



SAVONIA

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

PET-MRI PÄÄN JA KAULAN ALUEEN SYÖPÄDIAGNOSTIIKASSA

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

TEKIJÄT: Lasse Saira
Kalle Tiainen
Ville Tolvanen

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijät Lasse Saira, Kalle Tiainen ja Ville Tolvanen			
Työn nimi PET-MRI pään ja kaulan alueen syöpädiagnostiikassa			
Päiväys	13.10.2020	Sivumäärä/Liitteet	48/2
Ohjaaja Leena Tikka Yliopettaia			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu			
Tiivistelmä			
<p>Kuvantamisella on tärkeä rooli syöpädiagnostiikassa. Sen avulla saadaan ajantasaista tietoa syövän ja kasvainten laadusta sekä levinneisyydestä. Positroniemissiotomografia-magneettikuvaus eli PET-MRI hybridikuvantamisessa yhdistetään PET – ja magneettikuvantaminen yhdeksi tutkimukseksi, tarjoten samalla molempien modaliteettien hyödyt sekä kokonaisvaltaista diagnostista informaatiota yhdellä kuvantamiskerralla. MRI:n herkkyys ja tarkkuus pehmytkudosten kuvantamisessa yhdistettynä PET:n tarkkuuteen levinneisyyksien havaitsemisessa tekevät PET-MRI:stä hyödyllisen modaliteetin pään ja kaulan alueella. PET-tutkimuksille ominaista on erilaisten radiolääkkeiden käyttö. Potilaan laskimoon ruiskutetaan radioaktiivisesti säteilevää merkkiainetta, joka hakeutuu haluttuun kohteeseen. Onkologisessa kuvantamisessa yleisin käytetty radiolääke on FDG, eli F-18-Fluorideoksiglukoosi. Glukoosianalogina käyttäytyvä FDG hakeutuu runsaan aineenvaihdunnan omaaviin soluihin. Tällaisia soluja ovat esimerkiksi lihakset sekä syöpäsolut. FDG on otollinen merkkiaine onkologiseen kuvantamiseen, sillä se kertyy hyvin haluttuun kohteeseen, poistumatta kuitenkaan sieltä.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa ajantasaista ja luotettavaa tietoa PET-MRI-hybridikuvausmenetelmän hyödyntämisestä pään- ja kaulan alueen syövän diagnostiikasta suomen kielellä sekä tukea röntgenhoitajaopiskelijoiden oppimista. Opinnäytetyö on suunnattu röntgenhoitajaopiskelijoille, röntgenhoitajille sekä muille aiheesta kiinnostuneille terveydenhuollon ammattilaisille. Opinnäytetyössä esiteltiin PET-MRI menetelmä ja koottiin taulukoon ajantasainen tieto PET-MRI menetelmän eduista kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimusmenetelmäksi valitsimme kuvailevan kirjallisuuskatsauksen. Aineiston keruu tehtiin neljää eri tietokantaa (Science direct, Medic, Cinahl ja PubMed) hyödyntäen. Lisäksi päädyimme hakemaan aineistoa manuaalisesti Google-hakukoneen avulla. Lopulliseen aineistoon tuli valituksi 12 tutkimusta, joita kävimme läpi tutkimuskysymystemme perusteella. Kirjallisuuskatsauksen tulokset koottiin synteetitaulukkoon. Valittu aineisto käsittelee PET-MRI-hybridikuvantamismenetelmän hyödyntämistä, PET-CT- ja PET-MRI-hybridilaitteiden eroja pään ja kaulan alueen syövän diagnostiikassa.</p> <p>Tämän kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tulosten mukaan PET-MRI on vakiinnuttanut paikkansa pään- ja kaulan alueen syövän diagnostiikassa. Aiheesta kaivataan kuitenkin lisää tutkimuksia. PET-MRI-hybridilaitteen hyödyt tulevat ilmi pehmytkudosten kasvainten kuvantamisessa MRI:n tarjoaman pehmytkudoserottelukyvyn ansiosta.</p>			
Avainsanat PET-MRI, PET, radiolääkkeet, FDG, hybridikuvantaminen, pään ja kaulan alueen syöpä			

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme of Radiography and Radiation therapy			
Author(s) Lasse Saira, Kalle Tiainen and Ville Tolvanen			
Title of Thesis PET-MRI in Head and Neck Malignancy			
Date	13.10.2020	Pages/Appendices	48/2
Supervisor(s) Leena Tikka, principal lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>Imaging plays a key part in cancer diagnostics. It helps to produce up to date information about the quality and metastasis of cancers and tumours. PET-MRI hybrid imaging combines PET and MRI into a single study, thus offering the benefits of both modalities and comprehensive diagnostic information at the same time. The sensibility and accuracy of MRI in soft tissue imaging combined with the accuracy of PET in detection of metastasis makes PET-MRI a useful modality in the head and neck area. The use of different radiotracers are characteristic in PET imaging. Radioactive tracers that are injected into the patient's veins gravitate into the desired target. The most commonly used radiotracer in oncologic imaging is F-18-Fluorodeoxyglucose (FDG). It is a glucose analogue that gravitates into cells that have substantial metabolism. For example, these kinds of cells are muscles and cancer cells. FDG is a favourable radiotracer for oncological imaging, since it accumulates well in the desired target and stays there.</p> <p>The purpose of this thesis was to provide up to date and reliable information about the use of PET-MRI hybrid imaging in the head and neck area diagnostics in Finnish and support the learning of radiography students. This thesis is aimed for radiography students, radiographers and other medical professionals interested in the subject. In this thesis the PET-MRI modality is presented and up to date information about the benefits of PET-MRI compiled in a chart, using integrative literature review.</p> <p>The research method of the study was the integrative literature review. Material was collected using four different databases (Science Direct, Medic, Cinahl and PubMed). In addition, information was searched manually using Google. 12 studies were selected as they were considered suitable relative to the research question. The results of the literature review were compiled in a synthesis chart. The chosen material addresses the usage of PET-MRI hybrid imaging and the differences of PET-CT and PET-MRI hybrid imaging in the head and neck diagnostics.</p> <p>According to the results of this integrative literature review, PET-MRI has established itself in head and neck cancer diagnostics. More studies of the subject are still needed. The benefits of PET-MRI hybrid imaging are apparent in soft tissue tumour imaging because of the high soft tissue resolution of MRI.</p>			
<p>Keywords PET-MRI, PET, radiotracers, FDG, hybrid imaging, head and neck cancer</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	YLEISTÄ SYÖVÄSTÄ.....	6
2.1	Syöpä.....	6
2.2	Pään ja kaulan alueen syöpä	7
2.3	Yleistä syöpädiagnostiikasta.....	7
3	PET-MRI PÄÄN JA KAULAN ALUEEN SYÖPÄDIAGNOSTIIKASSA.....	9
3.1	Positroniemissiotomografiakuvaus (PET).....	9
3.2	Magneettikuvantaminen	10
3.3	PET-MRI -kuvaus	12
3.4	Tietokonetomografiakuvaus (TT)	14
3.5	PET-TT -kuvaus	15
3.6	Säteily- ja magneettiturvallisuus	15
3.7	Radiolääkkeet	18
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYS.....	19
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	20
5.1	Kirjallisuuskatsaus menetelmänä.....	20
5.2	Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen toteutus.....	21
5.3	Aineiston valinta	21
6	KUVAILEVAN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOSTEN TARKASTELU	23
6.1	PET-CT:n ja PET-MRI:n eroavaisuudet	23
6.2	PET-MRI:n tuomat hyödyt	25
6.3	PET-MRI yleisesti	26
7	POHDINTA.....	28
7.1	Johtopäätökset	28
7.2	Eettisyys ja luotettavuus.....	29
7.3	Ammatillinen kehittyminen	30
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	33
8	LIITE 1. TIEDONHAKUTAULUKKO	41
9	LIITE 2. SYNTEESITAULUKKO	42

1 JOHDANTO

Pään- ja kaulan alueen syöpien diagnostiikassa on tärkeää hyödyntää anatomisesti tarkkoja kuvantamismenetelmiä. Syöpädiagnostiikassa magneettikuvantaminen, tietokonetomografia ja positroniemissiotomografia ohjaavat potilaan taudin luokittelua, sekä hoidon suunnittelua. Positroniemissiotomografialla (PET) selvitetään kuvattavan alueen fysiologiaa, kun taas tietokonetomografialla (TT) selvitetään kuvattavan alueen anatomiaa. Hoidon kannalta on tärkeää, että saataisiin syöpäalueesta tarkempaa informaatiota. Tämän vuoksi on kehitetty hybridikuvauslaite, jossa on yhdistetty PET-kuvaus ja TT-kuvaus PET-TT laitteeksi. PET-TT laitteen avulla saadaan kohdealueesta selvempi kuva, jolloin diagnoosin tekeminen on tarkempaa. Tarkempi diagnoosi auttaa hoidonsuunnitteluun sekä toteuttamiseen. (Morio ym. 2020.)

Vuonna 2010 maailmalla otettiin käyttöön ensimmäistä kertaa koko kehon kuvantamiseen kehitetty PET- laitteen ja MRI- laitteen yhdistelmä. PET-MRI menetelmä on tarkempi pehmytkudoksen erottelussa kuin PET-TT. PET-MRI:n etuja verrattuna PET-TT menetelmään on säderasituksen pieneneminen, parempi pehmytkudoksen erottelukyky sekä PET-MRI:llä saadaan tietoa kudosten ja solujen toiminnasta. (Ryan, Aaron ja Sims 2019.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä luotettavaa ja ajantasaista tietoa PET-MRI yhdistelmäkuvantamismenetelmän hyödynnettävyydestä pään- ja kaulan alueen syövän diagnostiikassa sekä tuoda ilmi, mitä eroja on PET-TT:n ja PET-MRI:n välillä. Kirjallisuuskatsauksen avulla saatu ajankohtainen tieto kootaan taulukoksi, jota voidaan käyttää tulevien röntgenhoitajaopiskelijoiden opetuksessa. Opinnäytetyömme on kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja työn tilaajana toimii Savonia ammattikorkeakoulu Kuopio, Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma.

2 YLEISTÄ SYÖVÄSTÄ

Ihmisen elimistö koostuu jakaantuvista soluista. Vanhojen solujen ollessa elinkaarensa lopussa syntyy uusia soluja, jotka korvaavat vanhojen solujen tehtävän. Solujen jakaantuminen on tarkasti säädelty tapahtuma. Solun kasvaessa voi joskus tapahtua hallitsematonta jakaantumista, tästä syntyneitä ainesta sanotaan kasvaimiksi. (Isola ja Kallioniemi 2013.) Syöpä on nimitys erilaisille sairauksille, joiden ilmeneminen, syy ja luonne ovat erilaisia. Syöpä syntyy geenivirheestä. Geenivirheessä solunjakautumisesta ohjaavat mekanismit pettävät ja syntyy mutatoituneita soluja. Syövän syntymiseen tarvitaan useita geenivirheitä sellaisissa geeneissä, jotka ohjaavat solun kasvua ja erilaistumista. Syöpägeenit ovat solun toimintaa ohjaavia vaurioituneita genejä. (Isola 2013.)

Syöpärekisterin mukaan vuonna 2017 yli 280 000 syöpää sairastavista suomalaisista 57% oli miehiä ja 43% naisia. Miehillä yleisimmät syövät vuonna 2017 olivat eturauhassyöpä, paksu- ja peräsuolen syöpä sekä keuhkon ja henkitorven syöpä. Naisilla taas yleisimmät olivat rintasyöpä, paksu- ja peräsuolen syöpä ja keuhkon ja henkitorven syöpä. (Suomen syöpärekisteri 2017.)

2.1 Syöpä

Syövän havaitsemiseen voi kulua useita vuosia, koska syöpäsolun tulee jakautua tuhansia kertoja ennen kuin kasvainta voidaan havaita röntgenkuvassa tai kasvain on sen kokoinen, että sen voisi tuntea käsin. Noin 25-30 kertaa jakautunut solukko on yhdensenttimittainen läpimitaltaan. Aggressiivisissa tapauksissa syöpäkasvain voi kasvaa huomattavasti nopeammin. (Isola ja Kallioniemi 2013.)

Kun syöpäsoluja on syntynyt, niin solut alkavat jakautua normaalia aktiivisemmin. Syövän edetessä syöpäsolukko jatkaa muuttumistaan sekä alkaa käyttäytyä pahanlaatuisemmin. Kasvaimien solujen menettäessään kykynsä säädellä jakautumista ja uusiutumista normaalilla tavalla, tämä aiheuttaa elimistössä kontrollijärjestelmien hallinnan menetyksen ja syöpäsolukko alkaa levitä. Kun syöpä todetaan, määritetään samalla levinneisyys. Levinneisyysluokituksen avulla valitaan oikea hoitomuoto ja samalla saadaan käsitys paranemismahdollisuuksista. (Isola ja Kallioniemi 2013.) Syövän levinneisyydestä puhutaan TNM-luokituksena, jota käytetään myös kansainvälisesti. TNM on lyhenne sanoista tumor (emokasvaimen koko), node (syövän leviäminen lähimpiin imusolmukkeisiin), metastaasi (kauemmat etäpesäkkeet). (National Cancer Institute 2015.) TNM-luokituksessa syöpä jaotellaan viiteen levinneisyysasteeseen. Levinneisyysaste nolla tarkoittaa, että syöpä on paikallinen ja

se ei leviä, kun taas levinneisyysaste viisi tarkoittaa syöpää, joka on levinnyt laajalti ja tehnyt etäpesäkkeitä. (syöpäjärjestöt S.A)

Syövän havaitsemiseen käytetään yleensä radiologista tutkimusta. Kuvantamislöydöksiä perusteella voidaan saada tietoa kasvaimen laadusta, jonka varmistamiseen tarvitaan sytologiset sekä histologiset näytteet ja analyysit. Kun kasvaimen laatu on saatu selville, selvitetään kasvaimen levinneisyys sekä mahdolliset syntyneet etäpesäkkeet. Syöpähoitojen vastetta tarkastetaan kuvantamalla muutosalueet. Kuvantamisia suoritetaan suunnitellusti määräaikaisten välein, jotta mahdollinen taudin uusiminen huomattaisiin mahdollisimman varhain. Kuvantamistekniikaksi valitaan alkuperäisen syöpälöydöksen parhaiten näkyviin tuonut tekniikka. (Virkkunen, Salonen ja Minn 2013)

2.2 Pään ja kaulan alueen syöpä

Pään ja kaulan alueen syöpiä todetaan vuosittain Suomessa vähän. Vuonna 2015 Suomen terveyskeskuksissa oli 6,8 miljoonaa lääkärikäyntiä, joista 840 tapauksessa todettiin uusi pään tai kaulan alueen syöpä, näistä noin puolet olivat suusyöpiä, nielusyöpiä noin 200 ja kurkunpääsyöpiä noin 100. Suurimmat riskitekijät pään ja kaulan alueen syöpien sairastamiseen ovat tupakointi, korkea ikä ja runsas alkoholinkäyttö. Huono suuhygieniä tai työperäinen altistus esim. asbestille kasvattavat riskiä syövänsä sairastamiseen. Pään ja kaulan alueen syövät ovat vaikeita hoidettavia ja noin puolet Suomessa sairastavat kuolevat tautiinsa. (Ilmarinen, Nieminen, Mäkitie ja Atula 2019.)

Pään ja kaulan alueen syöpien diagnosoimista hankaloittaa se, että ne ovat usein oireiltaan hyvin samankaltaisia useiden hyvälaatuisten sairauksien kanssa, jonka takia syöpädiagnosi usein viivästyy. Diagnoosin kannalta oleellisia tutkimuksia pään ja kaulan alueen syöissä ovat ultraäänikuvaus ja ohutneulabiopsia. Myös videoendoskopiaa käytetään diagnosoimista apuna. (Ilmarinen ym. 2019.)

