



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA

SYKLOTRONILLA TUOTETTU- JEN RADIONUKLIDIEN TUOMAT MAHDOLLISUUDET PET-TT-KU- VANTAMISEEN

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa

TEKIJÄT: Matti Karhu
Heidi Korhonen
TR14S

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Koulutusohjelma Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Matti Karhu ja Heidi Korhonen	
Työn nimi Syklotronilla tuotettujen radionuklidien tuomat mahdollisuudet PET-TT-kuvantamiseen Kuopion yliopistollisessa sairaalassa	
Päiväys 15.3.2016	Sivumäärä/Liitteet 55/16
Ohjaaja(t) Lehtori Pirjo Leppäsaari	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu, Terveysala Kuopion yksikkö, Röntgenhoitajan koulutusohjelma	
<p>Tiivistelmä</p> <p>PET-TT on terveydenhuollossa yleistynyt hybridikuvausmenetelmä, jossa yhdistetään aineenvaihdunnallinen PET-kuva anatomiseen TT-kuvaan. PET-TT-kuvausta voidaan käyttää useiden sairauksien diagnosoinnissa sekä taudin asteen määrittämisessä. PET-TT-tutkimuksissa käytetään syklotronilla tuotettavia positroniemiemiolla hajoavia lyhytikäisiä radionuklideja, joista valmistetaan eri tutkimuksiin soveltuvia radiolääkkeitä. Kuopion yliopistollisen sairaalan syklotronilla valmistettavat uudet radionuklidit mahdollistavat PET-TT-tutkimuksia, joilla voidaan kuvantaa entistä paremmin esimerkiksi syöpäkasvaimia ja sydämen toimintaa.</p> <p>Opinnäytetyö oli toiminnallinen opinnäytetyö, joka toteutettiin projektityön menetelmän mukaisesti. Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön sekä Savonia-ammattikorkeakoulun Terveysalan Kuopion yksikön Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelman kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa röntgenhoitajaopiskelijoille sekä muille alasta ja koulutuksesta kiinnostuneille asiantuntijatietoon perustuva posteritietoa KYS:ssä syklotronin käyttöönoton jälkeen kuvantamisvalikoimaan tulevista uusista radionuklideista ja -lääkkeistä. Posterin sisältämää tietoa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa opetuksessa, joten sen avulla saadaan lisättyä tulevien röntgenhoitajien tietämystä PET-TT-kuvantamisesta sekä radionuklideista ja niiden käytöstä.</p> <p>Opinnäytetyössä hyödynnettiin tunnetuista tietokannoista löytyvää aineistoa, asiantuntijatietoon perustuvaa kirjallisuutta sekä Kuopion yliopistollisen sairaalan asiantuntijoiden haastattelusta saatua tietoa. Posterin ja opinnäytetyöhön saatiin palautetta opinnäytetyön tilaajalta, haastattelun asiantuntijoilta, opponijalta sekä ohjaavalta opettajalta, joiden kaikkien kanssa tehtiin yhteistyötä koko opinnäytetyöprosessin ajan.</p> <p>Posterissa esitellään KYS:n uudet PET-TT-radionuklidit ja -lääkkeet sekä niiden käyttöaiheet. Posterin johdannossa kerrotaan hybridikuvausmenetelmän idea sekä syklotronilla valmistettavat radionuklidit. Radionuklidit ja radiolääkkeet on ryhmitelty erivärisiin taustasta erottuviin laatikoihin, niin että radionuklidit ovat posterin vasemmassa laidassa ja radiolääkkeet ovat oikealla. Lisäksi posterissa on kuva KYS:iin hankitusta syklotronista, josta kerrotaan tarkemmin kuvatekstissä. Posterin alaosassa on Savonia-ammattikorkeakoulun ja KYS:n logo, työntekijöiden nimet sekä lähteet. Posterin koko on A0, eli se on mitoiltaan 1189 mm x 841 mm. Valmis posterit tulee esille radiografian ja sädehoidon luokan seinälle.</p> <p>Jatkotutkimusaiheita voisivat olla syklotronibunkkerin säteilysuojelun toteutus, uusien PET-TT-radiolääkkeiden valmistusmenetelmät ja PET-TT-kuvantamisvalikoiman muotoutuminen syklotronin käyttöönoton jälkeisinä vuosina. Nämä jatkotutkimusaiheet tarjoaisivat opiskelijoille uusia opinnäytetyöideoita, joiden avulla voitaisiin lisätä tietoisuutta syklotronin ja PET-TT-kuvantamisen tuomista edistysaskelista terveydenhuollossa.</p>	
Avainsanat Hybridikuvausmenetelmä, Kuopion yliopistollinen sairaala, PET-TT, posterit, radionuklidit, radiolääkkeet, syklotroni	

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme of Radiography and Radiationtherapy			
Author(s) Matti Karhu ja Heidi Korhonen			
Title of Thesis PET-CT Imaging Possibilities of Cyclotron Produced Radionuclides in Kuopio University Hospital			
Date	15.03.2016	Pages/Appendices	55/16
Supervisor(s) Senior Lecturer Pirjo Leppäsaari			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Science, Degree Programme of Radiography and Radiotherapy			
<p>Abstract</p> <p>PET-CT is a growing health care hybrid imaging method combining the metabolic PET image with anatomical CT image. PET-CT imaging can be used in the diagnosis of several diseases, as well as in the determination of the degree of the disease. In PET-CT examinations make us of cyclotron produced short-lived radionuclides, which decay by positron emission. From these radionuclides, suitable radiopharmaceuticals are prepared for different examinations. The new radionuclides produced at Kuopio University Hospital cyclotron enables PET-CT examinations, which enable for example better imaging of cancer tumours and heart function.</p> <p>The thesis was a functional thesis, which was carried out in accordance with the project work method. This thesis was made in co-operation with the Unit of Clinical Physiology and Nuclear Medicine at Kuopio University Hospital and the Kuopio Radiographer Degree program in Health Care at Savonia University of Applied Sciences. The purpose of this study was to produce a poster for radiographer students and to all who are interested in the field of radiography, which is based on expert knowledge. The poster tells about the new radionuclides and radiopharmaceuticals that will be used at KUH after implementation of the cyclotron. The information contained in the poster can be utilized in the future in teaching, so it provides future radiographers knowledge about PET-CT imaging and radionuclides and of their use.</p> <p>In the thesis, material from known databases, literature based on expert knowledge and information from the interview of the experts of KUH were utilized. The poster and the thesis received feedback from the subscriber of this thesis, experts of the interview, student opponent and the supervising teacher, with whom co-operation was made throughout the thesis process.</p> <p>The poster presents the Kuopio University Hospital's new PET-CT radionuclides and radiopharmaceuticals and their indications. The poster's introduction explains the idea of hybrid imaging and radionuclides that are produced with cyclotron. Radionuclides and radiopharmaceuticals are grouped into distinguishable boxes that are of different colour from the background. Radionuclides are on the left side and radiopharmaceuticals are on the right. In addition, on the poster is a picture of cyclotron acquired by Kuopio University Hospital, which is described in more detail in the legend. At the bottom of the poster there are the logos of Savonia University of Applied Sciences and Kuopio University Hospital, authors' names and sources of the poster. The poster's size is A0, meaning, it has dimensions of 1189 mm x 841 mm. The finished poster is hung on the wall of radiography and radiotherapy classroom.</p> <p>Further research could be about the implementation of radiation protection in cyclotron bunker, the new PET-CT radiopharmaceuticals production methods and formation of PET-CT imaging selection in the years following the introduction of the cyclotron. These further research subjects would provide students with new ideas for the thesis, which could be used to raise awareness of cyclotron and PET-CT imaging in bringing advances in health care.</p>			
Keywords Hybrid imaging, Kuopio University Hospital, PET-CT, poster, radionuclide, radiopharmaceutical, cyclotron			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	SYKLOTRONILLA TUOTETTAVAT RADIONUKLIDIT	8
2.1	Syklotroni ja positronihajoaminen	8
2.2	Radionuklidi.....	9
2.3	Radiolääke	9
2.3.1	F-18-FDG	10
2.3.2	Uudet radiolääkkeet Kuopion yliopistollisessa sairaalassa.....	10
3	RADIONUKLIDIT JA RADIOLÄÄKKEET POSITRONIEMISSIOTOMOGRAFIA- JA TIETOKONETOMOGRAFIAKUVAUKSESSA.....	13
3.1	Positroniemissiotomografiakuvaus.....	13
3.2	Tietokonetomografiakuvaus.....	14
3.3	Hybridikuvaus.....	15
3.4	Säteilysuojelu PET-TT-kuvauksessa.....	17
4	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET, TUOTOS JA TAUSTAKYSYMYKSET	20
5	TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	21
5.1	Toiminnallinen opinnäytetyö	21
5.2	Tarpeen tunnistaminen ja määrittely.....	22
5.3	Opinnäytetyön suunnittelu.....	22
5.4	Opinnäytetyön toteutus.....	25
5.5	Valmis tuotos ja sen arviointi	27
6	POHDINTA.....	29
6.1	Luotettavuus	29
6.2	Eettisyys	30
6.3	Opinnäytetyöprosessi	30
	LÄHTEET JA LIITTEET.....	35
	LIITE 1: SWOT-ANALYYSI	40
	LIITE 2: OPINNÄYTETYÖN AIKATAULU	41
	LIITE 3: HAASTATTELUKYSYMYKSET	42
	LIITE 4: HAASTATTELU.....	43
	LIITE 5: SISÄLLÖNANALYYSIN TAULUKKO.....	45
	LIITE 6: POSTERIN RAAKAVERSIO.....	47

LIITE 7: POSTERI 48

Molekulaarisella kuvantamisella tarkoitetaan kuvantamismenetelmää, jolla voidaan visualisoida solujen toimintaa ja metaboliaa. Molekulaarisia kuvausmenetelmiä ovat PET (positroniemissiotomografia), PET-TT (positroniemissio- ja tietokonetomografia) ja PET-MRI (positroniemissiotomografia ja magneettikuvaus). PET-TT:ssä ja PET-MRI:ssä potilaasta otetaan PET-kuvauksen lisäksi anatominen kuva, joko tietokonetomografiakuvauksella (TT) tai magneettikuvauksella (MRI). Muista kuvausmenetelmistä positroniemissiotomografia erottuu siten, että sillä pystytään tutkimaan kvantitatiivisesti (määrällisesti) paikallista aineenvaihduntaa, esimerkiksi sydänlihaksessa tai syöpäkasvaimessa, tai sillä voidaan määrittää reseptorien tiheyttä aivojen eri osissa. (Ruotsalainen 2003, 54; Hricak, Choi, Scott, Sugimura, Muellner, von Schulthess, Reiser, Graham, Dunnick ja Larson 2010, 499, 500.)

PET-kuvantamista varten tarvitaan positroniemissiolla hajoavia radionuklideja, joita voidaan valmistaa syklotronilla. Syklotronilla tuotetaan PET-radionuklideja törmäyttämällä varattuja hiukkasia, esimerkiksi protoneja, vakaiden alkuaineiden kanssa, jolloin saadaan aikaan positroniemissiolla hajoavia protonirikkaita alkuaineita. Yleisin käytetty PET-radionuklidi on fluori-18. Muita käytössä olevia radionuklideja ovat esimerkiksi hiili-11, happi-15 ja typpi-13. (STUK 2015a.) Näillä radionuklideilla leimattuja radiolääkkeitä voidaan antaa potilaalle laskimon sisäisesti, ihon alaisesti tai inhaloiden. PET-radiolääke päätyy haluttuun kohde-elimeseen elimistön metabolisen prosessin kautta. Kohde-elimessä tapahtuva radioaktiivinen hajoaminen voidaan rekisteröidä tarkoitukseen sopivalla PET-laitteistolla. (Bergström ja Nägren 2003, 29, 30; Ruotsalainen 2003, 49; Velikyan 2014, 47–49.)

PET-tutkimuksella tarkoitetaan kuvausta, joka suoritetaan positronisäteilijöitä hyväksi käyttäen. PET-TT on funktionaalinen kuvantamistekniikka, joka tuottaa kolmiulotteista kuvaa elimistön fysiologisista prosesseista ja anatomisesta rakenteesta. PET-TT:ssä potilasta kuvataan yhdellä kertaa positroniemissiotomografisesti ja tietokonetomografisesti, jolloin PET-kuvauksessa saadaan tietoa potilaan metaboliasta ja TT-kuvaus antaa tarkkaa tietoa potilaan anatomiasta. (Ruotsalainen 2003, 54; Jurvelin 2005a, 39.) PET-TT-kuvaukset ovat yleistyneet viime vuosina, kun laitteistoja on saatu lisää käyttöön. Vuodesta 2003 vuoteen 2012 tutkimusmäärät ovat Suomessa yli kolminkertaistuneet noin 6350 kappaleeseen. Tyypillisimmät PET-TT-tutkimukset vuonna 2012 olivat koko kehon aineenvaihdunnan laaja PET-TT-tutkimus (2156 kpl) ja yläkehon aineenvaihdunnan PET-TT-tutkimus (1322 kpl). (STUK 2015a.)

Idea opinnäytetyöhön syntyi syksyllä 2015, kun opinnäytetyön tekijät kuuluivat, että Kuopion yliopistolliseen sairaalaan ollaan ottamassa käyttöön syklotronilaitteistoa keväällä 2016. Tämä ajankohtainen tapahtuma herätti mielenkiinnon laatia aiheeseen liittyvä opinnäytetyö siitä, mitä uusia mahdollisuuksia syklotroni tuo Kuopion yliopistollisen sairaalan Kuvantamiskeskuksen PET-kuvantamiseen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Kuopion yliopistollisen sairaalan Kuvantamiskeskuksen Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön asiantuntijoille tehtävien haastattelujen avulla, mitä uusia radionuklideja ja PET-TT-tutkimusmahdollisuuksia uudella syklotronilla tuotetut radionuklidit tuovat PET-TT-tutkimuksiin Kuvantamiskeskuksessa. Haastattelujen ja kirjallisuuskatsauksen perusteella laadittiin PET-TT-tutkimuksissa käyttöönotetuista uusista radionuklideista ja niiden käyttömahdollisuuksista röntgenhoitajaopiskelijoille sekä muille alasta ja koulutuksesta kiinnostuneille asiantuntijatietoon perustuva

posterit. Posterin ja opinnäytetyön tavoitteena on lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden sekä muiden terveydenhuollon ammattilaisten tietämystä syklotronilla tuotetuista radionuklideista ja niiden tuomista mahdollisuuksista PET-TT-kuvantamiseen.

Asiantuntijahaastattelun perusteella saatiin selville, että Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronin käyttöönoton jälkeen uusia kuvantamisvalikoimaan tulevia PET-TT-radionuklideja ovat gallium-68, happi-15 ja hiili-11. Lisäksi nyt jo valikoimassa olevaa fluori-18:aa voidaan tulevaisuudessa käyttää myös päivystyskuvausten tekemiseen. Uusista radionuklideista voidaan valmistaa ainakin eturauhassyövän, neuroendokriinisten tuumoreiden ja sydänperfuusion tutkimiseen soveltuvia radiolääkkeitä. (Hakulinen ja Mali 2016.) Paremmat mahdollisuudet sairauksien diagnosointiin edistyneiden kuvantamismenetelmien avulla parantavat koko terveydenhuollon toimivuutta. Yhteiskunnalle uudet, entistä paremmat kuvausmenetelmät tuovat etua siten, että ihmisillä on aiempaa paremmat mahdollisuudet saada hoitoa sairauksiinsa.

2 SYKLOTRONILLA TUOTETTAVAT RADIONUKLIDIT

Radionuklideilla on monia eri käyttötarkoituksia maailmanlaajuisesti. Käyttösovelluksia löytyy niin teollisuuden, tutkimuksen kuin terveydenhuollonkin alalta. Eri puolilla maailmaa lääketieteelliset radionuklideja hyödyntävät toimenpiteet ovat jatkuvassa kasvussa. 2000-luvulla radionuklidien tuottamista varten perustettujen uusien syklotronien määrä on kasvanut voimakkaasti. Vuonna 2009 syklotroneilla tuotettavia radionuklideja tiedetään olevan 49 erilaista. (IAEA 2009, 6.)

2.1 Syklotroni ja positronihajoaminen

Syklotroni on hiukkaskiihdytin, jolla pystytään valmistamaan isotooppilääketieteessä käytettäviä radionuklideja. Syklotronilla kiihdytetään varattuja hiukkasia suureen nopeuteen. Näillä kiihdytetyillä varatuilla hiukkasilla saadaan aikaan ydinreaktioita ja synnitettyä keinotekoisia radioaktiivisia atomeja, radionuklideja. (Close, Marten ja Sutton 2002, 85.) Syklotronilla voidaan tuottaa PET-radionuklideja törmäyttämällä deuteriumioneja (deuteroneja, $H-2^+$) vakaiden alkuaineiden kanssa. Deuteriumionien käytön etuna on esimerkiksi happi-15:n valmistuksessa se, että deuteriumsuihkua käyttämällä happi-15:tä voidaan tuottaa käyttämällä lähtöaineena tavallista typpikaasua. Jos taas happi-15 valmistettaisiin käyttämällä syklotronissa protonisuihkua, niin lähtöaineeksi tarvittaisiin typpi-15-isotooppia, joka on harvinaisen. (Tochon-Danguy, 1997, 82.)

Kuopion yliopistolliseen sairaalaan on hankittu General Electric Healthcarelta radionuklidien tuotantoon optimoitu (Pettrace 860) syklotroni. Syklotroni pystyy tuottamaan kaikkia PET-kuvantamisessa käytettäviä radionuklideja, ja sen kapasiteetti on mittava. Esimerkiksi fluori-18:aa voidaan tuottaa kaksinkertaisesti Suomessa tarvittava määrä. Syklotronissa on kuusi kohtioasemaa, joista kahta pystytään säteilyttämään yhtä aikaa. Maksimisäteilytysvirta protoneille on 100 μA . Kiihdytyksen jälkeen protonien maksimienergia on 16 MeV ja deutronien 8,4 MeV. (Hakulinen ja Mali 2016.)

PET-tutkimuksissa käytettävät radionuklidit hajoavat positronihajoamisella, jolloin protonirikkaan atomin ytimessä tapahtuu reaktio, jossa protoni muuttuu neutroniksi ja positroniksi. Kudoksessa positroni menettää nopeasti liike-energiaansa. Positronin kohdatessa antihiukkasensa elektronin ne annihiloituvat eli tuhoutuvat ja niiden energia vapautuu kahtena säteilykvanttina (511 keV) vastakkaisiin suuntiin. Syntyvä säteily mitataan kuvauslaitteella ja radioaktiivisen aineen jakaantumisesta muodostetaan tietokoneella kolmiulotteinen kuva. Positronisäteilijöitä ei juuri esiinny luonnossa, poikkeuksena kalium-40, jonka eräs harvinainen hajoamisreitti on positroniemissio. Tästä johtuen lähes kaikki positronisäteilevästä lähteestä mitattu annihilaatiogammasäteily on peräisin positroniemissiomerkkiaineesta. (Jurvelin 2005b, 50; Ruotsalainen 2003, 49; Engelkemeir, Flynn ja Glendenin 1962, 1818; Mougeot ja Helmer 2012.)

2.2 Radionuklidi

Kun syklotronilla kiihdytetään protoneja, joita törmäytetään tavallisten vakaiden alkuaineiden kanssa, saadaan aikaan protonirikkaita alkuaineita eli sellaisia radionuklideja, joilla on taipumus hajota positroniemissiolla. Näitä radionuklideja käytetään PET-tutkimuksissa. Useat PET-tutkimuksissa käytetyt radionuklidit ovat hyvin lyhytikäisiä, minkä vuoksi monia tutkimuksia voidaan toteuttaa vain, kun syklotroni on käytössä samassa paikassa, missä tutkimuksia suoritetaan. (Lampignano 2014, 739.) Kuopion yliopistollisessa sairaalassa kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikössä kuvantamiskäytössä on tällä hetkellä fluori-18. Uusina radionuklideina syklotronin käyttöönoton myötä kuvantamisvalikoimaan tulevat gallium-68, happi-15 ja hiili-11. Tällä hetkellä ei ole tiedossa, mitä radiolääkkeitä ja kuvantamistapoja hiili-11:n avulla aiotaan toteuttaa. (Hakulinen ja Mali 2016.)

