

Niina Koistinaho

**HENKILÖKUNNAN SÄTEILYALTISTUKSEN OPTIMOINTI ¹⁸F-FDG-
TUTKIMUKSISSA:**

Opas Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosaston ja keskusröntgenin henkilökunnalle

**HENKILÖKUNNAN SÄTEILYALTISTUKSEN OPTIMOINTI ^{18}F -FDG-
TUTKIMUKSISSA:**

Opas Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosaston ja keskusröntgenin henkilökunnalle

Niina Koistinaho
Opinnäytetyö
8.11.2013
Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	4
ABSTRACT	5
1 JOHDANTO.....	6
2 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT.....	8
2.1 Projektin vaiheet ja aikataulu	8
2.2 Projektioorganisaatio.....	9
3 HENKILÖKUNNAN SÄTEILYALTISTUKSEN OPTIMOINTI ¹⁸ F-FDG TUTKIMUKSISSA	10
3.1 Positroniemission käyttö kuvantamisessa.....	10
3.2 ¹⁸ F-FDG radiolääkkeenä	12
3.3 Radiolääkkeen käsittely prosessin mukaisesti.....	14
3.3.1 ¹⁸ F-FDG-radiolääkkeen annostelu	14
3.3.2 Radiolääke injektion antaminen potilaalle.....	16
3.3.3 Potilaan asettelu ja tutkimuksen toteutus.....	17
3.4 Kontaminaatiotilanteessa toimiminen.....	18
4 OPPAAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	20
4.1 Oppaan lähtökohdat ja etenemisvaiheet.....	20
4.2 Oppaan laatukriteerit.....	20
4.3 Projektin resurssit ja kustannusarvio.....	22
4.4 Projektin ongelmat ja riskit.....	22
4.5 Opasta koskevat tekijänoikeudet ja sopimukset.....	23
5 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN JA OPPAAN ARVIOINTI	24
5.1 Projektin tavoitteiden saavuttamisen arviointi	24
5.2 Projektityöskentelyn arviointi.....	24
5.3 Projektin kustannusten ja aikataulun arviointi	25
5.4 Oppaan laadun arviointi	25
5.5 Esitestaus ja korjaukset palautteen pohjalta	25
6 POHDINTA.....	28
LÄHTEET.....	30
LIITTEET	

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Tekijä: Niina Koistinaho

Opinnäytetyön nimi: Henkilökunnan säteilyaltistuksen optimointi ¹⁸F-FDG-tutkimuksissa - Opas Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosaston ja keskusröntgenin henkilökunnalle

Työn ohjaajat: Anja Henner ja Karoliina Paalimäki-Paakki

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2013

Sivumäärä: 34+9

Positroniemissiotomografia-tietokonetomografia eli PET-TT-kuvantaminen on uusi kuvantamismenetelmä ja se kehittyi edelleen hyvin nopeasti. Koska teknologia on uutta ja siinä yhdistetään kahta erilaista kuvantamismenetelmää (gamma- ja röntgensäteily), yhtenäisiä toimintaohjeistuksia henkilökunnan säteilyuojauksesta PET-TT-tutkimuksissa ei ole vielä tehty. Yleisin tutkimuksissa käytettävä radiolääke ¹⁸F-FDG on ominaisuuksiltaan erilainen kuin muissa isotooppitutkimuksissa käytetyt aineet, joten erot toiminnassa vaikuttavat henkilökunnan säteilyannoksiin joko annosta lisäävästi tai vähentävästi. ¹⁸F-FDG:n tuottama gammasäteily on energialtaan erilainen kuin muissa terveydenhuollon kuvantamisessa käytettävissä isotoopeissa, joten se asettaa haasteita sekä henkilökunnan että potilaiden säteilyuojelun toteuttamiselle.

¹⁸F- isotoopin käyttöönotto on lisännyt henkilökunnan säteilyaltistusta. Henkilökunnan efektiivisen annoksen raja-arvot ylittyvät harvoin normaalissa toiminnassa, mutta sormien ja käsien ekvivalentti annoksen ylitys on mahdollinen. Vaikka henkilökunnan arvioidut säteilyannokset eivät ylitä laissa asetettuja annosrajoja, kasvava potilasvirta tulee lisäämään tutkimuksia ja tämän vuoksi henkilökunnan säteilyaltistusta.

Tämän opinnäytetyön tulostavoitteena oli tehdä selkeä ja käyttökelpoinen opas henkilökunnalle PET-TT-tutkimuksesta prosessin mukaisesti ¹⁸F-FDG-radiolääkkeen aiheuttamasta säteilyaltistuksesta ja sen säteilyltä suojautumisesta. Toiminnallisena tavoitteena on, että henkilökunta saa materiaalia tietokonetomografia- ja perinteisestä isotooppitutkimuksesta poikkeavan tutkimuksen ymmärtämiseen, konkreettisia keinoja henkilökunnan säteilyaltistuksen vähentämiseen sekä kehittää turvallisuuskulttuuria.

Tuotteen esitestaukseen osallistuivat yhteensä kuusi Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosaston ja keskusröntgenin henkilökunnan jäsentä. Heidän lisäksi opasta arvoivat kolme asiantuntijaa ja opettaja. Esitestauksesta saadun palautteen perusteella henkilökunta koki oppaan helppolukuiseksi ja hyödylliseksi. Opas antaa keinoja oman säteilyaltistuksen vähentämiseen sekä työskentelytapojen ja turvallisuuskulttuurin kehittämiseen. Jatkossa olisi hyvä tutkia, onko oppaasta ollut hyötyä eli ovatko henkilökunnan säteilyannokset pienentyneet.

Asiasanat: PET-TT-tutkimus, ¹⁸F-FDG, radiolääke, säteilyuojelu, henkilökunta

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiation Therapy

Author: Niina Koistinaho

Title of thesis: Radiation Dose Optimisation for Personnel in ^{18}F -FDG Examination: Guide for Staff

Supervisors: Anja Henner and Karoliina Paalimäki-Paakki

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2013

Number of pages: 34+9

Positron Emission Tomography-Computed Tomography Imaging (PET-CT) is new technology which is developing fast. Because technology is new, the field does not have common instructions about radiation protection. ^{18}F -FDG is the most commonly used radioactive substance in PET-CT examinations. ^{18}F -FDG is new radioactive substance and it has different energy and qualities compared to other substances in nuclear medicine. It has powerful gamma radiation and also positron radiation so it places challenges in radiation protection for patients and personnel. Differences in radiographer's working habits can affect staff's exposure to radiation in a positive or negative way. Studies show that the use of ^{18}F -FDG has increased personnel's whole body and extremity dose. The guide book is done for Oulu University Hospital, for a nuclear medicine and X-ray department to reduce personnel radiation dose in ^{18}F -FDG examinations.

The aim of this study was to give more information for staff about PET-CT imaging, give concrete procedure guidelines for decreasing personnel radiation dose and develop safety at work. The aim was also to unify staff's working habits in ^{18}F -FDG examination.

Material was collected from international and Finnish research reports and by interviewing physicians working in a nuclear medicine department. The pre-testing of the product was conducted by the staff of the nuclear medicine and X-ray departments. Nine members of the staff read the guide book and gave feedback with an evaluation form. The evaluation form dealt with different qualities of the guide book; appearance, spelling, grammar and the section of radiation protection. Also three specialist and teacher read the guide book and gave feedback about it.

The guide book helps unify working habits in ^{18}F -FDG examination. It gives concrete procedure guidelines to decrease the personnel's radiation dose and it develops safety measures. The guide book was found useful, especially for new employees.

With concrete procedure guidelines the personnel can decrease their radiation dose in ^{18}F -FDG examinations. Therefore it would be useful to examine later if the guide book has helped decrease the staff radiation dose. It would also be useful to study in which part of ^{18}F -FDG examination the procedure gives the highest radiation dose for the personnel in Oulu University Hospital.

Keywords: PET-CT-examination, ^{18}F -FDG, radioactive substance, radiation protection, staff

1 JOHDANTO

Positroniemissiotomografia-tietokonetomografiakuvantaminen (PET-TT) on suhteellisen uutta teknologiaa, joka kehittyi edelleen hyvin nopeasti. Ensimmäinen laite asennettiin Yhdysvalloissa vuonna 2001, jonka jälkeen teknologia on levinnyt ympäri maailman. (Townsend 2008, 938–939.) Vuonna 2005 Turun PET-keskukseen saatiin Suomen ensimmäinen PET-TT-laite. Sen jälkeen laitteita on asennettu viisi lisää: Tampereen, Kuopion, Helsingin ja Oulun yliopistollisiin sairaaloihin sekä yksityiselle Docrates-klinikalle Helsinkiin. (Kajander 2011, 19; Torvinen, 16.9.2013, haastattelu.) Oulun yliopistolliseen sairaalaan laite tuli vuonna 2010.

Koska teknologia on uutta, yhtenäisiä toimintaohjeistuksia henkilökunnalle PET-TT-tutkimuksiin ei ole vielä tehty. Yleisin tutkimuksissa käytettävä ^{18}F -FDG on radiolääkkeenä melko uusi ja ominaisuuksiltaan erilainen kuin muissa isotooppitutkimuksissa käytetyt aineet, joten erot toiminnassa vaikuttavat henkilökunnan säteilyannoksiin joko lisäävästi tai vähentävästi. ^{18}F -FDG:n tuottama gammasäteily on energialtaan suurempi kuin muissa terveydenhuollon kuvantamisessa käytettävissä isotoopeissa, mikä asettaa haasteita sekä henkilökunnan että potilaiden säteilysuojeluun. (Korpela 2004, 224; Leide-Svegborn 2010, 213; Mattsson & Söderberg 2011, 18; Lehtinen 2011, hakupäivä 25.5.2012.) ^{18}F -isotoopin positroniemissiosta vapautuu kaksi gammakvanttia, joilla on 511 keV energia. ^{18}F -isotoopista lähtee myös positronisäteilyä, jonka enimmäisenergia on 634 keV (Korpela 2004, 225; Jurvelin 2005, 50; Stanfordin yliopisto 2013, hakupäivä 2.10.2013.) ^{18}F -isotoopin säteilyenergia on korkeampi kuin esimerkiksi yleisimmin isotooppitutkimuksissa käytetyllä $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -isotoopilla, jonka keskienergia on 140 keV ja puoliintumisaika kuusi tuntia (Korpela 2004, 224).

PET-TT-tutkimus poikkeaa perinteisestä isotooppitutkimuksesta, koska tietokonetomografialaitteen lisäksi säteilee myös radiolääkkeen saanut potilas. Tämän takia henkilökunnan täytyy olla erityisen huolellisia tutkimushuoneessa kulkiessaan ja laitetta käsitellessään. Isotooppityöhön tottumattomalle voi olla hankalaa sisäistää, että potilas on säteilyn lähde eikä laitteisto. Koska potilaskontaktia ei voi välttää aseteltaessa tai potilasta ohjattaessa, huomiota tulisi kiinnittää kontaktin pituuteen ja siihen, kuinka lähellä potilasta ollaan (Covens, Berus, Vanhavere & Cavaliers 2010, 5; Al-Haj ym. 2011, 489). Australialaisen tutkimuksen mukaan ^{18}F -FDG-tutkimuksissa työskentelevien henkilöiden säteilyannokset olivat hieman suurempia kuin muissa isotooppitutkimuksissa työskentelevien (Roberts, Gunawardana,

Pathmaraj, Wallace, Mi, Berlangieri, O'Keefe, Rowe & Scott 2005,47). ^{18}F -isotoopin käyttöönotto on lisännyt henkilökunnan käsien annosta ja niissä erityisesti sormien annosta (Lehtinen 2011, hakupäivä 25.5.2012; Leide-Svegborn 2012, 199). Yleisesti henkilökunnan arvioidut säteilyannokset eivät ylitä laissa asetettuja annosrajoja, mutta kasvava potilasvirta tulee lisäämään tutkimuksia ja tämän vuoksi henkilökunnan säteilyaltistusta (Al-Haj, Lobrigitto, Arafah & Ruchana Parker 2011, 491; Leide-Svegborn 2012, 206).

