

Introduktion i magnetresonanstomografi

Amund Fagerbakk

Examensarbete för (YH)-examen inom social- och hälsovård

Utbildning: Röntgenskötare (YH)

Vasa 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Amund Fagerbakk

Utbildning och ort: Röntgenskötare, Vasa

Handledare: Katarina Vironen

Titel: Introduktion i magnetresonanstomografi

Datum 7.11.19 Sidantal: 33

Bilagor: 1

Abstrakt

Idén för att skriva detta arbete baserar sig på mina erfarenheter i mötet med magnetresonanstomografi (MR) i teori och praktik, som röntgenskötarstuderande vid Yrkeshögskolan Novia i Vasa.

Syftet med arbetet är att framställa en lättförståelig introduktion i MR åt röntgenskötarstuderande. Min teoretiska referensram är Blooms reviderade taxonomi, som diskuteras i förhållande till Yrkeshögskolan Novias kursspecifika läroplan. Introduktionen skall kunna förbereda studenten inför mötet med MR-praktiken.

Min metodologi är Grounded Theory och min metod är en komparativ litteraturanlys av ett urval textböcker inom ämnet MR. Grounded theory är en kvalitativ forskningsmetodologi. Metodologin siktar på att generera teori (som i nästa omgång kan testas empiriskt) på basis av data.

MR-teorin är omfattande, till viss del svår att förstå. Typiskt för litteraturen jag undersökte, är att texterna är genomgående tekniska, och för att lättare förstå många och långa textavsnitt, vore förkunskaper i fysik till en fördel. Resultatet, en lättförståelig text, blev därför kanske mindre omfattande och mindre lättförståelig än det jag från utgångspunkten hade hoppats.

MR-teknologin kan bäst läras genom praktik, med en viss nivå av förkunskaper och förståelse av de samma. Dessa har jag försökt att redogöra för i mitt arbete.

Språk: Svenska Nyckelord: Magnetresonanstomografi, pedagogik, Blooms reviderade taxonomi

BACHELOR'S THESIS

Author: Amund Fagerbakk

Degree Programme: Bachelor of Health Care, Radiographer, Vaasa

Supervisor: Katarina Vironen

Title: Introduction to magnetic resonance imaging

Date 7.11.19

Number of pages: 33

Appendices: 1

Abstract

The idea for writing this study are based on my experiences in my encounters with magnetic resonance imaging (MRI) in theory and practice, as a radiographer student at the University of Applied Sciences Novia, Vasa.

The purpose of my study is to produce a comprehensible introduction in MRI for radiography students. My theoretical framework is Bloom's revised taxonomy in light of Novia's Learning objectives. The introduction is intended to prepare the student for the first practical period involving MRI.

My methodological approach is Grounded Theory and my method is a comparative literary study of a certain number of subject textbooks. Grounded Theory is a qualitative methodology, aiming to generate theory (to later be tested empirically) on the basis of data.

MRI theory is voluminous and generally difficult to grasp. A typical trait of the textbooks examined, is that they are very technical, and to some extent require some knowledge in physics. My result, a comprehensible introductory text, turned out less comprehensible than I initially had hoped it to be.

MRI-technology can best be learned through practice, provided a certain level of knowledge and understanding of the same are in place. These are what I have tried to encircle in my study.

Language: Swedish

Key words: Magnetic resonance imaging, pedagogy, Bloom's

revised taxonomy

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Syfte och frågeställning.....	2
3	Teoretisk referensram	2
4	Teoretisk bakgrund	9
4.1	Magnetism.....	10
4.2	MR-apparaten.....	11
4.2.1	Magneten	11
4.2.2	Ibruktagnig av magneten	12
4.2.3	Quench	13
4.2.4	Magnetfältets homogenitet.....	13
4.2.5	Avskärmning	14
4.2.6	Gradientspolar	14
4.2.7	RF-spolar.....	14
4.2.8	Datorn	15
4.3	Grundläggande principer	15
4.3.1	Spinn.....	15
4.3.2	Precession.....	16
4.3.3	Longitudinell magnetisering.....	17
4.3.4	Transversell magnetisering.....	18
4.3.5	MR-signalen	19
4.3.6	Lokalisering av signalen.....	20
4.3.7	Viktning av bilden.....	21
4.3.8	T1-relaxation.....	22
4.3.9	T2-relaxation.....	22
4.4	Säkerhet.....	22
5	Metod.....	24
6	Resultat	27
7	Diskussion.....	28
8	Källförteckning.....	30
	Bilaga	34

1 Inledning

Idén för att skriva detta arbete baserar sig på mina erfarenheter i mötet med magnetresonanstomografi (MR) i teori och praktik, som röntgenskötarstuderande vid yrkeshögskolan Novia i Vasa.

I februari 2019 inledde jag, som tredjeårsstuderande, min praktikperiod vid Karolinska Universitetssjukhuset i Stockholm. Min praktik var uppdelad i två delar, först var jag tre veckor på MR i Huddinge (Avdelningen för radiologi). Efter Huddinge praktiserade jag två veckor på MR vid avdelningen för neuroradiologi i Solna.

Redan första dagen på praktiken insåg jag att min kunskap om MR var bristfällig, en insikt som blev bekräftad under samtalen med mina handledare. Varför? Jag hade deltagit på föreläsningarna, läst den teori vi fått, detta till trots förstod jag ändå väldigt lite av vad jag hade läst. Jag började min praktik med, som Aristoteles skulle sagt det, *a priori* kunskap, kunskap som är oberoende av erfarenhet, men jag saknade kunskap *a posteriori*, kunskap baserad på erfarenhet och upplevelser (Holmen, 2019).

Jag har i mitt arbete använt mig av förkortningen "MR" istället för magnetisk resonanstomografi. MR benämns ofta som "magnetrontgen" i folkmun, vilket är felaktigt. MR, MRI (Magnetic resonance imaging), eller MRT (Magnetisk resonanstomografi), är idag en av de viktigaste teknikerna för medicinsk diagnostik.

MR-teknologi använder sig av magnetfält och radiovågor för att avbilda inre organ. MR är en teknik för bildgivande diagnostik, vilken producerar detaljerade tvärsnittsbilder av människans inre. Utvecklingen av MR-tekniken har skett i rask takt sedan den första MR-apparaten för kommersiellt bruk kom år 1980. Fyra år senare kom den första MR-apparaten till Finland. I dagens läge är över 100 MR-apparater i bruk i Finland. (Berglund & Jönsson, 2007, s.97 - 98; STUK, 2015).

Under praktiken kunde mina handledare samt andra i personalen bekräfta att MR är ett omfattande ämne och att det tar en lång tid att lära sig. Vid MR i Huddinge hade de ett års inlärningsstid för nyanställda röntgenskötare. Teknologin som ligger bakom en MR-apparat är mycket komplicerad och avancerad. Att förstå varje moment som ligger bakom bildframtagningen kanske inte kan ses som nödvändigt, men för att genomföra en undersökning behövs ändå en viss förståelse för de olika faktorerna som påverkar undersökningen och dess resultat.

2 Syfte och frågeställning

Syftet med arbetet är att framställa en lättförståelig introduktion i magnetresonanstomografi, MR, åt röntgenskötarstuderande. Introduktionen kommer att bestå av text och bilder. Syftet med arbetet är inte att försöka ersätta teorin vi fick ta del av i skolan, utan att det ska fungera som ett komplement åt studerande.

Frågeställning:

Hur sammanställa ett pedagogiskt lättläst material som bättre kan förbereda studenten inför mötet med MR?

3 Teoretisk referensram

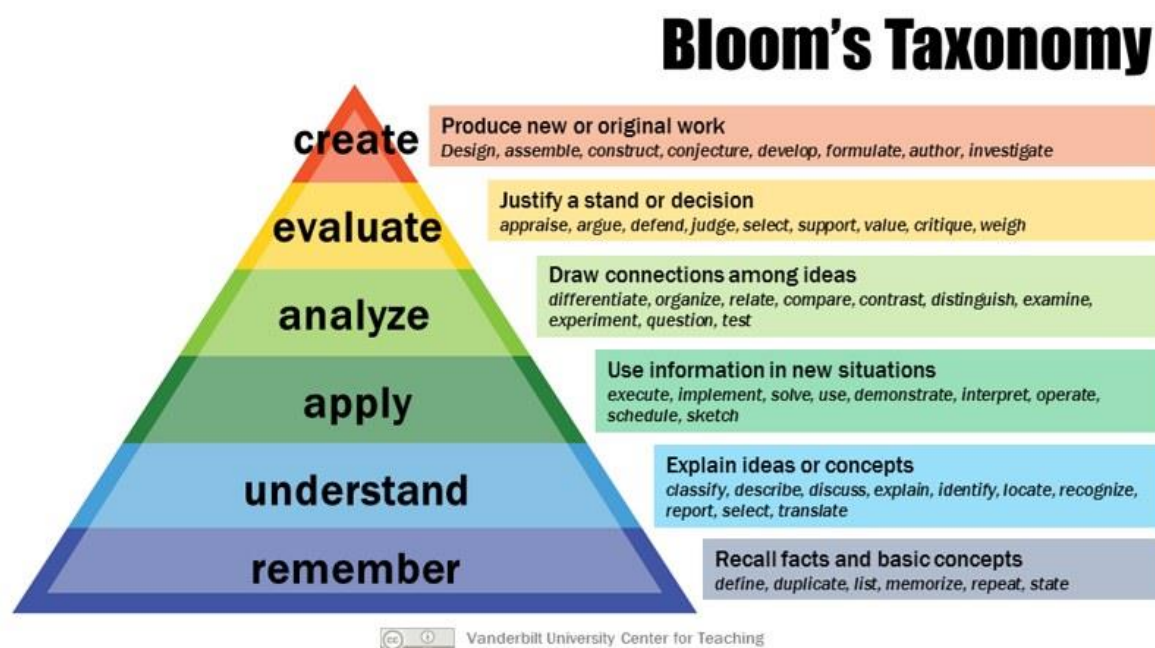
Den teoretiska referensramen måste ha ett samband med problemet, som integreras och problematiseras utifrån referensramen. (Henricson, 2013, s.64) Problemet i mitt fall är ett upplevt missförhållande mellan teorin som studerande erbjuds och den kunskap och förståelse som studerande erhåller. Mitt problem dikterar, så att säga, valet av min teoretiska referensram: Blooms taxonomi - rättare sagt Blooms reviderade taxonomi (BRT).

År 1949 påbörjade den amerikanska psykologen Benjamin Bloom och en grupp specialister från olika institutioner i USA ett arbete som skulle resultera i ett system vi känner som Blooms taxonomi. Detta var ett hierarkiskt system som skulle vara till hjälp vid formuleringen av läromål och hade avsikt till att bygga på vetenskaplig och objektiv kunskap om läroprocessen och är uppbyggt enligt olika inlärningsformer. Arbetet präglades av en tidsanda där naturvetenskapliga tankesätt dominerade (Imsen 1999, s.214). Det slutliga utkastet publicerades år 1956 med titeln "Taxonomy of Educational Objectives: The classification of Educational Goals. Handbook 1: Cognitive Domain". (Biggs & Tang 2011, s.123).

Blooms taxonomi är sedan dess reviderad (Anderson, Krathwohl et al 2001). Revisionen går under namnet "Blooms reviderade taxonomi", ofta BRT, medans den ursprungliga versionen refereras till som "Den originala taxonomin" (Kratwohl 2002, s. 213)

Blooms taxonomi är långt från den enda, men kanske den mest kända av många taxonomier. Dessutom har den blivit använd i stor utsträckning efter att den ursprungligen publicerats. Trots att Bloom har använts (och används) mycket, så är också taxonomin utsatt

för kritik (Imsen 1999, s. 213). Jag har medvetet valt att inte fokusera på denna kritik, bl.a. eftersom Blooms taxonomi i skrivande stund verkar som en ändamålsenlig referensram. Enligt min förståelse kritiseras modellen för att den fokuserar på mätbar kunskap, och orsakar därmed en oönskad hållning till lärande, där lärandet blir en kumulativ process, från kunskap till syntes, och varje nivå bygger på den tidigare. En del av kritiken beror antagligen på feltolkningar, något som Kratwohl också antyder (Kratwohl, 2002, s.212). Bloom delade in kunskapsfältet i tre kategorier: den kognitiva (kunskaper), den affektiva (moral, normer) och den psykomotoriska (färdigheter). För varje kategori gjordes det nya indelningar. Bloom presenterade med sin forskningsgrupp, bland andra David R. Kratwohl, följande ekvation: Arts or skills + knowledge = abilities. Fritt översatt till svenska: färdighet + kunskap = kompetens. Blooms taxonomi klassificerar **färdigheter**, alltså det som studenten skall kunna **göra** med ett definierat kunskapsområde, medan klassificering av kunskap överläts till andra (Kratwohl, 2002, s.212). Att taxonomin felaktigt har blivit använd och används till att mäta **kunskap**, är en helt annan sak.



Figur 1: Blooms reviderade taxonomi (Vanderbilt University Center for Teaching)

BRT kan fortfarande vara en bra handledning (Biggs & Tang, 2011, s.124) för planering av arbetsområden, arbetsuppgifter, frågeställningar och önskade slutresultat i ett flertal ämnen. Nivå 1 i taxonomin är kunskap. Här innefattar den kognitiva aktiviteten att igenkänna och återge kunskap. Nivå 2 är förståelse. Förståelse kräver att studenten kan visa att den kan

återge något på ett bearbetat sätt, att studenten kommer ihåg fakta och visar att den förstått. Den tredje nivån är användning. På denna nivå bör studerande kunna utnyttja sin kunskap för att använda den i praktiken. Taxonomins fjärde nivå är analys. På denna nivå bör studerande kunna förklara vad som är känt, och kunna bryta ner helheten i delar för att se sammanhanget mellan delarna. Den femte nivån är utvärdering. Här förväntas det att studerande ska kunna bedöma resultatet. Detta är var studerande utvecklar sin kritiska tankeförmåga. De lär sig att utvärdera olika förklaringar gällande samma fenomen och att avgöra vilka åtgärder som krävs. Nivå 6 är syntes, att kunna sätta samman det kända till något nytt. Här uppmanas studerande till att tänka kreativt eller att sammansätta kunskaperna på ovanliga och flexibla sätt.

