



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Jenny Heinonen  
Hanna-Leena Järvinen  
Helena Tuhkanainen

## Verkko-oppimateriaali isotooppi- tutkimuksista

Opinnäytetyö

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja AMK

Radiografia ja sädehoito

6.5.2019

Tekijät Otsikko	Jenny Heinonen, Hanna-Leena Järvinen ja Helena Tuhkanen Verkko-oppimateriaali isotooppitutkimuksista
Sivumäärä Aika	28 sivua 6.5.2019
Tutkinto	Röntgenhoitaja AMK
Tutkinto-ohjelma	Radiografia ja sädehoito
Suuntautumisvaihtoehto	Radiografia ja sädehoito
Ohjaajat	tutkintovastaava Sanna Törnroos lehtori Heidi Varonen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa verkko-oppimateriaalia isotooppitutkimuksista Metropolia Ammattikorkeakoululle, joka oli opinnäytetyömme toimeksiantaja. Opinnäytetyön tavoitteena oli, että materiaalia voidaan hyödyntää röntgenhoitajaopiskelijoiden Potilas isotooppitutkimuksissa ja -hoidoissa -opintojaksolla. Pyrimme luomaan selkeän ja yhtenäisen oppimateriaalin, jota röntgenhoitajaopiskelija voi käyttää varsinaisen materiaalin lisäksi esimerkiksi itseopiskeluun sekä harjoitteluun valmistautumiseen.</p> <p>Opinnäytetyömme toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä. Oppimateriaalin sisällön rajasimme yleisimpiin isotooppitutkimuksiin sekä perustietoon laitteistosta. Tietoperusta kerättiin artikkeleista, kirjallisuudesta sekä HUS:n tutkimusohjeista, minkä lisäksi kävimme valokuvaamassa isotooppiyksikössä. Hyödynsimme ottamiamme valokuvia sekä hakemiamme muita kuvia verkkolähteistä tukemaan verkko-oppimateriaaliamme.</p> <p>Toiminnallisen opinnäytetyön tuotoksena tehtiin verkko-oppimateriaali Moodle-oppimisalustalle. Materiaalissa käydään läpi yleisimmät käsitteet liittyen isotooppitutkimuksiin, minkä lisäksi materiaalissa käsitellään hybridikuvantamisen laitteistoa, vartijaimusolmukkeen gammakuvausta, koko kehon aineenvaihdunnan PET-TT-tutkimusta, sydänlihasperfuusiota ja luuston gammakuvausta. Näiden lisäksi oppimateriaali sisältää testaa tietosi -osion. Tuottamamme materiaalin arvioinnin tueksi pyysimme isotooppiyksikössä työskentelevää hoitajaa sekä juuri isotooppiopintojakson suorittaneita oppilaita kommentoimaan tuottamaamme materiaalia.</p> <p>Verkko-oppimateriaalimme toimii Potilas isotooppitutkimuksissa ja -hoidoissa -opintojaksoa suorittavien röntgenhoitajaopiskelijoiden oppimisen tukena. Materiaalia voidaan hyödyntää lähiopetuksessa tai itsenäisessä opiskelussa verkon kautta. Opinnäytetyön ansiosta pääsimme kehittämään omaa ammatillista osaamistamme isotooppitutkimuksista. Jatkotutkimusaiheena voisi selvittää kuinka röntgenhoitajaopiskelijat hyödyntävät verkko-oppimateriaaleja opinnoissaan.</p>	
Avainsanat	isotooppitutkimukset, isotooppilääketiede, pedagogiikka, verkko-oppimateriaali

Authors Title	Jenny Heinonen, Hanna-Leena Järvinen and Helena Tuhkalainen E-learning Material from Nuclear Medicine Examinations
Number of Pages Date	28 pages 6 May 2019
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Radiography and Radiotherapy
Specialisation option	Radiography and Radiotherapy
Instructors	Sanna Törnroos, Head of Degree Programme Heidi Varonen, Senior Lecturer
<p>The purpose of our thesis was to produce online learning material from nuclear medicine examinations to Metropolia University of Applied Sciences, Helsinki, Finland, which was the sponsor of our thesis. The aim of the thesis was that our produced material could be utilized in the education for radiographer students. We wanted to create clear and unified learning material that radiographer students can use in addition to material of Metropolia University of Applied Sciences, for example for self-study and to prepare oneself for practical trainings.</p> <p>Our thesis was carried out as a functional thesis. The content of the study material was limited to the most common nuclear medicine examinations performed in Finland and basic information about the subject. The knowledge base was collected from articles, literature and research guidelines of HUS Helsinki University Hospital. We also visited nuclear medicine unit and took photographs for our e-learning material.</p> <p>As an output of the thesis we created e-learning material which was transferred to learning platform Moodle. The material includes the most common concepts of nuclear medicine examinations, basic information about the equipment, bone scintigraphy, sentinel node lymphoscintigraphy, whole body metabolism PET-CT and myocardial perfusion gamma imaging. In addition to these, the study material includes a part where the student can test his/her knowledge about nuclear medicine examinations. In order to support the evaluation of our material, we asked a radiographer working in the nuclear medicine unit and students who had just completed the nuclear medicine examinations course to give comments about the material we had produced.</p> <p>With this thesis we were able to develop our own professional expertise in the field of nuclear medicine examinations. In the follow-up of this thesis it could be investigated how radiographer students utilize e-learning materials in their studies.</p>	
Keywords	nuclear medicine examinations, nuclear medicine, pedagogy, e-learning material

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja kehittämistehtävä	2
3	Isotooppitutkimusten perusteita	2
3.1	Radiolääkkeet	3
3.2	Gammakamera, SPET ja PET	4
3.3	Hybridikuvantaminen	5
4	Yleisimmät isotooppitutkimukset Suomessa	6
4.1	Luuston gammakuvaus	7
4.2	Vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvauksella	9
4.3	Koko kehon aineenvaihdunnan PET-TT	11
4.4	Sydänlihasperfuusion gammakuvaus levossa ja rasituksessa	12
5	Isotooppitutkimusten opinnot	14
6	Verkko-oppimateriaali oppimisen muotona	15
7	Opinnäytetyöprosessi	16
7.1	Toiminnallinen opinnäytetyö	16
7.2	Tiedonhaku	16
7.3	Opinnäytetyön toteutusaikataulu	17
7.4	Oppimateriaalin tuottaminen	18
8	Pohdinta	20
8.1	Eettisyys ja luotettavuus	21
8.2	Verkko-oppimateriaalin arviointi	22
	Lähteet	24

## 1 Johdanto

Lääketiede ja teknologia kehittyvät jatkuvasti. Viimeisten 15 vuoden aikana isotooppilääketiede on edistynyt nopeasti ja esimerkiksi PET-tutkimusten merkitys on kasvanut yhtenä ihmiselimistön tutkimusmenetelmänä. (Sovijärvi – Hartiala – Knuuti – Laitinen – Malmberg 2018.) Fuusio- ja hybridikuvantamismenetelmät lisääntyvät ja eri ammattiryhmien välisen yhteistyön merkitys kasvaa. Suomessa isotooppilääketiede ja kliininen fysiologia on yhdistetty omaksi erikoisalakseen, mutta alojen rajat ovat hämärtyneissä. (Knuuti – Kajander 2017a.)

Isotooppitutkimuksessa potilas saa lääkeainetta, joka on leimattu pienellä määrällä radioaktiivista ainetta. Yleisimmin lääkeaine annetaan laskimoon ja verenkierron kuljettamana se hakeutuu haluttuun elimeen tai kudokseen. Kohde-elimessä tai -kudoksessa radioaktiivinen aine lähettää hajoamisen seurauksena gammasäteilyä. Tätä säteilyä kuvataan gammasäteilyä havaitsevalla gamma-, SPET- tai PET- kameralla. (STUK – Lääketieteellinen radioisotooppiyhdistys ry 2017.)

Suomeen hankittiin ensimmäinen PET-kamera vuonna 1989 ja ensimmäinen PET-TT vuonna 2005. Nykyään Suomen kaikissa yliopistollisissa sairaaloissa ja suurimmissa keskussairaaloissa on oma PET-TT. Se korvaa pelkän PET-laitteen diagnostisena laitteena. Myös SPET-TT-laitteet ovat yleistyneet viimeisen kymmenen vuoden aikana isotooppilaboratorioissa ympäri Suomen. Turun PET-keskukseen on hankittu myös ensimmäisenä Suomessa vuonna 2011 PET-MK-laite. (Knuuti – Kajander 2017a.)

Yleisimmät isotooppitutkimukset Suomessa vuonna 2012 Säteilyturvakeskuksen mukaan olivat luuston gammakuvaus, vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvausella, koko kehon aineenvaihdunnan laaja PET-TT, yläkehon aineenvaihdunnan PET-TT ja sydänlihasperfuusion gammakuvaus levossa ja rasituksessa, edellä mainitussa järjestyksessä yleisimmästä aloittaen. (STUK 2015.)

Metropolia Ammattikorkeakoulun isotooppiopinnot ovat laajuudeltaan viisi opintopistettä. Opinnot kuuluvat pakollisiin opintoihin radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelmassa. Isotooppiopinnot koostuvat luennoista, ohjatuista harjoituksista, opintokäynnistä sekä tentistä. Osa opinnoista suoritetaan itsenäisesti Moodle-verkko-oppiympäristössä.

Opinnäytetyömme aiheena on tehdä verkko-oppimateriaalia isotooppitutkimuksista. Oppimateriaalin sisältö painottuu isotooppitutkimusten perusteisiin, isotooppiyksikön laitteen esittelyyn ja yleisimpiin isotooppitutkimuksiin. Tavoitteena opinnäytetyössä on, että materiaalia voidaan hyödyntää röntgenhoitajaopiskelijoiden isotooppitutkimusten opetuksessa Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Olemme harjoitelleet tiedonhakua ja lähdekritiikkiä opintojemme aikana, ja näitä taitoja hyödynnämme myös oppimateriaalin tuottamisessa.

## **2 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja kehittämistehtävä**

Opinnäytetyömme tarkoituksena on tuottaa verkko-oppimateriaalia isotooppitutkimuksista Metropolia Ammattikorkeakoululle. Oppimateriaalista pyritään saamaan yhtenäinen ja selkeä kokonaisuus, josta röntgenhoitajaopiskelija saa kattavan yleiskuvan siitä, millaisia yleisimmät isotooppitutkimukset ovat.

Opinnäytetyön tavoitteena on, että materiaalia voidaan hyödyntää röntgenhoitajaopiskelijoiden isotooppitutkimusten opetuksessa Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Tämän lisäksi me itse saamme opinnäytetyötä tehdessämme kehittää ammatillista osaamistamme isotooppitutkimuksista.

Tässä opinnäytetyössä kehittämistehtävänäme on selvittää, minkälaista osaamista röntgenhoitajaopiskelijan tulee saada isotooppitutkimusten opintojaksosta.