Isotooppi- ja röntgenosastoille toivotaan yhtenäisempiä tutkimuskäytänteitä ja tiiviimpää yhteistyötä (Mattsson & Söderberg 2011, 19). Positroniemittoreita käytettäessä energia on niin suuri, että olisi hyvä käyttää esimerkiksi erilaisia suojaavia seiniä. Kuitenkaan tutkimuskäytänteet eivät ole vielä vakiintuneita eikä käytettävistä suojista ole kunnollisia suosituksia. (Mattsson & Söderberg 2011, 19.) Kirjallisuudessa ei ole vielä esitetty kunnollisia ratkaisuja siitä, mitä materiaalia suojissa tulisi käyttää. Markkinoilla on muutamia liikutettavia ja säädettäviä suojaseiniä, joissa on käytetty materiaalina lyijyä (2,5 cm). Suojien ongelmaksi tulee paino: kyseinen suojaseinä painaa 202,3 kg (Biodex Medical Systems 2013, hakupäivä 10.9.2013.)

Tulostavoitteena oli tehdä selkeä ja käyttökelpoinen opas henkilökunnalle PET-TT-tutkimuksesta prosessin mukaisesti siinä käytettävän ^{18}F -FDG-radiolääkkeen aiheuttamasta säteilyaltistuksesta ja säteilyltä suojautumisesta. Opas etenee PET-TT-tutkimuksen prosessin mukaisesti.

Toiminnallisena tavoitteena oli, että henkilökunta saa materiaalia tietokonetomografia- ja perinteisestä isotooppitutkimuksesta poikkeavan tutkimuksen ymmärtämiseen. Tavoitteena oli myös antaa konkreettisia keinoja henkilökunnan säteilyaltistuksen vähentämiseen sekä kehittää turvallisuuskulttuuria.

Oppimistavoitteenani oli perehtyä syvällisemmin PET-TT-tutkimukseen ja laitetekniikkaan, tutkimuksessa käytettävän ^{18}F -FDG-radiolääkkeen toimintaan ja sen aiheuttamaan säteilyaltistukseen sekä henkilökunnan säteilysuojeluun. Halusin perehtyä myös tarkemmin projektityöskentelyyn sekä moniammatilliseen yhteistyöhön, koska niitä taitoja tarvitaan myös työelämässä.

2 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Projektin vaiheet ja aikataulu

Opinnäytetyöprosessi alkoi syksyllä 2011 opinnäytetyön idean valinnalla. Idean tuotteeseen sain Oulun seudun ammattikorkeakoulun Sosiaali- ja terveysalan yksikön ideapankista. Aihetta oli aikaisemmin ehdotettu Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosastolta, joten käytännön tarve oppaalle oli jo olemassa. Alkuperäinen aihe oli säteilysuojeluun liittyvien menetelmien vertailu eri tutkimuksissa esim. PET-TT verrattuna TT. Opas haluttiin sekä potilaan että henkilökunnan näkökulmasta. Pidimme isotooppiosastolla suunnittelupalaverin, jossa päätimme, että minun opinnäytetyössä tutkitaan henkilökunnan säteilyaltistuksen optimointia PET-TT-tutkimuksissa ja teen oppaan heidän käyttöönsä. Potilasnäkökulmaa käsittelee vertaisarvioijani Hanna-Mari Kalliokoski.

Opinnäytetyöprosessi jatkui keväällä 2012 ideaseminaarityön tekemisellä ja esittämisellä. Ideaseminaarissa tarkoituksena oli esitellä työn aihe opiskelijatovereille ja pyytää heiltä lisäideoita projektia varten. Ideaseminaarin tein yhteistyössä Hanna-Mari Kalliokosken kanssa, koska molemmat tekevät oppaat omista aiheistaan. Tämän jälkeen prosessi jatkui valmistavan seminaarityön tekemisellä, jota varten perehdyin aiheen kirjallisuuteen ja kartoitin esiyymmärrystä tulevan opinnäytetyöni viitekehystä.

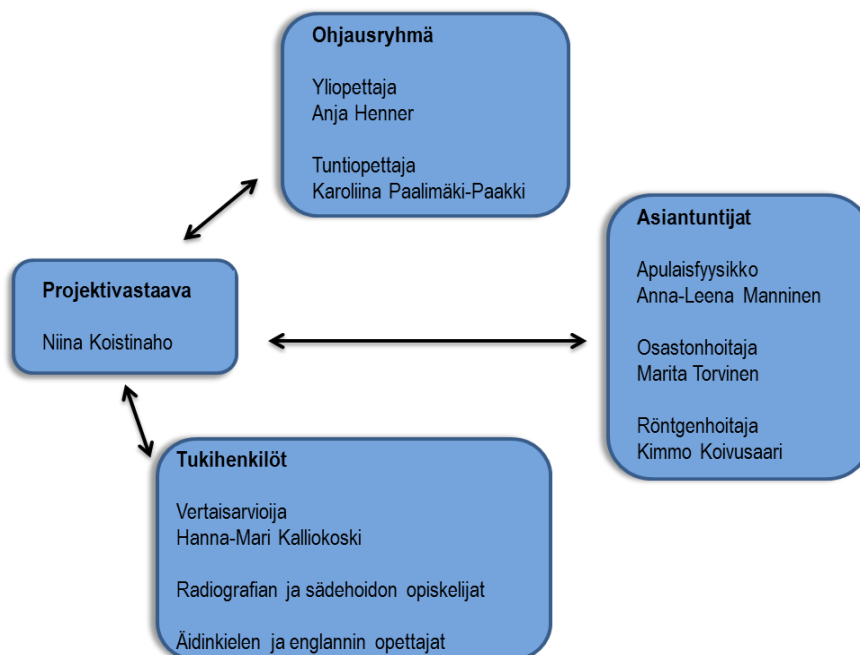
Valmistavan seminaarityön palautin ja esitin toukokuussa 2012. Projektisuunnitelman tekemisen aloitin syksyllä 2012 ja se valmistui pienten korjausten jälkeen helmikuussa 2013. Oppaan luonnostelun aloitin helmikuussa 2013, jolloin tarkoituksena oli miettiä tarkemmin oppaan sisältöä, kuvitusta ja värejä. Oppaan tekemisessä tuli hieman taukoa vaihto-opintojen ja kesäloman takia. Jatkoisin oppaan tekoa heinäkuussa 2013, ja se oli valmis esitettäväksi syyskuussa 2013. Oppaan esitelmä suoritettiin syyskuussa, jolloin opettajan ja asiantuntijaryhmän lisäksi siihen tutustui kuusi työntekijää Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosaston ja keskusröntgenin henkilökunnasta. Esitelmän jälkeen oppaan ja opinnäytetyön nimi tarkentui ”Henkilökunnan säteilyaltistuksen optimointi ¹⁸F-FDG-tutkimuksissa” -muotoon, koska isotooppiosastolle oli opinnäytetyöprosessin aikana tai sen jälkeen tulossa toinenkin PET-TT-tutkimuksissa käytettävä isotooppi. Loppuraportin kirjoittamisen aloitin heinäkuussa 2013 ja kirjoitin sitä rinnakkain oppaan viimeistelyn kanssa. Maturiteetin kirjoitin

marraskuussa 2013. Valmiin opinnäytetyön esitys oli marraskuussa 2013. Liitteenä olevassa taulukossa on eriteltynä tehtävät ja niiden aikataulut (liite 1).

2.2 Projektioorganisaatio

Tein tuotteen ja opinnäytetyön yksin, joten toimin myös projektin ainoana vastaavana. Vastasin projektista kokonaisuutena, sen aikataulussa pysymisestä sekä laadullisista seikoista.

Opinnäytetyön ohjausryhmänä toimivat Oulun seudun ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon yliopettaja Anja Henner ja tuntiopettaja Karoliina Paalimäki-Paakki, jotka ohjasivat opinnäytetyön ja tuotteen sisällön laadinnassa sekä toteutuksessa. Karoliina jäi äitiyslomalle keväällä 2013, jonka jälkeen ohjausryhmäni jäsenenä toimi Anja Henner. Anjan lisäksi myös isotooppiosaston apulaisfyysikko Anna-Leena Manninen arvioi lopullista työtä. Asiantuntija-apua sain Anna-Leena Manniselta ja osastonhoitaja Marita Torviselta sekä keskusröntgenin röntgenhoitaja Kimmo Koivusaarelta. He osallistuivat työni laadun ohjaukseen. Vertaisarvioijana ja osana tukiryhmää toimi Hanna-Mari Kalliokoski radiografian ja sädehoidon koulutusohjelmasta, jolta sain kehitysideoita työtä varten. Oma luokkani toimi osana tukiryhmää. Heidän lisäksi tukiryhmään kuuluivat tuntiopettaja Marja Kuure ja lehtori Marketta Rusanen, jotka antoivat ohjeita oppaan ja loppuraportin kieleen. Kuviossa 1. olen havainnollistanut projektioorganisaation eri ryhmät.



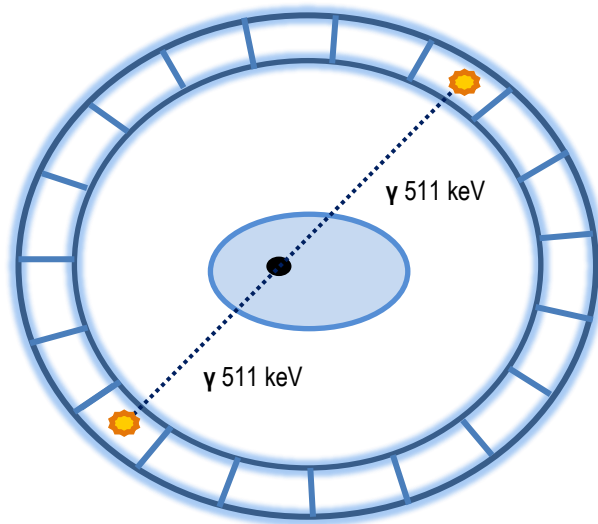
KUVIO 1. Projektioorganisaatio

3 HENKILÖKUNNAN SÄTEILYALTISTUKSEN OPTIMOINTI ¹⁸F-FDG TUTKIMUKSISSA

3.1 Positroniemission käyttö kuvantamisessa

Positroni- eli β^+ -hajoamisessa radionuklidin protoni muuttuu neutroniksi ja positroniksi. Positronin hidastuttua se yhdistyy aineen elektronin kanssa, jolloin molemmat hiukkaset häviävät ja tapahtuu annihilaatio. Annihilaatiossa emittoituu kaksi gammakvanttia, jotka lähtevät vastakkaisiin suuntiin (180°) ja joiden energia on 511 keV. (Sandberg & Paltemaa 2002, 21; Korpela 2004, 225; Jurvelin 2005, 50.) Emittoimisella tarkoitetaan säteilyn tai hiukkasten siirtymistä säteilylähteen ympäristöön tai itse kohteeseen (SuomiSanakirja.fi 2013, hakupäivä 24.9.2013). Positronin elinaika väliaineessa on lyhyt ja kantama on vain muutamia millimetrejä. ¹⁸F-isotoopista lähtee positronisäteilyä, jonka enimmäisenergia on 634 keV. (Sandberg & Paltemaa 2002, 21; Korpela 2004, 225; Jurvelin 2005, 50; Stanfordin yliopisto 2013, hakupäivä 2.10.2013.) Annihilaatiosäteilyä kutsutaan gammasäteilyksi, vaikka se ei olekaan peräisin atomin ytimeistä (Sandberg & Paltemaa 2002, 21).

PET-kameran avulla vastakkaisiin suuntiin koinsidenssissä lähteneet gammakvantit rekisteröidään. Niiden samanaikainen havaitseminen määrittää viivan, vastesuoran eli line of response (LoR) jossa annihilaatio tapahtui. Koinsidenssiksi kutsutaan sitä, kun kaksi annihilaatiossa syntynyttä kvanttia havaitaan ilmaisinkiteillä samanaikaisesti erittäin lyhyellä aikavälillä (Korpela 2004, 237–239; Jurvelin 2005, 50; Quality Assurance for PET and PET/CT systems 2009, 2–3). Kuviossa 2 on havainnollistettu vastesuoran syntymistä. Oulun yliopistollisen sairaalan keskusröntgenissä käytössä oleva GE:n Discovery-laite hyväksyy kuvanmuodostukseen gammakvantit, joiden koinsidenssiaika on 4,9 nanosekuntia (Torniainen 11.9.2012, luento).



