikaisten kallistusten keskihajonta kerrottiin arvolla 1,4, hoidonaikaiseksi liikkeeksi saatu $\pm 0,19$ mm ei myöskään ylitä nykyistä yhteistyökumppanin toimenpideraja-arvoa. Tarkastelussa huomioitiin vain hoidonaikainen liike ja hengitysliikkeen vaikutus.

Kaikkien potilaiden (f=36) vartalon kippausten (PITCH) keskihajontojen keskiarvoksi saatiin $0,24^\circ$ vaihteluvälin ollessa $0,04^\circ-1,28^\circ$ (kuvio 2; liite 1; taulukko 4). Myöskään vartalon kippauksen tämänhetkinen yhteistyökumppanin toimenpideraja-arvo ($\pm 3^\circ$) ei ylittynyt yhdessäkään fraktiossa tarkastellessa kippausten hoidonaikaisia keskihajontoja. Kun kaikkien fraktioiden (n=654) hoidonaikaisten kippausten keskihajonta kerrottiin arvolla 1,4, hoidonaikaiseksi liikkeeksi saatu

$\pm 0,33$ mm ei myöskään vielä ylitä yhteistyökumppanin nykyistä toimenpideraja-arvoa. Tässä tarkastelussa huomioitiin vain koko seuranta-ajan hoidonaikainen liike ja hengitysliikkeen vaikutus.

Hoidonaikaisen liikkeen määrä ei ylittänyt yhteistyökumppanin nykyisiä toimenpideraja-arvoja yhdessäkään kuudessa suunnassa tarkastellessa vain hoidonai-kaisten liikkeiden keskihajontoja ja keskiarvoja sekä hengitysliikkeen vaikutusta. Tämän tarkastelualueen perusteella voidaan tehdä alustavia päätelmiä siitä, että nykyisiin yhteistyökumppanin toimenpideraja-arvoihin olisi mahdollista tehdä muutoksia. Lopullinen päätelmä toimenpideraja-arvoista saadaan selville, kun hoidonaikaisen liikkeen määrään lisätään tieto siitä, mikä on potilaan koko hoidon aikana tapahtunut siirtymä alku- ja lopputilanteen erotuksen välillä, eli paikan siirros. Kun paikan siirros lasketaan hoidonaikaiseen liikkeeseen mukaan, tähän mennessä tehdyt tarkastelut ja päätelmät voivat vielä muuttua.

Vaikka pelkän hoidonaikaisen liikkeen ja hengitysliikkeen vaikutuksen tarkastelu ei vielä anna vastauksia opinnäytetyön toiseen tutkimusongelmaan, opinnäytetyön tekijät pitivät työvaihetta mielenkiintoisena. On hyvä saada erillinen tieto siitä, minkä suuruista pelkkä potilaan hoidonaikainen liike on. Myöhemmissä työvaiheissa oli mielenkiintoista havaita, miten päätelmät muuttuvat toimenpideraja-arvojen suhteen, kun potilaan paikan siirros lasketaan mukaan tuloksiin

Aikaisempien tutkimusten mukaan potilaiden hoidonaikaiset kiertoliikkeet on todettu toisissa suuremmaksi (Jacqmin 2019) ja toisissa pienemmäksi (Wiant ym. 2014), kuin opinnäytetyön tuloksissa. Kiertoliikkeiden suuruuden osalta suurin ero opinnäytetyössä esitettyjen aikaisempien tutkimustulosten ja opinnäytetyön tulosten välillä on $1,1^\circ$. Lineaaristen siirtymien vaihteluväliä on aikaisemmissa tutkimuksissa (Jacqmin 2019, Wiant ym. 2014, Reitz ym. 2018, Ricotti ym. 2017 & Jensen ym. 2017) arvioitu vaihtelevasti niin, että vaihteluvälit olivat $-1,3$ – 3 mm sisällä. Opinnäytetyön tuloksena määritetyt liikkeiden keskihajonnat kaikissa lineaarisissa suunnissa on muissa tutkimuksissa saatujen vaihteluvälien sisällä. Jacqminin (2019) tutkimuksessa hengitysliikkeen on arvioitu olevan 2 – 4 mm suurista. Opinnäytetyön tulosten mukaan vertikaalisuunnan liike, joka on oletettavasti seuraus ainakin hengitysliikkeestä, on ollut $-0,02$ – $2,6$ mm välillä.

Opinnäytetyössä saadut tulokset potilaiden hoidon aikaisten liikkeiden määristä ovat samansuuntaisia kuin aiemmissa vastaavanlaisissa tutkimuksissa. Tuloksia ei välttämättä voi kuitenkaan verrata suoraan keskenään, sillä ne on laskettu mahdollisesti eri tavalla kuin opinnäytetyön tuloksissa. Opinnäytetyössä käytettiin esimerkiksi kerrointa 1,4 hengitysliikkeen vaikutusta tarkastellessa. Muissa tässä työssä esitellyissä tutkimuksissa ei mainita käytettävän vastaavanlaista kerrointa. Vertailua tehdessä tulee ottaa huomioon eri laskentamenetelmien mahdollisuus.

