

Opinnäytetyö (AMK)

Radiografia ja sädehoito

2020

Suvi Hietanen & Satu Ruoho

# SÄTEILYSUOJELU ELVYTYSTILANTEESSA PET- TUTKIMUKSEN YHTEYDESSÄ

– säteilymittaukset ja elvytyssimulaatio  
henkilökunnalle

Suvi Hietanen & Satu Ruoho

# SÄTEILYSUOJELU ELVYTYSTILANTEESSA PET-TUTKIMUKSEN YHTEYDESSÄ

- säteilymittaukset ja elvytys simulaatio henkilökunnalle

PET-kuvaukselle on tunnuksenomaista, että tutkimuksessa käytettävät laitteet ja potilas säteilevät. Sen vuoksi on ensiarvoisen tärkeää kiinnittää huomiota henkilökunnan säteily suoje luun pitämällä huolta jatkuvasta kouluttautumisesta. On myös oleellista lisätä tietoutta ja hälventää muissa ammattiryhmissä esiintyvää pelkoa säteilevää potilasta kohtaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää säteilevän potilaan elvytykseen osallistuvan henkilökunnan potentiaalinen säderasitus. Tämän lisäksi työssä tarkastellaan, pystytäänkö säteily suoje luua toteuttamaan elvytystilanteessa ja millä tavoin. Osana opinnäytetyötä tehtiin säteilymittaukset viidelle vapaaehtoiselle henkilölle, jotka olivat tulleet PET-keskukseen koko kehon 18F-FDG-tutkimukseen. Lisäksi kehittämistyönä suunniteltiin elvytys simulaatio, joka järjestettiin PET-keskuksen tiloissa ja johon osallistui PET-keskuksen hoitohenkilökuntaa. Samalla jaettiin tietoa henkilökunnalle potilaista saaduista säteilyannoksista. Simulaatio koettiin hyödylliseksi ja tarpeelliseksi henkilökunnan elvytystaitojen kehittämisen kannalta ja osana henkilöstön säteilyannoksen arvioimista. Sekä opinnäytetyön tekijät että osallistujat kokivat, että elvytys simulaatioita tulisi järjestää säännöllisin väliajoin.

Säteilymittausten perusteella kävi ilmi, että elvytystilanne ei kovinkaan paljon lisää henkilökunnan säderasitusta. Säteily suoje luua on mahdollista toteuttaa elvytystilanteessa ottamalla etäisyyttä niinä hetkinä, kun potilaan lähellä oleminen ei ole tarpeellista. Mahdollisista haitoista huolimatta potilas ja potilaan henkeä pelastavat tekijät ovat aina etusijalla.

## ASIASANAT:

säteily suoje luu, PET-tutkimus, elvytystilanne, simulaatio

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Radiography and Radiotherapy

2020 | 27 pages, 4 in appendices

Suvi Hietanen & Satu Ruoho

# RADIATION PROTECTION IN RESUSCITATION DURING A PET EXAMINATION

- radiation measurements and a resuscitation simulation for personnel

The subject of this thesis is the safe encounter and care of patient who has gotten radioactive tracer and personnel radiation protection. In PET-imaging both the examination devices and the patient radiates. For that reason it is vitally important to pay attention to personnel radiation protection by continuous education. It is also essential to add knowledge and dispel fear in another occupational groups about radiating patients.

The purpose of this thesis was to examine the potential radiation load that personnel might be exposed to while resuscitating a radiating patient, whether it is possible to implement radiation protection in resuscitation and how this could be done. In this study, we performed radiation measurements for five voluntary persons, who had come to PET-centre for whole body <sup>18</sup>F-FDG examination. As a development task we also organized resuscitation simulation for PET-centre's personnel which was held in PET-centre. In the process, we shared information about the radiation doses obtained from patients. The simulation was considered useful and necessary for developing personnel resuscitation skills and to evaluating personnel radiation dose amount. Both supervisors and participants felt that resuscitation simulations should be held on a regular basis.

Radiation measurements revealed that resuscitation does not significantly increase the personnel radiation exposure. Despite the potential disadvantages the patient and live-saving factors are always a priority.

## KEYWORDS:

radiation protection, PET examination, resuscitation, simulation

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
<b>2 KEHITTÄMISTYÖN TAVOITE JA TARKOITUS</b>	<b>7</b>
<b>3 PET-TUTKIMUS</b>	<b>8</b>
3.1 PET-tutkimus kuvantamismenetelmänä	8
3.2 FDG-merkkiaine ja tutkimuksen kulku	8
3.3 Säteilysuojelu	9
<b>4 ELVYTYS SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ</b>	<b>11</b>
<b>5 SIMULAATIO</b>	<b>12</b>
<b>6 SÄTEILYMITTAUKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI</b>	<b>13</b>
6.1 Säteilymittausten suorittaminen	13
6.2 Tulosten arviointi ja johtopäätökset	14
<b>7 ELVYTYSSIMULAATION JÄRJESTÄMINEN</b>	<b>16</b>
7.1 Suunnittelu	16
7.2 Toteutus	16
7.3 Jälkipuinti	17
<b>8 POHDINTA</b>	<b>20</b>
<b>9 JATKOKEHITTÄMISEHDOTUKSET</b>	<b>23</b>
<b>10 EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS</b>	<b>24</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>26</b>

## LIITTEET

Liite 1. Saatekirje.

Liite 2. Elvytyssimulaation käsikirjoitus.

Liite 3. Potilastapaus.

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Potilaista mitatut sädeannokset.

14

Taulukko 2. Röntgentutkimusten säteilyannoksia.

15

# 1 JOHDANTO

PET eli positroniemissiotomografia on tutkimusmenetelmä, jota käytetään apuna esimerkiksi syövän ja sen etäpesäkkeiden diagnosointiin ja hoitamiseen. PET-tutkimuksessa potilaalle annetaan radioaktiivista merkkiainetta, joka hakeutuu elimistöissä haluttuihin kohteisiin. Yleisin käytettävä merkkiaine on radioleimattu sokerimerkkiaine  $^{18}\text{F}$ -FDG eli fluorodeoksiglykoosi. (HUS 2020.) PET-tutkimusten määrä Suomessa on jatkuvassa kasvussa (Liukkonen 2017).

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään potilasta säteilyn lähteenä, sädeannoksia, säteilyn haittavaikutuksia, PET-tutkimusta kuvantamismenetelmänä, säteilysuojelua ja potilaan elvytystilannetta tutkimuksen aikana.

Säteilysuojelun tarkoituksena on suojella ihmisiä, yhteiskuntaa ja tulevia sukupolvia säteilyn aiheuttamilta haittavaikutuksilta. Säteilyä käytettäessä on noudatettava seuraavia periaatteita, jotta se olisi hyväksyttävää: oikeutusperiaate, optimointiperiaate (ALARA) ja yksilönsuojaperiaate. (STUK 2019.)

Tässä opinnäytetyössä kiinnitetään huomiota henkilökunnan säteilysuojeluun, sillä henkilökunta altistuu päivittäin säteilylle hoitaessaan radioaktiivista merkkiainetta saaneita potilaita. Tavoitteena on hälventää säteilyyn liittyvää pelkoa ja lisätä tietoutta muissa ammattiryhmissä. Säteilyn turvallinen käyttö ja säteilysuojelu vaativat henkilökunnan säännöllistä koulutusta.

Säteilylain mukaan toiminnan säteilyturvallisuudesta vastaa toiminnanharjoittaja (Finlex 2018). Käytännön työssä säteilynkäytön ammattilainen on röntgenhoitaja, joka toteuttaa tutkimuksia itsenäisesti sekä osana työryhmää. Turvalliseen säteilyn käyttöön kuuluu olennaisesti sekä potilaiden että henkilökunnan säteilysuojelu. Isotooppilääketieteessä säteilysuojelua toteutetaan erilaisin keinoin, kun säteilyn lähteenä ovat sekä röntgenlaitteet että radioaktiivista merkkiainetta saaneet potilaat.

