



rijksuniversiteit groningen

Naam: Esther Kho

Datum: 24-03-2010

Begeleiders: A.L.J. van Hulzen
T.R. Koiter

Een vergelijking van zes verschillende beeldvormende technieken met betrekking tot scoliose.

Samenvatting

Scoliose, een zijdelingse kromming van de wervelkolom, kan met verschillende beeldvormende technieken bekeken worden. Met behulp van literatuuronderzoek zullen in deze scriptie de verschillende technieken CR, DR, ultrasound, CT, MRI en EOS met elkaar vergeleken worden aan de hand van een aantal factoren. Allereerst de stralingsdosis, in het geval van technieken die gebruik maken van röntgenstraling, daarna de eventuele schade, in geval van technieken die geen gebruik maken van röntgenstraling, gevolgd door de diagnostische beeldkwaliteit en de patiëntvriendelijkheid. Er zal bepaald worden welke van deze technieken het meest aan te raden is om patiënten met scoliose te scannen.

De stralingsdosis moet, vooral bij jonge vrouwelijke patiënten, zo laag mogelijk gehouden worden in verband met een verhoogd risico op kanker.⁶ Van de technieken die gebruik maken van röntgenstraling, CR, DR, CT en EOS, kan geconcludeerd worden dat EOS de minste stralingsdosis oplevert voor de patiënten, gevolgd door DR en CR. MRI en ultrasound, de technieken die geen gebruik maken van röntgenstraling, leveren geen schade op voor de patiënt. De diagnostische beeldkwaliteit is, voor het afbeelden van de gehele wervelkolom, het hoogst bij het gebruik van EOS. Deze techniek heeft als extra voordeel software waarmee de hoek tussen de wervels uitgerekend kan worden. Wanneer er slechts gedeelten van de wervelkolom afgebeeld moeten worden valt de beeldvormende techniek ultrasound ook aan te raden. CR, CT en DR leveren een geschikte, maar mindere diagnostische beeldkwaliteit en MRI levert de slechtste.

De patiëntvriendelijkheid is voor de zes beeldvormende technieken verschillend. Zo is de scanduur van MRI en CT erg lang en duurt het stellen van een diagnose alleen bij het gebruik van EOS kort. De meest patiëntvriendelijke methode wat betreft het positioneren van de patiënt is ultrasound en de minst patiëntvriendelijke MRI.

Geconcludeerd wordt dat met de huidige technieken EOS de meest aan te raden beeldvormende techniek is bij het scannen van patiënten met scoliose.

Inhoudsopgave

Inleiding.....	3
Literatuur.....	4
Stralingsdosis.....	4
Eventuele schade aan de patiënt bij het gebruik van ultrasound en MRI	6
Diagnostische beeldkwaliteit.....	7
Patiëntvriendelijkheid.....	8
Discussie.....	9
Stralingdosis.....	9
Eventuele schade aan de patiënt bij het gebruik van ultrasound en MRI	9
Diagnostische beeldkwaliteit.....	10
Patiëntvriendelijkheid.....	11
Conclusie	12
Literatuurlijst.....	13
Bijlage 1	14
Computed Radiography.....	14
Digital Radiography	14
Computed Tomography.....	14
EOS scanner.....	14
Ultrasound.....	14
Magnetic Resonance Imaging	14
Bijlage 2	16
Woordenlijst	17

Inleiding

Scoliose is een zijdelingse kromming van de wervelkolom die meer bij vrouwen dan bij mannen voorkomt, vooral in de adolescentie.¹ Pas bij een Cobbhoek^{woordenlijst} van 10° in het frontale vlak zal de kromming als ernstig beschouwd worden en zal de patiënt een behandeling moeten ondergaan.^{2,3} Echter, om dit te kunnen bepalen zal er een afbeelding van de wervelkolom gemaakt moeten worden. Hiervoor zijn in het verleden en in het heden verschillende beeldvormende technieken gebruikt zoals CR, DR, ultrasound, CT, MRI en sinds kort EOS.⁴

Afhankelijk van de leeftijd en de kromming van de wervelkolom, worden patiënten met tijdsintervallen van 3 -12 maanden onderzocht totdat de kromming natuurlijk of met behulp van een operatie gestabiliseerd wordt. Bij deze onderzoeken zullen er altijd één of meerdere scans van de wervelkolom gemaakt worden met de boven genoemde technieken.⁵

Doordat het aantal scans erg groot is zal de patiënt bij CR, DR, CT en EOS regelmatig blootgesteld worden aan röntgenstraling wat, bij jonge meisjes, kan leiden tot een verhoogde kans op borstkanker en een verminderde kans op zwangerschap.⁶ Worden de beeldvormende technieken ultrasound en MRI gebruikt dan kunnen respectievelijk de geluidsgolven en radiogolven schade voor de patiënt op kan leveren.^{7,8}

In deze scriptie zullen de genoemde beeldvormende technieken met elkaar vergeleken worden om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag:

'Welke van de beeldvormende technieken CR, DR, ultrasound, CT, MRI en EOS valt het meest aan te raden bij de beeldvorming van scoliose als er gekeken wordt naar de verschillen in stralingsdosis bij het gebruik van röntgenstralen, eventuele schade bij technieken die geen gebruik maken van röntgenstralen, diagnostische beeldkwaliteit en patiëntvriendelijkheid?'