7.1.2 Rajat, joiden sisällä potilaiden siirtymät pysyvät 95 %:ssa fraktioista

Hoidon aikana tapahtuneen siirtymän suuruutta selvitettiin hoidon alku- ja lopputilanteen erotuksella. Siirtymät järjestettiin suuruusjärjestykseen ja suurimmat 5 % poistettiin, kuten yhteistyökumppanin kanssa oli sovittu. Näin saatiin selville rajat, joiden sisällä siirtymät pysyvät 95 %:ssa fraktioista (n=654).

Kaikkia kuutta suuntaa tarkasteltiin erikseen. Vertikaalisuunnassa potilaiden siirtymät pysyvät 95 %:ssa fraktioista $\pm 1,82$ mm sisällä. Yksittäisen potilaan suurin siirtymä vertikaalisuunnassa oli 2,47 mm. Vertikaalisuunnassa ei esiintynyt muusta aineistosta poikkeavia siirtymiä. Longitudinaalisuunnassa 95 %:ssa fraktioista siirtymät pysyvät $\pm 1,54$ mm sisällä. Yksittäisen potilaan suurin siirtymä oli 2,95 mm. Longitudinaalisuunnassa ei havaittu yksittäisiä aineistosta poikkeavia suuria arvoja. Longitudinaalisuunnan 95 %:n raja oli lineaarisista suunnista pienin. Lateraalisuunnassa 95 %:ssa fraktioista siirtymät pysyvät $\pm 1,75$ mm sisällä. Yksittäiset suurimmat siirtymät lateraalisuunnassa olivat 5,19 mm ja 36,80 mm. Arvo 36,80 mm oli poikkeuksellisen suuri, minkä seurauksena arvo piti lisätä käsin kuvioon (kuvio 3). Näin välttyttiin kuvion vääristymiseltä yhden suuren poikkeavan arvon takia. Tavoitteena oli saada kuvioista mahdollisimman selkeät visuaalisesti. (Kuvio 3; liite 1; taulukko 5.)

Suuret siirtymät hoidon aikana voivat johtua äkkinäisestä liikkeestä ja siitä palautumisesta. Siirtymän suuruus voi johtua siitä, että potilas on liikahtanut äkillisesti esimerkiksi yskänpuuskan tai pahoinvoinnin vuoksi. Lateraalisuunnan arvo 36,80 mm on kuitenkin muihin opinnäytetyön tuloksiin viitaten erittäin suuri, josta voisi

päätellä liikkeen johtuneen tilanteesta, jonka seurauksena hoito on mahdollisesti keskeytetty. Hoito on voitu keskeyttää esimerkiksi potilaan pahoinvoinnin vuoksi, mutta pintatunnistuslaite on kerännyt datan liikkeestä ennen hoidon keskeyttämistä. Toisen lateraalisuunnan suuren arvon (5,19 mm) kohdalla kyseessä voisi olla äkkinäinen liike, esimerkiksi säpsähdys ja siitä palautuminen.

Kiertosuuntien siirtymien osalta ROLL- suunnassa rajaksi, jonka sisällä potilaat 95 %:ssa fraktioissa pysyivät, saatiin $\pm 0,57^\circ$. Yksittäisen potilaan suurin siirtymä ROLL-suunnassa oli $1,39^\circ$, eikä potilaiden kallistuksissa havaittu muista kyseisen suunnan siirtymistä poikkeavia suurempia arvoja. ROT-suunnassa potilaiden siirtymät pysyivät 95 %:ssa fraktioista $\pm 0,59^\circ$ sisällä, ja yksittäisen potilaan suurin ROT-suunnan siirtymä oli $1,71^\circ$. ROT-suunnassa ei myöskään havaittu yksittäisiä poikkeavia suuria siirtymiä. PITCH-suunnassa potilaiden siirtymät pysyivät 95 %:ssa fraktioista $\pm 0,52^\circ$ sisällä, ja yksittäisen potilaan suurin siirtymä oli $2,26^\circ$. Potilaiden kippauksen siirtymien suhteen ei myöskään havaittu poikkeavia suuria arvoja. PITCH-suunnan 95 %:n raja oli kiertosuunnista pienin. (Kuvio 4; liite 1; taulukko 6.)