## 2 KEHITTÄMISTYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Tämä opinnäytetyö perustuu Turun yliopistollisen keskussairaalan, Turun yliopiston ja Åbo Akademin yhteisen PET-keskuksen esittämään tarpeeseen työstä, jonka avulla voidaan lieventää säteilevän potilaan hoitoon liittyviä ennakkoluuloja sekä kehittää oman hoitohenkilökunnan elvytystaitoja. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä henkilökunnan ammattitaitoa simulaation avulla sekä lisätä tietoisuutta ja hälventää säteilevän potilaan hoitoon liittyvää pelkoa muissa ammattiryhmissä.

Tarkoituksena oli selvittää säteilyannos, jonka henkilökunta saisi elvytystilanteessa säteilevästä potilaasta. Valitsimme PET-tutkimukseen tulevista potilaista viisi, joille suoritimme säteilymittaukset. Potilaat valikoituivat siten, että jokainen heistä sai 18F-FDG-merkkiainetta 280 MBq. Näiltä henkilöiltä kysyttiin suullisesti suostumus tutkimukseen ja osallistuminen oli vapaaehtoista.

Osana opinnäytetyön kehittämistehtävää oli järjestää elvytystilannetta vastaava simulaatio, jonka tarkoituksena oli sekä herättää ajatuksia säteilysuojelusta poikkeustilanteessa että harjoitella elvytystaitoja. Simulaatio on oppimistilanne, jossa voi harjoitella turvallisesti tosielämän tilanteita varten. Simulaatiota varten loimme potilastapauksen, jossa koko kehon FDG-tutkimukseen tullut potilas saa sairaskohtauksen ja kesken kuvauksen potilas löydetään elottomana. Säteilymittauksista saamiamme tuloksia käytettiin apuna simulaation jälkipuinnissa, jolloin vertasimme niitä henkilökunnan normaaliin työperäiseen säderasitukseen.

## 3 PET-TUTKIMUS

### 3.1 PET-tutkimus kuvantamismenetelmänä

Suomessa tehdään vuosittain noin 40 000 isotooppitutkimusta (STUK 2015). PET-TT on tärkeässä asemassa tutkittaessa syöpätauteja ja niiden levinneisyyttä, niiden pahanlaatuisuuden selvittämisessä ja taudin uusiutumisen sekä hoitovasteen arvioinnissa (Knuuti, Kajander 2017.)

PET eli positroniemissiotomografia on kuvantamismenetelmä, jolla voidaan tutkia kudosten aineenvaihduntaa. PET-TT-tutkimuksessa PET-kuvauksen ja tietokonetomografiakuvauksen data yhdistetään, sillä tietokonetomografian avulla pystytään korjaamaan säteilyn vaimeneminen kudoksissa. (Almuhaideb ym. 2011.)

### 3.2 FDG-merkkiaine ja tutkimuksen kulku

Tällä hetkellä yleisin käytössä oleva merkkiaine on 18F-FDG, joka on radioleimattu sokerimerkkiaine. Se hakeutuu kehossa kudoksiin, jotka käyttävät sokeria. Useissa sairauksissa sokerin käyttö vilkastuu.

Tutkimusaine sisältää radioaktiivista isotooppia, jonka puoliintumisaika on alle kaksi tuntia. 18F-FDG-merkkiaineen keskimääräinen sädeannos potilaalle on 5 mSv. (VSSHP hoito-ohjeet.) Tutkimusaine annostellaan potilaille painon mukaan (Vanninen ym. 2010).

Tutkimus kestää kaiken kaikkiaan noin kolme tuntia. Potilaan on paastottava vähintään kuusi tuntia ennen tutkimuksen alkua. Myös purukumit ja pastillit ovat kiellettyjä. On tärkeää, että verensokeriarvo olisi alle 10 mmol/l. Diabeetikot voivat syödä normaalisti ja ottaa insuliinin. Ravinnotta olisi kuitenkin hyvä olla neljä tuntia. Myös fyysistä rasitusta tulee välttää vuorokauden ajan ennen tutkimusta. (VSSHP hoito-ohjeet.)

Merkkiaine injisoidaan laskimoon. Merkkiaineen annon jälkeen potilaan tulee maata rauhallisesti paikallaan, jotta merkkiaine kulkeutuu kuvauskohteeseen. Jos potilas jännittää lihaksiaan tai on harrastanut fyysistä liikuntaa ennen kuvausta, voi merkkiaine virheellisesti kulkeutua lihaksiin, mikä vaikeuttaa diagnoosin tekoa. FDG-tutkimuksissa kuvaus alkaa 50 minuutin kuluttua merkkiaineinjektion annosta. Kuvasento on selin makuulla, ja kuvaus kestää 10 – 30 minuuttia kuvasalueesta riippuen.



### 3.3 Säteilysuojelu

Säteily on energian muoto, joka voidaan jakaa kahteen luokkaan: ionisoivaan ja ionisoimattomaan. Säteily on joko sähkömagneettista aaltoliikettä tai hiukkassäteilyä ja luonnollinen osa elinympäristöämme. Ionisoivaa säteilyä ei voi havaita aisteilla, mutta se voi aiheuttaa vaurioita elävissä soluissa sekä solujen perimässä. (Salminen 2018.) Ionisoivalla säteilyllä on riittävästi energiaa katkomaan solun molekyyliarakenteita sekä irrottamaan aineen atomeista elektroneja. Ionisoivaa säteilyä tuottavat esimerkiksi radioaktiiviset aineet sekä röntgenlaitteet. (STUK 2019.) PET-tutkimuksissa käytettävä säteily on luonteeltaan ionisoivaa.

Säteilysuojelusta säädetään säteilylaissa. Säteilyn käyttöä ja muuta säteilyyn liittyvää toimintaa valvoo Säteilyturvakeskus, joka on sosiaali- ja terveysministeriön (STM) alainen. Ionisoivan säteilyn lisäksi Säteilyturvakeskuksen valvonnan piiriin kuuluu ionisoimattoman säteilyn käyttö. Säteilysuojelun tarkoituksena on vähentää tai kokonaan estää säteilystä johtuvia haittoja. Kansainvälisen säteilytoimikunta ICRP:n suositukset on otettu huomioon Suomen säteilylainsäädännössä.

Säteilyn käyttöön liittyy periaatteita, joiden avulla määritellään sen hyväksyttävyyys. Näitä ovat oikeutusperiaate, jonka mukaan toiminnan tuottama hyöty tulee aina olla suurempi kuin siitä aiheutuva haitta, optimointiperiaate, jonka mukaan säteilyaltistus tulee olla mahdollisimman pieni lääketieteellisen hyödyn saavuttamiseksi, sekä yksilönsuojaperiaate, jonka mukaan työntekijöiden tai potilaan säteilyaltistus ei saa ylittää vahvistettuja annosrajoja (STUK 2019).

Säteilytyöntekijät jaetaan luokkaan A ja B. ”Säteilytyöntekijälle aiheutuva efektiivinen annos ei saa olla suurempi kuin 20 mSv vuodessa. Silmän mykiön ekvivalenttiannos ei saa olla suurempi kuin 100 mSv viiden peräkkäisen vuoden ajanjaksona. Yksittäisenä vuotena annos ei kuitenkaan saa olla suurempi kuin 50 mSv. Ihon ekvivalenttiannos ei saa olla eniten altistuneelle yhden neliösenttimetrin suuruisella ihoalueella keskimääräisenä annoksena suurempi kuin 500 mSv vuodessa. Käsien, käsivarsien, jalkaterien ja nilkkojen ekvivalenttiannos ei saa olla suurempi kuin 500 mSv vuodessa. Säteilytoiminnasta väestölle aiheutuva efektiivinen annos ei saa olla suurempi kuin 1 mSv vuodessa.” (Säteilytyöntekijän annosrajat 2018/1034 §13.) PET-keskuksen hoitohenkilökunta kuuluu luokkaan A. Työntekijän ilmoitettua raskaudesta

toiminnanharjoittajalle, on tämä velvollinen järjestämään työntekijän työn niin, että sikiön ekvivalenttiannos on mahdollisimman pieni ja alle yhden millisievertin (STUKLEX 2018).