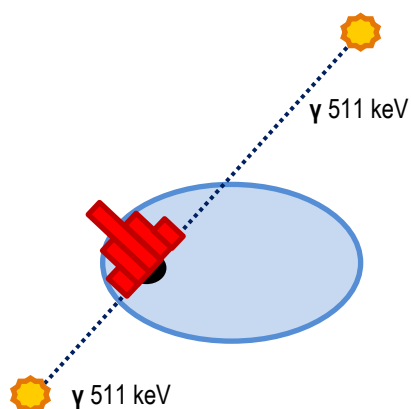
KUVIO 2. Annihilaatiosta syntyneiden gammakvanttien samanaikainen havaitseminen vastakkaisilla detektoreilla määrittää viivan eli vastesuoran (LoR), jossa annihilaatio tapahtui.

Viivat voidaan matemaattisesti järjestää projektioksi, joista voidaan uudelleenmuodostaa poikkileikekuvia. Tekniikan ansiosta fysiologisten toimintojen määrällinen mittaaminen on mahdollista, koska positronisäteilyä ei esiinny luonnossa, jolloin kaikki lähteestä mitattava säteily on peräisin merkkiaineesta eikä ympäristön säteily vaikuta tulokseen. Se tarjoaa lisäksi paremman resoluution ja herkkyyden kuin SPECT. (Ruotsalainen 2003, 49; Korpela 2004, 237–239; Jurvelin 2005, 50.)

Nykyisin PET-kamera on yleensä yhdistetty TT-laitteen kanssa. TT-kuvauksesta saadaan sekä vaimennusinformaatio, että tarkka anatominen kuva. Yhdistämällä PET- ja TT-kuvauksesta saatu informaatio saadaan fuusiokuva, jossa näkyy merkkiainekertymät tarkassa anatomisessa kuvassa. Pelkällä PET-gammakameralla kuvattaessa informaatio saadaan hitaammin kuin yhdistelmälaiteella. Yhdistelmälaiteella kuvattaessa merkkiainekertymien paikantaminen on tarkempaa ja tämän vuoksi sädehoitojen ja leikkausten suunnittelu on helpompaa. (Quality Assurance for PET and PET/CT systems 2009, 19–23.)

PET-kameran ilmaisimet rakennetaan yleensä renkaan muotoon. Ilmaisimet koostuu valomonistinputkesta ja tuikemateriaalista eli kiteestä. Valomonistinputkessa olevat kiteet ovat muutaman millimetrin levyisiä, mutta jopa kymmeniä millimetrejä syviä. PET-kameroita on 2- tai 3-ulotteista kuvaa tuottavia. 2D-mallissa on useita vierekkäisiä detektorirenkaita, joiden välissä on lyijy- tai volframiväliseinä. Väliseinä osittain estää ei-vierekkäisten detektorirenkaiden

koinsidensseja. Menetelmä vähentää sironnutta säteilyä, mutta samalla kameran herkkyys heikkenee. 3D-kamerassa väliseinät on poistettu, jolloin herkkyys lisääntyy ja saadaan parempi kuva aikaiseksi. (Nichols, Bacharach, Bergmann, Chen, Cullom, Dorbala, Ficaro, Galt, Conaway, Heller, Hyun, Links & Machac 2006, 63.) Uudemman sukupolven laitteet käyttävät hyväksi myös time of flight (ToF) -ominaisuutta. Koska valolla on rajallinen nopeus, voidaan mittauksen avulla päätellä mistä koosta LoR:a eli vastesuoraa gammakvantit ovat lähtöisin (katso kuvio 3.). (Hakulinen 15.2.2012, luento; Torniainen 11.9.2012, luento.)



Kuvio 3. Time of flight:n (ToF) avulla voidaan päätellä, mistä osasta vastesuoraa (LoR) gammakvantit ovat lähtöisin.

Tämän ansiosta kuvanlaatu paranee, koska kuvissa on vähemmän kohinaa ja signaalin lähtöpaikka voidaan paikantaa tarkemmin (Hakulinen 15.2.2012, luento.) Oulun yliopistollisessa sairaalassa käytössä olevassa GE:n Discovery-laitteessa time of flight (ToF) on 550 pikosekuntia (Torniainen 11.9.2012, luento).

3.2 ¹⁸F-FDG radiolääkkeenä

Yleisin PET-TT-tutkimuksessa käytettävä radiolääke on 2-[¹⁸F]fluoro-2-deoksi-D-glukoosi (¹⁸F-FDG). Sen puoliintumisaika on 109,8 minuuttia. Suhteellisen pitkän puoliintumisajan etuna on, että radiolääke voidaan kuljettaa kauas valmistuspaikasta. Se myös mahdollistaa koko kehon kuvauksen. (Korpela 2004, 239; Kajander 2011, 19; MAP Medical Technologies Oy 2012, hakupäivä 14.5.2012.) Toisaalta, PET-TT-tutkimus täytyy suorittaa pian lääkkeen valmistuksesta, jotta radiolääkkeen aktiivisuus ei ole tutkimukseen liian vähäinen (Ahonen, Savolainen & Bergström 2003, 30). ¹⁸F-isotooppi on energialtaan sopivan tehokas gammasäteilijä, jotta sen

emittoima säteily voidaan havaita PET-kameralla (Jurvelin 2005, 44). PET-TT-tutkimuksessa tärkeä ominaisuus on radionuklidin tai sillä leimatun aineen elin- ja kudosselektiivisyys (Korpela 2004, 228).

¹⁸F-isotoopilla leimattu fluorodeoksiglukoosi ei metaboloidu samalla tavalla kuin alkuperäinen molekyyli. Se kulkeutuu solukalvon läpi samaan tapaan kuin glukoosi, mutta aineen glykolyysi pysähtyy ensimmäisen vaiheen jälkeen. Tällöin syntyy [¹⁸F]-fludeoksiglukoosi-6-fosfaattia, joka jää kasvainsolujen ja yleensäkin niiden solujen sisään, joissa on nopea sokeriaineenvaihdunta. Näin radiolääke kertyy kudoksiin ja elimiin. Syöpäkudoksen solunjakautuminen on nopeaa, ja sen kautta sillä on myös suuri energiantarve. ¹⁸F-FDG-radiolääkettä voidaan käyttää myös tulehduksien etsintään. (Korpela 2004, 232–233; MAP Medical Technologies Oy 2012, hakupäivä 14.5.2012.)

¹⁸F-isotoopin positronisäteilyn enimmäisenergia on 634 keV, jota seuraa 511 keV annihilaatiosäteily. Suositeltava radioaktiivinen annos riippuu potilaan painosta ja tutkimuksessa käytetystä PET-kamerasta. Tavallinen annos aikuiselle on 200–500 MBq. Lasten annokset lasketaan kertoimien avulla Pediatric European Task Group EANM antamasta taulukosta. Potilas voidaan kuvata n. 45–60 minuutin päästä radiolääkkeen annosta. ¹⁸F-FDG poistuu kehosta pääasiassa virtsan kautta ja kahden tunnin kuluttua injektiosta radiolääkkeestä n. 20 % on erittynyt virtsaan. (MAP Medical Technologies Oy 2012, hakupäivä 14.5.2012; Stanfordin yliopisto 2013, hakupäivä 2.10.2013).

Muutamat lääkkeet saattavat vaikuttaa ¹⁸F-FDG:n imeytymiseen, joka voi vaikuttaa diagnoosin luotettavuuteen. Esimerkiksi kaikki veren glukoosipitoisuutta muuttavat lääkkeet (kortikosteroidit ym.) voivat vaikuttaa tutkimustuloksiin. Jos hoidossa käytetään pesäkkeitä stimuloivia tekijöitä, radiolääkettä kertyy luuytimeen ja pernaan tavallista enemmän ja pidemmäksi aikaa kuin normaalisti. Yleensä tällaiset hoidot pyritään keskeyttämään vähintään viisi päivää ennen ¹⁸F-FDG-tutkimusta. Myös korkea verensokeri heikentää ¹⁸F-FDG-radiolääkkeen herkkyyttä, joten diabetespotilaan verensokerin kanssa täytyy olla erityisen tarkka. (MAP Medical Technologies Oy 2012, hakupäivä 14.5.2012.) ¹⁸F-FDG:n luonnollinen kertyminen esimerkiksi sydämeen, aivoihin ja maksaan aiheuttaa ongelmia diagnostiikassa (Leide-Svegborn 2010, 209).

3.3 Radiolääkkeen käsittely prosessin mukaisesti

PET-TT-tutkimuksessa henkilökunnan säteilyannos kertyy pääasiassa käytettävästä isotoopista. ^{18}F -isotoopin käyttöönotto on lisännyt henkilökunnan käsien annosta ja niissä erityisesti sormien annosta. (Lehtinen 2011, hakupäivä 25.5.2012; Leide-Svegborn 2012, 199.) Henkilökunnan korkeimmat säteilyannokset PET-TT-tutkimuksessa kertyvät radiolääkkeen käsittelystä, injektioista, siihen liittyvien tavaroiden käsittelystä sekä potilaskontaktista. Potilasta kuvaukseen autettaessa tai häntä aseteltaessa ei läheistä kontaktia voi välttää. Myös radiolääkkeen jätteiden käsittelystä voi kertyä annosta. (Radiation protection in newer imaging techniques: PET/CT 2008, 23; Covens ym. 2010, 2–6.) Henkilökunnan efektiivisen annoksen rajoitukset ylittyvät harvoin normaalissa toiminnassa, sen sijaan sormien ja käsien ekvivalentti annoksen ylitys on hyvinkin mahdollinen ja voi tuottaa ongelmia (Leide-Svegborn 2010, 210; Mattsson & Söderberg 2011, 19).

3.3.1 ^{18}F -FDG-radiolääkkeen annostelu

Radiolääkettä käsitellessä täytyy noudattaa aina säteilyhygienisiä työtapoja (Radiation protection in newer imaging techniques: PET/CT 2008, 24; Covens, Berus, Vanhavere & Caveliers 2010, 8). Automaattista annostelijaa tulisi käyttää aina, kun se on mahdollista. Automaattista annostelijaa käytettäessä hoitaja laskee tarvittavan potilasannoksen ja syöttää sen annostelijaan. Tällöin päästään huomattaviin annossäästöihin, koska henkilökunnan ei tarvitse käsitellä radiolääkettä. (Covens ym. 2010, 2–8; Karjalainen 11.9.2012, luento.)

Työvaiheet on hyvä suunnitella etukäteen, jotta työskentely olisi sujuvaa. Kokenut ja koulutettu henkilökunta on myös osa säteilyhygienistä työtapaa. Kokemuksen kautta syntyy rutiini, joka auttaa toimimaan nopeasti, mutta silti huolellisesti ja rauhallisesti. Potilaalle tarvittava radiolääkkeen määrä lasketaan valmiiksi, ennen kuin radiolääkettä aletaan käsittelemään. Myös työvälineet laitetaan valmiiksi. Radiolääkettä käsiteltäessä on käytettävä tarkoituksenmukaisia suoja- ja apuvälineitä, kuten pihtejä, suojakäsineitä, ruiskunsuojia sekä kuljetussuojia. Käsien annosteltaessa ainetta ruiskuun vedettäessä on hankala käyttää volframista valmistettua ruiskunsuojaa, jos siinä ei ole ikkunaa, mistä näkisi ruiskuun vedetyn radiolääkkeen määrän. Ikkunalliset ruiskunsuojat voivat olla kämpelöitä käyttää, koska ne ovat paksuja ja melko painavia. Käytännössä täytyy valita, tekeekö annostelun nopeasti ilman ruiskunsuojaa vai tekeekö sen hitaammin suojan kanssa. Ruiskuun vedetyn ^{18}F -FDG-annoksen aktiivisuus täytyy tarkistaa

annoskalibroijalla, ilman ruiskunsuojaa. Jos radiolääkettä roiskuu, se imeytetään paperiin tms. ja heti sen jälkeen estetään kontaminaation leviäminen. Kun annostelu on tehty ja radiolääke on volframisuojassa lyijylaatikossa, otetaan heti etäisyyttä annosteltuun aineeseen ja säteilynlähteeseen. (Stanfordin yliopisto 2012, hakupäivä 25.10.2013; Manninen 11.9.2012, luento; International Atomic Energy Agency 2013, hakupäivä 18.8.2013.)