2.3 Yleistä syöpädiagnostiikasta

Syöpä 2017 –raportin mukaan Suomessa todettiin yhteensä 34 261 uutta syöpää (Suomen Syöpärekisteri 2017). Syövän diagnosoimista alkaa usein jonkin oireen tai testien tulosten perusteella, minkä jälkeen selvitetään, johtuvatko ne syövästä vai jostakin muusta. Syövän diagnosoimista lääkäri aloittaa kyselemällä potilaan omaa sekä perheen hoitohistoriaa. Syövän diagnostiikassa käytetään apuna laboratoriotestejä, erilaisia kuvantamismenetelmiä ja biopsioita eli kudoksenäytteitä, jotka ovat usein ainut tapa kertoa varmasti onko syöpää. (National Cancer Institute 2019.)

Syöpää epäiltäessä tavallisesti otetaan veri- ja virtsakokeet, jotka voivat helpottaa lääkäriä tekemään diagnoosia. Kuvantamismenetelmillä saadaan apua siihen, missä syöpää esiintyy. Esiintyvyyden tarkasteluun voidaan käyttää apuna muun muassa tietokonetomografiaa, magneettikuvausta, PET-tutkimusta, isotooppitutkimusta tai ultraäänitutkimusta. Usein myös kuvantamistekniikoita yhdistellään saadakseen riittävästi tietoa. Lopullinen diagnoosi perustuu patologin tekemään biopsian mikroskooppiseen tarkasteluun. (National Cancer Institute 2019.) Tässä opinnäytetyössä käymme läpi näitä kuvantamismenetelmiä, joita käytetään syövän diagnosointiin.

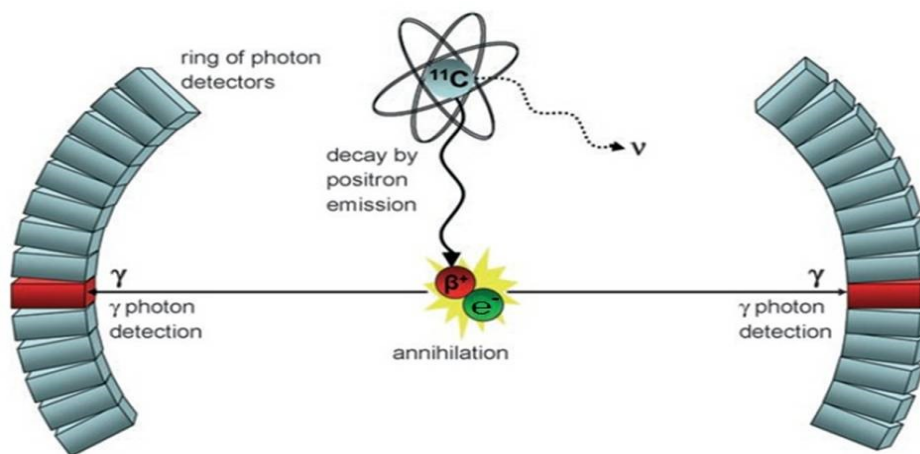
3 PET-MRI PÄÄN JA KAULAN ALUEEN SYÖPÄDIAGNOSTIIKASSA

Kuvantaminen on elintärkeässä osassa syöpädiagnostiikassa. Sen avulla saadaan välittömästi ajantasaista tietoa kasvaimen laadusta sekä levinneisyydestä. Johtuen pään ja kaulan alueen monimutkaisesta anatomiasta, on kuvantamisella kriittinen rooli diagnoosin täydentämisessä, hoidon suunnittelussa sekä taudin etenemisen monitoroinnissa. (Ryan, Aaron ja Sims 2019.) Tässä kolmannessa otsikossa esittelemme PET-MRI:n lisäksi PET, MRI, TT, sekä PET-TT -kuvantamismenetelmät. Lisäksi kerromme tutkimuksissa käytettävistä radio-lääkkeistä, sekä säteily ja -magneettiturvallisuudesta.

3.1 Positroniemissiotomografiakuvaus (PET)

Positron Emission Tomography (PET) on kuvantamismenetelmä, jossa potilaan laskimoon ruiskutetaan radioaktiivisesti säteilevää merkkiainetta, joka hakeutuu haluttuun kohteeseen. Tyypillisesti PET -tutkimuksissa käytettävä F-18-Fluorideoksiglukoosi (FDG) on positroniemitteri, jonka positronit ovat positiivisesti varautuneita elektronin antihiukkasia. Positronit eivät kulje aineessa syvälle (noin 1 mm syvyyteen) ennen kuin törmäävät väliaineessa negatiivisesti varautuneihin elektroneihin, aiheuttaen annihilaation (Kuva 1). Annihilaatiossa syntyy kaksi korkeaenergistä (511 keV) gammakvanttia, jotka lähtevät vastakkaisiin suuntiin. Nämä gammakvantit havaitaan samanaikaisesti potilaan vastakkaisilla puolilla olevilla detektoreilla ja paikannetaan annihilaation syntypaikka. (Beadsmoore, Newman, MacIver ja Pawaroo 2015.)

PET-kameroissa laitteen detektorit muodostavat kehän kuvattavan kohteen ympärille ja saavat näin samanaikaisesti havainnoitua fotonit kehän kaikista suunnista. Näitä annihilaatigammoja havaitsemalla voidaan luoda kolmiulotteinen tomografiakuva. (Knuuti ja Kajander 2017.) Verrattuna konventionaaliseen SPECT-kuvantamiseen (Single Photon Emission Tomography), jossa käytetään gammakvantteja, PET-kuvantaminen tuottaa huomattavasti tarkempia kuvia, sillä PET-kuvantamisessa ei käytetä resoluutioon vaikuttavia lyijykollimaattoreita. (Talbot ym. 2003.) Gammakameran tavoin PET-kamerassa on tuikekidemateriaalista valmistettuja detektorielementtejä, joiden takana on valomonistinputkia, jotka taas vahvistavat signaalin intensiteettiä ja muuttavat valontuikahduksen jännitepulssiksi. (Saarakkala 2017).



KUVA 1. Annihilaatio (Canada's particle accelerator centre).

3.2 Magneettikuvantaminen

Magnetic Resonance Imaging (MRI), eli magneettikuvantaminen on lääketieteellinen kuvantamismenetelmä, jossa saadaan tarkkoja leikekuvia ihmisen anatomisesta rakenteesta. Hyvän pehmytkudoksen erottelukykynsä ansiosta MRI sopii erityisesti keskushermoston, tuki- ja liikuntaelimestön ja vatsan tutkimiseen. Magneettikuvauksessa kuvan muodostamiseen käytetään kolmea erilaista magneettikenttää, joita ovat voimakas staattinen magneettikenttä, hitaasti muuttuvia magneettikenttiä eli gradientteja sekä radiotaajuinen magneettikenttä. Nämä kaikki kohdistuu potilaaseen tutkimuksen aikana vaikuttaen kehoon eri tavoin. (STUK 2019b.) Kliinisessä tutkimuksessa yleisimpiä on 1.5 ja 3 Teslan (yksikkö T, ulkoisen magneettikentän voimakkuus) kuvauslaitteet (Kuva 2). Kolmen Teslan laitteet ovat herkempiä, joten kuvissa näkyvät artefaktat ovat näkyvämpiä. (Grover ym. 2015.)

Protonit ja neutronit omaavat ydinmagneettisen spinin. Kun nämä alkeismagneetit pyörivät akselinsa ympäri, luovat spinit ympärilleen magneettikentän. Parittomat ytimet, joissa on pariton määrä protoneja ja neutroneja omaavat nettomagnetisaation, kun taas parillisilla ytimillä ei ole havaittavaa magneettikenttää. Magneettikuvaus käyttää hyödykseen protonien magneettisia ominaisuuksia, se on siis toisin sanoen protonien ja vetyatomien kuvantamista. (Lammentausta 2017.)

Kun kudoksesta joutuu magneettikuvauslaitteeseen, sen protonit järjestyvät ulkoisen kentän suuntaan tai sille vastakkaiseen suuntaan. Vety-ytimien määrä jakautuu lähes tasaisesti näiden kahden energiatilan välillä. Alhaisemmalle energiatilalle asettuu suurin osa protonista, tämä vastaa ulkoisen kentän suuntaa. Termisen lämpöliikkeen seurauksena protonit siirtyvät energiatiloista toiseen, protonien määrien erotuksen pysyessä samana. Erotuksen

tuloksena syntyy vakiomagnetisaatio eli pienten alkeismagneettien magneettivektorien summa, jonka suunta on ulkoisen kentän suuntaan. (Hamberg ja Aronen 1992.)

Ulkoiseen magneettikenttään joutuvat protonit alkavat prekessoida eli pyöriä akselinsa ympäri niin sanotulla Larmortaajuudella, joka tarkoittaa vety-ytimen pyörimistaajuutta. Pyörimisliikkeen Larmortaajuuden määrää ulkoisen magneettikentän voimakkuus. 1,5 T:n magneettikentässä pyörimisliikkeen taajuus on 64 MHz ja 3 T:n kentässä 128 MHz (Lammen-tausta 2017.) Larmortaajuus määrää virityspulssin taajuuden, jolle vastaanotinkelat virite-tään. Magneettisen resonanssin luomiseen tarvitaan radiotaajuista sähkömagneettista ener-giaa, jonka taajuuden on vastattava protonien Lamortaajuutta sekä kahden sallitun ener-giatilan erotusta. Resonanssin seurauksesta protonit nousevat korkeammalle energiatilalle.



KUVA 2. Siemensin 1,5 Teslan MRI-laite. (Siemens Healthineers).

Magnetisaation poikittaiskomponentin syntymiseen tarvitaan radiotaajuinen virityspulssi, joka saa aikaan spinien vääntömomentin ja vaiheistumisen (Hamberg ja Aronen 1992). MRI -laitteen ydin on ulkoisen magneettikentän luova magneetti, joka saa aikaan suuressa johdinsilmukassa kiertävän sähkövirran, yleensä noin tuhat ampeeria. Näin suuri virta lämmit-tää johtimia sulamispisteeseen, jonka takia niitä jäähdytetään nestemäisellä heliumilla sup-rajohtaviksi, jolloin virran kulku ei lämmitä niitä. Kuvanmuodostuksessa käytettävät gra-dienttikentät tuotetaan keloilla, jotka on asennettu laitteen kuoren sisälle. Lähimpänä tun-nelia on RF-kela (Radio Frequency), joka toimii tarvittaessa sekä lähettävänä että vastaan-ottavana kelana. Kuvaushuoneen laitteiston lisäksi MRI-laitteeseen liittyy konehuone, sig-naalin vastaanottolaitteet ja vahvistimet, sekä kuvanmuodostusta laskeva tietokone. (Lam-mentausta 2017.)

3.3 PET-MRI -kuvaus

PET-MRI on fuusiokuvantamismenetelmä, joka yhdistää positroniemissiotomografian (PET) ja magneettikuvantamisen (MRI) yhdeksi tutkimukseksi. Kliinisessä työssä PET-MRI:tä hyödynnetään erityisesti syöpätautien, mutta myös infekti- ja lastentautien tutkimisessa sekä neurologiassa ja kardiologiassa. PET-MRI on vielä maailmanlaajuisesti kehitysvaiheessa näkyen tutkimusten luotettavuudessa. Laitteen kehittämisen tavoitteena ei ole ollut korvata PET-TT-laitetta, vaan vastata kliinisiin vaatimuksiin suuresta kudiskontrastista yhdistettynä aineenvaihduntatietoon. (Tuokkola ja Knuuti 2018.) PET-MRI –kuvausiossa kuvien ottamiseen käytetään erikseen PET- ja MRI -menetelmiä. Kuvat yhdistetään eli fuusioidaan jälkikäteen päällekkäin fuusio-ohjelman avulla hyödyntäen kuvista saatavaa informaatiota tai ulkopuolisten merkkien mukaan, jos ne ovat selkeästi havaittavissa molemmista kuvista. PET-MRI fuusiokuvallaitetta (kuva 3) käytettiin ennen PET-MRI hybridilaitteen (kuva 4) käyttöönottoa. Fuusiokuvantamisella saavutettiin hyötyjä aivojen kuvantamisessa, sillä pääkallo rajoittaa aivojen liikettä. Ongelmia ilmeni kuitenkin keuhkojen, vatsan ja lantion alueella, jossa kudokset ja elimet saattavat kuvautua hieman eri kohdissa. PET-MRI hybridikuvantamisessa vältytään näiltä ongelmilta, sillä sekä PET-kuvauksesta saatava tieto että magneettikuvauksesta saatava anatominen data saadaan samanaikaisesti samasta gant-rystä. (Bolus, George, Washington ja Newcomer 2009, 68.) Tässä opinnäytetyössä käsittelemme vain PET-MRI hybridilaitetta.

Erillisten PET ja MRI laitteistojen yhdistäminen yhdeksi hybridilaitteeksi vaatii tarkkaa suunnittelua. MRI vaatii hallitun ja yhtenäisen magneettikentän spinien polarisaatioon, lineaariset gradienttikentät signaalin paikantamiseen avaruudessa sekä radiotaajuuskentät spinien virittämiseen ja signaalin lukemiseen. Siispä suojaamattomat elektroniset laitteistot voivat vaikuttaa magneettikuvan tarkkuuteen ja laatuun. Sen lisäksi konventionaaliset PET-detektorit ja niihin liittyvä laitteisto ja elektroniikka eivät ole suunniteltu käytettäväksi voimakkaan magneettikentän sisällä. Erityisesti valomonistinputket, joita tarvitaan tuikeilmaisimen signaalien muuntamiseen ja vahvistamiseen, eivät toimi kunnolla magneettikentän sisällä tai sen lähellä. (Boellaard ja Quick 2015.)



KUVA 3. Phillipsin fuusio PET-MRI kuvauslaite. (Lewis ja Kalemis 2011.)



KUVA 4. PET-MRI hybridilaite. (GE Healthcare 2014).

PET-MRI soveltuu hyvin pään- ja kaulan alueen syöpädiagnostiikkaan, sillä tällä alueella pehmytkudoksen erottelukyvystä on hyötyä sekä levinneisyyden että hoitovasteen arvioinnissa. Magneettikuvaus on PET-MRI:ssä suuremmassa roolissa kuin tietokonetomografia PET-TT:ssä. Siihen voidaan yhdistää funktionaalisia menetelmiä, joilla saadaan tarkempaa tietoa kasvaimen fenotyypistä eli ilmiästä, joka muodostuu geenien ja ympäristötekijöiden yhteisvaikutuksesta. (Kauhanen, Ristamäki, Kajander ja Seppänen 2013.)

3.4 Tietokonetomografiakuvaus (TT)

Computed tomography, eli tietokonetomografia. Tietokonetomografia on röntgensäteilyä käyttävä kuvantamisen muoto, jossa potilaasta otetaan poikkileikekuvia. Tietokonetomografia on modaliteettinä jo suhteellisen vanha keksintö, se kehitettiin vuonna 1973. Tutkimuksessa potilasta kiertää ympyrän kehälle asetettu röntgenputki, jonka vastapuolella on kuvailmaisain. Röntgenputken pyörähdys kehällä kestää noin 0,3 sekuntia. Kun potilaasta halutaan ottaa aksiaalikuva, kuvauspöytä pysyy paikoillaan. Kun pöytä liikkuu, on kyseessä helikaalikuvaus eli spiraalikuvaus. (Nieminen 2017.)