Moodle-työtila on ollut käytössä isotooppitutkimusten opintojaksolla ennen opinnäytetyötämme. Moodlessa opintojakson sisältöä on opiskeltu videonauhoitteiden, PowerPointesitysten sekä erilaisten linkkien kautta. Opinnäytetyömme vastaa tarpeeseen selkeämmästä ja yhtenäisemmästä oppimismateriaalista. Luomme materiaalin, jota röntgenhoitajaopiskelija voi käyttää esimerkiksi itseopiskeluun ja harjoitteluun valmistautumista varten.

## **3 Isotooppitutkimusten perusteita**

Isotooppilääketiede on erikoisala lääketieteessä, jossa käytetään radioaktiivisia aineita sairauksien tutkimiseen ja hoitoon. Isotooppitutkimuksien merkittävin ero muihin kuvantamismenetelmiin on se, että niillä voidaan selvittää elimistön toiminnallisia ja aineenvaihdunnallisia muutoksia (fysiologiaa), muiden menetelmien kuvatessa pääsääntöisesti

elimistön rakennetta (anatomiaa). (Korpela 2004.) Luustokartoitus, jossa selvitetään syövän levinneisyyttä, on tyypillinen isotooppitutkimus. Teknetium on yleisin isotooppi, jota käytetään näissä tutkimuksissa. Se on helppo sitoa muihin aineisiin eikä sen vaikutus kestä niin pitkään elimistössä kuin muiden isotooppien. (Mustajoki – Kaukua 2008; Koskinen – Savolainen 2003.)

Isotoopit ovat alkuaineiden eri muotoja, jotka eroavat toisistaan neutronien lukumäärän perusteella. Yhdellä alkuaineella voi olla siis monta eri muotoa. Osassa näistä isotoopeista tapahtuu radioaktiivista hajoamista itsestään eli ne vapauttavat säteilyä. Sitomalla tai yhdistämällä isotooppi muihin aineisiin saadaan se ohjautumaan elimistössä haluttuun kuvauskohteeseen. (Mustajoki – Kaukua 2008; Koskinen – Savolainen 2003.)

Yleisin tapa antaa isotooppeja on suonensisäisesti. Isotooppitutkimuksessa potilas saa tavallisimmin kyynärvarren laskimoon injektiona pienen määrän radioaktiivista lääkeainetta. Lääkeaine hakeutuu verenkierrosta haluttuun kudokseen tai elimeen. Kudoksessa tai elimessä lääkeaineessa oleva radioaktiivinen aine hajoaa ja samalla se lähettää gamma-säteilyä. Tätä säteilyä kuvataan gamma-, SPET- tai PET-kameralla. (STUK – Lääketieteellinen radioisotooppiyhdistys ry 2017.) Yhdestä kuvasta voidaan selvittää isotoopin jakautumista ja useammasta kuvasta nähdään isotoopin liikkumisnopeutta kuvauskohteen läpi. Tästä pystytään päättämään muun muassa kuvauskohteen toimintaa. (Mustajoki – Kaukua 2008; Koskinen – Savolainen 2003.) Itse kuvauslaitteisto ei tuota säteilyä (Knuuti – Kajander 2017a).

Säteilyannos isotooppitutkimuksissa on niin pieni, että niistä ei ole todettu olevan haittaa. Laitteet ovat todella herkkiä ja ne pystyvät mittaamaan erittäin pieniä säteilymääriä. (Mustajoki – Kaukua 2008.) Terveystieteiden tutkimusten piirissä työskentelevistä suurimmille säteilyannoksille altistuvat isotooppiosastolla työskentelevät henkilöt (Nassef – Kinsara 2017). Tämän vuoksi säteilynsuojelu on erityisen tärkeässä osassa isotooppiosastolla. Työntekijät täytyy kouluttaa ja opastaa työtehtäviinsä asianmukaisesti sekä kertoa heille työhön liittyvistä terveysriskeistä (Säteilylaki 1142/1998 § 36).

### 3.1 Radiolääkkeet

Radiolääkkeellä tarkoitetaan radioaktiivisia lääkevalmisteita, joissa lääkeaineeseen on liitetty radionuklidi, joka säteilee radioaktiivisen hajoamisen takia. Farmakologista vaikutusta radiolääkkeellä ei ole, koska radiolääkkeen sisältämä radiolääkeaine on hyvin

pieni. Kuten muutkin lääkkeet myös radiolääke on steriili ja puhdas. Potilaalle yksilötasolla radiolääkkeen aiheuttama sädeannos ei ole riski. (Bergström – Någren 2003a: 29.) Toimintaa isotooppiyksikön radiofarmasian laboratorioissa ohjaa lääkeainelaki ja säteilylaki (Korpela 2004).

Lääketieteessä käytettäviä isotooppeja valmistetaan ydinreaktoreissa tai hiukkaskiihdytimissä (Mustajoki – Kaukua 2008). Esimerkiksi  $^{99}\text{Mo}$ , jota käytetään teknetiumgeneraattorissa, tuotetaan säteilyttämällä molybdeenin isotooppia 98 tai uraanin isotooppia 235 ydinreaktorissa (Korpela 2004). Suurin osa käytettävistä radiolääkkeistä on  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -radio-lääkkeitä, koska teknetiumilla on hyviä ominaisuuksia kuten säteilyominaisuudet ja hyvä saatavuus. Sitä saadaan teknetiumgeneraattorista ( $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) eluoimalla.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -radio-lääkeaine saadaan käyttökuntoon yksinkertaisesti sairaalassa, yhdistämällä generaattorista saatu eluaatti, natriumperteknetaattiliuos ( $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ ), sekä ei-radioaktiivinen radiolääkeaineampulli. (Bergström – Någren 2003a: 29.)  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  on  $^{99}\text{Mo}$ :n tytärnuklidi (Korpela 2004).

Isotooppitutkimuksissa käytettävien radionuklidien tulee täyttää useita vaatimuksia ja vain pieni osa tunnetuista radionuklideista täyttää nämä vaatimukset (esimerkiksi ei liian pitkäikäinen, ei liian lyhyt puoliintumisaika, läpäisemätön säteily tulisi olla pientä ja läpäisevä säteily sellaista, että sen pystyy havaitsemaan helposti käytettävällä laitteistolla). Vuonna 2000 Suomessa käytettiin 16 eri radionuklidia isotooppitutkimuksissa, mutta suurin osa (84 prosenttia) tutkimuksista tehtiin  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ :llä. (Korpela 2004.)

### 3.2 Gammakamera, SPET ja PET

Gammakameralla kuvataan potilaalle annetun merkkiaineen säteilyä, jolloin nähdään, mihin merkkiaine on kertynyt. Gammakamerassa on nykyään yleensä kaksi ilmaisinta, joiden avulla potilasta voidaan kuvata esimerkiksi vastakkaisista suunnista tai ilmaisimet toisiinsa nähden 90 asteen kulmassa. Ilmaisimet saadaan halutessa myös pyörimään potilaan ympäri, jolloin kuvasta saadaan kolmiulotteinen SPET-kuva (Single Photon Emission Tomography). (Sovijärvi ym. 2018.) Kuvasta nähdään aktiivisuusjakauma ja SPET:stä onkin aina hyötyä, kun kolmiulotteisella muodolla on merkitystä, esimerkiksi sydämen tai aivojen kuvaamisessa. SPET eli yksifotoniemissiotomografia on tarkempi kuin perinteinen tasokuvaus, mutta haittana on pidempi kuvausaika. Yleisin gammakuvaus ja SPET-tutkimuksessa käytetty radioaktiivinen isotooppi on  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ .



Se tuotetaan viikoittain uusittavalla generaattorilla ja sen puoliintumisaika on noin 6 tuntia. Myös  $^{111}\text{indium}$  ja  $^{123}\text{jodi}$  ovat yleisessä käytössä. (Knuuti – Kajander 2017a.)

PET eli positroniemissiotomografia on isotooppikuvausmenetelmä, jolla voidaan tutkia ihmiskehon biokemiallisia ja fysiologisia toimintoja. PET-kameroissa on positronisäteileviä isotooppeja. Positroni on vastahiukkanen elektronille ja positronisäteilevän nuklidin hajotessa vapautunut positroni kohtaa nopeasti väliaineessa elektronin. Kohtaamisen jälkeen elektroni hajoaa kahdeksi gammakvantiksi, jotka kulkevat vastakkaisiin suuntiin toisiinsa nähden. Renkaan muotoisessa PET-kamerassa detektorit lukevat näitä tapahtumia ja niiden pohjalta rakennetaan rekonstruoitu kolmiulotteinen volyyymikuva, joka kertoo merkkiaineen jakautumisen kehoon. Uusissa PET-kameroissa detektorit ovat digitaalisia ja menetelmä on perinteistä gammakuvausta tarkempi sekä herkempi. Yleisimmin PET-tutkimuksissa käytetään  $^{18}\text{fluorilla}$  leimattua fluorideoksiglukoosia (FDG). (Hogg – Testanera 2010; Kemppainen – Tuokkola 2018: 292.)

SPET- ja PET-menetelmillä pystytään myös kuvaamaan molekyyli-tason muutoksia, joten usein puhutaan myös molekyylikuvantamisesta. Tällä tarkoitetaan molekyyli-tason tapahtumien kuvaamista ja se vaatii oman erityisen merkkiaineensa sekä laitteistolta suurta herkkyyttä signaalin havaitsemiseen. Paikanerotuskyky ei ole yhtä hyvä kuin tietokonetomografiassa tai magneettikuvauksessa; SPET:n kliininen paikanerotuskyky on 5–10 mm ja PET:n 2–6 mm. (Knuuti – Kajander 2017a.)

### 3.3 Hybridikuvantaminen

Trendinä on yhä useammin uudentyyppinen isotooppikuvantaminen eli hybridikuvantaminen, jossa gamma- tai PET-kameraan yhdistetään tarkkaa anatomista tietoa antava kuvantamislaitte, kuten TT-laitte. Myös PET-MK-laitteita on tulossa käyttöön. (Knuuti – Kajander 2017a.) TT eli tietokonetomografia on tekniikka, joka käyttää röntgensäteilyä kuvan muodostamiseen. Tällä tekniikalla saadaan hyvälaatuista leikekuvaa anatomista. (Hogg – Testanera 2010.)