Riippuen volframiruiskunsuojan paksuudesta (9–14 mm), valmistaja ilmoittaa niiden vaimentavan 88–97 % ^{18}F -FDG-radiolääkkeen emittoimasta säteilystä (Biodex Medical Systems 2013, hakupäivä 23.9.2013). Kuitenkin, jos ruiskussa on ^{18}F -FDG:a 245 MBq:n annos, sen emittoimasta gammasäteilystä 27 % pääsee läpi 1 cm:n paksuisesta volframisuojasta. Erilaiset mittaustulokset johtuvat siitä, että ruiskun päistä tulee säteilyä ulos, jolloin se siroaa ruiskun alla olevasta materiaalista kuten pöydästä. Ympäröivä materiaali vaikuttaa säteilyn siroamiseen, jolloin mittaustuloksista laskettu suojavaikutus on pienempi kuin valmistajan antama ideaalitalanne. Lisäksi ^{18}F -isotoopista lähtee positronisäteilyä, jonka enimmäisenergia on 634 keV. Positronisäteily on beetasäteilyä, joten se pysähtyy lasiin. Tämän jälkeen siitä voi tulla maksimissaan jarrutus säteilyä henkilökunnalle. (Manninen 11.9.2012, luento; Stanfordin yliopisto 2013, hakupäivä 2.10.2013; Torniainen, 1.10.2013, haastattelu.) Käytännössä sen vaikutus henkilökunnan säteilyaltistukseen annosteluvaiheessa on mitätön. Potilaskohtaisia ^{18}F -FDG-injektiota valmistettaessa koko kehon annokset ovat pieniä, mutta käsien annokset suuria (Covens ym. 2010, 2, 4).

Henkilökunnan säteilyaltistusta mitataan yleisimmin henkilökohtaisilla dosimetreilla, jossa mittausjakso on neljä viikkoa. Käytössä on myös sormi- ja silmäannosmittareita. Yleistymässä ovat myös digitaaliset taskumittarit, jotka mittaavat ja näyttävät säteilyannosta reaaliaikaisesti. Dosimetrin paikka radiolääkkeen valmistuksen, annostelun tai potilaan asettelun aikana vaikuttaa mitattuihin annostasoihin suuresti. Tämä kannattaa muistaa henkilökunnan säteilyannoksia vertailtaessa. Yleisin paikka sormiannosmittarilla on keskisormen tyvi, ilmaisain käännettynä niin, että se on säteilyn tulosuunnan puolella. Mittari voidaan sijoittaa muuhun kohtaan, jos on syytä olettaa, että käsien annos on toisessa kohdassa huomattavasti suurempi. Myös työntekijöiden erilaiset työskentelytavat tuovat vaihtelua annoksiin. (Säteilyaltistuksen seuranta. 2007; Covens ym. 2010, 2–7.)

Leide-Svegbornin (2012, 199) tutkimuksessa ^{18}F -FDG-radiolääkettä käsittelevien työntekijöiden absorboituneet sormiannokset olivat jatkuvasti suurempia kuin esimerkiksi $^{99\text{m}}\text{Tc}$:a käsittelevien

työntekijöiden. Suurimmat sormiannokset saivat peukalo, keskisormi ja etusormi, erityisesti sen kärki. Merce, Ruiz, Barth, Carnicer, Donadille, Ferrari, Fulop, Ginjaume, Gualdrini, Krim, Mariotti, Ortega, Rimpler, Vanhavere & Baechler (2011, 518) tekemässä tutkimuksessa ¹⁸F-FDG-radiolääkettä valmistavien työntekijöiden dominoivan käden annokset jakautuivat eri tavalla kuin ei-dominoivan käden. Dominoivassa kädessä suurimman annoksen sai etusormen kärki (17 %). Peukalon ja dosimetrisormen (nimetön) kärjet saivat yhtä suuret annokset (10 %) kokonaisannoksesta. Ei-dominoivassa kädessä suurimmat annokset saivat etusormen kärki (23 %) ja peukalo (20 %). ¹⁸F-FDG-radiolääkettä käsittelevien työntekijöiden dominoivan käden etusormen kärjen annos oli 24 % ja ei-dominoivalla kädellä 32 % käden kokonaisannoksesta. PET-TT:n käyttöönotto on nostanut myös henkilökunnan koko kehon annoksia niillä, jotka osallistuvat ¹⁸F-isotoopin käsittelyyn. Silmän ja kilpirauhasen annokset olivat pieniä eivätkä olleet lähelläkään laissa asetettuja annosrajoja. (Leide-Svegborn 2012, 199–206.)

3.3.2 Radiolääke injektion antaminen potilaalle

Potilas haastatellaan ja hänelle kerrotaan tarvittava informaatio ennen radiolääkkeen injektiota. Injektiota annettaessa tulisi käyttää aina automaattista annostelijaa kun se on mahdollista. (Manninen 11.9.2012, luento.) Automaattista annostelijaa käytettäessä hoitajan annos on huomattavasti pienempi verrattuna manuaalisen ruiskutukseen. Ilman automaattiannostelijaa potilaalle annetussa ¹⁸F-FDG-injektiossa henkilökunnan koko kehon ja käsien annokset voivat olla melko korkeita, vaikka käytettäisiin volframiruiskunsuojia. (Covens ym. 2010, 2–8.) Heti injektion jälkeen 0,5 m:n etäisyydellä mitattuna potilas säteilee 40 µSv/h ja 45 minuutin kuluttua 30 µSv/h. Automaatioannostelijaa käytettäessä annostelijan lyijykannesta mitattuna säteilyä pääsee läpi 0,3 µSv/h (kannen ollessa kiinni). (Manninen 11.9.2012, luento.)

Annostelijaa käytettäessä ¹⁸F-FDG-ampulli siirretään nosturilla kuljetussuojineen annostelijan sisään ja letkusetin neula asetetaan paikoilleen ampulliin. Annostelija tuodaan potilaan sängyn viereen, jonka jälkeen letku yhdistetään potilaan suonikanyyliin ja radiolääke annostellaan automaattisesti. Näin hoitaja pääsee kauemmaksi säteilylähteestä. (Karjalainen 11.9.2012, luento.) Vaikka automaattiannostelijaa käytettäessä injektioprosessi on ajallisesti viisi kertaa pidempi kuin käsin ruiskutettaessa, henkilökunnan koko kehon säteilyannokset vähenevät puoleen aikaisemmista, johtuen pienemmistä annosnopeuksista ja siitä, ettei heidän tarvinnut käsitellä ainetta niin pitkään kuin käsin injektioitaessa. Käsien annoksia voidaan vähentää jopa yli 95 % käyttämällä automaattiannostelijaa. (Covens ym. 2010, 2–8.)

Käsin radiolääkettä annettaessa pyritään toimimaan huolellisesti ja mahdollisimman nopeasti. Injektiota antavan röntgenhoitajan kannattaa kiinnittää huomiota etäisyyteen ja pyrkiä työskentelemään ”pitkin käsin”. Injektoitaessa käytetään tarvittavia suoja- ja apuvälineitä kuten ruiskun volframisuojaa. (Karjalainen 11.9.2012, luento; Stanfordin yliopisto 2012, hakupäivä 25.10.2013.) Työtehtävää kannattaa kierrättää useammalla hoitajalla (Vargas-Castrillón & Cutanda-Henríquez 2011, 248–249).

3.3.3 Potilaan asettelu ja tutkimuksen toteutus

Ennen kuvausta potilaan täytyy juoda vettä sekä tyhjentää virtsarakko (MAP Medical Technologies Oy 2012, hakupäivä 14.5.2012). Potilasta ohjeistetaan juomaan jo ennen injektiota tehdyssä alkuhaastattelussa (Manninen 11.9.2012, luento). Jokaisen radioaktiivisten aineiden viemäriin päästökerran jälkeen täytyy allas ja viemäri huuhdella runsaalla vedellä. Potilaita varten olisi hyvä olla oma erillinen WC, jota muut potilaat tai henkilökunta eivät käytä tutkimuspäivänä. (vrt. Väisälä, Korpela & Kaituri 2004, 294.) WC siivotaan vasta tutkimusta seuraavana päivänä, jotta henkilökunta ei turhaan altistu säteilylle (Torvinen, 16.9.2013, haastattelu).

PET-TT-tutkimuksessa henkilökunnan saama säteilyannos kertyy pääasiassa käytettävästä isotoopista. Normaalisissa tilanteissa tietokonetomografia ei aiheuta säteilyannosta henkilökunnalle hyvien rakenteellisten suojausten ansiosta, ja hyvin harvoin on niitä tilanteita, että potilas tarvitsisi henkilökuntaa kuvauksen aikana. (Mattsson & Söderberg 2011, 18.)

Henkilökunnan säteilyannokseen vaikuttavia tekijöitä ovat etäisyys, aika ja absorptio (Korkola 2009, hakupäivä 2.5.2012; Stanfordin yliopisto 2012, hakupäivä 25.10.2013). Ottamalla etäisyyttä potilaaseen, voi omaan säteilyannokseen vaikuttaa helposti. Säteilyn intensiteetti on kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön eli absorboitunut annos pienenee merkittävästi kun etäisyys säteilyn lähteeseen lisääntyy (Leide-Svegborn 2010, 213). Kuitenkin potilaan asettelussa joutuu olemaan lähellä, jolloin henkilökunnan säteilyannos kasvaa. Potilasta tutkimukseen haettaessa täytyy muistaa, että potilaat ovat saattaneet jo saada radiolääkkeitä, jolloin myös he säteilevät. (Korkola 2009, hakupäivä 2.5.2012.)

Säteilevän potilaan lähellä vietettyä aikaa voi lyhentää nopealla, mutta huolellisella työskentelyllä. Turhaa oleskelua tutkimushuoneessa tulee välttää, ja henkilökuntaa tulee olla vain tarpeellinen

määrä huoneessa. Kokemus ja rutiini nopeuttavat työskentelyä. (Korkola 2009, hakupäivä 2.5.2012.) PET-TT-laitteen takana on kalibroinnissa käytettävä ⁶⁸Ge-lähde, jonka puoliintumisaika on 9 kk. Lähde on suojattu hyvin, mutta suojan pinnalla on n. 5 µSv/h annosnopeus. Tämä kannattaa ottaa huomioon laitteen takana liikkeessa. (Torniainen 11.9.2012, luento.)

Potilaan asettelusta henkilökunnan käsille ja koko keholle tulevat annokset ovat melko pieniä. Leide-Svegbornin (2010, 212) mukaan tunnin kuluttua 300 MBq ¹⁸F-FDG-injektiosta suurimmat annosnopeudet 0,5 m:n etäisyydellä ihon pinnasta ovat sydän 197 ±54 µSv h⁻¹, pää 92 ± 48 µSv h⁻¹ ja rakko/lantio 72 ± 17 µSv h⁻¹. Metrin päästä mitattuna annokset olivat huomattavasti pienempiä: sydän 33 ± 7 µSv h⁻¹, pää 15 ± 5 µSv h⁻¹ ja rakko/lantio 23 ±4 µSv h⁻¹. On esitetty ristiriitaista tietoa siitä, mikä vaihe on ¹⁸F-FDG-radiolääkkeen prosessissa (radiolääkkeen valmistamisesta potilaan kuvaukseen ja kotiuttamiseen) merkittävin henkilökunnan säteilyaltistuksen aiheuttaja. Joissakin artikkeleissa suurin koko kehon säteilyaltistuksen aiheuttaja on ollut radiolääkkeen injektiovaihe potilaalle, joissakin taas potilaan ohjaaminen ja asettelu kuvaukseen. (ks. Guillet, Quentin, Waultier, Bourrelly, Pisano & Mundler 2005, 179; Kop, Kemerink, Öllers & Pakbiers 2008, hakupäivä 2.10.2013; Covens ym. 2010, 5; Leide-Svegborn 2010, 212.) Saatava säteilyannos on suoraan verrannollinen aikaan ja etäisyyteen. Koska potilaskontaktia ¹⁸F-FDG-tutkimuksessa ei voi välttää, tulisi kiinnittää erityistä huomiota etäisyyden kasvattamiseen ja pyrkiä lyhentämään potilaan lähellä vietettyä aikaa asettelun ja kuvauksen valmistelun yhteydessä. Tulevaisuudessa olisi hyvä tehdä reaaliaikaista annostarkkailua, joka selventäisi ongelmakohtia. (Covens ym. 2010, 2–6.)