Röntgenputkesta lähtevä sädekeila on rajattu joko viuhkamaiseksi tai kartion muotoon. Kuvailmaisain eli detektori koostuu ilmaisinsarjista, joka taas koostuvat yli sadasta ilmaisinelementistä. Ilmaisinsarja on vierekkäin monia kymmeniä tai parhaimmissa laitteissa jopa satoja. Kun ilmaisinsarja on satoja, niin silloin saadaan kuvattua kohdetta useamman senttimetrin leveydeltä. Ilmaisinelementtien tehtävänä on rekisteröidä säteilyn intensiteettiä, jonka avulla määritetään vaimennusprofiili. Yhden pyörähdyksen aikana määritetään noin sata vaimennusprofiilia eri puolilta kuvattavaa kohdetta. Kun pöytää liikutetaan kuvauksen aikana, niin potilaasta saadaan katettua suuri kuvausalue. (Nieminen 2017.)

Potilaan ympärillä pyörivä röntgenputki lähettää keilanmuodossa olevaan röntgensäteilyä. Säteily läpäisee potilaan kehon ja läpi päässyt säteily osuu röntgenputken vastapuolella olevaan puolijohdeanturiin, joka mittaa läpi päässeeseen säteilyyn. Potilaan läpi tulleen säteilyn absorptio rekisteröidään, jonka avulla muodostetaan poikkileikekuvia. TT-laite kuvaa potilasta pyörivällä liikkeellä samalla kun potilaspöytä liikkuu TT-putken lävitse. Pöydän liikkuminen mahdollistaa kolmiulotteisen kuvan syntymisen. TT-kuvasta voidaan tunnistaa neljä eri perustiheyttä. Kudostiheyden vaihtelu pystytään huomaamaan tarkasti ja sitä voidaan parantaa käyttämällä varjoainetta. Varjoainetta voidaan antaa potilaalle joko suonen sisään tai ruumiinonteloihin. (Sequeiros ja Lundbom 2017.)

Aksiaalikuvaus röntgenputki pyörähtää kerran potilaan ympäri tutkimuspöydän pysyessä paikoillaan. Kun potilaasta halutaan saada useampia leikkeitä, tulee pöytää siirtää aina yhden kuvan jälkeen hoitajan asettaman leikepaksuuden verran. Aksiaalikuvaus leikepaksuutta ja leikkeen suuntaa ei voi jälkikäteen enää muuttaa. Helikaalikuvaus, eli spiraalikuvaus on tekniikka, jota käytetään useimmissa laitteissa. Tekniikassa tutkimuspöytä liikkuu automaattisesti käyttäen tasaista nopeutta liikuttaessaan potilasta läpi kuvausaukon, jossa röntgenputki, sekä kuvailmaisain eli detektori pyörivät ottaen röntgenkuvia. Spiraalikuvaus saadaan spiraalimainen data, josta valitaan halutut leikkeet. Yksittäisistä leikkeistä muodostuu kolmiulotteista tiedostoa, jota voidaan tarkastella vapaasti valittavalla

tarkastelusuunnalla. Pöydän liikkumisnopeutta suhteessa kuvausaukkoon kutsutaan Pitch-arvoksi. Spiraalikuvaus on nopeampaa kuin aksiaalikuventaminen. (Sequeiros ja Lundbom 2017.)

3.5 PET-TT -kuvaus

PET -kuvauksessa hyödynnetään usein TT-kuvantamista, jolla saadaan tarkka anatominen kuva potilaasta. Tietokoneohjelman avulla yhdistetään PET ja TT kuvat, jolloin saadaan selville syöpäkasvaimen tarkka sijainti ja levinneisyys. Kun syöpä on todettu, voidaan aloittaa syövän levinneisyyden selvittäminen PET-TT:llä. (Rajadhyaksha, Parker, Barbaras ja Gerbaudo 2018).

PET-TT on hybridilaitte, eli se on Positroniemissiotomografian ja tietokonetomografian yhdistelmälaite. PET-TT menetelmällä tutkitaan aineenvaihdunnallisia, sekä anatomisia muutoksia. Kun PET- kuviin yhdistetään TT- kuvien anatominen tieto, niin voidaan radiolääkkeen fysiologiset kertymät erottaa selkeämmin patologisista kertymistä. PET-TT:n yksi etu verrattuna tavalliseen PET-laitteeseen on, että PET-TT:ssä kuvanmuodostamiseen käytettävä attenuaatiokorjaus lasketaan TT-kuvasarjasta, tämän vuoksi tutkimuksen kesto on huomattavasti lyhyempi kuin tavallisella PET-laitteella tehtäessä. Attenuaatiokorjauksesta johtuen PET-TT:llä ei voida tehdä pelkkää PET- tutkimusta. TT-kuvauksen ansiosta voidaan korjata PET- kuvassa olevat säteilystä johtuvat epätarkkuudet. (Nguyen, Akduman ja Osman 2008.)

PET-TT:llä tehdyt lisätutkimukset lisäävät potilaiden eloonjäämisosuutta. Sen avulla löydetään odottamattomia etäpesäkkeitä jopa 30% tapauksista, mikä helpottaa syöpähoitojen kohdentamista. PET-TT parantaa tutkimusten tarkkuutta, sillä kuvissa näkyvät radiolääkekertymät voidaan korreloida anatomisiin rakenteisiin. Myös erotteluherkkyys parantuu, sillä esimerkiksi keuhkokuivissa TT erottaa paremmin pienet eroavaisuudet paremmin kuin PET. (Seppänen, Kajander, Kempainen ja Minn 2011.)

3.6 Säteily- ja magneettiturvallisuus

Säteilysuojelu määritetään säteilylaissa 859/2018. Säteilysuojelun tarkoituksena on terveyden suojelu säteilyn aiheuttamilta haitoilta. Säteilysuojelun tarkoituksena on myös vähentää ja ehkäistä säteilystä aiheutuvia ympäristöhaittoja ja muita haittoja. (Säteilylaki 859/2018, §1.) Säteilysuojelun tavoitteina on suojella ihmisiä, yhteiskuntaa, ympäristöä ja tulevia sukupolvia säteilyn haitallisilta vaikutuksilta kuitenkin rajoittamatta liikaa halutun tutkimus- tai hoitotuloksen saavuttamiseksi ja toimenpiteen suorittamiseksi. (STUK 2019a.)

Ionisoiva säteily käynnistää fysikaalisia ja kemiallisia reaktioita elävässä kudoksessa aiheuttaen biologisia muutoksia. Ionisoiva säteily rikkoo soluissa deoksiribonukleiinihappojen (DNA) ketjuja, jolloin DNA:n rakenne voi rikkoontua tai katketa. Tästä seuraa säteilyn aiheuttamat terveyshaitat. Terveyshaittoja ei aiheudu läheskään jokaisesta DNA:n vauriosta, vaan ionisoiva säteily voi aiheuttaa solun perimässä eli DNA:n ketjuissa pysyvän muutoksen, mutaation. Useista kertyneistä mutaatioista voi kehittyä syöpäkasvain, siihen kuitenkin vaikuttavat muutkin tekijät kuin säteily. (STUK 2017.)

Jotta säteilyn käyttö olisi hyväksyttävää, on täytettävä seuraavat peruseriaatteet, jotka perustuvat kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan (ICRP, International Commission on Radiological Protection) suosituksiin. (STUK 2019a.) Säteilylaissa 859/2018 määritetään säteilysuojelun yleiset periaatteet, jotka takaavat säteilyn hyväksytyin käytön. Säteilysuojelun yleiset periaatteet ovat oikeutus-, optimointi- ja yksilönsuojaperiaate. Oikeutusperiaatteella tarkoitetaan, että säteilytoiminta sekä suojelutoimet ovat oikeutettuja, jos niillä saavutettu kokonaishyöty on suurempi kuin säteilystä aiheutuvat haitat. Optimointiperiaatteella tarkoitetaan työperäisen altistuksen ja väestön altistuksen ionisoivalle säteilylle pitämistä niin vähäisenä kuin se on käytännöllisin toimenpitein mahdollista. Lääketieteellinen altistus tulee rajata välttämättömään tarkoitettun toimenpiteen suorittamiseksi tai tutkimus- tai hoitotuloksen saavuttamiseksi. (Säteilylaki 859/2018, §2.) Säteilysuojelun optimoinnin käytännön toimia lääketieteellisessä altistuksessa ovat kirjalliset ohjeet toimenpiteiden ja hoitojen suorittamiselle, tutkimusohjeissa oltava tyypilliset projektiot sekä käytettävät säteilysuojaimet. Säteilysuojaimia tulee käyttää, jos niillä saadaan olennaisesti pienennettyä tutkimuksen, toimenpiteen tai hoidon kohteena olevan henkilön tai sikiön säteilyaltistusta. (STUK 2019c.) Yksilönsuojaperiaatteella tarkoitetaan, että työntekijöiden ja väestön yksilöiden säteilyaltistus ei saa ylittää ennalta määritettyjä enimmäisarvoja, annosrajoja (Säteilylaki 859/2018, §2).

Magneettitutkimuksissa tutkimuksen kohteena oleva henkilö altistuu staattiselle magneettikentälle, hitaasti muuttuville magneettikentille eli gradienteille ja radiotaajuiselle kentälle eli RF-kentälle. Staattinen kenttä vaikuttaa kuvattavaan henkilöön koko magneettikuvauslaitteessa vietetyn ajan, gradienttikentät ja RF-kenttä vaikuttavat sen aikaa, kun kuvausprosessi on käynnissä. RF-kentän energia aiheuttaa lämpöabsorptiota biologisessa kudoksessa, lämmöksi absorboituvaa tehoa kuvataan termillä SAR (specific energy absorption rate). RF-kentän taajuus ja pulssiteho, altistuksen kesto ja kudosten johtavuus vaikuttavat absorboituvan lämmön määrään. Kehon eri osissa lämpöabsorptio on epätasaista johtuen kudosten johtavuuseroista ja muista seikoista. Lämmön nousua voi esiintyä kudoksissa, joissa veren-

kierto on heikkoa. (Huurto ja Toivo 2000, 10-12.) Magneettikuvauksessa ei käytetä ionisoivaa säteilyä ja sen takia sitä pidetään turvallisena, kuitenkin vuosittain tapahtuu potilaaseen tai henkilökuntaan kohdistuvia onnettomuuksia. Magneettikuvaukseen liittyvät turvallisuusriskit eroavat hyvinkin paljon verrattuna muiden kuvausten riskeihin. (Lammentausta 2017.)

Potilaaseen kohdistuu magneettikuvauksen aikana kaikki kolme kuvanmuodostukseen tarvittavaa magneettikenttää ja näistä jokainen magneettikenttä vaikuttaa kehoon eri tavalla. Nopeat liikkeet voimakkaassa staattisessa kentässä voivat aiheuttaa päähän suuria kenttiä, joiden johdosta potilas saattaa tuntea huimausta. Tutkimuksen aikana potilas voi kokea lievää lihasvärinää tai kihelmöintiä hitaasti muuttuvien gradienttikenttien vaikutuksesta. Tunteukset eivät kuitenkaan ole vaarallisia ja ne ovat ohimeneviä. Radiotaajuisesta kentästä siirtyy energiaa potilaan kehoon, joka saattaa aiheuttaa lievää lämpenemistä kudoksissa. (STUK 2019b.)

Staattinen magneettikenttä voi häiritä potilaan kehossa olevia elektronisia laitteita ja niiden toimintaa. (STUK 2019b.) Sydämentahdistin on ollut pitkään magneettikuvauksen vasta-aihe. Nykyään on kuitenkin jo runsaasti kokemusta ja tutkimustietoa, jonka perusteella tahdistinpotilaan on turvallista mennä magneettikuvaukseen. Nykyaikaisista sydämentahdistimista suurempi osa on magneettisopivia, mutta niiden säätämiseen ennen tutkimusta ja tutkimuksen jälkeen tarvitaan kardiologia. (Airaksinen 2017.) On erittäin tärkeää, että potilas kertoo ennen magneettikuvausta hoitohenkilökunnalle, jos tällä on kehossaan metallisia implantteja, keinooniveliä, ammusten sirpaleita tai vastaavia esineitä. Nämä edellä mainitut metalliset esineet häiritsevät magneettikuvan laatua ja ne voivat lähteä liikkeelle voimakkaan magneettikentän johdosta tai aiheuttaa ympärillä olevan kudoksen lämpenemistä. Nykyisin käytettävät implantit ovat useimmiten magneettiyhteensopivia ja näin ollen turvallisia. Ongelmia on vanhojen implanttien kanssa sekä kehossa olevien ylimääräisten esineiden kanssa. Näissä tilanteissa arvioidaan tapauskohtaisesti kuvauksen turvallisuus. Jos potilaalla on tatuointeja tai kulmakarvat ja ripset ovat värjättyjä arvioidaan kuvauksen turvallisuus tapauskohtaisesti, koska ne voivat sisältää magneettikentän kanssa yhteensopimattomia metalliyhdisteitä. Myös kaikki metallia sisältävät vaatteet tai esineet on otettava pois ennen magneettikuvaukseen menoa. (STUK 2019b.)

Magneettikuvauksissa ei käytetä ionisoivaa säteilyä, mutta PET-MRI hybridikuvantamisessa on huomioitava myös radioaktiiviset aineet ja tiedostettava se, että potilas, joka on saanut radiolääkkeen, on säteilevä kohde. Radioaktiivisten aineiden käsittelyssä tulee huomioida potilaan ja henkilökunnan säteilysuojelu. Henkilökunnan säteilysuojeluun kuuluu mahdolli-

simman lyhyt aika säteilylähteiden läheisyydessä, riittävän etäisyyden pitäminen potilaaseen tai avolähteeseen sekä erilaisten lyijysuojaimien käyttö omalle säteilylle altistumisen minimoimiseksi. (Fahey, Goodkind, Treves ja Grant 2016.) Potilaan säteilysuojeluun kuuluu radioaktiivisen lääkkeen aktiivisuuden mittaaminen aktiivisuusmittarilla ennen sen antoa potilaalle. Potilaalle aiheutuvan säteilyaltistuksen pienentämiseksi on käytettävä saatavilla olevia keinoja kuten estää radioaktiivisen aineen kertyminen elimeen, johon sen ei haluta kertyvän sekä radioaktiivisen aineen erittymisen nopeuttaminen. (Stuklex 2013.)

3.7 Radiolääkkeet

Radiolääkkeeksi nimitetään sellaista kemiallista yhdistettä, johon on liitetty radionuklidi ja joka on sellaisessa muodossa, että sitä voidaan käyttää ihmisille tehtävissä tutkimuksissa. Isotooppilääketieteessä radionuklidi on usein liitetty erilaisiin biokemiallisilta-, fysiologisilta- tai metabolisilta ominaisuuksiltaan mielenkiintoisiin kemiallisiin yhdisteisiin. Radionuklidiin liitetyn yhdisteen avulla sen tulisi hakeutua mahdollisimman selektiivisesti tutkittavaan kudokseen tai elimeen. Yleisesti radiolääkkeet annetaan ihmiselle suonensisäisesti joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta. Radiolääkkeen kertyminen pään- ja kaulan alueella tapahtuu aktiivisen kuljetusmekanismin välityksellä. (Korpela 2004, 228.) Tarkastelumme kohteena tässä opinnäytetyössä ovat PET-radiolääkkeet.