7.1.3 Toimenpideraja-arvot

Opinnäytetyön tuloksena onnistuttiin selvittämään toimenpideraja-arvoehdotukset AlignRT -laitteelle. Toimenpideraja-arvoiksi opinnäytetyön mukaan sopivat arvot selvitettiin siten, että niissä otettiin huomioon sekä koko seuranta-ajan hoidonaikainen liike, että potilaan siirtyminen hoitokerran alkutilanteesta lopputilanteeseen verrattuna. Tulokset ovat perusteltavissa matemaattisten laskutoimitusten avulla. Hoidonaikaisen liikkeen määrä sekä hoidonaikaiset siirtymät yhdistettiin yhteenlaskulla. Näin saatiin tulos, joka sisälsi koko hoitokerran aikana tapahtuneen hoidonaikaisen liikkeen keskihajonnan, sekä potilaan siirtymän alku- ja lopputilanteen välillä fraktion aikana. Tulokseksi saatu arvo kertoi toimenpideraja-arvo -ehdotuksen jokaiselle kuudelle suunnalle.

Opinnäytetyön mukaan lineaaristen liikkeiden toimenpideraja-arvoiksi AlignRT -laitteelle näyttäisi sopivan VRT-suunnassa $\pm 2,6$ mm, LNG- ja LAT-suunnassa

$\pm 2,4$ mm. Kiertoliikkeiden toimenpideraja-arvoiksi näyttäisi sopivan ROLL- ja ROT-suunnissa $\pm 0,8^\circ$ ja PITCH-suunnassa $\pm 0,9^\circ$.

Opinnäytetyön tuloksina saadut pintatunnistulaitteen toimenpideraja-arvoehdotukset eroavat jonkin verran sekä AlignRT:n oletusarvoista, että yhteistyökumppanilla käytössä olevista toimenpideraja-arvoista. VRT-suunnan toimenpideraja-arvoksi opinnäytetyön tulosten mukaan sopisi $0,4$ mm pienempi arvo kuin AlignRT:n oletustoimenpideraja-arvo on ja $0,6$ mm suurempi arvo kuin yhteistyökumppanilla käytössä oleva toimenpideraja-arvo. Yhteistyökumppanilla käytössä oleva VRT-suunnan toimenpideraja-arvo vastaa jo hyvin lähelle opinnäytetyön tulosta, ja mahdollinen tehtävä muutos toimenpideraja-arvoon olisi hyvin pieni ($0,6$ mm suurempi).

AlignRT:llä ei ole muille lineaarisille suunnille suositusta toimenpideraja-arvoille rinnan alueen pintaohjatussa sädehoidossa, joten tuloksia LNG- ja LAT-suunnan toimenpideraja-arvoista voidaan verrata vain yhteistyökumppanilla käytössä oleviin toimenpideraja-arvoihin. LNG-suunnassa toimenpideraja-arvoa voisi opinnäytetyön tulosten mukaan pienentää $1,6$ mm yhteistyökumppanilla käytössä olevasta toimenpideraja-arvosta. LAT-suunnassa toimenpideraja-arvoa voisi opinnäytetyön tulosten mukaan pienentää jopa $2,6$ millimetriä yhteistyökumppanilla käytössä olevasta toimenpideraja-arvosta. Suurimmat erot yhteistyökumppanin käytössä oleviin lineaaristen suuntien toimenpideraja-arvoihin saatiin LNG- ja LAT-suunnissa.

Kiertoliikkeiden toimenpideraja-arvoja voisi opinnäytetyön tulosten mukaan tiukentaa verrattuna sekä AlignRT:n valmistajan suosituksiin sekä yhteistyökumppanilla käytössä oleviin toimenpideraja-arvoihin. Kiertoliikkeiden osalta yhteistyökumppanilla on käytössä valmistajan suosittama 3° toimenpideraja-arvo. Tästä arvosta opinnäytetyön tulosten mukaan ROT- ja ROLL-suuntien toimenpideraja-arvoa voisi pienentää $2,2^\circ$ ja PITCH-suunnassa toimenpideraja-arvoa voisi pienentää $2,1^\circ$. Kiertoliikkeiden toimenpideraja-arvojen erot toisiinsa jäivät erittäin pieniksi (vain $0,1^\circ$ ero), joten kaikille kiertosuunnan liikkeille voisi sopia yksi ja sama toimenpideraja-arvo, kuten tällä hetkelläkin on käytössä ja kuten valmistajakin suosittelee.

