



# HUS Diagnostiikkakeskus

Meilahden isotooppiyksikön esite

Nina Perälä

OPINNÄYTETYÖ  
Syyskuu 2020

Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Bioanalytiikan tutkinto-ohjelma

PERÄLÄ, NINA:  
HUS Diagnostiikkakeskus  
Meilahden isotooppiyksikön esite

Opinnäytetyö 32 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Syyskuu 2020

---

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on ollut toteuttaa HUS Diagnostiikkakeskuksen Meilahden isotooppiyksikölle paperinen esite yksiköstä. Esite tarjoaa yksikössä vieraileville kattavasti tietoa yksiköstä, siellä tehtävistä tutkimuksista ja säteilyturvallisuudesta. Vierailijoina toimii sekä alan ammattilaiset että alaan ensi kertaa tutustuvat. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä Meilahden isotooppiyksikön tunnettavuutta ja helpottaa yksikköön tutustumista.

Opinnäytetyö koostuu raportointiosuudesta ja toiminnalliseen opinnäytetyöprosessiin kuuluvasta paperisesta esitteestä. Raportointiosuus sisältää tiedonhaun pohjalta syntyneen teoratiedon sekä esitteen taustojen ja teon vaiheiden dokumentoinnin. Teoriaosuus käsittelee Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiriä sekä sen alaisena toimivia HUS Diagnostiikkakeskusta ja Meilahden isotooppiyksikköä. Teoriaosuudessa tuodaan ilmi myös tarkemmin isotooppiyksikön tutkimuksia sekä siellä toimivan syklotroniyksikön merkitystä. Esite sisältää nämä asiat tiivistetyssä ja selkeässä muodossa palvellakseen kaikkia lukijoita.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi HUS Diagnostiikkakeskuksen Meilahden isotooppiyksikkö, jonka toiveiden pohjalta työ tehtiin. Opinnäytetyö on tehty yksikköön tutustumisen avuksi ja se tulee toimimaan työvälineenä vierailuiden yhteydessä. Esite koottiin teoratiedon sekä toimeksiantajan toiveiden ja palautteen pohjalta. Työtä tehdessä tuli idea toteuttaa myös englanninkielinen esite kansainvälisiä vierailijoita varten. Työn materiaalia voidaan käyttää jatkossa myös mahdollisten sähköisten esitteiden pohjana.

---

Asiasanat: isotooppilääketiede, gammakuvaus, positroniemissiotomografia, radioaktiivinen isotooppi, syklotroni

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Biomedical Laboratory Science

PERÄLÄ, NINA:  
HUS Diagnostic Center  
Brochure of Meilahti Nuclear Medicine Unit

Bachelor's thesis 32 pages, appendices 2 pages  
September 2020

---

The purpose of this functional thesis was to implement a paper brochure for the Meilahti Nuclear Medicine Unit of the HUS Diagnostic Center. The brochure provides comprehensive information to the visitors of the unit about the examinations of the unit and radiation safety. The thesis aims to increase the awareness of the Meilahti Nuclear Medicine Unit and to make it easier to get acquainted with the unit. The thesis consists of a reporting part and a paper brochure included in the functional thesis process. The reporting part includes theoretical information and documentation of the stages of the process. The theoretical part addresses the Helsinki and Uusimaa Hospital District, the HUS Diagnostic Center, and the Meilahti Nuclear Medicine Unit. The theoretical part also demonstrates in more detail the examinations of the unit and the importance of the cyclotron unit which operates there. The brochure includes such information in a concise and comprehensible format to serve all readers.

---

Key words: nuclear medicine, gamma imaging, positron emission tomography, radioactive isotope, cyclotron

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTAJA .....	6
	2.1 Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri .....	6
	2.2 HUS Diagnostiikkakeskus .....	8
	2.3 Meilahden isotooppiyksikkö .....	9
3	ISOTOOPPIYKSIKKÖ .....	10
	3.1 Isotoopitutkimukset .....	10
	3.2 Gammakuvaus .....	10
	3.3 PET-TT .....	14
4	SYKLOTRONIYKSIKKÖ .....	19
	4.1 Syklotroni .....	19
	4.2 Radiolääkkeiden valmistus .....	20
5	TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN PROSESSI .....	22
	5.1 Opinnäytetyön taustat ja menetelmä .....	22
	5.2 Opinnäytetyön eteneminen .....	23
	5.3 Esitteen suunnittelu .....	24
	5.4 Esitteen toteutus .....	24
6	POHDINTA .....	26
	6.1 Opinnäytetyön arviointi .....	26
	6.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus .....	26
	6.3 Kehittämisehdotukset .....	27
	LÄHTEET .....	28
	LIITTEET .....	31
	Liite 1. HUS Diagnostiikkakeskus – Meilahden isotooppiyksikkö .....	31

## 1 JOHDANTO

Isotooppilääketiede on diagnostisen lääketieteen erikoisala, jonka tarkoituksena on löytää elimistön toiminnan häiriöt käyttäen uusinta lääketieteen teknologiaa. Radioaktiivisten isotooppien hyödyntäminen tutkiessa ja kuvatessa elimistön toimintaa on edistynyt nopeasti. Aikaisempaa herkemmat ja tarkemmat gammakamerat ovat parantaneet huomattavasti diagnostiikkaa. Positronisäteilijöiden käyttö positroniemissiotomografiassa yhdistettynä tietokonetomografiaan on edistänyt muun muassa syövän diagnostiikkaa ja levinneisyyden seurantaa. Isotooppilääketieteen tutkimusten avulla diagnosoidaan tavallisia kansansairauksia, mutta myös harvinaisempia sairauksia. (Sovijärvi ym. 2018.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään isotooppilääketieteeseen eli radioaktiivisiin isotooppeihin ja niiden avulla tehtäviin kuvantamistutkimuksiin.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on HUS Diagnostiikkakeskuksen Meilahden isotooppiyksikkö. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kirjallinen yleisesittely Meilahden isotooppiyksiköstä. Esitteen kohderyhmänä on yksikössä vierailevat sekä alan ammattilaiset kuin siihen ensi kertaa tutustuvat. Paperinen esite antaa tiiviin ja kattavan kuvan sekä isotooppi- että syklotroniyksiköstä. Tätä esittelylehtistä on helppo pitää mukana eikä se vaadi älylaitetta, jonka vuoksi se palvelee useampia käyttäjiä. Opinnäytetyön tavoitteena on helpottaa tutustumista yksiköihin ja lisätä niiden tunnettavuutta. Opinnäytetyö sisältää tiedonhaun ja raportointiosuuden sekä toiminnalliseen opinnäytetyöhön kuuluvan tuotoksen, esitteen. Raportointiosuudessa käy ilmi opinnäytetyön taustat ja menetelmät sekä opinnäytetyöprosessin eteneminen. Esite on liitteenä opinnäytetyön lopussa nimellä ”HUS Diagnostiikkakeskus – Meilahden isotooppiyksikkö”.

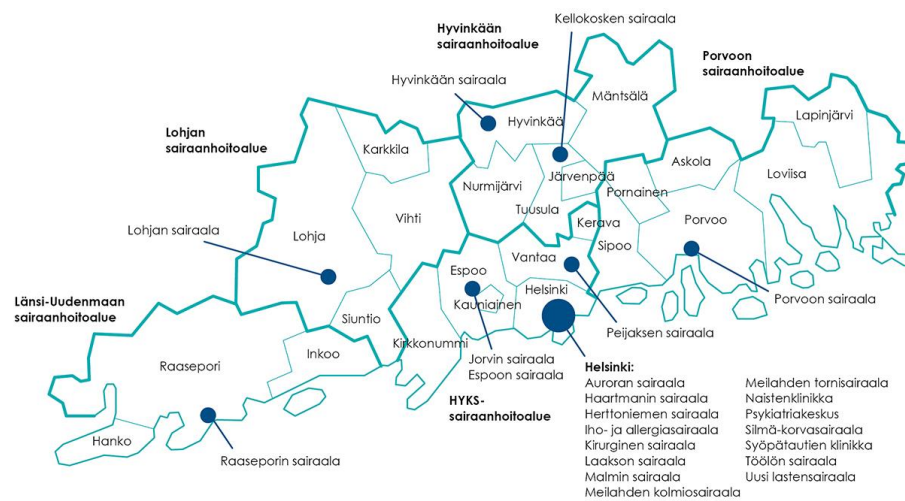
## 2 OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTAJA

### 2.1 Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri

Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri (HUS) on Helsingissä ja 23 muussa jäsenkunnassa toimiva Suomen suurin terveydenhuoltoalan toimija. HUS:in tehtävänä on huolehtia kaikkien jäsenkuntiensa erikoissairaanhoidosta. Helsingin yliopistollisessa sairaalassa hoidetaankin vuosittain yli puoli miljoonaa potilasta. HUS:in on keskitetty monien harvinaisten ja vaikeiden sairauksien hoito valtakunnallisesti. Yliopistollisella sairaalalla on vastuu hoitomenetelmien ja toiminnan jatkuvasta kehityksestä. (HUS n.d.i.) Yliopistolliselle sairaalalle kuuluu myös vastuu tutkimuksesta ja opetuksesta (HUS n.d.c).

Suomen toiseksi suurimmalla työnantajalla HUS:llä on työntekijöitä noin 27 000 (HUS n.d.i). Työntekijöistä jopa 54 % on hoitohenkilökuntaa. Heidän lisäksi lääkäreitä on noin 13 %, erityistyöntekijöitä 5 % ja muuta henkilökuntaa 28 %. (HUS n.d.b.) HUS:n arvoja ovat kohtaaminen, edelläkävijyys ja yhdenvertaisuus. ”Lupauksemme: joka päivä, jokaiselle potilaalle, yhä parempaa hoitoa.” (HUS n.d.e.)

Suomessa jokainen kunta kuuluu johonkin sairaanhoitopiiriin. Sairaanhoitopiirejä on HUS mukaan lukien yhteensä 21. (Sosiaali- ja terveysministeriö n.d.) Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri on jaettu yhteensä viiteen eri sairaanhoitoalueeseen. Sairaanhoitoalueet ovat HYKS-sairaanhoitoalue sekä Hyvinkään, Lohjan, Porvoon ja Länsi-Uusimaan sairaanhoitoalueet (kuva 1). HYKS-sairaanhoitoalueeseen kuuluu HUS Diagnostiikkakeskus, johon opinnäytetyöni aiheena olevat isotooppilääketieteen tutkimukset kuuluvat. (HUS n.d.a.)

