



BACHELOROPPGAVE

**PET/MR sammenlignet med PET/CT
fordeler og ulemper**

***- PET/MRI compared to PET/CT
advantages and disadvantages***

FORFATTERE:

Jane Marion Haugsrud

Linn Bergh Mikalsen

Celine Hestvik Olsen

Høgskolen i Gjøvik, avdeling for helse, omsorg og sykepleie, seksjon for radiografi og
helseteknologi.

Våren 2014

Ord: 9079

Dato: 14.05.2014

Sammendrag

Tittel:	PET/MR sammenlignet med PET/CT	Dato : 14/05-14
	Fordeler og ulemper	
Deltaker(e)/	Jane Marion Haugrud	
	Linn Bergh Mikalsen	
	Celine Hestvik Olsen	
Veileder(e):	Bengt Erik Johansson	
Evt. oppdragsgiver:		
Stikkord (3-5 stk)	PET/MR, PET/CT, barn, kreftdiagnostikk	
Antall sider/ord:	Antall vedlegg: 1	Publiseringsavtale inngått: nei
Kort beskrivelse av bacheloroppgaven:		
Problemstilling: Hva er dokumentert av fordeler og ulemper ved PET/MR sammenlignet med PET/CT, og kan PET/MR benyttes ved kreftdiagnostikk av barn og unge?		
Hensikt: Er på sammenligne PET/MR med PET/CT, og om PET/MR kan brukes på barn ved kreftutredning.		
Metode: Kvalitativt litteraturstudie med analyse av artikler.		
Resultat: De tekniske utfordringene ved PET/MR er hovedsakelig attenuasjonskorreksjon og kompatibilitet mellom komponentene. En av hovedgrunnene til at PET/MR kan være bedre enn PET/CT er den gode bløtvevskontrasten og den reduserte stråledosen til eksempelvis barn. Det er teknisk mulig å utføre en PET/MR undersøkelse på barn, men det er fortsatt noen utfordringer.		
Konklusjon: Vi fant flest positive sider ved PET/MR, men også sider der PET/CT står sterkest. Begge har hver sine begrensninger, PET/CT på bløtvev, og PET/MR på det tekniske, tid og økonomi. Det trengs mer forskning for å konkludere om en PET/MR kan ha en fremtidig plass ved diagnostikk hos barn, og om den generelt har verdi i samfunnet.		

Abstract

Title:	PET/MR compared to PET/CT	Date : 14/05-14
	Advantages and disadvantages	
Participants/	Jane Marion Haugrud	
	Linn Bergh Mikalsen	
	Celine Hestvik Olsen	
Supervisor(s)	Bengt Erik Johansson	
Employer:		
Keywords	PET/MRI, PET/CT, children, cancer diagnostics.	
(3-5)		
Number of pages/words:	Number of appendix: 1	Availability: confidential
Short description of the bachelor thesis:		
<p>Issue: What is documented of the advantages and disadvantages of PET/MRI compared with PET/CT, and may PET/MRI be used for cancer diagnostics in children and adolescents?</p> <p>Purpose: To compare PET/MRI with PET/CT and if PET/MRI can be used on children in cancer studies.</p> <p>Method: Qualitative study of literature with analysis of articles.</p> <p>Result: The technical challenges of PET/MRI is mainly attenuation correction and compatibility between components. One of the main reasons why PET/MRI may be superior to PET/CT is the good soft-tissue contrast and reduced radiation dose to for example children. It is technically possible to perform a PET/MRI examination on children, but there are still some challenges.</p> <p>Conclusion: We found that there are most positive aspects of PET/MRI, but also sides where PET/CT is strongest. Both have their limitations, PET/CT in soft tissue, and PET/MRI concerning the technical, time and finances. It is technically possible to perform a PET/MRI examination in children. Further research is needed to conclude whether a PET/MRI may have a future seat at diagnostics in children, and if it generally has value in the society.</p>		

Forord

Dette er vår avsluttende bacheloroppgave i radiografi ved Høgskolen i Gjøvik, våren 2014. Arbeidet med denne oppgaven har vært veldig interessant, tidskrevende og ikke minst lærerikt. Problemstillingen ble valgt på bakgrunn av nytt og spennende tema og iveren etter å finne ut mer basert på nyere forskning. Vi mener at denne oppgaven kan være relevant for radiografer, bioingenører og andre yrkesgrupper innen fagfeltet.

Vi vil vie en spesiell takk til veileder Bengt Erik Johansson for utmerket veiledning og kommentarer underveis, og Bjørn Hofmann for innspill.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Abstract	3
Forord.....	4
1.0 Innledning	7
1.1 Bakgrunnen for valg av problemstilling og avgrensninger	9
1.2 Radiografaglig relevans	9
1.3 Begreper og forkortelser	10
2.0 Teori.....	11
2.1 Utredning av kreft hos barn.....	11
2.1.1 PET/CT som undersøkelsesmetode.....	11
2.1.2 MR som undersøkelsesmetode	12
2.1.3 PET/MR som potensiell undersøkelsesmetode	12
2.2 Radiofarmaka til bruk ved PET/CT og PET/MR	13
2.3 Hva kjennetegner PET/MR?	14
2.3.1 PET-detektor ved fullt integrert PET/MR	14
2.3.2 Typer PET/MR.....	15
2.3.3 Ulike designløsninger på fullt integrert PET/MR	16
3.0 Metode	19
3.1 Databasesøk	19
3.1.1 Begrunnelse av søkeord	20
3.1.2 Inklusjons- og eksklusjonskriterier	20
3.2 Kvalitetssikring av artikler	21
3.3 Andre kilder	22
3.4 Analyse av artikler	22
4.0 Resultater	23
4.1 Generelle fordeler ved PET/MR	23
4.1.1 PET/MR indikasjoner.....	23
4.1.2 Tekniske aspekter ved PET/MR.....	24
4.1.3 Stråledose	25
4.2 Generelle ulemper ved PET/MR.....	25
4.2.1 Attenuasjonskorreksjon.....	26
4.2.2 Bildetydning av PET/MR-bilder	26
4.2.3 Samfunnsøkonomiske aspekter	27
4.2.4 Tidsmessige aspekter	27
4.2.5 PET-detektor på PET/MR	28
4.2.6 Andre utfordringer ved PET/MR	28
4.3 PET/CT	29

4.3.1 Fordeler ved PET/CT	29
4.3.2 Ulemper ved PET/CT	30
4.4 Barn ved PET/MR	31
4.4.1 Barn og stråling	31
4.4.2 Ulemper ved bruk av PET/MR til kreftutredning av barn	32
4.5 Generell kreftutredning ved PET/MR	32
4.5.1 Generelle indikasjoner	32
4.5.2 Spesifikke indikasjoner	33
4.5.3 TNM og PET/MR	34
5.0 Drøfting	35
5.1 Drøfting rundt det tekniske og bløtvevskontrasten.	35
5.1.1 Attenuasjonskorreksjon	35
5.1.2 Samregistrering av data	35
5.1.3 PET-detektor	36
5.1.4 Bløtvevskontrast	36
5.2 Fordeler ved PET/MR som modalitet ved kreftutredning av barn til sammenligning med PET/CT?	37
5.3 Stråledose til barn ved PET/CT og PET/MR	38
5.4 Pasientvelferd ved barn	39
5.5 Samfunnsøkonomiske aspekter	40
5.6 Metodekritikk	41
5.6.1 Validitet	41
5.6.2 Reliabilitet	42
6.0 Konklusjon	43
Litteraturhenvisning	44
Vedlegg 1	49
Vedlegg 2	50

1.0 Innledning

Hovedtemaet for oppgaven er diagnostikkmetoden PET/MR (Positron Emisjons Tomografi/Magnetisk Resonans), og hva dette kan bety innen kreftdiagnostikk av barn, til sammenligning med diagnostikkmetoden PET/CT (Positron Emisjons Tomografi/Computed Tomografi).

Hovedgrunnen til å gjøre en PET-undersøkelse i dag er ved bruk av fullkroppsskan til onkologiske sykdommer, som nå til dags gjøres nesten eksklusivt med en kombinert PET/CT (Herzog 2012). I dag brukes PET/CT på kreftutredning, også av barn (Kjaer m.fl. 2013). PET/CT har hatt stor suksess innen klinisk bruk, men det viste seg også at det er behov for videre utvikling av hybridmetodene. Dermed ble PET/MR til, for å overkomme begrensningene til PET/CT (Partovi m.fl. 2014).

En PET/MR er en tradisjonell MR kombinert med PET-teknologi (Olsen 2012). Denne hybridmetoden med PET og MR gjør det mulig å samle inn data fra disse samtidig (Rakheja m.fl. 2014). Den første prekliniske kombinerte PET/MR maskinen ble introdusert på 1990-tallet (Martinez-Moller m.fl. 2012). PET/CT kom i 1988, men var ikke i klinisk bruk før 2001 (von Schulthess og Schlemmer 2009).

I 17 år har det vært forsket på PET/MR, og i 2012 var PET/MR skannere for menneskelige studier installert over hele verden, noe som viser at det er et stort håp for PET/MR (Herzog 2012). Et tiår etter introduksjonen av den kommersielle PET/CT ble helkroppss PET/MR skannere introdusert på markedet for klinisk bruk (Martinez-Moller m.fl. 2012). I 2012 fikk Norge sin første PET/MR maskin på St. Olavs Hospital i Trondheim (Olsen 2012).

Hvert år blir 150 barn kreftsyke i Norge, og på verdensbasis er det 250 000. Fire av fem blir kurert, men det betyr også at en av fem ikke overlever. Kreft er den vanligste dødsårsaken hos barn i den vestlige verden og det er et stort behov for forskning på området. Et barn har mesteparten av livet å leve i etterkant av kreftsykdommen, noe som gjør det veldig viktig å forske på senefekter til de kurerte (Barnekreftforeningen 2014). Ifølge IAEA (2013) er barn mer strålefølsomme enn voksne, og all stråling har en teoretisk risiko for kreftutvikling. Med tanke på dette vil vi undersøke om barn kan ha nytte av en PET/MR ved kreftutredning i forhold til en PET/CT, siden PET/MR ikke benytter seg av ioniserende stråling.

Formålet med denne oppgaven er å gi en oversikt over noen av de positive og negative sidene som er dokumentert ved PET/MR sammenlignet med PET/CT, og videre om hvordan dette kan brukes ved kreftutredning av barn. Ut ifra formålet har vi formulert problemstillingen: *“Hva er dokumentert av fordeler og ulemper ved PET/MR sammenlignet med PET/CT, og kan PET/MR benyttes ved kreftdiagnostikk av barn og unge?”*

Vi har laget forskningsspørsmål som en del av oppgaven. Vi valgte denne metoden for å være sikre at vi inkluderer tilstrekkelig informasjon i oppgaven for å besvare problemstillingen.

- Hvordan er den grunnleggende oppbygningen og funksjonen av en PET/MR?

Med dette forskningsspørsmålet vil vi få frem det vi ser på som nødvendig informasjon om PET/MR som forforståelse for oppgaven. I teorikapittelet vil dette forskningsspørsmålet bli besvart.

- Hvordan gjennomføres en kreftdiagnostisk undersøkelse av barn og unge på PET/CT i dag?

Vi legger frem det grunnleggende ved dette for å ha en oversikt, med tanke på å vite likheter og ulikheter med PET/MR og PET/CT undersøkelser. Dette forskningsspørsmålet blir også besvart i teorikapittelet.

- Hvilke utfordringer må håndteres, rundt de tekniske aspektene, for at PET/MR kan bli et klinisk alternativ ved nukleærmedisin?

Siden PET/MR ikke finnes tilgjengelig for pasienter i dag synes vi det kan være interessant å vite akkurat hvorfor. Punktet vil bli besvart i konklusjonen.

1.1 Bakgrunnen for valg av problemstilling og avgrensninger

På skolen har vi lært om PET/CT og syntes det var interessant at man kunne kombinere to modaliteter og resultatet som kom av det. Vi så gjennom radiograffaglige tidsskrifter på internett etter et tema til oppgaven innen nye diagnostiske bildeteknikker. PET/MR dukket opp og fenget oss fra første øyeblikk.