Jag förstår BRT (se figur 1) så att verben representerar färdighetsdimensionen. Kompetensen hänger på att studenten kan kombinera färdigheter med kunskap. Med antingen endast färdigheter eller endast kunskap uppstår inte kompetens. "Tests of knowledge are surely important, but they are also incomplete tools in this appraisal if we really believe there is more to the practice of medicine than knowing." (Miller, 1990, s.63). I det följande kommenterar jag kortfattat två andra taxonomier: Millers pyramid och SOLO (structure of observed learning outcomes).

Millers pyramid - också en taxonomi

I Millers artikel (Miller, 1990 s.63) problematiserar han "mätandet" av det han kallar för handlingskomponenten (action component) som en del av professionellt beteende. Han har heller inte något egentligt svar på detta, utöver att fortsätta "det goda arbetet". Mätningar av "Knowledge" och "Competence" berättar i tillägg lite om huruvida studerande uppnår framtida mål i "Performance" och "Action". Därtill styr examenssystemet utbildningen, eftersom examina definierar vad studerande måste lära sig eller göra för att lyckas. Därför, menar Miller, bör läroanstalterna eftersträva både undervisningsmetoder och utvärderingsprocedurer som matchar den övre halvan av pyramiden. (Miller, 1990, s.63).

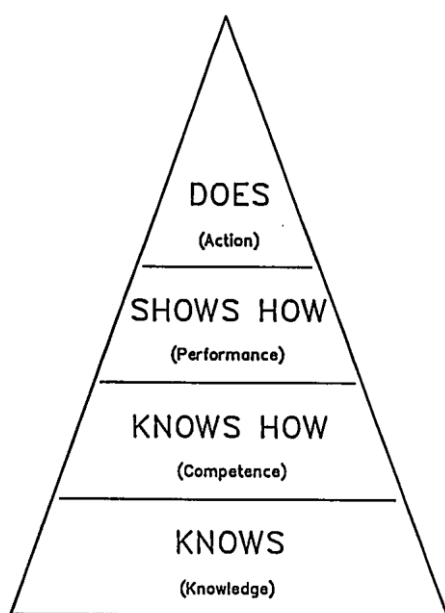


Figure 1. Framework for clinical assessment.

Figur 2: Millers pyramid (Miller, 1990, s.63)

Längst ner i pyramiden har Miller placerat kunskap, för som han uttrycker det “...that a student, a resident, a physician **knows** what is required in order to carry out those functions effectively.” (Miller, 1990, s.63). Säljö delar hans uppfattning: “I ett sociokulturellt perspektiv är kunskaper något som man **använder** i sitt handlande i olika verksamhetssystem” (Säljö, 2000, s.125). Enligt min förståelse är Millers pyramid utarbetad med tanke på professionsutveckling och dess utvärdering. Även Millers pyramid har reviderats (Al-Eraky & Marei, 2016). I den nya versionen är pyramiden utvidgad med ett steg: “is”, alltså “är”. Detta leder in taxonomin på ett plan som gör den oanvändbar för mitt ändamål.

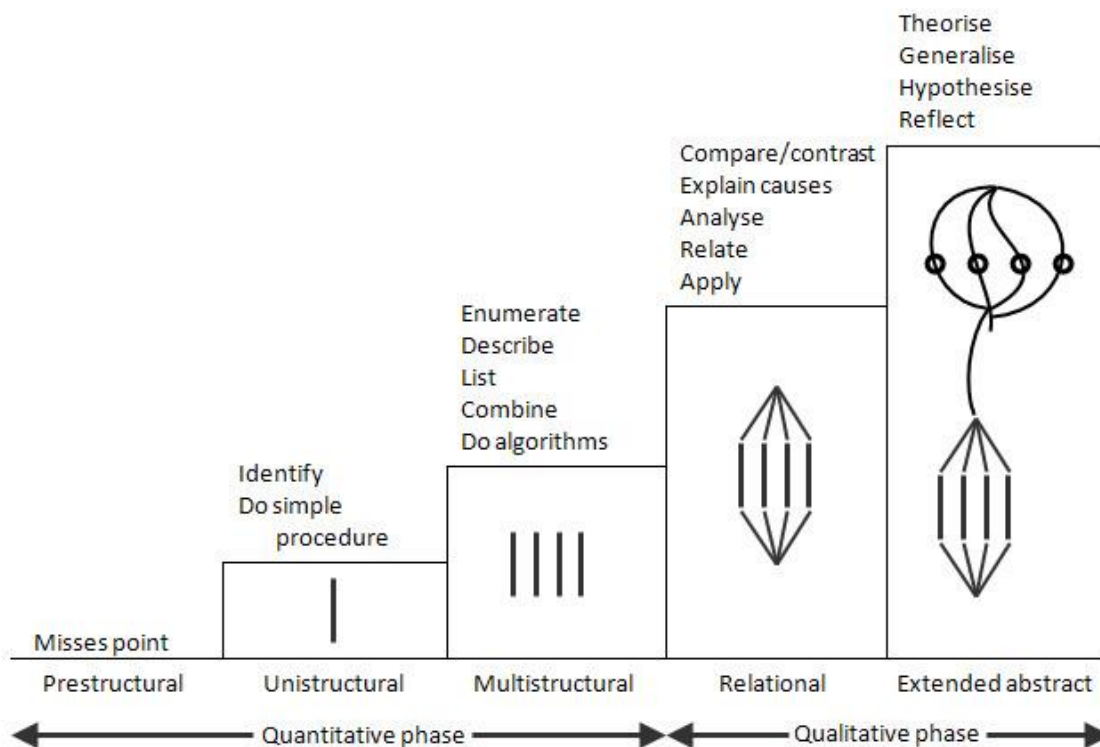
SOLO är en akronym, och står för Structure of Observed Learning Outcomes. Taxonomin blev, enligt Stålné et al (2016), först beskriven av Biggs och Collins år 1982. Ordet “Structure” i titeln uttrycker att det inte är kunskaps**innehållet**, men kunskaps**strukturen** som värderas (Stålné et al, 2016, s.1033). Learning Outcome är det vi kallar, med god svenska, studentens output. Ordet “observed” hänvisar inte till generell observation av studentens utveckling, utan “an observation of the learning outcome that the student demonstrates at a single occasion for a certain subject matter.” (Stålné et al 2016, s.1034).

Vartefter som studenten lär, visar deras lärande en ökande strukturell komplexitet. Två huvudändringar kan iakttas: först en kvantitativ: detaljrikedomen i svaren ökar, och därefter

en kvalitativ ändring: detaljerna integreras i ett strukturellt mönster. (Biggs, J, & Tang, C, 2011, s.87).

Mycket av det som undervisas i universitet och högskolor representerar teoretisk kunskap, “declarative knowledge” (Biggs & Tang, 2011, s.81). Med det avses faktakunskap (t.ex. MR-teori). Faktakunskap är enkel att testa: studentens uppgift är att återge fakta. Den andra typen av kunskap är “functional knowledge”: “Functional knowledge is knowledge that informs action, where the performance is underpinned by understanding.” (Biggs & Tang, 2011, s.82). Handling, agerande, är avhängande av teoretisk kunskap. Problemet är alltså att koppla ihop dessa två kunskapstyperna. Detta är ett huvudtema för Biggs och Tang, att skapa en undervisnings- och lärosituation var ILO (intended learning outcome) använder verb för att beskriva en standard, en undervisnings- och läroplan som fokuserar på samma verb, och utvärderingsformer uppbyggda kring samma verb. Biggs och Tang kallar detta för “Constructively aligned teaching and assessment” (Biggs & Tang, 2011, s.109). I deras arbete placeras också ansvaret på studenterna, som inte tillåts vara passiva mottagare av kunskap. Taxonomin är därför också ägnad åt studenterna för självutvärdering.

SOLO-taxonomin innehåller fem nivåer:



Figur 3: SOLO-taxonomin (University of Copenhagen)

Trots de uppenbara skillnaderna, visar alla tre taxonomierna ett tydligt "släktskap". De betonar alla att teoretisk kunskap inte endast är viktig, men essentiell. Taxonomierna betonar också alla att vad man kan göra med kunskapen, hur man demonstrerar kunskapen, är det som är det viktigaste (och kanske med ett undantag för SOLO, det som är svårast att mäta). Detta till trots, väljer jag ändå BRT, som min huvudsakliga referensram. Det beror särskilt på två förhållanden. Det första är att BRT är konkret och lättförståelig. Det andra är utformandet av vår läroplan.

I Klinisk radiografi 4 (kursen innefattar dock flera modaliteter än MR) beskrivs de kursspecifika kompetenserna för studerande enligt nedanstående text:

Kursspecifika kompetenser: Studerande:

- har beredskap att tillämpa teoretisk kunskap i praktiken
- har förmåga att självständigt och som medlem i arbetsteam planera, utföra och utvärdera nativundersökningar, MRI- och angiografiundersökningar
- kan bemöta, vårda och handleda patienten helhetsmässigt vid undersökningar och inventioner och har god beredskap att vårda patienten vid olika tillfällen/olika omständigheter/ med varierande behov och problem.
- förstår innebörden av säker och trygg patientvård till alla delar
- är förtrogen med vården på andra typer av avdelningar än sina egna
- kan tillämpa principerna för den hållbar utvecklingen i sitt arbete i alla dimensioner och har utvecklat förmåga till samarbete samt visar ansvar i sitt arbete med ökade krav på självständighet och initiativförmåga
- har förmåga att självständigt förvärva nya kunskaper i diagnostiska radiografins delområden. (Yrkeshögskolan Novia, U.å.).

Här vill jag påminna om att mitt syfte med arbetet är att framställa en lättförståelig introduktion i magnetresonanstomografi, MR, åt röntgenskötarestuderande. Avsikten är, som preciserat i mitt syfte, att introduktionen skall kunna förbereda studenten inför mötet med MR-praktiken.

Det är knappast ett orimligt påstående att studenter inför deras möte med MR befinner sig på nivå två i BRT (gällande MR). Verben här är, för att nämna några, på nivå ett: minnas (fakta), definiera, återge. På nivå två: klassificera, beskriva, identifiera, förklara. Vi kommer ihåg “något” och förstår “något”. Vad detta “något” är, varierar från student till student, från lite till en hel del, det samma gäller vad vi “förstår”. Tidigare utbildning, personliga intressen och förmåga, men också undervisningens struktur och förmedlandet av kunskap, är med och avgör dessa nivåer. Oavsett så kommer det att variera. Nivå tre i BRT testas först i praktiken, under handledning. Bloom et al (1956) definierade kompetens som färdigheter + kunskap. Efter klinisk radiografi 4 skall studenten ha dessa **kursspecifika kompetenser: beredskap, förmåga att planera, utföra och utvärdera, kunna bemöta, vårda och handleda, förstå innebörden, vara förtrogen, kunna tillämpa, ha förmåga att självständigt förvärva.** Som jag ser det, så ska studerande efter avslutad kurs befinna sig på nivå fyra, fem och sex i BRT. Detta har direkta konsekvenser som påverkar mina teoretiska val och min slutprodukt. Läroplanens verb applicerat på övergången mellan nivå två och tre antyder att jag i min slutprodukt bör fokusera på följande:

-nödvändig teori om MR (men vad är “nödvändig” teori?)

-säkerhet

Genomgången av min valda litteratur kommer att bekräfta eller bestrida mitt antagande.

4 Teoretisk bakgrund

Jag har i mitt arbete använt mig av förkortningen “MR” istället för magnetisk resonanstomografi. MR benämns ofta som “magnetrontgen” i folkmun, vilket är felaktigt. MR, MRI (Magnetic resonance imaging), eller MRT (Magnetisk resonanstomografi), är idag en av de viktigaste teknikerna för medicinsk diagnostik.

MR är en teknik för bildgivande diagnostik, vilken producerar detaljerade tvärsnittsbilder av människans inre. Centrala nervsystemet, stöd- och rörelseorganen samt buken, är alla objekt som är väl lämpade för MR-undersökning, även blodkärl kan avbildas med hjälp av MR. (Strålsäkerhetscentralen, STUK, 2015).

MR-teknologi använder sig av magnetfält och radiovågor för att avbilda inre organ. Förutsatt att patienten som ska undersökas inte har någon magnetisk metall i kroppen, är själva MR-undersökningen i sig enligt dagens kunskap helt riskfri. En MR-apparat använder sig inte av någon joniserande strålning för att producera bilderna, tekniken som utgör MR har heller inget samband med röntgen. (Berglund & Jönsson, 2007, s.96; Strålsäkerhetscentralen, STUK, 2015).

MR-bilder kan till utseendet likna bilder tagna med datortomografi (CT). Både MR och CT tar tomografiska bilder, alltså snittbilder av kroppen. Tekniken bakom de två modaliteterna är dock olika, CT använder sig av röntgen och visar attenueringen av fotoner. Attenuering innebär fotonernas växelverkan med atomerna i objektet de träffar, strålningen förlorar energi och ändrar sin riktning när den träffar till exempel människokroppen. Material av olika densitet avbildas ljusare och mörkare beroende på mängden fotoner som penetrerar objektet. MR visar protoner och deras växelverkan med magnetiska fält. (Berglund & Jönsson, 2007, s.63, 98).