Jos isotooppitutkimuksen yhteydessä tehdään TT-kuvaus, sen tarkoituksena voi olla vaimennuskorjaus, isotooppitutkimuksessa löytyneen poikkeavan löydöksen paikantaminen ja sen luonteen arviointi sekä diagnoosin tekeminen. Isotooppikuvissa voi esiintyä säteilyn vaimenemisen aiheuttamia vääristymiä, mutta niitä voi kuitenkin korjata TT-kuvauksen mahdollistamalla vaimennuskorjauksella SPET-TT ja PET-TT laitteissa. TT-ku-

van HU-yksiköt muutetaan vastaamaan SPET- tai PET-kuvauksessa käytettyjen radionuklidien energiaa. Näin saadaan tehtyä vaimennuskartat ja korjattua kuva. (Kaijaluoto toim. 2016)

SPET-TT:lla saadaan tarkempaa tietoa radioaktiivisen lääkkeen kertymien paikannuksessa. Pelkästä SPET-kuvasta ei aina nähdä kertymän tarkkaa paikkaa ja kohteet saattavat olla lisäksi erittäin pieniä. Tällöin SPET-kuvan perusteella otetaan myös TT-kuva kertymäalueelta. Endokrinologisia indikaatioita SPET-TT:n käytölle ovat esimerkiksi lisäkilpirauhasen kasvaimen paikannus, Cushingin tauti ja lisämunuaiskasvainten selvittely. SPET-TT:n avulla vartijaimusolmukkeet paikantuvat tarkasti. (Kaijaluoto toim. 2016.)

PET-TT edustaa hybridikuvantamista ja on saavuttanut vakiintuneen paikan kliinisessä käytössä. PET-TT onkin osoittautunut paremmaksi muutosten kuvantamisessa kuin PET tai TT yksinään. PET-TT kuva on kuvafuusio kahdesta kuvauksesta, jotka usein tehdäisiin erikseen. (Hogg – Testanera 2010.) PET-TT:n tärkeimpiä käyttökohteita ovat jo todetun syövän pahanlaatuisuuden, levinneisyyden ja hoitovasteen arviointi sekä uusiutumisen toteaminen. Se on käytössä myös sädehoidon suunnittelussa. Muita käyttökohteita ovat esimerkiksi sydänsairauksien, endokriinisten sairauksien, neurologisten sairauksien ja tulehdusten diagnostiikassa. (Knuuti – Kajander 2017b.)

#### **4 Yleisimmät isotooppitutkimukset Suomessa**

Suomessa isotooppitutkimusten ja -hoitojen määrä on ollut kasvussa. Tämä selviää Säteilyturvakeskuksen tekemän kyselyn tietojen pohjalta. Vuonna 2015 isotooppitutkimuksia tehtiin yhteensä 41 739 kappaletta. Tutkimusten lukumäärään ei ole sisällytetty niitä tutkimuksia, joissa on kyseessä lisäkuvaus tai kuvaus on toteutettu isotooppihoidon aktiivisuuden avulla, näitä tutkimuksia lukumäärällisesti oli 3 637. Vuonna 2012 isotooppitutkimuksia oli 40 907, joten pientä kasvua isotooppitutkimusten lukumäärässä on ollut vuoteen 2015. PET-tutkimusten osalta on havaittavissa kasvua: vuoteen 2012 verrattuna ne ovat lisääntyneet 41 prosenttia. Voidaankin siis todeta, että PET-tutkimukset ovat lisääntyneet paljon. Vuonna 2012 PET-tutkimuksia tehtiin kaikissa Suomen sairaaloissa yhteensä 6 354 tutkimusta ja vuonna 2015 8 973 tutkimusta. (STUK 2017; Liukkonen 2017.)

Yleisimmät isotooppitutkimukset vuonna 2015 Suomessa olivat luuston gammakuvaus, vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvauksella, PET-TT yläkehon ja koko kehon aineenvaihdunnan laajatutkimus. (Liukkonen 2017.) Opinnäytetyhömme valikoimme käsiteltäväksi 4 yleisintä isotooppitutkimusta Suomessa vuodelta 2015.

Kuvio 1. 10 yleisintä isotooppitutkimusta Suomessa vuonna 2015. (Liukkonen 2017.)

Tutkimus	Määrä
Luuston gammakuvaus	7 819
Vartijaimusolmukkeen paikantaminen	4 583
Yläkehon aineenvaihdunnan PET-tietokonetomografiatutkimus	2 818
Koko kehon aineenvaihdunnan laaja PET-tietokonetomografiatutkimus	1 923
Sydänlihasperfuusion SPET ja matala-annos-TT levossa ja rasiuksessa	1 893
Munuaistoiminnan gammakuvaus	1 591
Sydämen pumpputoiminnan gammakuvaus	1 476
Aivoreseptoreiden tai kuljettajaproteiinien gammakuvaus	1 256
Sydämen gammakuvaus	1 194
Sydälihasperfuusion gammakuvaus levossa ja rasiuksessa	774

#### 4.1 Luuston gammakuvaus

Luuston gammakuvaus on hyvin yleinen isotooppitutkimus. Tämän tutkimuksen yleisin indikaatio on syövän levinneisyyden kartoitus. Tutkimuksella voidaan myös selvittää luusto- tai lihasperäisiä kipuja, radiologista muutosta tai poikkeavaa laboratorioarvoa tai luustosairautta. Kyseinen tutkimus on hyvin herkkä luuston poikkeavalle lisääntyneelle aineenvaihdunnalle. Hyvin usein muutos näkyy gammakuvauksessa ennen kuin muissa kuvantamismenetelmissä. Toisaalta menetelmä ei ole kovin tarkka, sillä uudisluunmuodostusta saavat aikaan monet tekijät, kuten esimerkiksi luuston erilaiset prosessit, tulehdukset, luustoon kohdistuneet vammat sekä kasvaimet. Kaikki nämä edellä mainitut saavat aikaan samankaltaista poikkeavaa kertymää. (Lantto 2012a: 300; Van den Wyngaert ym. 2016.)

Oikean diagnoosin saamiseksi gammakuvausta tutkimuksena täytyy arvioida tarkasti, sen vuoksi kuvauksessa löydetty poikkeavuus täytyy paikantaa hyvin. Sen lisäksi kertymän merkitystä tulee verrata esitietoihin, kliinisiin löydöksiin sekä aiemmin tehtyihin löytöihin muilla kuvantamismenetelmillä. (Lantto 2012a: 300; Van den Wyngaert ym. 2016.)

Merkkiaineinjektio annetaan potilaalle yleensä laskimoon kyynärtaipeeseen, mutta injektio kohta jää näkyviin usein, joten luonnollisesti tutkittavalle alueelle ei voi antaa injektiota. Aikuisilla merkkiaineen aktiivisuus on 550–800 MBq ja se on riippuvainen siitä, mitä kuvausmenetelmää käytetään, SPET-kuvauksissa aktiivisuus on suurempi. Lasten osalta aktiivisuus määritellään painon mukaan. Lasten kohdalla kuitenkin on käytössä minimiannos 40 MBq, jotta kuvauksella on merkitystä diagnostisesti. Tämän jälkeen potilas odottaa kuvausta 2–4h, jonka aikana olisi suotavaa nauttia nesteitä, jotta virtsaa erittyisi. Tämän ansiosta luun ja pehmytkudoksen välinen ero paranee ja samalla säderasitus potilaalle pienenee. Potilaan tulee tyhjentää virtsarakko ennen tutkimuksen alkua. (Lantto 2012a: 301.)

Kuvaukseen vaikuttaa kollimaattorivalinta, sen reikäkoko ja -tiheys sekä kerättyjen pulsien määrä. Näiden lisäksi myös potilaan ja kollimaattorin välillä oleva etäisyys sekä siironta vaikuttavat. Luustotutkimukseen sopivin kollimaattori on korkeaerotuskykyinen. Kuvauksessa kollimaattori on yleensä kompromissi erotuskyvyn ja kuvausajan välillä, jolla saadaan hyväksyttäviä kuvia. Jos käytettäisiin erotuskyvyltään korkeampia kollimaattoreita tarvittavan pulssimäärän keräämiseen, menisi enemmän aikaa ja sen seurauksena on vaara siihen, että potilas liikkuu ja siten kuvien epätarkkuus lisääntyisi. Paikallisen luumetabolian havaitsemiseen tarvitaan pulssimäärä, joka on riittävän korkea. (Lantto 2012a: 301.)

Luuston gammakuvauksessa on käytetty <sup>99m</sup>Teknetiumilla leimattuja fosfaattiyhdisteitä. Nykyisin kuitenkin suositaan <sup>99m</sup>Teknetiumilla leimattuja difosfonaattiyhdisteitä, sillä niillä on etuja verrattuna aiemmin käytettyihin radiolääkkeisiin, kuten suurempi kertymä luuston sekä nopeampi veripuhdistuma. Laskimoon annetusta injektioista kolmen tunnin kuluessa noin 50 % difosfonaattiannoksesta on kertynyt luustoon ja alle 5 % radiolääkkeestä on enää verenkierrossa. Eniten käytetään <sup>99m</sup>Tc-metyleenidifosfonaattia (MDP) mutta myös hydroksimetyleenidifosfonaattia (HDP) sekä dikarboksipropanidifosfonaattia (DPD). Nämä tuottavat voimakkaamman luustokertymän kuin MDP. Radiolääkeaineiden välillä ei kuitenkaan ole todettu olevan kliinisesti merkittäviä eroja tutkimuksen kannalta. (Lantto 2012a: 300.)

Luuston gammakuvaus voidaan toteuttaa koko kehon kuvauksena, kolmivaiheisena kuvauksena, paikalliskuvina tai SPET-kuvauksena. Tutkimus ei myöskään vaadi esivalmisteluja (HUSb 2018).

Aikaisemmin luuston gammakuvauksessa käytettiin positronisäteilijä  $^{18}\text{F}$  fluoria ( $^{18}\text{F}$ ), jolla on hyvin nopea veripuhdistuma sekä voimakas luustokertymä.  $^{18}\text{F}$  omaa lyhyen puoliintumisaajan (110 min) ja on kallis. Sen vuoksi fosfonaattijohdokset ovat korvanneet sen. (Lantto 2012a: 301.)

Tänä päivänäkään ei tunneta luuston radiolääkekertymän molekulaarisia mekanismeja, mutta verenkierron alueellisuus luustossa vaikuttaa kertymän syntyyn. Verekkäälle alueelle luustossa kerääntyy radiolääke ja vähemmän verekkäälle ei, mutta kertymä ei selity pelkästään verekkyydellä, koska kertymän voimakkuus on usein voimakkaampaa kuin verenkierron perusteella voisi olettaa. Keskeistä onkin siis osteoblastinen aktiivisuus luustossa: kertymä on sitä suurempi mitä voimakkaampi osteoblastinen aktiivisuus siellä vallitsee. (Lantto 2012a: 301.)

#### 4.2 Vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvauksella

Pahanlaatuisten kasvainten leviäminen tapahtuu imuteiden kautta. Siksi on tärkeää saada paikannettua vartijaimusolmuke, eli ensimmäinen imusolmuke, jonka leviävät syöpämetastaasit kohtaavat. Kun vartijaimusolmuke on paikannettu, se saadaan poistettua leikkauksen yhteydessä. Eniten vartijaimusolmuketutkimusta tehdään rintasyövän sekä melanooman yhteydessä. (Lantto 2012b: 339–342; Buscombe ym. 2007.)