Fluori-18:n puoliintumisaika on 110 minuuttia, joten sitä voidaan käyttää myös muualla kuin syklotronin sijaintipaikassa (Korpela 2004, 232, 233). Fluori-18:aa valmistetaan törmäyttämällä protoneja happi-18:n kanssa. 97 % fluori-18-ytimistä hajoaa positroniemissiolla. Fluori-18 on kaikista yleisin käytössä oleva PET-radionuklidi. Fluorin kemiallisten ominaisuuksien vuoksi sillä voidaan korvata vetyatomi orgaanisessa yhdisteessä helposti. Tämä mahdollistaa orgaanisten yhdisteiden leimaamisen radioaktiivisella fluori-18-atomilla. (IAEA 2009, 106, 107.)

Gallium-68:aa valmistetaan syklotronissa törmäyttämällä protoneja sinkki-68:n kanssa. Gallium-68:n valmistus syklotronilla mahdollistaa puhtaamman lopputuotteen galliumisotoopin suhteen kuin gallium-generaattorilla valmistettaessa. Gallium-68:n käyttö kuvantamistarkoituksessa on lisääntynyt viime vuosina johtuen sen hyvistä fysikaalisista ominaisuuksista kuvantamisessa. Valtaosa radionuklidin ytimistä hajoaa toivotulla tavalla: 89 % gallium-68:n kokemista radioaktiivisista hajoamisista tapahtuu positroniemissiolla. Lisäksi gallium-68:n puoliintumisaika on 68 minuuttia, joka on huomattavasti lyhyempi kuin aikaisemmin käytetyn indium-111:n (2,8 vuorokautta). Tämä lyhyempi puoliintumisaika mahdollistaa pienemmän säderasituksen potilaalle. (Pandey, Byrne, Jiang, Packard ja DeGrado 2014, 303; Mojta-hedi, Thamake, Tworowska, Ranganathan ja Delpassand 2014, 426.)

Happi-15:tä valmistetaan syklotronissa törmäyttämällä deuterium-ioneja tavallisen typpikaasun kanssa (N-14) (Tochon-Danguy, 1997, 82). Happi-15:n puoliintumisaika on 122 sekuntia, ja se hajoaa täysin positroniemissiolla. (IAEA, 2015). Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronilta on rakennettu maanalainen putkilinja PET-kuvaushuoneeseen, jonne radiovesi ($[O-15]H_2O$) kulkee. Voidaan sanoa, että potilas on suoraan kiinni syklotronissa, kun kuvauksessa käytetään radiovettä. Tämä järjestely johtuu happi-15:n erittäin lyhyestä puoliintumisajasta. (Hakulinen ja Mali 2016.)

2.3 Radiolääke

Radiolääke on radioaktiivinen lääkevalmiste, jota käytetään joko tautien diagnostiikassa tai hoidossa. Radiolääke on muiden lääkkeiden tapaan steriili ja pyrogeenivapaa tuote, jota voidaan antaa potilaalle esim. suonensisäisesti (i.v.). Radiolääkkeellä ei ole yleensä farmakologista merkitystä, koska annettavan radiolääkkeen radiolääkeainemäärä on erittäin pieni (yleensä vain tuhannesosa mmol).

Radionuklidin päätyminen haluttuun kohde-elimeseen varmistetaan liittämällä se johonkin molekyyliin, joka kemiallisten ominaisuuksiensa johdosta kertyy kohde-elimeseen. (Bergström ja Någren 2003, 29,30; Velikyan 2014, 47; Velikyan 2014, 48, 49.)

Radiolääkkeet voidaan luokitella esimerkiksi käyttökohteen ja säteilytavan mukaan. PET-radiolääkkeet voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään radionuklidin ominaisuuksien perusteella: ultralyhtikäisiin, lyhytikäisiin ja metallisiin radionuklideihin. Tavallisimmat ultralyhtikäiset PET-TT-radionuklidit ovat hiili-11, typpi-13 ja happi-15. Ultralyhtikäisiä happi-15:tä ja typpi-13:a käytetään kuvantamisessa pieninä molekyyleinä (esim. $[O-15]H_2O$), koska valmistukseen ja jakaantumiseen kehossa ei saa kulua paljon aikaa. Hiili-11:stä voidaan leimata radiolääkkeitä, joiden metabolia-aika kehossa on 40–90 minuutin väliillä. Lyhytikäisistä radionuklideista yleisin on fluori-18. Metallisista radionuklideista gallium-68:aa käytetään nykyään esimerkiksi gallium-peptidien leimaukseen. (Bergström ja Någren 2003, 32; Velikyan 2014, 47–49.)

Useiden radionuklidien puoliintumisajan määräämä käyttöaika on lyhyt, minkä vuoksi syklotronin lisäksi PET-keskuksessa tarvitaan radiolääkkeiden valmistukseen suunniteltu laboratorio (Bergström ja Någren 2003, 29, 30, 32). Puoliintumisajalla fysikaalisessa mielessä tarkoitetaan sitä aikaa, jonka kuluessa puolet radionuklidien ytimistä on hajonnut radioaktiivisella hajoamisella (Halliday, Resnick ja Krane 1992, 1147). PET-keskuksen laboratorioissa pystytään valmistamaan lyhytikäisiä radiolääkkeitä esimerkiksi hiili-11:tä (puoliintumisaika 20 min.), jonka valmistus ei saa viedä tuntia kauempaa, koska muutoin käytettäväksi saatavan radiolääkkeen määrä jää liian pieneksi (Bergström ja Någren 2003, 29, 30, 32).

2.3.1 F-18-FDG

Tyypillisin radiolääke PET-tutkimuksissa on F-18-FDG (fluorideoksiglukoosi), jota voidaan käyttää kasvainten kuvantamisessa sekä glukoosimetabolian ja dopamiinimäärän määrittämisessä. F-18-FDG soveltuu monien syöpäkasvainten kuvantamiseen sekä sädehoidon suunnitteluun. F-18-FDG:n avulla tehty PET-TT on tarkempi ja herkempi kuin perinteiset syövän kuvantamismenetelmät. (Almuhaideb, Papat-hanasiou ja Bomanji 2011, 3.)

F-18-FDG on glukoosianalogi, jossa yksi vety on korvattu radioaktiivisella fluorilla. F-18-FDG päätyy glukoosin tavoin soluihin, mutta sen pilkkominen solujen käyttämäksi energiaksi ei onnistu, joten se kertyy soluihin, joissa glukoosimetabolia on nopeaa. Tämä on edullinen ominaisuus kuvantamistarkoituksiin, koska merkkiaine päätyy haluttuun kohteeseen mutta ei poistu sieltä. (Korpela 2004, 232, 233.)

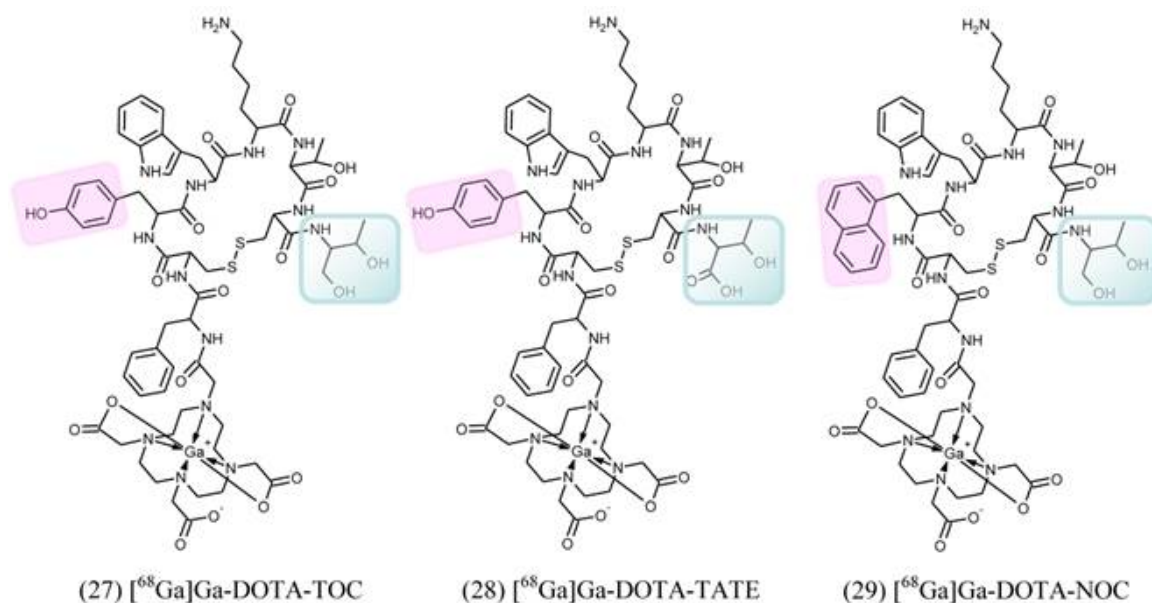
2.3.2 Uudet radiolääkkeet Kuopion yliopistollisessa sairaalassa

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronin myötä kuvantamiskäyttöön otettuja uusia radiolääkkeitä ovat Ga-68-DOTANOC, Ga-68-HBED-CC sekä $[O-15]H_2O$. Uudet radiolääkkeet mahdollistavat uusia PET-TT-tutkimuksia, joita ei aiemmin pystytty toteuttamaan, sillä tutkimuksessa tarvittavia radiolääkkeitä ei ollut saatavilla. Gallium-68:n ja happi-15:n puoliintumisaika on hyvin lyhyt, minkä vuoksi niitä voidaan käyttää vain syklotronin sijaintipaikassa. Kuopion yliopistollisessa sairaalassa Ga-68-DOTANOC-radiolääkettä käytetään neuroendokriinisten kasvainten havaitsemiseen, Ga-68-HBED-CC-radiolääkettä

eturauhassyövän kuvantamiseen ja [O-15]H₂O-radiolääkettä pääasiassa sydänperfuusiotutkimukseen. (Hakulinen ja Mali 2016.)

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa galliumleimattua DOTA-peptidiä (Ga-68-DOTANOC) aiotaan käyttää neuroendokriinisten tuumoreiden kuvantamiseen (Hakulinen ja Mali 2016; Mali 2016). Neuroendokriiniset tuumorit ovat hormoneja erittävistä soluista lähtöisin olevia kasvamia, joita voi esiintyä missä tahansa elimessä. Yleisimmät tuumoreiden lähtöpaikat ovat keuhko, peräsuoli, umpilisäke, ohutsuoli ja mahalaukku. (Välimäki ja Arola 2011, 1549–51; Maxwell ja Howe 2015, 159.) Neuroendokriinisten tuumoreiden aiheuttamien syöpien yleisyys on viisinkertaistunut 1970-luvulta 2000-luvulle tultaessa (Herrmann, Czernin, Wolin, Gupta, Barrio, Gutierrez, Mosessian, Phelps ja Allen-Auerbach 2015, 70). Suomessa uusia neuroendokriinisiä kasvaimia havaitaan noin 230 kappaletta vuodessa (Välimäki ja Arola 2011, 1549–51; Maxwell ja Howe 2015, 159).

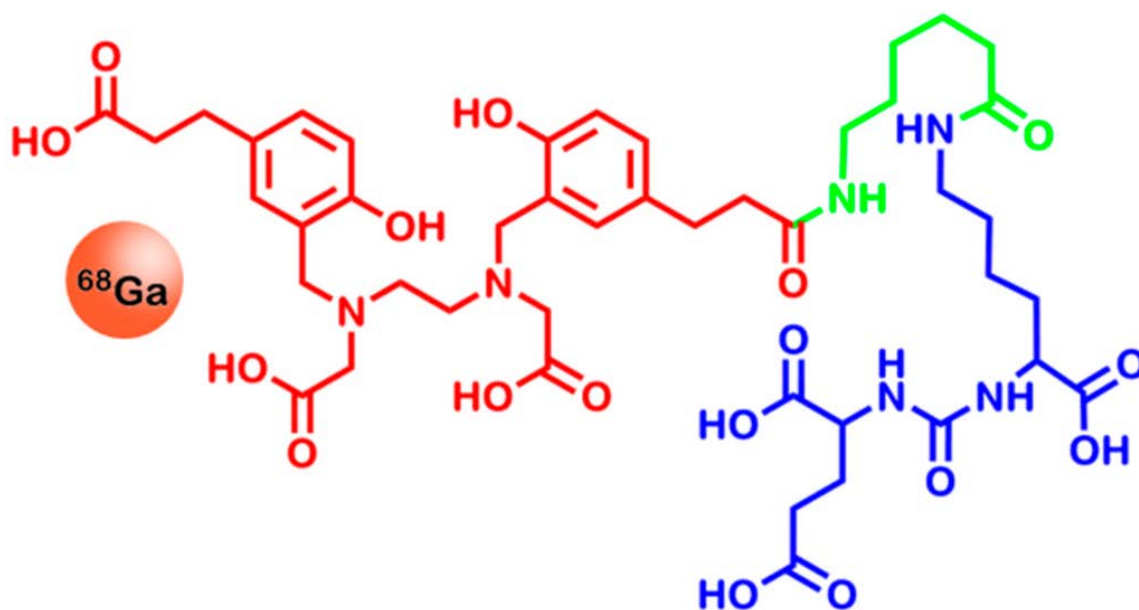
Neuroendokriinisten tuumorien pinnalla esiintyy runsaasti somatostatiinireseptoreita (SST-reseptoreita, SSTR), joihin Ga-68-DOTANOC kiinnittyy. Ga-68-DOTANOC on somatostatiinianalogi, jolla on suuri affiniteetti somatostatiinireseptoreiden alatyyppeihin SSTR2, SSTR3 ja SSTR5. Näitä reseptorialatyyppejä esiintyy huomattavan paljon endokriinisten tuumoreiden ja niiden metastaasien pinnalla, mutta vain vähän tavallisessa kudoksessa. Gallium-68 on kelatoituneena 1,4,7,10-tetra-atsasyklododekaani-N,N',N'',N'''-tetraetikkahappoon (DOTA) (KUVA 1). (National Cancer Institute Thesaurus 2015; Velikyan 2014; 63; Mali 2016.)



KUVA 1. Ga-68-leimattuja DOTA-peptidejä. (Velikyan 2014, 63.)

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa Ga-68-HBED-CC-ligandia aiotaan käyttää (KUVA 2) eturauhassyövän diagnosointiin (Hakulinen ja Mali 2016; Mali 2016). Eturauhassolujen, ohutsuolen, sylkirauhasten ja munuaisten solujen pinnalla esiintyy prostataspesifiseksi kalvoantigeeniksi (prostate specific membrane antigen, PSMA) kutsuttua glykoproteiinia. Eturauhassyöpäsolujen pinnalla PSMA:n esiintyminen on pal-

jon suurempaa, joten käyttämällä PSMA:han sitoutuvaa radiolääkeligandia voidaan löytää eturauhassyöpäkasvain. Ga-68-HBED-CC sitoutuu PSMA:han, ja siten voidaan suoraan määrittää kasvaimen koko ja sijainti hyvin herkästi ja spesifisesti. Heidelbergissä tehdyssä tutkimuksessa vuosina 2011–2014 käytiin läpi 319 potilasta, joilla oli eturauhassyöpä ja jotka oli kuvattu PET-TT:llä käyttäen Ga-68-HBED-CC:tä radiolääkkeenä. Kuvauksissa Tuumoreita löydettiin 82,8 %:lla potilaista, joilla oli vähintään yksi tuumori. Vääriä positiivisia löytöjä ei ollut yhtään. (Afshar-Oromieh, Avtzi, Giesel, Holland-Letz, Linhart, Eder, Eisenhut, Boxler, Hadaschik, Kratochwil, Weichert, Kopka, Debus, Haberkorn 2015, 198, 205, 206; Weber ym. 2015, 4930.)



KUVA 2. Ga-68-HBED-CC:n rakenne. Sinisellä merkitty rakenne kiinnittyy PSMA:han. (Weber ym. 2015, 4930.)

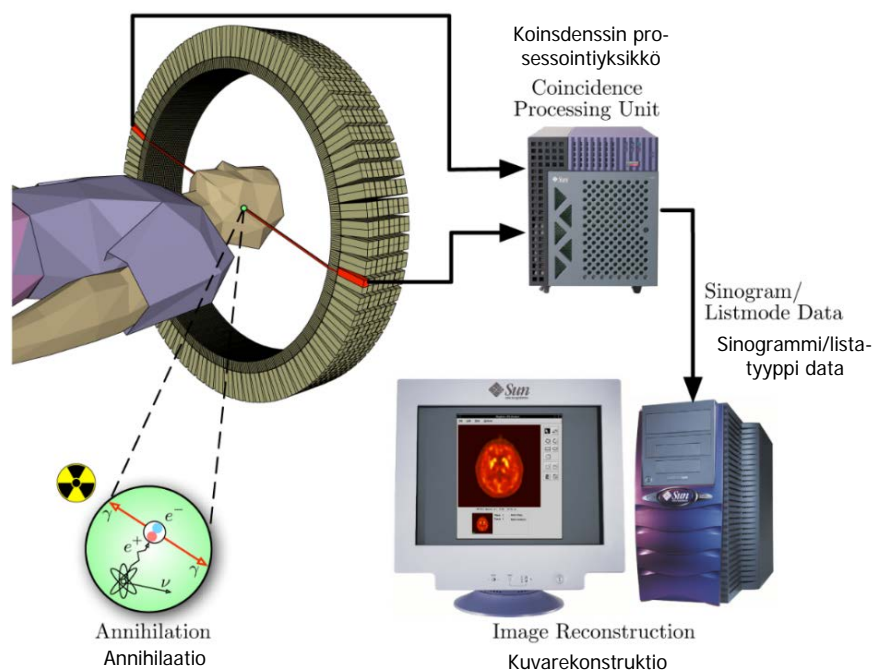
Kuopion yliopistollisessa sairaalassa happi-15:tä aiotaan käyttää sydänperfuusion PET-TT-kuvauksissa radiovetenä (Hakulinen ja Mali 2016). Happi-15:tä käytetään kuvantamisessa osana vesimolekyyliä, koska sen valmistaminen on nopeaa ja se on kehossa luontaisesti esiintyvä ja helposti diffusoituva yhdiste (Hakulinen ja Mali 2016; Knaapen, de Haan, Hoekstra, Halbmeijer, Appelman, Groothuis, Comans, Meijerink, Lammertsma, Lubberink, Götte ja van Rossum 2010, 91). Radioveden etuja verrattuna Tc-99m-sestamibilla tehtävään gammakuvaukseen ovat potilaan pienempi säderasitus, parempi avaruudellinen resoluutio sekä nopeampi kuvausprotokolla (Knaapen ym. 2010, 91).

3 RADIONUKLIDIT JA RADIOLÄÄKKEET POSITRONIEMISSIOTOMOGRAFIA- JA TIETOKONETOMOGRAFIAKUVAUKSESSA

Radionuklideista valmistetaan leimaamalla PET- ja PET-TT-tutkimuksissa käytettäviä radiolääkkeitä. Radiolääke valitaan aina tutkimuskohteen ja menetelmän mukaan ja sitä voidaan hyödyntää joko pelkästään PET-kuvauksessa tai tarvittaessa PET-TT-hybridikuvauksessa. Tutkimuksessa potilaalle annettu radiolääke kertyy kohde-elimeen, minkä avulla voidaan selvittää kudosten ja elinten toimintaa sekä anatomiaa. Kuvauksessa radiolääkkeestä lähtevä säteily mitataan kuvauslaitteella ja siitä muodostetaan tietokoneelle kolmiulotteinen kuva. (Jurvelin 2005b, 50; Ruotsalainen 2003, 49; Velikyan 2014, 47.)