När MR fortfarande var i ett tidigt skede kallades tekniken för NMR (Nuclear Magnetic Resonance) men man tog bort “Nuclear” ur namnet på grund av det förknippades med radioaktivitet och ansågs skrämmande. (Berglund & Jönsson, 2007, s.96).

Utvecklingen av MR-tekniken har skett i rask takt. På 40-talet tillverkade den schweiziska fysikern Felix Bloch en apparat för att studera det nyupptäckta fenomenet NMR. Efter att ha satt sitt finger i denna apparat kunde Bloch konstatera att hans finger gav en stark NMR-signal. År 1952 erhöll Felix Bloch och Edward Purcell nobelpriset i fysik. Priset utdelades

“för upptäckten av att resonansfenomenet styrs av ett samband mellan magnetfältets styrka och radiovågens frekvens” (Berglund & Jönsson, 2007, s.97).

Raymond Damadian, ytterligare en av pionjörerna inom MR, gjorde tidigt på 70-talet upptäckten att man kunde se skillnad mellan cancervävnad och normal vävnad genom skillnader i MR-signalen. År 1977 hade Damadian utvecklat ett system för undersökning av hela kroppen och 1980 kom den första MR-apparaten för kommersiellt bruk (Berglund & Jönsson, 2007, s.97 - 98). Fyra år senare, 1984, togs den första MR-apparaten i Finland i bruk (STUK, 2015).

Samtidigt som Damadian höll på att utveckla sitt system, arbetade även två andra forskare med vad som skulle bli avgörande för att man skulle kunna ta i bruk MR som en användningsbar diagnostisk teknik. Den ena av dessa, Paul Lauterbur, upptäckte att man kunde framställa tvådimensionella bilder med hjälp av små justeringar av magnetfältet. Den andra, Sir Peter Mansfield var den som lade grunderna för hur MR-signalerna på ett effektivt sätt kunde analyseras och omvandlas till en bild med hjälp av dator. År 2003 erhöll Lauterbur och Mansfield nobelpris för sina upptäckter. (Berglund & Jönsson, 2007, s.97 - 98).

År 2012 var 117 apparater i användning i Finland. Enligt STUK görs i Finland årligen över fyra miljoner MR-undersökningar, och antalet apparater ökar fortsättningsvis med några per år. (Strålsäkerhetscentralen, STUK, 2015)

4.1 Magnetism

Det är visserligen okänt hur länge människan känt till magnetismen, men enligt Aristoteles' skrifter ska Thales från Miletos (filosof och en av Greklands sju vise) ha undersökt ferromagnetism så tidigt som 600 f.Kr. Grunderna för vår förståelse av elektromagnetism (läran om sambandet mellan elektricitet och magnetism) lades av av den danska professorn Hans Christian Ørsted så tidigt som år 1820. Under en lektion upptäckte Ørsted att en kompassnål ställde sig lodrätt mot en strömledare, och kunde på detta viset konstatera ett förhållande mellan elektricitet och magnetism. (Talbot & Westbrook, 2019, s.313; Encyclopedia Britannica, 1998).

All materia besitter någon form av magnetism, men hur materialen reagerar beror på deras magnetiska susceptibilitet. Magnetisk susceptibilitet beskriver hur ett material reagerar i ett externt magnetfält, till vilken grad det magnetiseras och ifall det dras till eller skjuts ifrån

det externa magnetfältet. Skillnaderna i magnetisk susceptibilitet beror på materialets molekylstruktur, specifikt antalet elektroner som omger atomkärnan samt hur de rör på sig och deras spinn. Beroende på ett materials magnetiska susceptibilitet kan det vara paramagnetiskt, diamagnetiskt eller ferromagnetiskt. Paramagnetiska material har en lätt positiv magnetisk susceptibilitet vilket innebär en svag attraktion till externa magnetfält. Gadolinium, som används som kontrastmedel vid MR-undersökningar, besitter paramagnetiska egenskaper om det håller en temperatur över 20°C. I fall Gadoliniumets temperatur sjunker under 20°C blir det ferromagnetiskt. Diamagnetiska material har en lätt negativ magnetisk susceptibilitet, vilket innebär att de stöts bort av externa magnetfält. Ferromagnetiska material har en hög magnetisk susceptibilitet. Med andra ord har de alltså en stark dragningskraft till externa magnetfält, vilket även gör dessa till en säkerhetsrisk inom MR. På grund av den starka dragningskraften utgör dessa en projektilfara om de kommer tillräckligt nära MR-apparaten. (Talbot & Westbrook, 2019, s.313; Chavhan, 2013, s. 22–23).

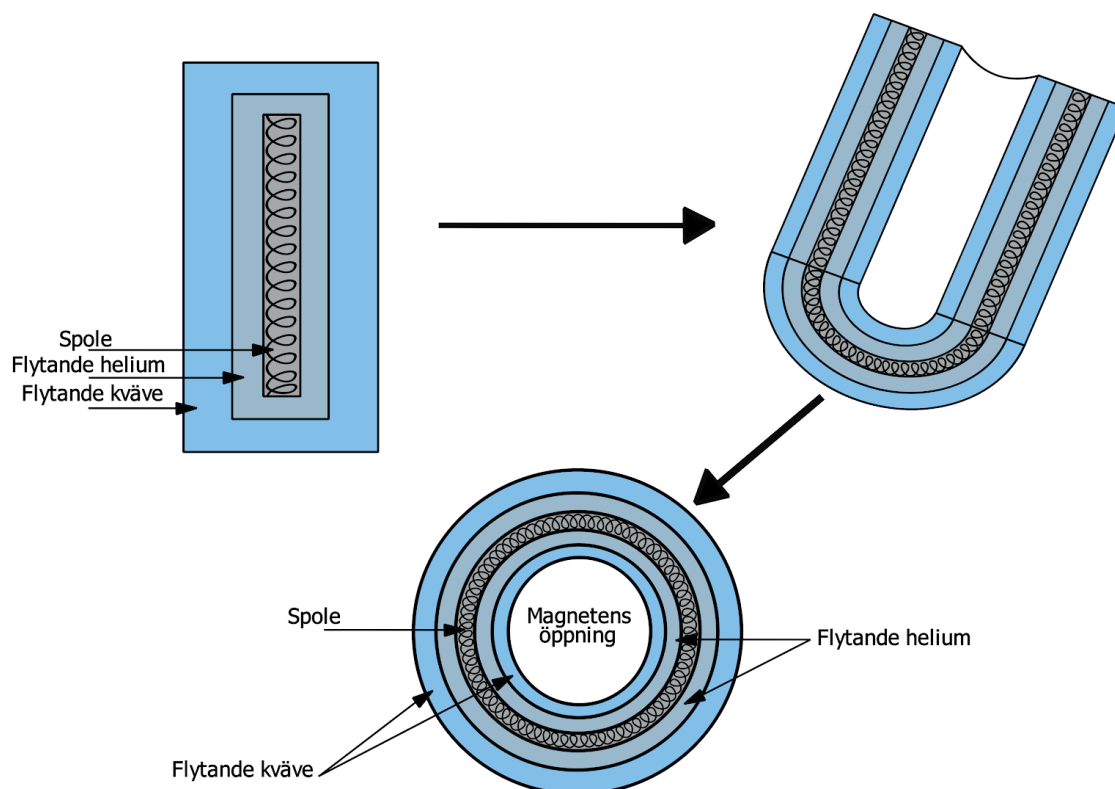
4.2 MR-apparaten

MR-apparaten utgörs av en rad olika komponenter, en kraftig magnet (2000 - 60 000 gånger starkare än det jordmagnetiska fältets styrka), en sändare för att skicka radiovågor mot patienten, en antenn som tar emot radiosignaler, gradientspoler som genererar olika gradientfält för att lokalisera signaler samt en dator som omvandlar den insamlade informationen till en bild. (Berglund & Jönsson, 2007, s.97, 122 - 123; Kreftforeningen, U.å.)

4.2.1 Magnetten

Själva magneten i de flesta av dagens MR-apparater är en supraledande magnet. Själva magneten utgörs egentligen av en spole. En spole är en elektrisk ledningstråd som är lindad i spiral, och ifall en elektrisk ström går genom spolen ger det upphov till ett magnetfält kring den (Nationalencyklopedin, u.å.). När någonting är supraledande innebär det att den elektriska resistansen (Ahoranta beskriver resistans som egenskapen att motverka elströmmen, Ahoranta 2000, s.35) i materialet är nära noll, och för att uppnå detta måste materialet i fråga kylas ner till en temperatur nära den absoluta nollpunkten (0 Kelvin / -273.15°C). Vanligtvis används en kombination, *legering*, av niobium och titan till spolarna i supraledande magnetter, denna materialkombination har en kritisk temperatur på 10K eller -263.15°C. För att kyla ner magnetspolen används både flytande helium och flytande kväve,

dessa kallas också för kryogen (något som alstrar mycket låga temperaturer enligt Nationalencyklopedin). Den supraledande spolen är omgiven av flytande helium vilket kyler den till 4K eller -269.15°C . Eftersom spolen kan vara upp till 30 km lång går det åt stora mängder flytande helium för att kyla ner den. Trots isolation läcker ändå små mängder värme in vilket leder till att heliumet förångas. För att minska förångning av det flytande heliumet används även flytande kväve som är betydligt billigare än flytande helium. På grund av att heliumet förångas behöver det fyllas på med jämna mellanrum, vanligtvis en gång i halvåret. Detta bidrar till en hög underhållskostnad för en MR-apparat. (Berglund & Jönsson, 2007, s.122 - 123; Chavhan, 2013, s. 22–27).



Figur 4: Den supraledande magnetens struktur (egen bild)

4.2.2 Ibruktägnning av magneten

När magneten ska startas för första gången görs det enligt en viss ordningsföljd. Först kyls den supraledande magneten ner till -269.15°C med hjälp av det flytande heliumet och kvävet. Efter att magneten kylts ner tillför man ström till den supraledande spolen. När strömstyrkan är på rätt nivå stängs strömkällan av. Om spolen bibehåller temperaturen fortsätter den tillförda strömmen att cirkulera trots att strömtillförseln är bruten. Strömmen och

magnetfältet som produceras är konstant och endast minimala förändringar sker. (Chavhan, 2013, s. 27).

4.2.3 Quench

Quench (översätts till att släcka eller kväva enligt Nationalencyklopedin) är det tillstånd när den supraledande magneten slutar att producera magnetfältet. När resistans introduceras i den supraledande spolen börjar värme bildas. Värmen leder till att det flytande heliumet och kvävet förångas. Detta i sin tur leder till ett händelseförlopp som slutligen leder till ökad temperatur, ökad resistans, förångande av all kryogen och förlust av magnetfältet. Efter att en quench skett måste det flytande heliumet och kvävet fyllas på igen och sen måste en uppstart av magneten göras igen. Ifall en patient skulle fastna i magneten på grund av ett objekt (t.ex. rullstol) som dragits in av magnetfältet kan quench användas. På grund av quench måste alla MR-apparater ha ventilation som möjliggör att heliumet har en väg ut ur byggnaden. Ifall helium läcker ut i undersökningsrummet kan det ersätta syret helt i utrymmet och leda till kvävning för personer som vistas i rummet. Om helium läcker ut i rummet leder det även till ett ökat tryck inne i undersökningsrummet. Ett ökat tryck inne i undersökningsrummet kan leda till att dörren till undersökningsrummet inte går att öppna. På grund av detta bör även alla undersökningsrum vara utrustade med ett övervakningssystem som varnar ifall syrenivån sjunker. (Chavhan, 2013, s. 27 - 28).

4.2.4 Magnetfältets homogenitet

Magnetfältets homogenitet innebär hur jämnt magnetfältet är. Magnetfältet bör vara så jämnt som möjligt för att man ska få korrekt signal från patienten. Trots att magnetfältet till stor del är jämnt kan det finnas små ojämnheter. För att uppnå ett så jämnt magnetfält som möjligt använder man sig av "shimming" (Dictionary.com beskriver "shim" som ett tunt stycke magnetiskt material som används för att justera ett magnetfält). Shimming kan antingen göras aktivt eller passivt. Vid passiv shimming använder man sig av metallremсор (ferromagnetiska) för att motverka ojämnheter i magnetfältet. Vid aktiv shimming leder man ström genom gradientspolarna, som i sin tur genererar små magnetfält som lägger sig över det yttre magnetfältet (B_0). Dessa spolar kallas shimspolar. Shimspolarna gör fältet mera jämnt genom att stärka eller minska på magnetfältet på önskade punkter. Shimspolarna kan antingen vara resistiva spolar som är belägna i den rumstempererade delen av MR-apparaten, eller också supraledande spolar som kyls av det flytande heliumet. För att ange homogenitet

används "Parts per million" eller förkortat ppm. För att få en bra bildkvalité vill man ha en homogenitet på 10 ppm eller mera. (Chavhan, 2013, s.28).

4.2.5 Avskärmning

Avskärmning av undersökningsrummet behövs eftersom det även förekommer ett magnetfält utanför själva MR-apparatens "rör". Detta magnetfält kan ta sig igenom vanliga väggar, golv och tak och eventuellt utgöra en risk för t.ex. patienter med pacemaker eller övervakningsapparater. För att undvika detta kan antingen aktiv eller passiv avskärmning användas. Den aktiva avskärmningen är dock dyr. Passiv avskärmning innebär att man använder sig av koppar eller stål i väggarna, detta är känt som "Faradays bur". Om rummet avskärmas aktivt används en solenoid, som är en lång rak spole av isolerad elektrisk ledningstråd utanför den nerkylda delen av MR-apparaten. Solenoiden begränsar magnetfältet till en accepterbar plats. (Chavhan, 2013, s.28 - 29).