Vartijaimusolmukkeiden paikantamisen avulla voidaan leikkaukset toteuttaa säästävinä, jolloin kaikkia imusolmukkeita ei poisteta, mikäli histologinen tutkimus puoltaa sitä. Imusolmukkeiden paikantaminen on tärkeää, sillä imusolmukkeet voivat sijaita hyvinkin eri kohdissa, kuten jopa vastakkaisen rinnan puolella. Näiden imusolmukkeiden paikantaminen onkin taudin ennusteen kannalta tärkeää. Parhaimmillaan vartijaimusolmuketutkimuksessa yhdistetään preoperatiivinen kuvantaminen ja leikkauksen säteilynläpätutkimus. (Kairemo – Minn 2018: 324.)

Vartijaimusolmuketutkimukseen kuuluu gammakuvaus ennen leikkausta sekä paikannus gammasäteilyn ilmaisulaitteella eli gammaprobella leikkauksen aikana. Tutkimus ei vaadi esivalmisteluja. Tutkimus aloitetaan antamalla potilaalle radiolääke,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  teknetiumilla merkittyjä albumiini-, rikki- tai antimoniokolloideja, injektioon aktiivisuuden

ollessa 37–120 MBq. Näiden merkkiaineiden hiukkaskoko vaihtelee ja niiden koko ratkaisee sen mitä kuvassa näkyy. Pienimmät partikkelit mahtuvat lymfateihin ja suuremmat löytävät tiensä vain imusolmukkeisiin. Käytännöt tutkimuksessa vaihtelevat annostelun, kuvausten ja leikkausten ajoituksen osalta. (Lantto 2012b: 339; Kairemo – Minn 2018: 324–325.)

Soluvälitilasta imuneste liikkuu lymfatiehyisiin. Lymfatiehyeissä on endoteelijunktioissa aukkoja, joista partikkelit pääsevät kulkemaan lymfavirtaukseen. Imutiet laskevat imusolmukkeisiin ja niissä on läppiä, jotka estävät takaisin virtauksen imutiessä. (Kairemo – Minn 2018: 324–325.)

Rintasyövässä lääke injektoidaan joko kasvaimen lähelle tai sisälle, melanoomassa ihon alle. Injektioita voidaan antaa useampia ja kuvausajankohtia voi olla useampia. Potilas kuvataan gammakameralla yleensä aikaisintaan noin tunnin, viimeistään viiden tunnin kuluttua injektioista. Kuvaus voidaan kuitenkin suorittaa vielä jopa 18 tunnin jälkeen. Kuvaus tehdään kahdesta suunnasta ja vartijaimusolmuke merkitään potilaan iholle. Potilaan taakse kuvaussuunnasta katsoen asetetaan säteilevä kobolttilevy, jotta potilaan ääriiviat erottuvat ja imusolmukkeen sijainti on helpompi paikallistaa. (Lantto 2012b: 339–341; HUSa 2018; Kairemo – Minn 2018: 324–325; Buscombe ym. 2007.)

Usein vartijaimusolmukkeita löytyy useampia kuin yksi. Lisäksi imusolmukkeita saattaa löytyä rintasyövässä myös muualta kuin kainalosta. Tämän vuoksi on tärkeää, että kuvauksessa näkyy myös solisluun ja rintalastan alue, ja erityisen tärkeää on merkitä kainalon ulkopuolella olevat imusolmukkeet. Melanoomassa kuvataan sieltä, missä kasvain sijaitsee. Kaikki erottuvat mahdolliset vartijaimusolmukkeet kannattaa merkitä, koska ne tulee kaikki saada poistettua leikkauksen yhteydessä. (Lantto 2012b: 341; Kairemo – Minn 2018: 324–325.)

Vartijaimusolmuketutkimusta käytetään myös kaulan alueen imusolmukkeiden paikantamiseen suun ja nielun alueen syövässä. Imusolmukkeiden kartoittamisen avulla voidaan mahdollisesti käyttää vähemmän invasiivisia tekniikoita ja välttää turhaa hoitamista. (Alkureishi ym. 2009.)

### 4.3 Koko kehon aineenvaihdunnan PET-TT

Koko kehon aineenvaihdunnan laajalla PET-TT-kuvauksella saadaan tarkka kokonaiskuva syövän levinneisyydestä. Kasvainten kuvantamisessa kuvausalue on yleensä päälaelta varpasiin. PET-TT sopii parhaiten aivokasvaimien sekä ei-pienisolujen keuhkosyöpien, ruokatorven syöpien, melanooman, lymfooman, pään ja kaulan alueen syöpien sekä kolorektaalisyöpien yhteyteen. Kuvaus antaa toiminnallista ja paikallista tietoa syövästä. (Kemppainen – Tuokkola 2018: 293; Minn – Virkkunen – Salonen 2013.)

PET-radiolääkkeet ovat säteileviä positroneja ja ne voidaan luokitella ominaisuuksiensa mukaan kolmeen ryhmään. Ultra-lyhytikäisiin, lyhytikäisiin ja metallisiin radionuklideihin. Yleisimmät ultra-lyhytikäiset PET-radiolääkkeet ovat <sup>11</sup>hiili (<sup>11</sup>C), <sup>13</sup>typpi (<sup>13</sup>N) ja <sup>15</sup> happi (<sup>15</sup>O), joita lähes kaikki eloperäiset aineet sisältävät. Periaatteessa näillä isotoopeilla voitaisiin leimata käytännössä mikä tahansa kehon molekyyli, jonka fysiologiset ominaisuudet vastaavat ei-radioaktiivisen molekyylin ominaisuuksia. Lyhytikäisiä PET-radiolääkkeitä ovat <sup>18</sup>F ja <sup>76</sup>Br, näillä radiolääkkeillä voidaan tutkia kehon toimintaa pidempään PET-kuvauksessa. Metalliradionuklideita käytetään PET-kuvauksissa harvoin. Tavallisesti PET-TT-kuvauksessa käytetään merkkiaineena FDG:tä (2-<sup>18</sup>F-2-deoksi-D-glukosia). (Bergström – Någren 2003b: 32; Minn ym. 2013.)

Potilas ei saa syödä kahdeksaan tuntiin ennen tutkimusta, ja tutkimusaamuna saa juoda vain vettä. Poikkeuksena diabeetikot, jotka saavat syödä 4 tuntia ennen kuvausta. Fyysistä rasitusta tulee välttää ennen tutkimusta. Lisäksi verensokeriarvon on oltava kuvaushetkellä alle 10 mmol/l. Tämän vuoksi fB-Gluk-arvo on otettava viimeistään viikkoa ennen tutkimusta. (HUS 2019a.)

Itse kuvaus aloitetaan yleensä, kun radiolääkeinjektiosta on kulunut n. 50–60 minuuttia. PET-TT alkaa matala-annoksisella tietokonetomografiatutkimuksella ja se kestää alle minuutin. Tämän jälkeen tehdään PET-kuvaus, jossa kuvaus tapahtuu noin 20 cm levyisinä leikkeinä. Yhden leikkeen kuvaukseen menee aikaa noin 2–3 minuuttia, jonka vuoksi mielenkiinnonkohteesta riippuen siihen menee kokonaisuudessaan 15–35 minuuttia. Matala-annoksista tietokonetomografiakuvausta käytetään, jotta saadaan PET-kuvaus yhdistettyä tarkemmin anatomiaan. Matala-annoksista kuvausta ei käytetä diagnostisessa mielessä. Tutkimukseen voidaan kuitenkin sisällyttää myös diagnostinen kuvaus, jossa käytetään suurempaa sädeannosta ja tilanteesta riippuen myös varjoainetta. (Kemppainen – Tuokkola 2018: 293; Boellaard. ym. 2015.)

Diagnostiset PET-TT-tutkimukset jaetaan seuraaviin ryhmiin: 1) muutosten pahanlaatuisuuden arviointi, 2) syövän paikallisen ja alueellisen leviämisen arviointi, 3) sädehoidon ja syövän lääkehoidon vasteen arviointi, 4) kasvaimen uusiutumisen erottaminen hoidon jälkeisistä hyvänlaatuisista muutoksista ja 5) sädehoidon suunnittelu. PDG-PET-TT soveltuu erityisesti syövän pahanlaatuisten muutosten arviointiin. (Minn ym. 2013.)

#### 4.4 Sydänlihasperfuusion gammakuvaus levossa ja rasituksessa

Sydänlihasperfuusion kuvantaminen on yleinen SPET-tutkimus. Perusperiaatteena sydämen perfuusiotutkimuksessa on määrittää sydänlihaksessa havaitut perfuusiohäiriöt. Tämä tapahtuu siten, että yhdistetään tiedot sydänlihasperfuusion kuvauksesta sekä rasituksessa että levossa. Rasitus voidaan saada aikaan fyysisellä rasituksella tai lääkkeellisesti. Rasituskuvaus on erityisen tärkeä, koska kaikki ahtaumat, jotka aiheuttavat oireita, eivät ole havaittavissa lepokuvauksessa. Mikäli rasituskuvaus on normaali, kuvauksista levossa ei välttämättä tarvitse tehdä. Sepelvaltimotautidiagnoosi saadaan havaitsemalla sydänlihasperfuusion aleneminen verraten sitä normaaliin perfuusioon (Kangasmaa 2014).

Suurin osa sydämen isotooppitutkimuksista kuvaa sydänlihaksen verenkiertoa eli perfuusiota. SPET-kuvaus on vieläkin merkittävä tutkimus sepelvaltimotaudin diagnostiikassa sekä sen vaikeusasteen selvittelyssä käytettävä kuvantamismenetelmä, joka ei ole kajoava. (Kajander – Knuuti 2018: 177.) Muita indikaatioita tutkimukselle ovat angiografiassa todettu ahtauma. Sairastetun sydäninfarktin jälkeen on tehtävä tilanearvio. Sydämen pumpputoimintaa voidaan myös arvioida tällä tutkimuksella. (HUS 2019b.)

Yleensä kuvaus toteutetaan kaksipäisellä gammakameralla, jossa on matalaenergiset ja korkeaerotuskykyiset kollimaattorit. Detektorit ovat 90 asteen kulmassa ja potilas selälään maaten tutkimuspöydällä kädet pään yläpuolella. Usein gammakamera liikkuu 180 astetta potilaan vasemmalta puolelta keräten dataa eri kulmista. (Kangasmaa 2014.)

Rasitus- ja lepokuvaus yhdessä antavat usein parhaimman tuloksen diagnostiikkaa varten. Yleensä kuvaukset tehdään yhtenä päivänä aloittaen rasituskuvauksesta, jonka jälkeen noin 3–4 tuntia myöhemmin suoritetaan lepokuvaus. Onnistuakseen tutkimus vaatii lepokuvauksen merkkiaineannoksen olevan vähintään kolminkertainen rasitusannokseen verrattuna. Kuvaukset voidaan toteuttaa myös päivävastaisessa järjestyksessä tai eri päivinä. (Rautio – Vanninen 2012: 225–226.)