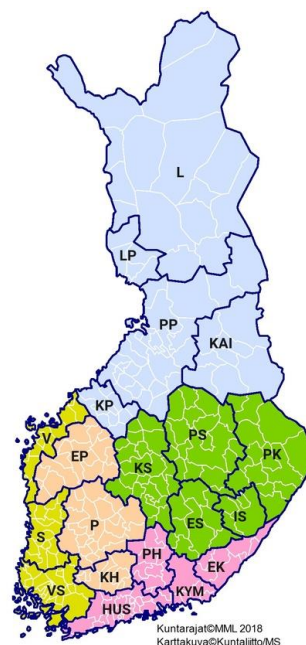


KUVA 1. HUS:n sairaanhoitoalueet (HUS n.d.a)

HUS vastaa erikoissairaanhoidon palveluista omalla sairaanhoitopiirinsä alueella, mutta kuuluu myös erityisvastuualueeseen (erva). Tämä tarkoittaa, että HUS järjestää erikoissairaanhoidon palvelut oman sairaanhoitopiirinsä lisäksi Kymenlaakson, Etelä-Karjalan ja Päijät-Hämeen sairaanhoitopiirien asiakkaille. (Sosiaali- ja terveysministeriö n.d; Valtioneuvoston asetus erityistason sairaanhoidon erityisvastuualueista 156/2017.) Kuvassa 2 on esitetty koko Suomen erityisvastuualueet sekä sairaanhoitopiirit vuodelta 2019 (Kuntaliitto 2019).

Sairaanhoidon erityisvastuualueet ja sairaanhoitopiirit 2019, väestö 31.12.2018

<span style="color: #e91e63;">■</span> <b>HYKS erva</b>	<b>2 173 797 as.</b>	<b>51 kuntaa</b>
Helsinki ja Uusimaa	1 667 203	24
Etelä-Karjala	128 756	9
Kymenlaakso	166 623	6
Päijät-Häme	211 215	12
<span style="color: #4caf50;">■</span> <b>KYS erva</b>	<b>805 133 as.</b>	<b>66 kuntaa</b>
Pohjois-Savo	245 602	18
Etelä-Savo	100 226	9
Itä-Savo	41 060	4
Keski-Suomi	252 676	21
Pohjois-Karjala	165 569	14
<span style="color: #2196f3;">■</span> <b>OYS erva</b>	<b>738 690 as.</b>	<b>68 kuntaa</b>
Pohjois-Pohjanmaa	409 418	29
Kainuu	73 061	8
Keski-Pohjanmaa	77 689	10
Lapin	117 350	15
Länsi-Pohja	61 172	6
<span style="color: #e57373;">■</span> <b>TAYS erva</b>	<b>900 724 as.</b>	<b>52 kuntaa</b>
Pirkanmaa	535 044	23
Etelä-Pohjanmaa	194 316	18
Kanta-Häme	171 364	11
<span style="color: #ffeb3b;">■</span> <b>TYKS erva</b>	<b>869 786 as.</b>	<b>58 kuntaa</b>
Varsinais-Suomi	481 478	28
Satakunta	218 624	17
Vaasa	169 684	13
<b>Manner-Suomi</b>	<b>5 488 130 as.</b>	<b>295 kuntaa</b>
<b>Ahvenanmaa</b>	<b>29 789 as.</b>	<b>16 kuntaa</b>
<b>Koko maa</b>	<b>5 517 919 as.</b>	<b>311 kuntaa</b>



KUVA 2. Erityisvastuualueet ja sairaanhoitopiirit (Kuntaliitto 2019)

## 2.2 HUS Diagnostiikkakeskus

HUS Diagnostiikkakeskus johtaa Suomessa kliinisten laboratoriopalveluiden ja lääketieteellisten kuvantamispalveluiden tuottamista (HUS n.d.c). HUS Diagnostiikkakeskuksessa yhdistyvät HUSLAB sekä HUS Kuvantaminen ja se on perustettu heinäkuussa 2019 (HUS 2019b). HUS Diagnostiikkakeskuksen alaisena toimii yli 3000 työntekijää ja siellä panostetaan sekä henkilöstöön että asiakkaisiin. Heidän tavoitteensa on olla alansa paras asiantuntija ja keskittyä antamaan potilaille loistava asiakaskokemus. HUS Diagnostiikkakeskuksen toiminta perustuu asiakaslähtöisyyteen ja laadun kehittämiseen. (HUS n.d.c.)

HUS Diagnostiikkakeskus muodostuu kahdeksasta lääketieteen erityisalasta: genetiikka ja kliininen farmakologia, kliininen kemia, kliininen mikrobiologia, kliininen neurofysiologia, patologia, preanalytiikka (näytteenotto), radiologia ja opinnäytetyöhöni kuuluva kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Heidän vastuullansa on monia tutkimuksia, jotka vaativat erityisosaamista. (HUS n.d.c.)

HUS Diagnostiikkakeskuksen alaisuuteen kuuluva HUS Kuvantaminen on Suomessa johtava toimija kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen alalla (HUS 2019a, 4). Vuonna 1999 kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede yhdistettiin yhdeksi isoksi erikoisalaksi. Tällä nopeasti kehittyneellä diagnostisella lääketieteen erikoisalalla keskitytään ihmisen elintoimintojen tutkimiseen ja mittaamiseen sekä niiden häiriöihin uusimman lääketieteen teknologian avulla. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen tutkimusten avulla diagnosoidaan sekä tavallisia kansansairauksia että harvinaisempia sairauksia. Kliinisellä fysiologialla keskitytään sydämen, keuhkojen ja ruokatorven toimintaan erilaisilla mittauksilla, jotka toteutetaan joko lyhyt- tai pitkäaikaisrekisteröinteinä. Monia fysiologisia muuttujia voidaan seurata vuorokauden ympäri potilaan normaalin toiminnan aikana. (HUS n.d.g; Sovijärvi ym. 2018.)

Isotooppilääketieteessä toteutetaan radioaktiivisten isotooppien avulla toiminnallisia kuvantamistutkimuksia muun muassa luustolle, keuhkoille, munuaisille ja imuteille. Radioaktiivisten isotooppien käyttö tutkimuksissa on kehittynyt lähivuo-



sina nopealla tahdilla. Isotooppitutkimuksissa käytettävät kamerat ovat kehittyneet herkemmiksi ja tarkemmiksi, mutta myös spesifisemmät merkkiaineet ovat helpottaneet diagnostiikkaa. Radioaktiivisia isotooppeja käytetään myös isotooppihoidoissa, esimerkiksi syöpien hoidossa. (HUS n.d.g; Sovijärvi ym. 2018.)

### **2.3 Meilahden isotooppiyksikkö**

Meilahden isotooppiyksikkö sijaitsee Helsingissä Meilahden sairaala-alueella Syöpätautien klinikalla. Siellä tehdään toiminnallisia kuvantamistutkimuksia sekä isotooppihoitoja radioaktiivisten isotooppien avulla. Kuvantamistutkimukset voidaan tehdä joko gammakuvauksina tai PET-TT -kuvauksina. Opinnäytetyöni keskittyy nimenomaan näihin kuvantamistutkimuksiin radioaktiivisten isotooppien avulla. (HUS n.d.d; HUS n.d.j.) Vuoden 2018 aikana Meilahden isotooppiyksikössä tehtiin yhteensä 6571 isotooppitutkimusta. Näistä tutkimuksista yleisin gammakuvaus oli vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakameran avulla. Muita yleisiä gammatutkimuksia ovat luuston ja munuaistoiminnan gammakuvaus. PET-TT -tutkimuksista selvästi yleisin tutkimus Meilahden isotooppiyksikössä on koko kehon aineenvaihdunnan PET-TT. Lisäksi hyvin yleisesti käytetty tutkimus on prostataspesifisen membraaniantigeenin PET-TT. (HUS 2018c.)

Meilahden isotooppiyksikössä ehkäistään terveyshaittoja säteilysuojelulla. Säteilylaki (859/2018) suojelee terveyttä säteilyn aiheuttamilta haitoilta. Laki ehkäisee ja vähentää myös säteilystä aiheutuvia ympäristöhaittoja. Säteilysuojelu varmistaa, että säteilyn käyttö on turvallista. Säteilysuojelussa käytettävät periaatteet pohjautuvat kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan, ICRP:n (International Commission on Radiological Protection) suosituksiin. Säteilyn käytön on täytettävä kolme peruseriaatetta, jotta se on hyväksyttävää. Oikeuseriaate tarkoittaa, että säteilyn käytön hyödyn tulee olla suurempi kuin siitä aiheutuvan haitan. Optimointiperiaate pitää huolen, että säteilyaltistus pidetään niin pienenä kuin on mahdollista. Yksilönsuojaperiaate suojelee työntekijöiden ja muiden yksilöiden säteilyaltistumista, ettei se ylitä annettuja enimmäisarvoja eli annosrajoja. (STUK 2015.)

### 3 ISOTOOPPIYKSIKKÖ

#### 3.1 Isotooppitutkimukset

Isotooppitutkimuksissa saadaan tietoa elimistön toiminnasta lyhytaikaisten radioaktiivisten merkkiaineiden avulla, jotka annetaan useimmiten potilaalle injektiona laskimoon. Näitä radioaktiivisia merkkiaineita voidaan kutsua myös radioisotoopeiksi tai radionuklideiksi. Isotoopit ovat jonkun tietyn alkuaineen eri muotoja. Isotoopeissa on eri määrä neutroneita muihin alkuaineen muotoihin verrattuna. Isotoopeissa tapahtuu radioaktiivista hajoamista, jonka seurauksena ydin emittoi hiukkasia ja sähkömagneettista säteilyä ympärilleen. (Sovijärvi ym. 2018.)