4.2.6 Gradientspolar

Gradientspolar är elektromagnetiska spolar som används för att producera gradientfält (magnetfält). Gradientspolarna producerar magnetfält i X-, Y- och Z- axeln, och dessa fält adderas till det yttre magnetfältet B_0 . Gradientspolarnas uppgift är att lokalisera varifrån MR-signalen kommer. För att kunna lokalisera signalerna, så varierar gradientfältets styrka på olika platser i MR-apparaten. En mera ingående förklaring på gradientspolarnas uppgift finns under rubrik 4.3.6 (Chavhan, 2013, s.29 - 30; Talbot & Westbrook, 2019, s.330 - 331).

Under en bildtagning kopplas gradientspolarna på och av vid olika tillfällen, ofta i snabb takt, och det är även detta som orsakar det kraftiga knackande (upp till 100 dB) ljudet under en MR-undersökning. (Berglund & Jönsson, 2007, s.124, 126).

4.2.7 RF-spolar

RF-spolar (radiofrekvens) används för att skicka och ta emot signaler från patienten. RF-spolarerna kan fungera som sändare, antenner eller en kombination av de båda. RF-spolen skickar ut korta pulser av radiovågor, som i sin tur exciterar en del av vätekärnorna i kroppen efter att de tagit upp energin från radiovågorna. Efter att vätekärnorna exciterats inducerar de en radiosignal i den RF-spole som fungerar som mottagare. Efter att ett antal radiovågor sänts ut och den inducerade signalen från exciterade vätekärnor samlats in så omvandlas den insamlade informationen till en avläsbar bild. (Berglund & Jönsson, 2007, s.97)

4.2.8 Datorn

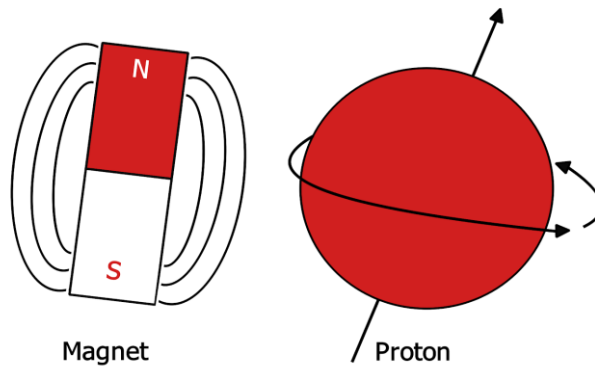
Datorn är en essentiell del i MR-systemet. Efter att en sekvens och parametrar har valts ser datorn till att de olika komponenterna som behövs kopplas in och ur vid rätt tidpunkter under undersökningen. Det är även i datorn som informationen från undersökningen bearbetas. Signalen som emottas från undersökningen blir analyserad och digitaliserad, varefter man får en bild. I efterhand är det även möjligt att göra rekonstruktioner i olika plan eftersom information lagras från varje volymsenhet i den del av kroppen som undersökts. (Berglund & Jönsson, 2007, s.125)

4.3 Grundläggande principer

För att producera en MR-bild behövs också en mätbar signal. Signalen man använder sig av i MR är radiovågor från kärnorna i väteatomerna i kroppen. Orsaken till att det är väteatomerna man är intresserade av är på grund av den stora mängden som finns av dem i kroppen. Väte finns i vatten (endast vatten utgör 55 - 60% av den totala kroppsvikten), fett och proteiner och är också den atom som är vanligast förekommande i människokroppen (Berglund & Jönsson, 2007, s.99). I tillägg till att det finns massor av väteatomer i kroppen, avger de också den bästa MR-signalen av alla atomerna i kroppen. (Chavhan, 2013, s.7).

4.3.1 Spinn

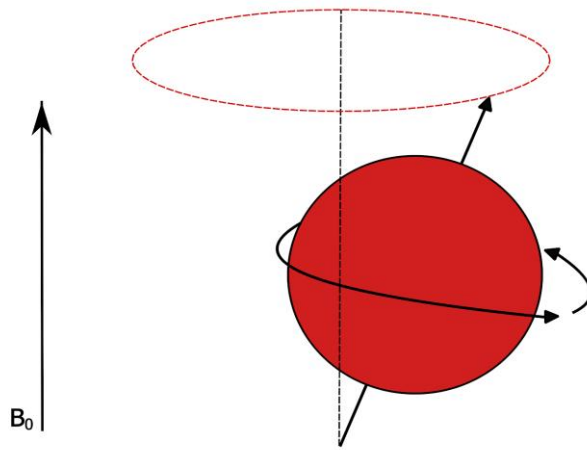
Vätekärnan utgörs av en enda proton. Eftersom protonen är positivt laddad har den även en roterande rörelse, en "spinn". Laddade partiklar i rörelse genererar också ström, och all ström har ett litet magnetfält runt sig. Detta betyder alltså att alla protoner också har ett litet magnetfält runt sig. Normalt rör och roterar sig protonerna i människans kropp på måfå, men ifall människokroppen omges av ett externt magnetfält (i vårt fall MR-apparaten) ställer sig protonerna längs det externa magnetfältets riktning. Protonerna ställer sig antingen parallellt med eller antiparallellt mot magnetfältet. (Chavhan, 2013, s.1 - 2).



Figur 5: Atomkärnan kan liknas med en stavmagnet, pilen som går genom protonen är en magnetiseringsvektor och beskriver det magnetiska momentet (egen bild)

4.3.2 Precession

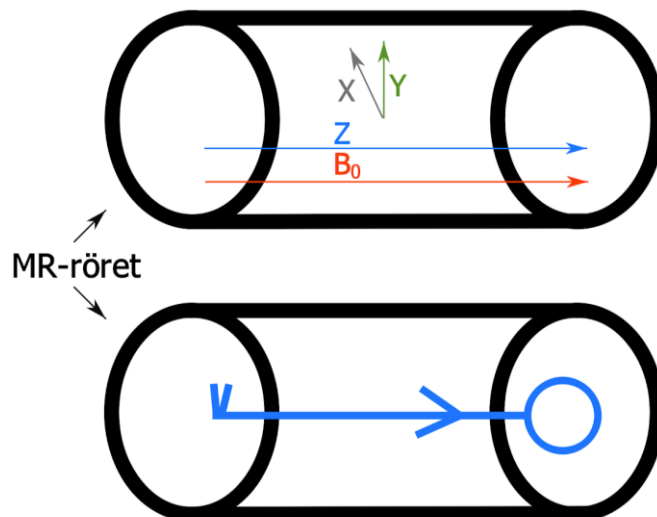
Alla väteprotoner roterar runt sin egen axel, men när de påverkas av ett externt magnetfält och ställer sig i samma riktning som magnetfältet börjar även protonens rotationsaxel röra sig i en konformad rörelse. Denna rörelse kallas för precession och protonen börjar alltså precessera när den påverkas av ett yttre magnetfält. En protons antal precessioner per sekund kallas för precessionsfrekvens och betecknas med Hertz. Precessionsfrekvensen (kallas även för larmorfrekvens) påverkas av magnetfältets styrka. Desto starkare magnetfältet är desto högre blir också precessionsfrekvensen. Precessionsfrekvensen hos en väteproton är ungefär 64 MHz i ett magnetfält på 1,5 Tesla, och ungefär 128 MHz i ett magnetfält på 3 Tesla. En Megahertz är en miljon Hertz, vilket innebär att en väteproton precesserar 64 miljoner gånger i sekunden i ett magnetfält på 1.5 Tesla. Orsaken till att man är intresserad av precessionsfrekvensen är för att man vid bildtagningen skickar in radiovågor på samma frekvens för att kunna manipulera protonerna. (Chavhan, 2013, s.1 - 4).



Figur 6: En protons spinn och precession, B_0 är det yttre magnetfältet som genereras av MR-apparaten (egen bild)

4.3.3 Longitudinell magnetisering

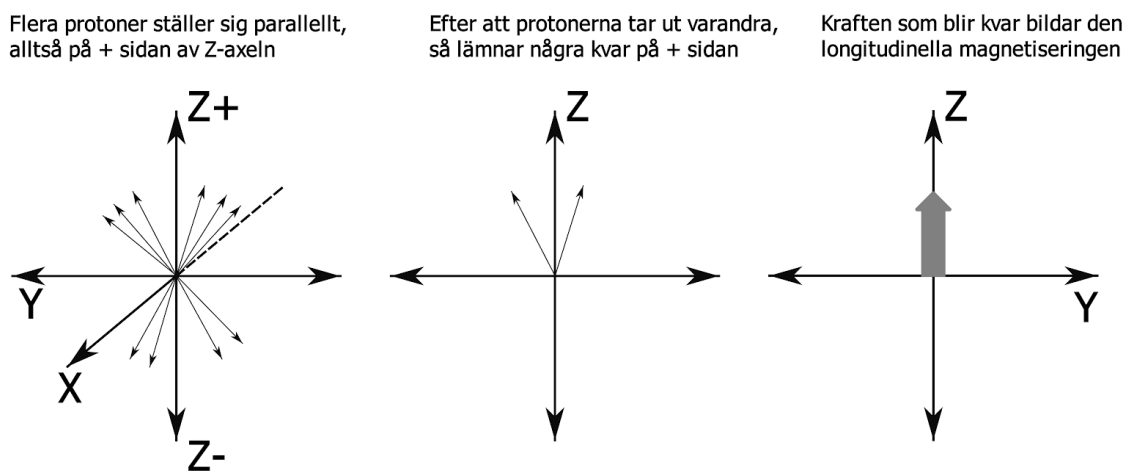
För att underlätta navigationen använder jag mig av bilden nedanför, där B_0 är det yttre magnetfältets riktning, som genereras av MR-apparaten. Den longitudinella magnetiseringen sker längs med Z-axeln och transversella magnetiseringen i X- och Y-planet.



Figur 7: MR-röret och de olika axlarna (egen bild)

Protonerna inuti magnetfältet ställer sig i riktning med magnetfältet, men som tidigare nämnt kan de ställa sig både parallellt eller antiparallellt med magnetfältet. Alltså de kan ställa sig på den positiva eller negativa sidan längs med Z-axeln. Protonerna på de positiva och negativa sidorna tar dock ut varandras kraft. Eftersom det alltid är några fler protoner som ställer sig på den positiva sidan, finns det alltid också kvar några på den positiva sidan som

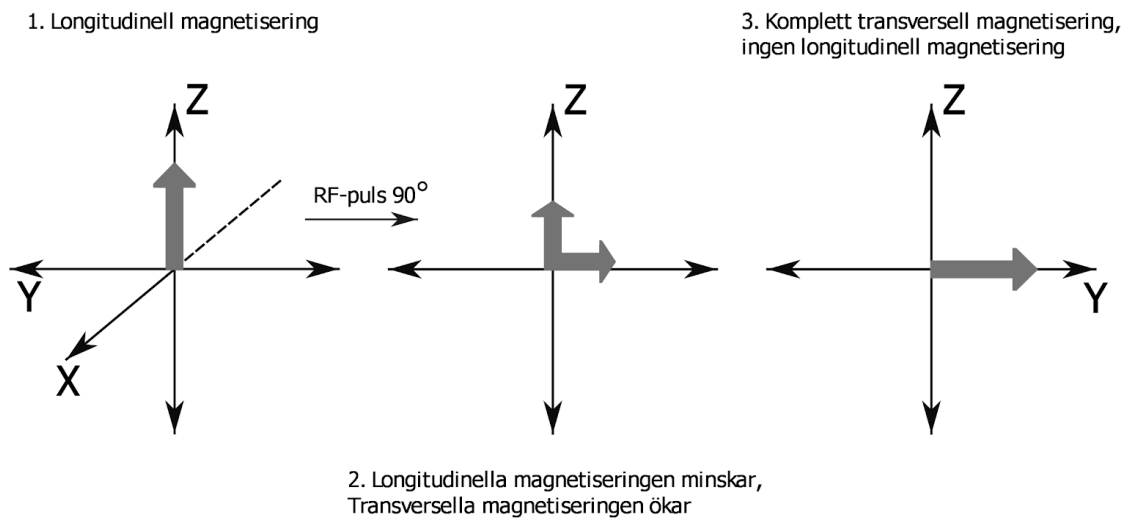
fortfarande har sin kraft. Dessa protoners kraft adderas och bildar en magnetisk vektor (beskriver det magnetiska momentet) som går längs med Z-axeln. Detta kallas för longitudinell magnetisation, dock kan inte longitudinell magnetisation mätas på grund av det externa magnetfältets påverkan. För att kunna mäta det krävs transversell magnetisation. (Chavhan, 2013, s.2 - 3).



Figur 8: Longitudinell magnetisering (egen bild)

4.3.4 Transversell magnetisering

För att uppnå transversell magnetisering, så skickar man in en RF-puls (radiovåg) efter att longitudinell magnetisering bildats. Protonerna som precesserar tar upp en del av energin från RF-pulsen. Detta orsakar att en del protoner erhåller en högre energinivå och börjar precessera antiparallellt, alltså på den negativa sidan av Z-axeln. Detta bildar en obalans, och leder till att magnetfältet vrids in på det transversella planet. Som tidigare nämnts måste RF-pulsen ha samma frekvens som protonens precessionsfrekvens, ifall de inte har samma frekvens går det heller inte att överföra energi emellan dem. När de har samma frekvens möjliggör det att protonerna kan ta emot energi från RF-pulsen. Detta fenomenet kallas resonans, alltså R:et i MRI/MRT. Utöver att RF-pulsen gör att protonerna får en högre energinivå orsakar den också att protonerna precesserar i fas, alltså deras precession blir synkroniserad. (Chavhan, 2013, s.4 - 5).