Opinnäytetyön tulosten perusteella tehdyt ehdotukset toimenpideraja-arvoista ylittivät yhteistyökumppanilla käytössä olevat toimenpideraja-arvot vain VRT-suunnassa. Kaikissa muissa suunnissa opinnäytetyön tuloksina saadut toimenpideraja-arvoehdotukset olivat pienemmät, kuin nykyiset toimenpideraja-arvot. Pohdintaa herättää kuitenkin toimenpideraja-arvojen tiukkuuden käytännöllisyys. Ei ole tarkoituksenmukaista, että toimenpideraja-arvot olisivat niin tiukat, että sädehoidon toteutus hankaloituu ja hoitokerroilla esiintyisi turhan herkästi hoidon katkeamisia (beam off). Toimenpideraja-arvojen ollessa liian tiukat, hoidon toteutus ei välttämättä ole enää yhtä sujuvaa, potilaan hoitopöydälläoloaika saattaa pitkittyä, josta voi mahdollisesti seurata hoidonaikaisen liikkeen lisääntymistä. On kuitenkin tärkeää, että sädetys katkeaa aina kun se on tarpeellista. Sädehoitoa kohdistetaan millimetrien tarkkuudella, joten millimetrinkin siirros voi vaikuttaa sädehoidon osuvuuteen.

7.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Tämä opinnäytetyö tehtiin tutkimuseettisen neuvottelukunnan määrittämän hyvän tieteellisen käytännön periaatteita noudattaen. Näitä ovat muun muassa rehellisyys, yleinen huolellisuus sekä tarkkuus kaikissa tutkimuksen tekemisen vaiheissa. (TENK 2013, 6–7). Aineiston keruun ja käsittelyn tulee tapahtua luottamuksellisesti ja objektiivisesti, ja tulokset julkaistaan avoimesti ja rehellisesti (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2013, 23–24).

Opinnäytetyölle haettiin tutkimuslupa ennen tutkimusaineiston vastaanottamista. Tutkimusluvan haun yhteydessä sovittiin tutkimustietojen käsittelystä ja tietojen anonyymiydestä. Opinnäytetyön tekijöille ei luovutettu missään vaiheessa tutkimusprosessia yksilöitäviä potilastietoja, kuten esimerkiksi henkilötunnuksia. Opinnäytetyötä varten saatu aineisto oli valmiiksi anonymisoitu. Opinnäytetyön tekijöillä ei myöskään ole ollut pääsyä sädehoitoyksikön tietokantoihin. Potilaita ei voi tunnistaa opinnäytetyön tutkimusaineistosta eikä raportista. Opinnäytetyön aineisto hävitettiin työn valmistuttua. Opinnäytetyön tekijät suojelivat näin potilaiden yksityisyyttä, sillä yksittäistä tutkimuskohdetta ei saa tunnistaa tutkimustuloksista (Heikkilä 2014, 28–29).

Validiteetti opinnäytetyössä saavutettiin käsitteiden ja muuttujien tarkalla määrittelemisellä ja työn huolellisella suunnittelulla. Opinnäytetyön tekijöiden tarkalla ja kriittisellä työnteolla on saavutettu reliabiliteettia opinnäytetyön tuloksiin. Tutkimus olisi toistettavissa opinnäytetyön perusteella. Opinnäytetyön aineistoa on käsitelty huolellisesti ja tarkkuutta käyttäen. (Heikkilä 2014, 27–28). Aineisto saatiin valmiina eikä siihen tehty muita muutoksia, kuin toisen tarkastelualueen lukujen muuttaminen itseisarvoiksi laskentaa varten.

Aineiston käsittelyssä käytettiin apuna tilasto-ohjelmia, jotka vähentävät virheiden mahdollisuuksia, kuitenkin poistamatta niitä. (Heikkilä 2014, 28). Tietoja siirrettiin paljon kopioimalla suoraan tiedostosta toiseen, jolloin numeroiden uudelleen kirjoittamisen välttämisen myötä, myös tietojen muuttumisen mahdollisuus vähenee. Opinnäytetyön tulokset on selvitetty objektiivisesti perustuen laitteelta tallennettuun dataan ja laskukaavoihin.

Opinnäytetyön tekijät pitivät tutkimusprosessin aikana yhteyttä sädehoitoyksikössä pintatunnistulaitteen kanssa työskentelevään sairaalafyysikkoon ja röntgenhoitajaan, joka myös toimi opinnäytetyön työelämäohjaajana. Heiltä varmistettiin, että sädehoitoyksiköstä saatua aineistoa osattiin tulkita ja tulostaa tarkoituksenmukaisesti.

Opinnäytetyössä käytettiin runsaasti mahdollisimman tuoreita ja luotettavia lähteitä. Käytetyt lähteet olivat pääosin alle kymmenen vuotta vanhoja. Joitakin vanhempia lähteitä käytettiin myös, kun opinnäytetyön tekijät arvioivat, ettei niiden sisältämä tieto ole vanhentunutta. Lähteinä pyrittiin käyttämään tunnettuja julkaisuja sekä vertaisarvioitua tutkimustietoa. Englanninkielisten lähteiden kohdalla opinnäytetyön tekijät hyödynsivät muun muassa sanakirjoja, millä varmistuttiin siitä, että lähteiden sisältö ymmärrettiin oikein. Kaikki käytetyt lähteet on merkitty huolellisesti.