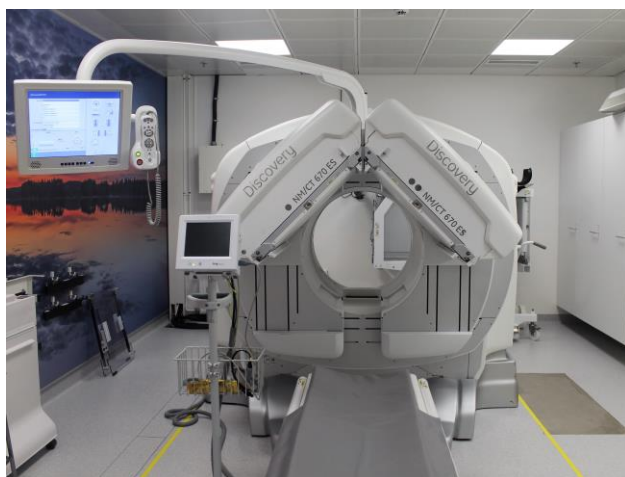
Isotooppitutkimuksissa potilasta voidaan kuvata joko gamma- tai PET-kameralla, jotka havaitsevat isotooppien hajoamisen seurauksena syntyvän sähkömagneettisen säteilyn. Radioisotooppien hajoamista kuvaa aktiivisuus, jonka avulla tiedetään, kuinka paljon hajoamista tapahtuu aikayksikköä kohden. Aktiivisuuden yksikkö on becquerel (Bq). Kaikilla isotoopeilla on myös oma puoliintumisaika, joka kertoo, milloin isotoopin aktiivisuus on pienentynyt puoleen lähtötilanteesta. (Sovijärvi ym. 2018.)

#### 3.2 Gammakuvaus

Gammakuvauksessa hyödynnetään radioaktiivista isotooppia, joka yhdessä kantajamolekyylinsä kanssa muodostavat radioaktiivisen lääkkeen. Kantajamolekyylin käyttäytyminen tunnetaan ja sen avulla suoneen kanyylin kautta annettava lääke kulkeutuu haluttuun kohteeseen elimistössä. Kun molekyyli on kulkeutunut oikeaan kohteeseen, havaitaan gammakameran avulla radioaktiivisen isotoopin hajoamisen seurauksena syntyvää gammasäteilyä. Gammakameran havainnoiman gammasäteilyn avulla saadaan tietoa tutkimuksen kohteen toiminnasta. Tutkimuksessa käytettävällä isotoopilla tulee olla niin suuri energia, että sitä voidaan mitata elimistön ulkopuolelta. (HUS n.d.f; Soimakallio ym. 2005, 43-44.)

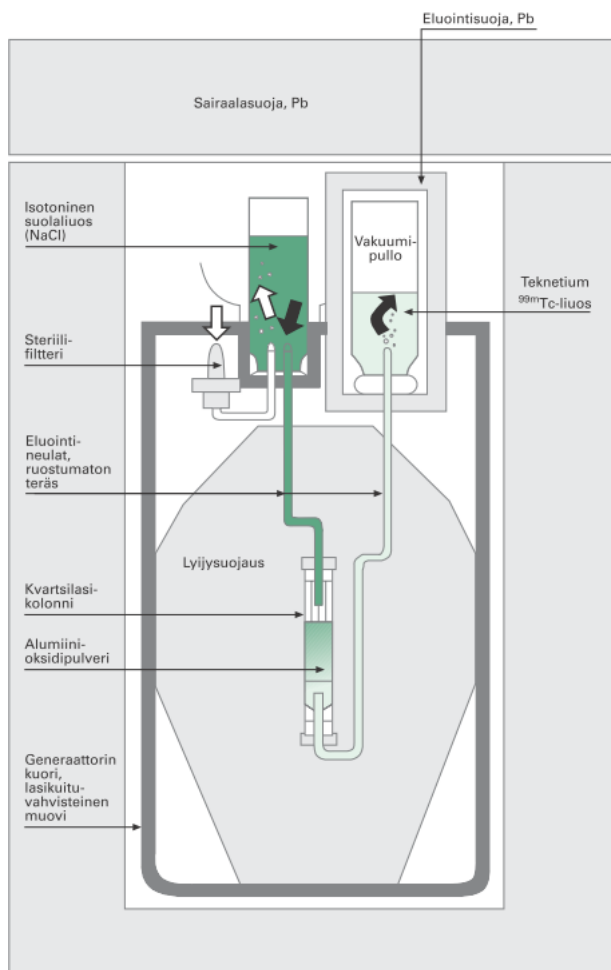
Gammakuvaus voi tutkimuksen mukaan muodostua yhdestä yksittäisestä kuvasta tai useammasta peräkkäisestä kuvasta. Staattisessa kuvauksessa otetaan yksittäinen kuva, jonka aikana sekä kamera että potilas ovat paikallaan. Staattinen kuvaus tehdään, jotta nähdään isotoopin jakautuminen tietyssä kohde-elimessä. Dynaaminen kuvaus tarkoittaa kuvasarjaa, joka muodostuu yksittäisistä ajallisesti peräkkäisistä kuvista. Kuvasarja muodostaa aika-aktiivisuuskäyriä, joita hyödyntämällä nähdään isotoopin kulkeutuminen kohteen läpi. Gammakuvaus voi myös suorittaa potilaan sydämen syklin mukaan. EKG-tahdistetussa kuvauksessa kuva otetaan aina tietyn sydämen syklin aikana, jonka avulla saadaan esille syklin muutokset. Kun halutaan puolestaan kuvata kameran kuvakenttää suurempaa kohdetta, esimerkiksi koko kehoa, hyödynnetään liikkuvaa kuvaussänkyä. Yksiemissiotomografiakuvauksessa (SPECT) kuvataan useita projektiokuvia eri suunnista kameran kiertäessä tietyissä kulmissa potilaan ympärillä. (HUS n.d.f; Soimakallio ym. 2005, 48-50.)

Gammakameroissa on kaksi ilmaisinta, jotka asetetaan haluttuihin kulmiin. Ilmaisimet voivat olla vastakkain, jolloin pystytään samaan aikaan kuvaamaan potilasta molemmilta puolilta. Ilmaisimet voivat olla myös 90 asteen kulmassa ja pyöriä kuvauksen ajan, jolloin saadaan kolmiulotteinen SPECT-kuva. Potilas säteilee radioaktiivista säteilyä kaikkiin suuntaan, mutta ilmaisimen edessä olevalla kolliimaattorilla karsitaan viistosti ilmaisinta kohti tuleva säteily. Kuva muodostetaan siis ainoastaan kohtisuorista säteistä. (Sovijärvi ym. 2018.) Meilahden isotooppiyksikössä on käytössä GE Discovery NM/CT 670 ES -gammakamera (kuva 3).



KUVA 3. GE Discovery NM/CT 670 ES -gammakamera Meilahden isotooppiyksikössä

Teknetium-99m on yleisin gammatutkimuksissa käytettävä isotooppi. Sen etuna on, että sillä pystytään leimaamaan monia yhdisteitä, jonka vuoksi se soveltuu suurimpaan osaan tutkimuksista.  $^{99m}\text{Tc}$ :n puoliintumisaika on lyhyt, vain kuusi tuntia, joten sitä valmistetaan toisesta isotoopista radionuklidigeneraattorin avulla. Sitä saadaan generaattorilla molybdeenistä, teknetiumin emonuklidista, eluoimalla eli uuttamalla. Eluoinnissa käytetään apuna natriumkloridiliuosta, joka kulkeutuu generaattorin kolonin läpi. Molybdeeni on generaattorissa ladattuna alumiinioksidipylvääseen, jonka läpi liuos kulkeutuu. Tytärnuklidi liukenee liuokseen, mutta emonuklidi ei. Natriumkloridi on generaattorin prosessin aikana muuttunut natriumperteknataatiksi, jota käytetään tuotteiden leimaamisessa. Natriumperteknataatti sisältää teknetium-99m:ää. Kuvassa 4 on esitetty teknetiumgeneraattorin rakenne. (Säteilyturvakeskus 2004, 223-228; Leino 2020.)



KUVA 4. Teknetiumgeneraattori (Säteilyturvakeskus 2004, 227)

Yleisin gammatutkimus Meilahden isotooppiyksikössä on vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakameran avulla (HUS 2018c). Tutkimusta käytetään vartijaimusolmukkeen paikantamiseen pahalaatuisten kasvainten, etenkin rintasyövän, yhteydessä. Vartijaimusolmuke on ensimmäinen imusolmuke, johon imuneste ja mahdolliset syöpäsolut leviävät kasvaimesta. Rintasyöpäpotilailla vartijaimusolmuke on tavallisimmin kainalon läheisyydessä. (Mustonen & Vanninen 2001; Sovijärvi ym. 2018.)

Vartijaimusolmuketutkimuksessa merkkiaineena käytettävä  $^{99m}\text{Tc}$ -albumiini nanokolloidi injektoidaan kasvaimen viereen ihonalaisesti. Kuvaus tehdään tapauksen mukaan viimeistään neljän tunnin kuluttua injektioista. Kuvaus kestää noin puolesta tunnista tuntiin, jonka aikana otetaan etukuvan lisäksi sivukuva sekä tarvittaessa viistokuvia, joiden avulla vartijaimusolmuke erotetaan injektiokohdan voimakkaasta aktiivisuudesta. (Mustonen & Vanninen 2001; HUS 2018d.) Merkkiaine kulkeutuu imuteitä pitkin vartijaimusolmukkeeseen, josta se gammakameran avulla paikannetaan tulevaa leikkausta varten (kuva 5). Vartijaimusolmuke voidaan merkitä ihoon tussilla, gammakuva voidaan antaa leikkaukseen mukaan tai gammailmaisoin voi paljastaa leikkauksen yhteydessä vartijaimusolmukkeen sijainnin. Vartijaimusolmuke otetaan talteen potilaan leikkauksen yhteydessä kudospätkäksi. Kudospätkä lähetetään tutkittavaksi patologian laboratorioon metastaasien varalta. Jos vartijaimusolmukkeesta ei löydy metastaasia, on hyvin harvinaista, että muissakaan kainalon imusolmukkeissa olisi. Jos puolestaan vartijaimusolmukkeesta löytyy etäpesäkkeitä, kainalon imusolmukkeet poistetaan leikkauksessa. (Mustonen & Vanninen 2001; HUS 2018d; Sovijärvi ym. 2018; HUS 2019c.)