Toiminnan harjoittajan on huolehdittava toiminnan järjestämisestä siten, että se täyttää säteilylain ja sen edellyttämät vaatimukset ja määräykset ja että säteilyaltistukseen johtavat vaaratekijät on riittävillä toimenpiteillä estetty. Toiminnan harjoittajan vastuulla on myös huolehtia, että isotooppitutkimuksissa ja -hoidoissa noudatetaan hyviä käytäntöjä. (STUKLEX 2013.)

Myös henkilökunnan säännöllinen koulutus on ensiarvoisen tärkeää. Toiminnanharjoittajan tulee järjestää toimipaikkakoulutusta ja tehtäväkohtaista opastusta. Se voi olla ohjattua opetusta, koulutustilaisuuksia tai myös esimiehen hyväksymää säteilyn käyttöön liittyvää itsenäistä opiskelua. Koulutuksen toteutumista valvoo säteilyturvallisuuskeskus. Myös työterveyslääkärin on seurattava säännöllisesti työntekijöiden terveydentilaa. (STUK 2020.)

Säteilevän potilaan kanssa työskenneltäessä henkilökunnan säteilysuojelussa tulee ottaa huomioon potilaan ja henkilökunnan välinen etäisyys sekä potilaan vierellä vietetty aika. Lisäksi tilat, joissa valmistetaan radiolääkkeitä sekä saatetaan niitä käyttökuntoon, tulee suojata riittävästi. Radiolääkeruiskut tulee säilyttää ja hävittää ohjeiden mukaisesti.

## 4 ELVYTYS SAIRAALAYMPÄRISTÖSSÄ

Elvytys aloitetaan välittömästi potilaalle, joka ei reagoi tai hengitä normaalisti. Tärkeintä elvytystilanteessa on elottomuuden nopea toteaminen ja tehokkaan painelu-puhalluselvytyksen aloittaminen. Potilaan elintoimintojen ja yleistilan huononemisen tunnistaminen ennen sydänpysähdykseen etenemistä on hoitoketjun tärkein lenkki. Hoitohenkilökunnan tulee huomata ja tunnistaa hätätila ja aloittaa potilaan elintoiminnot palauttava hoito. Hoitohenkilökunnan säännöllinen elvytyskoulutus ja elvytysharjoittelu lisäävät ja kehittävät elvytystaitoja. Oppimista edistää myös työympäristössä työtiimin kesken järjestettävä simulaatioharjoittelu. (Elvytys: Käypä hoito-suositus, 2016.)

Painuelvytys aloitetaan paikasta, joka on keskellä rintalastaa. Kämmen asetetaan keskelle rintalastaa ja toinen käsi asetetaan päälle. Käsivarret tulisi pitää suorina ja sormien tulisi olla irti rintakehästä, jotta voima saataisiin kohdistumaan vain rintalastaan. Painelun tulisi olla mahdollisimman tasaista ja elvytyksen jatkuvaa, ja taukoja tulisi välttää. Elvytyksen aikana painellaan 30 kertaa, jonka jälkeen ventiloidaan potilaalle happea kaksi kertaa. Rintakehän noustessa voidaan olla varmoja, että ilma on mennyt perille keuhkoihin. Potilaalle tulee asentaa laskimokanyyli mahdollisimman suureen suoneen, esimerkiksi kyynärtaipeeseen. Potilas kytketään myös defibrillaattoriin, joka antaa ääniohjeita potilaan voinnista analysoimalla sydämen rytmin ja antamalla sähköiskun sydämen seutuun. Laite ilmoittaa myös elvytyksen jatkamisesta. (Terveyskylä 2018.)

Sairaalassa toimiva ammattitaitoinen elvytystiimi hälytetään paikalle. Se ottaa vastuun elvytystoiminnasta tarkistaen potilaan elintoiminnot, avaamalla suoni yhteyden, jos sitä ei vielä ole lääkkeellisen hoidon aloittamiseksi, jatkamalla defibrillointia ja pitämällä huolta potilaan hapetuksesta asettamalla potilaalle intubaatioputken. Elvytettävän potilaan sydämen rytminä on usein kammiotakykardia tai kammiovärinä, ja se on välittömästi defibrilloitava (Gwinnut ym. 2015). Peruselvytyksen on samalla jatkettava tauotta. Elvytystä jatketaan niin kauan, että potilas virkoo tai siihen saadaan lääkäriltä lupa. Potilaan oman verenkierron tulisi käynnistyä 30 minuutin kuluessa, jotta elvytys tuottaisi tulosta. Potilaista 80 % selviytyy, jos elvytys on aloitettu välittömästi ja sydämen rytmi saatu palautettua. (Hartikainen 2014.) Elvytyksestä voi toipua täysin toimintakykyiseksi, ja lopullinen tulos riippuu rytmihäiriön aiheuttavasta sairaudesta (Kettunen 2018).

## 5 SIMULAATIO

Simulaatiotilanteet ovat oppimismenetelmä, joissa harjoitellaan todellisen elämän tilanteita ja niihin liittyviä ongelmia. Simulaatioiden tarkoituksena on luoda mahdollisimman aito ympäristö ja tilanne, jossa käden taitojen harjoittelu on turvallista ja virheet sallivaa. Tarkoituksena on oppia ongelmanratkaisua ja kehittää ammatillisia taitoja. Jos mahdollista, simulaatiotilanteet tulisi toteuttaa aidossa ympäristössä oikeilla välineillä. Simulaatioissa teoriaosaaminen on pienemmässä roolissa. Simulaatio-oppimista käytetään paljon terveydenhuollossa, pelastustoiminnassa ja ensihoidossa. Simulaation avulla voidaan harjoitella hyvinkin epätodennäköisiä tilanteita, jolloin tapa toimia on valmiina oikean tilanteen koittaessa. Simulaation teho perustuu opiskelijan aktivointiin. Simulaatio edellyttää valppautta ja kykyä reagoida muutokseen, kuten tosielämän tilanteetkin. (Elo 2015.)

Kun simulaatiossa harjoitellaan elvytystapahtumaa, käytetään apuna siihen soveltuvia nukkeja, jotka ovat teknisesti hyvin eritasoisia. Kalleimmilla nukeilla, jotka ovat myös todentuntuisimpia, on saatu parempia tuloksia varsinkin elvytyksen tekniikkaa opeteltaessa. Näyttöä siitä, että niiden avulla saavutettaisiin parempia oppimistuloksia kuin halvemmilla nukeilla, ei kuitenkaan ole.

On tärkeää, että hoitohenkilökunnalla olisi hyvät peruselvytystaidot, ja niitä tulisikin harjoitella monta kertaa vuodessa (Hallikainen 2016).

Onnistunut simulaatio alkaa hyvällä suunnittelulla, jossa luodaan aikataulu ja simulaatiolle sopiva ympäristö. Simulaatiota, joka koostuu kolmesta eri vaiheesta, kutsutaan fullscale-simulaatioksi. Ensimmäinen vaihe on simulaatioon valmistautuminen ja roolien jakaminen sekä tavoitteiden ja toimintaohjeiden läpikäyminen. Toinen vaihe on simulaation toteutus. Kolmas vaihe on jälkipuinti ja palautekeskustelu, joka on tärkeä osa oppimista harjoittelussa. Jälkipuintiin osallistuvat kaikki simulaatioon osallistuneet. (Elo 2015.)

## 6 SÄTEILYMITTAUKSET JA TULOSTEN ARVIOINTI

### 6.1 Säteilymittausten suorittaminen

Osana opinnäytetyötä tehtiin säteilymittaukset, joiden tarkoituksena oli selvittää mahdollisessa elvytystilanteessa henkilökunnalle aiheutuva säteilyannos, kun potilas on saanut radioaktiivista merkkiainetta. Mittaukset tehtiin viidelle vapaaehtoiselle henkilölle heidän PET-kuvauksensa jälkeen.

Mittaukset tehtiin sairaalafysiikan hyväksyminä ja ohjeistuksen mukaan, ja ne suoritettiin PET-keskuksessa kahden päivän aikana. Mittaukset tehtiin täysin anonyymisti, eikä potilailta missään vaiheessa kerätty henkilötietoja.