Doordat niet elke beeldvormende techniek gebruik maakt van röntgenstraling en de onderzoeksvraag erg breed opgesteld is zal er van de volgende deelvragen gebruik gemaakt worden om een antwoord op de onderzoeksvraag te kunnen geven:

- *'Wat is de mate van schadelijkheid door de stralingsdosis voor een patiënt die behandeld wordt voor scoliose bij de beeldvormende technieken CR, DR, CT en EOS?'*
- *'Wat is de mate van schadelijkheid door de geluidsgolven en radiogolven voor een patiënt die behandeld wordt voor scoliose bij respectievelijk ultrasound en MRI?'*
- *'Wat zijn de verschillen in diagnostische beeldkwaliteit bij de beeldvorming van scoliose tussen de beeldvormende technieken CR, DR, ultrasound, CT, MRI en EOS?'*
- *'Wat zijn de verschillen in patiëntvriendelijkheid bij de beeldvorming van scoliose tussen de beeldvormende technieken CR, DR, ultrasound, CT, MRI en EOS?'*

Literatuur

Stralingsdosis

Patiënten met scoliose moeten, om behandeld te kunnen worden, jaarlijks meerdere scans ondergaan om de stand van hun wervels te kunnen bepalen. Hierbij wordt het deel van het lichaam gescand dat zich tussen de onderkant van de schedel en de bovenkant van het heiligbeen bevindt. Hierdoor zullen bijna alle organen, bij het gebruik van röntgenstraling, te maken krijgen met een hoge stralingsdosis.⁵ Met name bij jonge meisjes, bij wie het borstweefsel nog niet volgroeid is, wordt de kans op borstkanker groter en bestaat de mogelijkheid dat, bij een zeer ernstige vorm van scoliose die gepaard gaat met een groter aantal scans, de kans op zwangerschap kleiner wordt.⁶ Om deze redenen is het erg belangrijk om de stralingsdosis, wanneer mogelijk, zo laag mogelijk te houden. In de richtlijnen voor stralingsveiligheid valt te lezen dat voor patiënten onder de 18 jaar een maximale stralingsdosis van 500 millirem per jaar opgesteld is en voor patiënten boven de 18 jaar een maximale stralingsdosis van 5000 millirem per jaar. Hierbij staat rem voor röntgen equivalent man en is het de klassieke eenheid voor de mate van stralingsbelasting. Tegenwoordig wordt de eenheid Sievert (Sv) vaker gebruikt, 1 rem is gelijk aan 10^{-2} Sv.¹

Verskillende technieken worden gebruikt om scans voor scoliose patiënten te maken, onder anderen computed radiography^{bijlage1} en digital radiography^{bijlage1}. Deze worden in een onderzoek met elkaar en met film vergeleken aan de hand van de stralingsdosis voor de patiënt en de diagnostische beeldkwaliteit. Gekeken wordt hoe de dosis verlaagd kan worden door verschillende instellingen van de apparaten te veranderen zonder dat de beeldkwaliteit lager wordt. Er worden drie verschillende soorten scans genomen met CR en DR. Eén scan op borsthoogte waarbij de patiënt met de rug naar de röntgenstralen staat. En twee scans waarbij de patiënt met de buik naar de röntgenstralen staat, één op buikhoogte en één op heuphoogte.⁹ De buisspanning, met de eenheid kilovolt (kV_p), was bij DR zo'n 3% hoger dan bij CR. Deze buisspanning is erg belangrijk voor de stralingsdosis. Een hogere buisspanning zal als gevolg hebben dat het materiaal procentueel minder straling absorbeert waardoor een groter gedeelte van de intredende straling wordt gedetecteerd. Hierdoor wordt de beeldkwaliteit beter maar tegelijkertijd wordt de stralingsdosis hoger. De buisstroom was, daarentegen, 2 tot 6 keer zo klein bij het gebruik van DR in vergelijking met CR. Deze buisstroom, met de eenheid milliampère seconde (mAs), hangt samen met de stralingsdosis in een lineair verband. Bij een halvering van de buisstroom zal de dosis ook halveren. De ruis echter zal met een factor $\sqrt{2}$ stijgen.^{9,13}[10]

Bij het gebruik van deze buisspanning en deze buisstroom zal, hoewel de buisspanning hoger is bij het gebruik van DR, verwacht worden dat de stralingsdosis bij het maken van scans met CR groter is dan bij het maken van scans met DR. Dit komt doordat het verschil in buisstroom procentueel zo veel

Tabel 1. Vergelijking tussen CR en DR bij dezelfde beeldkwaliteit

	CR	DR	Vergrotingsfactor
	mSv	mSv	CR/DR
Scan op borsthoogte	0,039	0,023	1,70
Scan op buikhoogte	0,68	0,24	2,83
Scan op heuphoogte	0,75	0,26	2,88

groter is dan het verschil in buisspanning en de buisstroom een lineair verband heeft met de stralingsdosis. Deze instellingen worden gekozen doordat er uitgegaan wordt van een gelijke beeldkwaliteit. Het blijkt dat CR inderdaad een veel hogere effectieve stralingsdosis voor de patiënt veroorzaakt dan dat DR doet, met name bij de scan op heuphoogte. De stralingsdosis bij het gebruik van CR is een factor 1,70 tot een factor 2,88 keer zo groot als bij het gebruik van DR, ter verduidelijking te zien in tabel 1.⁹