KUVA 5. Oikean rinnan vartijaimusolmuketutkimus (Sovijärvi ym. 2018)

Toinen yleinen gammatutkimus Meilahden isotooppiyksikössä on luuston gammakuvaus. Luuston gammakuvausta käytetään enimmäkseen luumetastaasien diagnostiikassa, etenkin prostatasyövässä. Merkkiaineena käytetään  $^{99m}\text{Tc}$ -leimattua oksidronaattia tai medronaattia, joka injektoidaan kanyylin kautta potilaan laskimoon. Merkkiaine kerääntyy sellaiselle luuston alueelle, jossa aineenvaihdunta on vilkastunut. Kuvaus aloitetaan tapauksen mukaan 2.5-4 tunnin kuluttua injektioista. Kuvaus kestää puolesta tunnista tuntiin, jonka aikana voidaan ottaa koko kehoon kuva, tarvittavat paikallis- tai leikekuvat sekä mahdollisesti myös TT-kuvaus. (HUS 2018b.)

### 3.3 PET-TT

PET-TT -tutkimuksen avulla saadaan tietoa elimistön toiminnasta, aineenvaihdunnasta ja biologiasta. Huimat yli kaksi kolmasosaa PET-TT -kuvauksista diagnosoi syöpätauteja tai niiden hoitoa. Tutkimusta käytetään muun muassa syövän levinneisyyden seurantaan elimistössä. Tutkimus on hyvin tarkka, sillä voidaan

löytää levinneet syöpäsolut jopa solutasolla. Tutkimusta käytetään myös esimerkiksi infektiio- ja tulehdustilojen löytämisen apuna sekä neurologiassa ja kardiologiassa. PET-kuvaus on huomattavasti herkempi ja tarkempi kuin gammakuvaus. (HUS n.d.h; Janatuinen & Kemppainen 2020.)

PET-TT -tutkimuksissa merkkiaineena käytetään useimmiten fluorin radioaktiivisella isotoopilla  $^{18}\text{F}$ -leimattua fluorodeoksiglukoosia (FDG), joka annetaan potilaalle kanyylin kautta laskimoon. Merkkiaine sisältää glukoosia, joka hakeutuu vilkastuneen aineenvaihdunnan omaaviin kohteisiin, esimerkiksi syöpäsoluihin. (HUS n.d.h; Vanninen ym. 2010, 2845; Janatuinen & Kemppainen 2020.)  $^{18}\text{F}$ -säteilijää saadaan käyttöön syklotroniyksikön hiukkaskiihdyttimestä monen eri ammattitaitoa vaativan vaiheen kautta (Leino 2020). Merkkiainetta valmistetaan vasta kuvauspäivänä, koska käytettävien isotooppien puoliintumisajat ovat lyhyitä. Yhdestä valmistuserästä saadaan kuitenkin merkkiainetta kuvauskäyttöön useammallekin potilaalle. (Janatuinen & Kemppainen 2020.) Merkkiaineen antoa ennen ja sen jälkeen potilaan tulee olla vuodelevossa, jotta lihakset rentoutuvat ja aineenvaihdunta tasoittuu. Muuten merkkiaine kulkeutuisi väärin kohteisiin eikä kuvauksen kannalta haluttuihin. (HUS n.d.h.)

Tutkimus koostuu kahdesta eri kuvauksesta, joiden aikana potilas makaa selälään tutkimussängyllä. Tutkimussänky liikkuu kameran aukon läpi kuvauksien aikana. Ensimmäiseksi potilaalle tehdään TT- eli tietokonetomografiakuvaus. TT-kuvaus on viipalekuvaus, jossa saadaan röntgensäteiden avulla poikkileikekuvia tutkittavalta alueelta. Kuva antaa selkeän anatomisen kuvan potilaan kehon rakenteesta. Kuvista saadaan näkyviin yksityiskohtia, esimerkiksi sisäelimiä, luita, rasvaa ja verisuonia. Toinen kuvauksen vaihe on PET- eli positroniemissiotomografiakuvaus. (HUS n.d.h; HUS n.d.k; Janatuinen & Kemppainen 2020.) PET-kuvauksessa käytetään merkkiaineena isotooppeja, jotka hajotessaan vapauttavat positronin. Positroni törmää elektroniin väliaineessa ja hajoaa kahdeksi vastakkaisiin suuntiin kulkeviksi gammakvanteiksi. Näitä hajoamisia PET-kamera rekisteröi ja niiden avulla saadaan kolmiulotteista kuvaa merkkiaineen jakautumisesta elimistössä. (Sovijärvi ym. 2018; Janatuinen & Kemppainen 2020.) Kun TT- ja PET-kuvan yhdistää, saadaan tarkasti esille merkkiaineen jakautuminen anatomisesti (HUS n.d.h).

Meilahden isotooppiyksikössä on käytössä kaksi erilaista PET-kameraa. Kuvassa 6 on vanhempi niistä, Siemens Biograph mCT Flow. (Leino 2020.) Kameran loistavan kuvanlaadun ja suorituskyvyn mahdollistaa monipuolinen teknologia ja järjestelmäsuunnittelu. Kameran suunnittelussa on huomioitu myös potilaan mukavuus, sillä kuvaus tapahtuu liikkuvan kuvaussängyn avulla suuren aukon ja lyhyen tunnelin läpi. (Siemens Healthineers n.d.) Kuvilla saadaan esiin tarkat yksityiskohdat, mutta potilaalle annettava annos sekä kuvausaika pysyvät kuitenkin kohtuullisena (Siemens Healthcare 2015).



KUVA 6. Siemens Biograph mCT Flow Meilahden isotooppiyksikössä

Uudempi kameroista on GE Discovery MI (kuva 7). Kamerassa on digitaalinen PET-tekniikka, diagnostinen TT-ominaisuus ja edistyneet ohjelmistot, joiden avulla tutkimus nopeutuu ja laatu paranee. (GE Healthcare n.d.b.) Discovery MI -kameran herkkyys ja digitaalianturi yhdessä mahdollistavat loistavan kuvanlaadun sekä tarkkuuden. Kameran avulla on helpompi havaita pieniäkin löydöksiä haastavistakin paikoista. (GE Healthcare n.d.a.)





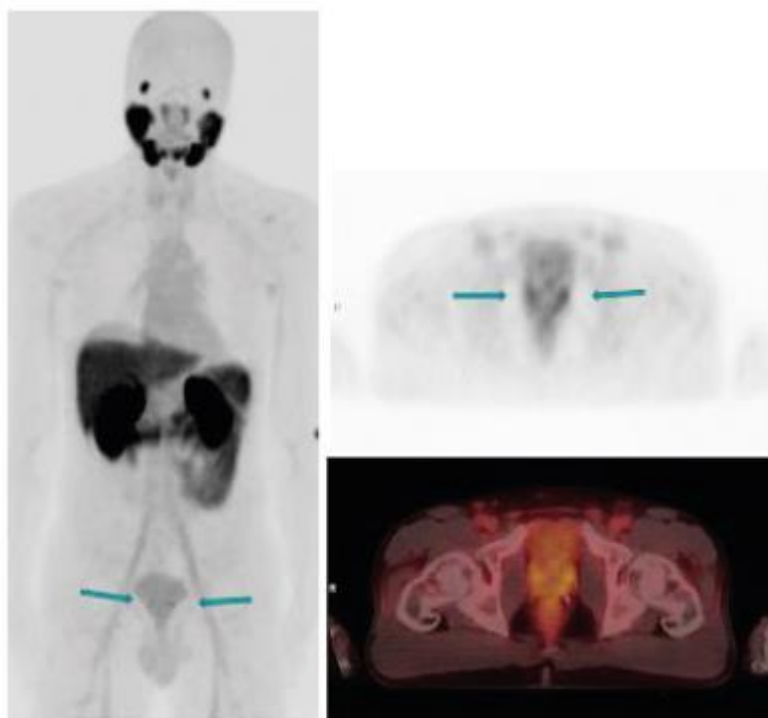
KUVA 7. GE Discovery MI Meilahden isotooppiyksikössä

Yleisin PET-TT -tutkimus Meilahden isotooppiyksikössä on koko kehon aineenvaihdunnan kuvaus (HUS 2018c). Tutkimusta käytetään kasvaindiagnostiikassa, jonka avulla voidaan muun muassa arvioida muutoksen pahalaatuisuutta sekä syövän levinneisyyttä. Potilaan tulee olla levossa ennen injeksiota puoli tuntia ja sen jälkeen tunti kuvaukseen asti, joka kestää noin kahdesta kolmeen tuntiin. Merkkiaineena käytetään  $^{18}\text{F}$ -leimattu fluorideoksiglukoosia (FDG), joka kerääntyy vilkastuneen sokeriaineenvaihdunnan omaaviin soluihin. Menetelmä perustuu siihen, että syöpäkudos käyttää glukoosia tavallista kudosta enemmän. Tulointa voi häiritä lihasjännitys, joka saa fluorideoksiglukoosin kertymään lihaksiin. Myös ruuansulatuselimistö sekä munuaiset ja virtsatiet keräävät normaalilla toiminnallaan FDG:tä. Tietokonetomografian käyttö positroniemissiotomografian rinnalla parantaa anatomista tarkkuutta. (HUS 2018a.)

Hyvin yleisesti käytetty PET-TT-tutkimus Meilahden isotooppiyksikössä on prostataspesifisen membraaniantigeenin PET-TT (HUS 2018c). Tutkimusta käytetään prostata- eli eturauhassyövän uusiutumisen ja metastasoinnin arviointiin. Tutkimus kestää yhteensä noin kahdesta kolmeen tuntiin, jonka aikana kuvataan potilaan koko keho. (HUS 2017.) Eturauhassyövän PET-kuvauksissa on aikaisemmin käytetty useita eri merkkiaineita, mutta lähivuosina uusi PSMA-merkkiaine on korvannut melkein kaikki muut merkkiaineet (Seppänen, Boström, Minn

& Kempainen 2020). Meilahden isotooppiyksikössä on käytössä  $^{18}\text{F}$ -leimattu PSMA, joka kerääntyy prostataspesifiin membraaniantigeeneihin, joita esiintyy tiettyjen syöpäsolujen pintarakenteissa (Leino 2020).  $^{18}\text{F}$ -PSMA on uusimpia merkkiaineita eturauhassyövässä ja se on hyvin herkkä sekä spesifinen tunnistamaan uusiutuman tai metastasoinnin jo varhaisessakin vaiheessa ennen kuin edes PSA-arvo nousee merkittävästi (Sovijärvi ym. 2018; Seppänen ym. 2020).

Kuvassa 8 näkyy eturauhassyövän PET-kuva käyttäen  $^{18}\text{F}$ -PSMA -merkkiainetta. Kuvassa vasemmalla on koko kehon PET-kuvaus ja oikealla olevat kuvat ovat kuvattu potilaan lantion alueelta. Ylempi kuvista on PET-kuva ja alempi kuva on PET-kuva yhdistettynä TT-kuvaan, jossa näkyy tarkempi potilaan anatominen rakenne. (Sovijärvi ym. 2018.)