PET-keskuksessa käytetään useita erilaisia isotooppeja ja merkkiaineita. Pääsääntöisesti potilaalle annettava annos määräytyy potilaan painon mukaan. Näihin mittauksiin valittiin <sup>18</sup>F-FDG, joka on selkeästi yleisin diagnostisissa tutkimuksissa käytetty merkkiaine. Mittauksiin valittujen vapaaehtoisten potilaiden paino oli väliltä 60 – 80 kg, jolloin painon mukaan määräytyvä merkkiaineannos on 280 MBq.

Ennen kuvauksen alkua potilaille kerrottiin suullisesti opinnäytetyöstä, sen tarkoituksesta ja mittauksista. Potilaat antoivat suullisen suostumuksen, ja heille annettiin mahdollisuus kieltäytyä sekä keskeyttää mittaus niin halutessaan. Mittauksista ei koitunut potilaille ylimääräistä haittaa. Mittarien asettelu ja mittaukset veivät aikaa noin kymmenen minuuttia. Mittareina käytettiin neljää keskenään samanlaista PET-keskuksen dosimetria, jotka näyttivät säteilyannoksen reaaliaikaisesti. Dosimetrien käytössä opasti sairaalafysiikko.

Mittaukset suoritettiin välittömästi varsinaisten PET-kuvausten jälkeen. Vapaaehtoiset ohjattiin toiseen kuvaushuoneeseen, jossa mittaukset suoritettiin. Henkilöt asettuivat tutkimuspöydälle selinmakuulle ja heille kerrottiin, miten mittaukset oli tarkoitus suorittaa ja että heidän tulisi vain maata paikoillaan. Mittauspaikat olivat rintakehä, pään alue ja henkilön kylki. Jokaiseen mittauspaikkaan sijoitettiin yksi dosimetri. Mittauspaikat määräytyivät sen mukaan, mistä elvytykseen osallistuvat henkilökunnan jäsenet eniten säteilyannosta saisivat. Edellisten lisäksi yksi dosimetri sijoitettiin metrin etäisyydelle henkilöstä.

Jokaista mittaria pidettiin paikoillaan viisi minuuttia ja tulokset kirjattiin taulukkoon. Tämän jälkeen vapaaehtoiset saivat lähteä kotiin. Mukaansa he saivat saatekirjeen (liite 1), jossa kerrottiin opinnäytetyöstä ja mittauksista sekä myös opinnäytetyöntekijöiden yhteystiedot mahdollisia kysymyksiä varten.

## 6.2 Tulosten arviointi ja johtopäätökset

Mittaustulosten perusteella laskettiin annos, joka tulisi 30 minuuttia jatkuvasta elvytystilanteesta (taulukko 1.) Yhden metrin etäisyydelle sijoitetun dosimetrin annoksesta laskettiin myös kahden metrin etäisyydeltä saatava annos. Näin oli mahdollista havainnollistaa etäisyyden vaikutusta säteilyannokseen.

PET-keskuksen dosimetriasta vastaavalta sairaalafysikolta saatiin hoitohenkilökunnan vuosiannokset, joita vertailtiin mittauksista saatuihin tuloksiin. Vuosiannoksista käy ilmi, että henkilökunnan vuoden 2019 efektiiviset annokset vaihtelevat välillä 0,11 – 2,28 mSv. Opinnäytetyötä varten tehtyjen mittausten perusteella suurin keskiarvo oli pään alueen 0,138 mSv, jos elvytys olisi jatkunut 30 minuuttia. Tästä voidaan päätellä, että pitkäänkään jatkunut elvytystilanne ei huomattavasti lisäisi PET-keskuksessa työskentelevän henkilökunnan työperäistä säderasitusta.

	Henkilö 1	Henkilö 2	Henkilö 3	Henkilö 4	Henkilö 5	Keskiarvo
Rintakehä	157	103	120	157	124	132
Pään alue	50	161	170	170	137	138
Kylki	83	66	87	87	99	84
1 m etäisyydeltä	4	4	4	4	4	4
2 m etäisyydeltä	1	1	1	1	1	1

Taulukko 1. 30 minuutin säteilyannokset. Kaikki tulokset ilmoitettu  $\mu\text{Sv}$ .

Muut ammattiryhmät, kuten elvytysryhmä, eivät normaalissa työssään altistu säteilylle. Kun mittauksista saatuja tuloksia verrataan yleisimmistä röntgentutkimuksista aiheutuviin säteilyannoksiin (taulukko 2), voidaan todeta että 0,138 mSv vastaa kahta

keuhkojen natiivitutkimusta, joissa otetaan kussakin kaksi projektiota. Taulukossa 2 on esitelty yleisimmistä natiiviröntgentutkimuksista aiheutuva efektiivinen annos ja sen vastaavuus altistumisaikana taustasäteilylle. Näiden avulla on helpompi hahmottaa säteilyaltistuksen voimakkuutta.

Natiiviröntgentutkimus	Efektiivinen annos (mSv)	Annosvastaavuus altistumisaikana taustasäteilylle
Raaja, esim. polvi	0,01	1 päivä
Keuhko, PA-kuva	0,03	3 päivää
Keuhko, PA- ja LAT-kuva	0,07	8 päivää
Mammografia	0,2	24 päivää

Taulukko 2. Röntgentutkimusten säteilyannoksia (STUK 2017).

## 7 ELVYTYSSIMULAATION JÄRJESTÄMINEN

### 7.1 Suunnittelu

Osana opinnäytetyötä järjestettiin elvytyssimulaatio PET-keskuksen henkilökunnalle mahdollisimman todentuntuisessa ympäristössä. Simulaation tarkoituksena oli, että henkilökunta saisi harjoitella turvallisesti ja kehittää ammattitaitoaan todellisia tilanteita varten. Lisäksi haluttiin herättää keskustelua ja pohdintaa elvytykseen osallistuvien säteilysuojelusta, kun elvytettävänä on potilas, joka on saanut radioaktiivista merkkiainetta.

Ennen simulaatiota kirjoitettiin simulaation käsikirjoitus (liite 2), joka sisälsi tiedon tapahtumapaikasta, ohjaajista, roolituksesta, tilannekuvauksen läpikäymisestä, toteutuksesta ja jälkipuinnista. Lisäksi laadittiin potilastapaus (liite 3), jonka perusteella elvytystilanne alkoi. Potilastapaus oli kuvitteellinen, mutta hyvin tyypillinen PET-keskuksessa. Myös potilaalle annettu FDG-merkkiaine on yleisin PET-tutkimuksissa käytettävä merkkiaine.

Simulaatioon oli valittu simuloijiksi neljä vapaaehtoista hoitajaa, jotka eivät ole osallistuneet vastaavaan simulaatiotilanteeseen työssään. Kolme heistä oli röntgenhoitajia ja yksi laboratoriohoitaja, mikä toi simulaatiotilanteeseen haluttua moniammatillisuutta. Tarkkailijoina toimivat PET-keskuksen osastonhoitaja sekä sairaalafyysikko, joista jälkimmäinen kiinnitti erityisesti huomiota simuloijien säteilysuojeluun eli etäisyyden pitämiseen säteilevästä potilaasta ja ensimmäinen simuloijien väliseen kommunikaatioon.

### 7.2 Toteutus

Simulaatiota varten varattiin Anne-elvytysnukke ja defibrillaattori. Simulaatio järjestettiin PET-TT-kuvaushuoneessa. Nukke aseteltiin selinmakuulle tutkimuspöydälle pää kuvauslaitteeseen päin. Sen jälkeen pöytä ajettiin PET-puolelle, joka on putkimaisen laitteen takaosassa. Lattiaan laitettiin merkit sekä metrin että kahden metrin etäisyydelle tutkimuspöydästä ja nukesta, joiden avulla tarkkailija pystyi arvioimaan simuloijien etäisyyttä. Muut elvytyksessä tarvittavat välineet, kuten defibrillaattori ja hengityspalje,



olivat lähettyvillä olevalla pöydällä. Simulaation suunniteltu pituus oli noin 15 minuuttia ja tarkoitus oli edetä osaston elvytysprotokollan mukaan.