Tutkimusta varten potilaan tulee olla nauttimatta vähintään 12 tuntia ennen tutkimusta kahvia, teetä, kaakaota tai piristeitä sisältäviä juomia. Ennen tutkimusta ja sen aikana tupakoinnista tulee pitää 4 tunnin tauko, myös alkoholin käyttö on kielletty ennen tutkimusta 1,5 vuorokauden ajan ennen tutkimusta. (HUS 2019b.)

Rasitus toteutetaan hyvin usein kliinisenä rasituskokeena, jossa potilaalle laitetaan ennen rasitusta laskimokanyyli. Rasituksella tavoitellaan maksimaalista syketasoa tai sitä tasoa, jossa ilmenee oireita. Potilas saa merkkiaineinjektion 1–2 minuuttia ennen rasituksen loppumista. Pääsääntöisesti nykyään kuvaus tehdään EKG-tahdistettuna. Käytettäessä <sup>99m</sup>Teknetiumia merkkiaineena, annetaan ensimmäisessä kuvauksessa pieni annos (250–350 MBq) ja toisessa noin kolminkertainen annos (750–1 200 MBq) sen vuoksi, että ensimmäisen kuvauksen kertymä peittyisi hyvin. Kuvaus aloitetaan 30–60 minuuttia merkkiaineinjektion jälkeen. Rasitus- ja lepokuvauksen välissä odotetaan 3–4 tuntia. Suositeltavaa on, että lepokuvaus tehdään nitraattilääkityksen annon jälkeen, kun tarkoituksena on tutkia sydämen elinvoimaisuutta eli viabiliteettia. (Kajander – Knuuti 2018: 178.)

Mikäli tutkimuksessa käytetään <sup>201</sup>Talliumia, niin tutkimus aloitetaan, kun sydämen syke ja hengitys on palautunut rasituksen vaikutuksesta jokseenkin normaaliin, sillä tallium alkaa häviämään kudoksista heti merkkiaineen annon jälkeen. Rasitus suoritetaan farmakologisesti, mikäli fyysisen rasituksen osalta on esteitä. Toisaalta myös vasen haarakatkos tarvitsee lääkkeellistä rasitusta, koska sydämen väliseinään liittyvä perfuusiohäiriö on tavallista fyysisen rasituksen aiheuttaman sykkeen nousun myötä, ilman ahtautta aiheuttavaa sepelvaltimomuutosta. (Kajander – Knuuti 2018: 178.)

Yleisimmin käytettyjä merkkiaineita sydänlihasperfuusiotutkimuksessa ovat <sup>99m</sup>Teknetiumilla merkityt MIBI (<sup>99m</sup>Tc-MIBI), tetrofosmiini (<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmiini) ja <sup>201</sup>Tallium. Nämä kaikki ovat kationeja ja ne jakaantuvat sydänlihakseen verenkierron myötä. <sup>99m</sup>Teknetiumilla merkityt radiolääkkeet ovat usein rasvaliukoisia yhdisteitä, jotka kertyvät lihassolujen mitokondrioihin. Merkkiaine annostellaankin sen vuoksi erikseen levossa ja rasituksessa. <sup>201</sup>Tallium käyttäytyy kemiallisesti kuten kalium. Se jakautuu rasituksen myötä uudelleen sydänlihakseen, jonka vuoksi mahdollisesta rasituksesta johtuva merkkiainepuutos palautuu ilman uutta merkkiaineannosta. (Kajander – Knuuti 2018: 177–178.) Sydänlihasperfuusiotutkimuksessa voidaan käyttää myös <sup>82</sup>Rubidiumia tai <sup>13</sup>N - ammoniakkia merkkiaineena (Hustinx – Muylle 2017.).

Käytännössä  $^{99m}\text{Tc}$  teknetiumilla leimatut merkkiaineet ovat suurelta osin korvanneet  $^{201}\text{Tl}$  talliumin sydänlihasperfuusion kuvauksessa, koska näillä aineilla on selviä hyötyjä. Säteilyn vaimenemiseen liittyvät ongelmat poistuvat obeesien tai rintavien potilaiden kohdalla, koska  $^{99m}\text{Tc}$  teknetiumilla leimatuilla merkkiaineilla saadaan suurempi säteilyenergia. Merkkiaineen annon jälkeen kuvausta ei ole tarvetta tehdä heti, vaan se voidaan tehdä muutaman tunnin kuluttua. Sen myötä rasisitusvaihe voidaan tehdä jopa eri osastolla. Merkkiaineiden antama hyvä signaali mahdollistaa tomografian tekemisen EKG-tahdistettuna, jonka seurauksena saadaan tutkittua vasemman kammion seinämäkinetiikkaa ja seinämän systolista paksuuntumista sekä kartoitettua kammiodien tilavuus ja ejektiofraktio. (Kajander – Knuuti 2018.) Iskuilavuus on verimäärä, jonka sydän pump-paa yhdellä supistuksella systolessa. Iskuilavuuden osuutta loppudistolaisessa vai-heessa nimitetään ejektiofraktioksi (Kettunen 2014). Säteilyrasitus on myös pienempi verrattuna  $^{201}\text{Tl}$  talliumin käyttöön. Eroista huolimatta kliinisessä käytössä ei ole huomattu eroja sydänlihaksen iskemian diagnostiikassa tai sen vaikeusasteen tutkimisessa. (Ka-jander – Knuuti 2018.)

## 5 Isotooppitutkimusten opinnot

Metropolia Ammattikorkeakoulussa isotooppitutkimuksia opetetaan opintojaksolla *Potilas isotooppitutkimuksissa ja -hoidoissa*. Opintojakso on pakollinen radiografian ja säde-hoidon tutkinto-ohjelmassa. Opintojakso on laajuudeltaan viisi opintopistettä. Edeltävästi tulee olla suoritettuna Lääketieteellisen säteilyn turvallinen käyttö sekä Syventävä ana-tomia I. (Opetussuunnitelmat 2019.)

Opintojaksolla käytetään opiskelumuotoina ja opiskelumenetelminä aktivoivia luentoja, ohjattuja harjoituksia, opintokäyntiä sekä tenttiä. Ajankäytön osalta opintojakso kuormit-taa opiskelijaa 135 tunnilla opiskelua. Näistä tunneista osa on itsenäistä ja osa verkko-oppimisympäristössä Moodlessa tapahtuvaa opiskelua. Säteilyturvallisuusopetuksesta puolet on ohjattua opetusta, kuten viranomaisohjeistus velvoittaa. (Opetussuunnitelmat 2019.)

Opintojaksoon kuuluvat radioaktiivisten hajontaprosessien, radioaktiivisen säteilyn ja ra-diolääkkeiden opinnot sekä isotooppitutkimukset ja -hoidot sekä niiden käyttömahdolli-suudet ja toteutukset. Opintoihin kuuluvat myös isotooppihoitojen periaatteet ja radioak-tiivisten lääkeaineiden turvallinen lääkinnällinen käyttö, jossa opiskelija oppii potilas-an-

nokset ja niiden arvioimisen sekä vertailutasot. Säteilyriskin arviointi ja säteilyriskistä puhuminen potilaalle on myös osa opintojaksoa. Lisäksi opintoihin kuuluu gammakameran ja positroniemissiotomografian laiteoppia sekä säteilyturvallisuuutta ja laadunhallintaa. Myös syventävä anatomia II -opinnot kuuluvat opintojakson sisältöön. (Opetussuunnitelmat 2019.)

Opintojakson opetussuunnitelmaan on asetettu tavoitteet osaamiselle. Näiden mukaan opiskelijan tulee ymmärtää isotooppilääketieteen menetelmien perusteet ja tietää kuinka radiolääkkeitä valmistetaan ja käytetään turvallisesti. Opiskelijan tulee ymmärtää isotooppilääketieteessä käytettävien laitteiden toimintaperiaatteet ja tuntea yleisimpien isotooppilääketieteen tutkimusten ja toimenpiteiden käyttöaiheet ja alueet, niin että voi osallistua näiden edellä mainittujen tutkimusten ja toimenpiteiden toteuttamiseen potilaslähtöisesti. Opiskelijan tulee osata säteilysuojelun ja laadunvarmistuksen periaatteet isotooppilääketieteen osalta. Tavoitteena on myös tuntea anatomian osalta verisuoniston, virtsanerityselimistön ja imuelimistön rakenteet ja toiminnan perusteet. (Opetussuunnitelmat 2019.)

## **6 Verkko-oppimateriaali oppimisen muotona**

Verkko-oppiminen on yksi oppimisen muoto. Verkko-oppimateriaali sijaitsee oppimisolustalla, joka mahdollistaa opettajan ja opiskelijan välisen vuorovaikutuksen. Oppimisolustalla materiaalia voidaan käyttää itseopiskeluun opiskelijan fyysisestä sijainnista riippumatta. Verkko-oppimista voidaan hyödyntää joko lähiopetuksen lisänä tai kokonaan verkossa käytävänä kurssina. (Keränen – Penttinen 2007: 2.)

Verkko-oppimateriaalia tehdessä sisällöntuottaminen on tärkeässä roolissa. Oppikirjainen tyyli ja pitkät tekstit eivät toimi verkossa, vaan materiaalin tulee olla vaihtelevaa, se jaetaan pienemmiksi kokonaisuuksiksi ja tekstimateriaalia korvataan mediaelementeillä, kuten videoilla. Tekstiäkin toki voi olla mukana, mutta sen täytyy olla tällöin riittävän kiinnostavaa näytöltä luettavaksi. (Suominen – Nurmela 2011: 67–78.)

Verkko-oppimateriaalissa on tärkeää pystyä hahmottamaan kokonaisuus, jolloin sisältö ja opiskelun kulku ovat helpommin ennustettavissa. Jotta materiaali ei kuitenkaan muutu pitkästyttäväksi, siihen on hyvä lisätä yllätyksellisyyttä linkeillä ja monipuolisilla mediaelementeillä. Niiden avulla opiskelijat pystyvät valitsemaan materiaalia kiinnostuksensa

mukaan. Kokonaisuuden tulee silti pysyä selkeänä, jotta opiskelija ei joudu käyttämään energiaa kaaoksen hallitsemiseen. (Suominen – Nurmela 2011: 87–89.)

## 7 Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyön aiheen saimme Metropolia Ammattikorkeakoululta, jolle tuotamme oppimateriaalin. Verkko-oppimateriaali tehtiin Moodle-oppimisalustalle, jossa se on opettajien ja opiskelijoiden käytössä. Materiaali on tarkoitettu röntgenhoitajaopiskelijoiden opetukseen.

### 7.1 Toiminnallinen opinnäytetyö

Toiminnallisella opinnäytetyöllä järjestetään, järjeistetään tai ohjeistetaan toimintaa. Lopputuotoksena voi olla esimerkiksi ohje, ohjeistus tai tapahtuman järjestäminen. Toiminnallisessa opinnäytetyössä yhdistyvät käytännön toteutus sekä sen raportointi. Työ perustuu teoreettiseen tietoon ja aiheesta aiemmin tehtyihin tutkimuksiin. (Vilka – Airaksinen 2004: 9–42.) Opinnäytetyömme on toiminnallinen kehittämistyö, jonka tuotoksena on verkko-oppimateriaali yleisimmistä isotooppitutkimuksista Metropolia Ammattikorkeakoulun röntgenhoitajaopiskelijoille.