3.1 Positroniemissiotomografiakuvaus

PET eli positroniemissiotomografia on aineenvaihdunnallinen kuvaus, jota käytetään kudosten metabolian kuvantamiseen. PET-tutkimus auttaa selvittämään, kuinka kudokset ja elimet toimivat. PET-tutkimuksessa potilaalle annetaan positronihajoavia radionuklideja laskimoon tai keuhkojen kautta, minkä jälkeen vartaloa kuvataan PET-kuvauslaitteella. Tutkimuksessa radiolääke kerääntyy elimistössä paikkoihin, joissa on vilkas sokeriaineenvaihdunta. Kuvauksen aikana potilaasta lähtevä säteily kerätään PET-kuvauslaitteella ja tietokoneella muodostetaan kolmiulotteinen kuva radioaktiivisen aineen jakaantumisesta elimistössä. (Jurvelin 2005b, 50; Ruotsalainen 2003, 49; Velikyan 2014, 47.) Positroniemissiotomografiassa kuvanmuodostus siis perustuu positronihajoamisen seurauksena syntyvien annihilaatiogammakvanttien yhtäaikaiseen mittaamiseen potilaan ympärillä sijaitsevilla tuikeilmalämpimillä, jotka ovat renkaan muodossa (Ruotsalainen 2003, 49, 50). Kuvassa 3 on esitetty positroniemissiotomografialaitteiston toimintaperiaate.



KUVA 3. Positroniemissiotomografialaitteen toimintaperiaate (Maus 2003).

Perusrajoituksen kuvantarkkuudelle PET-kuvauksessa asettaa positronin kulkema matka kudoksessa ennen annihilaation tapahtumista. Tämä vaihtelee merkkiaineesta riippuen millimetrinä jopa viiteen millimetriin. Annihilaatiossa syntyvät vastakkaisiin suuntiin kulkevat annihilaatiogammakvantit havaitaan detektoreilla. PET-kuvauksessa ei tarvita kollimaattoria, koska gammakvanttien samanaikainen havaitseminen määrittää suoran, jolla annihilaatio tapahtui. Säteilyä mittaavat detektorit ovat renkaassa (koinvidenssiyksikkö) potilaan ympärillä. Yksinkertaisimmillaan detektoriyksikkö lähettää tietokoneelle tiedon havaitusta energiasta ja havaintoajasta. Tietokone etsii havainnoista ne, jotka ovat tapahtuneet koinvidenssiipiirin vastakkaisilla puolilla samaan aikaan, ja hyväksyy nämä säteilykvantit kuvaan. Havaitut annihilaatiogammakvantit, jotka hyväksytään kuvaan, tallennetaan sinogrammitaulukoihin. Sinogrammitaulukot kuvaavat eri suunnista mitatun säteilyn intensiteettijakaumaa. Näistä sinogrammitaulukoista voidaan rekonstruoida matemaattisilla menetelmillä ihmiselle ymmärrettävä kuva, jota voidaan tarkastella tietokoneen näytöltä. (Ruotsalainen 2003, 49, 50; Knaapen ym. 2010, 91.)

Kaksiulotteisessa kuvantamisessa sinogrammitaulukoita on yhtä monta kuin detektorirenkaita. Kolmiulotteisessa kuvausmoodissa taulukoita on paljon enemmän, sillä myös eri renkaihin osuvat gammakvanttiparit hyväksytään kuvaan. Kolmiulotteinen kuvantaminen sisältää paljon enemmän mahdollisia kulmia ja mittaustietoa kuin kaksiulotteinen kuvaus. Kolmiulotteinen kuvaus vaatii tietokoneelta paljon enemmän tehoa, mutta se on kaksiulotteista kuvantamista viisinkertaisesti herkempi, koska useammilla fotoneilla on mahdollisuus tulla havaituksi. (Ruotsalainen 2003, 51; Knaapen ym. 2010, 91.)

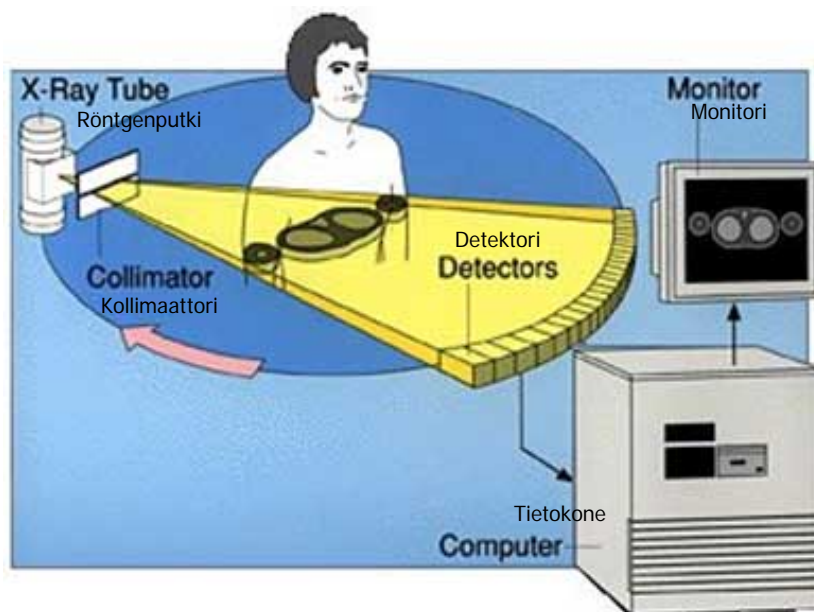
Kuten muitakin kuvauslaitteistojen suorituskykyä arvioitaessa, PET-tutkimuslaitteessa on tärkeää resoluutio ja herkkyys. Näiden lisäksi PET-laitteella täytyy olla kyky rekisteröidä suuria radioaktiivisuuspitoisuuksia, koska positronihajoavien merkkiaineiden puoliintumisaika on lyhyt. Esimerkiksi sydämen perfuusiomittauksessa käytettävä happi-15-vesibolus näkyy hetkellisesti erittäin suurena radioaktiivisuuskonsentraationa. (Ruotsalainen 2003, 50; Knaapen ym. 2010, 91.)

3.2 Tietokonetomografiakuvaus

TT eli tietokonetomografiakuvaus on röntgenkuvausta, jolla saadaan tomografisia leikekuvia. Tietokonetomografiakuvaus kuvanmuodostus perustuu kolmivaiheiseen prosessiin, johon kuuluu skannausvaihe, rekonstruktiovaihe sekä visualisointivaihe. Skannausvaiheessa kerätään raakadata, joka koostuu sadoista eri suunnista otetuista projektiokuvista. Tämän jälkeen rekonstruktiovaiheessa projektiokuvista lasketaan tietokoneella digitaalinen kuvamatriisi, joka esitetään visualisointivaiheessa tietokoneen näytöllä kuvana. (Jauhiainen 2003, 39–43; Woodward ja Chapman 2014, 697.)

Tietokonetomografiakuvaus röntgenputki ja detektori pyörivät potilaan ympärillä ja potilasta säteilytetään useasta eri suunnasta. Röntgenputkelta lähtevät säteet kollimoidaan eli rajataan viuhkanmuotoiseksi keilaksi ja säteilyn vaimenemista mitataan lukuisilla detektorielementeillä kuvattavan kohteen vastakkaiselta puolelta. Detektorit ovat puolijohdeilmatisimia, joiden antama signaali on verrannollinen kohteen läpi menneen säteilyn intensiteettiin. Kun useat erisuuntaiset projektiokuvat summataan, saadaan yksi leike. Saatua leikepaksuus määräytyy käytettyjen detektorielementtien mukaan eli mitä useampi elementti, sitä ohuempi leike on mahdollista raakadastaa purkaa. Rekonstruktiovaiheessa eri suunnista kuvatuista projektiokuvista lasketaan suodatetun takaisinprojektion avulla itse kuva. Tuloksena

saadaan digitaalinen kuvamatriisi, jossa jokaiseen kuva-alkioon eli pikseliin liittyy digitaalinen harmaasävyarvo. TT-kuvissa käytetään 12-bittistä harmaasävyjärjestelmää. Saadun kuvamatriisin soluissa on siis summautunut tieto erisuuntaisten projektioiden absorptiosta, joista voidaan muodostaa TT-luku. TT-luku lasketaan jokaiselle kudoksen vokselille röntgensäteilyn lineaarisen vaimenemiskertoimen avulla. (Jauhainen 2003, 39–43; Woodward ja Chapman 2014, 698–700.) Kuvassa 4 on esitetty tietokonetomografiakuvauksen toimintaperiaate.



KUVA 4. Tietokonetomografiakuvauksen toimintaperiaate. (Indiana University Bloomington, s.a.).

3.3 Hybridikuvaus

PET-TT on kuvausta, jossa yhdistetään kaksi erilaista kuvausmenetelmää, aineenvaihdunnallinen kuvaus (PET) ja anatominen kuvaus (TT). PET-TT:ssä PET-kuvan fysiologinen informaatio yhdistetään tietokonetomografialla saatuun anatomiseen kuvaan. Näin saadaan aikaan hybridikuva, jossa aineenvaihdunnan aktiiviset kohdat voidaan paikantaa anatomisesti. (Ruotsalainen 2003, 54; Abella, Alessio, Mankoff, MacDonald, Vaquero, Desco ja Kinahan 2012, 2478; Knaapen ym. 2010, 91.)

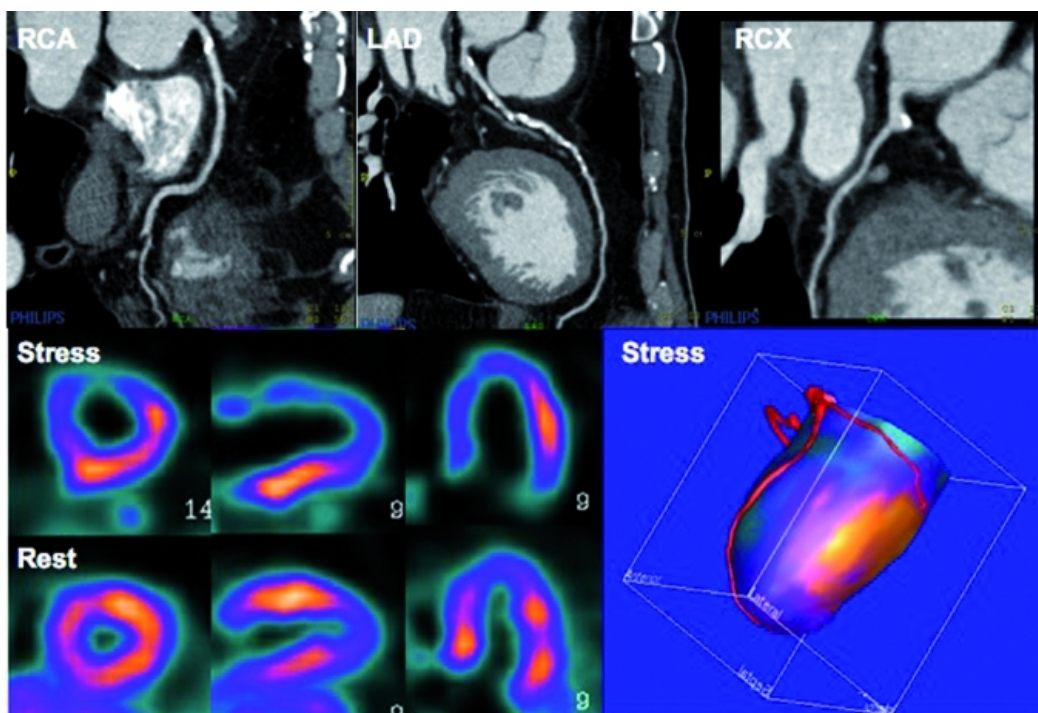
PET-TT-hybridikuvaus parantaa selvästi kuvasta saatavaa diagnostista tietoa verrattuna pelkkään PET-kuvaan. Lisäksi TT-kuvauksen yhteydessä saadaan tietoa kehon eri kohtien säteilyvaimennusominaisuuksista vertaamalla röntgenputkesta lähteneen säteilyn intensiteettiä detektorille saapuvan säteilyn intensiteettiin. Tätä tietoa voidaan käyttää hyväksi määrittäessä PET-kuvan vaimennuskorjauksia, joilla korjataan kehon eri kudosten tiheydestä johtuvia vääristymiä PET-kuvassa. (Ruotsalainen 2003, 54; Abella ym. 2012, 2478.) Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronilla tuotetuilla radionuklideilla tehtäviä uusia PET-TT-kuvauksia ovat neuroendokriinisten tuumoreiden, eturauhassyövän ja sydänperfuusion kuvantaminen (Hakulinen ja Mali 2016).

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa Ga-68-DOTANOC:ia tullaan käyttämään neuroendokriinisten tuumoreiden PET-TT-kuvantamisessa (Hakulinen ja Mali 2016; Mali 2016). Ga-68-DOTANOC:illa tehdyssä PET-TT-kuvauksessa pystytään havaitsemaan ja paikallistamaan tarkasti neuroendokriiniset tuumorit ja

niiden metastaasit, minkä avulla voidaan määrittää sairauden vaihe sekä seurata taudin tilannetta. (Maxwell ja Howe 2015, 161.) Aiemmin neuroendokriinisiä tuumoreita on kuvattu gammakameralla käyttäen In-111-DTPA-oktreotidia. Menetelmän heikkoutena on kuitenkin ollut huono herkkyys. Muina neuroendokriinisten tuumoreiden kuvantamismenetelminä on käytetty tietokonetomografiaa ja magneettikuvausta. Ne eivät kuitenkaan ole riittävän tarkkoja pienten kasvainten kuvantamiseen, eivätkä ne pysty kertomaan mitään kasvaimen aineenvaihdunnallisesta aktiivisuudesta. (Loimaala, Mäenpää, Lipponen, Schildt, Kämäräinen, Karhumäki ja Ahonen 2014, 1931, 1932.) Nykyisin yhdistämällä Ga-68-DOTANOC:n avulla saatu PET-kuva TT-kuvaan saadaan hyvä yhdistelmäkuva kasvainten sijainnista ja metaboliasta (Maxwell ja Howe 2015, 161).

Ga-68-HBED-CC-radiolääkettä tullaan käyttämään Kuopion yliopistollisessa sairaalassa eturauhassyövän PET-TT-kuvantamiseen (Hakulinen ja Mali 2016; Mali 2016). Uusiutuneen eturauhassyövän diagnosoinnissa avainasemassa on taudin varhainen havaitseminen. Mikäli kasvain on sellaisessa kohdassa, josta se voidaan leikata tai siihen voidaan kohdistaa sädehoitoa, tautia voidaan hoitaa kuratiivisesti. Tämä edellyttää diagnostista kuvantamismenetelmää, joka on sekä herkkä ja spesifinen. Aiemmin eturauhassyövän tunnistaminen on perustunut syöpäsolujen kasvun energiametaboliaan, luusolujen metaboliaan etäpesäkkeissä tai kasvaneeseen solukalvomuodostumiseen. (Afshar-Oromieh ym. 2015, 198, 205, 206; Weber, Haberkorn ja Mier 2015, 4930; Mali 2016.) Käyttämällä Ga-68-HBED-CC:tä radiolääkkeenä PET-TT-kuvauksessa eturauhassyövän koko ja sijainti pystytään määrittämään hyvin herkästi ja spesifisesti, mistä on apua potilaan hoidon suunnittelussa ja hoitomenetelmien valinnassa (Afshar-Oromieh ym. 2015, 198, 205, 206; Weber ym. 2015, 4930).

Kuopion yliopistollisessa sairaalassa happi-15:tä tullaan käyttämään sydänperfuusion PET-TT-kuvauksissa radiovetenä ($[O-15]H_2O$) (Hakulinen ja Mali 2016). Sydänperfuusiotutkimuksessa selvitetään sydänlihaksen eri alueiden hemodynaamisia ja toiminnallisia ominaisuuksia. Yleensä tutkimus tehdään levossa sekä rasituksessa (KUVA 5). Sydänlihaksen ja sepelvaltimoiden toimiessa normaalisti veri ja sen mukana kuvantamiseen käytettävä radiovesi jakautuu tasaisesti koko sydänlihaksen alueelle. Jos sydänlihaksen jokin alue on sairas tai sepelvaltimot ovat ahtautuneet, radiovesi ei jakaudu tasaisesti. Sydänperfuusiotutkimusta käytetään yleisesti sepelvaltimotaudin diagnosointiin ja taudin seurantaan. (Sinisalo ja Virtanen 2005, 62.)



KUVA 5. Sydänperfuusiotutkimus radiovedellä levossa ja rasituksessa. (Knaapen ym. 2010, 96.)

3.4 Säteilysuojelu PET-TT-kuvauksessa

Säteilysuojelun tavoitteena on ennaltaehkäistä säteilyn terveyshaittojen syntyminen sekä varmistaa, että säteilyä käytetään turvallisesti. Säteilysuojelulla siis tarkoitetaan kaikkia niitä toimia ja sääntöjä, joiden avulla ehkäistään ja estetään ionisoivan säteilyn aiheuttamien terveyshaittojen syntyminen. (STUK 2015d.) Säteilysuojelun periaatteet perustuvat kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP; International Commission on Radiological Protection) suosituksiin. Määrättyjen annosrajojen ja säteilysuojelun periaatteiden avulla säteilyn aiheuttamat varhais- ja pitkäaikaishaitat pyritään torjumaan ja minimoimaan. Säteilyn varhaishaitat ovat aina deterministisiä. Pitkäaikaishaitat voivat olla joko deterministisiä tai stokastisia. Lääketieteellisissä toimenpiteissä varhaishaittoja syntyy todennäköisimmin sädehoidon yhteydessä. Tällaisia haittoja voivat olla esimerkiksi nopeasti uusiutuvien solujen kuten ihon ja limakalvojen vauriot. Pitkäaikaishaitat kuten syöpä ja perinnölliset häiriöt voivat olla seurausta sekä kuvantamisesta että sädehoidosta. Pitkäaikaishaitat pyritään rajoittamaan mahdollisimman vähäiseksi pitämällä säteilyaltistus niin alhaisena kuin käytännön toimin on mahdollista. (STUK 2015d.)

Säteilyn aiheuttamat haitat ovat joko deterministisiä tai stokastisia. PET- tutkimuksissa haitat ovat stokastisia. Suuret säteilyannokset aiheuttavat sekä deterministisiä että stokastisia vaikutuksia. Deterministiset eli suorat haitat ovat varmoja haittavaikutuksia, jotka johtuvat laajasta solutuhosta. Deterministiset haitat ovat seurausta suuresta äkillisestä kerta-annoksesta esim. onnettomuuksien tai sädehoidon yhteydessä. Deterministisiä haittoja ovat esim. säteily sairaus, joka aiheuttaa luuydin- ja suolistovaurioita, säteilyn aiheuttama palovamma, sädepneumoniitti, harmaakaihi ja sikiövaurio. Determinististen vaikutusten vakavuus lisääntyy säteilyannoksen suurentuessa. Deterministisissä haitoissa annosnopeudella on ratkaiseva vaikutus sekä kynnyksarvoon että haitta-asteeseen, eli jos iso säteilyannos saadaan pitkän ajan kuluessa, kynnyksarvo haitan kehittymiselle on suurempi ja haitta jää pienemmäksi. Deterministisissä haittavaikutuksissa yksilön suojaaminen on ehdottoman tärkeää. (STUK 2015b.)

Stokastiset eli satunnaiset haitat taas ovat tilastollisia haittavaikutuksia, jotka johtuvat satunnaisesta geneettisestä muutoksesta yhdessä solussa. Stokastiset vaikutukset siis perustuvat säteilyn aiheuttamiin satunnaisiin vaurioihin DNA:ssa (DNA eli deoksiribonukleiinihappo), jotka voivat korjaamattomina johtaa geneettisiin vaikutuksiin (sukusolujen mutaatiot) ja mahdollisesti syöpään (somaattisten solujen mutaatiot). Stokastiset vaikutuksia voi syntyä miten pienestä säteilyannoksessa tahansa, sillä niillä ei ole kynnyksiarvoa. Stokastisten haittojen aste ei riipu saadusta säteilyannoksesta, mutta haitan todennäköisyys kasvaa annoksen kasvaessa. Yksilöllä säteilyn aiheuttaman stokastisen terveysvaikutuksen todennäköisyys on kuitenkin suhteellisen pieni jopa melko suurenkin annoksen jälkeen. Sen sijaan väestötasolla kokonaishaitta voi olla huomattava, jos iso väestön osa altistuu säteilylle. Stokastisten vaikutusten osalta säteilysuojelussa huomioidaan kokonaisia väestöryhmiä. (STUK 2015b.)