3.4 Kontaminaatiotilanteessa toimiminen

Kontaminaatio voi sattua keskittymisen herpaantuessa. Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi suojahanskojen riisuminen. (Covens ym. 2010, 8.) Jos toiminnassa voi aiheutua radioaktiivisten aineiden leviämistä, täytyy saatavilla olla sopivat suojautumis-, mittaus- ja puhdistusvälineet. Henkilökunnan on perehdyttävä niiden käyttöön. Radioaktiivisten aineiden ja jätteiden säilytys ja käsittely on järjestettävä turvallisesti, ympäristö huomioon ottaen. (Väisälä ym. 2004, 291.)

Kontaminaatio voi tulla potilaan eritteestä kuten virtsasta tai verestä. Ihon tai pöydän kontaminoiduttua on hyvä muistaa, että annihilaatiosäteilyn lisäksi ¹⁸F-FDG-radiolääkkeestä tulee jonkin verran positronisäteilyä. Positronisäteily lisää henkilökunnan säteilyannosta kontaminaatiotilanteessa, koska tällöin positronit pääsevät vaikuttamaan suoraan iholle

aiheuttaen paikallisen säteilyhaitan. Positronisäteily on beetasäteilyä, joka etenee ilmassa enintään kaksi metriä, kun radiolääkettä tai eritettä on vapaana. Kantamaa tärkeämpi on annosnopeus pienillä etäisyyksillä. Positronisäteily vaimenee etäisyyttä kasvatettaessa, joten kantaman päässä annosnopeus on pieni. Eniten positronisäteilyä voi saada radiolääkkeen ollessa laimentumatonta, esimerkiksi radiolääkettä annosteltaessa. (Torniainen, 1.10.2013, haastattelu.) Tärkein asia kontaminaatiotilanteessa on aineen tai eritteen imeyttäminen ja sen jälkeen leviämisen estäminen. Aineen leviäminen estetään varoittamalla muita kontaminaatiosta. Fyysikko pyydetään paikalle mittaamaan säteilevä materiaali ja alue. (Torvinen, 16.9.2013, haastattelu; International Atomic Energy Agency 2013, hakupäivä 25.10.2013.) Osastolla tulee olla käytössään säteilymittari, jolla voidaan mittaus suorittaa (Radiation protection in newer imaging techniques: PET/CT 2008, 31). Mittauksen jälkeen hoitaja pesee kontaminoituneen alueen, jos fyysikko on siihen luvan antanut. Kaikki siivouksessa käytetty säteilevä materiaali (suojahanskat, imeytysmatto, sellu, käsipaperi tms.) laitetaan omaan erilliseen roskapussiin ja viedään puoliintumaan ennaltasovittuun paikkaan. Siivoukseen osallistuneiden henkilöiden vaatteiden ja käsien aktiivisuus mitataan. Tarvittaessa kontaminoitunut alue rajataan esimerkiksi teipillä tai muulla välineellä, jotta puhdistuksenkin jälkeen tiedetään alueen suuruus. Kontaminaatiota siivotessa tulisi muistaa säteilyhygieniset työtavat: siivotaan nopeasti mutta tarkasti ja pitkin käsin. (Manninen 11.9.2012, luento; International Atomic Energy Agency 2013, hakupäivä 25.10.2013.)

Ihon kontaminaatiossa radioaktiivinen aine täytyy mahdollisimman nopeasti pestä pois vedellä ja saippualla. Jos iholla on avohaavoja, täytyy varoa, ettei radioaktiivista ainetta pääse haavan kautta kehoon. Likaantuneet vaatteet laitetaan omaan erilliseen roskapussiin ja viedään puoliintumaan ennaltasovittuun paikkaan. Pesuveden voi laskea viemäriin. Pesun jälkeen säteilymittarilla tarkistetaan, onko iho puhdas. Jos iholla on vielä radioaktiivisuutta, pesua jatketaan kunnes iho on puhdas. Apuna voi käyttää esimerkiksi pehmeää harjaa. Ihon vahingoittamista tulee kuitenkin varoa. (Paile 2002, 62.) Covens ym. (2010, 8) tutkimuksessa oli verrattu kahta eri isotooppia, 700 MBq ^{99m}Tc ja 250 MBq ^{18}F , sekä laskettu molemmille aineille kumuloitunut ihoannos (mSv) 15 min ihokontaminaation jälkeen, 10 μl tipasta, jonka halkaisija on 1 mm. ^{99m}Tc -tipan aktiivisuus oli 3,50 MBq ja ^{18}F -tipan aktiivisuus 1,25 MBq. Tässä tilanteessa ^{99m}Tc :n aiheuttama säteilyannos oli 5 mSv, kun taas ^{18}F :n aiheuttama säteilyannos oli 526 mSv eli yli satakertainen. Laskuissa on otettu huomioon positronisäteilyn osuus.

4 OPPAAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

4.1 Oppaan lähtökohdat ja etenemisvaiheet

Säteilysuojelu on tulevassa työssäni tärkeä asia, ja tämän takia halusin tutustua tarkemmin säteilyaltistukseen vaikuttaviin seikkoihin, sekä potilaan että henkilökunnan näkökulmasta. Potilaan ja henkilökunnan näkökulma kokonaisuutena olisi ollut minulle opinnäytetyöksi liian laaja, joten aihe rajattiin vain henkilökunnan näkökulmaan.

Aloin luonnostella opasta projektisuunnitelmaa tehdessäni. Alkuvaiheessa mietin paljonkin, mihin muotoon oppaan teen. Ohjaajani ehdotti, että voisin tehdä oppaan Power Point-ohjelmalla, jossa liikuttaisiin hyperlinkkien avulla aihepiiristä toiseen. Tein yhden koeversion, jonka hylkäsin, koska minusta tuntui ettei kaikkea tekstiä saa siihen yhtä hyvin kuin Word-tiedostoon. Lisäksi yksi tavoitteeni oli, että opas olisi helppo tarvittaessa tulostaa kokonaisuutena. Näiden syiden takia päädyin Word-tiedostoon. Etsin oppaaseen lisätietoa fysiikasta, säteilysuojelusta sekä siihen liittyvistä asioista ja ¹⁸F-FDG-radiolääkkeestä. Syksyllä 2012 olin yhden viikon käytännön harjoittelun isotooppiosastolla, jolloin pääsin perehtymään laitteeseen ja PET-TT-tutkimukseen paremmin. Sen ansiosta oli helpompi suunnitella oppaan rakennetta, koska isotooppiosastolta oli toivottu radiolääkkeen käsittely prosessin mukaista etenemistä. Projektisuunnitelmassani laadin oppaalle laatukriteerit, jotka ohjasivat oppaan tekemistä. Oppaan kuvituksen suunnittelin ja tein itse Power Point-ohjelmalla. Sen lisäksi kävin kuvaamassa keskusröntgenissä omalla digikamerallani PET-TT-laitetta ja radiolääkkeen injektointia automaattiannostelijalla.

4.2 Oppaan laatukriteerit

Kirjallisuuteen perehtyminen ja asiantuntijatiedon hankinta auttavat tunnistamaan ne tekijät, jotka toimivat tuotteen laatukriteereinä (Jämsä & Manninen 2000, 50). Perehtyessäni asiantuntijatietoon ja kirjallisuuteen keräsin laatukriteereitä, jotka ovat olennaisia oppaassa.

Yksi tuotteen ratkaisevista laatukriteereistä on ajankohtaiset lähteet. Sosiaali- ja terveysalan tuotteissa ja niiden kehityksessä on tärkeää käyttää viimeisimpiä lääketieteellisiä tutkimuksia ja niiden tuloksia. (Jämsä & Manninen 2000, 47.) Radiografian alalla kansainväliset tutkimukset ovat yleensä alan kehittämisen kärjessä. Tulevan oppaan keskeisin sisältö koostuu tutkitusta

tiedosta, joka täytyy kertoa täsmällisesti, ymmärrettävästi ja tiedon vastaanottajan tarpeet huomioiden. Oppaan sisällön laadinnassa ja siinä käytetyssä kielessä tulee huomioida myös kohderyhmä, jotta siinä on kaikille sopiva asiasisältö. (Jämsä & Manninen 2000, 54.) Isotooppiosastolla ja keskusröntgenissä työskennellään moniammatillisissa työryhmissä, joihin kuuluu mm. röntgenhoitajia, lääkäreitä, bioanalytikoita ja lähihoitajia. Myös erilainen koulutustausta täytyy huomioida oppaan kieltä ja sisältöä valittaessa.

Oppaan avulla on tavoitteena informoida henkilökuntaa, jonka vuoksi valitsin tekstityyliksi asiatyylin. Selkeä jäsentely ja otsikoiden muotoilu auttavat ydinajatusten välittymistä. Toinen ratkaiseva tekijä painotuotteilla on sen painoasu, joka on myös osa sen oheisviestintää. Tekstin tehostekeinona voidaan käyttää esimerkiksi eri kirjaisintyyppejä, -kokoja, kuvia ja värejä. (Jämsä & Manninen 2000, 56–57.) Oppaan tekemisen aikana testasin useampia eri fontteja ja päädyin valitsemaan Arial Narrow-fontin sen selkeyden takia. Itse tekstissä käytin tehostekeinona **lihavointia**. Lihavoinnilla pyrin korostamaan tekstin pääkohtia. Tutkimustulos-osiot erotin tekstistä *kursivoinnin* avulla.

Käytin oppaassa päävärinä sinistä, joka on kylmä väri. Se rauhoittaa ja antaa järjestyksen tunnetta. Tehostevärinä käytin oranssia, joka taas on lämmin väri. Sininen ja oranssi ovat vastavärejä. Yhdessä ne luovat jännitettä oppaan visuaaliseen ilmeeseen. Jännite vahvistaa viestiä visuaalisesti. (Huovila 2006, 40–42, 120.) Värien valintaan vaikutti myös se, että Oulun yliopistollinen sairaala käyttää sisäisissä julkaisuissaan paljon sinistä väriä.

Laatikoinnilla eli tekstin kehystämällä voidaan korostaa tekstin arvoa ja osoittaa sen lajia. Laatikon sijaan voi käyttää myös muita huomiokeinoja kuten faktapalkkia tms. (Huovila 2006, 114.) Oppaassa esitin toimintaohjeita, jotka erotin muusta tekstistä sinisellä laatikolla. Toimintaohjeiden tekstin väri oli sininen. Halusin myös, että oppaasta voi nopeasti kerrata tekstin pääasiat, joten kokosin kappaleen loppuun yhteenvetoja, jotka merkitsin sinisellä huutomerkillä. Kuva vahvistaa tekstin sisältöä ja se on helppo omaksua. Käytin kuvia selkeyttämään vaikeita käsitteitä. Kuvien yhteyteen liitin kuvatekstit, jotka avaavat kuvien sisältöä. (Huovila 2006, 10, 26.) Pyrin luomaan ilmavuutta kappaleiden välissä olevalla tyhjällä tilalla ja marginaaleilla, jotta teksti ei olisi liian tiivistä ja ahdasta.

Projektisuunnitelmassa määrittelin laatukriteerit, joiden avulla voin arvioida oppaan laatua. (Liite 2) Laatukriteerit perustuivat edellä mainittuihin asioihin. Laatukriteereissä arvioin kolmea osa-

aluetta: selkeää ulkoasua, säteilysuojelua korostavaa asiasisältöä sekä kieliasua. Jokainen osa-alue on jaoteltu pienempiin helpommin mitattaviin kokonaisuuksiinsa. Taulukon avulla tein esitestauslomakkeen, jonka avulla lukijat mittasivat oppaan laatua. Suuntasin esitestauksen kohderyhmälle saadakseni palautetta oppaan varsinaisilta käyttäjiltä. Palaute oppaasta annettiin anonyymisti. Tein oppaan PDF-ohjelmalla avautuvaksi tiedostoksi.