Viimeisten 20 vuoden aikana PET-radionuklidien valmistukseen käytettävien syklotronien eli hiukkaskiihdyttimien määrä on kasvanut huomattavasti. Nykyisin syklotroneja onkin käytössä yli 2000 maailmanlaajuisesti. (Vichi ym. 2019.) Syklotronilla valmistetaan mm. Fluori-18, Hiili-11, Happi-15 ja Gallium-68, joita käytetään pään- ja kaulan alueen syövän diagnostiikassa (Tuokkola ja Knuuti 2018). F-18-Fluorideoksiglukoosi eli FDG on yleisin käytössä oleva radiolääke onkologisessa kuvantamisessa. Se on glukoosianalogi, joka kertyy soluihin, joissa on runsas aineenvaihdunta, kuten esimerkiksi lihaksiin ja syöpäsoluihin. Ennen PET-MRI kuvantamista onkin tärkeää, että potilas lepää noin kolme tuntia, jotta kuvassa näkyvä merkkiaine kerääntyisi vain syöpäsoluihin. (Szyzsko ja Cook 2017.) F-18-FDG päättyy glukoosin tavoin soluihin, mutta sitä ei voida pilkkoa energiaksi, joten se kertyy soluihin, joissa glukoosimetabolia on nopea. Tällaisia soluja on muun muassa aivoissa ja syöpäkudoksissa. F-18-FDG onkin otollinen onkologisiin kuvantamistarkoituksiin, koska kertyy haluttuun kohteeseen, mutta ei poistu sieltä. (Korpela 2004, 232, 233.)

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kerätä luotettavaa ja ajantasaista tietoa PET-MRI yhdistelmäkuvantamismenetelmän hyödynnettävyydestä pään- ja kaulan alueen syövän diagnostiikassa sekä tuoda ilmi, mitä eroja on PET-TT:n ja PET-MRI:n välillä. Kirjallisuuskatsauksen avulla saatu ajankohtainen tieto kootaan taulukoksi, jota voidaan käyttää tulevien röntgenhoitajaopiskelijoiden opetuksessa. Opinnäytetyömme on kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja työn tilaajana toimii Savonia ammattikorkeakoulu Kuopio, Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma.

Opinnäytetyötä ohjaavat tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitä eroja on PET-TT:n ja PET-MRI:n syövän diagnostiikassa pään- ja kaulan alueella?
2. Mitä hyötyjä PET-MRI tuo pään- ja kaulan alueen syövän diagnostiikkaan?

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Kirjallisuuskatsaus menetelmänä

Kirjallisuuskatsauksen käyttö on viime vuosikymmeninä vakiintunut ja monipuolistunut hoitotieteessä ja muussa terveystieteellisessä tutkimuksessa (Kangasniemi ym. 2013). Kirjallisuuskatsauksia on eri käyttötarkoituksiin, jotka on jaoteltu kertovaksi, kokoavaksi, kartoittavaksi, käsiteanalyysiksi, realistiseksi, systemaattiseksi ja kuvailevaksi kirjallisuuskatsaukseksi. Kertovan kirjallisuuskatsauksen tarkoitus on tiedon tunnistaminen ja sen esittely, sekä arviointi, kun taas kokoavassa kirjallisuuskatsauksessa esitellään aikaisempaa tutkimustietoa ja sen johtopäätöksiä. Kartoittava kirjallisuuskatsaus avaa tutkimuksen luonnetta, sekä laajuutta sisällyttäen asiantuntijoiden käsitysten käyttöä kirjallisuuden ohella. Realistinen katsaus liittyy kehystoimien ja interventioiden vaikutuksien tarkasteluun. Käsiteanalyysi kirjallisuuskatsauksessa on rajattu keskeisen käsitteen tutkimiseen, josta on monia erilaisia käsityksiä. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara, 2013, 258.)

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on kehittää olemassa olevaa teoriaa sekä rakentaa myös uutta teoriaa sekä sen avulla voidaan myös arvioida teoriaa. Kirjallisuuskatsaus rakentaa kokonaiskuvaa jostakin tietyistä asiakokonaisuudesta ja katsauksella pyritään tunnistamaan ongelmia. Kirjallisuuskatsaus myös tarjoaa mahdollisuuden kuvata tietyn teorian kehitystä historiallisesti. Kirjallisuuskatsaus on metodi ja tutkimustekniikka, jossa tehtyä tutkimusta pyritään tutkimaan. Sen avulla saadaan tehtyä tutkimuksesta tutkimusta, jolla tarkoitetaan tutkimustulosten kokoamista ja nämä toimivat perustana uusille tutkimuskohteille. (Salminen 2011.)

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on käytetyimpiä kirjallisuuskatsauksen muotoja. Siinä käytettävät aineistot ovat laajoja ja aineistoja käytetään ilman tiukkoja sääntöjä. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tutkittavaa asiaa voidaan kuvata laajasti sekä luokittelemaan tutkittavan asian ominaisuuksia. (Salminen 2011). Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on aineistolähtöistä ja ymmärtämiseen tähtäävää ilmiön kuvaamista. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus perustuu tutkimuskysymykseen, ja sen tarkoituksena on tuottaa valitun aineiston perusteella kuvaileva, laadullinen vastaus. Kirjallisuuskatsauksen vaiheita ovat seuraavat: tutkimuskysymyksen muodostaminen, aineiston valitseminen, kuvailun rakentaminen ja tuotetun tuloksen tarkasteleminen. Tutkimusmenetelmänä kuvailevaa kirjallisuuskatsausta on kritisoitu sen subjektiivisuuden ja sattumanvaraisuuden vuoksi, kun taas vahvuutena on pidetty sen argumentoituutta ja mahdollisuutta ohjata tarkasti tiettyihin erityiskysymyksiin (Kangasniemi ym. 2013.)

5.2 Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen toteutus

Kuvailevaan kirjallisuuskatsaukseen hankittiin aineisto käyttämällä laajasti eri tietokantoja, jotta saadaan tutkimustietoa mahdollisimman kattavasti. Opinnäytetyön tiedon on tarkoitus olla mahdollisimman ajantasaista, jolloin jouduimme tietyissä tapauksissa rajaamaan hakamme ja etsimään tietokannoista uusimmat tutkimukset. PET-MRI on suhteellisen uusi kuvantamismenetelmä lääketieteessä, joten suurin osa tutkimuksista olivat kansainvälistä. Käyttämämme tietokannat olivat Science Direct, PubMed, Cinahl complete ja Medic. Harkitsimme tarkasti millä hakusanoilla etsimme tutkimuksia aiheeseemme liittyen. Varsinaiseen aineistohakuun hakusanoiksi valikoitui "PET-MRI head and neck", "PET-CT head and neck", "PET MRI PET-CT head and neck", "PET-CT scan AND head and neck cancer", "PET-MRI AND head and neck cancer" ja "Positroniemissiotomografia AND pään ja kaulan alueen syöpä". Aineistona käytettiin ainoastaan verkkojulkaisuja. Haimme myös tietokantahakujen lisäksi tietoa manuaalisesti Google-hakukoneella, jossa käytimme hakusanana "PET MRI replace PET CT". Muita kriteereitä meillä oli hakusanoilla löydetyn tiedon lisäksi lähteet, jotka olivat ilmaisia, suomen- tai englanninkielisiä sekä vastasivat jollain tavalla tutkimuskysymykseemme. Tärkeää oli myös huomioida se, että PET ja MRI sekä PET ja CT termit yhdistyivät toisiinsa, sillä erikseen niistä on tehty lukuisia tutkimuksia ja ne me jätimme tarkastelun ulkopuolelle. Liitteessä 1 esittelemme kirjallisuuskatsaukseen mukaan valitut tutkimukset ja artikkelit sekä hakusanat, joilla saimme molempiin tutkimuskysymyksiimme vastauksia eri tietokannoista.

5.3 Aineiston valinta

Tutkimuskysymys ohjaa kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineiston valintaa. Tarkoituksena on löytää mahdollisimman asiaankuuluvaa aineistoa siihen vastaamiseksi. Aineiston valinnassa korostuu menetelmän aineistolähtöinen ja ymmärtämiseen tähtäävä luonne. Sen vuoksi aineiston valinta ja analyysi ovat aineistolähtöisiä ja ne tapahtuvat osittain samanaikaisesti. Aineiston valinnassa tulee kiinnittää erityistä huomiota jokaisen alkuperäistutkimuksen rooliin suhteessa tutkimuskysymykseen, esimerkiksi siihen kuinka ne jäsentävät, täsmentävät, kritisoivat tai avaavat tutkimuskysymystä sekä siihen mikä on niiden näkökulma ja abstraktiotaso. Tulee ottaa myös huomioon mikä on niiden suhde muuhun valittuun kirjallisuuteen. Tutkimuskysymyksen laajuus määrää aineiston riittävyden kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa. Aineisto muodostuu aiemmin julkaistusta, tutkimusaiheen kannalta merkityksellisestä tutkimustiedosta ja se haetaan tyypillisesti elektronisista tieteellisistä tietokannoista tai manuaalisilla hauilla tieteellisistä julkaisuista. (Kangasniemi ym. 2013, 295.)

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineisto voidaan valita joko implisiittisesti tai eksplisiittisesti. Molemmissa tavoissa se tarkoittaa aineiston hakua tieteellisesti asiaankuuluvista lähteistä, mutta niiden systemaattisuus ja raportointitapa poikkeaa toisistaan. Implisiittinen aineiston valinta tarkoittaa sitä, että ei raportoida erikseen aineiston hankintaan käytettäviä tietokantoja. Siinä aineiston valinnan luotettavuus tuodaan esille raportin tekstissä. Tällä tarkoitetaan sitä, että aineiston valinta ja lähdekritiikki sisältyy aineiston käsittelyyn ja kuvaukseen. Eksplisiittisessä aineiston valinnassa prosessin vaiheet raportoidaan tarkasti ja se muistuttaa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tapaa. Eksplisiittisessä aineiston valinnassa kuvailevan kirjallisuuskatsauksen haut tehdään sähköisesti eri tietokannoista tai manuaalisia hakuja käyttäen. Aineiston valinnassa käytetään apuna aika- ja kielirajauksia sekä rajattuja hakusanoja. (Kangasniemi ym. 2013, 295-296.) Valitsimme tämän opinnäytetyön aineiston eksplisiittisesti.

Kuvailevaan kirjallisuuskatsaukseen valittiin aineisto aluksi niiden otsikoiden sekä abstraktin perusteella. Aluksi valitsimme otsikoiden perusteella aineistoa, johon lähdimme abstraktin kautta tutustumaan, onko se meidän opinnäytetyöhömme kriteerit täyttävä. Seuraavaksi lähdimme syventymään koko tekstiin, joista valikoitui lopullinen aineistomme. Aineistoon valikoituneen lähteen tuli siis käsitellä PET-MRI hybridilaitetta tai PET-TT -laitetta. Kriteereinä oli myös suomen tai englannin kieli sekä tutkimuksen ajantasaisuus, ja tämän takia haut rajattiin vuoteen 2010 ilmestyneisiin tai sitä uudempiin tutkimuksiin ja artikkeleihin. Aineistoa valittaessa tuli huomioida myös se, että hybridikuvantaminen liittyi pään- ja kaulan alueen syövän diagnostiikkaan, onkologiaa yleisesti käsittelevät artikkelit jätimme tästä pois. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkastelemme PET-MRI-hybridilaitetta, joten aineistoa valittaessa jätimme pois aiemman kuvantamismuodon, joka käsittää näiden kahden kuvantamismuodon fuusiokuvantamisen. Huomasimme aineistoa etsiessämme, että meidän tutkimuskysymyksiämme kattavasti käsitteleviä artikkeleita löytyi varsin vähän. Lopulliseen kirjallisuuskatsaukseen valittiin meidän kriteerimme täyttäviä kansainvälisiä artikkeleita tai tutkimuksia 12 kappaletta. Näistä saimme haluamamme kattavan tuloksen tutkimuskysymyksiimme. Artikkelit on valittu lähteistä ja tietokannoista, joita pidetään yleisesti luotettavina.

6 KUVAILEVAN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOSTEN TARKASTELO

Lähdimme käsittelemään valitsemistamme aineistoista tuloksia ja vastauksia tutkimuskysymyksiimme. Valittu aineistomme käsittelee PET-MRI:n ja PET-TT:n eroja pään ja kaulan alueen syövän diagnostiikassa sekä PET-MRI:n tuomia hyötyjä pään ja kaulan alueen syövän diagnosointiin. Tuloksia käsiteltiin aineistosta koostetun synteesisitulokson avulla (Liite 2).

6.1 PET-CT:n ja PET-MRI:n eroavaisuudet

PET-CT:n ja PET-MRI:n suurimmat eroavaisuudet tulevat ilmi saatavuuden, potilaan mukavuuden, PET-kuvanluvun ja kuvantulkinnan kokemuksen kanssa. PET-CT laitteita on moninkertainen määrä PET-MRI laitteisiin verrattuna, johtuen PET-CT:n halvemmasta hinnasta ja siitä, että PET-MRI on verrattain uusi modaaliteetti. Radiologit ja sairaalafyysikot ovat kokeneita tulkitsemaan PET-CT tutkimuksia, ymmärtävät yleisimmät artefaktat ja ovat järjestäneet tehokkaasti eri protokollat ja järjestelmät potilaiden kuvantamiseen. PET-MRI vaatii lääkäreitä ja fyysikoita opettelemaan magneettikuvantamisen monisyisyyden, sopivat indikaatiot PET-MRI:lle sekä sen nykyiset rajoitukset. Potilasmukavuuden kannalta PET-CT on parempi modaaliteetti. Gantryn sisäläpimitta PET-MRI:llä on 60 cm, kun taas tyypillinen läpimitta PET-CT:llä on 70 cm. Klaustrofobia ei tyypillisesti ole ongelma PET-CT:llä, mutta monet potilaat kärsivät siitä PET-MRI:llä. Kuvasajat PET-CT:llä ovat myös huomattavasti nopeampia. Useimmat applikaatiot PET-MRI:llä ovat suunniteltuja hyödyntämään multisekvenssi MRI:tä, johtaen tutkimuksiin, jotka voivat olla yli tunnin pituisia, verrattuna PET-CT tutkimuksiin, jotka ovat yleensä suoritettu noin puolessa tunnissa. (Ehman ym. 2017).

Lisääntyneet hybridi PET-MRI kuvantamismenetelmät ovat johtaneet suureen joukkoon uusia tieteellisiä julkaisuja ja uusia mahdollisuuksia PET-MRI:n käyttöön. Vaikka PET-CT on ollut arvokas työkalu onkologisessa kuvantamisessa, mukaan lukien pään ja kaulan alueen syöpien diagnosoinnissa, on olemassa useita teoreettisia sekä käytännön etuja, joita PET-MRI modaaliteetti tuo suhteessa PET-CT:n pään ja kaulan alueen kuvantamisessa. Joshua Ryan, Vasantha Aaron ja Justin Sims (2019) yrittävät herättää artikkelissaan keskustelua PET-CT:n vakiintuneesta asemasta, varhaisesta näytöstä PET-MRI:n roolista, sekä protokollakäytännöistä sekä PET-CT:llä, että PET-MRI:llä pään ja kaulan alueen kuvantamisessa. PET-CT on vakiintunut modaaliteetti onkologisessa kuvantamisessa ja se on laajalti käytössä pään ja kaulan alueen kuvantamisessa. Kasvava saatavuus PET-MRI –laitteilla lääketieteen maailmassa herättää kysymyksen siitä, kumpi modaaliteetti olisi hyödyllisempi pään ja kaulan alueen onkologisessa kuvantamisessa. Artikkelin mukaan varhainen kirjallisuus PET-

MRI:stä näyttää laajalti, että se ei ole vähäisempi PET-CT:hen verrattuna ja jotkut tutkimukset näyttävät etuja PET-MRI:n hyväksi tietyissä tilanteissa, kuten nielun syöpien kuvien arvioinnissa. PET-CT:llä ja PET-MRI:llä on erilliset sekä ainutlaatuiset protokollat mitä tulee pään ja kaulan alueen syöpien kuvantamiseen.