Säteilyn käytölle on kolme peruseriaatetta, jotka sen on täytettävä ollakseen hyväksyttävää. Nämä periaatteet ovat oikeutus, optimointi ja yksilönsuoja. Oikeutusperiaatteen mukaan toiminnalla saatavan hyödyn on oltava aina suurempi kuin siitä aiheutuva haitta. Optimoinnin keinojen avulla varmistetaan, että toiminnasta koitua terveydelle haitallinen säteilyaltistus pidetään aina niin alhaisena kuin käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Yksilönsuojaperiaate taas tarkoittaa sitä, että työntekijät, väestö ja sikiö suojataan säteilyltä eikä heihin kohdistuva säteilyaltistus saa ylittää vahvistettuja enimmäisarvoja. (STUK 2015c.)

Myös PET-tutkimuksessa säteilynsuojelu perustuu näihin kolmeen periaatteeseen. Koska PET-tutkimuksesta saatava säteilyannos on merkittävä (tyypillisesti enemmän kuin vuoden taustasäteilyannos eli 3,2 mSv (STUK 2016).), täytyy tutkimuksesta saatavan diagnostisen hyödyn olla riittävän suuri suhteessa sädeannokseen. PET-tutkimuksen oikeutuksen arvioi aina lähettävä lääkäri, isotooppilääketieteen erikoislääkäri tai radiologi. Myös röntgenhoitaja osallistuu oikeutuksen arviointiin. Ennen tutkimusta röntgenhoitajan täytyy varmistaa, että potilaan läheteessä on riittävät tiedot tutkimusindikaatiosta sekä potilaasta. Mikäli röntgenhoitaja havaitsee läheteessä puutteita tai oikeutukseen liittyviä epäselviä kohtia, hänen tulee ilmoittaa asiasta lähettävälle lääkärille tai radiologille. (Nikupaavo 2012.)

PET-tutkimuksessa käytettävien optimoinnin keinojen avulla vältetään potilaan tarpeeton säteilyaltistus. Ennen tutkimusta varmistetaan aina potilaan henkilöllisyys sekä kysytään, onko hän noudattanut saamia valmistautumisohjeita. Lisäksi röntgenhoitaja tutustuu potilaan tietoihin ja kuvausohjeisiin sekä annostelee käytettävän radiolääkkeen. Oikea radiolääke annostellaan huolellisesti ja valvotusti. Lisäksi annostelussa huomioidaan potilaan yksilöllinen ikä ja paino. Potilas asetellaan oikeanlaiseen kuvausasentoon ja radiolääke injisoidaan oikeaan paikkaan. Ennen kuvauksen aloitusta tarkistetaan vielä kuvausohjelma ja -arvot. On tärkeää, että kuvaus saadaan toteutettua oikein sekä diagnoosin tekemisen kannalta riittävän hyvin ensimmäisellä kerralla, jolloin potilas välttyy kuvauksen uusimisen aiheuttamalta turhalta säteilyannokselta. Tutkimuksen jälkeen kuvaustiedot, potilaalle annetun radiolääkeannoksen aktiivisuus sekä injektointiaika täytyy dokumentoida selkeästi potilastietoihin. Dokumentissa tulee olla tekijän kuittaus, ja lisäksi potilaalle on annettava kirjallinen potilasohje mukaan. (Vrigneaud, Prevot, Meadows ja Hogg 2010, 17–21.)

Yksilönsuojaan kuuluu työntekijän, sikiön ja muun väestön suojele. Työntekijän säteilyaltistukseen vaikuttavia tekijöitä ovat aika ja etäisyys, eli työntekijän tulee työskennellä nopeasti radiolääkkeiden kanssa sekä pitää mahdollisimman paljon etäisyyttä potilaaseen radiolääkkeen annon jälkeen. Jos työntekijän on työskenneltävä potilaan lähellä, aika on pidettävä mahdollisimman lyhyenä. Ennen tutkimusta hedelmällisessä iässä olevilta naisilta poissuljetaan raskauden sekä imetyksen mahdollisuus. Väestöä suojataan rakenteellisen säteilysuojelun avulla, eli kuvaushuoneen seinät ovat säteilyä läpäisemättömiä materiaalia. (Vrigneaud, Prevot, Meadows ja Hogg 2010, 22–28.)

4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET, TUOTOS JA TAUSTAKYSYMYKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Kuopion yliopistollisen sairaalan Kuvantamiskeskuksen Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön asiantuntijoille tehtävien haastattelujen avulla, mitä uusia radionuklideja ja PET-TT-tutkimusmahdollisuuksia uudella syklotronilla tuotetut radionuklidit tuovat PET-TT-tutkimuksiin Kuvantamiskeskuksessa. Haastattelujen ja kirjallisuuskatsauksen perusteella laadittiin PET-TT-tutkimuksissa käyttöön otetuista uusista radionuklideista ja niiden käyttömahdollisuuksista röntgenhoitajaopiskelijoille sekä muille alasta ja koulutuksesta kiinnostuneille asiantuntijatietoon perustuva posterit, jota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää myös opetuksessa. Posterin ja opinnäytetyön tavoitteena on lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden sekä muiden terveydenhuollon ammattilaisten tietämystä syklotronilla tuotetuista radionuklideista ja niiden tuomista mahdollisuuksista PET-TT-kuvantamiseen.

Opinnäytetyötä ohjaavat taustakysymykset:

1. Mitä mahdollisuuksia uudet syklotronilla tuotetut radionuklidit tuovat PET-TT-kuvantamiseen Kuopion yliopistollisessa sairaalassa?
2. Miten tuotetaan ammatillinen teoretietoon pohjautuva posterit röntgenhoitajaopiskelijoille?
3. Mitkä ovat ne tärkeimmät ja keskeisimmät asiat, jotka sisällytetään ammatilliseen posteriin?

5 TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

5.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Opinnäytetyö on kehittämistyö. Kehittämistyö on toiminnallinen työ, jonka tuotoksena on jokin konkreettinen asia, esimerkiksi tapahtuma, ohje tai opas. Kehittämistyö muodostuu yleensä kahdesta osasta: kehitettävästä tuotteesta ja prosessia kuvailevasta kirjallisesta raportista. Kehittämistyön tarkoituksena on toimia ammatillisessa käytännön toiminnassa ohjeistajana, opastajana, toiminnan järjestäjänä sekä järjeistäjänä. (Vilka ja Airaksinen 2003, 9.) Tässä opinnäytetyössä tuotettiin röntgenhoitajaopiskelijoille sekä muille alasta ja koulutuksesta kiinnostuneille asiantuntijatietoon perustuva posterisyklotronilla tuotettujen uusien radionuklidien mahdollisuuksista PET-TT-kuvantamiseen.

Opinnäytetyö toteutettiin projektityönä yhteistyössä Kuopion yliopistollisen sairaalan Kuvantamiskeskuksen Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön ja Savonia-ammattikorkeakoulun Terveysala Kuopion yksikön Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelman kanssa. Projektiksi kutsutaan tavoitteellista tietyllä aikavälillä tapahtuvaa prosessia. Projektityyppinen opinnäytetyö sisältää työsuunnitelman sekä loppuraportin, johon tulee kuvaus työskentelyn vaiheista, laadusta, tiedon hankinnasta sekä sen käsittelytavoista ja arvioinnista. Jotta projekti onnistuu, työnkulkua ja toteutusta on tärkeää suunnitella, valvoa, seurata sekä arvioida koko projektin ajan. Projektityömallin mukaisesti opinnäytetyön toteutus sisältää viisi päävaihetta: tarpeen tunnistaminen ja määrittely, työsuunnitelman tekeminen, käytännön toteutus sekä valmis tuotos ja sen arviointi. Opinnäytetyöhön kuuluu loppuraportti, ja se toteutetaan etukäteen laaditun työsuunnitelman mukaisesti. (Vilka ja Airaksinen 2003, 49.)

On olemassa tieteellisiä ja ammatillisia postereita. Tieteellisessä posterissa kerätään tietoa tutkimuksesta ja sen tuloksista tiiviiseen muotoon. Ammatillisella posterilla voidaan kuvata esim. jonkin ryhmän toimintaa tai projektia, ja se on muodoltaan tieteellistä posteria huomattavasti vapaampi. (Perttilä 2007.) Tämän projektin posterin on ammatillinen, ja sen teoreettisena viitekehysnä käytettiin KYS:n asiantuntijoiden haastattelussa esiin nousutta tietoa ja asiantuntijatietoon perustuvaa kirjallisuutta. Opinnäytetyön ja posterin toteutus tapahtui projektityön suunnitelman mukaisesti, ja siihen saatiin palautetta ohjaavalta opettajalta, KYS:n isotooppilääketieteen yksikön fyysikolta, työn opponentilta, röntgenhoitajaopiskelijoilta sekä muilta opettajilta.

Kuopion yliopistollinen sairaala eli KYS on yksi Suomen viidestä yliopistosairaalaista. KYS antaa hoitoa kaikilla lääketieteen erikoisaloilla, tekee kansainvälistä tutkimustyötä ja on lisäksi Suomen suurimpia terveydenhuoltoalan opetussairaaloita. (PSSHP 2015a.) Kuopion yliopistollisessa sairaalassa on Kuvantamiskeskus, jossa tehdään lääkärin läheteellä tuleville potilaille diagnostisia tutkimuksia sekä kuvantamishjattuja hoitotoimenpiteitä. (PSSHP 2015b). Kuvantamiskeskukseen kuuluva Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikkö tutkii ja mittaa elimistön toimintoja ja niiden häiriöitä erilaisten mittausten avulla. Lisäksi siellä tutkitaan mm. luustoa, aivojen verenkiertoa ja hermovälittäjätoimintaa sekä sydämen verenkiertoa. (PSSHP 2015c.)

5.2 Tarpeen tunnistaminen ja määrittely

Tarve projektin toteutukseen tulee aina asiakkaan tilauksesta, ja asiakas on yleensä myös projektin omistaja. Projektin taustalla on omistajan tunnistama tarve, joka toteutetaan projektin avulla omistajan asettamien tavoitteiden mukaisesti. (Kettunen 2009, 49, 50.) Projektin omistajan johdolla tehdään määrittely, jonka avulla selvitetään, mitä projektin lopputulokseksi halutaan ja miten projekti toteutetaan. Määrittelyn myötä lopputuloksesta saadaan haluttujen tavoitteiden mukainen. Määrittelyvaiheessa pohditaan lisäksi erilaisia toimintamalleja ja sitä, kuka projektin toteuttaa. (Kettunen 2009, 51, 52.) Projektin etenemisestä ja toteutuksesta raportoidaan omistajalle sekä lopullinen projektin tulos luovutetaan omistajalle (Kettunen 2009, 49, 50).

Tarve opinnäytetyöhön muodostui, kun työntekijät mieltivät syksyllä 2015 mahdollista opinnäytetyöaihetta. Työntekijät olivat kuulleet, että Kuopion yliopistolliseen sairaalaan ollaan laajennuksen yhteydessä hankkimassa syklotronilaitteistoa Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikköön. Työntekijöistä vaikutti hyvältä ajatukselta selvittää opinnäytetyössä, mitä uusia mahdollisuuksia syklotroni tuo kuvantamiseen. Myös työtä ohjaavan opettajan mielestä tämä oli mielenkiintoinen ja hyvä aihe opinnäytetyöhön. Ennen varsinaisen opinnäytetyöprosessin aloitusta neuvoteltiin vielä ohjaavan opettajan kanssa teoreettisesta viitekehystä ja menetelmästä, jolloin opinnäytetyön lopullinen rakenne ja toteutustapa muodostuivat. Opinnäytetyö oli myös ajankohtainen ja hyödyllinen, sillä syklotronin tuomista muutoksista Kuopion yliopistollisen sairaalan kuvantamiseen ei ole olemassa ennestään tutkimustietoa. Lisäksi opinnäytetyön tarpeen muodosti se, että röntgenhoitajaopiskelijoille ei ollut aiemmin tehty posterimallista oppimateriaalia kyseisestä aiheesta.

5.3 Opinnäytetyön suunnittelu

Opinnäytetyön ensimmäinen vaihe oli työsuunnitelman tekeminen. Suunnitteluvaiheessa syvennyttiin tarkemmin projektin tavoitteisiin ja lopputulokseen sekä pohdittiin, mihin suurin osa projektin resursseista käytetään ja kuinka projektille asetettuihin tavoitteisiin tullaan pääsemään. Projektisuunnitelmaan merkittiin projektin tavoitteet, resurssit, budjetti, aikataulu sekä mahdolliset riskit ja rajoitteet. (Kettunen 2009, 54, 55, 92, 100.) Koska projektin toteutus perustuu kokonaan suunnitelmaan, pyritään hyvällä työsuunnitelmalla luomaan pohja koko projektille (Kettunen 2009, 54, 55, 92, 100).

Projektin toteutuksessa on aina omat riskinsä, jotka on tärkeää tunnistaa jo suunnitteluvaiheessa, jotta niihin osataan varautua oikein. Projektiin liittyviä riskejä voidaan kartoittaa suunnitelmassa SWOT-analyysin avulla. SWOT tulee englannin kielen sanoista Strengths (vahvuudet), Weaknesses (heikkoudet), Opportunities (mahdollisuudet) ja Threats (uhat). SWOT-analyysi on hyvä väline analysoida projektin suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia sekä uhkia. SWOT-analyysissä edellä mainitut tekijät kootaan neljän laatikon taulukkoon, jossa vahvuudet ja heikkoudet ovat sisäisiä tekijöitä, kun taas mahdollisuudet ja uhat ovat ulkoisia tekijöitä. (Opetushallitus 2014.)

Opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa laadittiin SWOT-analyysi, jonka avulla arvioitiin opinnäytetyön toteutukseen liittyviä riskejä. Tekijöiden vahvuuksia olivat vahva motivaatio saada työ valmiiksi, kiinnostus aihetta kohtaan sekä hyvä perehtyminen aiheeseen ja opinnäytetyön toteutukseen. Opinnäytetyön

suunnitteluvaiheessa aiheeseen tutustuttiin huolellisesti asiantuntijatietoon perustuvan kirjallisuuden sekä erilaisten artikkelien ja internetlähteiden avulla. Lisäksi suunnitteluvaiheessa mietittiin tarkasti, mistä ja miten opinnäytetyön teoriaosaan sisältyvä tieto saadaan kerättyä ja millä aikataululla työ tulee etenemään. Heikkoutena opinnäytetyön teossa nähtiin posterin laatiminen, sillä työn tekijöillä ei ollut aiempaa kokemusta posterin suunnittelusta ja toteutuksesta. Toisena heikkoutena oli pelko motivaation loppumisesta. Opinnäytetyön mahdollisuutena oli luoda röntgenhoitajaopiskelijoille sekä muille alasta ja koulutuksesta kiinnostuneille hyödyllinen posterit, jonka tietoa voidaan käyttää opetuksessa. Opinnäytetyö antoi lisäksi tekijöille kokemusta projektityöskentelystä sekä posterin teosta. Uhkatekijänä työlle oli aikataulun pettäminen. Taulukko SWOT-analyysistä löytyy liitteestä 1.

Opinnäytetyössä käytettiin aineistonkeruutapana kuvailevaa kirjallisuuskatsausta ja asiantuntijahaastattelua. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineistojen valintaa eivät rajaa tiukat metodiset säännöt, mutta tutkittavaa ilmiötä kyetään silti käsittelemään laaja-alaisesti. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa pyritään lopputulokseen, joka on yhtä aikaa helppolukuinen ja laaja-alainen. (Salminen 2011, 6, 7.) Kirjallisuuskatsaus on syventymistä tieteellisiin julkaisuihin, joiden avulla pyritään etsimään vastausta tutkimuskysymykseen. Kirjallisuuskatsausta suoritettaessa tieteellinen tieto kerätään toistettavissa olevalla ja dokumentoidulla hakuprosessilla. Kirjallisuuskatsauksessa löytyneitä tietolähteitä karsitaan etukäteen määriteltyjen ehtojen mukaan ja niistä valitaan opinnäytetyön kannalta oleellimmat ja tarpeellimmat julkaisut. (Salanterä ja Hupli 2003, 24–27.)

Suunnitteluvaiheessa luotiin teoreettinen viitekehys, johon posterin sisältö perustuu. Aineisto kerättiin kirjallisuuskatsauksen avulla. Ennen kirjallisuuskatsausta määriteltiin opinnäytetyön tarkoitus ja tavoite, joiden perusteella tietoa lähdettiin etsimään eri tietokannoista. Lisäksi kirjallisuuskatsauksessa käytettiin hakusanoina suunnitteluvaiheessa ohjaajan palautteesta poimittuja tarkentavia kysymyksiä. Kirjallisuuskatsauksen avulla kaikki opinnäytetyön kannalta oleellinen tieto kerättiin ja koottiin yhteen. Lisäksi opinnäytetyön teoreettisen viitekehysten toteutuksessa hyödynnettiin Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikon ja kemistin haastattelun pohjalta saatua tietoa.

Teoreettisen viitekehysten luomiseen käytettiin Savonia-ammattikorkeakoulun Aapeli-verkkoportin kautta löytyviä tietokantoja. Aapelin kautta haettiin asiantuntijatietoon perustuvaa kirjallisuutta Savonia-ammattikorkeakoulun sekä Itä-Suomen yliopiston kirjastoista. Tiedonhankinnassa hyödynnettiin myös Google Scholar -ohjelmaa ja PubMed-tietokantaa etsittäessä ulkomaisia lähteitä. Hakusanoina käytettiin sanoja cyclotron, PET-CT, PET, positron emission, nuclear medicine, radionuclides ja molecular imaging, toiminnallinen opinnäytetyö, projektityö, säteilyn käyttö ja isotooppilääketiede. Työssä hyödynnettiin tieteellisistä tietokannoista löytyvää tietoa, jonka avulla varmistettiin tiedon oikeellisuus ja ajankohtaisuus. Lisäksi teoreettisen viitekehysten luomiseen käytettiin Kuopion yliopistollisen sairaalan Kvantamiskeskuksen Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön asiantuntijahaastattelua. Haastattelukysymykset on esitetty liitteessä 2.

Kirjallisuuskatsausta tehtiin syksyllä 2015 ja keväällä 2016 useiden viikkojen ajan. Tietoa etsittiin Aapeli-verkkoportin, PubMed-tietokannan sekä Google Scholar -palvelun kautta. Tuottavimmat haut suori-

tettiin hakusanoilla attenuation correction AND PET-CT sekä radiologia. Suunnitteluvaiheessa hakusanoja lisättiin ja karsittiin sen mukaan, millaista aineistoa niillä onnistuttiin löytämään. Valitut aineistot valikoituivat käyttöön, koska ne olivat luotettavia sekä sisälsivät tarvittavaa tietoa. Monissa tietokantahauissa kriteerit täyttäviä osumia oli vain yksi, jolloin valinta oli itsestään selvä. Lisäksi kirjallisuushakua täydennettiin ohjaajalta saadun palautteen ja siinä olevien tarkentavien kysymysten perusteella. Kirjallisuushakujen tulokset on esitetty taulukossa 1, jonka sarakkeissa ovat käytetyt tietokannat, hakusanat, hakutulokset ja valittujen julkaisujen määrä.

Aineiston valinnan sisäänottokriteerit perustuivat opinnäytetyön tarkoitukseen ja tavoitteeseen. Valitun tiedon soveltuvuutta arvioitiin käymällä läpi aiheeseen liittyviä julkaisuja. Opinnäytetyön ja posterin teoreettiseen viitekehykseen valittiin sellaisia julkaisuja, joiden katsottiin avaavan ja vahvistavan asiantuntijahaastattelussa saatua tietoa. Valittujen julkaisujen oli täytettävä normaalit tieteellisen julkaisun kriteerit, eli niiden täytyi olla käynyt läpi tieteellinen, alan asiantuntijoiden suorittama esitarkastus, ja niissä piti olla pohdintaa tulosten yleistettävyydestä sekä arviointia tulosten luotettavuudesta ja mahdollisista heikkouksista toteutuksessa ja raportoinnissa. (Salanterä ja Hupli 2003, 21, 22.) Lisäksi julkaisuissa olevan tiedon tuli olla sellaista, että siitä on hyötyä posterin laatimisessa. Myös tiedon ajankohaisuus korostui lähteitä valitessa, sillä jo kymmenen vuotta vanhat, sinänsä luotettavat lähteet, olivat vanhentuneita käytettyjen radionuklidien ja kuvausmenetelmän osalta. Esimerkiksi aiemmin endokriinisten tuumoreiden kuvantamiseen suositeltiin gammakuvausta ja radionuklidiksi indiumia.