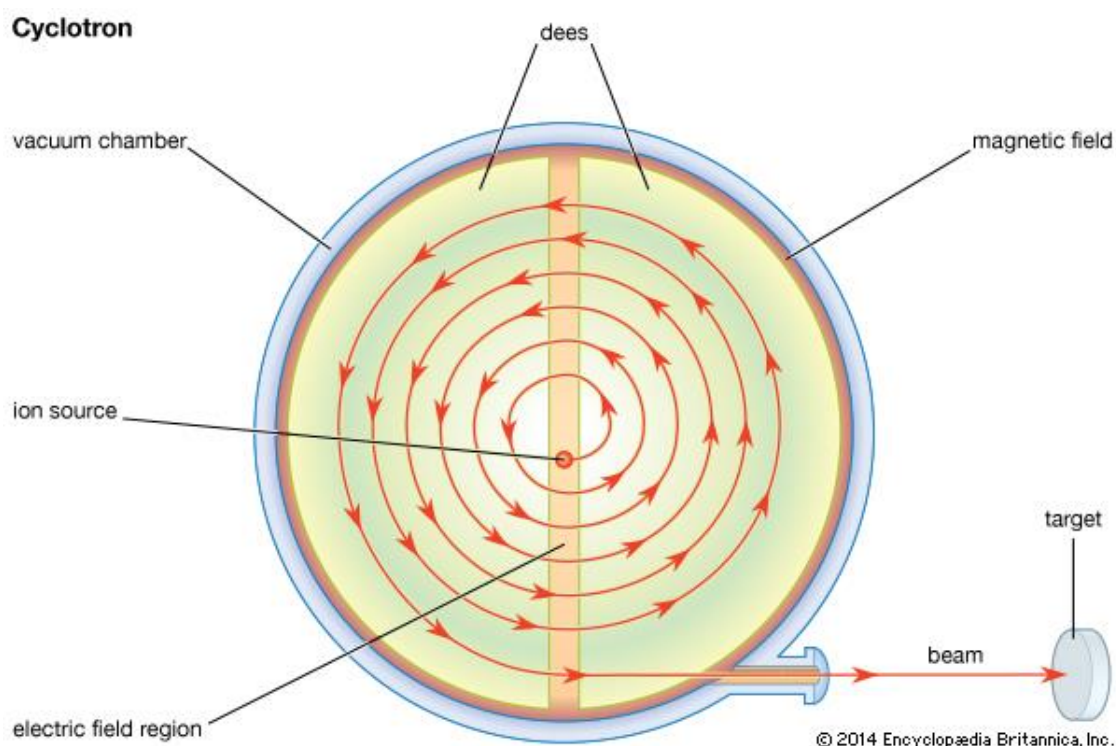
Kuva 8. Eturauhassyövän PET-kuvaus (Sovijärvi ym. 2018)

Kuvan 8 oikean yläreunan PET-kuvasta ja koko kehon kuvasta nähdään, että eturauhaseen on hennosti kertynyt merkkiainetta (siniset nuolet). Tämän potilaan tapauksessa hento kertymä viittaa matalaan maligniteettiasteen tautiin. Tauti ei kuitenkaan ollut päässyt leviämään vaan koko kehon kuvassa näkyvät kertymät ovat normaaleja kertymiä, esimerkiksi munuaisissa ja maksassa. (Sovijärvi ym. 2018.)

## 4 SYKLOTRONIYKSIKKÖ

### 4.1 Syklotroni

Samoissa tiloissa Meilahden isotooppiyksikön kanssa on syklotroniyksikkö. Syklotroniyksikössä on maailmanluokan syklotronilaitteisto eli hiukkaskiihdytin paksumen betoniseinien ympäröimässä bunkkerissa. Tällä syklotronilla pystytään itse tuottamaan lyhytaikaisia radioaktiivisia merkkiaineita, joiden avulla potilaiden tutkimuksiin pääsy nopeutuu ja avautuu uusia mahdollisuuksia lyhytikäisten radio-lääkkeiden käyttöön. (HUS 2019a, 37; Saarelainen 2019.) Syklotronissa varattuja hiukkasia kiihdytetään sähkökentän avulla ja ohjataan magneettikentän avulla. Syklotroni muodostuu kahdesta kaarevasta ja ontosta elektrodista, joiden välissä on sähkökenttä (kuva 8). Hiukkaset muodostuvat sähkökentässä, joka saa ne kiihtymään toiselle elektrodille. Magneettikenttä saa puolestaan hiukkaset kiertämään ympyrää syklotronin sisällä. Joka kerta, kun hiukkaset palaavat keskelle, saa varautunut sähkökenttä ne kiihtymään vastakkaiselle elektrodille. Hiukkasten nopeus ja kiertorata kasvavat jokaisella kerralla, kun ne ylittävät sähkökentän. (Britannica Academic 2020.)



KUVA 8. Syklotronin rakenne (Britannica Academic 2020)

## 4.2 Radiolääkkeiden valmistus

Syklotronia käytetään radiolääkkeiden valmistamiseen PET-säteilijöillä. Radiolääkkeiden tuotantoa valvoo apteekki ja sen toiminnasta Meilahden syklotroniyksikössä vastaa HUS-apteekin proviisori. Radiolääketuotanto on GMP (Good Manufacturing Practice) mukaista toimintaa, joka kertoo lääkkeiden hyvistä tuotantotavoista. Hyvät lääkevalmistuksen tavat ja laadunvarmistus takaavat, että lääkkeet täyttävät valmistuksen osalta kaikki ennalta määritetyt vaatimukset. (Fimea n.d; Leino 2020.) Fimea (Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus) valvoo lääkevalmistusta ja määrittää lääkkeiden valmistuksen hyvät tuotantotapojen periaatteet. Näitä tulee noudattaa ihmisille tarkoitettujen lääkkeiden valmistuksessa. (Fimea 2019.)

Radiolääkkeen valmistus PET-kuvauksia varten Meilahden syklotroniyksikössä alkaa, kun syklotronilla säteilytetään radiolääkkeeseen haluttua säteilijää, joka useimmiten on  $^{18}\text{F}$ . Säteilijä on syklotronissa yleensä nestemäisessä muodossa, josta se kuljetetaan lyijysuojattuja letkuja pitkin synteetikaappiin. Synteetikaappi on puhdistilassa lyijysuojien sisällä. Synteetikaapin sisällä on synteetilaitteisto, jossa synteesi tapahtuu automaattisesti tietyn ohjelman mukaisesti. Synteesiä varten tulee kuitenkin valmistella kasetti, joka sisältää synteetin reaktioihin tarvittavat liuokset, suodattimet ja lämpöblokit. Synteetissä säteilijä yhdistetään kantaja-aineeseen ja tuote puhdistetaan, jotta se voidaan turvallisesti antaa potilaalle. Synteetin aikana siis valmistuu radiolääke, joka siirtyy lyijysuojattuun puhdistilan annostelukaappiin. (Leino 2020.)

Puhdistilaluokkia lääkkeiden valmistuksessa valvoo GMP, joka on määritellyt neljä puhdistilaluokkaa. Puhdistilaluokat ovat nimetty A, B, C ja D, joista A on puhtain ja D likaisin. Luokat määräytyvät sen mukaan, kuinka suuri on sallittu hiukkasmäärä yhdellä neliömetrillä. (Friman & Kivisalmi 2015, 64.) Annostelukaappi on A-luokan puhdistila, joka edellyttää työskentelyltä korkeinta laatuvaatimusta. Annostelukaappia ympäröivä huone on C-luokan puhdistila, joka sopii annostelua valmistaviin työtehtäviin. (Friman & Kivisalmi 2015, 65; Leino 2020.)

Radiolääke laimennetaan annostelukaapissa haluttuun tilavuuteen sekä annostellaan pulloihin, jotka menevät kuvauspuolelle käyttöön. Annostelu tapahtuu joko käsin tai annostelurobotin avulla siten, että lopputuote pullossa on steriiliä. Annostelussa tehdään aina pullo myös laadunvalvontaa varten. Tuotteen laatu tarkistetaan aina ennen kuin se otetaan potilaskäyttöön. Laadunvalvonnassa tehdään useita erilaisia testejä tuotteelle nopealla aikataululla. Laadun ollessa hyväksyttävää, tuote vapautetaan käyttöön. Tämän jälkeen radiolääke on turvallista ottaa käyttöön kuvauspuolella. Kun yksi radiolääke-erä valmistetaan, tarvitaan siihen neljä työntekijää. Yksi toimii syklotronille säteilyttäjänä, toinen toimii tuotannossa annostelijana, kolmas tekee laadunvalvonnan testit ja neljäs tekee tuotteelle vapautuksen käyttöön. (Leino 2020.)

Radiolääkkeen valmistusta varten tehdään jo etukäteen paljon valmisteluja. Kaikki radiolääkevalmistuksen työvaiheet vaativat suuren määrän työtä, joten niitä valmistellaan jo edellisenä päivänä useamman tunnin ajan. Radiolääkkeen valmistuksessa käytettävien säteilijöiden puoliintumisajat ovat lyhyitä, joten valmisteluista ja aikataulutuksesta tulee huolehtia. Myös laadunvalvonnassa on paljon erilaisia laitteita, joiden ylläpito vaatii paljon työtä. Syklotroniyksikössä käytettävät puhdistilat vaativat myös ylläpitoa säännöllisesti. (Leino 2020.)

## 5 TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN PROSESSI

### 5.1 Opinnäytetyön taustat ja menetelmä

Toimeksiantajana työlle toimii HUS Diagnostiikkakeskuksen Meilahden isotooppiyksikkö. Toiminnallinen opinnäytetyö valikoitui, kun toimeksiantajani kanssa keskustelimme mahdollisista aiheista opinnäytetyölleni. Vaihtoehdoista kiinnosti eniten kirjallinen yleisesittely Meilahden isotooppiyksiköstä. Paperisen esitteen ja tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata yksikön toimintaa vierailijoille sekä antaa lukijalle lisätietoa yksiköstä. Esitteen avulla voidaan lisätä tunnettavuutta Meilahden isotooppiyksikölle.