Det er stadig nye teknikker som utvikles innen bildediagnostikk. PET/MR er en av de og vi ønsker å se hvor langt denne modaliteten har kommet i utviklingen. For å finne ut dette må vi først og fremst vite hva en PET/MR-maskin er. Videre så vi det logisk å dele inn i fordeler og ulemper for å kartlegge egenskapene. Barn ble valgt som pasientgruppe fordi de er mer strålefølsomme enn voksne, og vi mener at det kan være en fordel ved PET/MR, siden den ikke benytter seg av ioniserende stråling. Ved barn menes det fra 0-18 år da dette var målgruppen til artiklene som omhandlet barn. Vi valgte kreft som diagnose på grunnlag av at barn og unge er en sårbar pasientgruppe med denne alvorlige diagnosen. Det finnes lite forskning på kreftutredning på barn ved PET/MR, derfor valgte vi å ikke begrense oss til en spesifikk kreftform. Vi har ikke tatt med andre modaliteter enn PET/CT og PET/MR i oppgaven.

1.2 Radiograffaglig relevans

Vi mener at dette temaet er radiograffaglig relevant da radiografer innen nukleærmedisin er en økende trend. På nukleærmedisinsk avdeling finner man PET/CT, hvor kanskje også PET/MR hadde blitt tatt i bruk om den skulle bli klinisk relevant innen bildediagnostikk.

Det er viktig å holde seg oppdatert på fagområdet innen radiologisk bildeteknologi, og det er interessant for oss fremtidige radiografer å følge med på nye undersøkelsesmetoder.

Det å slå sammen to modaliteter til en undersøkelse blir mer vanlig, og kanskje PET/MR blir en ny maskin som radiografer kan jobbe med i fremtiden?

1.3 Begreper og forkortelser

Vi har laget en tabell med oversikt over begreper og forkortelser som blir brukt i oppgaven.

FORKORTELSSES- OG BEGREPSAVKLARING

Forkortelse/Begrep	Forklaring	Kilde
TNM	T – Tumor utbredelse. N – Nodes, forekomst og eventuell spredning til lymfeknuter. M – fjern-Metastaser, om det foreligger.	Brustugun 2014
¹⁸F-FDG	Fluordeoksyglucose. Radiofarmaka - sukker bundet til et radioaktivt isotop. Brukes ved undersøkelsene PET, PET/CT og PET/MR.	Kristiansen 2013
RF	Radiofrekvens. Et av grunnprinsippene ved MR. Radiofrekvensen sender puls via coilen, som får kroppen til å sende signaler tilbake til coilen. Disse signalene blir sendt til en data som lager bilder.	Chavhan 2011
DWI	Diffusion Weighted Imaging, er en MR teknikk som avbilder den tilfeldige bevegelsen til vannprotonene.	Chavhan 2011
SUV	Standarized Uptake Value. Er brukt som en kalkulering på konsentrasjonen av radioaktivitet i vevet ved PET.	Oikonen 2014
AC	Attenuasjonskorreksjon, er en korreksjon av fotoner som ikke når frem til detektor fra vevet.	Skretting 2009
PACS	Picture Archiving and Communication Systems. Digitalt system ved radiologiske avdelinger hvor man kan se på og sende bilder mellom radiograf og radiolog.	Dreyer mfl. 2006
Gating	Det er en teknikk som konverterer pusting til et elektronisk signal, slik at man får data av utpusting.	mediLexicon 2006
keV	Kilo ElektronVolt. Elektronvolt er energien et elektron får når den blir sendt gjennom et potensiale med én volt.	National Aeronautics And Space Administration 2001

Tabell 1: Forkortelses- og begrepsavklaring. Laget av Olsen C.H. 2014.

2.0 Teori

Aktuell teori blir presentert som grunnlag for oppgaven. Vi vil forklare kort om de ulike modalitetene, kort om fysikk og preparat ved PET/CT og PET/MR.

2.1 Utredning av kreft hos barn

Her vil vi ta for oss de modalitetene som er aktuelle for oppgaven, både grunnleggende teknisk, og hvordan en undersøkelse på barn ved kreftutredning foregår.

2.1.1 PET/CT som undersøkelsesmetode

CT kan brukes for å få skjelett og kalk godt frem. (Helsedirektoratet 2014). PET er en nukleærmedisinsk undersøkelse som muliggjør bildetakning av fysiologiske og biokjemiske prosesser. Hovedbruken av PET er til onkologi, men kan også benyttes ved andre tilstander. Preparatene som brukes her er positronemittere som Fluorodeoksyglukose (^{18}F -FDG) (Norsk legemiddelhandbok 2013). Siden disse preparatene er radioaktive og injiseres i pasienten, vil pasienten på PET-undersøkelser være strålekilden (Statens Strålevern 2014).

Før en undersøkelse med PET/CT bør barn faste i fire til seks timer, men skal drikke vann. Pasientene blir rådet til å ikke gjennomføre hard trening dagen før undersøkelsen med tanke på å unngå forhøyet opptak av FDG i musklene (Stauss m.fl. 2008). Dette radioaktive stoffet injiseres i kroppen til pasienten en time i forkant av undersøkelsen. ^{18}F -FDG blir tatt opp og fordeler seg rundt i kroppen, og dette tar cirka 45 minutter (Helse Bergen 2010). Noen sykehus vil vente i opptil to timer etter injeksjonen. Under bildetakingen kan bli pasienten bli immobilisert for å unngå bevegelse, og sedering kan bli brukt (Stauss m.fl. 2008). Legene som studerer bildene fra PET/CT kan identifisere om det er unormal aktivitet i kroppen og dermed kan de forbedre diagnostiseringen til kreftpasienter (Helse Bergen 2010).

2.1.2 MR som undersøkelsesmetode

En MR undersøkelse gjøres ved hjelp av en kraftig magnet, en radiofrekvens (RF) og en radiomottaker. Den består også av en datamaskin som får frem bilder av ønsket område i kroppen. Pasienten blir ikke utsatt for stråling ved en MR-undersøkelse (Nasjonal Kompetansetjeneste for funksjonell MR 2013).

MR er god på leddbrusk, bløtdeler og beinmarg. En undersøkelse på MR består av cirka tre til seks opptak av bilder, der hvert av opptakene tar fem minutter eller mindre. Bildene kan tas i alle plan; coronalt, sagittalt og axialt plan. Hele undersøkelsen tar vanligvis 25 minutter eller mindre mens pasienten ligger i ro (Helsedirektoratet 2014).

Undersøkelsen begynner ved at personalet gjennomfører å utføre den samme sjekklisten som hos voksne. Sjekklisten går blant annet ut på om pasienten har metall på seg eller på innsiden kroppen. Dette er også en undersøkelse som krever at barnet må ligge helt stille. Her blir bruk av narkose vurdert ut i fra barnets alder, hvilken undersøkelse som utføres og hvor lang tid den tar. Barn fra tre måneder til fem-års alderen får vanligvis alltid narkose da det er vanskelig å få de til å ligge helt i ro. Narkose krever tilstedeværelse av anestesilege og sykepleiere (Nasjonal Kompetansetjeneste for funksjonell MR 2013).

2.1.3 PET/MR som potensiell undersøkelsesmetode

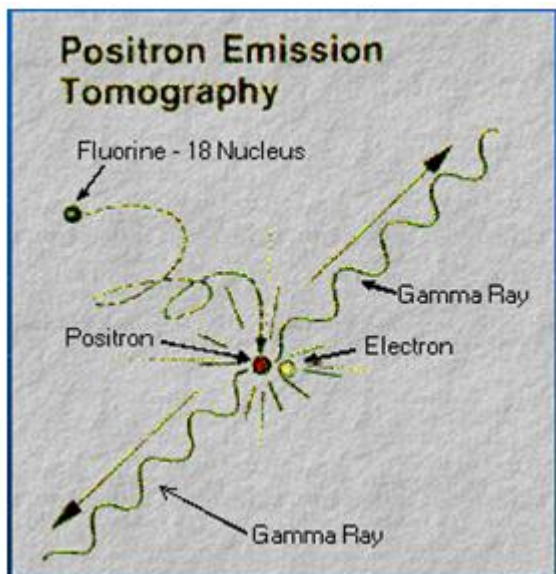
Pasientforberedelsene ved en PET/MR er hovedsakelig de samme som for PET eller PET/CT, men de vil ta lengre tid. Ved bruk av ^{18}F -FDG inkluderer dette fasting, glukosekontroll, hydrering og at pasientene skal hvile mellom injisering av FDG og bildetakning for å minske opptak i muskler. I tilfeller med klaustrofobiske pasienter kan det være aktuelt med mild sedering, noe man ser oftere ved PET/MR enn ved PET/CT på grunn av at trommelen har mindre diameter på MR. Mindre gantrystørrelse og mulig nærvær av MR-spoler gir begrenset med rom (Kjaer m.fl. 2013). Man må også ta hensyn til potensielle kontraindikasjoner som ved en MR undersøkelse, for eksempel ved ikke MR-kompatibel pacemaker, kunstige hjerteklaffer og graviditet (Martinez-Møller m.fl. 2012). En sammenligning viser at kreftpasienter er generelt plassert med armene opp i PET/CT, mens de holder armene ned under en PET/MR. Dette gir lengre undersøkelsestid. (Kjaer m.fl. 2013).

2.2 Radiofarmaka til bruk ved PET/CT og PET/MR

Det finnes en rekke indikasjoner innen onkologi der ulike radiofarmaka foretrekkes, men vi har kun tatt for oss ^{18}F -FDG.

95% av undersøkelsene ved PET/CT bruker ^{18}F -FDG (Fanti m.fl. 2010). ^{18}F -FDG settes i kroppen for å se hvordan sukkeret fordeles. Stoffet inneholder sukker, og kreftceller har høyere sukkerforbrenning enn normalt vev. På grunn av at ^{18}F -FDG er radioaktiv vil stråling emitteres fra pasienten og detekteres ved hjelp av PET i form av bilder (Kristiansen 2013).

^{18}F -FDG PET gir en stråledose på 7-15 milliSievert (mSv), avhengig av injeksjonsdose (von Schulthess og Schlemmer 2009). Det finnes ingen bivirkninger knyttet til ^{18}F -FDG (Norsk legemiddelhandling 2013). Figur 1 under illustrerer hvordan ^{18}F -FDG fungerer.



Figur 1. Hentet fra [Johansson, i Powerpointpresentasjon vist i forelesning "M7/Positron Emisjons Tomografi" 21.11.2013]

Når FDG mister sin radioaktive energi, vil det bli emittert positroner over en kort avstand. Disse mister energi når de trenger gjennom vev. Når mesteparten av bevegelsesenergien er tapt skjer det annihilasjon. I denne prosessen vil et positron reagere med et elektron i nærområdet. Produktet av dette er to høyenergifotoner på 511 keV. De blir emittert 180 grader fra hverandre og treffer PET-detektoren. Linjen fotonene følger blir prosessert av en datamaskin som beskriver vevet i kroppen. (University of Virginia 2013).

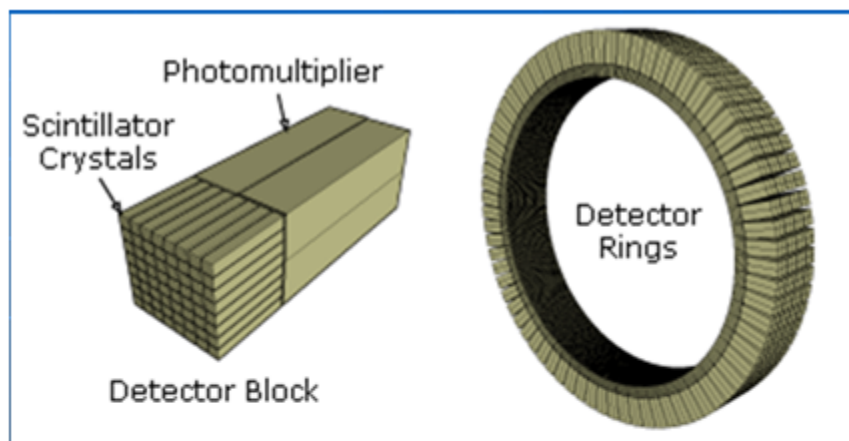
2.3 Hva kjennetegner PET/MR?