TAULUKKO 1. Taulukko kirjallisuushausta.

TIETOKANTA	HAKUSANA	HAKUTULOKSET	VALITUT AINEISTOT
Aapeli	Toiminnallinen opinnäytetyö	4	1
Aapeli	Radiologia	42	1
Aapeli	Projektityö	80	1
Aapeli	Säteilyn käyttö	8	1
Aapeli	Isotooppilääketiede	10	3
PubMed	Attenuation correction AND Pet-CT	457	1
PubMed	Gallium-68 PSMA	7	2
PubMed	Oxygen-15 heart perfusion	12	1
PubMed	68ga-dota PET	58	3
PubMed	Neuroendocrine AND tumors	6644	1
PubMed	Ga 68 psma hbed-cc	8	2
Google Scholar	Ga 68 radiopharmaceutical development	16 900	1
Google Scholar	Positron emission k-40	1100	1

Google Scholar	Cardiac PET CT oxygen 15	38 000	2
Google Scholar	Cyclotron AND Radio-nuclides	21 600	1

Suunnitteluvaiheessa pohdittiin, mitkä ovat ne tärkeimmät ja keskeisimmät asiat, jotka halutaan sisällyttää posteriin. Koska posterin tila on rajallinen, siinä tulee keskittyä tuomaan esille vain kaikista oleellisimmat asiat. Sisältö tulee suunnitella kohderyhmälle ja esityspaikalle sopivaksi. (Perttilä 2007.) Posterin täytyy kiinnittää katsojan mielenkiinto, ja sen täytyy olla tasapainoinen ja selkeä. Posterissa tekstiä ei saa olla liikaa ja tekstin ja kuvien asetelu täytyy suunnitella silmää miellyttäväksi kokonaisuudeksi. Fontin pitää olla riittävän suuri ja tekstin napakkaa ja informatiivista. (Tepponen, Välimäki ja Suominen 1998, 312, 313.) Lisäksi värien valinta on tärkeä osa posteria. Väri on voimakas viestinnän keino tuoksessa; sillä voidaan erottaa, korostaa, järjestää ja osoittaa eri asioita posterista. (Perttilä 2007.) Posterin on kokoa A0.

Posterin suunnittelussa tulee käyttää piirto-ohjelmaa, joka on yleisesti tunnettu myös posterin painopainossa, jotta tulostus toimisi moitteettomasti. Aloituvaiheessa posterista täytyy tehdä erilaisia raakaversioita, joiden myötä lopullisen posterin ulkomuoto hahmottuu. Posterin suunnitteluvaiheessa on hyvä kysyä muiden ihmisten mielipiteitä raakaversiosta, sillä tekijä ei välttämättä huomaa kaikkia epäkohtia omassa työssään. Posterin tekstin tulee olla selkeää ja kuvien hyvälaatuisia, jotta posterin näyttö on hyvä lopullisessa tulostuksessa. Kun posterin on valmis, se tulee tarkistaa tarkasti esikatselun kautta, jotta mahdolliset virheet voidaan korjata. (Perttilä 2007.)

5.4 Opinnäytetyön toteutus

Kun työsuunnitelma oli hyväksytty, ryhdyttiin opinnäytetyötä toteuttamaan suunnitelman mukaisesti. Projektin toteutus alkaa aina käynnistysvaiheella, josta päätöksen antaa projektin omistaja. Ennen projektin aloitusta on oltava selvillä siitä, mitä ja miten tehdään sekä millä resursseilla opinnäytetyö toteutetaan. Projektin valmistumisen jälkeen kirjoitetaan loppuraportti, jossa käsitellään projektin toteutusta, tuotosta sekä tehdään arviointia. Lopuksi työn tulokset esitellään seminaarissa, projekti päätetään ja opinnäytetyö julkaistaan. (Kettunen 2009, 181.)

Projekti käynnistyi tammikuussa 2016, kun opinnäytetyön ohjaaja hyväksyi työsuunnitelman. Tavoitteena oli, että kirjallinen raportti ja posterin saataisiin valmiiksi sekä julkaistaisiin ja esiteltäisiin keuhkokuumeen 2016. Projektin alussa tehtiin ohjaus- ja hankkeistamissopimus sekä haettiin tutkimuslupa henkilökunnan haastattelua varten Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen fysiologian ja isotooppiäätieteen yksikön ylihoitajalta ja sairaanhoitopiirin henkilörekisterivastaavalta. Tutkimuslupa haastattelua varten saatiin tammikuussa 2016. Kun lupa-asiat olivat kunnossa, haastatteluajankohdasta sovittiin Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikon ja kemistin kanssa.

Haastattelukysymykset lähetettiin haastateltaville etukäteen, jotta he pystyivät tutustumaan kysymyksiin ennen varsinaista haastattelua. Itse haastattelun aikana toinen opinnäytetyön tekijöistä esitti kysymykset ja toinen kirjasi saatuja vastauksia ylös. Lisäksi haastattelu nauhoitettiin. Haastattelun jälkeen

nauhoitus litteroitiin eli purettiin tekstiksi käsin paperiarkeille. Tämän jälkeen käsinkirjoitetusta tekstistä laadittiin opinnäytetyössä käytettävä haastattelun tiivistelmä. Haastattelusta nostettiin induktiivisen eli aineistolähtöisen sisällönanalyysin avulla esille erilliseen taulukkoon ne asiat, jotka tulivat posteriin. (Alastalo ja Åkerman 2010, 373, 374; Hirsjärvi ja Hurme 2008, 139.) Haastattelu löytyy liitteestä 4, ja taulukko haastattelun sisällönanalyysistä löytyy liitteestä 5.

Haastattelun tyyppi oli asiantuntijahaastattelu. Asiantuntijahaastattelulla tarkoitetaan tilannetta, jossa haastateltavilta pyritään saamaan tietoa tutkittavasta ilmiöstä tai prosessista. Kiinnostuksen kohteena asiantuntijahaastattelussa ei ole asiantuntija sinänsä vaan se tieto, jota hänellä oletetaan olevan. Haastateltavien valinta perustuu heidän institutionaaliseen asemaansa tai muuhun osallisuuteen tutkimuksen kohteena olevassa prosessissa. Aineiston keruun tavoitteena on tuottaa kuvaus jostakin tapahtumakulusta tai ilmiökentästä. (Alastalo ja Åkerman 2010, 373, 374.)

Asiantuntijahaastattelun analyysin keskeisin tavoite on houkutella esiin faktoja. Faktat eivät odota löytäjänsä aineistossa, vaan ne tuotetaan yhdessä haastateltavan kanssa prosessin aikana. Asiantuntijahaastattelujen faktaluentaan pohjautuvan analyysin ytimenä on jatkuva, eri lähteiden kriittinen ristiinluenta. Analyysiprosessi alkaa tutkijan taustatyöstä ja haastattelun rungon laatimisesta haastattelutilanteeseen. Prosessi jatkuu haastattelussa, jossa kysymykset täydentyvät ja tarkentuvat saatujen vastauksien pohjalta. Tutkittavan ilmiön rakentamista jatketaan haastattelun jälkeen haastattelussa saadun tiedon vertaamisella muuhun saatavilla olevaan kirjalliseen aineistoon. Lopuksi voidaan pyytää asiantuntijoilta tarkentavia tietoja, jotka eivät käyneet haastattelussa ilmi, sekä kommentteja asiantuntijoilta laaditusta työstä. Kyse on läpi tutkimuksen kulkevasta prosessista, jossa aineiston keruu ja analyysi limittyvät keskenään. (Alastalo ja Åkerman 2010, 389, 390.)

Haastatteluun valittiin Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikko ja kemisti, koska heillä on tarkkaa ja ajantasaista ensikäden tietoa syklotronin käyttöönotosta ja siihen liittyvistä seikoista. Haastattelukysymykset laadittiin opinnäytetyön aiheen valinnan ja kirjallisuuden tutustumisen perusteella. Kysymykset valittiin niin, että ne antavat vastauksen opinnäytetyön taustakysymykseen. Haastattelun vastausten perusteella etsittiin alan kirjallisuudesta lisätietoa, joka laajensi ja vahvisti haastattelussa esiin nousutta informaatiota. Kirjallisuuden tutustuminen herätti lisäkysymyksiä, joita esitettiin asiantuntijoille sähköpostitse.

Käytetyt haastattelukysymykset olivat luonteeltaan puolistrukturoituja. Puolistrukturoidussa asiantuntijahaastattelussa kysymyksien vastauksilla ei ole ennalta annettuja vastausvaihtoehtoja, vaan asiantuntijat kertovat vapaasti tietämyksensä perusteella vastaukset. Puolistrukturoidun haastattelun tunnusmerkki on myös kesken haastattelun tehtävät tarkentavat kysymykset, jotka tässä työssä toteutettiin täydentävillä kysymyksillä sähköpostitse. (Hirsjärvi ja Hurme 2008, 47, 48; Alastalo ja Åkerman 2010, 373, 374.)

Haastattelun jälkeen nauhoitus litteroitiin eli purettiin tekstiksi käsin paperiarkeille. Litteroinnin tarkkuudesta ei ole mitään yksiselitteisiä ohjeita, vaan se riippuu tutkimustehtävästä- ja otteesta (Hirsjärvi ja Hurme 2008, 139). Tässä opinnäytetyössä keskiössä oli haastattelussa asiantuntijoilta saatu tieto, eikä

niinkään haastateltavien mielipiteet, kokemukset, puhetapa yms. Siksi litteroinnin tarkkuus ja sen koodaus ei ole niin tarkkaa kuin muunlaisissa tutkimuksissa olisi ehkä tarpeen.

Haastattelusta saadun tiedon sekä kirjallisuuskatsauksen perusteella muodostettiin posterille pohja ja sisältö. Lisäksi haastattelun jälkeen haastateltaville esitettiin tarkentavia kysymyksiä sähköpostitse. Posterin toteutuksen aikana tilaaja, opponoijat ja muut opiskelijat antoivat palautetta posterista, jonka perusteella posteria muokattiin paremmaksi. Lisäksi posterit lähetettiin suunnitteluvaiheessa Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen fyysikon arvioitavaksi. Posterit saivat lopullisen muotonsa ja valmistuivat hyväksytysti maaliskuussa 2016. Opinnäytetyön raportin kirjoittaminen aloitettiin tammikuussa 2016, ja lopullinen raportti valmistui maaliskuussa 2016.

Opinnäytetyön toteutusmuodoksi valittiin posterit, sillä se tuntui helpolta ja mukavalta tavalla välittää röntgenhoitajaopiskelijoille uutta tietoa Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronin myötä käyttöön otettavista uusista PET-TT-radionuklideista ja radiolääkkeistä. Posterin suunnittelu- ja toteutusvaiheessa mietittiin, mitä asioita posteriin halutaan sisällyttää sekä kuinka lopputuloksesta saataisiin mahdollisimman hyvä ja selkeä. Posterin toteutuksen alkuvaiheessa päätettiin, millä piirto-ohjelmalla posterit toteutettaisiin. Käytettäväksi ohjelmaksi valittiin Adobe InDesign -ohjelma. Ohjelmassa oli 30 päivän ilmainen kokeiluversio, joten siitä ei syntynyt ylimääräisiä kustannuksia opinnäytetyön tekijöille. Posterin toteutuksen aikana posterista tehtiin raakaversioita, jotka lähetettiin tilaajan ja opponoijan arvioitavaksi. Posterin raakaversiot löytyvät liitteestä 6. Opinnäytetyöprosessin aikana posteria arvioivat opinnäytetyön tilaaja, Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen fyysikko, opponoijat, muut röntgenhoitajaopiskelijat sekä ohjaava opettaja. Posterin saatiin rakentavaa palautetta ja muutosehdotuksia työseminaarien sekä sähköpostikeskustelujen kautta. Palautteissa mainittiin muun muassa, että radionuklidien kirjoitusasu voisi muokata (esim. happi-15 muotoon ¹⁵happi), yleisilmeeltään posterit ovat selkeitä, sininen väri sopii hyvin posterin, vierasperäiset termit pitää suomen- ja taustaväri voisi olla myös muu kuin valkoinen. Saadun palautteen perusteella posterin sisältöä ja ulkomuotoa muutettiin kohti lopullista versiota.

5.5 Valmis tuotos ja sen arviointi

Tavoitteena oli tehdä valmiista posterista mahdollisimman selkeä ja silmää miellyttävä kokonaisuus, jota pystyttäisiin tulevaisuudessa hyödyntämään myös opetuksessa. Posterin yläosassa on työn johdanto, jossa kerrotaan molekulaarisesta kuvantamisesta sekä Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronilla valmistettavista radionuklideista. Johdannon vieressä on kuva KYS:n syklotronista. Kuvan sisältö on kuvattu kuvatekstissä. Posterin alaosassa on esitetty KYS:ssä kuvantamisvalikoimaan tulevat uudet PET-TT-radionuklidit ja -lääkkeet sekä niiden käyttöaiheet. Posterin alareunasta löytyvät työn johtopäätös, tekijöiden nimet, lähteet sekä tilaajan ja Kuopion yliopistollisen sairaalan logo.

Posterissa onnistuttiin esittämään aiheeseen liittyvä oleellinen informaatio tiiviissä ja yksinkertaisessa muodossa. Posterin käyttöön käytettiin vain asiantuntijatietoon perustuvia luotettavia ja ajankohtaisia lähteitä. Käytettyjä lähteitä arvioitiin kriittisesti, minkä avulla varmistettiin, että posterin sisältämä tieto on varmasti oikeellista, laadukasta ja ajantasaista. Posterin kirjaintyyppiä valittiin Calibri, sillä se on pääteviivaton ja siten helppolukuinen fontti. Fonttikoko valittiin siten, että otsikko olisi nähtävissä noin 2 metrin

päästä ja muu teksti noin 1 metrin päästä. Posteriin käytetyt lähteet, posterissa olevan syklotronin kuvateksti sekä tekijänoikeudelliset tiedot näkyvät hyvin läheltä katsottuna. Posterin kooksi valittiin A0, jonka mitat ovat 1189 mm x 841 mm. Grano Oy tulosti posterin suuren koon vuoksi, jotta valmiista posterista saatiin laadullisesti mahdollisimman hyvä. Tulostuksesta posterin tekijöille aiheutuvat kustannukset korvasi Savonia-ammattikorkeakoulun Terveysala Kuopion yksikön Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma. Posterit painettiin korkealaatuiselle kankaalle, mikä takaa sen kestävyuden ja laadukkuuden. Valmis posterit tulevat esille radiografian ja sädehoidon opetusluokan seinälle. Valmis posterit on esitetty liitteessä 7. Opinnäytetyöprosessin tavoitteena oli tuottaa opinnäytetyö ja posterit, joiden avulla voidaan lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden sekä muiden terveydenhuollon ammattilaisten tietämystä syklotronilla tuotetuista radionuklideista ja niiden tuomista mahdollisuuksista PET-TT-kuvantamiseen. Tämä tavoite täyttyi projektin aikana.

Toiminnalliseen opinnäytetyöhön kuuluu työprosessin eri vaiheissa tapahtuva arviointi. Arviointi on osa oppimisprosessia, joka tuo ilmi tekijän osaamista sekä tutkimuksellista työtettä. Arvioinnissa pohditaan, onko tavoitteet saavutettu, onko työn lopputulos onnistunut sekä onko käytetty lähdemateriaali laadukasta ja luotettavaa. Tavoitteiden täyttymistä ja opinnäytetyön tuotosta voidaan arvioida keräämällä palautetta kohderyhmältä, jolle tuotos on suunnattu. (Vilka ja Airaksinen 2003, 154–158.)

Kun posterit oli työntekijöiden mielestä valmis, se lähetettiin vielä opponoin, ohjaavan opettajan sekä Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön fyysikon ja kemistin arvioitavaksi. Lisäksi valmiita posterit näyttettiin myös muille röntgenhoitajaopiskelijoille. Valmiista posterista sanottiin muun muassa, että posterit on selkeä ja hyvin informatiivinen, posterit etenee loogisessa järjestyksessä ja on helposti luettava, posterit on hyvä harmoninen kokonaisuus sekä posterin värimaailma ja tekstien asettelu on hyvin onnistunut. Näiden palautteiden perusteella opinnäytetyön tekijät päättelivät, että posterit on saatu lopulliseen painettavaan muotoon.

6 POHDINTA

6.1 Luotettavuus

Tietoa etsiessä on tärkeää ymmärtää lähdekritiikin merkitys. Lähteeksi tulisi aina valita alkuperäinen tietolähde, sillä se on kaikista luotettavin. Yleensä painetuissa julkaisuissa julkaisija toimii tiedon luotettavuuden ja laadun tarkkailijana ja painetun tutkimustiedon arvioi kyseisen alan asiantuntija. (Rantasaari, Laitinen ja Pitkänen 2012.) Julkaisun pätevyyttä voidaan arvioida kirjoittajan pätevyyden, työkokemuksen sekä aiempien julkaisujen kautta. Jos kirjoittajaan on viitattu usein muiden henkilöiden tutkimuksissa, on viitattu kirjoittaja yleensä pätevä ja luotettava lähde. Lisäksi lähteen julkaisun ajankohta on luotettavuuden analysoinnissa merkittävä tekijä. Perustieto voi olla pitkäikäistä, mutta erityisesti lääketieteellinen tieto muuttuu ja kehittyy vuosien myötä. Koska tutkittu tieto voi vanheta, on tärkeää, että lähteenä käytetään mahdollisimman ajankohtaisia julkaisuja. (Rantasaari ym. 2012; Vilka ja Airaksinen 2003, 72, 73, 76, 77.)

Opinnäytetyö toteutettiin hyvien tieteellisten tutkimuskäytänteiden mukaisesti. Tieteellisten tutkimuskäytäntöjen mukaan tutkimuksen toteutuksessa täytyy olla rehellinen ja tutkimustulokset täytyy tallentaa, esittää ja arvioida huolellisesti ja tarkasti. Tiedonhankinta-, tutkimus- sekä arviointimenetelmissä tulee soveltaa tieteellisen tutkimuksen kriteerejä. Tutkimuksen suunnittelu, toteutus sekä lopputulos tulee raportoida tieteellisen tiedon vaatimusten edellyttämällä tavalla. Kun viitataan muiden tutkijoiden julkaisuihin, se tulee tehdä kunnioittavasti ja asianmukaisesti. Jos tutkimuksen toteuttamisessa tarvitaan tutkimuslupia, ne tulee hankkia asianmukaisesti etukäteen. Käyttämällä hyviä tieteellisiä tutkimuskäytäntöjä tutkimustulokset ovat eettisesti hyväksyttäviä, luotettavia ja uskottavia. Jos tutkimuksella on ollut erillisiä rahoituslähteitä tai toteuttamisen kannalta merkittäviä sidonnaisryhmiä, tulee ne mainita tuloksia julkaistaessa. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012, 6; Vilka ja Airaksinen 2003, 72, 73, 76, 77.)

Opinnäytetyössä ja posterissa käytettiin tunnetuista tietokannoista (esim. PubMed) haettuja kansainvälisiä lähteitä. Lisäksi tietoa kerättiin Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikolle ja kemistille tehdyn haastattelun avulla. Haastattelu tallennettiin sähköiseen muotoon äänitiedostoksi. Asiantuntijoilta saatu haastattelutieto oli opinnäytetyön aiheeseen liittyvää ensikäden tietoa, mikä parantaa työn luotettavuutta. Toteutusvaiheessa posterit lähetettiin myös arvioitavaksi haastatetuille asiantuntijoille, jotka tarkistivat posterin sisällön oikeellisuuden. Kirjallisuuskatsaukseen aineistoa valitessa käytiin läpi monia erilaisia aiheeseen liittyviä julkaisuja, joista opinnäytetyöhön valittiin parhaimmat. Valitut lähteet olivat arvostettuja lääketieteellisiä radiografia-alan julkaisuja (esim. Radiography -lehti), luotettavia verkkosivuja (esim. Säteilyturvakeskuksen sivut) sekä alan kirjallisuutta (esim. Kliininen fysiologia ja isotooppi-lääketiede -kirja). Käytettyjä lähteitä arvioitiin kriittisesti vertaamalla niiden sisältämiä tietoja keskenään ja arvioimalla lähteen ajantasaisuutta. Opinnäytetyöhön käytettiin vain ajantasaisia asiantuntijoiden laatimia luotettavia lähteitä. Opinnäytetyön luotettavuutta lisäsi myös prosessin eri vaiheissa tapahtuva kirjaaminen ja dokumentointi. Opinnäytetyön luotettavuuteen mahdollisesti negatiivisesti vaikuttava tekijä on se, että työhön jouduttiin valitsemaan vain sellaisia artikkeleita, jotka olivat opinnäytetyön tekijöiden saatavissa ilman erillistä kustannusta.