Simulaation aloitus tapahtui viereisessä tarkkailuhuoneessa, jossa toivottiin kaikki tervetulleiksi ja kiitettiin vapaaehtoisia mielenkiinnosta ja osallistumisesta simulaatioon. Heille kerrottiin simulaation kulusta. Harjoituksen selitettiin alkavan siitä, kun hoitaja huomaa tutkimuksen aikana potilaan olevan eloton. Kaikille jaettiin potilastapaus, joka käytiin vielä yhdessä läpi, ja sen jälkeen jaettiin roolit. Simuloijille kerrottiin yleisesti simulaatioon käytettävistä välineistä. Myös osaston ensiapulaukkua oli mahdollisuus käyttää. Muita ohjeita ei haluttu antaa, jotta tilanne olisi mahdollisimman todentuntuinen.

Simulaation käsikirjoituksen mukaisesti kuvausta suorittava hoitaja huomasi potilaan voivan huonosti kuvaushuoneessa ja meni tarkistamaan potilaan vointia. Huomattuaan potilaan olevan eloton hän hälytti muut hoitajat paikalle ja aloitti paineluelvytyksen. Toiset hoitajat tulivat avuksi ja tilanne vaikutti aluksi sekavalta. Itse elvytys saatiin kuitenkin nopeasti käyntiin. Simulaation pitäjien mielestä paineluelvytys näytti tehokkaalta, sillä se oli tasaista ja jatkuvaa. Tätä ei voida pitää kuitenkaan luotettavana, sillä painelun tehokkuudesta kertovaa mittaria ei käytetty. Ventiloijalla oli ongelmia saada hyvä asento, sillä potilasta ei huomattu ottaa riittävästi alaspäin tutkimuspöydällä eikä tutkimuspöytää huomattu aluksi laskea alas. Myös tukityyny pään alla häiritsi hapen antoa. Lisäksi hengityspalkeen maskiosaa pidettiin potilaan kasvoilla väärin päin. Tähän asiaan kiinnitettiin myöhemmin huomiota ja tukityyny poistettiin sekä potilasta siirrettiin alaspäin pöydällä, mikä mahdollisti paremman asennon ventiloijalle. Ongelmia tuotti myös defibrillaattorin saaminen toimintakuntoon. Elvytyksen aikana roolit vaihtuivat sujuvasti painelijan ja ventiloijan välillä. Potilas defibrilloitiin kaksi kertaa. Simulaatiotilanne lopetettiin sen kestätyä 15 minuuttia.

### 7.3 Jälkipuinti

Simulaation jälkeen pidettiin jälkipuinti. Oman näkemyksensä tilanteen kulusta kertoivat simuloijat, tarkkailijat ja simulaation pitäjät. Simuloijat olivat kriittisiä omaa suoritustaan kohtaan, ja kertoivat hyvin avoimesti omista virheistään. He totesivat jännittäneensä aluksi simulaatiota, mutta olivat kuitenkin tyytyväisiä osallistumisestaan siihen. Kaikki olivat myös sitä mieltä, että elvytysharjoitus oli fyysisesti raskasta, ja varsinkin paineluelvytyksen antaminen vie nopeasti voimat.

Tämän jälkeen ääneen pääsivät tarkkailijat, jotka antoivat palautetta elvytyksen sujuvuudesta. Hyvää palautetta tuli siitä, että elvytys lähti nopeasti käyntiin hoitajan huomattua potilaan menneen elottomaksi. Vaikka tilanne alussa olikin sekava, koska oli epäselvyyttä siitä, kuka tekee mitään, toimi kommunikaatio silti tarkkailijoiden mielestä hyvin. Tutkimuspöydän ja potilaan saaminen elvytyksen kannalta edullisempaan asentoon vei aikaa, jonka vuoksi varsinkin hapen antaminen oli aluksi tehotonta. Potilasta ei kuitenkaan tarvitse siirtää pois pöydältä elvytyksen ajaksi, vaan PET-TT -laitteen tutkimuspöytää voidaan käyttää elvytysalustana.

Myös hoitajien mielestä sekavuutta ja roolien epäselvyyttä aiheutti se, ettei kukaan ottanut johtoasemaa, mikä olisi selkeyttänyt ja helpottanut elvytyksen kulkua. Hoitajat huomasivat myös, että kaikki yhdessä keskittyivät liikaa hapen annon ongelmiin sekä defibrillaattorin käyttökuntoon saattamiseen. Tämä johti siihen, että paineluelvytys keskeytyi hetkeksi ja huomio potilaasta siirtyi laitteisiin. Defibrillaattori oli puoliautomaattinen, joten se neuvoi elvyttäjiä defibrilloinnissa. Simuloijat myös huomasivat tilanteen aikana, että kuvauslaitteesta aiheutuva taustääni peitti osittain defibrillaattorin ääntä.

Elvytystilanteessa simuloijat keskittyivät peruselvytykseen, eikä kukaan heistä hakenut ensiapulaukkaa. Näin ollen suonyhteyttä ei avattu tai elvytyslääkkeitä annettu.

Koska työn tarkoituksena oli tuoda esiin elvytystilanteesta aiheutuvaa potentiaalista säderasitusta, myös tämä oli yleisessä pohdinnassa simulaation jälkeisessä keskustelussa. PET-keskuksen hoitohenkilökunta kuuluu säteilyluokkaan A, ja työntekijät ovat hyvin tietoisia omasta työperäisestä säderasituksestaan. Heidän annoksiinsa elvytystilanteen potentiaalinen rasitus ei vertaudu kovinkaan suurena. Tieto on kuitenkin tarpeellinen osaston henkilökunnalle ja oleellinen myös muille ammattiryhmille, jotka mahdollisesti osallistuvat elvytystilanteeseen tai elvytetyn potilaan jatkohoitoon.

Keskustelussa tuli ilmi, että simuloijat eivät ajatelleet potilaasta aiheutuvaa säteilyä elvytystilanteessa. Tämä tukee sitä tosiasiaa, että potilaiden henkeä pelastavat toimet ovat aina etusijalla mahdollisiin hoitohenkilökunnalle aiheutuviin haittoihin nähden. On kuitenkin tärkeää huomata, että PET-keskuksessa suurin osa potilaista saa radioaktiivista merkkiainetta ja etäisyyden pitäminen heihin on tärkeimpiä säteilysuojellisia seikkoja henkilökunnan jokapäiväisessä työssä.



## 8 POHDINTA

Opinnäytetyön kehittämistehtävänä ollut simulaatio ja säteilymittaukset vapaaehtoisilla henkilöillä toteutuivat suunnitellusti ja onnistuivat hyvin. Onnistuneeseen lopputulokseen vaikutti osaltaan se, että PET-keskuksen henkilökunta oli motivoitunutta osallistumaan simulaatioon ja antoi tukensa koko projektin ajan.

Mittauksiin osallistui viisi vapaaehtoista henkilöä, jotka rekrytoitiin PET-keskuksessa ennen heidän kuvauksensa alkua. Jokainen vapaaehtoinen henkilö, jonka osallistumista pyydettiin, myös suostui. Vapaaehtoisten löytäminen ei siis tuottanut juurikaan ongelmia, mikä oli opinnäytetyön tekijöille positiivinen yllätys. Potilasmateriaalia oli rajattu siten, että kaikki mittauksiin osallistuneet vapaaehtoiset olivat saaneet noin 280 MBq FDG-merkkiainetta. Tällä pyrittiin saamaan otanta, joka vastaisi suurinta osaa PET-keskuksen potilaista. FDG on yleisin käytetty merkkiaine, ja kaikki koko kehon tutkimukseen tulleiden 60 – 80 kg painavien potilaiden haluttu annos on 280 MBq. Kyseinen merkkiaine ja annos on PET-tutkimuksissa eniten käytetty, joten viiden osallistujan tuloksista saa jo hyvän suuntaa antavan kuvan säteilymäärästä.