Toiminnallinen opinnäytetyö eroaa tutkimuksellisesta opinnäytetyöstä, mutta se ei tarkoita sitä, etteikö opinnäytetyötä tehtäisi tutkivalla otteella. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tutkivalla otteella tarkoitetaan sitä, että valinnat perustellaan ja niitä valintoja tarkastellaan. Oman alan kirjallisuus tulisi löytyä tietoperustasta. (Vilka – Airaksinen 2004: 154.)

### 7.2 Tiedonhaku

Etsimme teoriatietoa isotoopeista opinnäytetyömme toteutusta varten. Tiedonhaku tapahtui kirjallisista lähteistä ja internetin kautta. Hyödynsimme myös useita erityyppisiä tietokantoja kuten Medic, Pubmed, Chinal sekä Finna.fi. Hakiessamme tietoa kiinnitimme huomiota lähteiden luotettavuuteen ja ajantasaisuuteen. Kävimme itse valokuvauksissa isotooppiyksikössä ja käytimme valokuvia verkko-oppimateriaalissa sen elävöittämiseksi.

Opinnäytetyössä käyttämiämme hakusanoja ovat olleet isotooppitutkimukset, isotooppi-lääketiede, pedagogiikka, oppiminen, verkko-oppimateriaali, verkko-oppimateriaalin

tuottaminen, SPET-TT, PET-TT, luuston gammakuvaus, vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvauksella, kehon aineenvaihdunnan PET-TT sekä sydänlihasperfuusion gammakuvaus levossa ja rasituksessa. Olemme käyttäneet myös englanninkielisiä lähteitä ja hakusanoina esimerkiksi nuclear medicine, bone SPECT-CT, myocardial perfusion ja sentinel node nuclear medicine.

Tiedonhaussa tärkein kriteeri meille on ollut luotettavuus ja olemme pyrkineet valitsemaan opinnäytetyömme lähteiksi vain sellaisia lähteitä, jotka katsomme luotettaviksi. Toisena kriteerinä olemme pitäneet lähteiden ikää. Täytyy myös toisaalta muistaa, että jotkin perusasiat eivät ole muuttuneet isotooppilääketieteen saralla, joten vanhemmissakin julkaisuissa on edelleen validia tietoa.

Opinnäytetyössämme emme käsittele jokaista aihetta, jota Metropolia esittää opintojakson sisällöksi. Rajasimme aiheen käytännön kannalta, ja päätimme keskittyä oppimateriaalissamme yleisimpiin isotooppitutkimuksiin. Haluamme luoda kattavan, mutta napakan oppimateriaalin röntgenhoitajaopiskelijoille yleisimmistä isotooppitutkimuksista. Verkko-oppimateriaalin opiskeltuaan opiskelijalla on riittävät tiedot yleisimmistä isotooppitutkimuksista mahdollista harjoittelua varten isotooppiyksikössä.

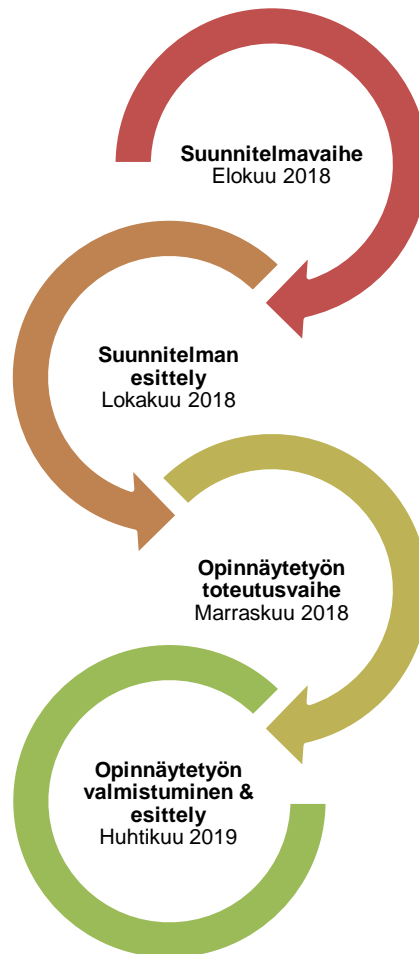
### 7.3 Opinnäytetyön toteutusaikataulu

Tavoitteenamme oli tehdä opinnäytetyö vajaassa vuodessa siten, että opinnäytetyö on valmis kevään 2019 aikana. Opinnäytetyöprosessin aloitimme elokuun lopulla 2018. Aloimme työstää suunnitelmaa syyskuun lopulla 2018. Kevään 2019 varasimme toteutukselle, raportoinnille ja kypsyysnäytteelle. Suunnittelu- ja toteutusvaiheiden aikana kävimme työpajoissa ja ohjauskeskusteluissa, jotta saimme ohjausta, palautetta ja etenimme oikeaan suuntaan opinnäytetyön tekemisen kanssa. Huhtikuussa meillä oli valmiina opinnäytetyön raportti sekä verkkoalustalla toimiva oppimateriaali. Palautimme työn 18.4.2019, osallistuimme opinnäytetyön seminaariin 25.4.2019, kypsyyskokeeseen 29.4.2019 ja arviointiin 7.5.2019.

Toteutusvaiheen aluksi käsitelimme suunnitteluvaiheessa kerättyä tietoa ja aineistoa sekä syvensimme tietojamme verkko-oppimateriaalia varten. Verkko-oppimateriaalia aloimme työstämään heti kun saimme opinnäytetyön suunnitelman hyväksytyksi marraskuussa 2018. Heti suunnitelman hyväksymisen jälkeen etsimme isotooppilääketieteenyksikön, jossa saimme käydä ottamassa valokuvia yksikön laitteistosta.

Kävimme isotooppilääketieteen yksikössä ottamassa valokuvia, joilla pystyimme elävöittämään Moodleen tuottamaamme verkko-oppimateriaalia. Kuvissa tarkoituksena oli, ettei niissä näy henkilökuntaa tai potilaita, eikä yksikkö ole tunnistettavissa kuvista. Tällöin emme tarvinneet erillistä tutkimuslupaa kuvausta varten.

Teimme sopimuksen Metropolia Ammattikorkeakoulun kanssa opinnäytetyön tuotoksesta keväällä 2019.



Kuvio 1. Opinnäytetyöprosessin vaiheet

#### 7.4 Oppimateriaalin tuottaminen

Lähdimme suunnittelemaan oppimateriaalin sisältöä ja totesimme hyvin pian, että isotooppitutkimuksia on paljon. Laadukkaassa opinnäytetyössä aiheen rajaaminen on ennemmin

suppea ja syvällinen kuin että opinnäytetyö olisi laaja mutta pinnallinen (Viskari 2009: 55). Tietoperustaan teimme osion Verkko-oppimateriaali oppimisen muotona, jonka mukaan loimme verkko-oppimateriaalin.

Suunnitteluvaiheessa aiheen rajaus oli huomattavasti löyhempi. Pyörittelimme isotooppitutkimuksia ja -hoitoja oppimateriaalin aiheena, mutta mitä enemmän syvennyimme isotooppilääketieteeseen, sitä selkeämmäksi muodostui kuva siitä, että aiheen rajaus on liian laaja. Isotooppitutkimuksia ja -hoitoja on niin paljon, että keskityimme röntgenhoitajaopiskelijan näkökulmasta tärkeimpiin tutkimuksiin ja jätimme isotooppihoidot kokonaan pois. Tämän vuoksi rajasimme opinnäytetyömme käsittelemään yleisimpiä isotooppitutkimuksia. Tutkimukset valikoituivat Säteilyturvakeskuksen Suomessa keräämien isotooppitutkimusten tutkimusmäärien pohjalta.

Halusimme että oppimateriaali olisi selkeä ja helppolukuinen, jotta opiskelijat käyttäisivät tuottamaamme oppimateriaalia lisämateriaalina Potilas isotooppitutkimuksissa ja -hoitoissa -kurssilla. Helppo saatavuus ja käytettävyys oli merkittävä syy oppimateriaalin alustan valinnassa, jolloin päädyimme oppimateriaalin rakentamiseen oppimisympäristö Moodleen, joka on käytössä monella opintojaksolla Metropolia Ammattikorkeakoulussa.

Oppimateriaalissa teoriaosuuden muodoksi valikoitui PDF-tiedostot. Tekstiosuudet on kuitenkin pidetty napakkana ja niihin on poimittu vain oleellisin tieto, jolloin ne toimivat näytöltä lukiessa. Halusimme tuoda uudenlaista lähestymistapaa teoriaosaan paljon käytettyjen PowerPoint-diojen rinnalle. Halusimme myös tiivistää oleellisen tiedon mahdollisimman kätevään kokoon, jonka vuoksi tiedostojen sivut aluksi olivat vaakasuunnassa, jotta yhteen sivuun saataisiin mahdutettua mahdollisimman paljon asiaa. Käytettävyyden kannalta lopulta sivut luotiin pystysuuntaisiksi, jotta myös mobiililaitteilla olisi mielekästä käyttää työtilaa.

Loimme teoritiedostojen lisäksi Moodleen käsitelaatikon, jossa avasimme tärkeimmät isotooppilääketieteen käsitteet mahdollisimman selkeästi ja tiiviisti. Teoritiedon lisäksi loimme opiskelijaa aktivoivan osan, lyhyen testin, jossa opiskelija voi testata osaamistaan yleisimmistä isotooppitutkimuksista. Näiden lisäksi lisäsimme lisämateriaalia isotooppitutkimuksiin liittyen linkkien muodossa, joista opiskelijat voivat halutessaan syventää tietojaan. Yksi näistä linkeistä oli Metropolia Ammattikorkeakoulussa aiemmin opinnäytetyönä tehty video PET-tutkimuksesta ja siinä käytettävästä merkkiaineesta. Näin saimme tuotua myös videomateriaalia ja visuaalisuutta osaksi verkko-oppimateriaalia.