6.2 Eettisyys

Tutkimuseettinen neuvottelukunta on laatinut hyvät tieteellisen käytännön periaatteet, joita tutkimustyössä tulee noudattaa. Tutkimuksessa on noudatettava aina tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja, joita ovat rehellisyys, huolellisuus ja tarkkuus tutkimustyössä sekä tutkimustulosten esittämisessä. Tutkimukseen sovelletaan eettisesti kestäviä tiedonhankinta- ja arviointimenetelmiä. Tutkimuksessa käytettävät lähteet täytyy merkitä huolellisesti sekä viitattavan lähteen työtä kunnioittaen. Suunnittelu, toteutus sekä raportointi pitää tehdä tieteelliselle tiedolle asetettujen vaatimusten mukaisesti ja tutkimusta varten on haettava aina tarvittavat tutkimusluvut. Mahdolliset rahoituslähteet sekä sidonnaisuudet tulee ilmoittaa asianosaisille ja raportoida tuloksia julkaistaessa. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2014.)

Suomen Röntgenhoitajaliitto ry on koonnut röntgenhoitajan ammattietiikkaa sääteleviä ohjeita, joihin kuuluvat esim. lainsäädäntö, terveydenhuollon etiikka ja hoitajan eettiset ohjeet. Ohjeiden tarkoituksena on edistää röntgenhoitajien ammattietiikkaa ja antaa tukea eettisille päätöksille hoitotyössä. Opinnäytetyö toteutettiin Suomen Röntgenhoitajaliitto ry:n laatimien ammattietiikkaa ohjaavien arvojen mukaisesti, joita ovat ihmisarvo, itsemääräämisoikeus, oikeudenmukaisuus, luottamuksellisuus, vastuullisuus, turvallisuus sekä korkeatasoinen ammatillinen toiminta. (Röntgenhoitajaliitto ry. 2000.)

Opinnäytetyö tehtiin luotettavasti asiantuntijakirjallisuuteen perustuvan tiedon pohjalta ja työhön käytettyjä lähteitä arvioitiin kriittisesti, mikä takasi niiden luotettavuuden. Opinnäytetyö ja posterit toteutettiin mahdollisimman korkeatasoisesti ja laadukkaasti. Opinnäytetyötä tehdessä varmistettiin lähdekritiikin avulla, että kaikki käytetty tieto oli ajankohtaista sekä paikkansa pitävää. Opinnäytetyössä käytetyt lähteet merkittiin asianmukaisesti ja oikeellisesti Savonia-ammattikorkeakoulun raportointiohjeiden mukaan. Opinnäytetyötä tehdessä ei kopioitu suoraan muiden tuottamaa tekstiä. Käytetyt kuvat olivat joko omia tai kuuluivat "Public Domain"-lisenssin alaisuuteen, joten niitä saa käyttää vapaasti. Työprosessin aikana työntekijät ottivat vastuun omasta työskentelystään sekä sitoutuivat projektiin ja saattoivat sen huolellisesti loppuun saakka. Opinnäytetyötä varten tehtiin asianmukainen työsuunnitelma sekä hankkeistamissopimus Savonia-ammattikorkeakoulun kanssa ja hankittiin tarvittavat luvat. Tutkimuslupa Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikon ja kemistin haastattelua varten haettiin KYS:n Kliinisen fysiologian ja isotooppiäätieteen yksikön ylihoitajalta ja sairaanhoitopiirin henkilörekisterivastaavalta. Tutkimusluvut löytyvät liitteestä 8.

6.3 Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyön tekeminen oli kokonaisuudessaan noin puolen vuoden mittainen prosessi. Opinnäytetyöprosessi alkoi syksyllä 2015, kun opinnäytetyön aihetta ryhdyttiin pohtimaan. Lopullinen idea opinnäytetyöhön syntyi marraskuussa 2015, kun opinnäytetyöntekijät olivat kuulleet, että Kuopion yliopistolliseen sairaalaan ollaan ottamassa käyttöön syklotronilaitteistoa keväällä 2016. Tämä ajankohtainen ja mielenkiintoinen tapahtuma herätti mielenkiinnon laatia aiheeseen liittyvä opinnäytetyö siitä, mitä uusia mahdollisuuksia syklotroni tuo PET-TT-kuvantamiseen Kuopion yliopistollisessa sairaalassa. Kun aihe oli valittu, ohjaajan kanssa sovittiin ohjausaika, jossa keskusteltiin opinnäytetyön aiheesta ja aloituksesta.

Myös ohjaajan mielestä aihe oli hyvä ja sopiva opinnäytetyötä varten. Kun ohjaajalta oli saatu lupa ja ohjeet opinnäytetyön aloittamiseen, ryhdyttiin laatimaan työsuunnitelmaa.

Opinnäytetyön työsuunnitelman tekeminen aloitettiin syksyllä 2015. Työsuunnitelmaan luotiin teoreettinen viitekehys, johon opinnäytetyö perustui. Työsuunnitelmassa kerrottiin opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet, aiheen teoriaa sekä opinnäytetyön prosessi. Työsuunnitelmaa työstettiin noin kahden kuukauden ajan ohjaajalta saadun palautteen mukaisesti. Lisäksi työsuunnitelma esiteltiin opinnäytetyöpajatunneilla tammikuussa, jossa siihen saatiin palautetta muilta opiskelijoilta ja opettajilta. Lopullinen työsuunnitelma valmistui hyväksytysti tammikuussa 2016. Työsuunnitelman hyväksymisen jälkeen tehtiin ohjaus- ja hankkeistamissopimus sekä Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen fysiologian ja isotooppi-lääketieteen yksikön ylihoitajalta ja sairaanhoitopiirin henkilökisterivastaavalta haettiin tarvittava tutkimuslupa. Kun lupa-asiat olivat kunnossa, KYS:n fyysikon kanssa sovittiin haastattelun ajankohdasta ja toteutuksesta.

Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikolle ja kemistille tehtävä haastattelu toteutettiin tammikuussa 2016. Haastattelun jälkeen aloitettiin opinnäytetyön kirjallisen osion kirjoittaminen sekä posterin suunnittelu ja toteutus tammikuussa 2016. Opinnäytetyön eri vaiheissa ohjaavalta opettajalta ja opponoi-jalta saatiin palautetta ja ohjausta, joiden mukaisesti opinnäytetyöprosessissa edettiin ja posteria sekä työn kirjallista osiota muokattiin. Posterit ja kirjallinen loppuraportti valmistuivat maaliskuussa 2016. Opinnäytetyö ja posterit esitettiin sekä julkaistiin huhtikuussa 2016. Opinnäytetyön aikataulu on esitetty liitteessä 2.

Opinnäytetyötä ohjaavat taustakysymykset:

1. Mitä mahdollisuuksia uudet syklotronilla tuotetut radionuklidit tuovat PET-TT-kuvantamiseen Kuopion yliopistollisessa sairaalassa?
2. Miten tuotetaan ammatillinen teorian tietoon pohjautuva posteritöntgenhoitajaopiskelijoille?
3. Mitkä ovat ne tärkeimmät ja keskeisimmät asiat, jotka sisällytetään ammatilliseen posteriin?

Opinnäytetyöprosessin suunnitteluvaiheessa luotiin Swot-analyysi, jossa kartoitettiin työn tekemiseen liittyvät vahvuudet ja heikkoudet. Taulukko Swot-analyysistä löytyy liitteestä 1. Opinnäytetyötä tehdessä työn tekijät onnistuivat säilyttämään motivaation ja kiinnostuksen aiheita kohtaan koko prosessin ajan ja työ eteni suunnitellun aikataulun ja tavoitteiden mukaisesti. Ennen opinnäytetyön aloitusta aiheeseen ja opinnäytetyöprosessiin tutustuttiin hyvin, minkä vuoksi tekijät tiesivät tarkkaan, mitä ja miten työn eri vaiheissa pitää tehdä. Etenkin posterin tekeminen, mikä ei ollut työntekijöille tuttua ennestään, vaati perehtymistä ja suunnittelua. Koska posterin tila on rajallinen, oli tärkeää suunnitella sisältö ja rakenne hyvin, jotta valmiista posterista tuli mahdollisimman selkeä ja helppolukuinen. Posterin suunnittelussa ja toteutuksessa käytettiin graafisen piirtämisen ohjelmaa, joksi valittiin Adobe InDesign-ohjelman sen 30 päivän ilmaisen kokeiluversion vuoksi. Aluksi posterista luotiin raakaversio, jota muokattiin opponoijan, ohjaajan sekä Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen fyysikon antaman palautteen perusteella. Palautteiden pohjalta Adobe InDesign -ohjelman avulla muodostettiin lopullinen posterit.

Röntgenhoitajan tutkintoon kuuluvan opinnäytetyön tavoitteena on kehittää sekä syventää opiskelijan alaan liittyviä tietoja ja taitoja. Ammatillisen osaamisen kehittyminen tulee esille lopullisessa opinnäytetyöraportissa. Opinnäytetyötä tehdessä opiskelija oppii etsimään, käyttämään ja soveltamaan tieteellistä ja näyttöön perustuvaa tietoa. Opinnäytetyö tukee opiskelijan asiantuntijuuden kehittymistä tulevaa ammattia ja työelämässä toimimista varten. Opinnäytetyölle tulee löytää yhteistyökumppani ja tilaaja, jonka tarpeisiin työ perustuu. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2015.)

Lähtökohtana opinnäytetyössä oli tutustua tarkemmin Kuopion yliopistolliseen sairaalaan hankittuun syklotroniin ja sen vaikutuksiin PET-TT-kuvantamisessa sekä radiolääkkeiden tuotannossa. Halusimme tuoda lisätietoa tästä ajankohtaisesta tapahtumasta, joka on suuri kehitysaskel isotooppikuvantamisessa Itä-Suomen alueella. Opinnäytetyön tilaajaksi valikoitui luonnollisesti Savonia-ammattikorkeakoulu ja yhteistyökumppaniksi Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikkö. Opinnäytetyö oli työelämää kehittävä, sillä sen avulla voidaan lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden tietämystä PET-TT-kuvantamisesta sekä radiolääkkeistä ja niiden käytöstä.

Opinnäytetyön avulla tuodaan esille työntekijöiden kyky käyttää ja soveltaa opiskelun aikana saatua tietämystä ja osaamista. Opinnäytetyön tekemisen aikana työntekijät etsivät näyttöön perustuvaa tietoa, mikä opetti lähteiden luotettavuuden ja soveltuvuuden kriittistä arviointia. Opinnäytetyöprosessin aikana työntekijät perehtyivät Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronin käyttöönoton myötä kuvantamisvalikoimaan tuleviin uusiin radionuklideihin ja radiolääkkeisiin sekä niiden käyttöaiheisiin. Opinnäytetyö antoi työntekijöille tarpeellista ja ajankohtaista tietoa molekulaarisesta kuvantamisesta, tautien diagnosoinnista, radiolääkkeiden toimintamekanismista sekä uusista radionuklideista, mistä on hyötyä tulevaisuudessa röntgenhoitajan työssä.

Röntgenhoitajan koulutusohjelman opiskelijan asiantuntijuus perustuu koko opiskeluajan oppimisprosessiin. Opiskelun aikana opiskelija syventää omaa osaamistaan radiografian osaamisalueissa sekä moniammatillisessa toimintaympäristössä. Näin opiskelija saa valmiudet toimia oman alansa asiantuntijana tulevassa työssään. Röntgenhoitajan ammatin osaamisalueisiin kuuluvat radiografia- ja sädehoitotyön hoitamis- ja ohjaamisosaaminen, viestintä- ja vuorovaikutusosaaminen, menetelmäosaaminen, turvallisuusosaaminen sekä kehittäminen, tutkimus ja johtaminen. Opinnäytetyöprosessin aikana opiskelija arvioi omaa osaamistaan näiden osaamisalueiden kautta. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2011.)

Hoitamis- ja ohjaamisosaaminen on suuri osa röntgenhoitajan työtä, sillä sen avulla varmistetaan potilaan hoidon ja tutkimuksen onnistuminen. Opinnäytetyön myötä työntekijät saivat tietoa siitä, millaisia asioita radiolääkkeiden käytössä ja PET-TT-tutkimukseen tulevan potilaan ohjauksessa on hyvä ottaa huomioon. Erityisesti PET-TT-kuvauksissa, jotka ovat säteilyannokseltaan suhteellisen suuria, on ensiarvoisen tärkeää, että kuvaus onnistuu ensimmäisellä kerralla, jolloin potilaan säteilyannos saadaan pidettyä mahdollisimman pienenä. Röntgenhoitajan on osattava kertoa potilaalle selkeästi, kuinka hänen tulee tutkimuksen aikana olla ja millainen tutkimus oikein on. Lisäksi röntgenhoitajan on tiedettävä PET-tutkimuksessa käytettyjen radionuklidien antotavat, ominaisuudet sekä käyttötarkoitukset, joihin työntekijät perehtyivät opinnäytetyön tekemisen aikana.

Viestintä ja vuorovaikutusosaaminen olivat vahvasti esille koko opinnäytetyöprosessin ajan. Opinnäytetyö tehtiin kahdestaan, minkä vuoksi opinnäytetyön tekijät keskustelivat ja pohtivat työskentelyyn sekä työn toteutukseen liittyviä asioita yhdessä lähes päivittäin. Kommunikaatio työn tekijöiden välillä toimi hyvin läpi opinnäytetyöprosessin, mihin varmasti osaltaan vaikutti se, että tekijöiden tavoitteet opinnäytetyön valmistumisen ja sisällön osalta olivat hyvin samanlaiset. Vuorovaikutustaitoja tarvittiin myös Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikolle ja kemistille tehtävän haastattelun aikana. Lisäksi opinnäytetyöprosessin aikana työntekijät kommunikoivat ohjaajan, opponoin ja muiden opiskelijoiden kanssa, joilta saatiin palautetta opinnäytetyöhön. Työntekijät ottivat mielellään vastaan rakentavaa palautetta ja arvioiteja, joiden perusteella opinnäytetyön kirjallista osiota sekä posterin sisältöä muokattiin.

Menetelmäosaaminen tuli esille työsuunnitelman teoreettista viitekehystä kirjoitettaessa ja haastattelukysymyksiä laadittaessa. Työn teoriaosuutta kirjoitettaessa työn tekijät hyödynsivät aikaisempaa tietämystään tiedonhausta, lähteiden luotettavuuden arvioinnista ja kirjaamisesta sekä haastattelukysymysten laatimisesta. Haastattelukysymyksiä suunniteltaessa menetelmäosaaminen tuli ilmi, kun mietittiin, mitä Kuopion yliopistollisen sairaalan fyysikolta ja kemistiltä on tärkeää kysyä, jotta saadaan työtä ja posteria varten tarvittava tieto. Koska työntekijät osasivat radiologisen kuvantamisen perusteet, heillä oli hyvät lähtökohdat lähteä toteuttamaan haastattelua ja hankkimaan uutta tietoa.

Potilasturvallisuus tulee esille, kun opinnäytetyössä kerrotaan erilaisten PET-tutkimusten toteuttamisesta sekä radionuklidien oikeanlaisesta käytöstä. Jotta röntgenhoitaja osaa toteuttaa tutkimuksen turvallisesti ja oikein, hänen on tärkeää ymmärtää, millaisia ominaisuuksia hoidossa käytetyillä radionuklideilla on sekä mihin ja miten niitä tulee käyttää. Opinnäytetyön myötä työntekijät saivat tietoa siitä, millaisia radionuklideja syklotronilla voidaan tuottaa PET-kuvauksia varten sekä millaisia tutkimuksia niillä voidaan toteuttaa.

Tutkimisen, kehittämisen ja johtamisen osaaminen nousivat esille opinnäytetyöprosessin monissa eri vaiheissa. Opinnäytetyö aloitettiin työsuunnitelman teolla, mikä oli ensimmäinen vaihe, joka vaati tutkimusosaamista, kun työsuunnitelman teoreettiseen viitekehykseen etsittiin sopivia tietolähteitä. Teoreettinen viitekehys luo pohjan koko opinnäytetyölle, minkä vuoksi sen laatimiseen käytettyjä lähteitä tutkittiin ja arvioitiin tarkasti. Posterin tekeminen oli hyvä keino harjoitella myös kehittämis- ja projektityöskentelytaitoja. Opinnäytetyöprosessi sekä posterin luominen antoi työntekijöille kokemusta työelämään liittyvän hankkeen kehittämisestä ja työstämisestä. Lisäksi opinnäytetyö opetti työntekijöille organisointiin tarvittavia taitoja ja valmiuksia tulevaa ammattia varten. Posterin luominen oli työntekijöille uusi kokemus, joka vaati paljon perehtymistä ja suunnittelua. Posteria tehdessään työntekijät onnistuivat mielestään kokoamaan haastattelun ja kirjallisuuskatsauksen avulla hankitun oleellisen tiedon posterin muotoon. Johtamisosaaminen ei tullut juurikaan esille opinnäytetyön tekemisen aikana, sillä työntekijät toimivat koko prosessin ajan tasavertaisina ryhmäläisinä. Työntekijät ottivat vastuun omasta työskentelystään ja opinnäytetyötä toteutettiin etukäteen laaditun työsuunnitelman ja aikataulun mukaisesti. Pääasiassa työntekijät työstivät opinnäytetyötä ja posteria yhdessä koululla. Opinnäytetyöpro-

sessin aikana työntekijöiden erilaiset vahvuudet ja osaamisen alueet täydensivät toisiaan. Toisella työntekijöistä oli todella vahva aiheeseen liittyviä teoreettinen tietämys ja toinen työntekijöistä taas oli hyvä visuaalisessa suunnittelussa ja taulukko-ohjelmien käyttämisessä.

Kehittämisenäkökulma tässä työssä nousee esille myös siinä, että PET-TT-tutkimusten yleisyys ja niissä käytettävien radionuklidien ja radiolääkkeiden valikoima on kasvussa johtuen kuvauslaitteiden ja syklotronien yleistymisestä. Esimerkiksi eturauhasyövän, joka on maamme yleisin miesten syöpätyyppi, diagnosointitarkkuus (kasvaimen koko, sijainti, metastasointi) paranee merkittävästi käytettäessä Ga-68-HBED-CC-radiolääkettä PET-TT-kuvauksessa. Tätä kautta paremmista kuvantamismenetelmistä hyöttyy koko yhteiskunta parantuneena terveydenhuollon tasona. (Afshar-Oromieh ym. 2015, 198, 205, 206; Weber ym. 2015, 4930.)

PET-TT-radionuklidien ja radiolääkkeiden tuotanto on tähän mennessä ollut syklotronien pienestä määrästä johtuen maamme sairaaloissa vähemmän tunnettu alue. Jatkotutkimusaiheita voisivat olla syklotronibunkkerin säteilysuojelu ja sen toteutus, millaiseksi PET-TT-kuvantamis- ja radiolääkevalikoima muotoutuu syklotronin käyttöönoton jälkeisinä vuosina ja liiketalouden puolen opiskelijat voisivat tutkia syklotronin käyttöönoton vaikutusta radiolääketuotannon kustannusrakenteeseen. Muita hyviä jatkotutkimusaiheita olisi esimerkiksi perehtyä hiili-11 kuvantamiskäyttöön Kuopion yliopistollisessa sairaalassa tai selvittää kuinka lyhytikäisiä PET-TT-radionuklideja voidaan leimata radiolääkkeiksi lyhyessä ajassa. Nämä jatkotutkimusaiheet tarjoavat opiskelijoille uusia opinnäytetyöideoita, joiden avulla voidaan lisätä tietoisuutta syklotronista sekä PET-TT-kuvantamisesta ja sen tuomista edistysaskelista sairauksien diagnosoinnissa.