Itse mittaukset sujuivat hyvin, ja sädeannoksen määrä oli mielestämme yllättävän suuri. Lisäksi yhden ja kahden metrin etäisyydeltä lasketut annokset toivat hyvää esimerkkiä siitä, kuinka suuri vaikutus etäisyydellä on mahdolliseen säderasitukseen ja kuinka helppo tapa se on säteilysuojelua toteuttaa.

Tässä opinnäytetyössä simulaatiota hyödynnettiin henkilökunnan altistuksen arvioimiseksi sekä elvytystaitojen kehittämiseen. Simulaatiotilanne on nopeasti kehittyvä ja muuttuva, minkä vuoksi sen tarkkailu on myös haastavaa. Siksi mukaan oli pyydetty kaksi henkilöä tarkkailijoiksi, jotta jälkipuintiin saataisiin monta näkökulmaa simulaation kulusta. Tarkkailijoille oli kerrottu etukäteen asiat, joihin heidän tulisi kiinnittää erityisesti huomiota. Toinen tarkkaili simuloijien välistä kommunikaatiota ja toinen heidän pitämänsä etäisyyttä säteilevään potilaaseen. Opinnäytetyön tekijät osallistuivat simulaation ohjaamisen lisäksi tarkkailuun, joten tarkkailijoita oli yhtä monta kuin simuloijia.

Ennen simulaation alkua kaikkien simulaatiovälineiden toimivuus testattiin ja niiden käyttöä harjoiteltiin opinnäytetyön tekijöiden toimesta.. Näin haluttiin varmistaa, että simulaatiotilanteessa ei tulisi laiteteknisistä syistä johtuvia yllätyksiä. Simulaation

alkaessa kuitenkin huomattiin, että elvytysnukke oli mennyt pois päältä. Tämä saatiin kuitenkin nopeasti korjattua, ja simulaatio pääsi jatkumaan normaalisti. Tilanne antoi hyvän esimerkin siitä, kuinka simulaation aikana voi tulla erilaisia muuttuvia tilanteita, jotka vaativat simulaation ohjaajilta nopeaa puuttumista. Simulaation pitäminen vaatii hyvää valmistautumista, mutta kaikkiin mahdollisiin tilanteisiin ei voi etukäteen varautua.

Jälkipuinnissa käsiteltiin simulaatioon osallistuneiden mielipiteitä ja tuntemuksia kuluneesta simulaatiosta. Jokainen simulaatioon osallistunut hoitohenkilökunnan jäsen kertoi, että ei tilanteessa ajatellut mahdollista säteilyrasitusta tai etäisyyttä, vaikka he tiesivätkin potilaan saaneen radioaktiivista merkkiainetta. Tämä tukee periaatetta, että potilaan henkeä pelastavat toimet ovat aina etusijalla. On kuitenkin tärkeää huomata, että PET-keskuksen tutkimuksista suurin osa edellyttää radioaktiivisten merkkiaineiden käyttöä, ja siksi hoitohenkilökunnan omalla säteilysuojelulla on keskeinen merkitys heidän jokapäiväisessä työskentelyssään.

Simulaation jälkeisessä keskustelussa kiinnitettiin huomiota myös elvytysvälineiden käyttöön. Vaikka simulaatiossa käytettävät välineet olivat simuloijille entuudestaan tuttuja, havaittiin simulaation aikana ongelmia niiden oikeaoppisessa käytössä. Esimerkiksi hengityspalkeen asettelu nukun kasvoille oli hankalaa, sillä maskiosa oli väärin päin. Tässä korostui tarkkailijoiden ja simuloijien itsensä mielestä kiireen vaikutus, sekä tottumattomuus välineiden käytössä.

Toimeksiantajan toimesta jälkipuinnissa sovittiin, että kaikki kuvauslaitteita käyttävät hoitajat kertaavat jokaisen laitteen toiminnot vastaavien tilanteiden varalle, sillä potilaan saaminen äkillisessä tilanteessa nopeasti ulos kuvauslaitteen sisältä vaatii PET-TT -laitteen käytön hallintaa.

Simulaatiossa simuloijat keskittyivät vahvasti peruselvytykseen, eikä osastolla olevaa elvytyslaukkua haettu lainkaan. Näin esimerkiksi suoniyhteyttä ei avattu eikä elvytyslääkkeitä käytetty. Simuloijat kertoivat ajatelleensa, että elvytysryhmän tultua paikalle se tekee edellä mainitut asiat. On kuitenkin huomattava, että PET-keskus on Tyksin kantasairaalan alueella sijaitseva erillinen rakennus, jolloin elvytysryhmä ei tule aivan läheltä. Elvytysryhmä voi myös olla toisella tehtävällä, jolloin kaikki paikalla olevien hoitajien tekemät toimet ovat kriittisiä. Keskustelussa kuitenkin korostettiin peruselvytyksen tärkeyttä potilaan selviämisen kannalta, mitä simuloijat suorittivat onnistuneesti.

Jälkipuinnissa keskusteltiin myös elvytysryhmän säteilysuojelun huomioimisesta. Vaikka elvytystilanne on hektinen ja asiat tapahtuvat nopeasti, on kuitenkin tärkeää varmistaa esimerkiksi raskauden mahdollisuus. Lisäksi on oleellista varmistaa, että potilaan jatkohoidossa tiedetään hänen saamastaan radioaktiivisesta merkkiaineesta ja milloin se on puoliintunut niin, että potilas ei enää säteile ympäristöönsä. Tässä työssä tehtyjen mittausten perusteella voi sanoa, että elvytysryhmän ei tarvitse olla huolissaan elvytystilanteessa mahdollisesti saamastaan säteilyannoksesta, kun mahdollinen raskaus on huomioitu.

Opinnäytetyön aihe on ollut mielenkiintoinen. Suunniteltu aikataulu on toiminut ja pitänyt hyvin paikkansa. Myös yhteistyö PET-keskuksen kanssa on sujunut hienosti, mikä osaltaan on mahdollistanut opinnäytetyön sujuvuuden ja onnistumisen.

## 9 JATKOKEHITTÄMISEHDOTUKSET

Kehitysideana henkilökunta toi esille, että samankaltaisia elvytyssimulaatioita voitaisiin useammin järjestää osastolla, mikä lisäisi simulaation todellisuuden tuntua. Elvytyssimulaatioita on tarjolla säännöllisesti Tyksin yleisissä tiloissa, ja niihin osallistuminen on vapaaehtoista. Myös kesken päivän irrottautuminen työpisteestä ja osaston ulkopuolelle lähteminen voidaan kokea hankalaksi.

Annosmittauksiin valikoituneiden vapaaehtoisten henkilöiden määrä oli pieni, vain viisi henkilöä. Osallistujien määrä oli valittu yhdessä toimeksiantajan ja sairaalafysiikon kanssa. Suurempi osallistujien määrä olisi tuonut tuloksiimme enemmän luotettavuutta, mutta olisi teettänyt huomattavasti enemmän työtä ja näin ylittänyt opinnäytetyön vaativuuden. Koska myös elvytyssimulaatio haluttiin toteuttaa, oli työn määrä pidettävä kohtuullisena. Näin aihetta on mahdollista myös tutkia myöhemmin laajemmin, ja esimerkiksi toisten merkkiaineiden kohdalla voi tehdä vastaavia tutkimuksia tulevissa opinnäytetöissä. Olisi myös mielenkiintoista tutkia potilaiden myöhempää hoitopolkua ja muiden sairaaloissa työskentelevien ammattiryhmien tietämystä säteilevän potilaan hoidon erityispiirteistä.

## 10 EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS

Koko opinnäytetyöprosessin ajan on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä eli tutkimusetiikkaa (TENK 2012). Teoreettinen viitekehys on perustettu luotettavaan alan kirjallisuuteen ja tutkittuun tietoon, sekä lähteitä valitessa on noudatettu lähdekritiikkiä. Lähteinä on käytetty sekä kotimaisia että kansainvälisiä julkaisuja, ja lähteet on merkitty asianmukaisesti. Sähköiseen tiedonhakuun on käytetty luotettaviksi todettuja tietokantoja.