Her går vi gjennom PET-detektors oppbygning ved PET/MR. Ulike designløsninger på PET/MR maskinen er også beskrevet.

2.3.1 PET-detektor ved fullt integrert PET/MR

En PET-detektor har funksjonen med å plukke opp det radioaktive stoffet som blir sendt fra pasienten og å lage bilder av informasjonen som detekteres. Ved en PET eller PET/CT undersøkelse vil denne detektoren være bygd opp av blant annet scintillasjonskrystaller. (Fatemi-Ardekani m.fl. 2009)

Hovedforskjellen mellom en vanlig PET-detektor og en PET/MR-detektor er at den sistnevnte er MR kompatibel. Den benytter seg av silikon fotomultiplikatorer (SiPM) bygd opp av avalanche fotodioder (APD), mens en vanlig PET-detektor ikke er MR kompatibel (Rakheja 2014). Nedenfor viser figur 2 hvordan en PET-detektor ved PET/CT er bygd opp og funksjonen til detektoren beskrives.



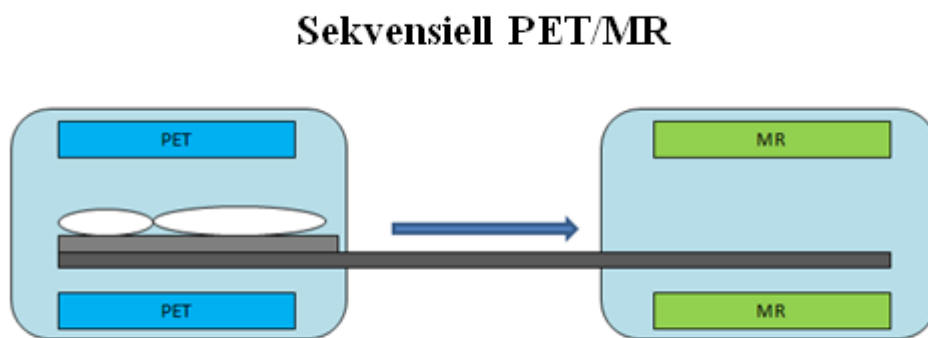
Figur 2. Hentet fra [Johansson, i Powerpointpresentasjon vist i forelesning "M7/Positron Emisjons Tomografi" 21.11.2013]

Bruk av detektorblokker er det vanligste detektordesignet. Den består av fotomultiplikatorrør (PM-rør) og scintillasjonskrystaller. Et PM-rør er en foton-detektor (Phelps 2006). Detektorblokkene utgjør parallelle detektorringer. Krystallene detekterer annihilasjonsfotoner og videresender signaler fra disse fotonene i form av lys. PM-rørene gjør om lyset til en strømpuls (Skretting 2009). Signalet fra PM-rørene blir digitalisert og rekonstruert til bilder (Phelps 2006).

2.3.2 Typer PET/MR

Hittil er det tre produsenter som har laget PET/MR-maskiner, og de har løst det på tre ulike måter. Den ene løsningen går ut på å ha to separate maskinsystemer som kan brukes separat for PET eller MR. Dette fører til at pasienten først skal gjennom den ene maskinen for så å bli flyttet til den neste (Jadvar 2014).

En annen produsent har maskinene plassert ved siden av hverandre i et stort rom. Det er felles pasientbord på de to maskinene og kalles for en sekvensiell skanner. (Jadvar 2014) Her er PET og MR hver for seg, men med felles undersøkelsesbord. Pasienten slipper å forflyttes fra undersøkelsesbordet for å ta den andre undersøkelsen. For å få bilder av data som ikke registreres samtidig blir dataen satt sammen i ettertid. Det er flere designmuligheter ved sekvensielle skannere (von Schulthess og Schlemmer 2009). Et eksempel vises under på figur 3.



Figur 3: Sekvensiell PET/MR. Laget av Olsen C.H. 2014.

Den siste produsenten har designet en fullt integrert maskin hvor PET og MR har blitt én maskin. PET detektoren er da plassert inne i hovedmagneten. På denne måten kan dataene samles inn samtidig. Bildene blir gode på den strukturelle og funksjonelle måten (Jadvar 2014). Eksempler på design med fullt integrerte PET/MR maskiner er vist i kapittel 2.3.3.

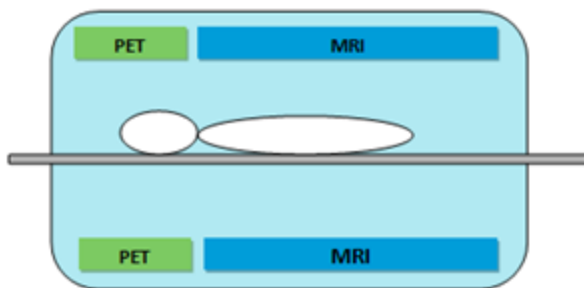
2.3.3 Ulike designløsninger på fullt integrert PET/MR

I 2009 var det tre ulike måter man kunne kombinere en PET og en MR til en fullt integrert maskin. Vi har størst fokus rundt den fullt integrerte PET/MR maskinen, da denne varianten ser ut til å bli mest brukt.

Side ved side:

PET og MR er plassert ved siden av hverandre med PET-komponenten i hodeenden. Dette vil gi mindre forstyrrelser mellom PET-detektoren og magnetfeltet. Designet er likt med PET/CT og det brukes kun ett pasientbord. Denne løsningen vil ikke kunne gi bilderegisteringen av PET og MR-data samtidig og gir også økt skantid.

PET side ved side

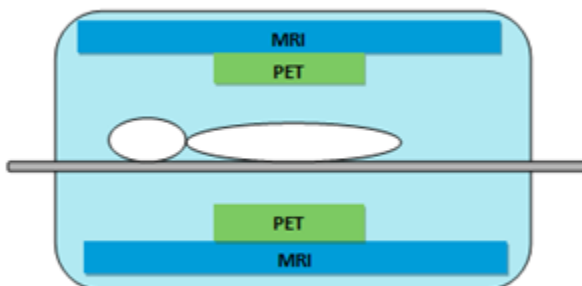


Figur 4: PET side ved side. Laget av Olsen C.H. 2014

PET satt inn i MR:

PET-komponenten er plassert nedenfor og inntil magneten. Her er field of view (FOV) lik for PET og MR og de kan dermed registrere data samtidig. PET-delen er portabel og kan tas ut om ønskelig. Denne versjonen gir mindre plass til pasienten.

Innsetting av PET i MR

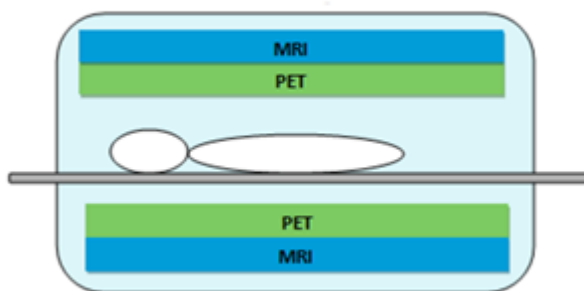


Figur 5: Innsetting av PET i MR. Laget av Olsen C.H. 2014

Fullt Integrert skanner:

PET-detektoren er fullt integrert inn i MR-gantryet. Bildedata samregistreres og det er større rom til pasienten. Dette er den mest kompliserte løsningen rent teknisk og den dyreste (Fatemi-Ardekani 2009).

Fullt integrert PET/MR



Figur 6: Fullt integrert PET/MR. Laget av Olsen C.H. 2014

3.0 Metode

Vi har valgt å gjøre et kvalitativt litteraturstudie i bacheloroppgaven vår. Dette er en metode som kan egne seg godt, da vi mener intervju, spørreundersøkelse eller kvantifisering ikke ville besvart oppgaven i samme grad. Dette er på grunn av at det er begrenset med kunnskap på dette temaet fra før (De nasjonale forskningsetiske komiteene 2013). PET/MR er en relativt ny teknikk og vi har verken tilgang på en slik maskin eller personell som har erfaring med den. Dette var også et grunnlag for valg av litteraturstudie som metode. Samt med vår begrensede kompetanse som studenter tilsier at vi ikke kunne gjort egen forskning på dette området.

For å finne informasjon om PET/MR av egen erfaring, reiste vi til ECR i Østerrike og deltok på flere forelesninger om temaet. I ettertid har vi forsøkt å finne publikasjoner av foreleserne og kontaktet de for å få data, men dette lot seg ikke gjøre. Vi får derfor ikke inkludert noe av de vi lærte på ECR i oppgaven. PET/MR bilder var også vanskelig å få med på grunn av opphavsrettigheter.

3.1 Databasesøk

Artiklene som er brukt i oppgaven ble hentet fra ulike databaser. Vi begynte med å søke gjennom alle databasene på hig.no merket med “helse”, og gjennomførte eksplorative søk innen PET/MR. Dette gjorde vi fordi PET/MR er en ny teknikk, og vi tok dermed utgangspunkt i at det ikke ville være enkelt å finne artikler som var spesifikke for vår problemstilling. De databasene uten vellykkede søk ble lukket ut. Resten ble med i neste runde for strukturerte søk etter de søkeordene vi hadde valgt ut. Gjennom hele oppgaveprosessen ble det kjørt kontinuerlige søk etter eventuelle nye artikler innen området. Dette var for å få med den nyeste av forskningen innen PET/MR.

3.1.1 Begrunnelse av søkeord

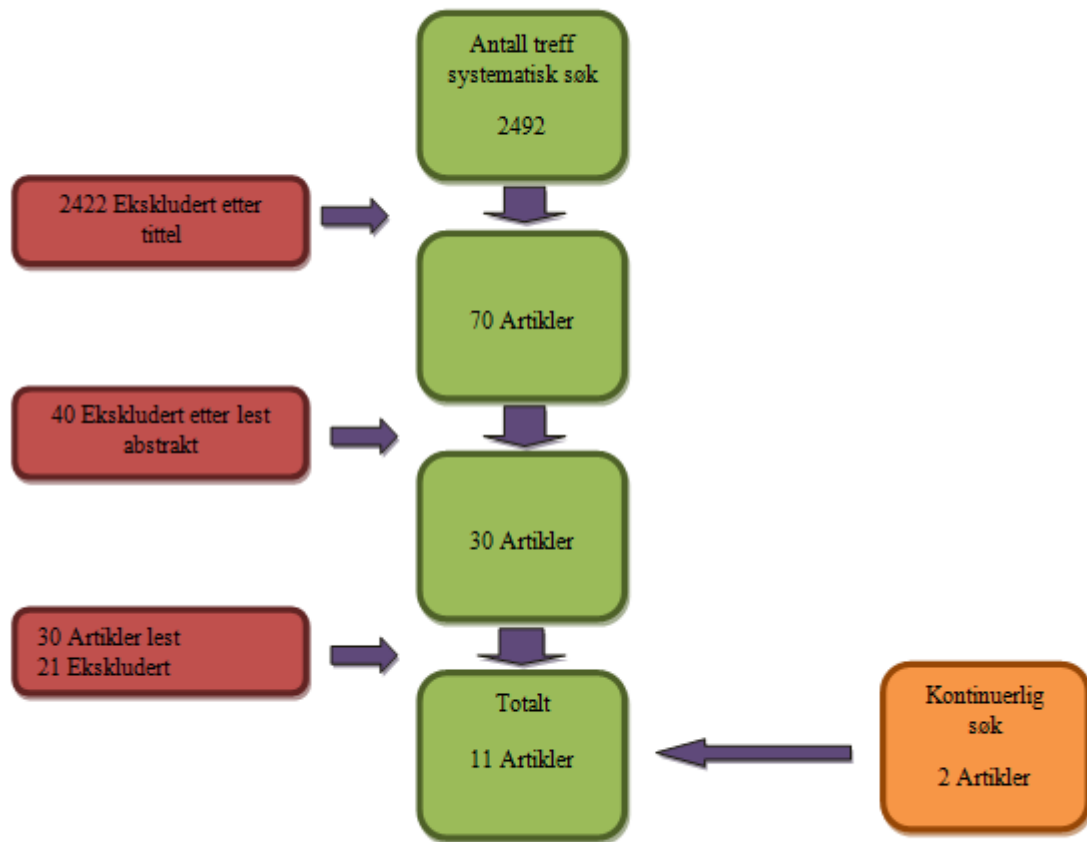
PET/MR er en så ny modalitet at det er uenigheter om skrivemåten på betegnelsen. På grunn av dette brukte vi variantene PET/MRI og MR/PET ved søkene, da disse så ut til å være mest brukt. Dette var for å dekke et større område og ikke gå glipp av viktige artikler. Andre varianter av kombinasjonen PET/MR ble prøvd ut i den eksplorative søkingsfasen, men uten noen spesifikke treff.