LÄHTEET JA LIITTEET

ABELLA, Monica, ALESSIO, Adam M., MANKOFF, David A., MACDONALD, Lawrence R., VAQUERO, Juan Jose, DESCO, Manuel ja KINAHAN, Paul E. 2012. Accuracy of CT-Based Attenuation Correction in PET/CT Bone Imaging. *Physics in Medicine and Biology* 57 (9). 2477-90.

AFSHAR-OROMIEH, Ali, AVTZI, Eleni, GIESEL, Frederik L., HOLLAND-LETZ, Tim, LINHART, Heinz G., EDER, Matthias, EISENHUT, Michael, BOXLER, Silvan, HADASCHIK, Boris A., KRATOCHWIL, Clemens, WEICHERT, Wilko, KOPKA, Klaus, DEBUS, Jürgen ja HABERKORN, Uwe 2015. The diagnostic value of PET/CT imaging with the ⁶⁸Ga-labelled PSMA ligand HBED-CC in the diagnosis of recurrent prostate cancer. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 42 (1). Springer. 197-209.

ALMUHAIDEB, Ahmad, PAPATHANASIOU, Nikolaos ja BOMANJI, Jamshed 2011. ¹⁸F-FDG PET/CT Imaging in Oncology. *Annals of Saudi Medicine* 31 (1). 3-13.

ALASTALO, Marja ja ÅKERMAN, Maria 2010. Asiantuntijahaastattelun analyysi: Faktujen jäljillä. Teoksessa: RUUSUVUORI, Johanna, NIKANDER, Pirjo ja HYVÄRINEN, Matti (toim.). Haastattelun analyysi. Tampere: Vastapaino. 372–392.

BERGSTRÖM, Kim ja NÄGREN, Kjell 2003. Radiolääkkeet. Julkaisussa: SOVIJÄRVI, Anssi, AHONEN, Aapo, HARTIALA, Jaakko, LÄNSIMIES, Esko, SAVOLAINEN, Sauli, TURJANMAA, Väinö ja VANNINEN, Esko (toim.). *Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede*. Helsinki: Duodecim. 29–40.

CLOSE, Frank, MARTIN, Michael ja SUTTON, Christine 2002. *The Particle Odyssey*. Oxford: Oxford University Press.

ENGELKEMEIR, D. W., FLYNN, K. F. ja GLENDENIN L. E. 1962. Positron Emission in the Decay of K40. *Physical Review* 126 (5). American Physical Society. 1818-22.

HAKULINEN, Mikko ja MALI, Antti 2016-01-18. Sairaalfysiikka ja -kemisti. [Haastattelu.] Kuopio: Kuopion yliopistollinen sairaala.

HALLIDAY, David, RESNICK, Robert, KRANE, Kenneth S. 1992. *Physics, Volume 2*. 4. painos. John Wiley & Sons, Inc.

HERRMANN, Ken, CZERNIN, Johannes, WOLIN, Edward M., GUPTA, Pawan, BARRIO, Martin, GUTIERREZ, Antonio, MOESSIAN, Sherly, PHELPS, Michael E. ja ALLEN-AUERBACH Martin S 2015. Impact of ⁶⁸Ga-DOTATATE PET/CT on the Management of Neuroendocrine Tumors: The Referring Physician's Perspective. *Journal of Nuclear Medicine* 56 (1). Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 70-75.

HIRSJÄRVI, Sirkka ja HURME, Helena 2008. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus.

HRICAK, Hevdig, CHOI, Byung Ihn, SCOTT, Andrew, SUGIMURA, Kazuro, MUELLNER, Ada, VON SCHULTHESS, Gustav K., REISER, Maximilian F., GRAHAM, Michael M. DUNNICK, Reed ja LARSON

Steven M 2010. Global Trends in Hybrid Imaging. *Radiology* **257** (2). Radiological Society of North America. 498-506.

IAEA 2009. Cyclotron produced radionuclides: physical characteristics and production methods. Technical Reports Series No. 468. [pdf-tiedosto]. [Viitattu 2016-02-17]. Saatavissa: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/trs468_web.pdf

IAEA 2015. Live Chart of Nuclides. [Verkkosivu]. [Viitattu 2016-02-05]. Saatavissa: <https://www-nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

Indiana University Bloomington, s.a. Tietokonetomografiakuvauksen toimintaperiaate [kuva]. [Viitattu 2015-11-21]. Saatavissa: <http://iub.edu/~k536/images/assessment/ct3.jpg>

JAUHIAINEN, Jukka 2003. Röntgenkuvaus, digitaalinen kuvaus ja tietokonetomografia. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-19]. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/~jjauhiai/opetus/mittalaitteet/mittalaitteet-v11.pdf>

JURVELIN, Jukka 2005a. Röntgenkuvaus. Julkaisussa: SOIMAKALLIO, Seppo, KIVISAARI, Leena, MANNINEN, Hannu, SVEDSTRÖM, Erkki ja TERVONEN, Osmo (toim.). *Radiologia*. 1. painos. Helsinki: WSOY. 32–42.

JURVELIN, Jukka 2005b. Isotooppikuvaus. Julkaisussa: SOIMAKALLIO, Seppo, KIVISAARI, Leena, MANNINEN, Hannu, SVEDSTRÖM, Erkki ja TERVONEN, Osmo (toim.). *Radiologia*. 1. painos. Helsinki: WSOY. 43–51.

KETTUNEN, Sami 2009. Onnistu projektissa. Helsinki: WSOYpro Oy.

KNAAPEN, P., DE HAAN, S., HOEKSTRA, O. S., HALBMEIJER, R, APPELMAN, Y.E., GROOTHUIS, J. G. J, COMANS, E. F., MEIJERINK, M. R., LAMMERTSMA, A. A., LUBBERINK, M. GÖTTE, M. J. W. ja VAN ROS-SUM, A. C: 2010. Cardiac PET-CT: advanced hybrid imaging for the detection of coronary artery disease. *Netherlands Heart Journal* **18** (2). Springer. 90-98.

KORPELA, Helinä 2004. Isotooppilääketiede. Julkaisussa: PUKKILA, Olavi (toim.). *Säteilyn käyttö. Säteilyturvakeskus: Hämeenlinna*. 219–252.

LAMPIGNANO, Molly E. 2014. PET. Julkaisussa: BONTRAGER, Kenneth L. ja LAMPIGNANO, John P. (toim.). *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. Eighth edition. Elsevier: Kiina. 739–741.

LOIMAALA, Antti, MÄENPÄÄ, Hanna, LIPPONEN, Tiina, SCHILDT, Jukka, KÄMÄRÄINEN Eeva-Liisa, KARHUMÄKI, Lauri ja AHONEN Aapo 2014. Somatostatiinireseptoreiden PET-TT-kuvaus Ga-DOTA-peptideillä parantaa neuro-endokriinisten kasvainten diagnostiikkaa. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* **130** (19). Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 1931–38.

MALI, Antti 2016-02-10. Radionuklideista valmistettavat radiolääkkeet. [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Heidi Korhonen. Saatavissa: Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

MAUS, Jens 2003. Positroniemissiotomografialaitteen toimintaperiaate [kuva]. [Viitattu 2015-11-19]. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Positron_emission_tomography#/media/File:PET-schema.png

MAXWELL, Jessica E. ja HOWE James R. 2015. Imaging in neuroendocrine tumors: an update for the clinician. *International Journal of Endocrine Oncology*. **2** (2). Future Medicine. 159-168.

MOJTAHEDI, A., THAMAKE, S., TWOROWSKA, I., RANGANATHAN, D ja DELPASSAND, E. S. 2014. The value of ⁶⁸Ga-DOTATATE PET/CT in diagnosis and management of neuroendocrine tumors compared to current FDA approved imaging modalities: a review of literature. *American Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. **4** (5) e-Century Publishing Corporation. 426–434.

MOUGEOT, X. ja HELMER, R. G. 2012. Table de radionucléides [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-19]. Saatavissa: http://www.nucleide.org/DDEP_WG/Nuclides/K-40_tables.pdf

NATIONAL CANCER INSTITUTE THESAURUS 2015. Gallium Ga 68-DOTANOC. [Verkkosivu]. [Viitattu 2016-02-11]. Saatavissa:

https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser/ConceptReport.jsp?dictionary=NCI_Thesaurus&version=16.01d&ns=NCI_Thesaurus&code=C74034

NIKUPAAVO, Ulla 2012. Röntgenhoitajan rooli säteilyaltistuksen oikeutuksessa. [pdf-tiedosto]. [Viitattu 2016-02-18]. Saatavissa:

<http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwjNII0tyIH-LAhVJw3IKHQqWC64QFggbMAE&url=http%3A%2F%2Fwww.sadeturva-paivat.fi%2Ffile.php%3F612&usq=AFQjCNHCz5Es5-BqzykCKswBkuV1tZodQ>

OPETUSHALLITUS 2014. SWOT-Analyysi. [Internet-lähde]. [Viitattu 2015-11-16]. Saatavissa:

http://www.oph.fi/saadokset_ja_ohjeet/laadunhallinnan_tuki/wbl-toi/menetelmia_ja_tyovalineita/swot-analyysi

PANDEY, Mukesh K., BYRNE, John F., JIANG, Huailei, PACKARD, Alan B. ja DEGRADO, Timothy R. 2014. Cyclotron production of ⁶⁸Ga via the ⁶⁸Zn (p,n) ⁶⁸Ga reaction in aqueous solution. *American Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* **4** (4). e-Century Publishing Corporation. 303–310.

PERTTILÄ, Anne 2007. Ohjeita posterin tekoon. Laurea ammattikorkeakoulu. [Viitattu 2015-11-15]. Saatavissa: http://viestintapiste.laurea.fi/ind.pdf.doc.ppt/Posterin_suunnittelu.pdf.pdf

PSSHP 2015a. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-18]. Saatavissa: <https://www.pssh.fi/sairaanhoitopiiri>

PSSHP 2015b. Kuvantamiskeskus. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-18]. Saatavissa: <https://www.pssh.fi/hoitopalvelut/kuvantamiskeskus>

PSSHP 2015c. Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-18]. Saatavissa: <https://www.pssh.fi/hoitopalvelut/kuvantamiskeskus/fysiologia-ja-isotooppilaaeketiede>

RANTASAARI, Jukka, LAITINEN, Markku, PITKÄNEN Jukka 2012. Lähdekritiikki. [Internet-lähde]. [Viitattu 2015-06-16]. Saatavissa: <http://www.lpt.fi/tietokeskus/tiedonhankinta/>

RUOTSALAINEN, Ulla 2003. PET-tutkimukset. Julkaisussa: SOVIJÄRVI, Anssi, AHONEN, Aapo, HARTIALA, Jaakko, LÄNSIMIES, Esko, SAVOLAINEN, Sauli, TURJANMAA, Väinö ja VANNINEN, Esko (toim.). Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Duodecim. 49-55.

SALANTERÄ, Sanna ja HUPLI, Maija 2003. Tutkitun tiedon hankinta ja arviointi. Julkaisussa: LAURI, Sirkka (toim.) Näyttöön perustuva hoitotyö. Juva: WS Bookwell Oy. 21-39.

SALMINEN, Ari 2011. Mikä on kirjallisuuskatsaus. Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2016-02-16]. Saatavissa: http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU 2011. Asiantuntijuuden kehittäminen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 2016-02-20]. Saatavissa: <http://portal.savonia.fi/amk/fi/opiskelijalle/opetussuunnitelmat?yks=KS&krtid=390&tab=4>

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU 2015. Opinnäytetyö (amk-tutkinnot) [verkkosivu]. [Viitattu 2016-02-29]. Saatavissa: <https://reppu.savonia.fi/opinnaytetyo/Sivut/default.aspx>

SINISALO, Juha ja VIRTANEN, Kari S. 2005. Sydänlihaksen perfuusion gammakuvaus. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim **121** (1). Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 62–70.

SOHLBERG, Antti, KAUPPILA, Esa, KUIKKA, Jyrki ja VANNINEN, Esko 2004. Mitä isotooppikuvantaminen on? Suomen lääkärilehti **59** (3). Helsinki: Lääkäriliitto. 159-161.

STUK 2015a. Isotooppilääketiede. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-16]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/isotooppilääketiede>

STUK 2015b. Säteilyn haittavaikutusten luokittelu. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-16]. Saatavissa: https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja4_03.pdf/450f57ef-5060-492f-b22c-325e640c375b

STUK 2015c. Säteilysuojelu periaatteet. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-16]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/stuk-valvoo/sateilyn-kayttajalle/sateilytoiminnan-turvallisuus/sateilysuojelun-periaatteet>

STUK 2015d. Terveyshaittojen ehkäiseminen säteilysuojelulla. [Verkkosivu]. [Viitattu 2015-11-18]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/terveyshaittojen-ehkaiseminen-sateilysuojelulla>

STUK 2016. Esimerkkejä säteilyannoksista. [Verkkosivu]. [Viitattu 2016-02-18]. Saatavissa: <http://www.stuk.fi/aiheet/sateilyvaara/esimerkkeja-sateilyannoksista>

TEPPONEN, Heli, VÄLIMÄKI, Maritta ja SUOMINEN, Tarja 1998. Miten tehdään posterit? Ohjeita posterin suunnittelijalle. *Hoitotiede* 10 (5), 309–314.

TOCHON-DANGUY, H. J., 1997. Cyclotron produced radioisotopes and their clinical use at the Austin PET Centre. Julkaisussa: Second conference on nuclear science and engineering. Conference handbook. Australian Nuclear Association: Sydney. 80–85.

TUTKIMUSEETTINEN TOIMIKUNTA 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. [Viitattu 2014-10-27]. Saatavissa: http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_verkkoversio040413.pdf.pdf#overlaycontext=fi/ohjeet-ja-julkaisut

TUTKIMUSEETTINEN NEUVOTTELUKUNTA 2014. Hyvä tieteellinen käytäntö. [Verkkosivu]. [Viitattu 2016-02-29]. Saatavissa: <http://www.tenk.fi/fi/htk-ohje/hyva-tieteellinen-kaytanto>

VILKKA, Hanna ja AIRAKSINEN, Tiina 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.

VRIGNEAUD, Jean-Marc, PREVOT, Sylviane, MEADOWS, Angela ja HOGG, Peter 2010. Practical Radiation protection in PET-CT. Julkaisussa: HOGG, Peter ja TESTANERA, Giorgio (toim.) Principles and Practice of PET/CT. European Association of Nuclear Medicine. 16-36.

VELIKYAN, Irina 2014. Prospective of ⁶⁸Ga-Radiopharmaceutical Development. *Theranostics* 4 (1). Ivyspring. 47–80.

VÄLIMÄKI, Antti j., AROLA, Johanna 2015. Ruoansulatuskanavan ja haiman neuroendokriiniset kasvaimet. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 127 (15). Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 1549–51.

WEBER, Justus, HABERKORN, Uwe ja MIER, Walter 2015. Cancer Stratification by Molecular Imaging. *International Journal of Molecular Sciences* 16 (3). 4918-46.

WOODWARD, Andrew ja CHAPMAN, Timothy C. 2014. Computed Tomography. Julkaisussa: BONTRAGER, Kenneth L. ja LAMPIGNANO, John P. (toim.). *Textbook of Radiographic Positioning and Related Anatomy*. Eighth edition. Elsevier: Kiina. 687-713.

LIITE 1: SWOT-ANALYYSI

Vahvuudet: <ul style="list-style-type: none">- vahva motivaatio- kiinnostus aihetta kohtaan- hyvä perehtyminen aiheeseen ja työn toteutukseen	Heikkoudet: <ul style="list-style-type: none">- posterin tekeminen ei ole tuttua- motivaation loppuminen
Mahdollisuudet: <ul style="list-style-type: none">- luoda röntgenhoitajaopiskelijoille sekä muille alasta ja koulutuksesta kiinnostuneille hyödyllinen posterit- lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden tietämystä syklotronista ja sen tuomista uusista mahdollisuuksista kuvantamiseen- antaa tekijöille kokemusta projektityöskentelystä ja posterin teosta	Uhkat: <ul style="list-style-type: none">- aikataulun pettäminen

LIITE 2: OPINNÄYTETYÖN AIKATAULU

TAULUKKO 2. Opinnäytetyön aikataulu.

Syksy 2015	Aiheen valinta, materiaalin ja lähdetiedon etsiminen, opinnäytetyö aiheen varmistuminen
Syksy 2015	Työsuunnitelman tekeminen
Tammikuu 2016	Työsuunnitelman hyväksyntä
Tammikuu 2016	Projektityön aloittaminen
Kevät 2016	Projektityön loppuminen
Kevät 2016	Opinnäytetyö raportin valmistuminen
Kevät 2016	Palautus opettajille ja opponijille
Kevät 2016	Opinnäytetyö seminaari ja kypsyysnäyte

LIITE 3: HAASTATTELUKYSYMYKSET

1. Millainen syklotroni Kuopion yliopistolliseen sairaalaan on hankittu?
2. Mitä radionuklideja syklotronilla valmistetaan?
3. Paljonko PET-tutkimuksia tehdään nyt ja paljonko niitä arvioidaan tahtävän syklotronin käyttöön oton jälkeen?
4. Miten syklotronin hankinta vaikuttaa nykyiseen radionuklidien hankintaan?
5. Mitä uusia radionuklideja otetaan merkkiainekäyttöön ja millaisia tutkimuksia ne mahdollistavat?
6. Miten radioaktiivinen happi-15 otetaan käyttöön?
7. Paljonko radiolääkkeen hinta laskee, kun tuotanto on omissa käsissä?

LIITE 4: HAASTATTELU

Tiedot uusista radionuklideista Kuopion yliopistollisessa sairaalassa perustuvat sairaalan fyysikon ja kemistin haastatteluun. Haastattelua tehtäessä tammikuussa 2016 syklotronia ja uutta radiofarmasian laboratoriota ollaan ottamassa käyttöön. Haastattelun tiedot ovat alustavia ja käytettävät kuvantamismenetelmät sekä radiolääkkeet tarkentuvat tulevaisuudessa riippuen siitä, millaisia tutkimuksia tilaavat yksiköt haluavat teettää.

1. Millainen syklotroni Kuopion yliopistolliseen sairaalaan on hankittu?

Syklotroni on hankittu General Electric Healthcarelta (Pettrace 860) ja se on radionuklidien tuotantoon optimoitu syklotroni. Laitte pystyy tuottamaan kaikkia PET-kuvantamisessa käytettäviä radionuklideja ja sen kapasiteetti on mittava. Esimerkiksi fluori-18:a voidaan tuottaa kaksinkertaisesti Suomessa tarvittava määrä. Syklotronissa on kuusi kohtioasemaa, joista kahta pystytään säteilyttämään yhtä aikaa. Maksimisäteilytysvirta protoneille on 100 μ A. Kiihdytyksen jälkeen protonien maksimienergia on 16 MeV ja deutronien 8,4 MeV. (Hakulinen ja Mali 2016.)

2. Mitä radionuklideja syklotronilla valmistetaan?

Syklotronilla valmistettavia radionuklideja ovat happi-15, hiili-11, gallium-68, fluori-18 sekä lisäksi tulevaisuudessa mahdollisesti typpi-13. Fluori-18-deoksiglukoosi on merkittävässä asemassa radiolääketuotannossa; yli 90 % tutkimuksista aiotaan toteuttaa sillä. Uusina radionuklideina kuvantamisvalikoimaan tulevat happi-15, hiili-11 ja gallium-68. Mahdollisuus typpi-13:sta tuotantoon on myös olemassa, mutta sitä ei alkuvaiheessa oteta käyttöön. (Hakulinen ja Mali 2016.)