Een andere techniek die ook gebruik maakt van röntgenstralen en daardoor stralingsdosis voor de patiënt veroorzaakt is computed tomography^{bijlage1}. Deze techniek wordt onderzocht, met behulp van scans van de borst, op het effect van de stroomsterkte op de beeldkwaliteit en de stralingsdosis voor de patiënt en daarna vergeleken met de beeldvormende techniek film. De

diagnostische beeldkwaliteit wordt bekeken bij buisstromen die verschillen van 40 mAs tot 280 mAs. Het blijkt dat bij buisstromen vanaf 120 mAs de beeldkwaliteit niet zodanig verandert dat een hogere buisstroom vereist is. De laagste mogelijke effectieve stralingsdosis waarbij de beeldkwaliteit nog hoog is, is dan, in plaats van 6 mSv bij een buisstroom van 280 mAs, maar 2,6 mSv.¹¹ Deze waarden liggen iets hoger dan de waarden die tijdens een ander experiment met CT zijn berekend bij het gebruik van een buisspanning van 120 kV_p en een buisstroom van 287 mAs. De gemiddelde effectieve stralingsdosis, bij een volwassen persoon, was hierbij 3,9 mSv. Kinderen hadden, zelfs bij een lagere buisstroom, een hogere effectieve stralingsdosis.¹² De waarde 2,6 mSv is vergeleken met de effectieve stralingsdosis veroorzaakt door de beeldvormende techniek film. De effectieve stralingsdosis bij het gebruik van film wisselt bij scans op borsthoogte tussen de 0,02 mSv en de 0,05 mSv en bij scans op buikhoogte tussen de 0,5 mSv en de 1,5 mSv.¹¹ De conclusie die getrokken kan worden is dat het maken van een borstscan met behulp van CT een stralingsdosis oplevert die ongeveer 74 keer zo groot is als wanneer de beeldvormende techniek film gebruikt wordt. Bij een vergelijking van de beeldvormende technieken CR en DR bij een gelijke diagnostische beeldkwaliteit met film blijkt dat de effectieve stralingsdosis bij het gebruik van CR even groot tot 1,44 keer zo groot is als bij het gebruik van film. Door het maken van een scan met DR kan de stralingsdosis gehalveerd worden ten opzichte van film. Deze waarden zijn, ter verduidelijking, te zien in tabel 2.⁹

Tabel 2. Vergelijking tussen film en CR/DR bij dezelfde beeldkwaliteit

	Film	CR	Vergrotingsfactor	DR	Vergrotingsfactor
	mSv	mSv	CR/film	mSv	DR/film
Scan op borsthoogte	0,033	0,039	1,18	0,023	0,70
Scan op buikhoogte	0,67	0,68	1,01	0,24	0,36
Scan op heuphoogte	0,52	0,75	1,44	0,26	0,5

De laatste en nieuwste techniek die gebruik maakt van röntgenstraling en vooral gebruikt wordt bij patiënten met scoliose is de EOS scanner^{bijlage1}. Deze scanner is vergeleken met CR aan de hand van de stralingsdosis en de beeldkwaliteit. Hiervoor zijn scans genomen van patiënten met een gemiddelde leeftijd van 14,8 jaar waarvan een beeld gemaakt werd van tenminste de bovenste cervicale wervel^{woordenlijst} tot aan het heiligbeen. Dertien locaties, die gemakkelijk aan te wijzen zijn bij patiënten met verschillende afmetingen, werden gekozen en op elk van deze locaties werd de stralingsdosis bepaald. De conclusie die getrokken kan worden is dat in alle gevallen EOS een veel lagere effectieve stralingsdosis oplevert dan dat CR doet. Dit verschilt van een 2,95 keer zo hoge stralingsdosis bij het gebruik van CR op nekhoogte tot een 9,19 keer zo hoge stralingsdosis op buikhoogte. In tabel 3 staan enkele van deze waarden weergegeven.^{4,13} Milligray (mGy) is de SI-eenheid van geabsorbeerde ioniserende straling¹ en een blootstelling aan 1 mGy staat gelijk aan een opname van de dosis van 1 mSv.

Tabel 3. Vergelijking van de stralingsdosis voor de patiënt tussen EOS en CR

	EOS	CR	Vergrotingsfactor
	mGy	mGy	CR/EOS
Achterkant van de nek	0,20	0,59	2,95
Midden van de rug	0,18	1,04	5,78
Rechter zijkant op de hoogte van de onderkant van de borst	0,27	2,38	8,81
Buitenzijde van de rechterborst	0,11	0,83	7,55
Bovenkant van de rechter heup aan de buikzijde	0,16	1,47	9,19
Bovenkant van de rechter bilspier	0,30	2,47	8,23
Bovenkant van de linker bilspier	0,11	0,73	6,64