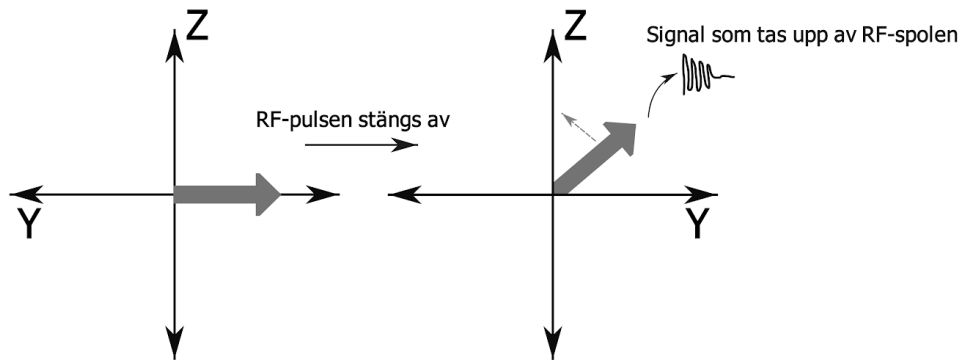


Figur 9: Transversell magnetisering, magnetiseringsvektorn vrids till det transversella planet med hjälp av en 90° RF-puls (egen bild)

4.3.5 MR-signalen

Magnetvektorn i det transversella planet roterar konstant enligt larmorfrekvensen, och inducerar samtidigt också ström. Det är alltså denna ström som RF-spolen plockar upp som MR-signal. Signalens styrka beror på den transversella magnetiseringens styrka. Efter att signalen har plockats upp omvandlas den till en bild med hjälp av datorn. (Chavhan, 2013, s.4 - 5).

Vektorn i det transversella planet börjar genast tappa sin kraft efter att den bildats. Detta beror på att protonerna börjar fasa ur. I takt med att den transversella magnetiseringen tappar kraft blir den longitudinella magnetiseringen större. Nettomagnetiseringsvektorn, vilket Berglund & Jönsson beskriver som "Summan av alla magnetiska moment i ett volymselement", betyder i vårt fall summan av LM (Longitudinell magnetisering) och TM (Transversell magnetisering). NMV (Nettomagnetiseringsvektorn) börjar röra sig från det transversella planet, X-Y och mot longitudinella planet Z. Så länge NMV befinner sig i det transversella planet, genereras också ström i RF-spolen, alltså signal. (Chavhan, 2013, s.4 - 5; Berglund & Jönsson, 2007, s.101)



Figur 10: NMV börjar förflytta sig mot Z-axeln så fort RF-pulsen stängs av (egen bild)

En kort genomgång av det vi just gått igenom:

Patienten placeras i magneten, detta leder till att alla protoner i rörelse lägger sig i riktning med MR-apparatens magnetfält och börjar precessera. En longitudinell magnetisation bildas längs Z-axeln.

En RF-puls skickas in, de precesserande protonerna tar upp energin från RF-pulsen och erhåller en högre energinivå, de börjar precessera i fas med varandra. Den longitudinella magnetiseringen minskar och en transversell magnetisering bildas i X-Y planet.

Signalen tas emot, magnetvektorn i transversella planet precesserar och genererar ström. Strömmen plockas upp som signal av RF-spolen.

Vi får en bild, MR-signalen som plockats upp blir omvandlad till en bild med hjälp av matematiska processer och en dator.

4.3.6 Lokalisering av signalen

För att kunna producera en bild behöver vi också kunna avgöra varifrån den signal som samlats in härstammar ifrån. Det är här gradientspolarna kommer in i bilden. Som jag tidigare nämnde används gradientspoler för att lokalisera från vilken del av kroppen signalen kommer. Gradientspolarna producerar tre olika magnetfält som "läggs på" det statiska magnetfältet. Gradientfälten varierar i styrka utefter deras respektive axel (X-, Y- och Z-axeln). De tre olika gradienterna man använder sig av är snittvalsgradient, faskodningsgradient och frekvensgradient. (Berglund & Jönsson, 2007, s.113 - 116)

Snittvalsgradientens magnetfält ökar linjärt i styrka längs med Z-axeln. Snittvalsgradienten avgör snittets position och RF-pulsens bandbredd avgör snittets tjocklek. Faskodnings- och frekvenskodningsgradienterna används för att lokalisera en särskild punkt i snittet varifrån signalen kommer. (Chavhan, 2013, s.5 - 7)

4.3.7 Viktning av bilden

Alla diagnostiska bilder måste ha en kontrast mellan normal anatomi och mellan anatomi och patologi. Om bilden saknar kontrast går det heller inte att identifiera anatomin eller avvikelser. En av MR-teknikens styrkor jämfört med andra modaliteter är dess utmärkta förmåga att avbilda mjukvävnad. Kontrasten i en MR-bild beror på flera olika variabler. (Talbot & Westbrook, 2019, s.24).

De faktorer som påverkar kontrasten inom bilddiagnostiken delas vanligtvis in i två kategorier, intrinsic contrast parameters och extrinsic contrast parameters. Dessa har jag fritt översatt till inre kontrastparametrar och externa kontrastparametrar. Till inre kontrastparametrarna hör faktorer som inte kan ändras eftersom de är en del av vävnaden i kroppen. De externa kontrastparametrarna är de som kan ändras eftersom de är under vår kontroll. (Talbot & Westbrook, 2019, s.24 - 27).

Ett exempel på en inre kontrastparameter från konventionell röntgen är kroppens olika strukturer som fotonerna ska ta sig igenom och attenueras av. En extern kontrastparameter är då exponeringen (kV / mAs). Båda är faktorer som påverkar bildens kontrast, kroppens strukturer kan vi inte ändra på medan exponeringen är en faktor vi har möjlighet att påverka. (Talbot & Westbrook, 2019, s.24 - 27).

Inom MR finns det ett flertal olika inre kontrastparametrar och till dessa hör t.ex. T1, T2, protondensitet och flöde. Dessa är alla kopplade till kroppens vävnad och kan inte ändras. Till de externa kontrastparametrarna hör bland annat TR (Time to repeat), TE (Time to echo), flip angle och TI (Time of inversion). (Talbot & Westbrook, 2019, s.24 - 27).

Relaxation, vilket är en väsentlig del för bildens kontrast, innebär den exciterade protonens "återhämtning" till normaltillstånd (bortsett från påverkan av magnetfältet). Relaxationstiden T1 och T2 och antalet protoner i vävnaderna som undersöks är huvudfaktorerna i vilken kontrast man får i en MR-bild. (Berglund & Jönsson, 2007, s.105 - 113; Chavhan, 2013, s.8 - 16)

När RF-pulsen stängs av, börjar LM återigen öka längs med Z-axeln samtidigt som TM minskar. Protonerna vill alltså göra sig av med den energi de fått från RF-pulsen. Processen när LM återhämtar sig, alltså ökar, kallas för longitudinell relaxation. Tvärt emot när TM minskar, kallas det för transversell relaxation. Longitudinell relaxation är det samma som T1-relaxation och spinn-gitterrelaxation. Transversell relaxation är det samma som T2-relaxation och spinn-spinnrelaxation. (Berglund & Jönsson, 2007, s.105 - 113; Chavhan, 2013, s.8 - 16)

4.3.8 T1-relaxation

Efter att RF-pulsen stängs av börjar protonerna i spinn att tappa sin energi. Protonerna med lägre energi börjar lägga sig i riktning med Z-axeln, och i takt med att flera och flera lägger sig i riktning med den positiva sidan av Z-axeln ökar också den longitudinella magnetiseringens styrka. T1 anger hur lång tid det tar för LM att återgå till 63% av sitt ursprungsvärde. T1-relaxationstiden beror på hur lätt deras energi kan överföras till omgivningen. Ifall den omkringliggande vävnaden har en precessionsfrekvens i närheten av protonens precessionsfrekvens får vi en kort T1-tid. Till exempel fett har kort T1 medan vatten har väldigt lång T1. Energin som protonerna släpper ifrån sig blir också till rörelseenergi och värme när den överförs. (Berglund & Jönsson, 2007, s.105 - 113; Chavhan, 2013, s.8)

4.3.9 T2-relaxation

Eftersom den transversella magnetisationen utgörs av protoner som precesserar i samma eller nära på samma frekvens, betyder det också att desto fler protoner som precesserar i samma frekvens leder till en starkare TM. Dessa protoner är också konstant utsatta för statiska eller sakta skiftande lokala magnetfält. När RF-pulsen stängs av börjar de alltså fasa ur, de precesserar längre inte i fas. (Chavhan, 2013, s.8).

4.4 Säkerhet

Trots att ingen joniserande strålning används vid en MR-undersökning finns det många andra säkerhetsaspekter att tänka på när det kommer till användningen av MR. På grund av användningen av olika magnetfält och radiofrekvenspulser krävs noggranna förberedelser inför en undersökning. Den största risken med en MR-undersökning är ifall ett ferromagnetiskt föremål kommer för nära magnetfältet. Ifall en patient ligger inne i MR-

apparaten och ett ferromagnetiskt föremål kommer för nära magnetfältet kan föremålet bli till en livsfarlig projektil. Eftersom magneten alltid är på gällor samma säkerhetsföreskrifter trots att ingen undersökning pågår. (Berglund & Jönsson, 2007, s.125).

Implantat av äldre modell som är ferromagnetiska samt främmande metallföremål är också en direkt kontraindikation för MR-undersökning. Ferromagnetiska implantat eller främmande metallföremål kan justera sitt läge inuti kroppen eller skada den kringliggande vävnaden (ögonen är särskilt utsatta) ifall det kommer in i det starka magnetfältet. Modernare implantat som är gjorda av titan är MR-kompatibla, dock kan de orsaka sämre bildkvalité. (Berglund & Jönsson, 2007, s.125 - 126).

Under en MR-undersökning kan man uppleva en stickande känsla eller "ljusblixtar". Detta beror på att användningen av gradientfält kan inducera strömmar i kroppens vävnader. Det är också orsaken till att pacemaker är en eventuell kontraindikation för MR-undersökning, ifall strömmar induceras i pacemakern kan den sluta fungera (Berglund & Jönsson, 2007, s.125 - 126). Talbot & Westbrook skriver att det konstaterats 13 fall var patienter dött på grund av pacemakerkomplikationer på grund av MR, vilket gör det till den vanligaste orsaken till död i samband med MR-undersökning. De senaste åren har tillverkare av pacemakers arbetat med att lösa de problemen som gjort pacemakers känsliga för MR-undersökningar. I dagens läge finns det pacemakers som är MR-kompatibla. (Talbot & Westbrook, 2019, s.362)

5 Metod

“Begreppet metod kommer av grekiska *méthodos* (av *meta*: efter och *ho’dos*: väg) längs en väg. En metod anger alltså de steg längs en väg som man företar sig, hur man går till väga” (Åsberg, 2001, s.271). I början av mitt arbete var tanken att göra en kvalitativ innehållsanalys av ett antal böcker och ett antal artiklar, med en teoretisk huvudvikt främst på Graneheim och Lundmans (2004) tolkning av vad en kvalitativ innehållsanalys omfattar, men jag använde mig också av Malteruds artikel “Kvalitative metoder i medisinsk forskning – forutsetninger, muligheter og begrensninger” (Malterud, 2002).

Graneheim och Lundman beskriver två olika metoder att utföra en innehållsanalys på: manifest och latent innehållsanalys. Tanken var att jag ville identifiera och tematisera det manifesta innehållet i de texter jag valt. Manifest innehållsanalys är i mindre grad tolkande än vad den latent innehållsanalysen är, alltså man försöker inte hitta en underliggande mening i en text och försöker heller inte tolka vad det kan betyda. Jag såg för mig att detta skulle ha varit mitt tillvägagångssätt för att komma fram till det väsentliga för studenten inför mötet med MR.

Kort innebar metoden detta: Första steget i analysprocessen var att läsa genom de olika textböckerna flera gånger för att få en överblick av materialet. Meningsbärande enheter försökte jag att identifiera genom att märka ut sammanfallande formuleringar och terminologi. Därefter genomförde jag en ny genomläsning för att identifiera de meningsbärande enheter som verkade mest relevanta. Efter detta försökte jag kondensera de meningsbärande enheterna, alltså förkorta dem, men med fokus på att behålla den ursprungliga meningen. För varje meningsbärande enhet blev en kort underliggande mening formulerad för att abstrahera innehållet. Efter detta skulle de kondenserade och de underliggande meningsenheterna kategoriseras med textkoder och placeras under kategorier och teman. Kategorierna anses som en kortfattad summering av det manifesta innehållet och associeras med arbetets huvudfynd (Graneheim & Lundman, 2004, s. 107 - 109).

Det visade sig att processen blev för omfattande. Inte bara skulle jag läsa, förstå och sammanlikna litteraturen jag läste, men i tillägg också utföra de olika delmomenten jag nämnt här ovanför. Samtidigt hade jag fått ett nytt problem: Om jag skulle genomföra innehållsanalysen, hur skulle jag då knyta samman resultatet med frågeställningen? Det hela verkade nästan omöjligt att lösa på ett tillfredsställande sätt. Jag blev alltså tvungen att börja om från början gällande val av metod. Slutligen använde jag mig en något tillämpad form av grounded theory som metod. (Jag återkommer till tillämpningen i diskussionen).

Metod - eller metodologi?