4.3 Projektin resurssit ja kustannusarvio

Projektin suunnitellussa budjetissa lasketaan kustannusarvio tehdylle työlle. (Liite 3) Budjetissa huomioidaan projektivastaavan ja vertaisarvioijan työtunnit 10 euroa/ tunti sekä opettajien, ohjaajien, esitestausryhmän ja asiantuntijoiden tunnit 20 euroa/tunti. Opinnäytetyön pistemäärä on 15 op ja yhdelle opintopisteelle on laskettu 27 tuntia työtä.

Opettajille yhden työn ohjaamiseen on laskettu käytettäväksi 15 tuntia. Työn ohjaajana oli aluksi kaksi opettajaa. Karoliina Paalimäki-Paakin jäätyä äitiyslomalle Anna-Leena Manninen osallistui työn lopulliseen arviointiin, jonka takia laskin, että opettajien ohjaustunnit tulivat kokonaan käytettyä. Asiantuntijoiden työmäärä jäi hieman alle arvioidun. Vertaisarvioijan työmäärä on koko prosessin aikana 27 tuntia. Äidinkielen ja englanninkielen opettajien työmäärät jäivät myös hieman alle arvioidun. Esitestaajia oli alkuperäistä suunnitelmaa vähemmän, mutta lukijat käyttivät suunniteltua enemmän aikaa oppaan lukemiseen (n. 1 tunti/hoitaja) joten kustannukset olivat melkein samat kuin suunnitelmassa.

Lisäksi budjetissa on otettu huomioon tulostuskustannukset ja ennakolta arvaamattomat menot. Oppaan suunnittelu- tai kehittäelyvaiheessa ei kuluja syntynyt. Tuotteen kehittäely tapahtui kotitietokoneella sekä pieneksi osaksi myös Oamk:n tietokoneilla. Oppaan valokuvat otin omalla digikamerallani, ja matkakuluja ei syntynyt, koska asun lähellä sairaalaa.

4.4 Projektin ongelmat ja riskit

Projektin potentiaalisia riskejä on muutamia. Suurin riski oli tietojen katoaminen, jonka vuoksi tallensin tekemääni työtä useammalle muistitikulle ja tietokoneelle. Näin pystyin välttämään tietojen häviämisen. Toinen potentiaalinen riski oli työn myöhästymisen, esimerkiksi sairastumisen takia. Tämän takia oli olennaista määrittää jokaiselle projektin tehtävälle aikataulu, koska yksityiskohtainen suunnittelu auttaa pitämään asiat hallinnassa. Jos jokin kriittinen

projektitehtävä myöhästyy esimerkiksi viikon, se myöhästyttää myös lopullista työtä jos aikataulua ei pidetä tarkasti silmällä. (Karlsson & Marttala 2001, 65–66.)

4.5 Opasta koskevat tekijänoikeudet ja sopimukset

Projektia varten tarvitsin yhteistyösopimuksen Oulun yliopistollisen sairaalan kanssa. Yhteistyösopimuksessa määriteltiin tuotteen esitetaus osalla sekä isotooppiosaston että keskusröntgenin henkilökunnasta. Tekijänoikeudet jäivät minulle, mutta Oulun yliopistollinen sairaala ja Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri saavat käyttää sekä päivittää tekemääni opasta. Oppaan alkuperäinen tekijä tulee mainita aina sähköisessä versiossa sekä mahdollisessa paperisessa versiossa. Yhteistyökumppani ei saa hyötyä oppaasta taloudellisesti.

5 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN JA OPPAAN ARVIOINTI

5.1 Projektin tavoitteiden saavuttamisen arviointi

Tulostavoitteena oli tehdä selkeä ja käyttökelpoinen opas henkilökunnalle PET-TT-tutkimuksesta prosessin mukaisesti siinä käytettävän ^{18}F -FDG-radiolääkkeen aiheuttamasta säteilyaltistuksesta ja säteilyltä suojautumisesta. Tuotteen esitestaukseen osallistuivat yhteensä kuusi Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosaston ja keskusröntgenin henkilökunnan jäsentä. Heidän lisäksi opasta arvoivat kolme asiantuntijaa ja sisällön ohjauksesta vastaava opettaja Anja Henner. Esitestauksesta saadun palautteen perusteella henkilökunta koki oppaan selkeäksi, helppolukuiseksi ja hyödylliseksi. Opas etenee PET-TT-tutkimuksen prosessin mukaisesti.

Toiminnallisena tavoitteena oli, että henkilökunta saa materiaalia tietokonetomografia- ja perinteisestä isotooppitutkimuksesta poikkeavan tutkimuksen ymmärtämiseen, konkreettisia keinoja henkilökunnan säteilyaltistuksen vähentämiseen sekä kehittää turvallisuuskulttuuria. Esitestauksesta saadun palautteen perusteella oppaasta sai selkeän kuvan, kuinka omaan säteilyaltistukseen ^{18}F -FDG-tutkimuksissa voi vaikuttaa.

Oppimistavoitteenani oli perehtyä syvällisemmin PET-TT-tutkimukseen ja laitetekniikkaan, tutkimuksessa käytettävän ^{18}F -FDG-radiolääkkeen toimintaan, sen aiheuttamaan säteilyaltistukseen, henkilökunnan säteilysuojeluun, projektityöskentelyyn sekä moniammatilliseen yhteistyöhön. Mielestäni saavutin oppimistavoitteeni erittäin hyvin. Syvensin tietojani säteilyfysiikasta ja säteilyaltistukseen vaikuttavista tekijöistä. Opin paljon myös moniammatillisesta yhteistyöstä ja projektityöskentelystä asiantuntijaryhmän ja ohjaavien opettajien kanssa yhteistyötä tehdessäni.

5.2 Projektityöskentelyn arviointi

Yksintyöskentelyn etuna on aikataulun joustavuus. Työtä voi tarvittaessa tehdä suunniteltua hitaammin tai nopeammin, ja se on helppo toteuttaa, koska aikataulu ei ole riippuvainen toisen osapuolen menoista. Toisaalta, aikataulussa voisi pysyä myös helpommin, jos tehtävät olisi pakko sovittaa toisen menojen kanssa. Sain hyvää kokemusta moniammatillisesta projektityöskentelystä. Oppaan viimeistelyvaihe eteni sekä asiantuntijoiden että ohjaajien kanssa

sähköposteja vaihtamalla ja ohjauskeskusteluja käymällä. Opin myös paljon hyödyllisiä asioita mm. aikataulun suunnittelemisesta ja neuvottelutaidoista.

5.3 Projektin kustannusten ja aikataulun arviointi

Projektin alussa suunnittelin projektibudjetin ja -aikataulun, joita pyrin noudattamaan opinnäytetyön ja oppaan tekemisen aikana. Suunnittelemani projektibudjetti piti hyvin ja ylimääräisiä kustannuksia ei syntynyt. Budjetti alittui kieltenopettajien ja asiantuntijoiden käyttämien tuntimäärien osalta. Esitestaajia oli alkuperäistä suunnitelmaa vähemmän, mutta lukijat käyttivät suunniteltua enemmän aikaa oppaan lukemiseen joten kustannukset olivat melkein samat kuin suunnitelmassa. Ennalta arvaamattomia menoja ei ilmennyt, joten budjetti alittui myös sen osalta.

Myös aikataulu piti melko hyvin paikkansa. Oppaan esitestausta, asiantuntijoiden oppaaseen tutustuminen ja korjausten teko tapahtui hieman suunniteltua myöhemmin. Tämä johtui siitä, että suunnittelin kevääksi liian tiukan aikataulun. En huomionnut opiskelija-vaihdosta tulevaa ylimääräistä työtä, jonka vuoksi oppaan suunnittelu ja teko keväällä oli hitaampaa kuin ajattelin. Lisäksi oppaan esitestausta ei ollut järkevää tehdä kesän aikana, koska suurin osa henkilökunnasta oli lomalla. Oppaan esitestausta ja asiantuntijoiden perehtyminen oppaaseen tehtiin syksyllä 2013, jolloin pääsin takaisin aikatauluun.

5.4 Oppaan laadun arviointi

Lopputuotteen korkea laatu saavutetaan olemalla järjestelmällinen ja noudattamalla jotain tiettyä menetelmää. Jotta laadun mittaaminen olisi mahdollista, on sovittava kriteereistä, millä laatu arvioidaan. (Karlsson & Marttala 2001, 22, 72.) Liitteenä olevassa taulukossa olen esitellyt laatukriteereitä, joita olen määrittänyt laadun määrittämiseen ja myöhemmin sen mittaamiseen. (Liite 2) Käytän työssäni monipuolisesti uusimpia lähteitä, jonka kautta myös työn laatu varmistuu. Hyödynnän myös asiantuntijatietoutta laadunvarmistuksessa.

5.5 Esitestausta ja korjaukset palautteen pohjalta

Oppaan luki ensin sisällön ohjauksesta vastaava opettaja Anja Henner ja sen jälkeen isotooppiosaston osastonhoitaja Marita Torvinen, joka on yksi työni asiantuntijoista. Tämän

jälkeen esitestausvaiheessa kahden muun asiantuntijan lisäksi oppaan luki yhteensä kuusi Oulun yliopistollisen sairaalan isotooppiosaston ja keskusröntgenin henkilökunnan jäsentä. Oppaan arviointiin osallistui siis opettajan lisäksi yhdeksän lukijaa eri ammattikunnista (mm. fyysikko, röntgenhoitaja ja lähihoitaja), jotta saisin mahdollisimman kattavan mielipiteen eri työntekijöiltä.

Oppaan arvioinnissa käytettiin apuna laatimaani esitestauslomaketta (liite 4), jossa esitettiin väittämiä oppaan ulkoasusta, säteilysuojelua korostavasta asiasisällöstä ja kieliasusta. Lisäksi lopussa oli osio, mihin vastaajat saivat kirjoittaa vapaasti korjausehdotuksiaan ja mielipiteitään oppaasta. Arviointi asteikko oli parhaimmasta huonoimpaan: täysin samaa mieltä, jokseenkin samaa mieltä, en osaa sanoa, jokseenkin eri mieltä ja täysin eri mieltä. Esitestauksesta saatu palaute oli pääosin positiivista.

”Hyvä ja kompakti paketti, joka antaa selkeän kuvan PET-kuvauksesta ja siinä huomioon otettavista asioista”. ”Hyvä! Pientä kohdennusta vielä”

Myös joitakin korjausehdotuksia tuli. Asiantuntijoilta tuli tarkennusta joihinkin oppaassa esitettyihin asioihin ja ohjeita esimerkiksi kontaminaatiotilanteessa toimimista hiottiin yleiseltä tasolta enemmän osastokohtaisiksi toimintaohjeiksi. Fonttityyppiin ja -kokoon olivat kaikki esitestaajat tyytyväisiä. Tekstin väljyyteen ja jaotteluun oltiin tyytyväisiä. Vain yksi vastaajista oli jokseenkin samaa mieltä asiasta. Muutama esitestaajista kaipasi oppaaseen lisää kuvia. Kuvioiden käyttöön oltiin pääosin tyytyväisiä.

”Kuvia voisi olla lisää esim. injektio-tilanteesta, radiolääkkeen annostelusta, PET-TT-kuvauksesta”.

Palautteen pohjalta lisäsin oppaaseen PET-TT-laitteen kuvan ja kuvion injektiojärjestyksestä. Oppaassa oli jo kuva injektio-tilanteesta automaattiannostelijaa käytettäessä, joten päätin, etten laita toista kuvaa manuaalisesta annostelusta. Pyrin korostamaan oppaassa tärkeitä asioita **lihavoimalla** tekstiä. Käytin tekstissä myös väriä toimintaohjeiden erottamiseksi muusta tekstistä. Kaikki esitestaajat olivat sitä mieltä, että lihavoimaa oli käytetty sopivasti. Sopivasta värien käytöstä oli muutama jokseenkin samaa mieltä ja loput vastaajista olivat täysin samaa mieltä.