Eventuele schade aan de patiënt bij het gebruik van ultrasound en MRI

Behalve met röntgenstraling kan er ook schade aangebracht worden met behulp van de beeldvormende techniek ultrasound^{bijlage1}. Hierbij zijn de geluidsgolven de oorzaak aangezien weefsels, door het scannen van het lichaam met deze geluidsgolven, warmte kunnen absorberen. Dit absorberen van warmte kan leiden tot het kapot gaan van celwanden waardoor het weefsel beschadigd wordt.¹⁴ De mogelijkheid tot het opwarmen van het weefsel hangt van een paar factoren af: de frequentie van de geluidsgolven, de intensiteit, het gebied waarop de geluidsgolven werken, de duur en de mogelijkheid van warmteafdracht. De aanwezigheid van botweefsel, bij patiënten met scoliose, is ook een belangrijke factor voor het opwarmen doordat de absorptie significant vergroot wordt bij de overgang van zacht weefsel naar botweefsel. Dit resulteert in een grotere kans op verwarming.⁷ Andere onderzoeken geven aan dat naast het verwarmen er ook gaten in het weefsels gemaakt kunnen worden. Dit gebeurt echter alleen wanneer de intensiteit van de pulsen hoger is dan 3000 W/cm^2 , wat zelden tot nooit gebeurt.¹⁵ Bij een scan met ultrasound waarbij de temperatuur meer dan 2° verhoogd wordt, zal het weefsel beschadigd worden. Er zal dan een afweging van de tijdsduur van de scan gemaakt worden, waarbij gekeken wordt naar het voordeel en het risico van deze scan. Het is van groot belang dat de arts voor het gebruik van ultrasound kennis heeft genomen van de biologische effecten om mogelijke risico's uit te sluiten.^{7,14} Het American Institute of Ultrasound in Medicine heeft in 1992 vastgelegd dat er geen schadelijke effecten op het gebied van verwarming in menselijke weefsels mogelijk zijn wanneer de intensiteit, voor een geluidsbron zonder brandpunt, lager is dan 10 milli watt per kubieke centimeter (mW cm^{-2}). Bij een geluidsbron met brandpunt mag de intensiteit niet hoger dan 1 W cm^{-2} zijn.¹⁶

Bij het beeldvormen met behulp van MRI^{bijlage1} wordt gebruik gemaakt van een sterke magneet, radiogolven en een gradiënt. Onderzoeken zijn gedaan naar de vraag of dit gebruik schadelijk is voor de patiënt. Hierbij is tijdens kort durende blootstelling aan het magnetisch veld onder anderen gekeken naar veranderingen in cel groei en doding, celdeling, de structuur van DNA en gen expressie, zenuwactiviteit en temperatuurregulatie. De meerderheid van deze studies concludeerde dat blootstelling aan het sterke magnetische veld geen schadelijke gevolgen heeft voor de patiënt. De weinige gedocumenteerde schade die aangericht is door MRI werd veroorzaakt door de aanwezigheid van implantaten.¹⁷ De implantaten kunnen warm worden doordat ze ferromagnetisch kunnen zijn. Dit kan oncomfortabel zijn voor de patiënt. Verder kan het implantaat, als deze niet goed bevestigd is, los gaan zitten wat kan resulteren in een ontsteking.² Bij langdurende blootstelling aan magnetische velden zijn er pathologische veranderingen te zien, deze worden veroorzaakt door interactie tussen weefsels en het magnetisch veld. Deze veranderingen zijn echter niet zo schadelijk dat het effect heeft op lange termijn.¹⁷

De gradiënt daarentegen kan op bepaalde niveaus van blootstelling een tintelend gevoel in perifere zenuwen veroorzaken. Bij een niveau dat 50% tot 100% boven het maximum ligt kan het voor de patiënten oncomfortabel worden of pijn geven. Dankzij veiligheidsinstellingen voor de gradiënt in MRI apparaten zal dit echter nooit voorkomen.¹⁷

Een derde factor die gevaar op kan leveren voor de patiënt is geluid dat ontstaat tijdens de scan doordat de stroom in de gradiënten een wisselstroom is. De problemen die veroorzaakt worden zijn simpelweg irritatie, het minder makkelijk verbaal kunnen communiceren, verhoogde angstigheid, kortdurende doofheid tot aan mogelijke, langdurende doofheid. Patiënten krijgen tijdens de scan speciaal ontworpen oordoppen zodat de geluidsoverlast minder wordt.¹⁸

Net als geluidsgolven bestaat de mogelijkheid dat radiogolven het weefsel kunnen opwarmen. Om dit te testen wordt het hoogst mogelijke energieniveau waaraan mensen ooit zijn blootgesteld gebruikt. Er wordt gekeken naar temperatuurverschillen in membranen, zes verschillende huid temperaturen, de hartslag, bloeddruk, zuurstofopname en de bloedstroom door de huid. Het resultaat is dat een patiënt met een normale temperatuurregulatie de opwarming aan moet kunnen.¹⁷

Diagnostische beeldkwaliteit

De ernst van scoliose wordt vastgesteld en uitgedrukt in de grootte van de hoek gemeten tussen de sluitplaten van de wervels die het meest gekanteld staan en die het begin en eind van de bocht vormen.¹ Om deze hoek goed te kunnen bepalen is voor patiënten met scoliose de diagnostische beeldkwaliteit van de scans erg belangrijk. Aan de hand van deze hoek kan, voor een minder ernstige vorm van scoliose, een korset gemaakt worden en kan voor een ernstige vorm van scoliose de wervelkolom tijdens een operatie recht gezet en recht gehouden worden door middel van schroeven. Als op de scan het onderscheidt tussen de wervelkolom en het omliggende weefsel niet goed te zien is, zal de nauwkeurigheid waarmee de hoek tussen de wervels bepaald wordt afnemen. Vandaar dat de voorkeur uitgaat naar beeldvormende technieken die gericht zijn op het beeldvormen van hardere weefsels, zoals bot.