Osana opinnäytetyöprosessia tehtiin opinnäytetyön toimeksiantajan, ammattikorkeakoulun ja opinnäytetyöntekijöiden välinen opinnäytetyösopimus. Sopimus käsitteli opinnäytetyön aihetta, aikataulua ja toteutusta. Lisäksi toimeksiantajalle toimitettiin nähtäväksi ja hyväksyttäväksi mittauksiin liittyvä saatekirje sekä mittaustaulukot.

Lääketieteellistä säteilynkäyttöä Suomessa valvoo STUK. Hoitohenkilökunnan koulutuksesta ja säteilynsuojelusta vastaa toimeksiantaja. Henkilökunnan säteilyaltistusta arvioidaan säännöllisin väliajoin, sillä ionisoiva säteily aiheuttaa terveyshaittoja, joten ylimääräistä altistusta tulee kaikin tavoin välttää.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli todentaa, kuinka suuri potentiaalinen säderasitus seuraa säteilevän potilaan elvytystilanteesta. Mittauksiin osallistuminen perustui vapaaehtoisuuteen, ja henkilöt pysyivät anonyymeinä. Heiltä ei kerätty mitään henkilötietoja, eikä mittauksissa saatua tietoa voi yhdistää heihin jälkikäteen. He saivat myös mukaansa saatekirjeen, jossa kerrottiin opinnäytetyön aiheesta, vapaaehtoisuudesta ja kuinka mittauksiin osallistuminen ei aiheuta heille ylimääräistä säderasitusta tai muita seuraamuksia. Vapaaehtoisille henkilöille kerrottiin myös mahdollisuudesta keskeyttää mittaukset, jos he niin haluavat. Lisäksi saatekirjeessä oli opinnäytetyön tekijöiden yhteystiedot, jotta he voivat halutessaan ottaa yhteyttä jälkikäteen. Koska säteilymittaukset tehtiin vapaaehtoisille henkilöille, jotka olivat saaneet radioaktiivisen merkkiaineen diagnostista tutkimusta varten, ei mittauksista aiheutunut kellekään ylimääräistä säderasitusta.

On ensiarvoisen tärkeää, että hoitohenkilökunta pystyy antamaan tehokasta peruselvytystä ja näin auttamaan potilasta. Elvytystaito ja -koulutus kuuluvat osana jokaisen hoitohenkilöstön ammattitaitoon ja velvollisuuteen.



Opinnäytetyön toteutukseen kuului elvytys­simulaatio, joka järjestettiin PET-keskuksen tiloissa. Ennen simulaation alkua kaikille simulaatioon osallistuville esiteltiin potilastapaus sekä välineet, joita simulaatiossa oli mahdollista käyttää. Vaikka tarkoitus oli harjoitella säteilevän potilaan elvytystä, simulaatiossa käytettiin tavallista elvytysnukkea eikä simulaatiotilanteesta aiheutunut säderasitusta. Elvytysnuken painelun tehokkuudesta kertovaa ominaisuutta ei käytetty, joten arviot esimerkiksi paineluelvytyksen tehokkuudesta perustuvat silmämääräiseen arvioon. Panielun laadusta ja tehokkuudesta kertova mittari olisi pitänyt sijoittaa nuken viereen, jolloin sitä tarkkaileva henkilö olisi mahdollisesti häirinnyt simuloijien työskentelyä. Lisäksi tässä simulaatiossa oli tarkoituksena harjoitella elvytystilanteen kulkua, ja mittaria käytettäessä simuloijat olisivat voineet keskittyä liiaksi sen tarkkailuun. Tyksissä järjestetään säännöllisesti elvytysharjoituksia, joissa henkilökunta voi harjoitella nimenomaisesti painelu- ja puhallustekniikoita. Simulaatioon osallistuneet henkilöt olivat vapaaehtoisia, ja simulaatiossa oli läsnä tarkkailijoina PET-keskuksen osastonhoitaja sekä sairaalafyysikko.

Tämä opinnäytetyö ei sisällä mitään salassa pidettäviä tietoja. Opinnäytetyö julkaistaan ammattikorkeakoulujen yhteisessä opinnäytetyötietokannassa ([www.theseus.fi](http://www.theseus.fi)).

## LÄHTEET

Almuhaideb, A.; Papathanasiou, N. & Bomanj, J. 2011. 18F-FDG PET/CT Imaging In Oncology. Annals of Saudi Medicine Vol. 31, No 1, 3-13. Viitattu 3.11.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3101722/>.

Ashish Kumar J.; . 2015. Designing of High-Volume PET/CT Facility with Optimal Reduction of Radiation Exposure to the Staff: Implementation and Optimization in a Tertiary Health Care Facility in India. World journal of nuclear medicine. Vol. 14, article 3, 189-196. <http://www.wjnm.org/article.asp?issn=1450-1147;year=2015;volume=14;issue=3;spage=189;epage=196;aualast=Jha>.

Blomgren, K. 2015. Simulaatiot - melkein leikkiä, melkein totta. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Vol. 131, No 23, 2239-44. Viitattu 2.4.2020 <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2015/23/duo12860>.

Elvytys. Käypähoito-suositus 2016. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Elvytysneuvoston, Suomen Anestesiologiyhdistyksen ja Suomen Punaisen Ristin asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 3.11.2019 <https://www.kaypahoito.fi/hoi17010#s6>.

Gwinnutt, C.; Davies, R. & Soar, J. 2015. In-hospital resuscitation. Resuscitation Council (UK). Viitattu 3.11.2019 <https://www.resus.org.uk/resuscitation-guidelines/in-hospital-resuscitation/>.

Hartikainen J. 2014. Hoitoelvytys. Duodecim. Viitattu 3.11.2019

HUS. Sairaanhoido. PET- ja SPECT-TT-kuvaus 2020. Viitattu 6.4.2020 [https://www.hus.fi/sairaanhoido/sairaanhoidopalvelut/syopataudit/syovan\\_diagnosointi/Sivut/PET-kuvaus.aspx](https://www.hus.fi/sairaanhoido/sairaanhoidopalvelut/syopataudit/syovan_diagnosointi/Sivut/PET-kuvaus.aspx).

Juuti-Sartolahti, L.; Niemi, A. & Niittyalahti, A. 2015. Simulaatio - oppimista vai leikkiä? Elinikäisen ohjauksen verkkolehti Elo. Viitattu 5.11.2019 ja 2.4.2020 <https://verkkolehdet.jamk.fi/elo/2015/11/24/simulaatio-oppimista-vai-leikkia/>.

Kettunen, R. 2018. Sydänpysähdys ja äkkikuolema. Lääkärikirja Duodecim. Viitattu 5.11.2019 [https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=dlk00085](https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00085).

Knuuti, J. & Kajander, S. 2017. Positroniemissiotomografian ja fuusiokuvantamisen käyttöaiheet. Kliininen radiologia. Oppiportti. Viitattu 31.10.2019 [www.duodecim.fi](http://www.duodecim.fi).

Lin, C. & Alavi, A. 2019. PET and PET/CT: A clinical guide. Thieme medical publishers. Saatavilla <https://ebookcentral.proquest.com/lib/turkuamk-ebooks/reader.action?docID=5638736>

Liukkonen, J. 2017. PET-tutkimusten määrä huimassa kasvussa. Terveystieteiden ProInfo-  
uutiskirje 1-2017. STUK. Viitattu 12.4.2020 <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/sateilyn-kayttajalle/uutiskirjeet-sateilyn-kayttajille/terveydenhuollon-proinfo-uutiskirje-1-2017/pet-tutkimusten-maara-huimassa-kasvussa>

Salminen E. 2018. Säteilyvamma ja säteilytauti. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Vol. 134, No 9, 903-909. Viitattu 3.11.2019 <https://www.duodecimlehti.fi/duo14300>.