Riola-Paradan ym. (2016) mukaan PET-CT:n ja PET-MRI:n diagnostisessa kapasiteetissa ei ollut juurikaan eroa. Artikkelissa tarkasteltiin pään ja kaulan alueen syöpien kuvantamisen kohdalla neljää eri tutkimusta, joiden tuloksissa PET-CT ja PET-MRI tulivat hyvin samankaltaisiin tuloksiin. Loeffelbein, Souvatzoglou, Wankerl, Dinges, Ritschl, Mucke, Pichard ym. (2014) totesivat tutkimuksessaan, että PET-MRI on herkempi havaitsemaan spesifejä kasvaimia ja imusolmukkeisiin edenneitä syöpäsoluja. Tutkimuksessa valitulle potilasryhmälle tehtiin niin PET-MRI kuin PET-TT kuvaus.

Covello ym. (2015) kirjoittavat artikkelissaan, että vaikka PET-CT:tä pidetään standardina onkologisessa kuvantamisessa, esiintyy modaliteetissa silti useita rajoituksia. Toisin kuin PET-MRI:llä, PET-CT:llä toistuvissa tutkimuksissa potilas altistuu huomattavalle määrälle ionisoivaa säteilyä, PET-CT:n anatominen tarkkuus on rajoittunutta pehmytkudosalueella sekä alueilla, joissa on monimutkainen anatomia, kuten pään ja kaulan alue. Pään ja kaulan alueen imusolmukkeiden metastaasien tutkimukseen PET-MRI ei tuo merkittäviä hyötyjä verrattuna magneetti tai PET –tutkimuksiin ja aihe kaippaa vielä jatkotutkimuksia (Platzek ym. 2014).

Szyszkon ja Cookin (2017) mukaan PET-CT:n ja PET-MRI:n diagnostisessa kyvyssä ei ole merkittäviä eroja. Varjoainekuvauksissa PET-MRI suoriutui PET-CT:tä paremmin PET positivisten kasvainten havaitsemisessa pään ja kaulan alueella. FDG PET-CT on heikko määrittämään kallonsisäisten kasvainten kokoa kontrastierojen puutteen takia aivojen normaaliin FDG käyttäytymisen ja syöpäkudoksen välillä, siksi varjoaine CT tai MRI on hyödyllinen. FDG PET-CT parantaa metastaasien etäisyyksien havaitsemisessa sekä paikallisten kasvainten uusiutumisten havaitsemista. PET-MRI soveltuu hyvin pään- ja kaulan alueen kasvainten kuvauksiin, koska sillä on suhteellisen korkea sensitiivisyys huonoennusteisen levinneisyyden havaitsemiseen. PET-CT:llä nämä ovat vaikea havaita.

Leen, Ramalhon ja Kesslerin (2017) mukaan PET-MRI:llä on muutamia potentiaalisia hyötyjä verrattuna PET-CT:hen pään ja kaulan alueen syöpädiagnostiikassa. Ensinnäkin tehokas pään ja kaulan alueen kuvantaminen vaatii korkeaa resoluutiota, sekä funktionaalista informaatiota. Toiseksi, syöpien luokitus tällä alueella vaatii paikallista arviointia, johon PET-MRI tarjoaa selkeitä etuja. Viimeiseksi, leikkaushoidon ja sädehoidon suunnittelu on

monimutkaista, johtuen anatomiasta ja riskielimistä. Tästä syystä yhdistelmämodaliteettikuvantaminen, joka tarjoaa funktionaalista informaatiota kohteesta tuo huomattavia etuja.

Vaikka PET-MRI:n käytöstä pään ja kaulan alueella on vielä suhteellisten niukasti kirjallisuutta, on käynnissä suuri määrä tutkimuksia, jotka voivat potentiaalisesti vaikuttaa sekä PET-CT:n, että PET-MRI:n käyttömahdollisuuksiin. Suuri osa-alue käynnissä olevista tutkimuksista liittyvät radiolääkkeiden suunnitteluun. Esimerkiksi ihosyöpätutkimukseen liittyy merkkiaineiden kehittäminen, jotka liittyvät ihosyövän immuunihoidon vasta-aineisiin sekä melaniiniin kohdistuvien merkkiainien kehittäminen. Galganon ym. (2017) mukaan kirjallisuuden niukkuudesta huolimatta on havaittavissa selviä hyötyjä sekä PET:n molekyyllitason kuvantamisella sekä MRI:n anatomisella kuvantamisella ja mikä tärkeintä, tämänhetkiset tutkimukset osoittavat, että PET-MRI ei juuri häviä vertailussa PET-CT:lle. On siis loogista, että PET-MRI kuvantaminen potentiaalisesti tarjoaa samanaikaisesti molempien modaliteettien hyödyt, tuoden samalla kokonaisvaltaista diagnostista informaatiota yhdellä kuvantamiskerralla.

Samolyk-Kogaczewska ym. (2020) tutkivat 38 eri potilasta, joista jokaiselle tehtiin sekä CT, että PET-MRI tutkimus ja näistä 21 potilaalle tehtiin leikkaus ensisijaisena hoitona. PET-MRI sopi ominaisuuksiltaan paremmin syöpien tuumorikoon sekä levinneisyyden selvittämiseen. Sillä oli parempi tarkkuus, herkkyys, positiivinen ja negatiivinen ennustearvo imusolmukkeiden arvioinnissa kuin CT:llä. PET-MRI:n sekä CT:n välillä havaittiin tutkimuksessa merkittäviä korrelaatioita. Johtopäätöksenä tutkimuksessa on, että PET-MRI tuo merkittäviä hyötyjä pään ja kaulan alueen syöpien diagnostiikkaan ennen taudin hoitoa, mutta kuten muissakin artikkeleissa, toteavat lisätutkimuksille aiheesta olevan vielä tarvetta.

6.2 PET-MRI:n tuomat hyödyt

PET-MRI:n ratkaisevimpia etuja on kaksinkertaisen säderasituksen puuttuminen (Rioda-Parada 2016). Pään- ja kaulan alueen syöpien diagnosointiin PET-MRI on erityisen hyvä kuvantamismuoto sen paremman kuduskontrastin takia. PET-MRI on todettu pään- ja kaulan alueen syöpien diagnosoimisessa erittäin hyödylliseksi erityisesti primaari- ja metastasoituneen tuumorin T-luokittelussa. MRI:n tuoma tarkka kuduskontrasti on eduksi pään- ja kaulan alueella, sillä tällä alueella on paljon pehmytkudosta ja rakenteet ovat lähellä toisiaan. MRI mahdollistaa erilaisten tekniikoiden käytön kuten diffuusio- ja perfuusio -kuvaussekvenssit, joilla saadaan rajattua entistä tarkemmin tuumori terveestä kudoksesta. (Covello ym 2015.)

Platzek, BeuthienBaumann, Schneider, Gudziol, Kitzler, Maus, Schramm, Popp, Laniado, Kotzerke ja van den Hoff (2014) selvittivät tutkimuksessaan pään- ja kaulan alueen syövän imusolmukemetastasointia. Tutkimuksessa ei löydetty merkittävää lisäarvoa PET-MRI:n puolesta verrattuna erikseen tehtäviin PET- ja magneettikuvauksiin. Kalliimmalle kuvantamismuodolle ei löydetty tutkimuksessa perusteita, sillä aiemmilla menetelmillä on saatu imusolmukkeista tarkka kuvaus.

PET-MRI kuvantaminen tarjoaa potentiaalisesti samanaikaisesti molempien modaliteettien hyödyt, tuoden samalla kokonaisvaltaista diagnostista informaatiota yhdellä kuvantamiskerralla. Galgano, Marshall, Middlebrooks, McConathy ja Bhambhani (2017) toteavat artikkelissaan myös, että aiheeseen liittyvää kirjallisuutta on hyvin niukasti saatavilla, mutta silti on havaittavissa selkeitä hyötyjä yhtäaikaisella PET:n molekyyllisellä kuvantamisella ja MRI:n anatomisella kuvantamisella liittyen pään- ja kaulan alueen syöpien diagnosointiin.

6.3 PET-MRI yleisesti

Valittuja aineistoja tarkastellessa käy selkeästi ilmi, että PET-MRI on hyvä ja toimiva menetelmä, kun tutkitaan pään ja kaulan alueen syöpiä. PET-MRI tuo tarkkuutta diagnosoitiin sen tarkan pehmytkudoskontrastin ansiosta. Tutkimuksista kuitenkin käy ilmi, että tällä hetkellä PET-kuvantaminen on hyödyllisin kaulan imusolmukkeiden metastaasien havaitsemiseen. Tämä voi johtua siitä, että PET-MRI on modaliteettina hyvin uusi verrattuna kilpaileviin modaliteetteihin ja tietoa ei ole niin paljoa vielä tarjolla.

PET-MRI:n etuja todetaan olevan säteilyrasituksen pieneneminen verrattuna muihin syövän tutkimiseen käytettäviin modaliteetteihin verrattuna (Riola-Parada ym. 2016). Koska PET-MRI on modaliteettina hyvin uusi, niin tämän vuoksi kirjallisuutta ja tutkimustietoutta on saatavilla niukasti verrattuna PET-CT:hen. Aineistoista kuitenkin käy ilmi, että PET-MRI tulee olemaan tulevaisuudessa yhä isommassa roolissa syövän diagnosoimisessa.

PET-MRI:n ongelmat liittyvät tällä hetkellä vaimennuskorjaukseen ja laitteen kuvantamismahdollisuudet ovat tällä hetkellä rajalliset. Ongelmaksi muodostuu myös pidempi kuvausaika, kun verrataan laitetta PET-CT laitteeseen. Monet sairaalat valitsevat mieluiten PET-CT:n, koska tällä saadaan kuvattua potilaita päivän aikana enemmän, johtuen lyhyemmästä kuvausajasta. PET-MRI:n hinta on hankintakustannuksiltaan huomattavasti kalliimpi investointi kuin PET-CT. PET-MRI:n asemaa markkinoilla voi parantaa lyhyemmän kuvausajan mahdollisuus, radiolääkkeiden ja magneettikontrastiaineiden kehittyminen. (Linder ym. 2019.)

Kuitenkin PET-MRI on pääsääntöisesti tulosten mukaan jo vakiinnuttanut paikkansa pään- ja kaulan alueen syövän diagnosoinnissa, mutta modaliteetti vaatii vielä hienostuneempien MRI tekniikoiden kehittämistä ja laitteen laajempaa käyttöönottoa. (Ehman ym. 2017)

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin vastattiin kirjallisuuskatsauksen avulla kerättyjen ajankohtaisten tutkimusten ja tiedon valossa. Valituista aineistoista saimme vahvistusta jo aikaisemmin todettuun teoretietoon PET-MRI –hybridikuvantamisen hyödyistä ja tulevaisuuden näkymistä. Kuvantamismuotona PET-MRI on suhteellisen tuore ja hakee vielä paikkansa diagnostisessa kuvantamisessa ja täten olikin odotettavissa tieteellisen materiaalin niukka rajallisuus. Loimme kuitenkin saatavilla olevista tutkimuksista laajan ja kattavan vastauksen tutkimuskysymyksiimme.

7.1 Johtopäätökset

Tulokset antavat viitteitä, että PET-MRI on jo nyt vakiinnuttanut paikkansa pään- ja kaulan alueen syövän diagnosoinnissa, mutta vaatii vielä tulevaisuudessa hienostuneempien MRI tekniikoiden kehittämistä sekä käyttöönottoa. PET-MRI:n hyödyt tulevat ilmi pehmytkudosten kasvainten kuvantamisessa, sillä MRI tarjoaa kilpailijoitaan paremman erottelun pehmytkudoksissa ja eritoten kaulan alueella pehmytkudosten erottelukyvystä on hyötyä tuumorin paikallistamisen, tuumorin tarkan koon ja luokittelun selvittämiseksi. Sen etuja todetaan olevan yleisesti myös säteilyrasituksen pieneneminen suhteessa kilpaileviin tutkimusmuotoihin.

PET-MRI:n todetaan olevan parempi kuvantamismuoto kuin PET- tai MRI –kuvaus erikseen tehtyinä varsinkin toistuvien kasvaimien kohdalla. Vaikka useissa lähteissä todetaan PET-MRI:n selkeät hyödyt pään- ja kaulan alueella, niin Platzek ym. mukaan PET-MRI –laitteella ei saavutettu mitenkään merkittävää hyötyä pään- ja kaulan alueen syövän levinneisyyden arvioinnissa imusolmukkeisiin verrattuna PET- ja MRI –laitteella erikseen tehdyissä tutkimuksissa. PET-MRI:llä on kuitenkin havaittu selkeämmin syöpäsolujen levinneisyys imusolmukkeisiin verrattuna PET-CT –laitteella tehtävään kuvantamiseen (Riola-Paradan ym. 2016).

Vertailtaessa PET-MRI- ja PET-CT –kuvantamismuotoja voidaan todeta, että PET-CT:llä on rajoittuneempi anatominen tarkkuus, jota kaivataan erityisesti pään- ja kaulan alueen kuvantamisessa. PET-CT:n aiheuttama säderasitus puoltaisi PET-MRI:n puoleen, mutta potilasmukavuuden kannalta PET-CT on huomattavasti nopeampi sekä ahtaanpaikankammosta kärsiville potilaille mukavampi vaihtoehto. Toisaalta PET-MRI hybridilaitte on ajallisesti nopeampi vaihtoehto kuin edeltäjänsä, näiden modaliteettien fuusiolaitte, MRI:n ja PET-kameran ollessa hybridilaitteessa samassa gantryssä. Näin voimmekin todeta, että PET-MRI on kuronut eroaan kehityksessä vertailtaessa PET-CT –laitteeseen. Pään- ja kaulan alueella vaaditaan kor-

keaa resoluutiota sekä funktionaalista informaatiota ja näin ollen PET-MRI tarjoaakin potentiaalisempia hyötyjä verrattuna PET-CT:hen tämän alueen syöpien diagnosoinnissa. PET-MRI:n hyödyllisyys tunnustetaan jokaisessa meidän opinnäytetyöhömme valitussa tutkimuksessa pään- ja kaulan alueen syöpäpotilailla, mutta samalla todetaan, että se tuskin korvaa täysin PET-CT laitetta. Molemmilla kuvantamismuodoilla on oma paikkansa ja tarkoituksensa syövän diagnostiikassa.

Artikkeleiden johtopäätökset ja keskeiset tulokset olivat yhteneviä sen suhteen, että PET-MRI on menetelmänä vielä kovin uusi, ja kirjallisuutta on rajallisesti aiheesta. Selkeästi kuitenkin uskotaan, että PET-MRI on tulevaisuudessa yhä isommassa roolissa syöpien diagnosimisessa. PET-MRI:n lisääntynyt käyttö vaatii vielä lisää tutkimuksia suurilla potilasmäärillä, jotta voidaan tunnistaa asianmukaiset protokollat eri taudeille. Laitehankinnoissa myös hinta tulee määrittämään eri laitteiden yleistymisen. PET-MRI on huomattavasti kalliimpi kuin PET-CT, mikä luonnollisesti puoltaa monille toimijoille PET-CT –laitteen hankintaa laitteen ollessaan hankintahinnaltaan puolet halvempi vaihtoehto. Tämä seikka voi hidastaa laitteen yleistymistä sekä kehittämistä.

Valitsemiemme artikkeleiden tiedon valossa lähdimme luomaan vastausta tutkimuskysymyksiimme. Vastauksena voimme todeta, että näiden kahden hybridilaitteen väliset erot ovat ennen kaikkea pehmytosten kuvantamisten kohdalla suuria. PET-MRI –laite tarjoaa paremman erottelukyvyn pehmytkudosten välillä sekä antaa tarkkarajaisemman vastauksen kasvainten koosta sekä levinneisyydestä. Vaikka tutkimuksena se onkin pidempi kestoinen, voidaan laitteen hyvänä puolena todeta pienempi säteilyrasitus potilaalle. Voimme todeta myös, että PET-MRI on ehdottomasti hyödyllinen kuvantamismuoto pään- ja kaulan alueen syövän diagnosoinnissa edellä käytyjen tutkimusten valossa.