3. Paljonko PET-tutkimuksia tehdään nyt ja paljonko niitä arvioidaan tehtävän syklotronin käyttöön oton jälkeen?

Arvion mukaan radionuklidituotannon seurauksena PET-TT-tutkimusten määrä tulee kasvamaan. Tällä hetkellä tutkimuksia tehdään noin 1000 kappaletta vuodessa. Erityisesti eturauhassyövän kuvantaminen Gallium-68:n avulla tulee lisääntymään. 18-FDG:n suhteen on ollut toimitusvaikeuksia, jotka ovat rajoittaneet PET-TT-kuvauksia. Nyt kun tuotanto on omissa käsissä, 18-FDG:n saanti on varmempaa. Lisäksi mahdollisuus päivystyskuvauksiin nostaa tutkimusmääriä. (Hakulinen ja Mali 2016.)

4. Miten syklotronin hankinta vaikuttaa nykyiseen radionuklidien hankintaan?

Syklotronin käyttöönoton seurauksena 18-FDG:n tuonti Helsingistä loppuu. Oman tuotannon myötä 18-FDG:a voidaan varata myös päivystyskuvauksia varten ja lisäksi sitä aletaan toimittaa Joensuun ja Jyväskylän keskussairaaloihin. Aiemmin radionuklideina hiiltä, happea ja galliumia ei ole ollut saatavissa. Galliumia olisi voitu saada generaattorissa, mutta sen puhtaus on heikompaa kuin syklotronilla tuotetun galliumradionuklidin. (Hakulinen ja Mali 2016.)

5. Mitä uusia radionuklideja otetaan merkkiainekäyttöön ja millaisia tutkimuksia ne mahdollistavat?

Gallium-68:a aiotaan käyttää neuroendokriinisten tuumorien havaitsemiseen Ga-68-DOTADOC-radiolääkkeellä ja eturauhassyövän kuvantamiseen Ga-68-PSMA-radiolääkkeellä. Happi-15:a aiotaan käyttää radioaktiivisena vetenä ($[O-15]H_2O$) pääasiassa sydänperfuusion tutkimisessa. Hiili-11:a käyttöä suunnitellaan aivojen kuvantamiseen etenkin neurologisissa tutkimuksissa. (Hakulinen ja Mali 2016.)

6. Miten radioaktiivinen happi-15 otetaan käyttöön?

Syklotronibunkkerista on rakennettu lyijytetty maan alla kulkeva siirtolinja, joka menee päärakennuksen alapuolelle ja sieltä kuvaushuoneeseen. Radiovesi tuotetaan bunkkerissa, josta se siirretään lyijytettyä linjaa pitkin vesihöyrynä suoraan kuvaushuoneen vesigeneraattorille, kun potilaan annosta kerätään. Potilas on periaatteessa letkulla kiinni syklotronissa, jonka kautta tutkimuksessa käytettävä radiovesiannos injisoidaan potilaaseen. (Hakulinen ja Mali 2016.)

7. Paljonko radiolääkkeen hinta laskee, kun tuotanto on omissa käsissä?

Kustannusvaikutus pitkällä aikavälillä tulee olemaan merkittävä, radiolääkkeiden tuotanto voi olla tulevaisuudessa jopa 20–40% halvempaa. Nykyisin rahaa kuluu radiolääkkeisiin noin puoli miljoonaa euroa vuodessa. 18-FDG:n tuottaminen omalla syklotronilla on edullisempaa, koska kustannukset eivät ole riippuvaisia siitä kuinka paljon aktiivisuutta tuotetaan esim. 10 annoksen ja 30 annoksen kustannus on sama. Iso 18-FDG:n kustannuksiin vaikuttava tekijä on myös se, että sitä aletaan toimittaa tulevaisuudessa Joensuun ja Jyväskylän keskussairaaloihin, jolloin radiolääkkeen hinta jyvittyy useammalle potilaalle ja kustannus KYS:lle alenee. (Hakulinen ja Mali 2016.)

LIITE 5: SISÄLLÖNANALYYSIN TAULUKKO

TAULUKKO 3. Sisällönanalyysitaulukko.

HAASTATTELUN TEEMA	HAASTATTELUN VASTAUKSET	POSTERIIN NOSTETTAVAT ASIAT
Kuopion yliopistolliseen sairaalaan hankittu syklotroni	Syklotroni on hankittu General Electric Healthcarelta (Pettrace 860) ja se on radionuklidien tuotantoon optimoitu syklotroni.	Pettrace 860, radionuklidien tuotantoon optimoitu syklotroni.
Syklotronilla valmistettavat radionuklidit	Syklotronilla valmistettavia radionuklideja ovat happi-15, hiili-11, gallium-68, fluori-18 sekä lisäksi tulevaisuudessa mahdollisesti typpi-13.	Syklotronilla kuvantamiskäyttöön valmistettavia radionuklideja ovat gallium-68, happi-15, hiili-11 ja fluori-18. Tulevaisuudessa mahdollisesti typpi-13.
Kuopion yliopistollisessa sairaalassa tehtävien PET-tutkimusten määrä nyt ja PET-tutkimusten määrä tulevaisuudessa	Tällä hetkellä PET-tutkimuksia tehdään noin 1000 kappaletta vuodessa. Arvion mukaan radionuklidituotannon seurauksena PET-TT-tutkimusten määrä tulee kasvamaan, erityisesti eturauhassyövän kuvantaminen Gallium-68:n avulla tulee lisääntymään. Lisäksi mahdollisuus 18-FDG:n avulla tehtäviin PET-TT-päivystyskuvauksiin nostaa tutkimusmääriä.	PET-TT-kuvausten määrä nousee tulevaisuudessa.
Syklotronin hankinnan vaikutus nykyisten radionuklidien hankintaan	Syklotronin käyttöönoton seurauksena 18-FDG:n tuonti Helsingistä loppuu. Lisäksi pystytään valmistamaan hiiltä, happea ja galliumia, jota ei ollut aiemmin saatavissa.	
Uusien radiolääkkeiden käyttöönotto ja niiden mahdollistamat tutkimukset	Gallium-68:a aiotaan käyttää neuroendokriinisten tuumorien havaitsemiseen Ga-68-DOTA-DOC-radiolääkkeellä ja eturauhassyövän kuvantamiseen Ga-68-PSMA-radiolääkkeellä.	Neuroendokriinisten tuumoreiden kuvantaminen Ga-68-DOTANOC:lla, eturauhassyövän kuvantaminen Ga-68-HBED-CC ligandilla ja sydänperfuusion tutkiminen [O-

Happi-15:a aiotaan käyttää radioaktiivisena vetenä ($[O-15]H_2O$) pääasiassa sydänperfuusion tutkimisessa. Hiili-11:a käyttöä suunnitellaan aivojen kuvantamiseen etenkin neurologisissa tutkimuksissa.

$^{15}H_2O$:lla. Hiili-11:n käyttötarkoitukset eivät ole vielä selvillä.

Radioaktiivisen happi-15 käyttöönotto

Syklotronibunkkerista on rakennettu lyijytetty maan alla kulkeva siirtolinja, joka menee päärakennuksen alapuolelle ja sieltä kuvaushuoneeseen. Radiovesi tuotetaan bunkkerissa, josta se siirretään lyijytettyä linjaa pitkin vesihöyrynä suoraan kuvaushuoneen vesigeneraattorille, kun potilaan annosta kerätään.

Radiolääkkeen hinta uudessa tuotannossa

Nykyisin rahaa kuluu radiolääkkeisiin noin puoli miljonna euroa vuodessa. Kustannusvaikutus pitkällä aikavälillä tulee olemaan merkittävä, radiolääkkeiden tuotanto voi olla tulevaisuudessa jopa 20–40% halvempaa.



SAVONIA

Uudet PET-TT radiolääkkeet Kuopion yliopistollisessa sairaalassa Posteri

Heidi Korhonen ja Matti Karhu

**Savonia-ammattikorkeakoulu Terveysala Kuopio,
Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma**

Sisältö

Tuotoksen kuvaus.....	3
Posteri.....	4
Lähteet.....	5

Tuotoksen kuvaus

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Kuopion yliopistollisen sairaalan Kliinisen fysiologian ja isotooppi lääketieteen yksikön sekä Savonia-ammattikorkeakoulun Terveysala Kuopion yksikön Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelman kanssa. Toiminnallisen opinnäytetyön tuotoksena syntyi posterit helmikuussa 2015. Posterin aiheena oli uudet PET-TT-radiolääkkeet Kuopion yliopistollisessa sairaalassa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli asiantuntijahaastattelun ja kirjallisuuskatsauksen avulla tuottaa ammatillinen posterit röntgenhoitajaopiskelijoille sekä muille alasta ja koulutuksesta kiinnostuneille. Posterissa kerrotaan Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronin myötä käyttöön otettavista uusista PET-TT-radionuklideista ja radiolääkkeistä sekä niiden kuvantamiskäyttökohteista. Posterin sisältämää tietoa voidaan hyödyntää tulevaisuudessa opetuksessa, minkä avulla voidaan lisätä röntgenhoitajaopiskelijoiden sekä muiden terveydenhuollon ammattilaisten tietämystä syklotronilla tuotettavista radionuklideista ja niiden tuomista mahdollisuuksista PET-TT-kuvantamiseen.

Posterista pyrittiin tekemään selkeä ja helposti luettava informatiivinen kokonaisuus. Posterin yläosassa on työn johdanto, jossa kerrotaan molekulaarisesta kuvantamisesta sekä Kuopion yliopistollisessa sairaalassa syklotronilla tuotetuista radionuklideista. Johdannon vieressä on KYS:n syklotronin kuva, jonka sisältö kerrotaan kuvatekstissä. Posterissa radionuklidit ja lääkkeet on ryhmitelty erivärisiin taustasta erottuviin laatikoihin. Radionuklidit ovat posterin vasemmassa laidassa ja radiolääkkeet sekä niiden kuvantamistarkoitukset oikealla. Posterin alareunassa on Savonia-ammattikorkeakoulun ja KYS:n logo, tekijöiden nimet sekä lähteet. Posterin koko on A0, eli mitoiltaan se on 1189 mm x 841 mm.

Posteri

UUDET PET-TT-RADIOLÄÄKKEET

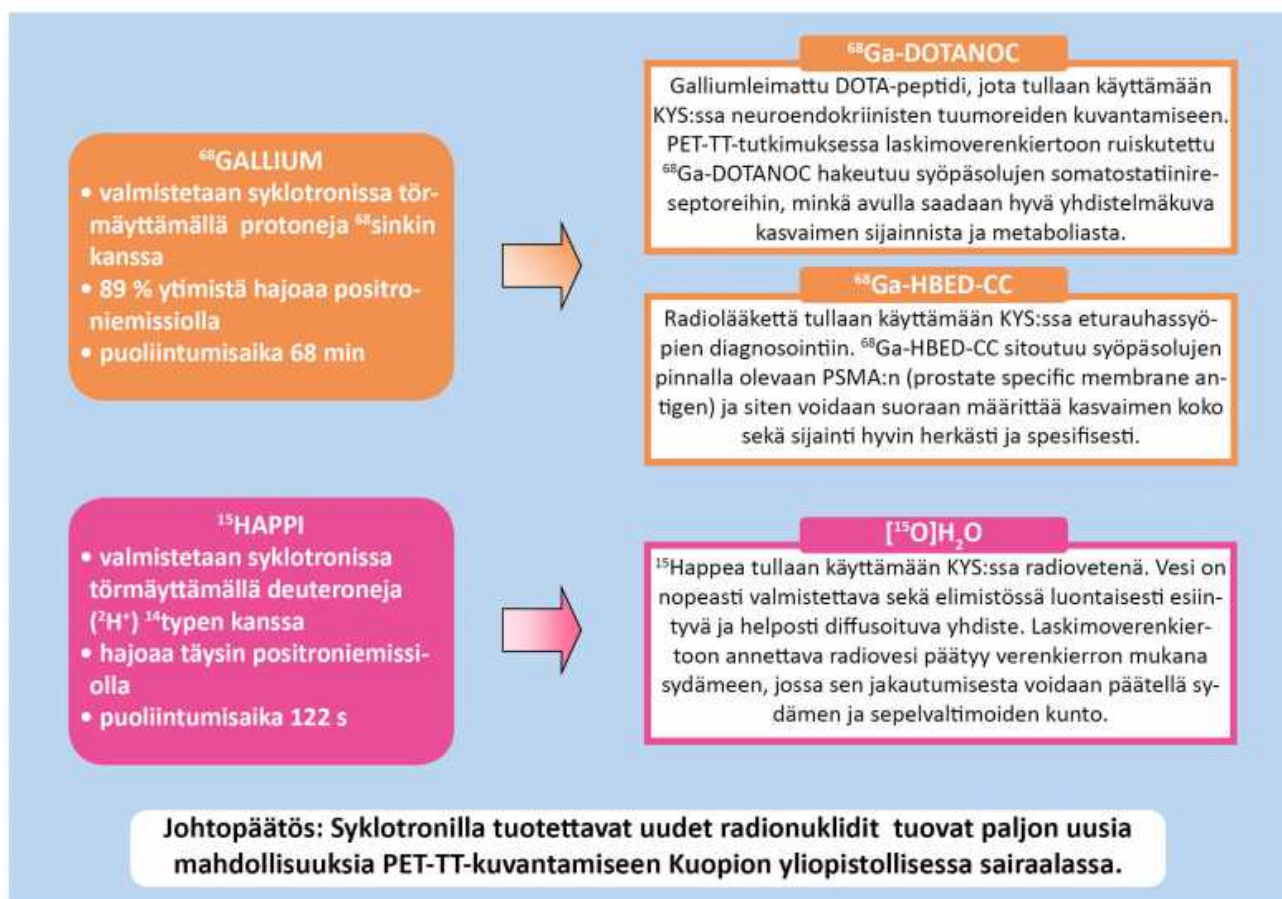
Kuopion yliopistollisessa sairaalassa

PET-TT on hybridikuvausmenetelmä, jolla saadaan tietoa potilaan aineenvaihdunnasta ja anatomiasta yhdistämällä PET-kuva TT-kuvaan. PET-TT-kuvantamisessa käytetään syklotronilla tuotettuja ja lyhytikäisiä radionuklideja.

Kuopion yliopistollisen sairaalan syklotronilla tuotetaan ¹⁵happea, ¹¹hiiltä, ⁶⁸galliumia, ¹⁸fluoria ja tulevaisuudessa mahdollisesti ¹³tyyppiä. Uusina radionuklideina kuvantamisvalikoimaan tulevat ¹⁵happi, ⁶⁸gallium ja ¹¹hiili, mutta ¹¹hiilen kuvantamistarkoituksista ei ole vielä päätetty.



PETTRACE 860 SYKLOTRONI. Syklotroni on hiukkaskiihdytin, jolla voidaan tuottaa positroniemiisillä hajoavia protonirikkaita radionuklideja törmäyttämällä kiihdytettyjä deuteroneja (8,4 MeV) tai protoneja (16 MeV) vakaiden alkuaineiden kanssa.



Tekijät: Matti Karhu ja Heidi Korhonen TR145



Lähteet: AFSHAR-OROMIEN, Afi, AVTZI, Eleni, GIESEL, Friedrik L., HOLLAND-LEITZ, Tim, LINHART, Heinz G., EDER, Matthias, EISENHUT, Michael, BOKLER, Stefan, HADASCHIK, Boris A., KRA-TOCHWIL, Clemens, WEICHERT, Wilko, KOPKA, Klaus, DEBUS, Jürgen ja HABERKORN, Uwe. 2015. The diagnostic value of PET/CT imaging with the 68Ga-labelled PSMA ligand HBED-CC in the diagnosis of recurrent prostate cancer. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 42 (2). Springer. 197-209. HAKULINEN, Miiko ja MALI, Antti. 2016-01-18. Sairaala-fyysikko ja kemisti. [Haastattelu.] Kuopio: Kuopion yliopistollinen sairaala. KNAAPEN, P., DE HAAR, S., HIDEKSTRA, O. S., HALBMEIER, R., APPELMAAN, Y. E., GROOTHUIS, J. G. J., COMANS, E. F., MEIJERINK, M. R., LANMERTSMA, A. A., LUBBERINK, M., GÖTTE, M. J. W. ja VAN ROSSUM, A. C. 2010. Carillac PET-CT: advanced hybrid imaging for the detection of coronary artery disease. *Netherlands Heart Journal* 18 (2). Springer. 93-98. MALI, Antti. 2016-02-10. Radionuklideista valmistettavat radiolääkkeet. [Sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Heidi Korhonen. Saatavissa: Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu; MAXWELL, Jessica E ja HOWAT James R. 2015. Imaging in neuroendocrine tumours: an update for the clinician. *International Journal of Endocrine Oncology* 2 (2). Future Medicine. 159-168. NATIONAL CANCER INSTITUTE THESAURUS. 2015. Gallium Ga 68-DOTANOC. [Verkko sivu]. Viitattu 2016-03-11. Saatavissa: https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser/ConceptReport.jsp?dictionary=NCI_Thesaurus&version=36.01d&no=NCI_Thesaurus&code=C74034. SINISALO, Juha ja VIITANEN, Kari S. 2005. Sytänlaskoksen perfuusion gamma-kuvauus. *Läsketehteen aikakauskirja Duodecim* 121 (1). Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 62-70. VELIKHAN, Hina. 2014. Prospective of 68Ga-Radiopharmaceutical Development. *Theano8ics* 4 (1). Ilyspring. 47-80. VÄLIMÄKI, Azzetti J., AROLA, Jonanna. 2015. Kuvantamistekniikan ja haiman neuroendokriiniset kasvaimet. *Lääketehteen aikakauskirja Duodecim* 127 (15). Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 1549-51. WEBER, Justus, HABERKORN, Uwe ja MIER, Walter. 2015. Cancer Stratification by Molecular Imaging. *International Journal of Molecular Sciences* 16 (3). 4918-46.

Lähteet

AFSHAR-OROMIEH, Ali, AVTZI, Eleni, GIESEL, Frederik L., HOLLAND-LETZ, Tim, LINHART, Heinz G., EDER, Matthias, EISENHUT, Michael, BOXLER, Silvan, HADASCHIK, Boris A., KRATOCHWIL, Clemens, WEICHERT, Wilko, KOPKA, Klaus, DEBUS, Jürgen ja HABERKORN, Uwe 2015. The diagnostic value of PET/CT imaging with the ⁶⁸Ga-labelled PSMA ligand HBED-CC in the diagnosis of recurrent prostate cancer. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* **42** (1). Springer. 197-209.

HAKULINEN, Mikko ja MALI, Antti 2016-01-18. Sairaalfyysikko ja -kemisti. [Haastattelu.] Kuopio: Kuopion yliopistollinen sairaala.

KNAAPEN, P., DE HAAN, S., HOEKSTRA, O. S., HALBMEIJER, R, APPELMAN, Y.E., GROOTHUIS, J. G. J, COMANS, E. F., MEIJERINK, M. R., LAMMERTSMA, A. A., LUBBERINK, M. GÖTTE, M. J. W. ja VAN ROS-SUM, A. C: 2010. Cardiac PET-CT: advanced hybrid imaging for the detection of coronary artery disease. *Netherlands Heart Journal* **18** (2). Springer. 90-98.

MALI, Antti 2016-02-10. Radionuklideista valmistettavat radiolääkkeet. [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Heidi Korhonen. Saatavissa: Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu.

MAXWELL, Jessica E. ja HOWE James R. 2015. Imaging in neuroendocrine tumors: an update for the clinician. *International Journal of Endocrine Oncology*. **2** (2). Future Medicine. 159-168.

NATIONAL CANCER INSTITUTE THESAURUS 2015. Gallium Ga 68-DOTANOC. [Verkkosivu]. [Viitattu 2016-02-11]. Saatavissa:

https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser/ConceptReport.jsp?dictionary=NCI_Thesaurus&version=16.01d&ns=NCI_Thesaurus&code=C74034

SINISALO, Juha ja VIRTANEN, Kari S. 2005. Sydänlihaksen perfuusion gammakuvaus. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* **121** (1). Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 62–70.

VELIKYAN, Irina 2014. Prospective of ⁶⁸Ga-Radiopharmaceutical Development. *Theranostics* **4** (1). Ivyspring. 47–80.

VÄLIMÄKI, Antti j., AROLA, Johanna 2015. Ruoansulatuskanavan ja haiman neuroendokriiniset kasvaimet. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* **127** (15). Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 1549–51.

WEBER, Justus, HABERKORN, Uwe ja MIER, Walter 2015. Cancer Stratification by Molecular Imaging. *International Journal of Molecular Sciences* **16** (3). 4918-46.