7.3 Jatkotutkimusehdotukset ja oma oppimiskokemus

On tärkeää, että toimenpideraja-arvojen käyttöä tutkitaan ja niiden toteutumista käytännössä seurataan. Jatkotutkimuksena voisi selvittää kuinka potilaan hoitokerran kestänyt aika (minuutit) on vaikuttanut esiintyneeseen liikkeen määrään, sekä kuinka mahdolliset hoidon katkeamiset (beam-off) pinta-tunnistuslaitteen käytön vuoksi vaikuttaisivat potilaan kokonaisvaltaiseen hoidon sujumiseen. Potilaan ollessa pidempiä aikoja hoitopöydällä lihasten rentoutumisessa ja jäykistymisessä saattaa näkyä eroja lyhyempään hoitokertaan nähden.

Toimenpideraja-arvoja pienennettäessä voisi selvittää kuinka ne toimivat käytännössä pidemmällä aikavälillä ja suuremmalla potilasjoukolla. Opinnäytetyön tuloksina saadut toimenpideraja-arvot eroavat yhteistyökumppanilla käytössä olevista toimenpideraja-arvoista useampienkin millimetrien suuruudella. Opinnäytetyön tulosten mukaan toimenpideraja-arvoja voisi tiukentaa useimmissa suunnissa, mutta tämä tulos perustuu 36 potilaan hoitofraktioiden tietoihin. Poikkeuksena oli VRT-suunnan toimenpideraja-arvo, jota olisi mahdollista suurentaa 0,6 mm opinnäytetyön tulosten mukaan. Lisää luotettavuutta toimenpideraja-arvoehdotusten tuloksiin voisi saada aineiston koon kasvattamisella.

Opinnäytetyön tulokset ovat yhteistyökumppanille varmasti tärkeät ja hyödylliset, sillä aiempaa vastaavaa selvitystyötä toimenpideraja-arvojen suuruuksista ei ole yhteistyökumppanilla tehtynä. Nykyiset toimenpideraja-arvot olivat asetettu valmistajan suositusten pohjalta, niitä kuitenkin muokaten. Opinnäytetyö kattaa 654 fraktiota, joten saadut tulokset perustuvat moneen hoitokertaan. Opinnäytetyön tuloksina saatujen toimenpideraja-arvojen toimivuutta voisi tutkia suuremmalla otoskolla, millä saataisiin selville toimenpideraja-arvojen toimivuus ja sopivuus käytännössä.

Jatkossa yhteistyökumppanille voisi tehdä samanlaisen tutkimuksen eri hoitokohteesta. Toimenpideraja-arvoja voisi olla mahdollista tiukentaa tai kasvattaa myös muiden kohteiden pintaohjatussa sädehoidossa. Tärkeänä osana voisi tutkia myös pintatunnistuslaitteen käytettävyyttä röntgenhoitajien näkökulmasta. Röntgenhoitajille olisi taattava hoitoyksikössä asianmukainen koulutus pintatunnistuslaitteen käyttöön ja sen mahdollistamiin ominaisuuksiin.

Oppimiskokemuksena opinnäytetyön laatiminen on kehittänyt työn tekijöitä monella osa-alueella. Opinnäytetyöprosessin alussa oppimiskokemus painottui tiedonhakuun ja tieteellisten tutkimuksien lukemiseen ja käytäntöjen oppimiseen. Tiedonhaussa tärkeinä oppimiskohteita olivat muun muassa luotettavien lähteiden löytäminen ja lähteiden tarkastelu kriittisesti. Tiedonhaku tapahtui englannin kielellä, minkä seurauksena opinnäytetyön tekijät harjaantuivat englanninkieliseen ammattisanaston käyttöön, ja tässä kehittyminen opinnäytetyöprosessin aikana näkyi selkeästi. Oikeiden englanninkielisten termien ja hakusanojen löytyä, teorian löytäminen työhön helpottui ja luotettavia aiheeseen liittyviä tutkimuksia alkoi löytymään.