Zoals eerder gezegd zijn DR en CR met elkaar vergeleken aan de hand van de stralingsdosis en aan de hand van de beeldkwaliteit. Door radiologen werd gekeken naar het verschil in diagnostische beeldkwaliteit van de verschillende scans. Bij de scans op buikhoogte en heuphoogte was deze kwaliteit tussen CR en DR gelijk. De CR scan op borsthoogte was van een goede diagnostische kwaliteit maar de dosis was hoog, vandaar dat gebruikt werd gemaakt van een techniek waarmee de dichtheid verkleint wordt. De dosis wordt hiermee vermindert tot 24%. Op de DR borst scans zat teveel ruis maar omdat de dosis bij deze scan zo laag was, was het geoorloofd om de dosis te verdubbelen wat een beter beeld gaf. Geconcludeerd kan worden dat de beeldvormende technieken CR en DR dezelfde diagnostische beeldkwaliteit kunnen hebben.⁹

Tijdens hetzelfde onderzoek waarbij CR en EOS met elkaar vergeleken werden aan de hand van de stralingsdosis werden zij ook vergeleken aan de hand van de diagnostische beeldkwaliteit. Alle scans werden door twee orthopeden en twee radiologie beoordeeld aan de hand van de beeldkwaliteit en onderverdeeld in vier schalen: 1. Structuur niet te zien; 2. Structuur te zien maar details ontbreken; 3. Details zijn te onderscheiden maar niet duidelijk aan te geven; 4. Details zijn duidelijk te zien. Onderscheid werd gemaakt tussen de globale beeldkwaliteit en het zien van details. In tabel 3 is te zien voor welk percentage van de scans de diagnostische beeldkwaliteit van EOS en van CR gelijk is, voor welk percentage de diagnostische beeldkwaliteit van EOS beter was en voor welk percentage de diagnostische beeldkwaliteit van CR beter was. Hieruit kan de conclusie getrokken worden dat voor zowel de globale beeldkwaliteit als het zien van details EOS meer aan te raden is dan CR. Verder bleek dat de scans die genomen zijn in het sagittale vlak^{woordenlijst}, met uitzondering van de wervels, de beste diagnostische beeldkwaliteit te geven bij het gebruik van EOS. Een groot voordeel van het gebruik van EOS is dat het een software heeft die direct de hoeken tussen de wervels uit kan rekenen. Hierdoor zal de arts een betere en snellere diagnose kunnen stellen, er vanuit gaande dat de software nauwkeurig is.^{4,13}

Tabel 3. Vergelijking van diagnostische beeldkwaliteit tussen CR en EOS

	EOS = CR	EOS > CR	CR > EOS
Globale beeldkwaliteit	50,5 %	46,7%	2,8%
Details	61,9%	32,4%	5,7%

MRI is een beeldvormende techniek die vaak gebruikt wordt in speciale gevallen zoals neurologische symptomen en pijnlijke scoliose. Dit komt doordat MRI beter zacht dan hard weefsel af kan beelden. Dit is echter wel een nadeel bij het afbeelden van standaard gevallen van scoliose. Hierbij wordt eerst de ruggenmerg afgebeeld en aan de hand daarvan wordt de locatie van de wervelkolom vastgesteld. Het nadeel van deze manier van beeldvormen is dat er tot nu toe geen enkele studie bewezen heeft dat deze methode nauwkeurig is. Verder kan MRI in sommige gevallen niet gebruikt worden. Wanneer een patiënt behandeld is voor zijn of haar scoliose door gebruik te maken van implantaten die de wervelkolom recht houden zal de beeldkwaliteit slechter worden.^{2,19}

Ultrasound gaat door zacht weefsel heen maar wordt tegengehouden door botachtige structuren waardoor er een geluidsschaduw van elementen van de ruggenmerg die posterior^{woordenlijst} liggen

geobserveerd worden. Hierdoor kan de wervelkolom bekeken worden. Voordelen van het gebruik van ultrasound zijn de willekeurige positionering van de patiënt tijdens het scannen en het direct verkregen beeld.³ Een groot nadeel is dat er niet een geheel beeld gemaakt kan worden met behulp van één scan. Hierdoor zullen meerdere beelden aan elkaar gezet moeten worden wat resulteert in een onnauwkeurigheden. Verder leveren luchtbellende beelden die zich tussen de zender en het te scannen lichaamsdeel kunnen bevinden verkeerde beelden op doordat de geluidsgolven tegen gehouden worden. Dit maakt het interpreteren van een beeld lastig.²⁰

Bij het maken van een scan van verschillende objecten is een vergelijking getrokken tussen de diagnostische beeldkwaliteit van CR en CT. Aangezien het voor de beeldvorming van patiënten met scoliose belangrijk is dat de botstructuur goed zichtbaar gemaakt wordt, zal hier voornamelijk naar gekeken worden. Er zijn meerdere scans gemaakt met verschillende parameters. Het valt op dat de beelden die met CT gemaakt hebben een lagere ruimtelijke resolutie hebben dan de beelden die met CR gemaakt zijn. Desondanks is de diagnostische beeldkwaliteit van CT beelden relatief zo goed dat ze wel gebruikt kunnen worden voor klinisch gebruik.¹⁶

Patiëntvriendelijkheid

Het gebruik van CR en DR is over het algemeen erg patiëntvriendelijk. Tijdens het scannen, wat afhankelijk van het te scannen deel van het lichaam ongeveer vijf tot vijftien minuten duurt, ligt de patiënt op een tafel. Na de scan kan de patiënt direct naar huis. Het stellen van een diagnose duurt wat langer aangezien de arts zelf de hoeken tussen de wervels uit moet rekenen.