Aiheenvalintaan omalta osaltani vaikutti, että tämän kaltaisesta esitteestä olisi hyötyä sekä toimeksiantajalleni että yksikössä vieraileville. Vierailijoiden on helppo pitää esitettä mukanaan, eikä heillä tarvitse olla älylaitetta hyötyäkseen esitteestä. Aihe vaikutti sekä mielenkiintoiselta että haastavalta, jossa pääsisi myös hyödyntämään visuaalista näkemystä. Toiminnallisessa opinnäytetyössä on kaksi osaa, käytännön toteutus ja sen kirjallinen raportointi. Tavoitteena toiminnallisessa opinnäytetyössä on toiminnan ohjeistaminen, opastaminen tai järjestäminen. Toteutustapa voi olla esimerkiksi opas, verkkosivut tai näyttely. (Vilkkä & Airaksinen 2004, 9.)

Opinnäytetyö ja opinnäytetyön tuotoksena syntynyt esite keskittyvät Meilahden isotooppiyksikön käytäntöihin. Esitteen sisältö koottiin yhdessä toimeksiantajan toiveiden mukaisesti. Esitteen edetessä sain sisällöstä palautetta toimeksiantajalta, jota hyödynsin jatkuvasti paremman sisällön tuottamiseksi. Lisäksi olin eri kanavien kautta yhteydessä ohjaavaan opettajaani, jonka antamaa neuvontaa hyödynsin työssäni. Sovimme esitteen kohderyhmäksi kaikki yksikössä vierailevat, joita ovat alan opiskelijat tai jo alalla työskentelevät, mutta myös muiden ammattiryhmien edustajat. Esitettä olisi tarkoitus jakaa vierailijoille ennen yksikön esittelyä, jolloin sitä voisi silmäillä kierroksen aikana poimien lisätietoa. Opinnäytetyön tuotosta suunniteltaessa ja tehdessä käytettiin apuna ajatusta, millainen on

hyvä esittely. Esitteen toteutuksessa hyödynnettiin aiheesta kirjoitettuja materiaaleja, mutta myös omaa näkemystä asiasta.

## 5.2 Opinnäytetyön eteneminen

Opinnäytetyöprosessi alkoi syksyllä 2018 saatuaani Meilahden isotooppiyksikössä työskentelevältä tutultani kiinnostuksen lähteenä mukaan prosessiin. Sain muutamia aihe-ehdotuksia, joista valikoimme yhdessä yksikköä esittelevän paperisen yleisesittelyn. Toimeksiantajalla oli jo pidempään ollut tarve esitteelle ja minusta toiminnallinen opinnäytetyö kuulosti mielenkiintoiselta sekä tarpeeksi haastavalta. Tapaamisen yhteydessä tutustuin pintapuolisesti yksikköön, joka auttoi hahmottamaan kokonaiskuvaa.

Aiheen valinnan ja rajaamisen jälkeen tutustuin olemassa oleviin aineistoihin ja hain tietoa opinnäytetyön teoriaosuutta varten. Keväällä 2019 menin viikoksi Meilahden isotooppiyksikköön keräämään tietoa työtäni varten, koska suurin tiedonlähteeni on kuitenkin Meilahden isotooppiyksikkö ja sen henkilökunta. Tutustuin viikon aikana sekä gammakuvauksiin että PET-TT -kuvauksiin, joista kirjoitin muistiinpanoja sekä kysyin työntekijöiltä lisätietoja. Muistiinpanojeni ja aiemman tiedonhaun pohjalta lähdin työstämään opinnäytetyöni raporttiosiota sekä esitteen sisältöä. Olin koko prosessin ajan yhteydessä niin toimeksiantajaan kuin ohjaavaan opettajaan, joiden neuvojen avulla etenin työssäni.

Kesällä 2020 kävin yksikössä hakemassa viimeisiä neuvoja sekä kuvaamassa opinnäytetyöhön ja esitteeseen tulevia valokuvia. Halusin ottaa valokuvat itse, jolloin ne olisivat juuri työhöni sopivia tuoreita kuvia Meilahden isotooppiyksiköstä. Valokuvia tuli useita, joista valikoitui opinnäytetyöhön ja esitteeseen sopivimmat otokset. Valokuvia muokattiin ja rajattiin hiukan sekä sommiteltiin työhön sopiville paikoille tuomaan visuaalista ilmettä.

### 5.3 Esitteen suunnittelu

Esite on tehty yhteistyössä Meilahden isotooppiyksikön kanssa, jota se tulee jatkossa palvelemaan. Sovimme yhdessä toimeksiantajan kanssa suurpiirteisesti esitteen sisällöstä ja ulkoasusta. Esitteen tulisi sisältää laajasti, mutta napakasti kerrottuna yleiskuva koko yksiköstä. Kuvien tärkeyttä painotettiin, koska ne helpottavat tiedon omaksumista. Sain kuitenkin vapauksia vaikuttaa itse, kunhan tuotos edustaa sairaanhoitopiirin näkemystä ja visuaalista ilmettä.

Toimeksiantajan kanssa käydyn tapaamisen jälkeen lähdin miettimään, mitä esitteeseen tulisi sisällyttää. Tärkeinä osa-alueina koin sekä gamma- että PET-tutkimukset, mutta myös syklotroniyksikön kokonaisuudessaan ja yleisesti säteilyturvallisuuden yksikössä. Suunnittelin esitteen kolmiosaisen haitarilehden muotoon, jotta se palvelisi mahdollisimman hyvin tarkoitustaan. Esitteen tulisi olla helppolukuinen ja johdonmukainen, jotta sitä on helppo seurata vierailun aikana. Esitteeseen tulisi mahduttaa tietoa mahdollisimman kattavasti, vaikka tiiviin sisällön vuoksi tilaa onkin rajallisesti.

### 5.4 Esitteen toteutus

Esitteen suunnittelun jälkeen keräsin tietoa Meilahden isotooppiyksikön henkilökunnalta vierailuni aikana. Yksikön toiminnan seuraaminen ja tarkentavien kysymysten esittäminen on suurin tiedonhankinnankeino esitteen sisällön toteutuksessa. Näiden tietojen sekä muun tiedonhaun avulla kokosin esitteen tekstiosuudet toimeksiantajan toiveiden mukaisesti. Esitteen sisältö kirjoitettiin sellaiseen muotoon, että se vastaisi kaikkien kohderyhmien toiveita.

Esitteen tarkisti ulkopuoliset henkilöt sekä alalla toimijat että myös muiden ammattiryhmien edustajat. Tarkistutin sisällön oikeellisuuden toimeksiantajallani muutamia kertoja ja korjasin palautteen avulla vanhentuneet sekä puutteelliset tiedot. Palaute oli suureksi hyödyksi, koska kaikista parhaiten Meilahden isotooppiyksikössä tiedetään heidän omista käytännöistään. Esitteen luki myös muu-



tama lähipiiriini kuuluva henkilö, joista osa on alalla ja osa ei. Heidän palautteensa koski lähinnä ulkonäöllisiä seikkoja sekä kirjoitustapaa, mutta myös tekstin haastavuutta. Esitteen on kuitenkin tarkoitus palvella sekä alaa ennestään tuntevia että siihen ensi kertaa tutustuvia, joten sisällön tulee olla tarpeeksi haastavaa, mutta myös helposti ymmärrettävää. Heidän palautteensa avulla sain uutta näkökulmaa asioihin, mihin en ollut aiemmin itse kiinnittänyt huomiota.

Esitteen valokuvat ovat omia otoksia, jotka olen ottanut vierailuni aikana Meilahden isotooppiyksikössä. Kuvia oli runsaasti, joista esitteeseen valikoituivat niistä sopivimmat tekstiä täydentävät kuvat. Kuvat tuovat selkeyttä ja monipuolisuutta sisällön rinnalle. Kuvia paranneltiin hieman ja ne sommiteltiin oikeille paikoille esitteeseen tuomaan visuaalista ilmettä.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Opinnäytetyön arviointi

Opinnäytetyön tavoitteena oli lisätä tunnettavuutta Meilahden isotooppiyksikölle sekä tehdä tutustumisen yksikköön vaivattomaksi ja monipuoliseksi. Yleisesittelyn avulla vierailijoiden olisi helpompi saada kattava käsitys, mitä yksikkö pitää sisällään. Tavoitteiden toteutuminen selviää, kunhan esite tulee käyttöön yksikköön opinnäytetyön valmistuttua.

Opinnäytetyön sisällön teoria on poimittu käyttäen monipuolisesti lähteitä, kuitenkin huomioiden toimeksiantajan tuoma rajaus. Lähteet ovat mietitty huolella, käyttäen sekä kirjallisia että verkkopohjaisia lähteitä, mutta myös henkilökohtaista tietoa. Lähteet ovat merkitty tekstiin ja lähdeluetteloon oikeaoppisesti. Opinnäytetyön raporttiosuus vastaa tuotoksen sisältöä, mutta tuotokseen on asiat kirjoitettu tiiviimpään muotoon. Esitteen laaja kohderyhmä on otettu huomioon työn jokaisessa vaiheessa.

Valmistunut tuotos vastaa suunnitelmaa sekä sisällöltään että ulkoasultaan. Alussa asetetut kriteerit hyvälle esittelylle on ollut koko prosessin ajan mukana. Esitteellä on selkeä tavoite ja kohderyhmä. Siinä oleva tieto on hankittu toimeksiantajalta, joten tiedon oikeellisuuteen voi luottaa. Tekstin määrä ja rajaus ovat sovitettu esitteeseen sopiviksi. Esitteessä käytetty kieliasu on ajateltu sopivan kaikille kohderyhmän jäsenille. Esitteen ulkoasu on selkeä ja looginen sekä siinä olevat kuvat tukevat hyvin tekstiä ja tuovat värikyyttä. Tuotoksen luki monet ulkopuoliset henkilöt, joiden parannusehdotusten avulla kehitin työtä.

### 6.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyössä on käytetty toimeksiantajan omia verkkolähteitä ja toimeksiantajalta saatuja julkaisemattomia lähteitä. Näitä lähteitä on vertailtu muihin kirjallisiin lähteisiin ja verkkolähteisiin, joiden avulla on haettu syvällisempää tietoa.

Opinnäytetyössä on käytetty monipuolisesti lähteitä, mutta kuitenkin pidetty mielessä toimeksiantajan tuoma rajaus lähteiden käytössä. Työssä on pyritty käyttämään mahdollisimman tuoreita lähteitä, joten kaikki lähteet ovat 2000-luvulta.