Tutkimusaineiston saamisen jälkeen tilasto-ohjelmien hallitseminen ja näiden käytön opetteleminen ja niissä kehittyminen konkretisoituivat. Tutkimusaineisto vaati paljon esikäsittelyä, kun opinnäytetyön tekijöiden tuli laatia kaksi eri tarkastelualuetta ja poimia Excel -taulukoista tietyt tarvittavat sarake- ja rivitiedot. Tämä työvaihe kesti suhteellisen pitkään, ja opetti tarkkuutta ja kärsivällisyyttä aineiston käsittelyssä. Vaikka työvaihe oli aikaa vievä ja työläs, vaihe vaadittiin, jotta tutkimustulosta päästäisiin tulostamaan ja käsittelemään. Esikäsittelyn jälkeen laadituista tarkastelualueista tehtiin tarvittavat laskutoimitukset yhteistyökumppanin ohjeistuksella, jotta tulokset vastaavat täysin sitä, mitä yhteistyökumppani tarvitsi. Tämän jälkeen siirryttiin tulosten tulostamiseen havainnollistaen niitä kuvioin ja taulukoin. Tässä opinnäytetyöntekijät oppivat erityisesti tulosten esittämistä graafisesti siten, että tulokset ovat helppolukuisia ja selkeitä. Kuvioiden ja taulukoiden laatimisessa hyödynnettiin sekä Excel- että Tixel -ohjelmia.

Opinnäytetyön aihe koettiin osittain haastavaksi. Haastetta itse työnteossa aiheutti muun muassa tulosten sanallinen esittäminen, jotta teksti olisi lukijalle selkeää ja ymmärrettävää. Opinnäytetyöprosessi vaati kokonaisuudessaan tarkkuutta ja huolellisuutta, jotta inhimillisiltäkin virheiltä vältyttäisiin aineiston käsittelyssä. Vielä opinnäytetyön valmistuessa opinnäytetyön tekijät tarkistivat tehdyt laskutoimitukset kertaalleen, jotta varmistuttiin tulosten oikeellisuudesta. Opinnäytetyön tekijät ovat työn lopputulokseen tyytyväisiä.

LÄHTEET

Aula, A. sairaalafyysikko. 2019. Hoidonaikaisen liikkeen seurantaava AlignRT. Sähköpostiviesti. Luettu 9.12.2019.

Aula, A. sairaalafyysikko. 2020. Hengitysliikkeen laskeminen tuloksiin. Sähköpostiviesti. Luettu 19.5.2020.

CDR Systems. N.d. Sabella Flex. Tuote-esittely. Luettu 8.1.2020. <http://www.cdr-sys.ca/sabella-flex>

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. Sähkökirjalaitos. Helsinki: Edita Publishing Oy 13, 15–17, 20, 23, 27–29, 40–41, 82–84.

Henttonen, J., Oinonen, J. & Uusitalo, S. 2007. Tekniikan matematiikka 1. 2.–3. painos. Helsinki: Edita Publishing Oy, 138.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2013. Tutki ja kirjoita. 15.–17. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hoisak, J. & Pawlicki, T. 2018. The Role of Optical Surface Imaging Systems in Radiation Therapy. *Seminars in Radiation Oncology* 28 (3), 185–193.

Jacqmin, D. 2019. Surface-Guided Radiotherapy Systems as Source of Big Data: Using Sgrrt Data to Study the Radiotherapy Process. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics* 105 (1), 731–732.

Jahkola, T., Joukainen, S. & Leidenius, M. 2019. Primaari kirurginen hoito. Teoksessa Aittomäki, K., Auvinen, P., Heikkilä, P., Hukkinen, K., Huovinen, R., Jahkola, T., Joensuu, H., Joukainen, S., Jukkola, A., Karihtala, P., Kärjä, V., Lahdenperä, O., Leidenius, M., Mattson, J., Pöyhönen, M., Skyttä, T., Sudah, M., Tanner, M., Tengström, M., Vaalavirta, L. & Vehmanen, L. (toim.) Rintasyövän valtakunnallinen diagnostiikka- ja hoitosuositus 2019. Suomen Rintasyöpäryhmä RY, 24, 26–27.

Jensen, C.A., Roa, A. M. A., Lund, J-Å & Frengen, J. 2017. Intrafractional baseline drift during free breathing breast cancer radiation therapy. *Acta Oncologica* 56 (6), 867–869.

Johansson, R. 2018. Sädehoito. Lääkärikirja Duodecim. Päivitetty 30.5.2018. Luettu 24.6.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk01078#s2

Jussila, A., Kangas, A. & Haltamo, M. 2010. Sädehoitotyö. 1. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.

Khan, F., Gibbons, J. & Sperduto, P. 2016. Khan's Treatment Planning in Radiation Oncology. 4. painos. Philadelphia: Wolters Kluwer Health.

Kouri, M. & Tenhunen, M. 2013. Sädehoito. Teoksessa Joensuu, H., Roberts, P., Kellokumpu-Lehtinen, P-L., Jyrkkiö, S., Kouri, M., & Teppo, L. (toim.) Syöpätaudit. Helsinki: Duodecim.