CT scans duren over het algemeen tussen de vijf en dertig minuten. De patiënt ligt op een tafel en wordt langzaam door de ringvormige scanner heen geschoven. Dit kan, voor patiënten met zwaar overgewicht, een probleem opleveren doordat de tafel maximaal 150 kilo kan dragen en de patiënt door de ring moet passen. Tijdens de scan is het de bedoeling dat de patiënt zo stil mogelijk ligt, soms wordt gevraagd of de adem een paar seconden ingehouden kan worden. Na de scan mag de patiënt direct naar huis. De hoeken tussen de wervels moeten door de arts bepaald worden, vandaar dat de patiënt niet direct de uitslag krijgt.¹⁶

MRI wordt over het algemeen niet als de meest prettige manier van scannen ervaren. Een scan duurt, afhankelijk van het te scannen deel, een half uur tot een uur. Tijdens het scannen ligt de patiënt, gedeeltelijk of geheel, in een buis waardoor patiënten met claustrofobie zich erg angstig zullen voelen. Het apparaat maakt tijdens het scannen veel lawaai, wat ook als vervelend kan worden ervaren maar waar de patiënt oordoppen voor krijgt. Verder kunnen de radiogolven een verwarming van het weefsel veroorzaken. Wat betreft patiënten met overgewicht geldt hetzelfde voor MRI als dat er voor CT geldt; een probleem kan ontstaan doordat de tafel maximaal 150 kilo kan dragen en de patiënt in de buis moet passen. Na de scan kan de patiënt direct naar huis, de uitslag zal pas later komen, zeker als het patiënten met scoliose betreft, aangezien eerst de wervelkolom om het beeldgevormde ruggenmerg bepaald moet worden en de arts daarna zelf de hoeken tussen de wervels uit zal moeten rekenen.¹⁸

EOS is de enige manier van beeldvormen die hier beschreven wordt waarbij de patiënt staat. De twee scans duren ieder 8 tot 15 seconden, afhankelijk van de hoogte van de patiënt. Tijdens deze scans zal de adem ingehouden moeten worden. De patiënt staat op een draaiende schijf die na de eerste scan 90° draait. Na de scan zal de arts binnen een kwartier de hoeken tussen de wervels hebben doordat deze scanner gebruik maakt van een software die deze uitrekent. Op deze manier is het mogelijk dat de patiënt direct de uitslag krijgt.⁴

Ultrasound is een van de aangenaamste beeldvormende technieken voor patiënten met scoliose. De beelden kunnen bij elke positie van de patiënt bepaald worden. Met behulp van gel zal een beter beeld verkregen worden van de wervelkolom. Een nadeel van deze manier van scannen is de temperatuursverhoging die veroorzaakt wordt door de geluidsgolven, dit kan als minder prettig ervaren worden. Na de scan kan de patiënt direct naar huis, de uitslag zal pas later komen aangezien de arts zelf de hoeken tussen de wervels uit zal moeten rekenen.¹⁴

Discussie

Stralingsdosis

Zoals bij de literatuur te lezen valt is het belangrijk dat de effectieve stralingsdosis, zeker bij kinderen, zo laag mogelijk gehouden wordt. Uit de vergelijking die getrokken is tussen DR en CR blijkt dat de stralingsdosis bij het gebruik van CR tussen de 1,70 en de 2,88 keer zo hoog is als bij het gebruik van DR. Aangezien dit een verdubbeling van de effectieve stralingsdosis is kan geconcludeerd worden dat bij een gelijke diagnostische beeldkwaliteit de beeldvormende techniek CR schadelijker is voor de patiënt dan de beeldvormende techniek DR. De mogelijkheid bestaat om de effectieve stralingsdosis gelijk te stellen, hierbij zou ingeleverd worden op de beeldkwaliteit van CR.

De vergelijking die getrokken is tussen CT en film laat zien dat CT in alle opzichten een aanzienlijk grotere effectieve stralingsdosis heeft ten opzichte van film, afhankelijk van het experiment gemiddeld zo'n 74 keer. Doordat CR en DR ook vergeleken zijn met film kan een vergelijking getrokken worden tussen CT, CR en DR. Uit de literatuur valt te halen dat CR en CT beiden, bij een gelijke effectieve beeldkwaliteit, een verhoging van de effectieve stralingsdosis ten opzichte van film veroorzaken. De vergrotingsfactor van CR is gemiddeld 1,21 en de vergrotingsfactor van CT is gemiddeld 74 waardoor geconcludeerd kan worden dat het gebruik van CT schadelijker is voor de patiënt dan wanneer CR gebruikt wordt.