Osa lähteistä on suullisia tiedoksiantoja, jotka olen kirjoittanut ylös yksikössä vierailuni aikana. Tiedon pysymistä muuttumattomana ei ole sillä hetkellä voitu todistaa. Kuitenkin työtä on jaettu toimeksiantajalle, ohjaavalle opettajalle sekä muutamille ulkopuolisille henkilöille, jotta työn sisällön oikeellisuus on voitu varmistaa. Olen myöskin ollut yhteydessä Meilahden isotooppiyksikköön sekä ohjaavaan opettajaan useita kertoja opinnäytetyöprosessin aikana. Työssä ei ole käytetty henkilökohtaisia tai salassa pidettäviä tietoja, joten eettiset kysymykset eivät ole suuressa roolissa. Jos sellaisia kuitenkin olisi, pidän ne omana tietonani.

### **6.3 Kehittämisehdotukset**

Opinnäytetyön tuotoksena syntyneen esitteen voisi kääntää englanniksi, jos yksiköllä on tarvetta kansainvälisille vierailijoille suunnattuun yleisesittelyyn. Tuotos voisi myös olla sähköisessä muodossa, jolloin se voitaisiin lähettää etukäteen tuleville vierailijoille. Tuotos voisi olla myös audiovisuaalisessa muodossa, joka voisi olla saatavilla yksikön verkkosivuilla kaikkien nähtävillä. Tämän avulla säävutettaisiin suurempi yleisö. Nämä kehittämisehdotukset voisivat olla hyviä opinnäytetyön aiheita ammattikorkeakoulun opiskelijoille.

Tämän opinnäytetyön esitteen kohderyhmänä on yksikössä vierailevat, mutta samankaltainen yleisesittely voisi olla hyvä myös potilaille. Yleisesittely voisi olla saatavilla kaikille tutkimuksiin tuleville potilaille, jonka avulla saataisiin etukäteen tietoa, minkälaiseen yksikköön sekä tutkimukseen he ovat tulossa.

Opinnäytetyössä ei ollut rahallista budjettia, joten esite on tehty jo käytössä olevilla ilmaisohjelmilla. Esitteestä saisi visuaalisemman käyttämällä sen graafisella suunnittelijalla ja painattamalla sen painopalvelussa.

## LÄHTEET

Britannica Academic. 2020. Cyclotron. Encyclopædia Britannica Inc. Luettu 21.8.2020. Vaatii käyttöoikeuden. <https://academic-eb-com.libproxy.tuni.fi/levels/collegiate/article/cyclotron/28388>

Fimea. 2019. Lääkkeiden hyvät tuotantotavat. Määräys 15.3.2019.

Fimea. n.d. GMP-todistukset. Luettu 1.8.2020. <https://www.fimea.fi/valvonta/gmp-todistukset>

Friman, T. & Kivisalmi, V. 2015. Laboratorion välinehuolto. 1. painos. Saarijärvi: Saarijärven Offset Oy.

GE Healthcare. n.d.a. Clinical Image Library – Discovery MI. Luettu 25.8.2020. <https://www.gehealthcare.com/products/molecular-imaging/pet-ct/clinical-image-library---discovery-mi>

GE Healthcare. n.d.b. Discovery MI Gen 2. Luettu 25.8.2020. <https://www.gehealthcare.com/products/molecular-imaging/pet-ct/discovery-mi-gen-2>

HUS. 2017. Prostataspesifisen membraaniantigeenin PET-TT. Tutkimusohje. Päivitetty 16.1.2017. Luettu 2.8.2020. <https://huslab.fi/ohjekirja/21510.html>

HUS. 2018a. Koko kehon aineenvaihdunnan PET-TT. Tutkimusohje. Päivitetty 2.1.2018. Luettu 2.8.2020. <https://huslab.fi/ohjekirja/23573.html>

HUS. 2018b. Luuston gammakuvaus. Tutkimusohje. Päivitetty 2.1.2018. Luettu 1.8.2020. <https://huslab.fi/ohjekirja/7020.html>

HUS. 2018c. Meilahden sairaala, isotooppiyksikkö. Tutkimusluettelo. Julkaisematon. Tulostettu 24.4.2019. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

HUS. 2018d. Vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvauksella. Tutkimusohje. Päivitetty 2.1.2018. Luettu 1.8.2020. <https://huslab.fi/ohjekirja/8650.html>

HUS. 2019a. HUS Kuvantaminen yleisesittely. Julkaisematon. Tulostettu 29.4.2019. Opinnäytetyön tekijän hallussa.

HUS. 2019b. Valtuusto päätti HUS Diagnostiikkakeskuksen perustamisesta. Julkaistu 13.6.2019. Luettu 4.3.2020. <https://www.hus.fi/hus-tietoa/uutishuone/Sivut/Valtuusto-p%C3%A4tti-HUS-Diagnostiikkakeskuksen-perustamisesta.aspx>

HUS. 2019c. Vartijaimusolmukkeen paikantaminen gammakuvauksella. Potilasohje. Julkaistu 28.10.2019. Luettu 1.8.2020.

HUS. n.d.a. Hallinto ja päätöksenteko. Luettu 4.3.2020. <https://www.hus.fi/hus-tietoa/hallinto-ja-paatoksenteko/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.b. Henkilöstö. Luettu 4.3.2020. <https://www.hus.fi/hus-tietoa/henkilosto/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.c. HUS Diagnostiikkakeskus – korkeatasoista ja vaikuttavaa diagnostiikkaa. Luettu 4.3.2020. [https://www.hus.fi/hus-tietoa/HUS\\_Diagnostiikkakeskus/Sivut/default.aspx](https://www.hus.fi/hus-tietoa/HUS_Diagnostiikkakeskus/Sivut/default.aspx)

HUS. n.d.d. HUS Kuvantamisen toimipisteet. Luettu 4.3.2020. <https://www.hus.fi/sairaanhoito/kuvantaminen-ja-fysiologia/Sivut/toimipisteet.aspx?type=x&c=Helsinki>

HUS. n.d.e. HUSin strategia. Luettu 4.3.2020. <https://www.hus.fi/hus-tietoa/hallinto-ja-paatoksenteko/hallinto/strategia/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.f. Isotooppitutkimukset gammakameralla. Luettu 6.3.2020. <https://www.hus.fi/sairaanhoito/kuvantaminen-ja-fysiologia/tietoa-tutkimuksista/Isotooppitutkimukset/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.g. Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Luettu 4.3.2020. <https://www.hus.fi/sairaanhoito/sairaanhoitopalvelut/kliininen-fysiologia-ja-isotooppilääketiede/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.h. PET-TT. Luettu 5.3.2020. <https://www.hus.fi/sairaanhoito/kuvantaminen-ja-fysiologia/tietoa-tutkimuksista/PET-TT/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.i. Tietoa HUSista. Luettu 4.3.2020. <https://www.hus.fi/hus-tietoa/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.j. Tietoa tutkimuksista. Luettu 31.8.2020. <https://www.hus.fi/sairaanhoito/kuvantaminen-ja-fysiologia/tietoa-tutkimuksista/Sivut/default.aspx>

HUS. n.d.k. Tietokonetomografia. Luettu 19.8.2020. <https://www.hus.fi/sairaanhoito/kuvantaminen-ja-fysiologia/tietoa-tutkimuksista/Tietokonetomografia/Sivut/default.aspx>

Janatuinen, T. & Kempainen, J. 2020. PET-kuvantamisen menetelmät yleistajuisesti. *Duodecim* 136 (9), 1062-7.

Kuntaliitto. 2019. Erikoissairaanhoito. Luettu 17.8.2020. <https://www.kuntaliitto.fi/sosiaali-ja-terveysasiat/terveydenhuolto/erikoissairaanhoito>

Leino, K. 2020. Laboratoriohoitaja. Suullinen tiedonanto.

Mustonen, P. & Vanninen E. 2001. Vartijaimusolmukkeet rintasyövässä. *Duodecim* 117 (2), 192-199.

Saarelainen, R. 2019. Radiolääkkeitä omalla syklotronilla. *Husari* 1/2019. 26-27. <http://niinidigi.kopioniini.fi/Husari12019/index.html>

Seppänen, M., Boström, P. J., Minn, H. & Kemppainen, J. 2020. Eturauhassyövän entsyymikuvantaminen PET-menetelmällä. *Duodecim* 136 (8), 899-909.

Siemens Healthcare. 2015. Biograph mCT Flow. Luettu 25.8.2020. [https://www.siemens-healthineers.com/siemens\\_hwem-hwem\\_sxxa\\_websites-context-root/no-static/wcm/idc/resources/hwem\\_assets/molecular/htmlApps/biograph\\_flow\\_web/index.html?device=mobile&language=es](https://www.siemens-healthineers.com/siemens_hwem-hwem_sxxa_websites-context-root/no-static/wcm/idc/resources/hwem_assets/molecular/htmlApps/biograph_flow_web/index.html?device=mobile&language=es)

Siemens Healthineers. n.d. Biograph mCT Flow. Luettu 25.8.2020. <https://www.siemens-healthineers.com/en-be/molecular-imaging/pet-ct/biograph-mct-flow/features>

Soimakallio, S., Kivisaari, L., Manninen, H., Svedström E. & Tervonen, O. 2005. *Radiologia*. 1.painos. WSOY.

Sosiaali- ja terveysministeriö. n.d. Sairaanhoidopiirit ja erityisvastuualueet. Luettu 17.8.2020. <https://stm.fi/sairaanhoidopiirit-erityisvastuualueet>

Sovijärvi, A., Hartiala, J., Knuuti, J., Laitinen, T., Malmberg, P. & Haapalahti, P. 2018. *Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet*. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/op/kji00001/do>

STUK. 2015. Terveyshaittojen ehkäiseminen säteilysuojelulla. Päivitetty 14.5.2015. Luettu 2.8.2020. <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/terveyshaittojen-ehkaiseminen-sateilysuojelulla>

Säteilylaki 9.11.2018/859. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

Säteilyturvakeskus. Korpela, H. 2004. *Säteilyn käyttö. Isotooppilääketiede*. Hämeenlinna: Karisto Oy:n kirjapaino.

Valtioneuvoston asetus erityistason sairaanhoidon erityisvastuualueista 156/2017. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170156>

Vanninen, E., Paija, O., Kauppinen, T., Ikonen, T., Grahn, R. & Hovi, S-L. 2010. FDG-PET syövän levinneisyyden arvioinnissa kuratiivisen hoidon potilailla. *Suomen Lääkärilehti* 36/2010, 2845.