Vi ville finne artikler som hadde studier på det grunnleggende med maskinen. Videre ville vi finne de som omhandlet bruk og resultat av PET/MR på barn med kreft, gjerne sammenlignet med PET/CT. Fordelene og ulempene ved maskinene skulle også dekkes. Dette medførte at listen av søkeordene økte betrakelig, og mulige kombinasjoner ble mange. Søkeoversikt er i vedlegg 1.

3.1.2 Inklusjons- og eksklusjonskriterier

Vi har valgt å begrense søket til innenfor de siste fem årene for å mest mulig ny forskning på et nytt fagområde. Der det var mulig begrenset vi til “abstract, title, keywords” for å få mer eksakte søk, og valgte “alle typer forskning” for å få med mest mulig informasjon. Vi brukte kvalitative studier fordi vi mener disse ga mest relevant informasjon til oppgaven vår. Figur 6 under viser fremgangsmåten ved utvelgelse av artikler.

Fremgangsmåte ved artikkelsøk



Figur 6: Figur av artikkelsøkingen. Laget av Olsen C.H 2014

3.2 Kvalitetssikring av artikler

For å kontrollere innholdet på de utvalgte artiklene ble de kvalitetsikret ved hjelp av en sjekkliste fra nasjonalt kunnskapscenter for helsetjenesten (2006). Her ble det blant annet vektlagt om formålet ved studien kom godt frem, om den hadde relevanse for vår oppgave og om utvalget og datainnsamlingen var godt beskrevet. Noen av kildene til forfatterne av artiklene ble også kontrollert for å sikre kvaliteten (Kunnskapscenteret 2014).

3.3 Andre kilder

Bøkene vi har valgt å bruke i teoridelen til denne oppgaven er hentet fra biblioteket ved Høgskolen i Gjøvik og er ment for helsepersonell. Internettssidene vi har brukt er hovedsaklig fra større organisasjoner som for eksempel barnekreftforeningen. På grunnlag av dette mener vi litteraturen brukt i oppgaven er hentet fra pålitelige og seriøse kilder.

3.4 Analyse av artikler

Det er lagt mest vekt på fordeler og ulemper, og vi har brukt kun disse to fargekodene under merkingen av artiklene. Resultatene blir tatt ut og fordelt i fire hovedkategorier; PET/MR generelt, PET/CT, barn og unge ved PET/MR og det som sto generelt om kreftutredning ved PET/MR. Hver av disse igjen har underkategoriene fordeler og ulemper. På denne måten blir det lettere å få oversikt. Vi fant fellesnevnerne for flere av resultatene og kunne kategorisere de sammen slik at det ga mening i et mer helhetlig perspektiv.

4.0 Resultater

Her legger vi frem hovedfunnene fra artiklene. Vi har valgt å dele inn hovedpunktene i fordeler og ulemper.

4.1 Generelle fordeler ved PET/MR

I dette kapittelet tar vi for oss funn som talte positivt for PET/MR.

4.1.1 PET/MR indikasjoner

Selv om PET/CT har vært en suksess, er det mye diskusjon om det kan være lurt å bytte ut CT-komponenten med en MR for å få til en ny hybrid skanner. Dette baserer seg på at MR har bedre bløtvevskontrast enn CT. Hvis man bruker MR istedenfor CT får man både fysiologisk og metabolsk informasjon (Herzog 2012). Yankeelov m.fl. (2012) støtter dette og skriver at PET/MR også muliggjør for anatomisk og molekylær informasjon. Herzog m.fl. (2010) legger til at PET/MR ikke er begrenset som en tilleggsundersøkelse av anatomi med MR og funksjon med PET, men inkluderer kombinerte funksjonelle bilder samtidig med styrken fra begge modaliteter. En integrert PET/MR vil gi tilgang til denne informasjonen i onkologi, kardiologi og nevrologi (Herzog m.fl. 2010).

Antall installerte PET/MR-systemer er raskt økende. PET/MR kombinerer to bildemodaliteter sammen med isotoper og avansert anatomisk og funksjonell avbildning. Denne unike kombinasjonen er egnet til å bedre vevskaraktisering, diagnostisering, staging og skreddersy behandling. Det er også å anta at responsovervåking i kreft kan øke dramatisk ved hjelp av funksjonell informasjon fra både PET og MR (Kjaer m.fl. 2013).

Kombinasjonen av PET og MR tilbyr nye muligheter innen forskning og for nukleærmedisin generelt (Martinez-Moller m.fl. 2012). Herzog m.fl. (2010) legger til at PET/MR også vil komme i klinisk bruk i nærmeste fremtid. Det er forventet at denne hybridmodaliteten kan bidra til mer innsikt i klinisk forskning ved for eksempel å kombinere PET/MR med fMRI (Herzog 2012). PET/MR som teknikk gjør det også mulig å ta helkroppss diffusjonsvektede bilder (DWI), som får frem biologisk informasjon og grad av tumor (Hirsch m.fl. 2013).

En fullt integrert PET/MR vil ha noen fordeler over PET/CT, ved at MR har bedre bløtvevskontrast og er bedre ved visualisering av bløtvevsstrukturer og beinmarg enn på CT (von Schulthess og Schlemmer 2009). Herzog m.fl. (2010) mener også at sammenlignet med PET/CT er det forventet at MR bildene vil gi bedre bløtvevskontrast og arbeidsflyt vil bli sterkt forbedret når man sammenligner en PET/CT med etterfølgende MR (Herzog m.fl. 2010). Den diagnostiske nøyaktigheten til PET/MR er 93%, mens PET/CT ligger på 88,4% (Yankeelov m.fl. 2012). Martinez-Moller m.fl. (2012) mener at det i dag er det helt ukjent om PET/MR vil gi diagnostisk nøyaktighet, hvilken påvirkning det vil ha for bruken generelt og hvilket utfall dette vil ha på pasienter sammenlignet med PET/CT (Martinez-Moller m.fl. 2012).

En hypotese angående PET/MR er at modaliteten vil bli veldig viktig for fremtidig planlegging av stråleterapi. Nye teknikker innen dette området som for eksempel protonbehandling og intensitets modulert stråleterapi, vil være mer målrettet og individualisert. Dette fører teoretisk sett til høyere dose på tumoren, og mindre til omkringliggende vev. Disse teknikkene er avhengig av nøyaktig lokalisering og størrelse av tumor. PET/CT har nylig blitt brukt til dette, men MR kan tilby mer tydelig avgrensning, spesielt i tilfeller med hjerne, hode og nakke, pelvis og muskulære primærtumorer (Rakheja m.fl.2014).

4.1.2 Tekniske aspekter ved PET/MR

En hybrid PET/MR maskin muliggjør innsamling av bildedata samtidig, noe som optimaliserer sammensetting av anatomiske og fysiologiske data ved bruk av MR attenuasjons korreksjon (MRAC) (Rakheja m.fl.2014). Dataen på PET/CT blir ikke samlet inn samtidig, og dette kan føre til feil i det standardiserte opptaket (SUV). PET/MR reduserer dette problemet da dataene blir samlet inn samtidig (Yankeelov m.fl. 2012). MRAC er ikke optimalisert på enkelte områder i kroppen, spesielt på bein og lunge, og blir her underestimert eller forstyrret (Partovi m.fl. 2014).

PET komponenten hos PET/MR oppfører seg på samme måte som i en PET/CT. Det har ikke vist seg noen signifikante forstyrrelser ved PET på magnetfeltet eller RF (Herzog 2012). Muligheten for bevegelsesartefakter øker ved gjennomføring av to undersøkelser, noe som igjen tar lengre tid da man må ta bilder opp igjen. Bevegelsen av pasientbordet og PET-detektoren kan skape artefakter på PET/CT. PET/MR løser dette problemet på grunn av at bildeinformasjonen samles inn samtidig (Yankeelov m.fl. 2012).

4.1.3 Stråledose

Stråledosen kan være et problem med flere oppfølgingsundersøkelser hos yngre pasienter. Denne minimeres ved bruk av en MR (Herzog 2012). MR er ikke forbundet med noen strålebelastning og derfor vil en PET/MR undersøkelse foretrekkes foran en PET/CT (Partovi m.fl. 2014).

Den effektive dosen av en PET/MR skan er bare rundt 20% av det en PET/CT undersøkelse vil gi. Det er dermed sannsynlig at stråledosen fra PET/MR skannen er redusert med 80% i forhold til en PET/CT. Den effektive dosen på PET/MR er på 4.6 mSv og tilsvarer to år med naturlig bakgrunnsstråling (Hirsch m.fl. 2013).

4.2 Generelle ulemper ved PET/MR

Lanseringen av en hybrid PET/MR maskin er svært nylig. På grunn av dette er det inntil videre begrensede data på kliniske indikasjoner for denne modaliteten (Kjaer m.fl. 2013). Videre i dette kapitlet vil vi ta for oss ulike utfordringer, blant annet tekniske, samfunnsøkonomiske og tidsmessige aspekter ved en PET/MR.

4.2.1 Attenuasjonskorreksjon

En av de største utfordringene ved PET/MR er den pågående utviklingen av AC ved bildene, for å få til nøyaktig rekonstruksjon av bilder og kalkuleringen av SUV (Yankeelov 2012). Ved skan av hjerne kan AC la seg gjøre tilstrekkelig nok, men er ikke godt nok egnet til helkropp (Herzog 2012).

CT kan lett korrigere pasientattenuasjon med PET. MR gir ikke noen fotonattenuasjon, men er basert på voxelplassing av MR-signalets intensiteter med verdier for fotonattenuasjon (von Schulthess og Schlemmer 2009).

De typiske begrensningene som finnes ved bruk av MR finnes også ved bruk av PET/MR. Eksempelvis kan signalets inhomogenitet fremkomme i overlappede regioner på MR. (Hirsch 2013). En utfordring med AC i en PET/MR er å kompensere for RF, som har vist seg å påvirke den nøyaktigheten til den PET emiterte dataen (Yankeelov 2012).

MRAC av anatomiske områder i eller inntil bein blir undervurdert. Feil i segmentering av lungen kan forekomme, som igjen blir resultert i uriktig plassering av AC (Partovi m.fl. 2014). FOV av MR er mindre enn PET, noe som fører til avkorting av armene i bildene. Dette er en faktor man må ta hensyn til ved MRAC (Herzog 2012).

Med tanke på å erstatte PET/CT med PET/MR er PET/CT godt etablert i både onkologisk diagnostikk og i stråleterapiplanlegging. Disse indikasjonene kan bli noe utfordrende i forhold til MRAC, spesielt ved stråleterapiplanlegging, da faren er stor for miskalkuleringer (Herzog 2012).