Uit het onderzoek tussen de stralingsdosis voor de patiënt tussen EOS en CR komt heel duidelijk naar voren dat EOS een lagere stralingsdosis in mGy veroorzaakt dan CR. Hierbij kan de eenheid mGy gebruikt worden om de effectieve stralingsdosis aan te duiden aangezien 1 mSv de dosis is die geproduceerd wordt door het blootstellen aan 1 mGy radiatie. Aan de hand daarvan blijkt dat bij een gelijke diagnostische beeldkwaliteit de stralingsdosis die CR veroorzaakt 2,95 tot 9,19 keer zo groot is als de stralingsdosis die EOS veroorzaakt. Geconcludeerd kan worden dat zowel DR al EOS minder schadelijk voor de patiënt zijn dan CR. Om een vergelijking te maken tussen DR en EOS zal gekeken worden naar de vergrotingsfactor met CR. In alle gevallen was deze factor hoger bij DR. Als voorbeeld, een scan op borsthoogte, waarbij de vergrotingsfactor van DR ten opzichte van CR 1,70 was en de vergrotingsfactor van EOS ten opzichte van CR 5,78. De conclusie die getrokken kan worden is dat EOS een lagere stralingsdosis veroorzaakt dan DR.

Van de beeldvormende technieken CR, DR, CT en EOS levert de EOS de minste stralingsdosis op voor patiënten die behandeld worden voor scoliose, gevolgd door DR en CR. De beeldvormende techniek die de meeste stralingsdosis oplevert is CT. De mate van schadelijkheid is lastig te bepalen. Wel blijkt dat stralingsdosis veroorzaakt door röntgenstralen een verhoogd risico op kanker opleveren, vooral bij jonge vrouwelijke patiënten. Vandaar dat de stralingsdosis, waar mogelijk, zo laag mogelijk gehouden moet worden.

Eventuele schade aan de patiënt bij het gebruik van ultrasound en MRI

Aan de hand van de literatuur blijkt dat rekening gehouden wordt met de kans dat de patiënt schade oploopt tijdens een onderzoek met behulp van ultrasound. De mogelijkheid bestaat, en is groter bij het scannen van patiënten met scoliose, dat het weefsel opgewarmd wordt. Deze mogelijkheid zal echter geheel verdwijnen wanneer de arts genoeg kennis heeft van de beeldvormende techniek en hier ook naar handelt. Het weefsel van de patiënt zal altijd wat opgewarmd worden maar zolang dit beneden 2^o blijft zal er geen schade aangericht worden.

Bij MRI zouden meerdere factoren schade op kunnen leveren aan de patiënt. Uit literatuuronderzoek bleek echter dat deze angst over het algemeen ongegrond is. Het magneetveld levert, met uitzondering voor patiënten met implantaten, weinig tot geen schade op. Zo ook de gradiënt die, dankzij veiligheidsinstellingen, nooit boven een bepaald niveau zal komen zodat de enige hinder die de patiënt kan ondervinden een tintelend gevoel in de perifere zenuwen zal zijn. Radiogolven zouden, net als geluidsgolven een opwarming van het weefsel

kunnen veroorzaken. Uit literatuuronderzoek blijkt dat een patiënt met een normale temperatuurregulatie dit fysisch aan moet kunnen. Het laatste probleem, de geluidsoverlast tijdens het scannen, kan simpelweg opgelost worden door de patiënt oordoppen te geven.

De mate van schadelijkheid door geluidsgolven en radiogolven voor een patiënt die behandeld wordt voor scoliose bij respectievelijk ultrasound en MRI is, zolang de arts zich houdt aan de veiligheidsinstelling en naar kennis handelt niet tot nauwelijks aanwezig.

Diagnostische beeldkwaliteit

Om de deelvraag: 'Wat zijn de verschillen in diagnostische beeldkwaliteit bij de beeldvorming van scoliose tussen de beeldvormende technieken CR, DR, ultrasound, CT, MRI en EOS?' te kunnen beantwoorden zijn verschillende technieken met elkaar vergeleken aan de hand van de diagnostische beeldkwaliteit. Anderen werden op zichzelf bekeken. Het verschil in diagnostische beeldkwaliteit tussen DR en CR hangt samen met de effectieve stralingsdosis, hoe hoger deze dosis hoe hoger de beeldkwaliteit. Uiteindelijk kan de conclusie getrokken worden dat de diagnostische beeldkwaliteit bij CR en DR alleen gelijk is als de effectieve stralingsdosis voor CR groter is dan voor DR. Er moet rekening gehouden worden met het feit dat bij het gebruik van CR en DR het beeld in eerste instantie in 2D zal zijn. Dit zou nadelig kunnen zijn bij het stellen van een diagnose.

De literatuur waarbij de diagnostische beeldkwaliteit tussen EOS en CR vergeleken werd laat zien dat, op een uitzondering na, de diagnostische beeldkwaliteit van EOS geprefereerd worden boven de diagnostische beeldkwaliteit van CR. EOS creëert bovendien een 3D beeld en rekent de hoeken tussen de wervels met behulp van speciale software zelf uit. Hierdoor zal de diagnostische beeldkwaliteit verhoogd worden.

MRI is een geschikte beeldvormende techniek voor scans van zachte weefsels maar voor een scan van patiënten met scoliose waarbij een beeld gevormd moet worden van de wervelkolom is deze techniek niet aan te raden. Wel kan MRI gebruikt worden bij het afbeelden van symptomen die ontstaan zijn door scoliose zoals neurologische afwijkingen.

Ultrasound is een geschikte beeldvormende techniek om de wervels op beeld weer te geven. Een nadeel van deze manier van beeldvormen met betrekking tot patiënten met scoliose is dat bij een beeld van de gehele wervelkolom verschillende scans aan elkaar gezet moeten worden. Dit kan onnauwkeurigheden opleveren. Verder zullen de beelden in eerste instantie 2D zijn en zal de hoek tussen de wervels door de arts zelf uitgerekend moeten worden.