7.2 Eettisyys ja luotettavuus

Ammattikorkeakouluopiskelijoiden tekemille opinnäytetöille on laadittu eettiset ohjeet tutkimuseettisen tiedekunnan toimesta. Ohjeiden tavoitteena on edistää hyvää tieteellistä käytäntöä, sekä tieteellisen epärehellisyyden estäminen. Tutkimuseettisen tiedekunnan suositukset kattavat kaikki opinnäytetyöhön liittyvät vaiheet. (Tutkimuseettinen tiedekunta 2012, 6.)

Eettisyys opinnäytetyössä ilmenee hyvän tieteellisen käytännön ja tutkimuseetiikan noudattamisena. Tutkimuseetiikalla tarkoitetaan yleisesti sovittujen pelisääntöjen noudattamista. Hyvällä tieteellisellä käytännöllä tarkoitetaan, että opinnäytetyön tekijät seuraavat eettisesti

kestäviä tiedonhankkimismenetelmiä, sekä tutkimusmenetelmiä. Hyvät tieteelliset käytännöt ilmenevät opinnäytetyössä tiedonhankintamenetelmien ollen tiedeyhteisön hyväksymiä. Opinnäytetyössä tiedonhankinta tulee perustua oman alan tieteelliseen kirjallisuuteen sekä muihin luotettaviin tietolähteisiin. (Vilka S.A.)

Opinnäytetyössämme eettisyys ilmenee kirjoituksen todenmukaisuutena. Käytimme työtä tehdessä ajantasaista sekä oikeaa tietoa, jotka hankimme luotettavia tietokantoja ja lähteitä käyttäen. Teoriaosiossa magneetista kertoessamme käytimme tarkan harkinnan mukaan myös vanhempia lähteitä, koska magneettikuvantamisen teoriaan ei ole tullut muutoksia. Eettisyys näkyy myös työssämme asianmukaisin lähdeviittauksien ja merkintöjen kautta. Lähteiden kautta kirjoittamamme teksti on referoitua ja vältimme suoraa kopiointia. Pääosa lähteistämme on englanniksi, jonka myötä suomensimme tekstiä asianmukaiseen muotoon, josta poimimme pääkohdat ja tuotimme siitä tekstiä työhömmme. Työssämme on tekstiä tukemassa kuvia, joihin pyysimme luvat sivujen omistajalta.

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa luotettavuuden kannalta keskeisessä osassa ovat selkeästi rajattu tutkimuskysymys ja sen teoreettinen perustelu sekä tekstin johdonmukainen eteneminen tutkimuskysymyksestä johtopäätöksiin. (Kangasniemi ym. 2013). Kirjallisuuskatsauksessa käytetyn aineiston on oltava kattavaa, monipuolista ja laadukasta (Salminen 2011).

Opinnäytetyössämme luotettavuus tulee ilmi käytetyn lähdeaineiston laajuudessa, sekä laadussa. Käytetyt artikkelit ja tutkimukset ovat ajankohtaisia ja vertaisarvioituja teoksia ja artikkeleiden kirjoittajat ja tutkijat ovat oman alansa asiantuntijoita. PET-MRI:n ollessa vielä verrattain tuore modaliteetti, pyrimme myös suosimaan mahdollisimman ajantasaisia artikkeleita etsiessämme vastauksia tutkimuskysymyksiimme. Opinnäytetyön luotettavuus ilmenee myös tarkasti rajatussa ja selkeässä tutkimuskysymyksessä. Tämä helpotti ja selkeytti myös lähteiden etsimistä, näiden etsiminen tapahtui luotettavista ja akateemisesti hyväksytyistä tietokannoista.

7.3 Ammatillinen kehittyminen

Savonia-ammattikorkeakoulun röntgenhoitajan tutkinto-ohjelmassa on määritetty opiskeluvuosittain vuositeemat oman asiantuntijuuden kehittymiseen. Koulun aikana asiantuntijuus kasvaa perehdytyksestä kehittämiseen, syventämiseen sekä opittujen asioiden soveltamiseen. Röntgenhoitajan työnkuvaan kuuluu niin potilaiden hoitaminen, teknologian hyödyntä-

minen kuin lääketieteellinen säteilynkäyttö. Röntgenhoitajilta vaaditaan laajaa osaamista ohjaamis- ja hoitamisosaamisen, menetelmäosaamisen, turvallisuusosaamisen, eettisen osaamisen sekä työyhteisöosaamisen kannalta. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2020).

Ohjaamis- ja hoitamisosaamisemme koki kehitystä erityisesti potilaan ohjauksessa magneettitutkimuksissa teorian tiedon valossa. Menetelmäosaamisemme kehittyi opinnäytetyötä tehdessä teorian tiedon syventämisellä meidän työhömmä liittyvistä modaliteeteista. Tämän lisäksi olemme syventäneet tutkimusprosessin kulkua valitsemiemme artikkeleiden läpikäynnin myötä. Turvallisuusosaaminen kehittyi meillä modaliteettikohtaisesti PET radiolääkkeistä magneettikuvantamiseen. Molemmista osa-alueista kertosimme aiemmin opittua sekä syvensimme turvallisen työskentelyn toimintaperiaatteita. Eettisen osaamisen kehittämisen kannalta pyrimme valitsemaan lähdemateriaaliksi mahdollisimman uutta tietoa ja käytimme tähän yleisesti luotettavina pidettyjä tietokantoja. Materiaalia valittaessa opimme lähdekriittisyyttä ja tiedon hakua yleisesti. Työyhteisöosaaminen kehittyi ryhmätyöskentelytaitojen kautta, oppimalla muiden mielipiteiden huomioimista ja kompromissien tekemistä. Prosessin eri vaiheita työstimme itsenäisesti, mutta lopulliset muokkaukset teimme kuitenkin ryhmässä. Saimme jokainen huomata, miten tärkeää oli saada omasta tuotetusta tekstistä muilta ryhmän jäseniltä palautetta, sillä omia kehittämiskohtia oli vaikea huomata.

Alun perin olimme kiinnostuneita niin magneetista kuin isotoopista modaliteetteina. Mietimme, kuinka voisimme nämä kaksi mielenkiinnonkohdetta yhdistää opinnäytetyöhömmä ja keksimme sitä kautta aiheen. PET-MRI:n suomenkielisen tiedon vähyys, varsinkin meidän hyvin rajatussa käyttötarkoituksessamme loi meille tarpeen tehdä kyseisestä kuvantamismuodosta kirjallisuuskatsaukseen pohjautuva opinnäytetyö. Tavoitteena että tulevilla röntgenhoitajaopiskelijoilla ja muilla aiheesta kiinnostuneilla olisi helpompaa lähteä tähän aiheeseen tutustumaan. PET-MRI modaliteetista ei koulussa ollut juurikaan teoriaopintoja, joten olikin kiva päästä tutustumaan meille täysin uuteen aiheeseen.

Opinnäytetyöprosessin kautta voimme kaikki yhdessä todeta oman ammatillisen merkittävän kasvun. Asiantuntijuutemme kaikkia tässä työssä läpikäytyjä modaliteetteja kohtaan on kehittynyt huomattavasti. Opinnäytetyössämme esiintyviä modaliteetteja on koulun teoriatunneilla käsitelty laajasti, ja olemme jokainen niistä suorittaneet vähintään pakolliset harjoittelun. Tämän opinnäytetyön kautta asiantuntijuutemme onkin kehittynyt eniten juuri tätä spesifiä PET-MRI -modaliteettiä kohtaan. Työn tekeminen syvensi meidän teoriaosaamisemme jokaisella osa-alueella ja antoi selkeästi valmiuksia työelämään. Uskomme vahvasti hybridikuvantamisen ja etenkin PET-MRI:n yleistymiseen tulevaisuudessa syöpätautien diagnosoinnissa.

Opinnäytetyötä tehdessä opimme kriittistä ajattelua tutkimusten luotettavuuden sekä aiheiston poisjättökriteereiden pohdinnan kautta. Aiheen tarkka rajaus sekä huolellinen tutkimuskysymysten asettelu helpotti tiedon hakua huomattavasti. Tiedonhaussa opimme rajamaan hakusanat meidän aiheeseemme sopiviksi. Suurimmat haasteet tuottivat lähdekirjallisuusmateriaalin valinta, niiden läpikäynti ja analysointi. Kaikki valitsemamme lähteet olivat englanninkielisiä mikä lisäsi jo itsessään vaikeiden asioiden ymmärtämistä. Opimme kuitenkin paljon termistöä aiheeseemme liittyen sekä tutkimuksen tekoa, josta meillä ei hirveästi aikaisempaa kokemusta ollut. Tarkoituksemme oli tuottaa ajantasaista tietoa PET-MRI kuvantamisesta tuleville röntgenhoitajaopiskelijoille ja muille aiheesta kiinnostuneille, joten tarpeettoman syvällistä lääketieteellisten ja fysikaalisten ilmiöiden selittämistä ei nähty kovinkaan järkeväksi ja se ei ollutkaan meidän tarkoituksenamme tässä työssä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

AIRAKSINEN, Juhani 2017. Magneettikuvaus on turvallinen valtaosalle tahdistinpotilaista. Lääkärilehti. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-11-30.] Saatavissa: <https://www.potilaanlaakarilehti.fi/uutiset/magneettikuvaus-on-turvallinen-valtaosalle-tahdistinpotilaista/>

BEADSMOORE, Clare, NEWMAN, David, MACLVER, Duncan ja PAWAROO, Davina 2015. Positron Emission Computed Tomography: A guide for the General Radiologist. [verkkoaineisto]. Canadian Association for Radiologists Journal 66(4), 332-347. [Viitattu 2019-03-26.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0846537115000157#fig1>

BLANCO SEQUEIROS, Roberto, LUNDBOM, Nina 2017. Tutkimusmenetelmien erityispiirteitä. Kliininen radiologia. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: https://www.oppiportti.fi/op/krd00104/do?p_haku=tutkimus#q=tutkimus

BOELLAARD, Ronald, QUICK, Harald 2015. Current Image Acquisition Options in PET/MRI. [Verkkoaineisto]. Seminars in Nuclear Medicine. Nro. 45,3. S. 192-200. [Viitattu 2019-11-13.] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0001299814001445>

BOLUS, Norman, GEORGE, Remo, WASHINGTON, John ja NEWCOMER, Bradley R. 2009. PET-MRI: The Blended-Modality Choice of the Future? Journal of Nuclear Medicine Technology 37, 63-71. [verkkoartikkeli]. [Viitattu 2019-11-13.] Saatavissa: <http://tech.snmjournals.org/content/37/2/63.full#sec-3>

Canada's particle accelerator centre. PET-Camera [kuva]. [Viitattu 2020-01-18.] Saatavissa: <https://www.triumf.ca/galleries/image/pet-camera>

COVELLO, M, CAVALIERE, C, AIELO, M, CIANELLI, M.S, MESOLELLA, M, IORIO, B, ROSSI, A ja NICOLAI, E 2015. Simultaneous PET/MR head-neck cancer imaging: Preliminary clinical experience and multiparametric evaluation [verkkoaineisto]. European Journal of Radiology 84, 1269-1276. [Viitattu 2020-05-01.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0720048X15001849>

EHMAN, Eric, JOHNSON, Geoffrey, VILLANUEVA-MYER, Javier, CHA, Soonmee, LEYENS, Andrew, LARSON, Peder, HOPE, Thomas 2017. PET/MRI: Where Might It Replace PET/CT? [Verkkoartikkeli]. Wiley Online Library 46, 1247-1262. [Viitattu 2020-05-09.] Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5623147/>

MORIO, Kei, KAWAOKA, Tomokazu, AIKATA, Hiroshi, NAMBA, Maiko, Uchikawa, Shinsuke, KODAMA, Kenichiro, OHYA, Kazuki, FUJINO, Hatsue, NAKAHARA, Takashi, MURAKAMI, Eisuke, YAMAUCHI, Masami, TSUGE, Masataka, HIRAMATSU, Akira, IMAMURA, Michio, NAKAMURA, Yuko, AKAGI, Motonori, AWAI, Kazuo, KOBAYASHI, Tsuyoshi, CHAYAMA, Kazuaki 2020. Preoperative PET-CT is useful for predicting recurrent extrahepatic metastasis of hepatocellular carcinoma after resection. [verkkoartikkeli]. European Journal of Radiology 124, 108828. [Viitattu 2020-01-19.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0720048X20300176>

FAHEY, Frederic H, GOODKIND, Alison, TREVES, S. Ted ja GRANT, Frederick D 2016. Nuclear Medicine and Radiation Protection. [verkkoaineisto]. Journal of Radiology Nursing. 35(1), 5-11. [Viitattu 2019-12-04.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S1546084315002151>

GALGANO, Samuel, MARSHALL, Ryan, MIDDLEBROOKS, Erik, MCCONATHY, Jonathan, BHAMBANI, Pradeep 2017. PET/MR Imaging in Head and Neck Cancer – Current Applications and Future Directions. [Verkkoartikkeli]. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America 26(1), 167-178. [Viitattu 2020-05-09.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1064968917300983?via%3Dihub>

GROVER, Viljay, TOGNARELLI, Joshua, GROSSEY, Mary, COX, Jane, TAYLOR-ROBINSON, Simon ja MCPHAIL, Mark 2015. Magnetic Resonance Imaging: Principles ja Techniques: Lessons for Clinicians. Journal of Clinical and Experimental Hepatology 3/2015. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-03-26.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0973688315004156>

HAMBERG, Leena ja ARONEN, Hannu 1992. Magneettikuvauksen perusteet ja tutkimusmenetelmät. Duodecim [digilehti] 1992;108(8):713. [Viitattu 2019-05-30.] Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/1992/8/duo20140>

HIRSJÄRVI, Sirkka, REMES, Pirkko ja SAJAVAARA, Paula 2013. S.258 Tutki ja kirjoita. Helsinki kirjayhtymä.