Melkein kaikki vastaajista olivat täysin samaa mieltä siitä, että oppaassa kerrotut asiat ovat esitetty loogisessa, radiolääkkeen prosessin mukaisessa järjestyksessä. Yksi vastaajista ei osannut sanoa mielipidettään asiasta. Esitestaajiin kuului henkilöitä, joiden työnkuvaan ei kuulu

radiolääkkeiden käsittely tai PET-TT-kuvauksessa työskentely, josta johtuen loogisen järjestyksen arviointi oli varmasti vaikeaa. Esitestaajista seitsemän oli täysin samaa mieltä siitä, että oppaassa käytetyt lähteet ovat tunnettuja ja luotettavia. Yksi vastaajista oli jokseenkin samaa mieltä, ja yksi vastaajista ei osannut sanoa mielipidettä asiasta. Melkein kaikki vastaajat olivat täysin samaa mieltä siitä, että oppaassa on käytetty uusinta tietoa lähteenä. Yksi vastaajista oli asiasta jokseenkin samaa mieltä. Opas koettiin sopivan tiiviiksi asiasisällöltä, ja siinä käsiteltiin sille keskeisiä asioita. Yksi vastaajista ei osannut sanoa mielipidettä kummastakaan. Vapaa sana osiossa vastaaja tarkensi:

”Hyvä ja selkeä opas. Jonkin verran tarkennuksia kaipaisin. Työvaiheet olisi voinut kuvata jotenkin tarkemmin esim. jos lukija on uusi työntekijä ja ei ole perillä työtavoista ”.

Palautteen pohjalta lisäsin PET-TT-kuvaukseen tiedon potilaan tavallisesta asettelusta ja tarkensin joitakin yleisiä ohjeistuksia enemmän Oulun yliopistollisen sairaalan ohjeiksi. Teksti koettiin helppolukuiseksi, ja melkein kaikkien vastaajien mielestä siinä oli otettu huomioon lukijoiden erilainen koulutustausta. Yksi lukijoista toivoi vähemmän ammattisanastoa tai ainakin sanojen yksinkertaisempaa selitystä. Palautteen pohjalta lisäsin fysiikan osion tekstiin selityksiä sanoille. Suurin osa esitestaajista oli täysin samaa mieltä siitä, että oppaassa käytetyt käsitteet ovat selkeitä, olennaisia ja yksiselitteisiä. Vastaajista yksi oli käsitteiden selkeydestä jokseenkin eri mieltä, olennaisuudesta jokseenkin samaa mieltä ja yksiselitteisyydestä jokseenkin samaa mieltä. Lisäksi yksi vastaajista ei osannut sanoa mielipidettään käytettyjen käsitteiden yksiselitteisyydestä.

6 POHDINTA

Aloittaessani opinnäytetyöprosessia mietin paljon, millaista opasta alan kehittämään. Ohjaavan opettajan idean pohjalta kehitin myös Power Point-muotoista opasta, jonka sitten myöhemmin hylkäsin tälle tuotteelle toimimattomana. Ideaseminaareissa sain opiskelijoilta ja opettajilta hyviä ehdotuksia työhöni, jota kautta idea lähti kehittymään. Aihe oli itselle etukäteen täysin tuntematon, joten perehdyin aihepiiriin laajemmin erilaisten tutkimusten ja kansainvälisten artikkeleiden kautta. Esiymmärryksestä oli apua myös muissa myöhemmissä opinnoissani. Kirjallisuuskatsauksen ansiosta pystyin rajaamaan viitekehukseen tulevat asiat tarkemmin. Oman haasteensa viitekehysten tekemiseen toi luotettavan lähdekirjallisuuden löytäminen. Käytin työssäni paljon kansainvälisiä tutkimuksia ja julkaisuja, jotta saisin työhöni viimeisintä tietoa. Asiantuntijat ja ohjaava opettajani auttoivat minua lähteiden luotettavuuden arvioinnissa.

Tavoitteenani oli tehdä hyvä, käyttökelpoinen ja selkeä opas henkilökunnan käyttöön, jota voitaisiin käyttää henkilökunnan perehdytyksessä. Visuaalisessa ilmeessä pyrin tekstin ilmavuuteen ja helppolukuisuuteen. Pyrin myös värien, piirustusten ja kuvien käytöllä lisäämään mielenkiintoa tekstiin. Piirustusten ja kuvien avulla on helppo selkeyttää vaikeasti omaksuttavaa tietoa. Esitestauksesta saadun palautteen perusteella onnistuin hyvin tavoitteissani. Henkilökunta koki oppaan hyödylliseksi ja siitä saadun tiedon ansiosta säteilyaltistukseen vaikuttavat tekijät selkenivät heille. Varsinkin uudelle työntekijälle opas on erittäin hyvä, koska se antaa kattavan kuvan ¹⁸F-FDG-tutkimuksesta.

Oppimistavoitteenani oli perehtyä syvällisemmin PET-TT-tutkimukseen ja laitetekniikkaan, tutkimuksessa käytettävän ¹⁸F-FDG-radiolääkkeen toimintaan, sen aiheuttamaan säteilyaltistukseen ja henkilökunnan säteilysuojeluun. Saavutin tavoitteeni erittäin hyvin. Varsinkin säteilyfysiikkaan liittyvät asiat opin erittäin hyvin kirjallisuuteen perehtymisen ansiosta. Myös oman toiminnan merkitys säteilyaltistuksen vähentämisessä selkiytyi. Oma säteilyaltistusta voi vähentää paljon hyvin pienilläkin muutoksilla omissa työskentelytavoissa. Muutosten aikaansaaminen vaatii kykyä kyseenalaistaa oman toiminnan oikeellisuus. Kriittisyys on positiivinen ja tärkeä taito työssä, jossa säteilyä käytetään päivittäin. Oppimistani tiedoista ja taidoista on hyötyä tulevaisuudessa työelämässä säteilynkäytön ammattilaisena. Yksi oppimistavoitteistani oli myös opetella projektityöskentelyä ja moniammatillista yhteistyötä. Opinnäytetyöprojektin aikana opin pyytämään palautetta ja vastaanottamaan sitä, etenkin

ohjausryhmän ja asiantuntijoiden tapaamisissa. Viestintätaitoni kehittyivät suuresti sekä kirjallisen että suullisen viestinnän osalta tehdessäni sopimusneuvotteluja ja viestitellessäni eri toimijoiden kanssa.

Henkilökunnan säteilyaltistuksen arviointi kirjallisuuden perusteella on haastavaa. Joissakin tutkimuksissa radiolääkkeen injektointi nostettiin suurimmaksi henkilökunnan säteilyaltistuksen aiheuttajaksi, joissakin taas potilaan asettelu ja itse kuvauksen toteuttaminen. Tulokset vaihtelevat eri toimintatapojen mukaan. Henkilökunnan säteilyaltistus tulisi selvittää paikkakohtaisesti, koska jo työkierrolla tai eri tehtävien jaoilla voidaan jakaa tehtävästä saatua säteilyannosta. (Vargas-Castrillón & Cutanda-Henríquez 2011, 248–249.)

¹⁸F-FDG-tutkimuskäytänteet eivät ole vielä vakiintuneita, joten niissä käytettävistä suojusta ei ole kunnollisia suosituksia. Positroniemittoreita käytettäessä energia on niin suuri, että olisi hyvä käyttää esimerkiksi erilaisia suojaavia seiniä. (Mattsson & Söderberg 2011, 19.) Kirjallisuudessa ei ole kuitenkaan esitetty ratkaisuja siitä, mitä materiaalia niissä tulisi käyttää. Väliaikaisiksi ja pysyviksi suojausmateriaaleiksi gamma ja positronisäteilyltä suositellaan mm. lyijyä, rautaa, lyijylasia, vettä ja sementtiä (Stanfordin yliopisto 2012, hakupäivä 25.10.2013). Markkinoilla on muutamia liikutettavia ja säädettäviä lyijystä tehtyjä suojaseiniä. Painavia suoja on hankalaa liikutella, joten ne eivät ole käytännöllisiä tavallisessa PET-TT-tutkimuksessa. Mahdollisiin toimenpiteisiin ne voivat tulevaisuudessa olla kuitenkin hyödyllisiä. Sementti ja rauta ovat hyviä ratkaisuja pysyvissä rakenteissa, mutta epäkäytännöllisiä liikuteltavissa suojsa painon takia. Veden käyttö suojausmateriaalina sairaalassa on melko mahdotonta. Gammasäteilyn energia on niin voimakasta, että lyijylasia tarvittaisiin paljon säteilyn pysäyttämiseen. Tällöin painosta voi tulla taas ongelma.

Jatkossa voisi tutkia sitä, onko oppaasta ollut hyötyä eli ovatko henkilökunnan säteilyannokset pienentyneet. Hyvä jatkotutkimusaihe olisi myös tutkimus siitä, missä työvaiheessa Oulun yliopistollisessa sairaalassa ¹⁸F-FDG-tutkimuksiin osallistuva henkilökunta saa suurimman efektiivisen annoksen tai käsien/vartalon ekvivalenttiannoksen.

LÄHTEET

Al-Haj, A., Lobrighito, A., Arafah, A. & Parker, R. 2011. Deriving staff and public doses in a PET/CT facility from measured radiation levels using thermoluminescent dosimetry. *Radiation Protection Dosimetry*. 144 (1–4). 487–491.

Ahonen, A. & Bergström, K. 2003. Radiolääkkeet. Teoksessa A. Sovijärvi, A. Ahonen, J. Hartiala, E. Länsimies, S. Savolainen, V. Turjanmaa & E. Vanninen (toim.). *Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede*. Helsinki: Duodecim, 29–40.

Biodex Medical Systems 2013. Mobile radiation shields. Hakupäivä 10.9.2013. <http://www.biodex.com/nuclear-medicine/products/shielding-storage/l-block-shields/mobile-radiation-shield>.

Biodex Medical Systems 2013. PET- syringe shields. Hakupäivä 23.9.2013. <http://www.biodex.com/nuclear-medicine/products/pet-positron-emission-tomography/pet-syringe-shields>.

Covens, P., Berus, D., Vanhavere, F. & Caveliers, V. 2010. The introduction of automated dispensing and injection during PET procedures: a step in the optimisation of extremity doses and whole-body doses of nuclear medicine staff. *Radiation Protection Dosimetry*. 140 (3), 1–9.

Guillet, B., Quentin, P., Waultier, S., Bourrelly, M., Pisano, P. & Mundler, O. 2005. Technologist radiation exposure in routine clinical practice with ¹⁸F-FDG PET. *Journal of Nuclear Medicine Technology*. 33 (3), 175–179.

Hakulinen, M., sairaalafysikko, kuvantamiskeskus, Kuopion yliopistollinen sairaala. 2012, luento 15.2.2012. Tekijän hallussa.

Huovila, T. 2006. "Look" visuaalista viestisi. Helsinki: Inforviestintä Oy.

International Atomic Energy Agency. 2008. Radiation protection in newer imaging techniques: PET/CT. Safety reports series. 2008:58.

International Atomic Energy Agency. 2009. Quality Assurance for PET and PET/CT systems. Human health series. 2009:1.

International Atomic Energy Agency. 2013. Potential exposure accidental medical exposure. Hakupäivä 25.10.2013.
https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/NuclearMedicine.htm.

International Atomic Energy Agency. 2013. Protective equipment. Hakupäivä 18.8.2013.
https://rpop.iaea.org/RPOP/RPoP/Content/AdditionalResources/Training/1_TrainingMaterial/PETCT.htm.

Jurvelin, J. 2005. Isotooppikuvaus. Teoksessa S. Soimakallio, L. Kivisaari, H. Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.). Radiologia. Porvoo: WSOY, 43–50.

Jämsä, K. & Manninen, E. 2000. Osaamisen tuotteistaminen sosiaali- ja terveysalalla. Helsinki: Tammi.

Kajander, S. 2011. PET-TT parantaa syövän hoitoa. Radiografia 11 (3). 19–20.

Karjalainen, A., laboratoriohoitaja. Oulun yliopistollinen sairaala, Isotooppiosasto. 2012. Luento 11.9.2012.

Karlsson, Å. & Marttala, A. 2001. Projektikirja – Onnistuneen projektin toteuttaminen. Tampere.