Ovan nämnde jag GT (Grounded theory) som den metod som jag använt mig av i min undersökning. Enligt Åsberg är denna användningen av begreppet ett exempel på missförstånd. För att förklara det, delar han det vetenskapsteoretiska fältet in i fyra: ontologi, epistemologi, metodologi och datanivån. (Åsberg, 2001, s.272 - 273).

Metod förklarar han enligt följande:

“Metod i betydelsen datainsamlade förfaringssätt: När det gäller till exempel datainsamlade metoder, intervju-, enkät- observationsmetod, avser dessa just distinktioner med avseende på hur man går tillväga (samtalar, skriver, iakttar) när man samlar in data om olika fenomen.” (Åsberg, 2001, s.272 - 273).

Metodologi, däremot, reserverar Åsberg för:

“läran om de olika sätt man går tillväga vid genomförandet av vetenskapliga undersökningar och upprättandet av vetenskaplig kunskap: Avgörande distinktioner är bland andra idiografiska (söker det unika i enskilda fall) kontra nomotetiska (söker lagsamband). Vi finner också induktiva-deduktiva-abduktiva undersökningar eller deskriptiva kontra hypotes - eller teoriprovande.” (Åsberg 2001, s.272)

För att klargöra: Min metodologi är Grounded Theory och min metod är en form av komparativ litteraturanalys.

Grounded Theory är en kvalitativ forskningsmetodologi. Den blev utvecklad av de amerikanska sociologerna Barney Glaser & Anselm Strauss under 60-talet. Tanken var att utveckla en metod för att generera teori på basis av data, ungefär som att vägen (teorin) blir till medan man går (arbetar). Avsikten är att utveckla nya teorier som i nästa omgång kan testas empiriskt. Glaser och Strauss ville systematisera principerna i den kvalitativa forskningen för att möta de kvalitetskrav kvantitativ forskning omgav sig med. (Kontos 2001, s.32 - 33). GT, en allmän förkortning för Grounded Theory, har fått stor utbredning, också inom hälsovården: En sökning på PubMed (oktober 2019) ger “grounded theory” nästan 13000 träffar.

Enligt Salminen-Karlsson kallade Glaser och Strauss (1967) sin metod constant comparative method - det empiriska materialet skulle delas i småbitar, bitarna skulle kodas och

kontinuerligt jämföras med varandra för att upptäcka mönster i materialet. (Salminen-Karlsson, 2002, s.50)

Glaser och Strauss skildes senare åt på grund av oenighet om utvecklingen av GT. Ett moment i dispyten handlade om den ursprungliga kodningsmetoden, med tillhörande kategoriseringar. Strauss (tillsammans med Corbin) argumenterade för att vidareutveckla metoden, något som senare blev hårt kritiserat av Glaser. Enligt Kontos, insisterade Glaser på att den ursprungliga intentionen i Grounded Theory var att säkra att teorin gradvis växer fram ur materialet. Teorin skall inte tvingas ut av materialet vid användning av förbestämda kategorier. (Kontos, 2001, s.34).

“Theories are interpretations made from given perspectives as adopted or researched by researchers” (Strauss & Corbin, 1994, s.279). I mitt fall skapar jag teorin gradvis i takt med att jag arbetar mig genom de utvalda textböckerna, genom min komparativa läsning. Teorin blir min “slutprodukt”: En lättförståelig introduktion i MR. Jag använder inte den ursprungliga kodningsmetoden. Med utgångspunkt i texterna, sökte jag först ganska brett (och därmed var jag tätt intill den ursprungliga modellen) efter ett öppet kodningssystem, manifest i texterna: prioritet och volym (textmängd). Så småningom kunde jag också gruppera ämnesområden.

Den kvalitativa metoden kännetecknas av att den är baserad på erfarenhet och upplevelser, samt att den är svår att mäta (Åkerlund, 2017, s.27). Jag använder mig av erfarenhetsbaserad kunskap (min), och försöker få svar på min frågeställning genom att tematisera, sammanlikna och sammanfatta litteratur som behandlar ämnet, för att därefter ställa resultatet mot min frågeställning.

Syftet och min konkreta frågeställning har styrt mitt metodval (och mitt metodologiska val). Min ansats är induktiv: Jag har gjort mina observationer, sökt efter samband och dragit slutsatser utifrån dessa. Detta samband presenterar jag som mitt resultat, en introduktion till MR.

6 Resultat

Min slutprodukt är en kortfattad introduktion i PDF-format. Slutprodukten är baserad på min komparativa läsning av Berglund, E. & Jönsson, B-A., *Medicinsk fysik.*, Chavhan, G., *MRI Made Easy (for Beginners)* och Talbot. J. & Westbrook, C., *MRI In Practice.* och det som därigenom enligt min mening framkom som det nödvändiga för en röntgenskötastuderande inför mötet med MR. Resultatet finns bifogat efter källförteckningen.

7 Diskussion

Utgångspunkten för en kvalitativ forskningsprocess är de fördomar och den för-förståelse en forskare har. För-förståelsen är den förståelsen man har anammat genom till exempel utbildning. Fördomar, däremot, är subjektiva och ofta socialt baserade. En modell av den kvalitativa forskningsprocessen bygger således på en skillnad mellan en facklig förståelse och en "värdemässig" förståelse av studieobjektet. Detta kan framställas som två hermeneutiska cirklar: en kognitiv (som tar avstamp i för-förståelsen), en normativ (med utgångspunkt i fördomar) (Holme, I. & Solvang B., 1986, s.97 - 98).

Tillsammans verkar dessa två cirklarna formande för den förståelsen som kommer från hela processen. Processen skiljer sig med andra ord mycket från en kvantitativ forskningsprocess. Två kriterier är centrala: Forskarrelevanskriteriet och aktörrelevanskriteriet. Det första omfattar tre frågor: 1: Vilket nyttovärde har fynden? Eller- om fynden inte kan skapa ett nytt erkännande, så kanske grundlag för detta? 2: Fyndens förståelsevärde. Ger data grund för en djupare förståelse av fenomenet som studeras? 3: Kan fynden skapa ny teoretisk insikt, nya begrepp eller modeller? (Holme, I. & Solvang, B., 1986, s. 99).

Aktörrelevanskriteriet omfattar fyra förhållanden: Framställning, provokation, egenförståelse och praxis. Av dessa fyra är det speciellt det första och det sista som jag har försökt ta i beaktande, eftersom jag inte kan framkalla reaktioner hos mina texter, heller inte bidra till texternas egenförståelse. Men jag kan ställa frågorna:

Täcker min framställning det förhållande jag undersökt? Valde jag de rätta texterna att arbeta med? Löser mitt arbete det jag definierat som mitt problem?

På den första frågan är svaret ett försiktigt ja. Jag har i resultatet inte gått in på det metodiska arbetet, där jag sökte efter ett mönster, en struktur i texterna som skulle kunna hjälpa mig med att formulera en lättförståelig text. Det jag har gjort (i genomgången av teoretiska bakgrunden) är att sammanfatta det material som texterna verkar överens om. Blev det förståeligt? Kanske.

Har jag valt de rätta texterna? Igen är svaret ett försiktigt ja. Jag har inte fört protokoll över mina sökningar. Texterna blev valda som studenter gör: uppsöker biblioteket och "tar det man får". Utöver det, som också framgår i min källförteckning, har jag gjort omfattande sökningar på nätet: Sökningen av litteratur har jag gjort på flera sätt. Jag har använt Tritonias Finnportal, Google Scholar och PubMed. Jag har använt mig av sökord som MR, MRI,

MRT, pedagogik, kunskap och lärande. Genom att göra min informationssökning på både svenska, norska och engelska, har jag hittat relevant material. En svaghet med mitt val av litteratur, är att den är relativt slumpmässigt utvald.

Slutligen: Löser mitt arbete det jag definierat som mitt problem? Antagligen inte. För att kunna göra detta bättre, behöver jag själv mera praktisk erfarenhet från MR. Och då är vi på sätt och vis framme vid intentionen med Grounded Theory: att skapa teori som kan prövas empiriskt, och vidareutvecklas.

8 Källförteckning

Ahoranta, J., 2000. *Elteknik*. (2. uppl.) Jyväskylä: Gummerus Printing

Al-Eraky, M. & Marei, H., 2016, A fresh look at Miller's pyramid: assessment at the 'Is' and 'Do' levels. *Medical Education* 16(12), s.1253 – 1257

Berglund, E. & Jönsson, B-A., 2007. *Medicinsk fysik*. Lund: Studentlitteratur.

Biggs, J., & Tang, C. 2011. *Teaching for Quality Learning at University* (4th edition)

Chavhan, G., 2013. *MRI Made Easy (for Beginners)*. (2. uppl.) New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers Ltd

Dictionary.com., U.å. *Shim* [Online]

<https://www.dictionary.com/browse/shim?s=t>

[Hämtat: 15.10.2019]

Egidius H., U.å. *Kompetens*. Psykologilexikon. [Online]

<https://www.psykologiguiden.se/psykologilexikon/?Lookup=kompetens>

[Hämtat: 29.9.2019]

Encyclopedia Britannica., 1998. *Hans Christian Ørsted*. [Online]

<https://www.britannica.com/biography/Hans-Christian-Orste>

[Hämtat: 12.10.2019]

Friberg, F., 2017. *Dags för uppsats: vägledning för litteraturbaserade examensarbeten* (3. uppl. ed.). Lund: Studentlitteratur.

Graneheim, U.H., & Lundman, B., 2004. Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness
Nurse education today, 24(2), s.105–112

Henricson, M., 2015. *Vetenskaplig teori och metod: Från idé till examination inom omvårdnad*. Lund: Studentlitteratur.

Holmen, H., 2019. *Kunnskap*. Store Norske Leksikon. [Online]

<https://snl.no/kunnskap>

[Hämtat: 29.9.2019]

Holme, I. & Solvang, B., 1986. *Metodevalg og metodebruk*. Oslo: Tano

Imsen, G., 1999. *Lärarens värld - introduktion till allmän didaktik*. Lund: Studentlitteratur.

Kontos, M., 2001. Sammenlignende overvejelser over kodifikationsmetoden i 'Grounded Theory' og i den biografiske metode. *Dansk Sociologi*, 01(3), s.31 – 51

Krathwohl, D.R., 2002. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview, *THEORY INTO PRACTICE*, 02(41), s.212-218

Kreftforeningen., U.å. *MR-undersøkelse* [Online]

<https://kreftforeningen.no/om-kreft/undersokelse-ved-kreft/mr-undersokelse/>

[Hämtat: 29.9.2019]

Lindén, M. & Öberg P.Å., 2008. *Jacobsons Teknik i praktisk sjukvård*. (4. uppl.) Lund: Studentlitteratur

Malterud, K., 2002. Kvalitative metoder i medisinsk forskning – forutsetninger, muligheter og begrensninger. *Den Norske Lægeforening*, 02(25), s.2468 – 2472

Miller, G., 1990. The assessment of clinical skills/competence/performance *Academic Medicine*, 65(9)

Nationalencyklopedin., U.å. *Elektromagnetism* [Online]

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/elektromagnetism>

[Hämtat: 29.9.2019]

Nationalencyklopedin., U.å. *Kryogen* [Online]

<https://www.ne.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/kryogen>

[Hämtat: 1.11.2019]

Nationalencyklopedin., U.å. *Spole* [Online]

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/spole>

[Hämtat: 1.11.2019]

Nationalencyklopedin., U.å. *Quench* [Online]

<https://www.ne.se/ordb%C3%B6cker/#/search/norstedts-stora-en-sv?q=quench>

[Hämtat: 1.11.2019]

Salminen-Karlsson, M., 2002. Glaser mot Strauss - två utvecklingar av grounded theory. *Socialvetenskaplig tidskrift*, 02(1), s.49 - 62

Strauss, A. & Corbin, J., 1994. *Grounded theory methodology* [Online]

http://www.depts.ttu.edu/education/our-people/Faculty/additional_pages/duemer/epsy_5382_class_materials/Grounded-theory-methodology.pdf [hämtat: 31.10.2019]

Strålsäkerhetscentralen (STUK), 2015. Strålning i Hälsovården: Magnetundersökning.

[Online] <https://www.stuk.fi/web/sv/teman/stralning-i-halsovarden/magnetundersokning>

[hämtat: 29.9.2019]

Stålné, K., Kjellström, S., & Utriainen, J., 2016. Assessing complexity in learning outcomes – a comparison between the SOLO taxonomy and the model of hierarchical complexity, *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 41(7), s.1033-1048

Säljö, R., 2000. *Lärande. En introduktion till perspektiv och metaforer*. Malmö: Gleerups

Talbot, J. & Westbrook, C., 2019. *MRI In Practice*. (5. uppl.) John Wiley & Sons Ltd

Yrkeshögskolan Novia, U.å. *Läroplaner för studerande med studiestart hösten 2016, Klinisk radiografi 4*. [Online]

<https://www.novia.fi/utbildning/ansokan-och-studier/laroplaner/2016/?id=12650>

[Hämtat: 4.11.2019]

Åkerlund, D., 2017. *Guide till akademiskt skrivande – Om att skriva rapporter, uppsatser och självständiga skriftliga arbeten på universitet och högskolor*. Karlstads Universitet.