## 8 Pohdinta

Osa opinnäytetyön oppimisprosessia on oman opinnäytetyön arviointi kokonaisuutena. Arviointiin on keinoja, jotka mahdollistavat tutkivan otteen ja kriittisen arvioinnin. Näitä arvioinnin kohteita ovat työn idea, opinnäytetyölle asetetut tavoitteet, teoreettinen viitekehys tietoperustoineen ja kohderyhmä. Jotta arviointi ei jäisi subjektiiviseksi, tarvitaan oman arvioinnin tueksi jonkinlaista palautetta kohderyhmältä. Työn toteutustapa on keskeinen arvioinnin kohde. (Vilkka – Airaksinen 2004: 154–158.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on ollut luoda verkko-oppimateriaalia yleisimmistä isotooppitutkimuksista Metropolia Ammattikorkeakoululle. Opinnäytetyön tuotoksena syntyvä verkko-oppimateriaali on saatavilla Metropolia Ammattikorkeakoulun käyttämässä virtuaalisessa oppimisympäristössä Moodlessa. Oppimateriaalin tuottamisen tarkoituksena oli antaa röntgenhoitajaopiskelijoille kattava yleiskuva yleisimmistä isotooppitutkimuksista. Olemme omasta mielestämme saaneet kiteytettyä yleisimmät isotooppitutkimukset käyttökelpoiseen ja hyvin ymmärrettävään muotoon verkkoalustalle. Jotta opiskelija ymmärtäisi näistä tutkimuksista mahdollisimman paljon, linkitimme materiaalia myös isotooppitutkimusten perusteista ja laitteistosta taustatiedoksi.

Tavoitteena oli, että verkko-oppimateriaalia voidaan hyödyntää osana isotooppitutkimusten opetusta Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Emme materiaalillamme pysty korvaamaan isotooppitutkimusten ja -hoitojen opetusta, sillä aihe on erittäin laaja ja vaatii syvällisempää asiantuntemusta. Toivomme, että Metropolia Ammattikorkeakoulu hyödyntää lisämateriaalina luomaamme Moodle-työtilaa röntgenhoitajaopiskelijoiden opetuksessa.

Suunnitelmavaiheessa asetimme opinnäytetyömme kehittämistehtäväksi selvittää, mikälaista osaamista röntgenhoitajaopiskelijan tulee saada isotooppitutkimusten opintojaksosta. Kehittämistehtävä ei kuitenkaan toteutunut opinnäytetyössämme niin kuin olimme suunnitelleet, sillä opinnäytetyömme idea on elänyt matkan varrella. Emme valitettavasti ymmärtäneet muuttaa kehittämistehtävää samalla kun opinnäytetyön idea muuttui työn edetessä. Opinnäytetyön raportissa selvitimme Metropolia Ammattikorkeakoulun isotooppitutkimusten opintojakson sisällön taustatiedoksi, jotta osaisimme luoda materiaalin, jota voitaisiin hyödyntää kyseisellä opintojaksolla.



Opinnäytetyöprosessin haastavimmaksi osaksi osoittautui aikataulutus, jonka korjasimme, mikäli tekisimme työn uudelleen. Suunnitelmavaiheessa emme osanneet varata riittävästi aikaa itse oppimateriaalin toteutukseen. Olimme varanneet hyvin resursseja suunnitteluun ja tiedonhakuun, minkä vuoksi itse oppimateriaalin toteutus tapahtui nopeasti. Yhteistyömme sujui myös hyvin ja meillä oli samanlaiset näkemykset oppimateriaalista. Olisimme kuitenkin pystyneet parempaan tulokseen oppimateriaalin ja opinnäytetyön tuottamisessa, mikäli olisimme osanneet hyödyntää resurssit optimaalisesti. Aikataulutus aiheutti myös arviointiin omat ongelmansa, sillä oppimateriaali ei ollut loppuun hiottua arviointivaiheessa ja arvioinnille aikaa jäi vähän.

Opinnäytetyöprosessin aikana opimme paljon ja opinnäytetyön tekemisen myötä osaamisemme yleisimmistä isotooppitutkimuksista kasvoi merkittävästi. Pääsimme opinnäytetyömme avulla perehtymään syvemmin isotooppitutkimuksiin ja niiden toteuttamiseen sekä isotooppiyksikön toimintaan. Lisäksi taitomme kokonaisuuksien ja aikataulujen hallinnan suhteen karttuivat. Saimme kasvattaa osaamistamme myös englanninkielen suhteen, sillä pyrimme valitsemaan kansainvälisiä lähteitä opinnäytetyöhömmme.

Olemme kuitenkin tyytyväisiä tuottamaamme oppimateriaaliin, koska oppimateriaali on selkeä ja tiivistetty. Tämän puolesta puhuu myös saamamme palaute. Oppimateriaali sisältää kaikki ne asiat, jotka halusimme oppimateriaaliin sisällyttää. Opinnäytetyön jatkotutkimusaiheena voitaisiin tutkia kuinka röntgenhoitajaopiskelijat ovat verkko-oppimateriaalia hyödyntäneet ja kuinka hyödylliseksi he ovat sen kokeneet osana isotooppitutkimusten opiskelua.

## 8.1 Eettisyys ja luotettavuus

Jotta tieteellinen tutkimus on luotettava ja eettisesti hyväksyttävä, se täytyy olla suoritettu tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla. Tutkimus tulee tehdä noudattaen hyvää tieteellistä käytäntöä. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.)

Perehdyimme huolellisesti opinnäytetyömme aiheeseen käyttäen mahdollisimman luotettavia lähteitä monipuolisesti. Opinnäytetyön tekstissä olemme viitanneet kaikkiin lähteisiin, joita olemme käyttäneet. Jokaisesta lähteestä löytyy tarkemmat tiedot työmme lähdeluettelosta. Olemme siten huolehtineet tekijänoikeuksista ja opinnäytetyömme eettisyydestä.

Pyrimme valitsemaan tuoreita lähteitä isotooppitutkimuksien osalta, mutta osa lähteistä on vanhoja, sillä uudempaa julkaisua ei ole ollut tarjolla. Toisaalta, jotkin perusasiat eivät muutu ja sen vuoksi vanha julkaisu on edelleen validi. Kuitenkin on mahdollisuus siihen, että tieto ei ole ajantasaista. Sen vuoksi joudumme toteamaan, että emme välttämättä ole löytäneet kaikista luotettavimpia lähteitä.

Oppimateriaalimme luotettavuutta kuitenkin lisää se, että olemme pyytäneet arvion oppimateriaalimme sisällöstä työelämän edustaja, joka työskentelee röntgenhoitajana isotooppilääketieteen yksikössä.

Opinnäytetyön luotettavuutta ja laatua voidaan yleensä mitata reliabiliteetilla ja validiteetilla. Nämä käsitteet mukautuvat jokaisen opinnäytetyön tutkimusmenetelmän mukaan. Toiminnallista opinnäytetyötä ei pystytä arvioimaan edellä mainituilla mittareilla. Toiminnallisen opinnäytetyön tarpeeksi tarkka raportointi on tärkeää, jotta työn luotettavuutta ja laatua voidaan arvioida. (Kananen 2015: 112–113; Kankkunen – Vehviläinen-Julkunen 2013: 189–190.)

## 8.2 Verkko-oppimateriaalin arviointi

Pyysimme arvioinnin tueksi palautetta työstämästämme oppimateriaalista isotooppilääketieteen yksikössä työskentelevältä röntgenhoitajalta sekä röntgenhoitajaopiskelijoilta, jotka ovat juuri suorittaneet opintojakson Potilas isotooppitutkimuksissa ja -hoidoissa. Hyödynsimme opinnäytetyöprosessin aikana opinnäytetyönohjaajia ja pyysimme myös heiltä arvioita työstämme. Lainaus isotooppiyksikössä työskentelevän röntgenhoitajan arvioinnista alla.

”Hyvä tiivistetty käsitelaatikko. Samat tutkimukset olisin valinnut myös itse isotooppiyksikössä työskentelyn perusteella. Kaiken kaikkiaan oppimateriaalissa hyvin tiivistetty tieto yleisimmistä isotooppitutkimuksista sekä -laitteista, teksti sujuvaa ja helposti luettavaa. Työtilan rakenne on selkeä ja looginen.”

Hänellä oli myös parannusehdotuksia, jotka olivat lähinnä yksittäisiä asioita tutkimusten suorittamiseen liittyen sekä ehdotuksia siihen, miten jonkun asian voisi ilmaista selkeämmin ja ymmärrettävämmin. Pääosin palaute oli kuitenkin positiivista ja vastasi asettamamme tavoitteeseen selkeästä ja yhtenäisestä oppimateriaalista.

Asiantuntijan lisäksi pyysimme röntgenhoitajaopiskelijoita arvioimaan tuottamaamme oppimateriaalia. Pyysimme arvioinnin avoimena anonyyminä kommenttina oppimateriaalimme Moodle työtilaan. Oppimateriaalimme oli valitettavan myöhään siinä kunnossa, että voimme pyytää palautetta, minkä vuoksi opiskelijoiden arviointiaika oli lyhyt. Siitä huolimatta saimme palautetta, joka sisälsi yksittäisiä kehitysehdotuksia esimerkiksi termistöön. Myös opiskelijoilta tullut palaute oli pääosin positiivista, liittyen esimerkiksi ko-oamaamme käsitelaatikkoon sekä hyvään rajaukseen materiaaliin valittujen tutkimusten suhteen.

## Lähteet

Alkureishi, Lee W.T. – Burak, Zeynep – Alvarez, Julio A. – Ballinger, James – Bilde, Anders – Britten, Alan J. – Calabrese, Luca – Chiesa, Carlo – Chiti, Arturo – de Bree, Remco – Gray, Harry W. – Hunter, Keith – Kovacs, Adorjan F. – Lassmann, Michael – Leemans, C. Rene – Mamelle, Gerard – Mc Gurk, Mark – Mortensen, Jann – Poli, Tito – Shoaib, Taimur – Sloan, Philip – Sorensen, Jens A. – Stoeckli, Sandro J. – Thomsen, Jorn B. – Trifiro, Giuseppe – Werner, Jochen – Ross, Gary L. 2009. Joint practice guidelines for radionuclide lymphoscintigraphy for sentinel node localization in oral/oropharyngeal squamous cell carcinoma. The European Association of Nuclear Medicine. Guidelinies Verkkodokumentti. <[https://www.eanm.org/publications/guidelines/gl\\_onco\\_eanm\\_sent.pdf](https://www.eanm.org/publications/guidelines/gl_onco_eanm_sent.pdf)>. Luettu 30.3.2019.

Bergström, Kim – Någren, Kjell 2003a. Mikä on radiolääke? Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko (toim.): Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 29.

Bergström, Kim – Någren, Kjell 2003b. PET-radiolääkkeet. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko (toim.): Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 32.

Boellaard, Ronald – Delgado-Bolton, Roberto – Oyen, Wim J. G. – Giammarile, Francesco – Tatsch, Klaus – Eschner, Wolfgang – Verzijlbergen, Fred J. – Barrington, Sally F. – Pike, Lucy C. – Weber, Wolfgang A. – Stroobants, Sigrid – Delbeke, Dominique – Donohoe, Kevin J. – Holbrook, Scott – Graham, Michael M. – Testanera, Giorgio – Hoekstra, Otto S. – Zijlstra, Josee – Visser, Eric – Hoekstra, Corneline J. – Pruim, Jan – Willemsen, Antoon – Arends, Bertjan – Kotzerke, Jörg – Bockisch, Andreas – Beyer, Thomas – Chiti, Arturo – Krause, Bernd J. 2015. FDG PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2015 42(2). 328–354.