Laaksomaa, M., Kapanen, M., Rossi, M., Aula, A., Boman, E., Lehtonen, T., Luukkanen, H., Pehkonen, J., Vanhanen, S., Mölkänen, M., Juvonen, M. & Pirkanmaan sairaanhoitopiiri. 2019. Rintasyöpöpotilaiden sädehoidon asettelutarkkuus vapaassa hengityksessä optisen pintatunnistus- tai laserasettelun avulla. Radiografia 2/2019, 22–24.

Moser, P. J. 2009. Electronics and Instrumentation for Audiologists. Psychology Press, 86.

Paile, W. 2002. ICRP:n näkemys säteilyn riskeistä ja suojeluperiaatteista. Säteilyn terveysvaikutukset. Helsinki: Säteilysturvakeskus, 152–153.

Pitkäniemi, J., Malila, N., Virtanen, A. Degerlund, H., Heikkinen, S. & Seppä, K. 2020. Syöpä 2018. Tilastoraportti Suomen syöpätilanteesta. Suomen Syöpäyhdistyksen julkaisuja nro 93. Suomen Syöpäyhdistys: Helsinki 2020, 15–16, 20.

Reitz, D., Carl, G., Schönecker, S., Pazos, M., Freislederer, P., Niyazi, M., Ganswindt, U., Alongi, F., Reiner, M., Belka, C. & Corradini, S. 2018. Real-time intra-fraction motion management in breast cancer radiotherapy: analysis of 2028 treatment sessions. Radiation Oncology 13 (128).

Ricotti, R., Ciardo, D., Fattori, G., Leonardi, M. C., Morra, A., Dicuonzo, S., Rojas, D., Pansini, F., Cambria, R., Cattani, F., Gianoli, C., Spinelli, C., Riboldi, M., Baroni, G., Orecchia, R. & Jereczek-Fossa, B. A. 2017. Intra-fraction respiratory motion and baseline drift during breast Helical Tomotherapy. Radiotherapy and Oncology 122 (1), 79–86.

Rissanen, T. & Dean, P.B. 2017. Rinnat. Teoksessa Blanco Sequeiros, R., Koskinen, S., Aronen, H., Lundbom, N., Vanninen, R., Tervonen, O. (toim.) Kliininen radiologia. Helsinki: Duodecim.

Shayne, M. & Gretchen, K. 2010. Management of breast cancer in older adults. Practical Geriatric Oncology. New York: Cambridge university press.

Smith, S, W. 1997. Chapter 2: Statistics, Probability and Noise. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing. Luettu 28.7.2020. <http://www.dspguide.com/ch2/2.htm>

STUK. 1997. Sädehoitofysiikan sanasto. Sädehoitofysiikan sanastotyöryhmän ehdotus 1997. Helsinki: Säteilysturvakeskus.

STUK. 2015. Sädehoito. Säteily terveydenhuollossa. Päivitetty 10.8.2015. Luettu 7.1.2020. <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/sadehoito>

STUK. 2019. Säteilysturvakeskusten määräys oikeutusarvioinnista ja säteilynsuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa STUK S/4/2019.

Säteilylaki 09.11.2018/859.

TAYS sädehoito. 2019. Rintasyövän liitännäissädehoito. Potilasohje. Päivitetty 30.12.2019. Luettu 5.10.2020. [https://www.tays.fi/fi-FI/Ohjeet/Potilasohjeet/Syopataudit/Rintasyopa/Rintasyovan_liitannaissadehoito\(6261\)](https://www.tays.fi/fi-FI/Ohjeet/Potilasohjeet/Syopataudit/Rintasyopa/Rintasyovan_liitannaissadehoito(6261))

TENK. 2013. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Helsinki.

Tuohinen, S., Skyttä, T. & Putanen, T. 2018. Syövän hoitojen sydänvaikutukset. Suomen lääkirilehti 73 (19), 1207–1212.

Uhari, M., Nieminen, P. 2014. Mallintaminen. Epidemiologia ja biostatistiikka. Duodecim. Luettu 13.4.2020. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/op/ejb00001/do>.

Vaalavirta, L. & Skyttä, T. 2019. Rintasyövän postoperatiivinen sädehoito. Teoksessa Aittomäki, K., Auvinen, P., Heikkilä, P., Hukkinen, K., Huovinen, R., Jähkölä, T., Joensuu, H., Joukainen, S., Jukkola, A., Karihtala, P., Kärjä, V., Lahdenperä, O., Leidenius, M., Mattson, J., Pöyhönen, M., Skyttä, T., Sudah, M., Tanner, M., Tengström, M., Vaalavirta, L. & Vehmanen, L. (toim.) Rintasyövän valtakunnallinen diagnostiikka- ja hoitosuositus 2019. Suomen Rintasyöpäryhmä RY, 38.

Valli, R. 2015. Johdatus tilastolliseen tutkimukseen. 2. painos. Jyväskylä: PS - kustannus.