4.2.2 Bildetydning av PET/MR-bilder

Både på PET/CT må man på PET/MR ha spesialister til å tolke bildene på de ulike områdene. Eksempler på dette er nevrologi og pediatrik radiologi ved noen indikasjoner (Martinez-Moller m.fl. 2012). Bildene laget av denne maskinen burde bli tolket av leger med erfaring fra PET/CT og MR bilder. Dette kan bli gjennomført ved å samle til dikterings sesjoner mellom

erfarne PET/CT nukleærmedisinere og radiologer sammen med spesialister av MR bildetolkning. Det kan allikevel være mulig å gjennomføre dikteringen med én enkelt person til å se på bildene dersom vedkommende har erfaring med både PET/CT og MR (Rakheja m.fl. 2014).

Økende grad av multimodaliteter vil gi en økende forespørsel på spesialister som kan tolke bildene. På mange steder i dag vil en spesialist innen nukleærmedisin og en radiolog tolke hver sin del av bildene og leser de av separat uten å diskutere sammen (von Schulthess og Schlemmer 2009).

4.2.3 Samfunnsøkonomiske aspekter

Integrerte bildemodaliteter er kostbare (von Schulthess og Schlemmer 2009). Herzog m.fl. (2010) ytrer også bekymringer for kostnaden. Og PET/MR koster mer enn PET/CT (Kjaer m.fl. 2013). Estimert kostnad for PET/MR er 7 millioner Euro per 2009 (von Schulthess og Schlemmer 2009). En utfordring er å dra fullt utnytte av potensialet i denne nye modaliteten, som er en veldig kostbar bildeteknologi (Martinez-Moller m.fl. 2012). Det er ikke helt klart hvor man vil finne praktisk klinisk bruk for dette komplekse og dyre instrumentet (Yankeelov m.fl. 2012). En fullt integrert PET/MR har ført til mange store spørsmål innen tidsbruk og kostnader rundt systemet som per dags dato er et uløst problem (Martinez-Moller m.fl. 2012).

4.2.4 Tidsmessige aspekter

Hvis man sammenligner tidsmessige begrensinger ved PET/CT og PET/MR, så er det klart at en fullkroppundersøkelse ved PET/MR vil ta lengre tid (Herzog 2012). Hirsch m.fl. (2013) støtter opp under denne påstanden, og legger til at dette er hovedbegrensingen for PET/MR.

For at PET/MR skal få nok informasjon må det til en signifikant lengre undersøkelse enn ved en PET/CT. Ved bruk av respiratorisk gating av thorax og abdomen vil en MR ta 45 minutter. Tilleggssekvenser for lokal diagnostisering tar videre 20-30 minutter (Hirsch m.fl. 2013). Rakheja m.fl. (2014) har utviklet en protokoll for fullkroppundersøkelse ved PET/MR som tar 45-70minutter.

4.2.5 PET-detektor på PET/MR

Generelt sett er det utfordringer ved å sette sammen et PET/MR system. For det første er det vanskeligheter med å optimalisere størrelsen til PET-detektorene slik at de får plass i en MR maskin (Fatemi-Ardekani m.fl. 2009). En annen faktor er når MR og PET-komponentene er kommer nærme, så kan de forstyrre hverandre (Herzog m.fl. 2010).

En grunn til å ikke bytte ut CT komponenten med en MR er at PET-komponenten ikke er MR-kompatibel i utgangspunktet. Hovedproblemet her er PM-røret, da den har klassisk scintillasjonsdetektor som er sensitiv for blant annet magnetfelt (Herzog 2012). Designet på detektorene må da være laget på en måte som gjør at de ikke blir påvirket av magnetfeltet, og at detektoren i seg selv ikke forstyrrer magnetfeltet og RF-signalet. For å realisere en fullt integrert PET/MR er det å anta at også noe av bildeoppløsningen må ofres (Fatemi-Ardekani m.fl. 2009).

Detektordesignet må forbedres for videre utvikling av PET/MR maskinen hevder Herzog m.fl. (2010). Selv om PET/MR har tekniske utfordringer med kompatibilitet mellom PET-komponenter og magnetfeltet, er flere systemer av ulik utforming kommersielt tilgjengelig i dag (Partovi m.fl. 2014).

4.2.6 Andre utfordringer ved PET/MR

På grunn av lovverk om bruk av radiofarmaka er forskning på mennesker begrenset på dette feltet (Herzog 2012). En annen begrensning på PET/MR er den større mengde data som blir produsert, cirka 2800 bilder totalt. Det er dermed ikke mulig å demonstrere en PET/MR studie på en normal PACS arbeidsstasjon. 2013-versjonen av programmet for PET/MR løser ikke disse problemene effektivt. Bildeoverføring er heller ikke mulig, dermed er forbedret programvare nødvendig (Hirsch m.fl. 2013).

4.3 PET/CT

Her legger vi frem funnene som omhandlet fordeler og ulemper ved PET/CT

4.3.1 Fordeler ved PET/CT

Suksessen i å kombinere en PET og en CT har vist seg å ha en klinisk verdi i multimodalitets bildeteknologi, som gir både anatomisk og molekylær informasjon i én undersøkelse (Martinez-Moller m.fl. 2012). PET/CT er god på de fleste indikasjoner. De mest viktige kliniske applikasjonene dekker områder hvor MR ikke har erstattet CT. Et eksempel på dette er onkologiske undersøkelser (von Schulthess og Schlemmer 2009).

I kreftutredning hos voksne foregår det en overgang fra PET til PET/CT der PET/CT ser ut til å bli den aksepterte internasjonale standarden, også i pediatrik onkologi (Stauss m.fl. 2008). Det finnes mye data og klinisk erfaring med både PET og CT. PET/CT er en rask undersøkelse, og CT-AC gir grunnlag for PET dataen (von Schulthess og Schlemmer 2009). En FDG-PET/CT undersøkelse av kreftpasienter kan gi en undersøkelsestid på bare 15-30min. Dette er kost-effektivt med tanke på at isotopet har en halveringstid på cirka to timer, som gjør at man kan bruke mindre av stoffet (Herzog 2012).

Eksempelvis vil en Lunge-CT i nærmeste fremtid beholde sin plass som supplementsundersøkelse. CT lunger er en standardprotokoll ved de fleste pediatrike kreftpasienter. Kun klare bevis fra PET/MR vil kunne føre til protokollendring i dette tilfellet (Hirsch m.fl. 2013). En diagnostisk CT vil være mer sensitiv på lesjoner i lungene enn MR og PET, både hver for seg og sammen (Stauss m.fl. 2008).

4.3.2 Ulemper ved PET/CT

Antall PET/CT maskiner er økende. Med tanke på dette, har den ekstra stråledosen for barn på grunn av CT, blitt et bekymringsverdig problem. Generelt er det et valg mellom bildekvalitet på CT og stråledose, derfor vil ønsket kvalitet på bildene bestemme stråledosen. Som en konsekvens av dette må det bli bestemt for hver enkelt institusjon og individuelt for hver pasient, hvilken protokoll som skal kjøres (Stauss m.fl. 2008).

En ulempe ved CT er begrenset bløtvevskontrast og den betydelige stråledosen pasienten utsettes for (Fatemi-Ardekani m.fl. 2009). Svulster med behov for repeterende oppfølgingsundersøkelser ved bruk av PET/CT kan føre til en betydelig strålebelastning. En nylig publisert studie i 2014 av pediatriske pasienter viser en trippel risiko for leukemi etter en absorbert CT dose på 50 milligray (mGy). Risikoen øker også trippelt for hjernesvulster etter en absorbert CT dose på 60 mGy. Denne studien understreket behovet for å redusere stråledosen i denne sårbare befolkningen til lavest mulig, og for å etablere alternative diagnostiske prosedyrer uten ioniserende stråling (Partovi m.fl. 2014). PET/CT er ikke foretrukket fremfor PET på grunn av tilleggsdosen. En diagnostisk CT skal ikke generelt bli valgt som standardundersøkelse, men blir brukt hvis det er indikasjoner for det. Selv bruk av lavdose CT må også bli brukt minst mulig på yngre pasienter (Stauss m.fl. 2008).

For å optimalisere posisjonen til et barn på PET/CT og for å unngå artefakter, vil alle barn bli immobilisert. Bruk av sedering må bli valgt ut ifra individet og en erfaren lege, ideelt en pediatrisk anestesilege. For barn under to år kan sedering unngås i mange tilfeller hvis bildetakningen blir gjort i barnets normale soverytme (Stauss m.fl. 2008).

En annen ulempe ved PET/CT er at når dataene ikke blir samlet inn samtidig kan det bli en misregistrering av PET og CT data, og artefakter som følge av pasientbevegelse mellom de to maskinene. Det kan også komme som følge av pustebevegelse i forbindelse med den CT-baserte AC. Så mye som 10% feil har blitt rapportert i SUV (Yankeelov m.fl. 2012). Det kunne vært mulig å samlet inn data samtidig fra PET og CT, men dette er ekstremt vanskelig på grunn av detektor-teknologien som kreves. Teknologien krever datainnsamling av både høy og lav energi røntgenstråling fra CT og annihilasjons gammastråling fra PET (Herzog m.fl. 2010).

4.4 Barn ved PET/MR

von Schulthess og Schlemmer (2009) mener det er grunn til å tro at PET/MR vil ha en fordel ovenfor PET/CT på onkologi. Partovi m.fl. (2014) har sett på en studie hvor sam-registrering av PET og MR for staging og restaging av barn med kreft har gitt meget lovende resultater.

Kjaer m.fl. (2013) har gjennomført sammenligninger av PET/CT og PET/MR i pediatriske kreftpasienter ved deres institusjon, og mener at det ennå er for tidlig å konkludere på den diagnostiske verdien av PET/MR. Modaliteten virker veldig lovende, og vil absolutt bli en integrert del av pediatrisk diagnostikk. Dersom PET/MR viser seg å prestere så vel som PET/CT i pediatriske pasienter er det ingen tvil om at det er kliniske indikasjoner for at PET/MR vil bli en mulig metode i fremtiden for å øke livskvaliteten for overlevende barn med kreft (Kjaer m.fl. 2013).

Den kliniske fordelen for bruk av PET/MR hos barn med onkologiske sykdommer er at verdien av MR komponenten er bedre i forhold til en konvensjonell CT. MR identifiserer anatomien, perfusjonen og diffusjonen av en tumor. Bløtvevskontrastens oppløsning på MR er klart bedre enn CT. Disse fordelene viser at barn med kreftsykdommer kombinert med PET/MR inkludert helkroppsdiffusjonsvektning, demonstrerer en ny kvalitet i bilde og funksjonsdiagnostikk (Hirsch m.fl. 2013).

4.4.1 Barn og stråling

Det har blitt mer fokus på deterministiske skader som følge av eksponering med ioniserende stråling. Ved medisinske bildeteknikker prøver man så godt man kan å holde dosen lavest mulig. En PET/CT vil gi cirka 25mSv i stråledose, hvor CT komponenten står for vel halve dosen. Den lave dosen som kommer fra PET/MR er en avgjørende fordel i den fremtidige utviklingen i onkologisk og nevrologisk bruk, spesielt hos pediatriske pasienter (Rakheja m.fl. 2014).

En klar fordel ved PET/MR over PET/CT er lavere stråledose (Hirsch m.fl. 2013). Ved å bytte ut CT med MR vil dermed stråledosen reduseres. Dette er spesielt relevant ved barn (von Schulthess og Schlemmer 2009). Hirsch m.fl. (2013) mener også at barn med maligniteter kan ha nytte av dette. Partovi m.fl. (2014) har fokus på potensialet ved PET/MR's strålereduksjon. Hirsch m.fl. (2013) legger til at dette er en av de viktigste aspektene for de som støtter PET/MR ved bruk på barn og at det er viktig å tenke på at barn med kreftsykdommer ofte må gjennom flere hybridundersøkelser.