Kop, J., Kemerink, G., Öllers, M. & Pakbiers, M-T. 2008. Optimization of Radiation Protection as a result of PET/CT applications. Hakupäivä 2.10.2013. <http://irpa12.org.ar/fullpapers/FP0558.pdf>.

Korkola, P. 2009. Säteilysuojelun optimointi PET-TT:n käytössä – potilaat, työntekijät ja muut . Hakupäivä 2.5.2012.

http://www.stuk.fi/proinfo/koulutus/fi_FI/ISO2009/_files/82513927504265357/default/Korkola-luento-ISO2009.pdf.

Korpela, H. 2004. Isotooppilääketiede. Teoksessa O. Pukkila (toim.). Säteilyn käyttö. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 220–249.

Lehtinen, M. 2011. Työntekijöiden säteilyannokset isotooppitoiminnassa. Hakupäivä 25.5.2012. http://www.stuk.fi/proinfo/koulutus/fi_FI/ISO2011-ESITELMAT/_files/86879154573149194/default/Lehtinen-Maaret-Ty%C3%B6ntekij%C3%B6iden_s%C3%A4teilyannokset_isotooppitoiminnassa_tulostettava-ISO2011.pdf.

Leide-Svegborn, S. 2010. Radiation exposure of patients and personnel from a PET/CT procedure with 18F-FDG. *Radiation Protection Dosimetry*. 139 (1–3). 208–213.

Leide-Svegborn, S. 2012. External radiation exposure of personnel in nuclear medicine from ¹⁸F, ^{99m}Tc and ¹³¹I with special reference to fingers, eyes and thyroid. *Radiation Protection Dosimetry*. 149 (2). 196 – 206.

Manninen, A-L., apulaisfyysikko. Oulun yliopistollinen sairaala, Isotooppiosasto. 2012. Luento 11.9.2012. Tekijän hallussa.

MAP Medical Technologies Oy. 2012. F-18 FDG valmisteyhteenvedo. Hakupäivä 14.5.2012. http://www.mapmedical.fi/cms/images/stories/docs/fi/F18_FDG_Injektioneste.pdf.

Mattsson, S. & Söderberg, M. 2011. Radiation dose management in CT, SPECT/CT and PET/CT techniques. *Radiation Protection Dosimetry*. 147 (1–2). 13–21.

Merce, M., Ruiz, N., Barth, I., Carnicer, A., Donadille, L., Ferrari, P., Fulop, M., Ginjaume, M., Gualdrini, G., Krim, S., Mariotti, F., Ortega, X., Rimpler, A., Vanhavere, F. & Baechler, S. 2011. Exremity exposure in nuclear medicine: preliminary results of a European study. *Radiation Protection Dosimetry*. 144 (1–4). 515–520.

Nichols, K., Bacharach, S., Bergmann, S., Chen, J., Cullom, J., Dorbala, S., Ficaro, E., Galt, J., Green Conaway, D., Heller, G., Hyun, M., Links, J. & Machac, J. 2006. ASNC imaging guidelines for nuclear cardiology procedures-Instrumentation quality assurance and performance. Teoksessa G. DePuey (toim.) Imaging guidelines for nuclear cardiology procedures-A report of the American Society of Nuclear Cardiology Quality Assurance Committee. American Society of Nuclear Cardiology, 61–78.

Paile, W. 2002. Säteilövammat. Teoksessa W. Paile (toim.) Säteilöyn terveysvaikutukset. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 49–62.

Roberts, F., Gunawardana, D., Pathmaraj, K., Wallace, A., Mi, T., Berlangieri, S., O'Keefe, G., Rowe, C. & Scott, A. 2005. Radiation dose to PET technologists and strategies to lower occupational exposure. Journal of Nuclear Medicine Technology. (33). 44–47.

Ruotsalainen, U. 2003. PET-tutkimukset. Teoksessa A. Sovijärvi, A. Ahonen, J. Hartiala, E. Länsimies, S. Savolainen, V. Turjanmaa & E. Vanninen (toim.). Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Duodecim, 49–55.

Sandberg, J. & Paltemaa, R. 2002. Ydin- ja säteilyfysiikan perusteet. Teoksessa T. Ikäheimonen (toim.). Säteily ja sen havaitseminen. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 11–59.

Stanfordin yliopisto. 2012. Radiation protection guidance for hospital staff. Hakupäivä 25.10.2013. http://www.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/radlaser/Hospital_Guidance_document.pdf.

Stanfordin yliopisto. 2013. Radionuclide Safety Data Sheet, F-18. Hakupäivä 2.10.2013. http://www.stanford.edu/dept/EHS/prod/researchlab/radlaser/RSDS_sheets/F-18.pdf.

SuomiSanakirja.fi. 2013. Emissio. Hakupäivä 24.9.2013. <http://www.suomisanakirja.fi/emissio>.

Säteilyturvakeskus. 2007. ST-ohje 7.1. Säteilöaltistuksen seuranta. Hakupäivä 15.8.2013. http://www.finlex.fi/data/normit/2745-7_1.pdf.

Torniainen, P. Fyysikko. Oulun yliopistollinen sairaala, Isotooppiosasto. 2012. Luento 11.9.2012.

Torniainen, P. Fyysikko. Oulun yliopistollinen sairaala, Isotooppiosasto. 2013. Haastattelu 1.10.2013. Oulun yliopistollinen sairaala, Isotooppiosasto.

Torvinen, M. Osastonhoitaja. Oulun yliopistollinen sairaala, Isotooppiosasto. 2013. Haastattelu 16.9.2013. Oulun yliopistollinen sairaala, Isotooppiosasto.

Townsend, D. 2008. Dual-Modality Imaging: Combining Anatomy and Function. *The Journal of Nuclear Medicine*. 49 (6). 938–955.

Vargas-Castrillón, S. & Cutanda-Henríquez, F. 2011. A study on occupational exposure in a PET/CT facility. *Radiation protection dosimetry*. 147 (1–2). 247–249.

Väisälä, S., Korpela, H. & Kaituri, M. 2004. Säteilyn käyttö teollisuudessa ja tutkimuksessa. Teoksessa O. Pukkila (toim.). *Säteilyn käyttö*. Helsinki: Säteilyturvakeskus, 256–295.

TAULUKKO 1. Tuotekehitysprosessin tehtäväluettelo

Tuotekehitysprosessin tehtäväluettelo	Osatehtävä	Aikataulu	Suunnitellut tunnit	Toteutuneet tunnit
Aiheen ideointi	Ideaseminaari	Maaliskuu 2012	1 h	1 h
Valmistava seminaarityö	Esiymmärryksen kartoitus, valmistavan seminaarityön kirjoittaminen	Maaliskuu – toukokuu 2012	100 h	102 h
	Valmistavan seminaarityön esitys	Toukokuu 2012	0,5 h	0,5 h
	Valmistavan seminaarityön korjaukset	Kesäkuu 2012	7 h	5 h
Projektisuunnitelma	Projektisuunnitelman kirjoitus	Elokuu – lokakuu 2012	78 h	83 h
	Projektisuunnitelman esitys	Lokakuu 2012	0,25 h	0,25 h
	Projektisuunnitelman korjaukset	Lokakuu 2012	2,75 h	1,75 h

Oppaan tekeminen	Oppaan sisällön päättäminen ja teko	Talvi 2012 – Kesä 2013	140 h	135 h
	Esitestauslomakkeen teko	Lokakuu 2012	2,5 h	1,5 h
	Asiantuntijaryhmän tutustuminen oppaaseen	Kevät-kesä 2013	1 h	3 h
	Korjausten teko	Ennen esitestausta	5 h	2 h
	Esitestaus	Kevät – kesä 2013	1 h	7 h
	Korjausten teko	Kevät – kesä 2013	4 h	4 h
	Oppaan viimeistely	Syksy 2013	5 h	5 h
Loppuraportin laadinta	Loppuraportin suunnittelu	Kevät – syksy 2013	50 h	50 h
	Loppuraportin esitys	Syksy 2013	1 h	0,5 h
	Loppuraportin korjaukset	Syksy – talvi 2013	6 h	6 h
Yhteensä			405 h	407,5 h

TAULUKKO 2. Oppaan laatukriteerit

Laatukriteeri	Ominaisuudet	Tavoitteiden toteutumisen arviointi
Selkeä ulkoasu	Kirjaisintyyppi ja -koko	Fonttityyppi on selkeä ja sopivan kokoinen
	Tekstin sijoittelu	Teksti on sopivan väljää ja hyvin jaoteltua
	Tekstiä tukevan kuvien sopiva käyttö	Kuvia ei ole liikaa/liian vähän
	Asioiden ilmaisujärjestys	Asiat on esitetty loogisessa, PET-TT-tutkimusprosessin mukaisessa järjestyksessä
	Keskeisten asioiden korostaminen	Keskeisiä asioita on korostettu sopivasti kuvioita tai väriä käyttämällä
Säteilysuojelua korostava asiasisältö	Laadukas lähdemateriaali	Oppaassa on käytetty luotettavia ja tunnettuja lähteitä
	Ajankohtaiset lähteet	Oppaassa on käytetty uusinta tietoa lähteenä
	Sopiva tietomäärä	Opas on sopivan tiivis asiasisällöltään, ja siinä esitetään keskeiset asiat

Kieliasu

Ymmärrettävä kieli

Ammattisanaston käytössä on otettu huomioon lukijoiden erilainen koulutustausta

Selkeät lauserakenteet

Teksti on helppolukuista

Käsitteiden käyttö

Käytetyt käsitteet ovat selkeitä, olennaisia ja yksiselitteisiä

TAULUKKO 3. Projektibudjetti

Kustannustyyppi	Hinta-arvio (€)	Toteutunut
Opiskelijan työ	405 h x 10 € = 4050 €	4050 €
Ohjaajien työ	30 h x 20 € = 600 €	30 h x 20 € = 600 €
Asiantuntijaryhmän työ	30 h x 20 € = 600 €	21h x 20 € = 420 €
Esitestausryhmän työ	7 h x 20 € = 140 €	140 €
Vertaisarvioijan työ	27 h x 10 € = 270 €	270 €
Kielten opettajien työ	30 h x 20 € = 600 €	20 h x 20 € = 400 €
Tulostuskustannukset	1 riisi paperia à 5 €	5 €
Opinnäytetyön sidonta	20 €	20 €
Ennalta arvaamattomat menot	500 €	0 €
Yhteensä	6 785 €	5905 €

Esitetauslomake oppaalle: Henkilökunnan säteilyaltistuksen optimointi PET-TT-tutkimuksissa

Alla on esitetty väittämiä oppaan ulkoasuun, sisältöön ja kieleen liittyen. Vastaa niihin laittamalla rasti ruutuun mielipiteesi mukaan, kuinka hyvin opas vastaa kyseistä väittämää. Kiitos jo etukäteen vastauksistasi, joiden avulla saan kehitettyä opasta eteenpäin.

Ulkoasu

Oppaassa käytetty fonttityyppi on selkeä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Oppaassa käytetty fonttityyppi on sopivan kokoinen

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Teksti on sopivan väljä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Teksti on hyvin jaoteltu

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Kuvia on käytetty riittävästi

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Asiat on esitetty loogisessa, radiolääkkeen prosessin mukaisessa järjestyksessä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Keskeisiä asioita on korostettu sopivasti **väriä** käyttämällä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Keskeisiä asioita on korostettu sopivasti **lihavoitua** käyttämällä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Keskeisiä asioita on korostettu sopivasti **kuvioita** käyttämällä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Säteilysuojelua korostava asiasisältö

Oppaassa on käytetty luotettavia ja tunnettuja lähteitä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Oppaassa on käytetty uusinta tietoa lähteenä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Opas on sopivan tiivis asiasisällöltään

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Oppaassa käsitellään sille keskeisiä asioita

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Kieliasu

Ammattisanaston käytössä on huomioitu lukijoiden erilainen koulutustausta

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Teksti on helppolukuista

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Käytetyt käsitteet ovat.....

Selkeitä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Olennaisia

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin eri mieltä Täysin eri mieltä

Yksiselitteisiä

Täysin samaa mieltä Jokseenkin samaa mieltä En osaa sanoa Jokseenkin
eri mieltä Täysin eri mieltä

Vapaa
sana: _____

Kiitos osallistumisestasi! 😊 Mielenpääsi on tärkeää.