Vehmanen, L. 2020a. Rintasyövän toteaminen, alatyytit ja ennuste. Lääkirikirja Duodecim. Päivitetty 16.9.2020. Luettu 5.10.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00618

Vehmanen, L. 2020b. Rintasyövän hoito. Lääkirikirja Duodecim. Päivitetty 16.9.2020. Luettu 5.10.2020. https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00468

Vilkka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Kustannus osakeyhtiö Tammi.

Vilkka, H. 2015. Tutki ja kehitä. 4. uudistettu painos. Jyväskylä: PS-kustannus.

Vision RT Ltd. 2018. AlignRT 5.1 User Guide, 6, 14, 25, 44, 83–85, 111, 147. Vaatii käyttöoikeuden.

Vision RT. N.d. About us. On a Mission to Develop Pioneering Technology. Luettu 9.7.2020. <https://visionrt.com/about-us>

Wiant, D. B., Wentworth, S., Maurer, J. M., Vanderstraeten, C. L., Terrell, J. A. & Sintay, B. J. 2014. Surface imaging-based analysis of intrafraction motion for breast radiotherapy patients. Journal of Applied Clinical Medical Physics 15 (6), 147–159.

Wolstenholme, V. 2017. Guidelines for the treatment of Breast cancer with radiotherapy. UCLH Cancer Collaborative. London cancer v. 1.0, 10, 15.

LIITTEET

Liite 1. Potilaiden (f=36) hoidonaikaisten lineaaristen ja kiertoliikkeiden määrät ja siirtymät kaikissa fraktoissa (n=654)

TAULUKKO 3. Hoidonaikaiset lineaaristen suuntien liikkeiden määrät koko seuranta-ajalta

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<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>Luottamusvälin alaraja (95%)</i>	<i>Luottamusvälin yläraja (95%)</i>
VRT	654	-0,23	-0,23	0,83	-3,37	-0,72	0,27	2,45	-0,30	-0,17
VRT keskihajonta	654	0,57	0,51	0,28	-0,02	0,39	0,69	2,61	0,54	0,59
LNG	654	-0,10	-0,11	0,84	-2,94	-0,61	0,35	3,38	-0,16	-0,03
LNG keskihajonta	654	0,59	0,57	0,27	0,12	0,41	0,71	1,91	0,57	0,61
LAT	654	-0,09	-0,05	0,79	-3,41	-0,46	0,27	3,54	-0,15	-0,03
LAT keskihajonta	654	0,44	0,38	0,56	-0,02	0,27	0,51	13,41	0,40	0,48

TAULUKKO 4. Hoidonaikaiset kiertoliikkeiden määrät koko seuranta-ajalta

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<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>Luottamusvälin alaraja (95%)</i>	<i>Luottamusvälin yläraja (95%)</i>
ROT	654	-0,04	-0,04	0,35	-1,64	-0,17	0,09	1,87	-0,07	-0,01
ROT keskihajonta	654	0,16	0,14	0,08	0,02	0,10	0,19	0,70	0,15	0,16
ROLL	654	0,05	0,01	0,32	-1,24	-0,11	0,15	1,81	0,03	0,08
ROLL keskihajonta	654	0,13	0,11	0,08	0,02	0,08	0,16	0,76	0,13	0,14
PITCH	654	-0,03	-0,02	0,54	-2,70	-0,21	0,16	3,10	-0,07	0,01
PITCH keskihajonta	654	0,24	0,21	0,13	0,04	0,15	0,29	1,28	0,23	0,25

TAULUKKO 5. Lineaariset siirtymät hoidon alku- ja lopputilanteen erotuksen välillä

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<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>Luottamusvälin alaraja (95%)</i>	<i>Luottamusvälin yläraja (95%)</i>
VRT	654	-0,36	-0,36	0,85	-4,19	-0,78	0,08	2,47	-0,42	-0,29
LNG	654	-0,16	-0,16	0,78	-6,67	-0,54	0,22	2,95	-0,22	-0,10
LAT	654	-0,08	-0,06	1,66	-3,62	-0,47	0,31	36,80	-0,20	0,05

TAULUKKO 6. Kiertosuuntien siirtymät hoidon alku- ja lopputilanteen erotuksen välillä

<i>Muuttuja</i>	<i>Lkm</i>	<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>Luottamusvälin alaraja (95%)</i>	<i>Luottamusvälin yläraja (95%)</i>
ROT	654	-0,04	-0,04	0,28	-1,16	-0,17	0,10	1,71	-0,06	-0,02
ROLL	654	0,01	0,02	0,27	-1,21	-0,11	0,15	1,39	-0,01	0,03
PITCH	654	-0,03	-0,02	0,28	-1,66	-0,16	0,09	2,26	-0,05	-0,01