4.4.2 Ulemper ved bruk av PET/MR til kreftutredning av barn

Det er ikke godt dokumentert om PET/MR er bedre enn PET/CT ved staging og restaging av barn, ved bruk av samme isotop (Kjaer m.fl. 2013). Et kjent problem er at angst øker ^{18}F -FDG-opptaket i brunt fett, og blir forbundet med falske-positive svar på ca. 2-4%. Falske-negative svar hvor det er opptak i det brune fettene fører til at lesjonene kan bli skjult bak fettene. Dette problemet gjelder spesielt ved barn da de lettere blir stresset, strammer musklene, og gråter mer. Disse faktorene øker FDG opptaket i musklene (Yankeelov m.fl. 2012). Hirsch (2013) har skrevet i sine studier at barn under seks år trenger anestesi ved denne undersøkelsen. Mer forskning er nødvendig før PET/MR kan brukes i rutine for pediatrik onkologi (Kjaer m.fl. 2013).

4.5 Generell kreftutredning ved PET/MR

I dette kapittelet gjennomgår vi indikasjoner for kreftutredning ved en PET/MR

4.5.1 Generelle indikasjoner

Den potensielle bruken av å kombinere PET og MR i én maskin åpner for spennende muligheter når det gjelder overvåking av terapierespons og skreddersydd terapi ved strålebehandling. Mange kreftformer er av interesse å undersøke ved vurdering av behandlingsrespons med PET/MR. Kjaer m.fl. (2013) tror også at responsovervåking i kreft

kan øke dramatisk ved hjelp av funksjonell informasjon fra både PET og MR. PET/MR kan være et effektivt verktøy for prekirurgisk terapiplanlegging og svulst avgrensning ved bruk av ¹⁸F-FDG, og kan i tillegg være en god metode for å screene etter metastaser (Partovi m.fl. 2014).

4.5.2 Spesifikke indikasjoner

Den sterkeste kliniske indikasjonen for PET/MR ifølge Partovi m.fl. (2014) er undersøkelse av hode og nakkekraft. Rakheja m.fl. (2014) mener også at PET/MR kan bli meget behjelpelig når det kommer til hode og nakke maligniteter, ved avgrensning av lokal tumorutbredelse og eventuelle involverte lymfeknuter. Bruk av PET/MR ved hjernetumor, for eksempel glioblastom, kan bli en av de mest åpenbare indikasjonene ettersom MR allerede er brukt rutinemessig på disse svulstene. (Kjaer m.fl. 2013). Eksempler på kreftformer som er gjennomført med PET/MR på barn er Hodgkin og non-hodgkin lymfom, nevroblastom, ewing sarkom, bløtvevssarkom, akutt myelogen leukemi, nevroektodermal tumor og bakteriecelle svulster (Hirch m.fl. 2013)

Hirch m.fl. (2013) hevder at barn med systemiske maligniteter kan ha nytte av en PET/MR. Rakheja m.fl. (2014) har en hypotese om at PET/MR kan være sterk på områder der PET/CT har begrensninger på grunn av at den anatomiske oppløsningen ikke er optimal. Eksempler på dette er som nevnt hode og nakkekraft, men også tyreoideakraft, lungekraft med brystvegg invasjon, leverlesjoner, gynekologiske maligniteter og anorektal kraft. Tidlig forskning viser også at PET/MR kan være til fordel ved lungekraft staging og at modaliteten tilbyr overlegen bløtvevskarakterisering av svulster i abdomen og pelvis (Rakheja m.fl. 2014).

Basert på erfaringen til Partovi m.fl. (2014) kan også endetarmskraft bli en indikasjon på PET/MR. Et annet fremtidig bruksområde av PET/MR kan bli funnet i evalueringen av behandlingsrespons i bløtvevssarkomer. MR har vist god sensitivitet for deteksjon av leverlesjoner, spesielt når de er mindre enn én centimeter i størrelse. PET/MR kan bidra i den omfattende stagingen og gi en bedre vurdering av leveren. PET/MR har allerede vist seg å være nyttig i enkelte tilfeller ved etterbehandling av bukspyttkjertelkraft, når betydelige forandringer er til stede etter kirurgi, og det er mistanke om residiv (Partovi m.fl. 2014).

4.5.3 TNM og PET/MR

På grunn av overlegen bløtvevs- og kontrastoppløsning er MR bedre enn CT med T-oppsetningen ved TNM-klassifisering. MR har sine begrensninger med N-klassifiseringen. Men en PET/MRI kan ytterligere øke metabolsk informasjon på grunn av PET-komponentens nøyaktigheten av n-klassifiseringen. Ved hyppige fjerne metastaser i kroppen, har en tilnærming av hybrid bildeteknologi en betydelig fordel ved staging av m-oppsetningen (Partovi m.fl. 2014).

5.0 Drøfting

I dette kapittelet diskuterer vi rundt de funnene vi fant i resultatene.

5.1 Drøfting rundt det tekniske og bløtvevskontrasten.

Her diskuterer vi de tekniske komponentene som er mest relevant for PET/MR og PET/CT, samt deres egenskaper rundt bløtvevskontrasten.

5.1.1 Attenuasjonskorreksjon

Som tidligere nevnt er AC en av de største utfordringene ved PET/MR, og er nødvendig for å få til en nøyaktig rekonstruksjon av bilder, og riktig kalkulering av SUV (Yankeelov m.fl. 2012). Det er mye omdiskutert i artiklene om AC enda er en utfordring eller ikke. Noen mener at problemene med AC er løst, mens andre mener det fremdeles er et stort problem. Utviklingen er rask med forbedringen av PET/MR-komponentene og for alt vi vet kan problemet være løst i skrivende stund.

5.1.2 Samregistrering av data

Dataene på PET/MR blir samlet inn samtidig (Yankeelov m.fl. 2012). Rakheja m.fl. (2014) skriver at PET/MR optimaliserer en sammenslåing av anatomiske og fysiologiske bildedata ved bruk av MRAC, noe som muliggjør samregistreringen. Yankeelov m.fl. (2012) skriver at dataen på PET/CT ikke blir samlet inn samtidig, og dette kan også føre til feil i SUV. På bakgrunn av dette mener vi at PET/MR muligens kan tilby en løsning som matcher dataene bedre enn på PET/CT, og at dette kan resultere i mer nøyaktige bilder (Yankeelov m.fl. 2012)

Når bildedata blir hentet inn samtidig får man mer nøyaktig anatomisk og metabolsk informasjon. Dette gir mindre muligheter for bevegelsesartefakter, på grunn av fravær av bordbevegelsen man finner hos PET/CT (Rakheja mfl. 2014). Bevegelsesartefakter kan gi nok forstyrrelser i bildene til at de ikke kan brukes til diagnostikk. Vi mener at artefakter burde

minimeres der det er mulig. På grunn av samregistreringen til PET/MR kan denne metoden være et verktøy for å gi bedre resultat enn ved PET/CT når det gjelder minimering av artefakter.

5.1.3 PET-detektor

En PET-detektor ved PET/CT kan ikke fungere i en PET/MR (Rakheja m.fl. 2014). På grunnlag av dette kan det se ut til at bydd på utfordringer å bygge en MR-kompatibel PET. Fatemi-Ardekani m.fl. (2009) hevder at noe av bildeoppløsningen må ofres for at en fullt integrert PET/MR skal fungere optimalt, noe vi ser på som en stor ulempe. Dette er fordi en av de sterke sidene ved PET/MR skal være den gode bildeoppløsningen som kommer av MR. Produksjon av PET-komponenter som er ment for bruk i PET/MR er likevel i rask utvikling. Fatemi-Ardekani m.fl. (2009) skriver videre at designet på PET-detektoren må være bygd på en måte som gjør at den ikke forstyrrer magnetfeltet og RF-signalet. Herzog (2012) nevner at PM-røret er hovedproblemet på grunn av oppbygningen med scintillasjonskrystaller og at PET i MR har begrenset FOV.

Fatemi-Ardekani m.fl. (2009) mener det er vanskelig å få plass til en PET i en MR i utgangspunktet. Vi ser oss enige i at det er utfordrende å plassere et komponent i en maskin der det er relativt liten plass fra før. Vi mener at designet må forbedres, men vi ser derimot ut fra artiklene at dette er noe som jobbes mye med. Patrovi m.fl (2014) skriver at flere PET/MR systemer i dag er kommersielt tilgjengelig, til tross for de tekniske utfordringene. Vi mener at dette viser at PET-komponentet har kommet så langt frem i utviklingen at en PET/MR maskin kan tas i bruk, men at det fremdeles er rom for forbedringer.

5.1.4 Bløtvevskontrast

Herzog m.fl. (2010) mener det er forventet at MR bildene vil gi en bedre bløtvevskontrast. På grunn av den gode bløtvevskontrasten er det bedre visualisering av bløtvevstrukturer og beinmarg enn ved CT (Von Schulthess og Slemmer 2009). Vi ser på dette som en sterk fordel med PET/MR, der det er indikasjoner for undersøkelser hvor det er nødvendig med en god

bløtvevskontrast. Vi mener at PET/CT fremdeles kan være bedre til enkelte indikasjoner hvor høy bløtvevskontrast ikke er nødvendig. PET/MR og PET/CT vil ha hver sine områder de er best på, men den overlegne bløtvevskontrasten på PET/MR vil kanskje i fremtiden ta over flere indikasjoner som i dag er på PET/CT.

5.2 Fordeler ved PET/MR som modalitet ved kreftutredning av barn til sammenligning med PET/CT?

Gjennom analysering av artiklene fant vi ut at PET/CT kan være god på de fleste indikasjoner, også ved onkologiske tilfeller. Det finnes også mye data og klinisk forskning ved både PET og CT (von Schulthess og Schlemmer 2009), som vi mener gjør PET/CT til en forutsigbar bildediagnostisk teknikk. Dette kan være en av grunnene til at PET/CT ser ut til å bli den aksepterte standarden for onkologiske undersøkelser ved barn (Stauss m.fl. 2008).

PET/MR kombinert med DWI, deriblant ved barn med kreftsykdommer, viser en ny kvalitet i bilde og funksjonsdiagnostikk. Dette er på grunn av at DWI får frem biologisk informasjon og grad av tumor (Hirsch m.fl. 2013). PET/MR har gitt lovende resultater for staging og restaging av barn med kreft (Partovi m.fl. 2014). Kjaer m.fl. (2013) mener derimot at det ikke godt dokumentert om PET/MR er bedre enn PET/CT på dette området. På grunn av uenighetene i artiklene kan vi ikke si med sikkerhet om PET/MR er god på dette området i forhold til PET/CT.

Vi mener PET/MR kan se ut til å få en rolle i stråleterapisammenheng ut i fra funnene i artiklene. Kjaer m.fl. (2013) mener denne hybridmodaliteten åpner for muligheter i overvåkning av terapierespons og for å gi en skreddersydd behandling til hver enkelt pasient innen strålebehandling. Partovi m.fl. (2014) hevder det samme, og nevner bløtvevssarkomer som et eksempel. Maskinen kan bli effektiv for prekirurgisk terapiplanlegging og avgrensning av tumor ved bruk av ^{18}F -FDG. Vi synes disse funnene virker positivt for blant annet fremtidige stråleterapeuter og pasienter, ved at PET/MR muligens i fremtiden kan være et alternativ ved behandlingsprosessen innen stråleterapi.

Indikasjoner for PET/MR er foreslått å være blant annet ved kreft i hode og nakke (Rakheja m.fl. 2014). Kjaer m.fl. (2013) mener at hjernetumor kan være en av de mest åpenbare

indikasjonene på grunn av at MR er bedre egnet på dette området. Rakheja m.fl. (2014) nevner videre at kreft i thyroidea, lunger med brystvegg invasjon, leverlesjoner, gynekologiske maligniteter og anorektal kreft kan bli gode indikasjoner på PET/MR. Dette er områder hvor PET/CT har begrensninger på grunn av lavere anatomisk oppløsning. Bløvevskarakterisering av tumor i abdomen og pelvis er også nevnt som mulige indikasjoner. På grunnlag av dette mener vi PET/MR dekker en rekke indikasjoner, også for fremtidig pediatrik bildediagnostikk innen onkologi. von Schultess og Schlemmer (2009) mener også at PET/MR kan ha en fordel over PET/CT i onkologi.