HUURTO, Laura, TOIVO, Tim 2000. Terveysthuollon laadunhallinta. Magneettitutkimukset ja niiden turvallisuus. Lääkelaitoksen julkaisusarja 1/2000. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-11-21.] Saatavissa: https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/LH-2000-1_magneettitutkimukset.pdf

ILMARINEN, Taru, NIEMINEN, Markus, MÄKITIE, Antti ja ATULA, Timo 2019. Pään ja kaulan alueen syöpien varhainen tunnistaminen. Duodecim [digilehti] 2019;135:447-53. [Viitattu 2020-01-09.] Saatavissa: <https://www-terveysportti-fi.ezproxy.savonia.fi/xmedia/duo/duo14796.pdf>

Imaging Technology News 2014. GE Healthcare's Integrated PET/MR System Pending FDA Review [kuva]. [Viitattu 2019-12-04.] Saatavissa: <https://www.itnonline.com/article/ge-healthcare%E2%80%99s-integrated-petmr-system-pending-fda-review>

ISOLA, Jorma, KALLIONIEMI, Anne. 2013. Miten syöpä syntyy. Duodecim [digilehti]. [Viitattu 2020-01-09.] Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/syt00002/do>

ISOLA, Jorma 2013. DNA-vauriot (mutaatiot) syövän synnyssä. Duodecim [digilehti]. [Viitattu 2020-01-09.] Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/syt00008/do>

KANGASNIEMI, Mari, UTRIAINEN, Kati, AHONEN, Sanna-Mari, PIETILÄ, Anna-Maija, JÄÄSKELÄINEN, Petri ja LIIKANEN, Eeva 2013. Hoitotiede. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenettyyn tietoon. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2019-05-07.] Saatavissa: <http://elektra.helsinki.fi.ezproxy.savonia.fi/se/h/0786-5686/25/4/kuvailev.pdf>

Kaikki syövästä, syövän vaiheet, erilaistuminen ja levinneisyys. Syöpäjärjestöt. [verkkajulkaisu]. [Viitattu 2020-01-16.] Saatavissa: <https://www.kaikkisyovasta.fi/tietoa-syovasta/syovan-vaiheet-erilaistuminen-ja-levinneisyys/>

KAUHANEN, Saira, RISTAMÄKI, Raija, KAJANDER, Sami ja SEPPÄNEN, Marko. 2013. Positroniemissiotomografian ja magneettikuvauksen yhdistelmällä tarkkuutta onkologiseen kuvantamiseen? Duodecim [digilehti] 129:2578-80. [Viitattu 2019-03-14.] Saatavissa: <https://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo11420.pdf>

KORPELA, Helinä 2004. Isotooppilääketiede. STUK [verkoaineisto]. [Viitattu 2019-05-30.] Saatavissa: http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/125306/kirja3_3.pdf?sequence=1

LAMMENTAUSTA, Eveliina 2017. Magneettikuvaus. Radiologisen kuvantamisen fysiikka ja tekniikka. Kliininen radiologia. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-11-21.] Saatavissa:

<https://www.oppiportti.fi/op/krd01406/do#s12>

LEE, Yueh, RAMALHO, Joana ja KESSLER, Brice 2017. PET-MRI Imaging in Head and Neck. [verkkoaineisto]. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America 25(2), 315-324.

[Viitattu 2020-05-08.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1064968916301234?via%3Dihub>

LEWIS, Dewi, KALEMIS, Antonis 2011. PET and MRI: Providing the full picture. Cerncourier [kuva]. [Viitattu 2019-12-04.] Saatavissa: <https://cerncourier.com/a/pet-and-mri-providing-the-full-picture/>

LINDER, Gustav, KORSAVIDOU-HULT, Nafiska, BJERNER, Tomas, AHLSTRÖM, Håkan ja HEDBERG, Jakob 2019. 18F-FDG-PET-MRI in preoperative staging of oesophagel and gastroesophageal junctional cancer. [verkkoyulkaisu]. Clinical Radiology 73(9), 718-725. [Viitattu 2020-07-04.] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0009926019302569#abs0015>

LOEFFELBEIN, Denys, SOUVAZTOGLOU, Michael, WANKERL, Veronika, DINGES, Julia, RITSCHL, Lucas, M, MUCKE, Thomas, PICKHARD, Anja, EIBER, Matthias, SHCWAIGER, Markus, ja BEER, Ambros 2015. Diagnostic value of retrospective PET-MRI fusion in head and neck cancer. [verkkoyulkaisu]. BMC Cancer 14:846. [Viitattu 2020-05-08.] Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4252007/>

METSÄLÄ, E, MEYSTRE, N, JORGE, J, HENNER, A, KUKKES, T. ja REIS, C. 2017. European radiographers' challenges from mammography education and clinical practice – an integrative review. Insights into Imaging 8, 329–343 [verkkoyulkaisu] [Viitattu 2020-01-18]. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5438314/>

National Cancer Institute 2015. Cancer Staging. [verkkoyulkaisu]. [Viitattu 2020-01-01.] Saatavissa: <https://www.cancer.gov/about-cancer/diagnosis-staging/staging>

National Cancer Institute 2019. How Cancer Is Diagnosed. [verkkoyulkaisu]. [Viitattu 2020-01-07.] Saatavissa: <https://www.cancer.gov/about-cancer/diagnosis-staging/diagnosis>

NGUYEN, Nghi, AKDUMAN, Isin, OSMAN, Medhat 2008. F-18 FDG-PET and PET/CT Imaging of Cancer Patients. [verkkoyulkaisu]. Journal of Radiology Nursing 27 (2), 61-69. [Viitattu

2020-01-27.] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S1546084308000424>

NIEMINEN, Miika 2017. Röntgensäteilyyn perustuvat menetelmät. Kliininen radiologia. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/krd01403/do#s4>

RAJADHYAKSHA, C D, PARKER, J A, BARBARAS, L ja GERBAUDO, V H 2018. Normal and Benign Pathologic Findings in 18FDG-PET and PET/CT an Interactive Web Based Image PLATZEK, Ivan, BEUTHIEN-BAUMANN, Bettina, SCHNEIDER, Matthias, GUDZIOL, Volker, KITZLER, Hagen H, MAUS, Jens, SCHRAMM, Georg, POPP, Manuel, LANIADO, Michael, KOTZERKE, Jörg ja VAN DEN HOFF, Jörg 2014. FDG PET/MR for lymph node staging in head and neck cancer [verkkoartikkeli]. European Journal of Radiology 83, 1163-1168. [Viitattu 2020-05-09.] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0720048X14001612>

RYAN, Joshua, AARON, Vasantha, SIMS, Justin 2019. PET/MRI vs PET/CT in Head and Neck Imaging: When, Why and How? [Verkkoaineisto]. Seminars in Ultrasound, CT and MRI 40 (5), 376-390. [Viitattu 2019-01-09.] Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0887217119300447#!>

SAARAKKALA, Simo 2017. Isotooppikuvaus. Radiologisen kuvantamisen fysiikka ja tekniikka. Kliininen radiologia. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2019-12-05.] Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/krd01404/do>

SALMINEN, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. [verkkojulkaisu]. Vaasan yliopisto. [Viitattu 2019-03-14.] Saatavissa: https://www.univaasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

SAMOLYK, Natalia, SIERKO, Ewa, DZIEMIANCZYK, Dorota, NOWASZEWSKA, Klaudia, LUKASIK, Malgorzata ja RESZEC, Joanna 2020. Usefulness of Hybrid PET/MRI in Clinical Evaluation of Head and Neck Cancer Patients. [verkkoaineisto]. Cancers (Basel) 12(2):511 [Viitattu 2020-06-30.] Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7072319/>

SANLI, Yasemin, ZUKOTYNSKI, Katherine, MITTRA, Erik, CHEN, Delphine, NADEL, Helen, NIEDERKOHHR, Ryan, SUBRAMANIAM, Rathan 2018. Update 2018: 18F-FDG PET/CT and PET/MRI in Head and Neck Cancer. [Verkkoaineisto]. Clinical Nuclear Medicine 43(12):e439-e452 [Viitattu 2020-09-20.] Saatavissa: <https://pub-med.ncbi.nlm.nih.gov/30394934/>

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU 2020. Asiantuntijuuden kehittyminen. Opetussuunnitelmat. [Viitattu 2020-09-17.] Saatavissa: <https://portal.savonia.fi/amk/fi/opiskelijalle/opetus-suunnitelmat?yks=KS&krtid=1025&tab=4>

SEPPÄNEN, Marko, KAJANDER, Sami, KEMPPAINEN, Jukka ja MINN, Heikki. 2011. Positroniemiottomografian ja tietokonetomografian yhdistelmä syövän diagnostiikassa. Duodecim [digilehti] 127;1117-27. [Viitattu 2019-05-28.] Saatavissa: <https://www-terveysportti-fi.ezproxy.savonia.fi/xmedia/duo/duo99576.pdf>

Siemens Healthineers. Magnetom Essenza, Established 1.5T Performance [kuva]. [Viitattu 2020-01-10.] Saatavissa: <https://www.siemens-healthineers.com/magnetic-resonance-imagging/0-35-to-1-5t-mri-scanner/magnetom-essenza>

Syöpä 2017 –raportti. Suomen Syöpärekisteri. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-01-07.] Saatavissa: <https://syoparekisteri.fi/tilastot/syopa-2017-raportti/>

SÄTEILYLAKI 859/2018. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2019-12-04.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2018/20180859>

TALBOT, J.N, PETEGNIEF, Y, KERROU, K, MONTRAVERS, F, GRAHEK, D, YOUNSI, N 2003. Positron Emission Tomography With [18F]-FDG in Oncology. [Verkkoaineisto] Nuclear Instruments and Methods in Physics Research in Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment. [Viitattu 2019-12-04] 504, 129-138. Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0168900203007599>

TENK 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. [verkkodokumentti]. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. [Viitattu 2020-09-03.] Saatavissa: https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

STUK 2017. Mitä säteily on? Säteilyn terveysvaikutukset. [verkkodokumentti]. Säteilyturvakeskus. [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sateilyn-terveysvaikutukset>

STUK 2019a. Säteilyn käyttäjälle. Säteilysuojelun periaatteet. [verkkodokumentti]. Säteilyturvakeskus. [Viitattu 2019-11-20.] Saatavissa: <https://www.stuk.fi/stuk-valvoo/sateilyn-kayttajalle/sateilytoiminnan-turvallisuus/sateilysuojelun-periaatteet>

STUK 2019b. Säteily terveydenhuollossa. Magneettitutkimus. [verkkodokumentti]. Säteilyturvakeskus. [Viitattu 2019-03-26.] Saatavissa: <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/magneettitutkimus>

STUK 2019c. Määräys STUK S/4/2019. Säteilyturvakeskuksen määräys oikeutusarvioinnista ja säteilysuojelun optimoinnista lääketieteellisessä altistuksessa. [verkkoaineisto]. [Viitattu 2020-01-13.] Saatavissa: <https://www.stuk.fi/documents/12547/103352/STUK-S-4-2019.pdf/99aec4a4-5b2e-06e8-8864-b4f844034269>

STUKLEX 2013. Säännöstö. ST 6.3. Säteilyturvallisuus isotooppilääketieteessä. 4.2. Potilaan säteilysuojelu. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2019-12-04.] Saatavissa: <https://www.stuklex.fi/fi/ohje/ST6-3>

SZYSZKO, Teresa ja COOK, Gary 2017. PET/CT and PET/MRI in head and neck malignancy. [Verkkoaineisto]. Clinical Radiology. [Viitattu 2019-04-22.] Nro. 73 s. 60-69. Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0009926017304439>

TUOKKOLA, Terhi ja KNUUTI, Juhani. 2018. Positroniemissiotomografia-Magneettikuvaus. Duodecim [digilehti] 134:627-34. [Viitattu 2019-03-25.] Saatavissa: <https://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo14215.pdf>

VIRKKUNEN, Pekka, SALONEN, Olli ja MINN, Heikki. 2013. Kuvantamisen merkitys syövän diagnostiikassa ja hoidossa. Duodecim [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2020-01-09.] Saatavissa: <https://www.oppiportti.fi/op/syt00146/do>

VILKKA, Hanna S.A TUTKIMUSMETODEJA AMMATTILAISILLE KENTÄLLE [verkkojulkaisu.] Tutkimusetiikka. [Viitattu 2020-09-03.] Saatavissa: <http://hanna.vilkka.fi/wp-content/uploads/2014/02/Tutki-ja-kehitt%C3%A4.pdf>

VICHI, Sara, ZAGNI, F, CICORIA, Gianfranco, INFANTINO, Angelo, RIGA, Stefano, ZELLER, M, CARZANIGA, Tommaso, NESTERUK, Konrad, BRACCINI, Saverio, MARENGO, Mario ja MOSTACCI, Domiziano. 2019. Activation studies of a PET cyclotron bunker. [Verkkoa-ineisto]. Radiation Physics and Chemistry. [Viitattu 2019-05-30.] 161, 48-54. Saatavissa: <https://www.sciencedirect-com.ezproxy.savonia.fi/science/article/pii/S0969806X19300271>

8 LIITE 1. TIEDONHAKUTAULUKKO

Taulukko 1.
(mukaeltu
Mesälä ym.
2017).

Tietokanta	Rajaukset	Hakusanat	Tulokset	Valinta, hyväksyty tiivistelmä	Valinta, hyväksyty koko teksti	Lopullinen valinta, tutkimuksen laadun ja näytön asteen arvioinnin jälkeen
Science direct	Head and neck malignancy / 2010-2020	"PET MRI" head and neck	2071	15	4	4
Science direct	Head and neck malignancy 2010-2020	"PET MRI PET CT" head and neck	649	4	1	1
PubMed	Head and neck malignancy/ 2010-2020	"PET MRI" AND head and neck	192	6	4	4
Cinahl Complete	Head and neck malignancy	"PET MRI" AND head and neck cancer	65	3	3	2
Medic	Positroniemissiotomografia, pään ja kaulan alueen syöpä 2010-2020	Positroniemissiotomografia AND pään ja kaulan alueen syöpä	24	2	2	0
Google		PET MRI replace PET CT				1

9 LIITE 2. SYNTEESITAULUKKO

Artikkelin tiedot	Maa	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoite	Tutkimusmenetelmä	Tiedonkeruu- ja analyysimenetelmä	Keskeiset tulokset	Johtopäätökset
<p>Simultaneous PET/MR head and neck cancer imaging: Preliminary clinical experience and multiparametric evaluation.</p> <p>M. Covello, C. Cavaliere, M. Aiello, M.S. Cianella, M. Mesolella, B. Ioriob, A. Rossia, E. Nicolai 2014.</p>		<p>Artikkelissa selvitetiin, soveltuuko PET-MRI pään- ja kaulan alueen syöpien diagnostiikkaan. Erityisesti syöpien t-luokitukseen (tuumorin koon selvittämiseen sekä levinneisyyteen) sekä voidaanko ongelmitta toiminnallinen MRI yhdistää PET-kuvaukseen.</p>	<p>Tutkimukseen osallistui 44 pään- ja kaulan alueen syöpäpotilasta, joista 22 potilaalla oli primaari kasvain ja 22 potilaalla metastasoitunut kasvain. Syöpäpotilaita tutkittiin bipsioilla, PET-TT:llä ja PET-MRI:llä ja tuloksia tutki kaksi ryhmää, joihin molempiin kuului lääkäri sekä fyysikko.</p>	<p>Prospektiivinen tutkimus (seurantatutkimus), jossa seurattiin reilun vuoden ajan potilaita heidän hoitonsa läpi.</p>	<p>Tulokset tutkimusryhmien välillä syöpien t-luokituksesta olivat erittäin yhtenevät, primaarikasvaimissa 97% ja metastaseissa 93%.</p>	<p>Johtopäätöksenä todetaan, että PET-MRI on erittäin soveltuva kuvantamismuoto pään- ja kaulan alueen kasvainten tarkkaan paikallistamiseen sillä saadulla hyvällä kudiskontrastilla. MRI tarjoaa paremman erottelun pään- ja kaulan alueen kudoksiin verrattuna tietokonetomografiaan.</p>
<p>Diagnostic value of retrospective PET-MRI fusion in head-and-neck cancer</p> <p>Loeffelbein, D.J. Souvatzoglou, M. Wankerl, V. Dinges, J. Ritschl, L.M. Mucke, T. Pichard, A.E. Matthias. Schwaiger, M.</p>		<p>Artikkelin tarkoituksena on arvioida PET-MRI-laitteen diagnostista-arvoa pään ja kaulan alueen syövässä ja verrata tuloksia rinnakkaisanalyysiin PET ja MRI modaliteeteillä tehtyihin tutkimuksiin</p>	<p>Tutkimukseen osallistui 33 potilasta, joilla on pään tai kaulan alueella syöpää. Potilaille tehtiin preoperatiivinen kuvaus MRI:llä kontrastiaineella. Potilaille tehtiin myös PET-TT tutkimus. MRI ja PET kuvat tutkittiin</p>	<p>Prospektiivinen tutkimus</p>	<p>PET-MRI on herkempi havaitsemaan spesifejä kasvaimia ja imusolmukkeisiin edenneitä syöpäsoluja.</p>	<p>PET-MRI:n on hyödyllisempi, kuin PET tai MRI varsinkin toistuvissa kasvainsairauksissa.</p>