[Online] <https://kau.diva-portal.org/smash/get/diva2:1138556/FULLTEXT01.pdf>

[Hämtat: 29.9.2019]

Åsberg, R., 2001, Det finns inga kvalitativa metoder– och inga kvantitativa heller för den delen: Det kvalitativa-kvantitativa argumentets missvisande retorik. *Pedagogisk Forskning i Sverige* 01(4) s.270 – 292

Figurförteckning:

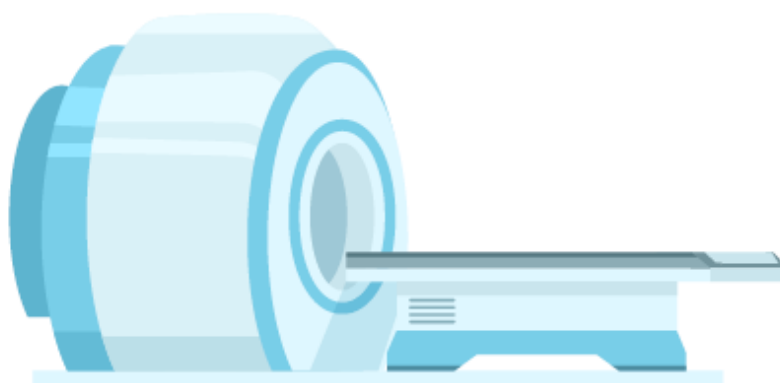
Figur 1: <https://cft.vanderbilt.edu/guides-sub-pages/blooms-taxonomy/>

[Hämtat: 1.11.2019]

Figur 3: <https://obl.ku.dk/files/2015/08/Biggs-SOLO-taxonomy-UNIVERSITET-.jpg>

[Hämtat: 1.11.2019]

Bilaga



MAGNETRESONANSTOMOGRAFI

EN KORT INTRODUKTION

AMUND FAGERBAKK
10.11.2019



MR-APPARATEN

MR-APPARATEN UTGÖRS AV EN RAD OLIKA KOMPONENTER:

- EN KRAFTIG MAGNET
- EN SÄNDARE FÖR ATT SKICKA RADIOVÅGOR MOT PATIENTEN
- EN ANTENN SOM TAR EMOT RADIOSIGNALER
- GRADIENTSPOLAR SOM GENERERAR OLIKA GRADIENTFÄLT FÖR ATT LOKALISERA SIGNALER
- EN DATOR SOM OMVANDLAR DEN INSAMLADE INFORMATIONEN TILL EN BILD

Magnetresonanstomografi (MR) är en teknik för bildgivande diagnostik, vilken producerar detaljerade tvärsnittsbilder av människans inre. Centrala nervsystemet, stöd- och rörelseorganen samt buken är alla objekt som är väl lämpade för MR-undersökning. Även blodkärl kan avbildas med hjälp av MR.

HISTORIA

Utvecklingen av MR-tekniken har skett i rask takt. På 40-talet tillverkade den schweiziska fysikern Felix Bloch en apparat för att studera det nyupptäckta fenomenet NMR (nuclear magnetic resonance). Efter att han prövat apparaten på sitt finger kunde Bloch konstatera att hans finger gav en stark NMR-signal.

MR eller MRI (Magnetic resonance imaging) kallades från början för NMR, men "Nuclear" togs bort ur namnet på grund av att det förknippades med radioaktivitet och ansågs skrämmande.

Raymond Damadian, ytterligare en av pionjörerna inom MR, gjorde tidigt på 70-talet upptäckten att man kunde se skillnad mellan cancervävnad och normal vävnad genom skillnader i MR-signalen.

År 1977 hade Damadian utvecklat ett system för undersökning av hela kroppen och 1980 kom den första MR-apparaten för kommersiellt bruk. Fyra år senare, 1984, togs den första MR-apparaten i Finland i bruk.

Samtidigt som Damadian höll på att utveckla sitt system, arbetade även två andra forskare med vad som skulle bli avgörande för att man skulle kunna ta i bruk MR som en användningsbar diagnostisk teknik.

Paul Lauterbur, upptäckte att man kunde framställa tvådimensionella bilder med hjälp av små justeringar av magnetfältet. Sir Peter Mansfield var den som lade grunderna för hur MR-signalerna på ett effektivt sätt kunde analyseras och omvandlas till en bild med hjälp av en dator.

År 2012 var 117 MR-apparater i användning i Finland. Enligt Strålsäkerhetscentralen (STUK) år 2015 görs i Finland årligen över fyra miljoner MR-undersökningar, och antalet apparater ökar fortsättningsvis med några per år.

GRUNDLÄGGANDE PRINCIPER

Väldigt förenklat så är det fyra olika steg som ingår för att producera en MR-bild:

1. En patient placeras i MR-apparaten och omges således av ett kraftigt magnetfält
2. Man skickar RF-pulser (radiovågor) mot patienten
3. Man tar emot radiosignal med hjälp av en mottagare
4. Efter att man upprepat skickandet av RF-pulser och inhämtning av radiosignalen ett antal gånger så bearbetas informationen med hjälp av en dator, och man får en bild

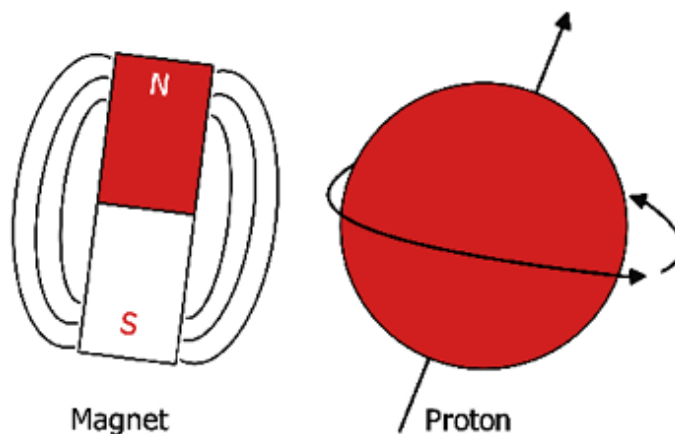
För att producera en MR-bild behövs en mätbar signal. Signalen man använder sig av i MR är radiovågor från kärnorna i väteatomerna i kroppen.

Orsaken till att det är väteatomerna man är intresserade av är den stora mängden som finns av dem i kroppen. Väteatomen är den vanligast förekommande i människokroppen, den finns i bl.a. vatten, fett och proteiner. I tillägg till den rikliga mängden väteatomer i kroppen, så ger de också den bästa MR-signalen av alla atomerna i kroppen.

SPINN

Väte kärnan har en enda proton. Eftersom protonen är positivt laddad har den även en roterande rörelse, en "spinn". Laddade partiklar i rörelse genererar också ström, och all ström har ett litet magnetfält runt sig. Detta betyder alltså att alla protoner har ett litet magnetfält runt sig.

Vanligtvis så rör och roterar sig protonerna i människokroppen på måfå, men när kroppen omges av ett externt magnetfält (i vårt fall MR-apparaten) så ställer sig protonerna längs det yttre magnetfältets riktning. Protonerna ställer sig antingen parallellt med eller antiparallellt mot magnetfältet.



En atomkärna kan liknas med en stavmagnet

Pilen som går genom protonen är en magnetiseringsvektor och beskriver det magnetiska momentet

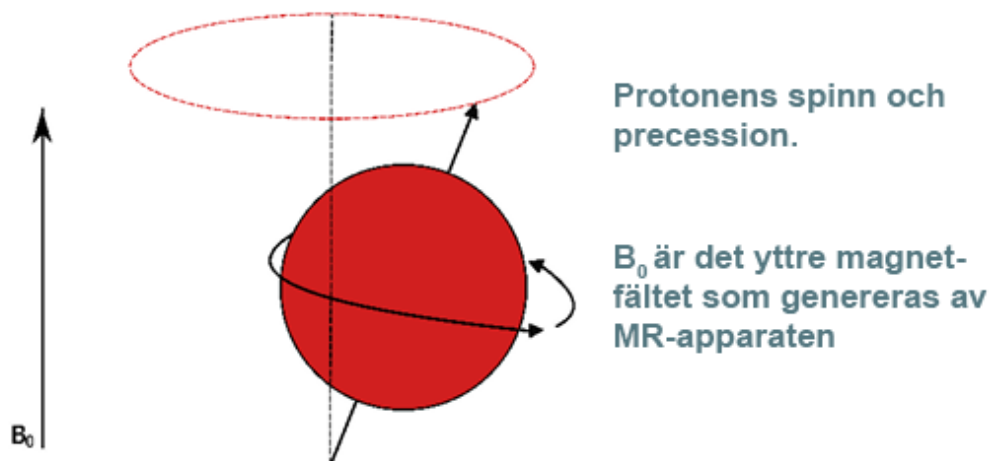
PRECESSION

Alla väteprotoner roterar runt sin egen axel, men när de påverkas av ett externt magnetfält så börjar även protonens rotationsaxel röra sig i en konformad rörelse. Denna rörelse kallas för precession och protonen börjar alltså precessera när den påverkas av ett yttre magnetfält.

En protoners antal precessioner per sekund kallas för precessionsfrekvens och betecknas med Hertz. Precessionsfrekvensen (kallas även för larmofrekvens) påverkas av magnetfältets styrka. Desto starkare magnetfält desto högre blir precessionsfrekvensen.

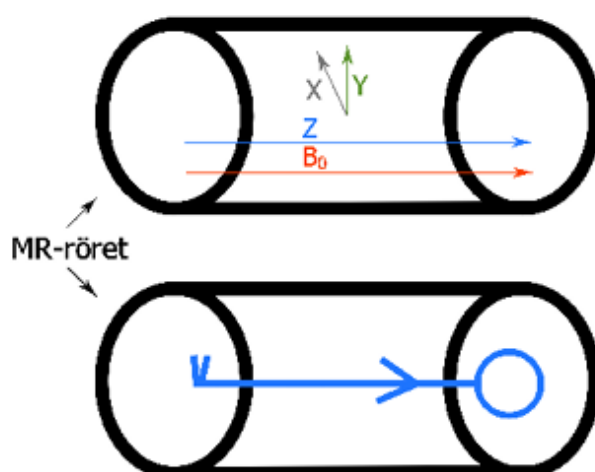
En väteproton i ett magnetfält på 1,5 Tesla (magnetfältets styrka) har en precessionsfrekvens på 64MHz (Megahertz). I ett magnetfält på 3 Tesla är precessionsfrekvensen 128MHz. Detta innebär alltså att en väteproton i ett 1.5 Tesla magnetfält precesserar 64 miljoner gånger i sekunden.

Orsaken till att man är intresserad av precessionsfrekvensen är för att man vid bildtagningen skickar in radiovågor på den samma frekvensen för att kunna manipulera protonerna. (Se sida 10)



LONGITUDINELL MAGNETISERING

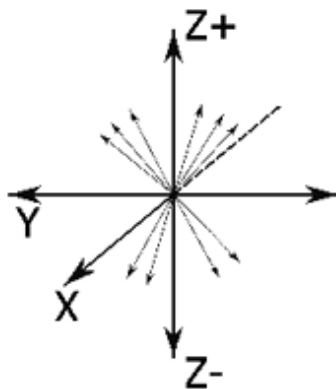
För att underlätta navigationen använder jag mig av bilden nedanför, där B_0 är det yttre magnetfältets riktning, som genereras av MR-apparaten. Den longitudinella magnetiseringen sker längs med Z-axeln och den transversella magnetiseringen i X- och Y-planet.



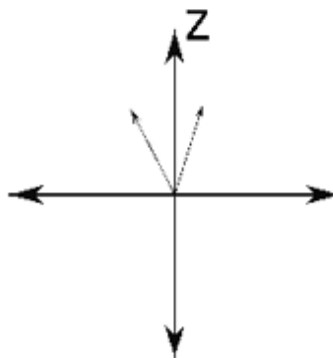
Protonerna inuti magnetfältet ställer sig i riktning med magnetfältet, dock kan de ställa sig antingen parallellt med eller anti-parallellt mot magnetfältet. Alltså antingen på den positiva eller negativa sidan längs med Z-axeln. Vänster sida i bilden är alltså negativ, och höger sida är positiv.

Det är alltid några fler protoner som ställer sig på den positiva sidan. Dessa har alltså "spinn upp" och de på negativa sidan "spinn ner". Protonerna på den positiva och negativa sidan tar ut varandras kraft, men eftersom det finns några flera på positiva sidan så behåller några protoner på den sidan sin kraft. Dessa protoners kraft adderas och bildar en magnetisk vektor (vilket beskriver det magnetiska momentet) som går längs med Z-axeln. Detta kallas för longitudinell magnetisering.

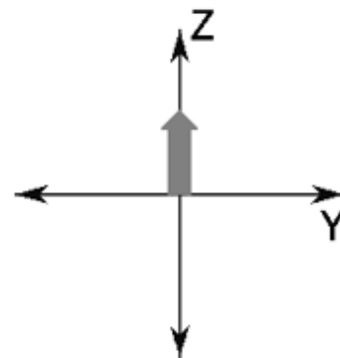
Flera protoner ställer sig parallellt, alltså på + sidan av Z-axeln



Efter att protonerna tar ut varandra, så lämnar några kvar på + sidan



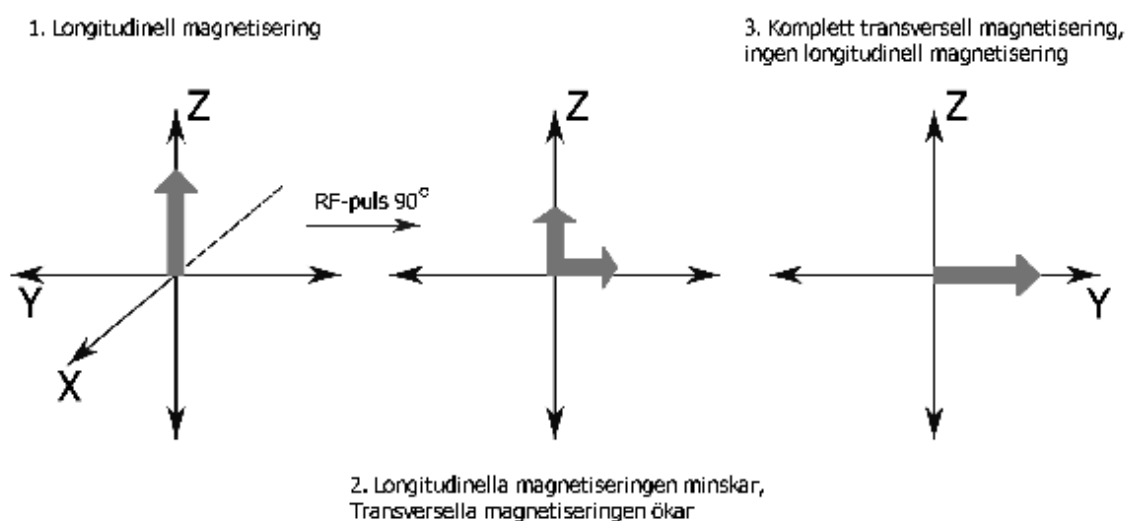
Kraften som blir kvar bildar den longitudinella magnetiseringen



Eftersom den longitudinella magnetiseringen sker i samma riktning som det yttre magnetfältets riktning kan man inte mäta signalen från longitudinell magnetisering. För att få en mätbar signal krävs transversell magnetisering.