Det har blitt gjennomført sammenligninger av PET/CT og PET/MR for bruk i pediatrik onkologi. Det ble gjort av Kjaer m.fl. (2013) som kom frem til at PET/MR virker veldig lovende, og at det i fremtiden kommer til å være en del av kreftdiagnostikken hos barn. Likevel mener de at det er for tidlig å konkludere på den diagnostiske verdien da det finnes begrenset med data på denne nye modaliteten (Kjaer m.fl. 2013). PET/CT var en gang nytt i den bildediagnostiske verden, og måtte gjennom mye forskning og utprøving før den ble pålitelig nok til å bruke som klinisk standardundersøkelse. Det viste seg at PET/CT ga et bredere pasienttilbud innen kreftdiagnostikken, og vi mener PET/MR også kan vise seg å være en undersøkelsesteknikk av lik eller større verdi.

5.3 Stråledose til barn ved PET/CT og PET/MR

Barn som overlever kreft har større risiko for å utvikle sekundærkreft enn friske barn i samme aldersgruppe (Schwartz m.fl. 2005). Med tanke på dette mener vi at man må holde stråledosen så lav som mulig og følge ALARA-prinsippet (As Low As Reasonably Achievable).

Den modaliteten som gir den største andelen av stråling til befolkningen er CT.

(Helsedirektoratet 2014). MR utsetter ikke pasienter for stråling, så en klar fordel med PET/MR over PET/CT er lavere stråledose (Hirsch m.fl. 2013). Schulthess og Schlemmer (2009) mener at ved å bytte ut CT med MR vil stråledosen reduseres, som er spesielt positivt og relevant med tanke på barn. Hirsch m.fl. (2013) mener at barn med maligniteter kan ha stor nytte av den reduserte stråledosen. Partovi m.fl. (2014) har også fokus på strålereduksjonen ved PET/MR. Det er viktig for de som støtter PET/MR ved bruk på barn med tanke på at barna med kreft sannsynligvis må gjennom mange hybridundersøkelser mener Hirsch m.fl. (2013). Vi er veldig enige i mye av det de skriver og mener at barn ikke må utsettes for mer

stråling enn nødvendig, derfor støtter vi bruken av PET/MR på barn fremfor PET/CT når det gjelder stråledosen.

Den effektive dosen på en PET/MR undersøkelse er på cirka 4.6mSv og tilsvarer omtrentlig 2år med naturlig bakgrunnsstråling. PET/CT vil gi en dose på 25mSv (Hirsch m.fl. 2013). Dette viser klart at stråledosen er større ved PET/CT enn ved PET/MR. Ved undersøkelse av barn, på grunn av strålefølsomheten, mener vi de vil kunne ha nytte strålereduksjonen ved PET/MR. Hvis denne modaliteten gir gode diagnostiske bilder vil det ikke være noe i veien for å bruke denne metoden der det er indisert, ved pasientgrupper som er mer strålefølsomme. ALARA-prinsippet blir på denne måten overholdt.

5.4 Pasientvelferd ved barn

Ved undersøkelser som PET/CT og PET/MR av barn er det ofte nødvendig med sedering. En standar MR-undersøkelse vil ta lengre tid ved bruk av sedering (Nasjonal kompetansetjeneste for funksjonell MR 2013). Vi mener fordelene ved sedering er å minske bevegelser, og kan i enkelte tilfeller bedre pasientopplevelsen.

Så mye som 37% av pasienter på MR får angstrelaterte reaksjoner. 14% av disse vil kreve sedering (Yankeelov m.fl. 2012). Angstreksjoner tror vi også vil være aktuelt ved PET/MR, da gantryet vil være på cirka samme størrelse som på MR. Yankeelov m.fl. (2012) formidler videre at dersom et barn får en angstrelatert reaksjon av undersøkelsen kan dette øke FDG-opptaket i brunt fett, som kan føre til falske-positive og falske-negative svar. Vi mener sedering kan være et godt supplement i slike tilfeller, for å minske opptaket i brunt fett.

Stauss mfl. (2008) skriver at valg om bruk av sedering må bli individuelt, og med barn under to år kan sedering bli unngått hvis bildetakningen blir gjort i barnets naturlige soverytme. Hirsch (2013) mener at barn under seks år på PET/MR vil kunne trenge anestesi. Vi mener at bruk av sedering hos barn og andre bør brukes minst mulig hvis det lar seg gjøre, da dette medfører en potensiell risiko i seg selv. Likevel mener vi at man bør bruke sedering i tilfeller hvor det er absolutt nødvendig for å gjennomføre undersøkelsen.

En PET/CT undersøkelse av kreftpasienter kan ta 15-30 minutter (Herzog 2012). Rakheja

m.fl. 2014) sin protokoll for fullkroppsundersøkelse ved PET/MR tar fra 45 og opptil 70 minutter. En PET/MR undersøkelse av barn som er gjennomført innen 60 minutter vil gi all relevant informasjon for pediatrike kirurger og onkologer (Hirsch m.fl. 2012). Vi mener at hvis et yngre barn skal kunne ligge stille i lengre tid, er det stor mulighet for at sedering vil bli brukt på PET/MR. På PET/CT vil behovet for sedering være mindre på grunn av tidsbruken. For å posisjonere barn riktig og for å unngå artefakter på PET/CT kan barn bli immobilisert (Stauss m.fl. 2008). Dette mener vi er til for at barnet skal ligge helt rolig slik at bildekvaliteten blir best mulig.

Et aspekt vi mener er viktig å diskutere, er om barnet skal bli sedert før injiseringen av ^{18}F -FDG. Dette vil spille en stor rolle når det gjelder dose til personalet. Ingen av artiklene har nevnt noe om denne faktoren. Om barnet må sederes før ^{18}F -FDG injiseringen vil dette være en større risiko for barnet siden det må være sedert over lengre tid. Blir barnet sedert etter ^{18}F -FDG, vil det kunne gi en større stråledose til personalet, da barnet vil være strålekilden ved denne undersøkelsen. Sedering ved vanlig MR av barn vil kreve tilstedeværelse av anestesipersonell med tilhørende utstyr (Nasjonal kompetansetjeneste for funksjonell MR 2013). Dette vil sannsynligvis også gjelde PET/MR. Vi ser på denne faktoren som både en tidskrevende og økonomisk belastning i forhold til tilfeller som ikke krever sedering.

5.5 Samfunnsøkonomiske aspekter

Integrerte bildemodaliteter er kostbare (von Schulthess og Schlemmer 2009). En PET/MR koster mer enn en PET/CT (Kjaer m.fl. 2013). Den estimerte kostnaden er 7 millioner Euro på en PET/MR maskin (von Schulthess og Schlemmer 2009). I Trondheim har de investert i en PET/MR maskin som kostet 50 millioner kroner, og en PET/CT på rundt 25 millioner kroner (Olsen 2012). Dette mener vi viser at PET/MR er en relativt dyr maskin. Selv om PET/MR koster det den gjør, vil vi legge til at nytten av denne maskinen kan vise seg å veie opp for prisen.

Spesialister må til for å kunne tolke bilder ved noen indikasjoner på PET/CT, noe som også vil gjelde PET/MR (Martinez-Moller m.fl. 2012). Rakheja m.fl. (2014) mener bildene på PET/MR burde bli tolket av leger med erfaring innen både PET/CT og MR. Dette kan løses ved et samarbeid mellom PET/CT nukleærmedisinere, radiologer og spesialister på tolkning

av MR-bilder. Det skal også være mulig at én enkelt person tolker bildene hvis personen har erfaring innen både PET/CT og MR. Vi mener det kan være en økonomisk faktor når det gjelder opplæring til å tyde bildene, siden det krever mer kompetanse av legene.

5.6 Metodekritikk

Det kan være at de ulike artiklene brukt i oppgaven har gått frem på forskjellige måter for å få resultater sine, noe som kan ha ført til bias. (De nasjonale forskningsetiske komiteene 2010). På grunn av dette synes vi det var det vanskelig å få til en direkte sammenligning mellom maskinene. Da kan man få resultater som ikke samsvarer med virkeligheten (De nasjonale forskningsetiske komiteene 2010).

Bruk av litteraturstudie gjør det begrenset hvilke data vi har tilgjengelig. Det kan være data som ikke finnes (Holme og Solvang 1993), spesielt i vårt tilfelle på grunn av at dette er ny forskning. Det kan også være tilgjengelig data vi ikke finner ved våre begrensede søk.

5.6.1 Validitet

I vår oppgave var formålet å kartlegge det som er dokumentert av fordeler og ulemper ved PET/MR sammenlignet med PET/CT, og om PET/MR kan brukes i kreftdiagnostikk av barn og unge. Vi mener vi har gitt en kort oversikt over noen av fordelene og ulempene, men vi har ikke dekket alt om temaet. For å få mer konkret svar på oppgaven kunne vi ha skrenket inn problemstillingen. Det var også vanskelig å finne informasjon om PET/MR ved undersøkelser på barn. Derfor mener vi at oppgaven ikke er så spesifikk som den kunne vært. Det var allikevel spennende å se på denne målgruppen ved en såpass ny bildeteknikk. Validiteten er dermed ikke helt sikker.

5.6.2 Reliabilitet

Man skal så langt det er mulig bruke primærkilder for å unngå feilfortolkninger (Farmen 2013). Vi har brukt en del sekundærkilder, og de fleste av artiklene er av denne type kilde. Feil kan ha blitt gjort på bakgrunn av dette, og vi burde ha funnet mer av primærkildene til forskningen.

Det engelske språket, spesielt på det tekniske i artiklene kan ha blitt tolket og oversatt feil av oss. Det var utfordringer ved å legge frem ny kunnskap da det kan være en fare for å gjenprodusere den feil. I forkant av denne oppgaven hadde vi allerede et positivt syn på PET/MR, det kan ha hatt en påvirkning.

6.0 Konklusjon

PET/CT på barn kan være positivt med tanke på tidsperspektiv og komfort, men på grunn av stråledosen vil den ikke være et optimalt valg for barn ved kreftutredning. PET/MR minimerer stråledosen, da den ikke benytter seg av ioniserende stråling. Med tanke på dette mener vi at en PET/MR vil være et bedre valg. Derimot kan denne modaliteten komplisere pasienthåndteringen på grunn av tidsmessige aspekter og pasientplassering under undersøkelsen. Dette gjelder spesielt på barn da de kan være mindre samarbeidsvillige enn voksne. Vi tror at bruk av sedering vil øke på PET/MR sammenlignet med PET/CT på grunn av den lengre undersøkelsestiden. Bruken av sedering vil ta mye tid og ressurser. Det samme vil opplæring av personale til å tyde bildene. En PET/MR maskin i seg selv krever mer ressurser enn PET/CT. Rent samfunnsøkonomisk må hvert enkelt sykehus vurdere om investeringen av en PET/MR er verdt det i det lange løp.

Et av forskningsspørsmålene gikk ut på å finne ut av hvilke tekniske utfordringer som hindrer PET/MR i å være et klinisk alternativ ved nukleærmedisin. Det viste seg at det var nødvendig å finne en ny metode for å korrigere attenuasjonen, hvor løsningen ble MRAC. I resultatene fant vi ut at hovedproblemene rundt de tekniske aspektene er å optimalisere MRAC og kompatibiliteten mellom komponentene PET og MR. Utviklingen er underveis, men forbedringer trengs før PET/MR kan tas i klinisk bruk som alternativ ved nukleærmedisin.

Etter det vi har funnet ut fra artiklene er det mulig å gjennomføre PET/MR undersøkelser på barn med kreftdiagnoser. Resultatene ble gode på grunn av bløvevskontrasten fra MR og muligheten til å kombinere DWI og funksjonsbilder med samregistrerte data. Det er å anta at noe av bildeoppløsningen må ofres for å optimalisere en velfungerende PET/MR. Denne modaliteten kan også være foretrukket fremfor PET/CT med tanke på stråledose på barn. Det er likevel noen utfordringer man må ta hensyn til, som omhandler blant annet tidsbruk og sedering. Det finnes områder der PET/CT vil være bedre enn PET/MR. Det trengs mer forskning på PET/MR, både generelt og ved bruk på barn. Det er for lite data for å kunne konkludere om denne diagnostikkmetoden kan bli like klinisk aktuell som en PET/CT. Likevel har vi en hypotese om at PET/MR vil kunne bli like aktuell som PET/CT, men at de vil være gode på hver sine indikasjoner, også på barn.