Buscombe, John – Paganeli, Giovanni – Burak, Zeynep E. – Waddington, Wendy – Maublant, Jean – Prats, Enrique – Palmedo, Holger – Schillaci, Orazio – Maffioli, Lorenzo – Lassmann, M. – Chiesa, Carlo – Bombardieri, Emilio – Chiti, Arturo 2007. Sentinel node in breast cancer procedural guidelines. The European Association of Nuclear Medicine. Verkkodokumentti. <[https://www.eanm.org/publications/guidelines/gl\\_onco\\_sent\\_node.pdf](https://www.eanm.org/publications/guidelines/gl_onco_sent_node.pdf)> 30.3.2019

Hogg, Peter – Testanera, Giorgio 2010. Glossary of terms and abbreviation. Principles and Practice of PET/CT – Part 1 A Technologist’s Guide. The European Association of Nuclear Medicine. Verkkodokumentti. <[https://eanm.org/publications/guidelines/gl\\_Principles\\_and\\_Practice\\_of\\_PET-CT\\_Part\\_1.pdf](https://eanm.org/publications/guidelines/gl_Principles_and_Practice_of_PET-CT_Part_1.pdf)>. Luettu 28.2.2019.

HUS 2018a. Vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvauksella (PJ5AN). Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti <<https://huslab.fi/ohjekirja/8650.html>>. Luettu 1.4.2019.

HUS 2018b. Luuston gammakuvaus (NK6AN). Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti. <<https://huslab.fi/ohjekirja/7020.html>>. Luettu 1.4.2019.

HUS 2019a. Koko kehon aineenvaihdunnan PET-TT (JN6DR). Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti <<https://huslab.fi/ohjekirja/23573.html>>. Luettu 1.4.2019.

HUS 2019b. Sydänlihaksen perfuusion SPET ja matala annos TT levossa ja rasituksessa (FM1TQ). Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Tutkimusohjekirja. Verkkodokumentti. <<https://huslab.fi/ohjekirja/21298.html>>. Luettu 25.3.2019.

Hustinx, Roland – Muylle, Kristoff 2017. Myocardial Perfusion. Diagnostic Nuclear Medicine. European Nuclear Medicine Guide. Verkkodokumentti. <<https://www.nucmed-guide.app/#!/chapter/209>>. Luettu 10.2.2019.

Kaijaluoto, Sampsa (toim.) 2016. Isotooppilääketieteen TT-opas. STUK. Verkkodokumentti. <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/131345/STUK-opastaa-TT.pdf?sequence=1>>. Luettu 27.3.2019.

Kairemo, Kalevi – Minn, Kalevi 2018. Rintasyöpä. Teoksessa Sovijärvi, Anssi –Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka (toim.): Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Kajander, Sami – Knuuti, Juhani 2018. Sydämen isotooppitutkimukset. Teoksessa Sovijärvi, Anssi –Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka (toim.): Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 177-178.

Kangasmaa, Tuija 2014. Evaluation and optimization of novel reconstruction methods for myocardial perfusion SPECT. Itä-Suomen yliopisto. Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta / Sovelletun fysiikan laitos. Väitöskirja. <[http://epublications.uef.fi/pub/urn\\_isbn\\_978-952-61-1506-1/](http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-1506-1/)>. Luettu 25.3.2019.

Kananen, Jorma 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas – Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Teoksessa Makkonen, Teemu (toim.): Jyväskylän Ammattikorkeakoulun julkaisuja -sarja. Jyväskylä: Suomen Yliopistopaino Oy - Juvenes Print.

Kankkunen, Päivi – Vehviläinen-Julkunen, Katri 2013. Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kemppainen, Jukka – Tuokkola, Terhi 2018. Yleistä kasvainten isotooppitutkimuksista. Teoksessa Sovijärvi, Anssi –Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka (toim.): Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 292.

Keränen, Vesa – Penttinen, Jukka 2007. Verkkoo-oppimateriaalin tuottajan opas. Porvoo: WS Bookwell.

Kettunen, Raimo 2014. Sydämen pumppaustoiminta. Terveysportti. <[http://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p\\_artikkeli=syd00006](http://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p_artikkeli=syd00006)>. Luettu 12.2.2019.

Knuuti, Juhani – Kajander, Sami 2017a. Isotooppitutkimukset, molekyyli- ja fuusiokuvantaminen. Teoksessa Blanco Sequeiros, Roberto – Koskinen, Seppo K. – Aronen, Hannu J. – Lundbom, Nina – Vanninen, Ritva – Tervonen, Osmo (toim.): Kliininen radiologia. Kustannus Oy Duodecim. Saatavilla myös sähköisesti.

Knuuti, Juhani – Kajander, Sami 2017b. Positroniemissiotomografian ja fuusiokuvantamisen käyttöaiheet. Teoksessa Blanco Sequeiros, Roberto – Koskinen, Seppo K. – Aronen, Hannu J. – Lundbom, Nina – Vanninen, Ritva – Tervonen, Osmo (toim.): Kliininen radiologia. Kustannus Oy Duodecim.

Korpela, Helinä 2004. Isotooppilääketiede. STUK. Verkkodokumentti. <[https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja3\\_3.pdf/5a5eba88-7559-41a4-b0b8-ebef3cad5724](https://www.stuk.fi/documents/12547/494524/kirja3_3.pdf/5a5eba88-7559-41a4-b0b8-ebef3cad5724)>. Luettu 6.10.2018.

Koskinen, Matti – Savolainen, Sauli 2003. Radioaktiivinen hajoaminen, säteilyn ja aineen vuorovaikutus sekä käytetyt radionuklidit. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko (toim.): Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 24 – 28.

Lantto, Tuomo 2012a. Luuston gammakuvaus. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko. (toim.): Kliinisen fysiologian perusteet. Duodecim. 1. Painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 300–301.

Lantto, Tuomo 2012b. Vartijaimusolmukkeen gammakuvaus. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko. (toim.): Kliinisen fysiologian perusteet. Duodecim. 1. Painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 339–342.

Liukkonen, Jukka 2017. Isotooppitutkimukset ja -hoidot Suomessa 2015. Säteilyturvakeskus. Verkkodokumentti. <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/137634/stuk-b227.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Luettu 20.1.2019.

Minn, Heikki – Virkkunen, Pekka – Salonen, Oili 2013. Radioisotooppikuvantaminen syöpäradiologiassa. Duodecim. Verkkodokumentti <[https://www.oppoportti.fi/op/syt00158/do?p\\_haku=Radioisotooppikuvantaminen%20sy%C3%B6p%C3%A4radiologiassa#q=Radioisotooppikuvantaminen%20sy%C3%B6p%C3%A4radiologiassa](https://www.oppoportti.fi/op/syt00158/do?p_haku=Radioisotooppikuvantaminen%20sy%C3%B6p%C3%A4radiologiassa#q=Radioisotooppikuvantaminen%20sy%C3%B6p%C3%A4radiologiassa)>. Luettu 1.4.2019.

Mustajoki, Pertti – Kaukua, Jarmo 2008. Isotooppitutkimukset. Terveyskirjasto. Verkkodokumentti. <[https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=trg00008](https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=trg00008)>. Luettu 7.10.2018.

Nassef, M. H. – Kinsara, A. A. 2017. Occupational Radiation Dose for Medical Workers at a University Hospital. Journal of Taibah University for Science 11.

Opetussuunnitelmat 2019. Radiografia ja sädehoito. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. <<http://opinto-opas-ops.metropolia.fi/index.php/fi/88094/fi/70311/SXM18S1/year/2018>>. Luettu 24.1.2019.

Rautio, Pentti – Vanninen, Esko 2012. Sydänperfuusion gammakuvaus. Teoksessa Sovijärvi, Anssi – Ahonen, Aapo – Hartiala, Jaakko – Länsimies, Esko – Savolainen, Sauli – Turjanmaa, Väinö – Vanninen, Esko. (toim.): Kliinisen fysiologian perusteet. Duodecim. 1. Painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. 225 – 226.

Sovijärvi, Anssi – Hartiala, Jaakko – Knuuti, Juhani – Laitinen, Tomi – Malmberg, Pekka 2018. Johdanto. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Saatavilla myös sähköisesti.

STUK 2015. Isotooppilääketiede. STUK. Verkkodokumentti. <<https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/isotooppilääketiede>>. Luettu 14.1.2019.

STUK – Lääketieteellinen radioisotooppiyhdistys ry 2017. Potilas isotooppitutkimuksessa. STUK. Verkkodokumentti. <[https://www.stuk.fi/documents/12547/152948/Potilas\\_isotooppitutkimuksessa\\_2017.pdf/e6b32fce-a804-50ff-f6d9-4f3187690bed](https://www.stuk.fi/documents/12547/152948/Potilas_isotooppitutkimuksessa_2017.pdf/e6b32fce-a804-50ff-f6d9-4f3187690bed)>. Luettu 5.1.2019.

STUK 2017. PET-tutkimusten määrä huimassa kasvussa. Säteilyturvakeskus. Verkkodokumentti. <<https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/sateilyn-kayttajalle/uutiskirjeet-sateilyn-kayttajille/terveydenhuollon-proinfo-uutiskirje-1-2017/pet-tutkimusten-maara-huimassa-kasvussa>> Luettu 7.1.2019

Suominen, Riitta – Nurmela, Satu 2011. Verkko-opettaja. Helsinki: WSOYpro Oy.

Säteilylaki 1142/1998. Annettu Helsingissä 23.12.1998.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Verkkodokumentti. <[http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](http://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf)>. Luettu 5.10.2018.

Van den Wyngaert, T. – Strobel, K. – Kampen, W.U. – Kuwert, T. – van der Bruggen, W. – Mohan, H.K. – Gnanasegaran, G. – Delgado-Bolton, R – Weber, W.A. – Beheshti, M. – Langsterger, W – Giammarile, F. – Mottaghy, F.M. – Paycha, F. 2016. The EANM practice guidelines for bone scintigraphy. The European Association of Nuclear Medicine. Verkkodokumentti. <[https://www.eanm.org/publications/guidelines/EANM\\_Bone\\_Scintigraphy\\_GL\\_2016.pdf](https://www.eanm.org/publications/guidelines/EANM_Bone_Scintigraphy_GL_2016.pdf)>. Luettu 12.3.2019.

Vainionpää, Jorma 2006. Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa. Akateeminen väitöskirja. Tampereen yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Verkkodokumentti. <<http://urn.fi/urn:isbn:951-44-6553-9>>. Luettu 27.1.2019.

Vilka, Hanna – Airaksinen, Tiina 2004. Toiminnallinen opinnäytetyö. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Viskari, Sinikka 2009. Tieteellisen kirjoittamisen perusteet – Opas kirjoittamiseen ja seminaarityöskentelyyn. Tampere: JuvenesPrint – Tampereen yliopistopaino Oy.