TRANSVERSELL MAGNETISERING

För att uppnå transversell magnetisering, så skickar man in en RF-puls efter att den longitudinella magnetiseringen har bildats. Protonerna som precesserar tar upp en del av energin från RF-pulsen. Detta orsakar att de erhåller en högre energinivå och börjar precessera antiparallellt, alltså på den negativa sidan av Z-axeln. Detta bildar en obalans, och leder till att magnetfältet vrids in på det transversella planet.



RF-pulsen måste ha samma frekvens som protonens precessionsfrekvens. När de har samma frekvens möjliggör det att protonerna kan ta emot energi från RF-pulsen. Detta fenomen kallas för resonans, alltså R:et i MRI/MRT.

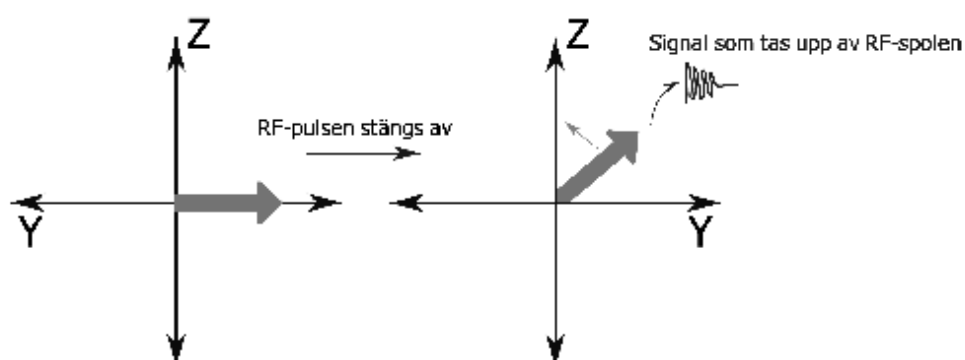
RF-pulsen gör också så att protonerna börjar precessera i fas, alltså deras precession blir synkroniserad.

MR-SIGNALEN

Magnetvektorn i det transversella planet roterar konstant enligt larmorfrekvensen, och inducerar samtidigt också ström. Det är alltså denna ström som RF-spolen plockar upp som MR-signal. Signalens styrka beror på den transversella magnetiseringens styrka.

Den transversella magnetiseringen börjar genast efter att ha bildats tappa sin kraft. Detta beror på att protonerna börjar fasa ur. I takt med att den transversella magnetiseringen minskar, så ökar den longitudinella magnetiseringen.

Nettomagnetiseringsvektorn (summan av den longitudinella och transversella magnetiseringen) börjar röra sig från det transversella planet (X-Y), och mot det longitudinella planet (Z). Så länge nettomagnetiseringsvektorn befinner sig i det transversella planet, genereras också ström i RF-spolen, alltså signal.



En kort genomgång av det vi just gått igenom:

- Patienten placeras i magneten, detta leder till att alla protoner i rörelse lägger sig i riktning med MR-apparatens magnetfält och börjar precessera. En longitudinell magnetisation bildas längs Z-axeln.
- En RF-puls skickas in, de precesserande protonerna tar upp energin från RF-pulsen och erhåller en högre energinivå, de börjar precessera i fas med varandra. Den longitudinella magnetiseringen minskar och en transversell magnetisering bildas i X-Y planet.
- Signalen tas emot, magnetvektorn i det transversella planet precesserar och genererar ström. Strömmen plockas upp som signal av RF-spolen.
- Vi får en bild, MR-signalen som plockats upp blir omvandlad till en bild med hjälp av matematiska processer och en dator.

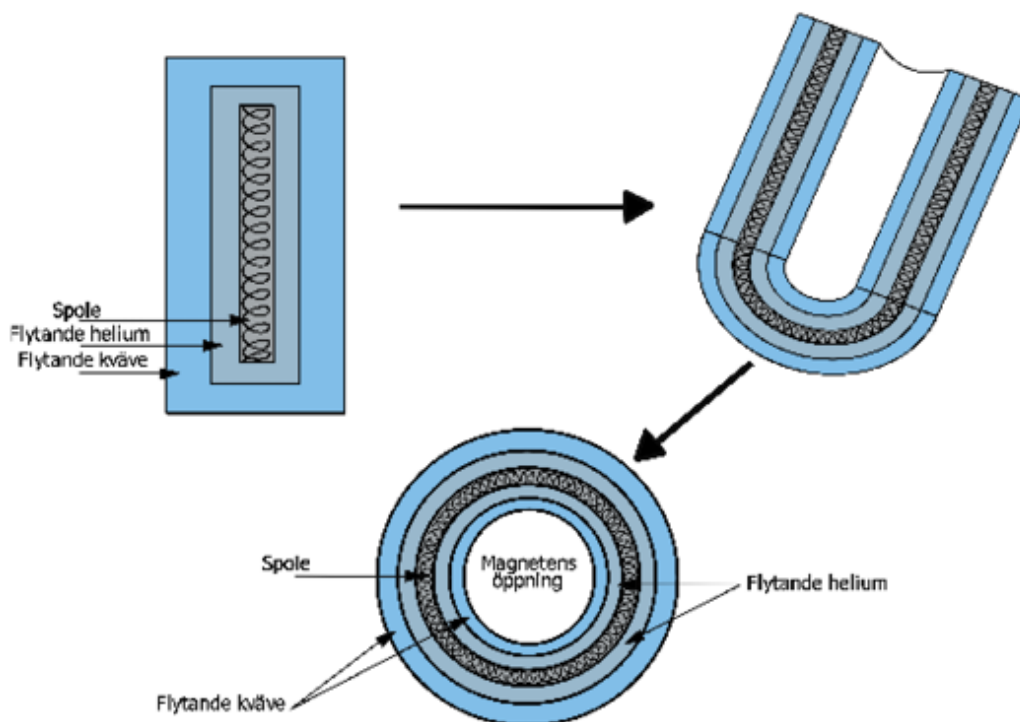
MAGNETEN

Dagens MR-apparater använder sig av en supraledande magnet. Själva magneten utgörs egentligen av en spole, som genererar ett magnetfält när den strömförs.

Magneten kyls ner till en temperatur nära den absoluta nollpunkten (0 Kelvin / -273°C) för att bli supraledande, vilket innebär att den elektriska resistansen är nära noll.

För att kyla ner spolen används flytande helium och flytande kväve.

Trots isolation så läcker ändå små mängder värme in, vilket leder till att en del av heliumet förångas med tiden. P.g.a. detta måste det flytande heliumet fyllas på med jämna mellanrum. Detta bidrar till en hög underhållskostnad för en MR-apparat.



IBRUKTAGNING AV MAGNETEN

När magneten ska startas för första gången görs det enligt en viss ordningsföljd.

Först kyls magneten ner, varefter man tillför ström. När strömstyrkan är på rätt nivå stängs strömtillförseln av. Eftersom spolen (magneten) är supraledande, kommer strömmen att fortsätta cirkulera, och spolen att generera ett magnetfält så länge temperaturen bibehålls. Detta innebär alltså att:

MAGNETEN ÄR ALLTID PÅ!

QUENCH

Quench innebär att man "släcker" magnetfältet. När resistans introduceras i spolen börjar det bildas värme. Värmen leder till att det flytande heliumet och kvävet förångas. Detta startar ett händelseförlopp som slutligen resulterar i förlust av magnetfältet.

Quench kan ske p.g.a. tekniska fel eller genom att man trycker på en specifik nödstopp för quench inne i undersökningsrummet. Quench kan användas ifall en patient fastnat i MR-apparaten p.g.a. ett objekt (t.ex. rullstol eller syrgastub).

På grund av quench måste alla MR-apparater ha ventilation som möjliggör att det förångade heliumet och kvävet har en väg ut ur byggnaden. Ifall helium läcker ut i undersökningsrummet kan det ersätta syret helt i utrymmet, och leda till kvävning för personer inne i rummet. Ifall helium läcker ut i rummet leder det även till ett ökat tryck inne i rummet. Ifall trycket ökar inne i undersökningsrummet kan det leda till att dörren in till rummet inte går att öppna. På grund av detta bör alla undersökningsrum vara utrustade med ett övervakningssystem som varnar ifall syrenivån sjunker.

GRADIENTSPOLAR

Gradientspolar är elektromagnetiska spolar som används för att producera gradientfält (magnetfält). Gradientspolarna producerar magnetfält i X-, Y- och Z- axeln, och dessa fält "adderas" till det yttre magnetfältet B_0 (fältet som genereras av MR-apparaten).

Gradientspolarnas uppgift är att lokalisera varifrån MR-signalen från patienten kommer.

Under en bildtagning kopplas gradientspolarna på och av vid olika tillfällen, ofta i snabb takt, det är även detta som orsakar det kraftiga knackande (upp till 100dB) ljudet under en MR-undersökning.

RF-SPOLAR

RF-spolar (radiofrekvens) används för att skicka och ta emot signaler från patienten. RF-spolarna kan fungera som sändare, mottagare, eller en kombination av de båda. RF-spolen skickar ut korta pulser av radiovågor, som i sin tur gör vätekärnorna "exciterade". Vätekärnorna tar alltså upp energi från RF-pulserna.

Efter att vätekärnorna exciterats inducerar de en radiosignal i den RF-spole som fungerar som mottagare. Efter att man samlat in tillräckling information omvandlas den insamlade informationen till en bild.

DATORN

Datorn är en essentiell del i MR-systemet. Efter att en sekvens och parametrar har valts ser datorn till att de olika komponenterna som behövs, kopplas in och ur vid rätt tidpunkter under undersökningens gång.

Det är också i datorn som informationen från undersökningen bearbetas. Signalen som emottas från undersökningen blir analyserad och digitaliserad, varefter man får en bild.

I efterhand kan man göra rekonstruktioner i olika plan eftersom information lagras från varje volymsenhet i den del av kroppen som undersökts.

SÄKERHET

Trots att ingen joniserande strålning används vid en MR-undersökning finns det många andra säkerhetsaspekter att tänka på när det kommer till användningen av MR. På grund av användningen av olika magnetfält och radiofrekvenspulser krävs noggranna förberedelser inför en undersökning.

Den största risken med en MR-undersökning är ifall ett ferromagnetiskt föremål kommer för nära magnetfältet. Ifall en patient ligger inne i MR-apparaten och ett ferromagnetiskt föremål kommer för nära magnetfältet kan föremålet bli till en livsfarlig projektil. Eftersom magneten alltid är på gäller samma säkerhetsföreskrifter trots att ingen undersökning pågår.

Implantat av äldre modell som är ferromagnetiska samt främmande metallföremål är också en direkt kontraindikation för MR-undersökning. Ferromagnetiska implantat eller främmande metallföremål kan justera sitt läge inuti kroppen eller skada den kringliggande vävnaden (ögonen är särskilt utsatta) ifall det kommer in i det starka magnetfältet. Modernare implantat som är gjorda av titan är MR-kompatibla, dock kan de orsaka sämre bildkvalité.

Under en MR-undersökning kan man uppleva en stickande känsla eller "ljusblixtar". Detta beror på att användningen av gradientfält kan inducera strömmar i kroppens vävnader. Det är också orsaken till att pacemaker är en eventuell kontraindikation för MR-undersökning, ifall strömmar induceras i pacemakern kan den sluta fungera. De senaste åren har tillverkare av pacemakers arbetat med att lösa de problemen som gjort pacemakers känsliga för MR-undersökningar. I dagens läge finns det pacemakers som är MR-kompatibla.

NYTTIGA LÄNKAR

Här nedan finns länkar till diverse sidor som kan vara till nytta inför och under praktiken.

https://www.radiologymasterclass.co.uk/tutorials/mri/mri_scan

En enkel introduktion till MR på engelska. Här finns bilder från olika sekvenser och undersökningar med bra förklaringar.

<https://www.radiologymasterclass.co.uk/gallery/imaging-galleries/mri-gallery/mri-brain-cerebellar-infarct>

Samma sida som ovan, men här finns mer specifika bilder på olika diagnoser. Bra förklaringar och bra ifall man vill se lite olika MR-bilder.

<https://www.mriquestions.com/index.html>

Här finns de flesta saker tillhörande MR förklarat ifall det är något specifikt man funderar över. Texten kan vara lite på den "tungasidan", men det finns mycket nyttig information.

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLPclmQzEnT-pz-5TzxyyoYSbiAa9xdd89l>

En videoserie från Albert Einstein College of Medicine, täcker det mesta med grunderna för MR. Återigen mycket att ta in, men väldigt bra förklarat.