Beer, A.J. 2014.			rinnakaisanalyysillä kasvainten analysointia varten. Tutkimuksessa tehtiin ROC analyysi.			
PET-CT and PET-MRI in head and neck malignancy. Szyszko, T.A. Cook, G.J.R. 2017.		Tarkoituksena selvittää PET-MRI:n ja PET-TT:n eroja pään- ja kaulan alueen syöpien diagnosoimisessa sekä tuoda ilmi molempien kuvantamistyyppien eri ominaisuuksia.	Käydään läpi mihin kyseiset kuvantamismuodot soveltuvat parhaiten ja vertailaan niitä keskenään.	Kirjallisuuskatsaus, tiedonkeruun menetelmänä on käytetty kirjoitettua tietoutta (artikkeleita ja tietokirjallisuutta.)	PET-MRI:llä on suhteellisen korkea sensitiivisyys huono ennusteisten kasvainten levinneisyyden havaitsemiseen, PET-TT:llä nämä on vaikeita havaita.	Viimeisimpien tutkimusten mukaan PET-MRI soveltuu hyvin pään- ja kaulan alueen kasvainten kuvauksiin. Lopuksi todetaan, että tulevaisuudessa on tarkoitus selvittää, onko PET-MRI PET-TT:tä parempi imusolmukelevinneyden havaitsemisessa.
PET-MRI in head and neck cancer. Lee, Y.Z. Rammalho, J. Kessler, B. 2017.		Tarkoituksena selvittää PET-MRI:n ja PET-TT:n eroja pään- ja kaulan alueen syöpien diagnosoimisessa sekä tuoda ilmi, miksi PET-MRI soveltuu paremmin pään- ja kaulan alueen kuvauksiin kuin PET-TT.	Artikkelissa vertaillaan PET-MRI:n ja PET-TT:n eroja pään- ja kaulan alueen kasvainten diagnostisessa kuvantamisessa.	Kirjallisuuskatsaus, jossa viitataan muutamaan tutkimukseen ja niissä saatuihin tuloksiin PET-MRI:n hyödyistä pään- ja kaulan alueen syövän diagnosoinnissa.	PET-MRI:n korkea resoluutio tarjoaa paremman erottelukyvyn kuin PET-TT sekä paremman funktionaalisen informaation. PET-MRI:llä saadaan selvitettyä kasvainten koko 96% tarkkuudella, kun PET-TT:llä vastaava luku on 74%.	PET-MRI:n parhaita puolia on anatominen tarkkuus pään- ja kaulan alueella, mikä on haaste muille modaaliteeteille. PET-MRI on vakiinnuttanut paikkansa rutiininomaisessa kasvainten diagnosoimisessa.
FDG PET-MRI for lymph node staging in head		Artikkeli, jossa tarkoituksena oli selvittää PET-	Tutkimukseen osallistui 38 potilasta. Heille tehtiin	Prospektiivinen tutkimus.	16 potilaalla löydettiin metastattinen	PET-MRI hybridilaitteella ei saavutettu merkittävää hyötyä

<p>and neck cancer.</p> <p>Platzek,I. Beuthien-Baumann,B Schneider,M Gudziol,V. Kitzler,HH. Maus,J Schramm,G Popp,M. Laniado,M. Kotzerk,J ja Van den Hoff, J 2014.</p>		<p>MRI:n diagnostinen arvo FDG merkkiaineen kanssa pään- ja kaulan alueen syöpien levinneisyydessä imusolmukkeisiin.</p>	<p>PET- ja MRI-tutkimukset erikseen sekä PET-MRI –hybridilaitteella.</p>		<p>tauti. Sensitiivisyys/spesifisyys: MRI:llä 65,8%/97,2%, PET:llä 86,8%/97% ja PET-MRI:llä 89,5%/95,2%.</p>	<p>pään- ja kaulan alueen syövän levinneisyyden arvioinnissa verrattuna erikseen tehtyihin MRI- ja PET-kuvauksiin. Spesifisyys ja sensitiivisyys ovat suhteellisen samaa luokkaa PET-MRI:llä kuin erikseen tehdyissä tutkimuksissa.</p>
<p>UPDATE 2018 18F-FDG PET/CT and PET/MRI in Head and Neck Cancer</p> <p>Sanli, Y. Zulkotynski, K. Mittra, E. Chen, D, Nadel, H. Niederkoehr, R. Subramaniam, R. 2018.</p>	<p>Hollanti</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka pienet kasvaimet erottuvat FDG-merkkiaineella.</p>	<p>Tutkimukseen osallistui 80 potilasta, joilla kaikilla oli takana ainakin 10-vuotta tupakointia. Heille tehtiin PET-CT tutkimukset FDG-merkkiaineella ennen sädehoitoa ja kontrolli PET-CT tutkimukset FDG-merkkiaineella kolmen ja kuuden kuukauden jälkeen hoidosta.</p>	<p>Kuvia vertailtiin keskenään.</p>	<p>FDG-merkkiaineen avulla saadaan selvyyttä kasvaimen koosta ja sijainnista ja se helpottaa taudin tunnistamista.</p>	<p>PET-CT:llä FDG-merkkiaineella otetut kuvat ovat hyviä diagnostiikkaan, mutta tulevaisuudessa PET-MRI FDG-merkkiaineen kanssa olisi erinomainen vaihtoehto pään ja kaulan alueen kasvainten kuvantamiseen</p>

<p>PET/MRI vs PET/CT in Head and Neck Imaging: When, Why, and How?</p> <p>Joshua, R. Vasantha, A. Justin, S. 2019.</p>		<p>Artikkeli haluaa herättää keskustelua PET-CT:n vakiintuneesta asemasta onkologisessa kuvantamisessa, varhaisesta näytöstä PET-MRI:n roolista, sekä protokollakäytännöistä sekä PET-CT:llä, että PET-MRI:llä pään ja kaulan alueen kuvantamisessa.</p>	<p>Artikkelissa tarkastellaan PET-CT:n ja PET-MRI:n eroja aiempiin tutkimuksiin pohjautuen.</p>	<p>Kyseessä on kokoava kirjallisuuskatseaus. Tiedonkeruumenetelmänä on käytetty kirjoitettua tietoutta.</p>	<p>Varhainen kirjallisuus PET-MRI:stä näyttää laajalti, että se ei ole vähäisempi PET-CT:hen verrattuna ja jotkut tutkimukset näyttävät etuja PET-MRI:n hyväksi tietyissä tilanteissa, kuten esimerkiksi nielun syöpien kuvien arvioinnissa.</p>	<p>PET-CT on vakiintunut modaaliteetti onkologisessa kuvantamisessa, mutta kasvava saataavuus PET-MRI laitteilla herättää kysymyksen siitä, kumpi modaaliteetti sopii paremmin pään ja kaulan alueen syöpädiagnostiikkaan.</p>
<p>PET-MRI: Where Might It Replace PET-CT?</p> <p>Ehman, E. Johnson, Vilanueva-Meyer, G.J, S. Cha, Leynes, A. Larson, P. Hope, T. 2017.</p>		<p>Artikkelissa vertaillaan PET-CT:tä ja PET-MRI:tä, käydään yksityiskohtaisesti läpi menetelmät, joissa PET-MRI on näyttänyt lupausta ja kirjoittavat ongelmakohdista mitä tulevaisuudessa sen parissa voi olla.</p>	<p>Artikkelissa on koottu taulukoon hyödyt ja haitat sekä PET-CT:stä, että PET-MRI:stä. Modaaliteettien käyttökohteet on jaettu omiin kappaleisiinsa. Siinä käydään kattavasti läpi pään ja kaulan alueen syövät, keuhkot, abdomen ja lantion alue aina lastentauteihin saakka.</p>	<p>Artikkeli on kokoava kirjallisuuskatseaus, jonka tiedonkeruumenetelmänä on käytetty kirjoitettua tietoutta.</p>	<p>PET-CT:n etuna on hinta, nopeus ja tuttu käytettävyys. Tästä syystä PET-MRI tuskin tulee lähitulevaisuudessa ainakaan PET-CT:tä vielä syrjäyttämään.</p>	<p>PET-MRI:llä on kirkas tulevaisuus edessään, mutta sen tarkka rooli syöpädiagnostiikassa on vielä määrittämättä.</p>

<p>PET-MR Imaging in Head and Neck Cancer Current Applications and Future Directions</p> <p>Galgano, S. Marshall, R. Middlebrooks, E. McConathy, J. Bhambhani, P. 2017.</p>		<p>Artikkelin tarkoituksena on käydä läpi tämänhetkinen kirjallisuus liittyen PET-MRI kuvantamiseen pään ja kaulan alueen syövissä, sekä arvioida potentiaalisia tulevaisuuden näkymiä alan tutkimuksissa.</p>	<p>Artikkelissa käydään läpi laajalti aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Artikkelin on jaettu eri syöpätyyppeihin keskittyviin kappaleisiin, sekä käyttää apunaan runsaasti kuvamateriaalia, jossa esitellään PET-MRI:llä, sekä muutamia PET-CT:llä tehtyjä löydöksiä.</p>	<p>Artikkeli on kokoava kirjallisuuskatsaus ja tiedonkeruun menetelmänä on käytetty kirjoitettua tietoa.</p>	<p>Vaikka aiheeseen liittyvää kirjallisuutta on niukasti, on havaittavissa selviä hyötyjä sekä PET:in molekyylisellä kuvantamisella, että MRI:n anatomisella kuvantamisella ja mikä tärkeintä, tämänhetkiset tutkimukset osoittavat, että PET-MRI ei ole vähäarvoisempi modaaliteetti kuin PET-CT.</p>	<p>PET-MRI kuvantaminen tarjoaa potentiaalisesti samanlaisesti molempien modaliteettien hyödyt, tuoden samalla kokonaisvaltaista diagnostista informaatiota yhdellä kuvantamiskerralla. Valitettavasti tutkimukset, jotka liittyvät hienostuneempiin MRI tekniikoihin PET-MRI kuvantamisessa tällä hetkellä uupuvat. Lisää tutkimusta tällä alueella selvästi kaivataan.</p>
<p>Usefulness of Hybrid PET/MRI in Clinical Evaluation of Head and Neck Cancer Patients</p> <p>Samolyk N, Sierko E, Dziemianczyk D, Nowaszewska K, Lukasik M, Reszek J. 2020.</p>		<p>Tutkimuksen tarkoituksena on arvioida PET/MRI hybridin laitteen hyödyllisyyttä pään ja kaulan alueen syöpäpotilaiden leikkauksen edeltävissä vaiheissa.</p>	<p>Tutkimukseen osallistui 38 henkilöä, jotka sairastivat pään- ja kaulan alueen syöpää. Kaikille potilaille tehtiin CT-tutkimus, sekä PET-MRI tutkimus. 21 potilaalle hoito toteutettiin kirurgisesti. Leikatulle kudokselle tehtiin rutiinomainen histopatologinen tutkimus.</p>	<p>Kliininen tutkimus, jossa 38 potilaan otannasta arvioitiin PET-MRI:n hyödyllisyyttä pään- ja kaulan alueen syövän diagnosoimisessa.</p>	<p>PET-MRI:llä on suurempi spesifisyys ja herkkyys, parempi hyvä- ja huonoennusteisten imusolmukkeiden arvioinnissa kuin CT-laitteella kuvattaessa. PET-MRI:lle on myös ominaista parempi sopivuus tuumorien koon ja levinneisyyden selvittämisessä.</p>	<p>PET-MRI hybridin kuvantaminen on hyödyllinen pään- ja kaulan alueen syöpäpotilaiden syövän diagnosoimisessa ennen heidän tautinsa hoitoa. Artikkelissa kuitenkin todetaan, että tulevaisuudessa menetelmästä kaivataan lisää tutkimuksia.</p>

<p>Simultaneous PET/MRI vs PET/CT in oncology. A systematic review</p> <p>Riola-Parada, C, Garcia-Canamaque, L, Perez-Duenas, V, Garcerant-Tafur, M, Carreras-Delgado, J.L. 2015.</p>	<p>Es-panja</p>	<p>Tutkimuksen tarkoituksena on arvioida PET/MRI:n diagnostista suorituskykyä onkologiassa verrattuna PET/CT:hen</p>	<p>Systemaattinen etsintä tehtiin Medlienen, sekä Embasen tietokantoihin.</p>	<p>Kokoava kirjallisuuskatsaus yhteensä 57 artikkelista erisyöpätyypeistä.</p>	<p>PET-MRI:n diagnostinen suorituskyky oli yhtä hyvä, tai jopa hieman parempi useimmissa onkologisissa tutkimuksissa PET-CT:hen verrattuna. PET-CT oli kuitenkin parempi pienten keuhkonystyröiden havaitsemisessa.</p>	<p>Hybridi PET-MRI onkologiassa on käyttökelpoinen modality, suoritetun vähintään yhtä hyvin kuin PET-CT, pienemmällä säderasituksella. Olemassa oleva näyttö on kuitenkin yhä rajallista. Tarvitaan lisää tutkimuksia suurilla potilasmäärillä, jotta voidaan tunnistaa asianmukaiset protokollat eri taudille.</p>
<p>18F-FDG-PET-MRI in pre-operative staging of oesophageal and gastroesophageal junctional cancer.</p> <p>Linder, G. Korsavidou-Hult, N. Bjerner, T. Ahlström, H. Hedberg, J. 2019.</p>		<p>Tutkimuksen tarkoituksena on vertailla keskenään PET-MRI:llä ja PET-CT:llä tehtyjä ruokatorven tutkimuksia. Molemmilla modalityteitä tutkimus tehdään FDG-merkkiainetta käyttäen. Tutkimukset tehdään ennen tulevaa ruokatorven syöpäleikkausta.</p>	<p>Ennen leikkausta 16 potilaalle tehtiin ensin PET-CT tutkimus FDG-merkkiaineella, jolla tauti osoitettiin kliinisesti. Tämän jälkeen potilaalle tehtiin PET-MRI kuvaus FGD-merkkiaineella. Kaksi erillistä radiologiryhmää vertailivat tutkimuksia. Radiologit vertailivat tuumorien kokoa ja etäpesäkkeitä. Kasvaimet luoi-</p>	<p>Kliininen tutkimus, jossa 16 potilaasta otetuista PET-CT ja PET-MRI tutkimuksia vertaillaan keskenään. Tutkimukset tehtiin FDG-merkkiaineella molemmissa.</p>	<p>Tutkimuksissa ei ilmennyt komplikaatioita. Tuumorimittauksissa suuria eroja ei tutkimuksien välillä ilmennyt. PET-MRI:ssä Cohenin kappa oli (0,333) ja PET-CT:ssä vastaavasti (0,849).</p>	<p>Tutkimuksen mukaan FDG-merkkiaineella tehtävä PET-MRI tutkimus on turvallista ja lupaavaa. PET-MRI:llä on parempi ku-doserottelukyky, kuin PET-CT:llä. PET-MRI ja PET-CT tutkimukset vastasivat pääasiassa laadultaan toisi-aan. Tutkimuk-sen tulokset helpottavat jat-kotutkimus mahdollisuuksia, joissa tutki-taan PET-MRI:n</p>

			kiteltiin molemmissa tutkimuksissa. Radiologit tekivät Cohenin kappa vertailut. Cohenin kappa laskee havainnoinnin yhteneväisyyden ja ottaa yhtälössä huomioon myös sattuman vaikutukset.			roolia määrittämään vaste neoadjuvantti-hoidolle.
--	--	--	---	--	--	---

Taulukko 2. (mukaeltu Metsälä ym. 2017).