STUK. 2019. Säteilysuojelun periaatteet. Viitattu 9.4.2020 <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/sateilyn-kayttajalle/sateilytoiminnan-turvallisuus/sateilysuojelun-periaatteet>

STUK. 2017. Röntgentutkimusten säteilyannoksia. Viitattu 13.4.2020 <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/rontgentutkimukset/rontgentutkimusten-sateilyannoksia>

STUKLEX. 2013. Säteilyturvallisuus isotooppilääketieteessä. Viitattu 1.11.2019 <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST6-3>

STUKLEX. 2016. Säteilyturvallisuus avolähteiden käytössä. Viitattu 8.12. 2019 <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST6-1>

STUKLEX. 2018. Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä. Suojelu raskauden ja imetyksen aikana. Viitattu 11.5.2020 <https://www.stuklex.fi/fi/haku/ls/20181034?allWords=s%C3%A4teily-suojelu+ja+raskaus&materialTypeId%5B0%5D=1%2C116%2C104&pageSize=20&sortType=3>.

Säteilyasetus 1512/91. STUK 2015. Säteily terveydenhuollossa. Henkilökunnan altistus. Viitattu 1.11.2019 <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/henkilokunnan-altistus>

Säteilyasetus 1034/2018. Finlex 2018. Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä. Viitattu 8.12.2019 <http://finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20181034#Pidp447560320>

Säteilyasetus 859/2018. Finlex 2018. Valtioneuvoston asetus ionisoivasta säteilystä. Viitattu 13.4.2020 <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje. Viitattu 10.5.2020 [https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf).

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Viitattu 9.12.2019 <http://hanna.vilka.fi/wp-content/uploads/2014/02/Tutki-ja-mittaa.pdf>.

Zhihua, Q.; Gates, E.; O'Brien, M. & Trout, T. 2017. Radiation dose reduction through combining positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) and diagnostic CT in children and young adults with lymphoma. *Pediatric Radiology*. No 48, 196-203. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00247-017-4019-2>.

## Saatekirje

# Hyvä PET-tutkimukseen tuleva

Opiskelemme röntgenhoitajiksi Turun ammattikorkeakoulussa, ja teemme yhteistyössä PET-keskuksen kanssa opinnäytetyötämme. Työmme tarkoituksena on kehittää henkilökunnan tietoisuutta ja turvallisia käytäntöjä, lisätä tietoa säteilystä muissa ammattiryhmissä ja hälventää erilaisia ennakkoluuloja. Aiheenamme on säteilyannokset ja -suojelu elvytystilanteessa PET-tutkimuksen aikana. Siihen sisältyy mittauksia sekä elvytysimulaatio hoitohenkilökunnalle.

Mittaamme teistä tulevaa säteilyä neljällä mittarilla viiden minuutin ajan. Nämä mittarit sijoitetaan rintakehälle, pään viereen, kyljen vierelle sekä yhden metrin päähän teistä. Mittaus tapahtuu varsinaisen kuvauksen jälkeen, eikä siitä tule mitään tuntemuksia. Mittarit ovat irrallisia laitteita, joista ei kytketä teihin mitään. Mittaamisesta ei aiheudu teille mitään haittaa. Kaikkinensa mittarien asettelu ja mittaukset vievät aikaa noin kymmenen minuuttia.

Emme kerää teiltä mitään henkilötietoja, joten mittauksiin osallistuminen tapahtuu täysin anonymisti. Mittauksiin osallistuminen on täysin vapaaehtoista, ja voitte keskeyttää mittaukset niin halutessanne. Kieltäytymisestä tai mittauksen keskeyttämisestä ei koidu teille minkäänlaista haittaa.

Olemme kiitollisia osallistumisestanne, sillä edistätte sillä merkittävästi opinnäytetyömme valmistumista.

Mittaustuloksia käytetään materiaalina opinnäytetyössämme, johon voi sen julkaisemisen jälkeen tutustua osoitteessa [www.theseus.fi](http://www.theseus.fi). Mittaustuloksia ei voi yhdistää teihin, sillä mitään henkilötietoja ei kerätä. Opinnäytetyön ohjaajina toimii Turun ammattikorkeakoulun puolesta yliopettaja ja toimeksiantaja PET-keskuksen puolesta osastonhoitaja.

Jos teillä tulee jälkikäteen asiasta jotain kysyttävää, voitte vapaasti ottaa meihin yhteyttä.

Ystävällisin terveisin,

Suvi Hietanen ja Satu Ruoho  
Turun ammattikorkeakoulu, röntgenhoitajakoulutus  
[suvi.hietanen@edu.turkuamk.fi](mailto:suvi.hietanen@edu.turkuamk.fi)  
[satu.ruoho@edu.turkuamk.fi](mailto:satu.ruoho@edu.turkuamk.fi)

## Elvytyssimulaation käsikirjoitus

### Elvytyssimulaatio

Elvytyssimulaation tarkoituksena on luoda mahdollisimman todentuntuinen oppimisympäristö, jossa henkilökunta voi harjoitella turvallisesti ja kehittää ammatillisia taitoja. Lisäksi henkilökunnalle kerrotaan elvytystilanteessa saaduista säteilyannoksista ja keskustellaan siitä, miten ne vertautuvat henkilökunnan tavalliseen työstä saamaan säderasitukseen. Simulaation tarkoituksena on myös herättää pohdintaa elvytykseen osallistuvien säteilysuojelusta, kun elvytettävänä on radioaktiivista merkkiainetta saanut potilas.

**Tapahtumapaikka:** Turun PET-keskus

**Simulaation järjestäjät ja ohjaajat:** Satu Ruoho ja Suvi Hietanen

**Osallistujat:** Osastonhoitaja

Yliopettaja

Sairaalafyysikko

Osaston henkilökunta (n.3kpl)

**Roolit:** Tarkkailijat, elvytykseen osallistujat

## **Valmistautuminen ja tilannekuvauksen läpikäynti:**

Elvytysnukke asetellaan valmiiksi tutkimuspöydälle simuloimaan kuvauksessa olevaa potilasta, ja kuvauspöytä ajetaan siihen asentoon missä se kuvauksen aikana olisi. Lattiaan laitetaan merkit 1m ja 2m päähän ”potilaasta”. Ne havainnollistavat ja auttavat jälkikäteen, kun keskustellaan henkilökunnan säteilysuojelusta. Osallistujille jaetaan roolit, kerrotaan, miten simulaatio käynnistyy ja etenee sekä myös esitellään potilascase.

## **Harjoituksen toteutus:**

Elvytys kestää n. 15 minuuttia ja on tarkoitus edetä sairaahoitopiirin elvytysprotokollan mukaan. Ohjaajat käynnistävät harjoituksen ja se alkaa siitä, kun hoitaja huomaa tutkimuksen aikana potilaan olevan eloton, ilmoittaa siitä muille ja aloittaa elvytyksen. Tarkkailijat seuraavat elvytyksen kulkua ja antavat siitä myöhemmin palautteen. Ohjaajat lopettavat harjoituksen n. 15min. kuluttua.

## **Jälkipuinti:**

Simulaation jälkeen käydään palautekeskustelu, jossa simulaatioon osallistujat sekä tarkkailijat kertovat näkemyksensä mikä meni hyvin, mihin pitäisi kiinnittää huomiota jne. Simulaation järjestäjät kertovat myös aiemmin tekemiensä säteilymittausten tulokset, jonka jälkeen on tarkoitus yhdessä keskustella säteilevän potilaan elvytyksestä ja henkilökunnan säteilysuojelusta elvytyksen aikana.

## Potilastapaus

Potilaana on 72-vuotias B-solujen lymfoomaa sairastava mies, joka on tullut kolmannen sytostaattijakson jälkeiseen seuranta tutkimukseen. Potilaan vointi on ollut kohtuullisen hyvä, ja kaikki valmistelut ovat sujuneet normaalisti. Potilas on saanut FDG-merkkiainetta painon mukaisesti 280MBq. Kuvauksen loppupuolella kuvaajana toimiva röntgenhoitaja huomaa, että potilas alkaa yhtäkkiä hengittää suurin hengitysliikkein ja kovaäänisesti. Hoitajan mennessä tarkistamaan potilaan vointia potilas ei vastaa puhutteluun, ja hoitaja toteaa ettei potilas enää hengitä lainkaan.