Litteraturhenvisning

Barnekreftforeningen (2014) *Barnekreftforeningen etterlyser større satsing på forskning*. [online]. URL:http://www.barnekreftforeningen.no/sfiles/6/26/2/file/pressemelding_den-internasjonale-barnekreftdagen-15-februar.pdf (07.05.2014)

Brustugun O. T. (2014) *Stadier ved lungekreft*. [online]. URL:<http://www.oncolex.no/no/Lunge/Bakgrunn/Stadier> (06.05.2014)

Chavhan B. G. (2011) *MRI made easy*. India: Gopsons Paper Ltd.

De nasjonale forskningsetiske komiteene (2010) *Bias*. [online]. URL:<https://www.etikkom.no/FBIB/Temaer/Spesielle-problemomrader/Bias/> (06.05.2014)

De nasjonale forskningsetiske komiteene (2013) *1. Kvalitative og kvantitative forskningsmetoder – likheter og forskjeller*. [online]. URL:<https://www.etikkom.no/Forskningsetikk/Etiske-retningslinjer/Medisin-og-helse/Kvalitativ-forskning/1-Kvalitative-og-kvantitative-forskningsmetoder--likheter-og-forskjeller/> (06.05.2014)

Dreyer, Hirschorn, Thrall og Mehta (2006) *PACS*. United States of America: Springer Science+Business Media, LLC

Farmen H. (2013) *Henvisninger ved bruk av annenhåndskilde (sekundærkilde)* [online]. URL:http://www.hil.no/biblioteket/kurs_og_veiledninger/oppgaveskriving/apa_kildehenvisninger/sekundaerkilder (09.05.2014)

Fatemi-Ardekani, A. m.fl. (2009) Advances in multimodality imaging through a hybrid PET/MRI system. I: *Crit Rev Biomed Eng*, 37(6), s. 495-515.

Helse Bergen Haukeland Universitetssjukehus (2010) *PET/CT undersøkelser*. [online]. URL:<http://www.helse-bergen.no/pasient/undersokelser/Sider/pet-ct-unders%C3%B8kelser.aspx> (05.05.2014)

HelseDirektoratet (2014) *2.4 Stråling ved radiologiske undersøkelser*. [online]. URL: <http://www.helsebiblioteket.no/retningslinjer/bildedagnostikk/generelt-om-bildedagnostikk/str%C3%A5ling> (06.05.2014)

HelseDirektoratet (2014) *Valg av diagnostisk modalitet*. [online]. URL: <http://www.helsebiblioteket.no/retningslinjer/bildedagnostikk/generelt-om-bildedagnostikk/valg-av-bildedagnostisk> (02.05.2014)

Herzog, H. (2012) PET/MRI: challenges, solutions and perspectives. I: *Z Med Phys*, 22(4), s. 281-98.

Hirsch, F. W. m.fl. (2013) PET/MR in children. Initial clinical experience in paediatric oncology using an integrated PET/MR scanner. I: *Pediatr Radiol*, 43(7), s. 860-75.

Herzog, H. m.fl. (2010) The current state, challenges and perspectives of MR-PET. I: *NeuroImage*, 49(3), s. 2072-2082.

Holme, I. M. og B. K. Solvang (1993) *Metode valg og metode bruk*. Otta: Engers boktrykkeri A/S.

Kjaer, A. m.fl. (2013) PET/MRI in cancer patients: first experiences and vision from Copenhagen. I: *Magma*, 26(1), s. 37-47.

Kunnskapssenteret (2004) *Sjekkliste for vurdering av artikler* [online]. URL: <http://www.kunnskapssenteret.no/verkt%C3%B8y/sjekkliste-for-vurdering-av-forskningsartikler> (02.05.2014)

Kristiansen H. (2013) *Radioaktive atomer gir nye muligheter i kreftdiagnostikk*. [online]. URL: <http://blogg.uio.no/mn/kjemi/kjernekjemi/content/radioaktive-atomer-gir-nye-muligheter-i-kreftdiagnostikk> (06.05.2014)

Martinez-Moller, A. m.fl. (2012) Workflow and scan protocol considerations for integrated whole-body PET/MRI in oncology. I: *J Nucl Med*, 53(9), s. 1415-26.

mediLexicon (2006) *Definition of respiratory gating*. [online]. URL: <http://www.medilexicon.com/medicaldictionary.php?t=36523> (06.05.2014)

Nasjonal kompetansetjeneste for funksjonell MR (2013) *Barn og MR* [online]. URL: <http://folk.ntnu.no/jian/brainlab/index.php/pasienter-og-frivillige/barn-og-mr> (02.05.2014)

National Aeronautics And Space Administration (2001) *Definition of an electron volt*. [online]. URL: http://science1.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2001/comment2_ast15jan_1/ (06.05.2014)

National Cancer Institute at the National Institutes of Health (2008) *Childhood cancers*. [online]. URL: <http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Sites-Types/childhood> (06.05.2014)

Norsk legemiddelhåndbok (2013) *Positronemisjonstomografi (PET)* [online]. URL: <http://legemiddelhandboka.no/Terapi/27704?expand=1> (05.05.2014)

Oikonen V. (2014) *Standardized uptake value (SUV)*. [online]. URL: http://www.turkupetcentre.net/petanalysis/model_suv.html (06.05.2014)

Olsen (2012) *St. Olav får PET-scanner* [online]. URL: <http://www.stolav.no/no/nyheter/st-olav-far-pet-skanner/119318/> (05.05.2014)

Partovi, S. m.fl. (2014) Clinical oncologic applications of PET/MRI: a new horizon. I: *Am J Nucl Med Mol Imaging*, 4(2), s. 202-212.

Peller, P., R. Subramaniam og A. Guermazi (2012) *PET-CT and PET-MRI in oncology a practical guide*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Phelps, M. E. (2006) *Physics, Instrumentation, and Scanners*. New York: Springer Science+Business Media, LLC

Rakheja, R. m.fl. (2014) Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Magnetic Resonance Imaging: Current Status, Future Aspects. I: *PET Clinics*, 9(2), s. 237-252.

Schwartz, C. L. m.fl. (2005) *Survivors of Childhood and Adolescent Cancer*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidenberg.

Skretting A. (2009) *Tekniske grunnlag for PET/CT, fysiske prinsipper, teknologi, bildedannelse og molekylær avbildning*. [online]. URL: <http://folk.uio.no/hjsmith/Modalitetskurs/Teknisk%20PET-CT%20Skretting%202009.pdf> (06.05.2014)

Statens strålevern (2014) *Stråledoser ved nukleærmedisinske undersøkelser*. [online]. URL: <http://www.google.com/url?q=http%3A%2F%2Fwww.nrpa.no%2Ftemaartikler%2F90943%2Fstraaledoser-ved-nukleermedisinske-undersokelser&sa=D&sntz=1&usg=AFQjCNEvmyS7jSVSibbNhvtMgKCOjy8JrQ> (09.05.2014)

Stauss, J. m.fl. (2008). Guidelines for 18F-FDG PET and PET-CT imaging in paediatric oncology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 35(8): 1581-1588.

Tidsskrift for Norsk psykologforening (2007) *Barn og kreft. Barns tilpasning til og forståelse av alvorlig sykdom*. [online]. URL: http://www.psykologtidsskriftet.no/?seks_id=24471&a=2 (06.05.2014)

University of Virginia (2014) *Positron Emission* [online]. URL: <http://www.med-ed.virginia.edu/courses/rad/petct/Emission.html> (05.05.2014)

von Schulthess, G. K. og H.-p. W. Schlemmer (2009) A look ahead: PET/MR versus PET/CT. I: *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 36 s. 3-9.

Yankeelov, T. E. m.fl. (2012) Simultaneous PET–MRI in oncology: a solution looking for a problem? I: *Magnetic Resonance Imaging*, 30(9), s. 1342-1356.

Vedlegg 1

Søkedokumentasjon

Søkeord	Database	Kombinasjoner	Antall treff	Utvalgt
1. PET/MRI	ScienceDirect	1 AND 2	391	
2. Value		1 AND 2 AND 3	119	
3. Benefits		1 AND 2 AND 3 AND 4	72	
4. Oncology		1 AND 2 AND 3 AND 4		
5. Solution		<u>AND 5</u>	18	3
6. MR/PET		6 AND 7	88	
7. Development		6 AND 7 AND 8	77	
8. Technique		6 AND 7 AND 8 AND 9	44	
9. Oncology		6 AND 7 AND 8 AND 9		
10. Role		AND 10	33	
11. Advantage		6 AND 7 AND 8 AND 9		
12. Comparison		<u>AND 10 AND 11</u>	27	6
13. PET/CT	PubMed	1 AND 13	107	
14. Method		<u>1 AND 12 AND 13</u>	32	25
15. Children		1 AND 14	189	
16. Cancer		<u>1 AND 14 AND 8</u>	42	10
17. Radiation dosis		15 AND 16 AND 17 AND		
18. PET		<u>18</u>	9	5
19. Tumor	Science Direct	15 AND 13	78	
20. Pediatric		15 AND 13 AND 19	62	
21. Lymphoma		15 AND 13 AND 19 AND		
22. MR		<u>20</u>	46	5
23 2014	PubMed	<u>1 AND 23</u>	22	1
24. CT		<u>1 AND 21</u>	10	7
25. Features		22 AND 21 AND 24 AND		
26. Diagnostic		15	58	
27. Paediatric		22 AND 21 AND 24 AND		
28. Staging		<u>15 AND 25</u>	15	2
29. Restaging		1 AND 26 AND 2	904	
30. Integrated scanner	Proquest	1 AND 26 AND 2 AND 27	94	
31. Hybrid		1 AND 26 AND 2 AND 27		
32. Anatomically		AND 4	78	
33. Whole-body		1 AND 26 AND 2 AND 27		
34. Potential		<u>AND 4 AND 28 AND 29</u>	46	1
35. Simultaneous		1 AND 15 AND 4	83	
36. Blended-modality		1 AND 15 AND 4 AND 20		
37. Patients		<u>AND 21</u>	48	1
38. Experiences		1 AND 34 AND 35	420	
39. Clinical		1 AND 34 AND 35 AND 33		
40. Applications		AND 32	58	
41. Oncologic		1 AND 34 AND 35 AND 33		

		<u>AND 32 AND 20</u>	35	2
		<u>1 AND 36</u>	7	1
		1 AND 15 AND 21	63	
		1 AND 15 AND 21 AND 12		
		<u>AND 33</u>	48	1
	Pubmed	1 AND 16	136	
		1 AND 16 AND 37	75	
		<u>1 AND 16 AND 37 AND 38</u>	2	1
	Google Scholar	1 AND 39	111	
		<u>1 AND 39 AND 4</u>	40	1

Vedlegg 2

E-post 213 av 214

[Tilbake](#)
[Forrige](#)
[Neste](#)
[Svar](#)
[Svar til alle](#)
[Videresend](#)
[Slett](#)
[Flytt](#)

Fra: "Johansson, Bengt Erik" Ny kontakt
 Til: Celine Hestvik Olsen
 Tittel: SV: Hei!
 Dato: 2014-05-14 08:08

Celine, Jane, Linn,

Jeg bekrefter at ni kan bruke bilder og figurer fra forelesningene til er bacheloroppgave.

Hilsen

Bengt Erik

Fra: Celine Hestvik Olsen [mailto:celine.olsen@hig.no]
Sendt: 13. mai 2014 19:48
Til: Johansson, Bengt Erik
Emne: Hei!

Vi lurte på om vi kunne få en bekreftelse fra deg at det er greit at vi bruker bilder fra forelesning din (positron emisjons tomografi) i vår bacheloroppgave.

mvh

Celine, Jane og Linn