Vilka, H. & Airaksinen, T. 2004. *Toiminnallinen opinnäytetyö*. 1.-2. painos. Kustannusosakeyhtiö Tammi.

## LIITTEET

## Liite 1. HUS Diagnostiikkakeskus – Meilahden isotooppiyksikkö

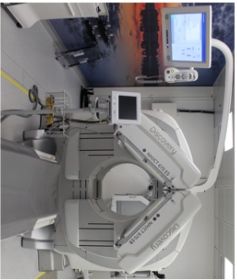
1 (2)

## Gammatutkimus

Gammatutkimuksella saadaan tietoa tutkittavasta kohde-elimestä radioaktiivisen isotoopin hajoisesta muodostuvan gammasäteilyn avulla. Yhdestä gammakuvausta nähdään isotoopin jakautuminen kohde-elimessä ja useasta kuvasta isotoopin kulkeutuminen kohde-elimen läpi.

Yleisin gammatutkimus on vartijainusolmukkeeseen paikantaminen gammakuvauksella. Tutkimusta käytetään kasvainten diagnostiikan tukena. Tutkimuksessa käytettävä merkkiaine on <sup>99m</sup>Tc-albumini nanokolloidi, joka annetaan ihon alle syöpäkasvainten kohdalle. Merkkiaine kulkeutuu imutetta pitkin vartijainusolmukkeeseen, josta se gammakameran avulla paikannetaan. Potilaan tulevan leikkauksen yhteydessä imusolmuke otetaan kudostäyteeksi, jonka avulla selvittää syövän levinneisyys. Tutkimusta käytetään pääsääntöisesti rintasyövän levinneisyyden selvittämisessä.

Luuston gammakuvaus on yleisesti käytetty tutkimus, jonka avulla seurataan enimmäkseen eturauhassyövän levinneisyyttä luustoon. Merkkiaineena tutkimuksessa käytetään <sup>99m</sup>Tc-leimattua oksidronaattia tai medronaattia, joka annetaan laskimokanyylin kautta verenkiertoon. Gammakuviinsa nähdään merkkiaineen kerääntymisen luuston alueelle, jossa aineenvaihdunta on vilkastunut.

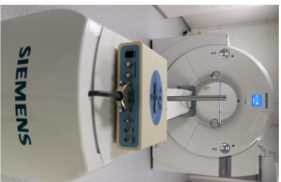


## PET-TT

PET-TT-tutkimus koostuu kahdesta osasta. Ensin otetaan tietokone tomografia (TT), jossa röntgensäteiden avulla saadaan kehosta anatominen kuva. Sen jälkeen otetaan varsinainen positroniemissiotomografiakuvaus (PET), jossa säteilyn avulla havaitaan merkkiaine elimistössä. Kuvat yhdistämällä paikallistetaan merkkiaineen jakautuminen anatomisesti.

Yleisin PET-tutkimus on koko kehon aineenvaihdunnan PET-TT. Tutkimuksessa käytettävä merkkiaine on <sup>18</sup>F-leimattu fluorideoksiglukoosi (FDG), joka annetaan laskimokanyylin kautta verenkiertoon. Tutkimusta käytetään muun muassa kasvainten diagnostiikassa ja etäpesäkkeiden paikallistamisessa. Merkkiaine kertyy niihin soluihin, joissa on vilkastunut sokeraineenvaihdunta.

Prostata spesifisen membraaniantigeenin PET-TT-tutkimus on yleinen tutkimus, jota käytetään ensisijaisesti eturauhasei- prostataasyövän diagnosoinnissa. Merkkiaine <sup>18</sup>F-leimattu PSMA kerääntyy prostata spesifisiin membraaniantigeeneihin, jolla on tietyissä syöpäsoluissa.



HUS

Diagnostiikkakeskus  
Meilahden isotooppiyksikkö

Haartmaninkatu 4, Helsinki

HUS-Kuvantaminen Isotooppiyksikkö	➔
HNS-Bilddiagnostik Isotopenhet	➔
HUS-Kuvantaminen Syklotronyksikkö	➔
HNS-Bilddiagnostik Cyclotronenhet	➔

Meilahden isotooppiyksikössä tehdään elinten toiminnallisia ja aineenvaihdunnallisia isotooppitutkimuksia. Isotooppiäikeetiede on erikoisala, jossa käytetään apuna radioaktiivisia aineita sairauksien diagnosoinniseksi. Isotooppitutkimusten avulla elimistön muutokset voidaan usein löydä huomattavasti aikaisemmin kuin rakenteellisia muutoksia havaitsevilla tutkimuksilla. Isotooppitutkimuksilla diagnosoidaan onkologisia, kardiologisia, neurologisia ja endokriinologisia tautitiloja. Tutkimuksia käytetään myös tulehdustilojen selvittelyssä sekä lihasten, luuston, hengityselinten, ruuansulatuselimistön, munuaisten ja virtsateiden tutkimisessa.

Meilahden isotooppiyksikössä tehdään vuosittain yli 6500 tutkimusta. Yksikössä työskentelee yhteensä noin 47 työntekijää, jotka ovat muun muassa lääkäreitä, röntgen- ja laboratorionhoitajia, fyysikoita, kemistejä sekä proviisoreja.

(jatkuu)

## Sanasto

### Radioaktiivinen isotooppi

Isotoopit ovat jonkin alkunaineen eri muotoja. Radioaktiivinen isotooppi hajoo spontaanisti mulliksi lähettäen ionisoivaa säteilyä.

### Lääkeaine

Lääkeaineen käyttäytyminen tunnetaan ja se vastaa radioaktiivisen isotoopin kuljettamisesta tutkittavaan kohteeseen.

### Radioaktiivinen lääke

Radioaktiivisella isotoopilla leimattu lääkeaine.

### Gammatutkimus

Isotoopitutkimuksissa käytettävät kamerat havaitsevat radioaktiivisen lääkkeen lähettämän gamma säteilyn kohde-elimistä.

### PET-tutkimus

Radioaktiivisen hajoamisen seurauksena vapautuneet positronit törmäävät elimistön elektroneihin ja tapahtuu annihilaatio, josta vapautuvaa säteilyä voidaan havaita kehon ulkopuolelta.

### Ionisoiva säteily

Säteilyä, joka pystyy synnyttämään aineessa suoraa tai välillisesti ioneja.

### Puoliintumisaika

Aika, jolloin radioaktiivisen isotoopin hajoamisen seurauksena radioaktiivisen aineen määrä on vähentynyt puoleen.

### Aktivisuus

Radioaktiivisten aineiden hajoamisten määrä aikayksikköä kohden. Yksikkö on becquerel (Bq).

### Syklotroni

Huukkaskiintiini, jolla tuotetaan joitakin lyhytikäisiä radioaktiivisia isotooppeja.

## Säteilyturvallisuus

Isotooppiyksikössä voi altistua säteilylle. Tärkeää on muistaa, että myös potilaat ovat säteilylähteitä, kun heihin on annosteltu radioaktiivista lääkettä.

Työntekijöiden säteilylle altistumista seurataan kehoannostarveilla, jotka mittaavat kehoon kohdistuvaa säteilyannosta sekä sormiannostarveilla, jotka puolestaan mittaavat käsiin kohdistuvaa säteilyaltistusta.

Isotooppiyksikössä vierailijat saavat lainaksi omat mittarit.



Säteilylain tarkoituksena on suojata terveyttä säteilyn aiheuttamilta haitoilta. Säteilyn käytön hyödyn tulee olla suurempi kuin siitä aiheutuvan haitan. Säteilyaltistus tulee olla niin pieni kuin mahdollista. Työntekijöiden ja muiden henkilöiden altistus ei saa ylittää enimmäisarvoja.

STUK eli Säteilyturvakeskus valvoo säteilylain toteutumista.



Lisätietoa säteilystä  
STUK:in sivuilta.

## Radioaktiivisen lääkeaineen valmistus

Teknetium ( $^{99m}\text{Tc}$ ) on yleisin gammatutkimuksissa käytettävä radioaktiivinen isotooppi. Teknetiumia saadaan radionuklidigeneraattorista puoliintumalla toisesta isotoopista, molybdeenistä. Generaattori eluoidaan natriumkloridilla, joka kulkee kolonnin läpi. Ulostullessaan se on natriumpertekneetaattia, jota käytetään tuotteiden leimaamisessa. Teknetiumin puoliintumisaika on kuusi tuntia, jonka vuoksi sitä otetaan käyttöön vain tarvittaessa. Haluttu kemiallinen yhdiste leimataan teknetiumilla tutkimusta varten. Radioaktiivisen lääkkeen annos tulee tarkistaa aina sekä ennen että jälkeen potilaaseen injektointia, jotta tiedetään, paljonko ruiskuun jäi aktiivisuutta eli mikä on todellinen potilaaseen mennyt säteilyannos.

PET-TT –tutkimuksissa käytetään yleisimmän  $^{18}\text{F}$ -isotooppia.

Sen valmistamiseen tarvitaan huukkaskiintiiniä eli syklotronia, josta  $^{18}\text{F}$  kuljetetaan syntetisofarvaksi. Synteesi tapahtuu automaattisesti puhdaslian synteesikaapissa esivalmistellussa kasetissa. Synteessin aikana valmistuu radioaktiivinen lääke, kun radioaktiivinen isotooppi ja kantajamolekyylit yhdistyy. Radioaktiivinen lääke puhdistetaan synteessin aikana, jotta se voidaan turvallisesti antaa potilaalle.

Kaikissa prosessin vaiheissa isotooppi on lyijysuojattuna suuren säteilyvaaran takia. Synteessin jälkeen lääke laimennetaan ja annostellaan pulloloin annostelukaapissa joko käsin tai robotin avulla. Lääkkeen tulee olla tämän jälkeen steriiliä. Yksi pulliosta menee aina laadunvalvontaan, jossa sille tehdään useita erilaisia testejä. Jos testit menevät läpi, aine vapautetaan potilaskäyttöön.  $^{18}\text{F}$  puoliintumisaika on 110 minuuttia, joten se tulee käyttää nopeasti. Toiminta on GMP:n mukaista eli lääkevalmistus vastaa annettuja vaatimuksia. Radiolääketeuotantoa valvoo Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Finmea.