Tijdens het literatuuronderzoek waarbij CT en CR met elkaar vergeleken worden aan de hand van de diagnostische beeldkwaliteit wordt gebruik gemaakt van scans van botstukken. Hieruit blijkt dat CR beelden een hogere ruimtelijke resolutie hebben maar dat CT beelden relatief zo goed zijn dat ze ook gebruikt zouden kunnen worden voor het stellen van een diagnose.

De verschillen in diagnostische beeldkwaliteit bij de beeldvorming van scoliose tussen verschillende beeldvormende technieken zijn altijd persoonsgebonden en daarom moeilijk met elkaar te vergelijken. Om onnauwkeurigheid uit te sluiten is een software als die van de EOS een geschikte uitkomst om de hoeken tussen de wervels uit te rekenen. De vraag die hierbij echter gesteld moet worden is hoe nauwkeurig deze software is. CR, CT en DR leveren een geschikte diagnostische beeldkwaliteit hoewel deze minder is dan die van EOS. Ultrasound is, wat betreft de beeldvorming van een klein oppervlak, erg geschikt. De vraag is of het nodig is om de gehele wervelkolom op één scan in beeld te brengen. Uiteindelijk kan uitgaande van de beeldkwaliteit, het geheel in beeld brengen van de wervelkolom en het zoveel mogelijk uitsluiten van onnauwkeurigheden geconcludeerd worden dat de beeldvormende techniek die de beste diagnostische beeldkwaliteit geeft EOS is. Hierbij wordt ervan uit gegaan dat de software die EOS gebruikt nauwkeurig is. MRI is de minst geschikte manier om de wervelkolom in beeld te brengen.

Patiëntvriendelijkheid

De deelvraag 'Wat zijn de verschillen in patiëntvriendelijkheid bij de beeldvorming van scoliose tussen de beeldvormende technieken CR, DR, ultrasound, CT, MRI en EOS?' valt te beantwoorden door te kijken naar onder anderen de duur van de scan, de tijd die zit tussen het maken van de scan en het stellen van de diagnose en de houding van de patiënt tijdens het scannen.

Het blijkt dat als gekeken wordt naar de tijdsduur van de scan CR, DR, EOS en ultrasound het meest patiëntvriendelijk zijn. MRI en CT scans duren het langst. Nou is het de vraag in welke mate patiënten het vervelend vinden om lang gescand te worden. Als de lange duur van de scans samenhangt met een betere diagnose zullen er waarschijnlijk weinig patiënten kiezen voor een scan van kortere duur.

De tijd die zit tussen het maken van de scan en het stellen van een diagnose zal bij EOS het kortst zijn en bij MRI het langst. Hierbij geldt hetzelfde als bij de tijdsduur van de scan. Als het langer wachten op een diagnose samenhangt met een betere diagnose zullen er waarschijnlijk weinig patiënten kiezen voor een scanner waarbij de diagnose eerder bekend is.

Bij verschillende manieren van beeldvormen zal de patiënt op verschillende manier gepositioneerd worden. Voor patiënten die niet kunnen staan is een scanner zoals de EOS geen geschikte scanner. Bij de andere beeldvormende technieken die in deze scriptie beschreven zijn, met uitzondering van ultrasound, zal de patiënt altijd op een tafel liggen bij het scannen van de wervelkolom. De meest patiëntvriendelijke manier van beeldvormen wat betreft de positionering van de patiënt is ultrasound. Bij deze techniek maakt het niet uit of de patiënt ligt of staat.

De meest patiëntonvriendelijke manier van beeldvormen is waarschijnlijk het gebruik van MRI. Door de claustrofobische ruimte en het harde lawaai tijdens de scan zal deze vaak als minder prettig ervaren worden. Verder kunnen patiënten met overgewicht, net als bij CT, geen gebruik maken van deze scan.

Bij ultrasound en MRI kunnen de weefsels opgewarmd worden door respectievelijk de geluidsgolven en de radiogolven. Hierdoor kan de patiënt zich tijdens de scan minder prettig voelen.

Conclusie

Allereerst zijn CR, DR, CT en EOS met elkaar vergeleken aan de hand van de stralingsdosis die veroorzaakt wordt door blootstelling aan röntgenstralen. Daarna zijn MRI en ultrasound onderzocht op eventuele schade voor de patiënt ten gevolge van een scan. De diagnostische beeldkwaliteit is vergeleken of apart bekeken, gevolgd door de verschillen in patiëntvriendelijkheid tussen de onderzochte beeldvormende technieken.

Van de beeldvormende technieken die gebruik maken van röntgenstraling zorgt het gebruik van EOS voor de minste stralingsdosis, gevolgd door DR en CR. CT veroorzaakt verreweg de meeste stralingsdosis. MRI en ultrasound zouden beiden, bij onverstandig gebruik, schade voor de patiënt op kunnen leveren. Echter, zolang de arts zich houdt aan de veiligheidsinstellingen en naar kennis handelt zal dit niet het geval zijn.

De diagnostische beeldkwaliteit is, bij het scannen van de gehele wervelkolom, het beste bij EOS. Een voordeel van dit apparaat is dat door het gebruik van bepaalde software de hoeken tussen de wervels uitgerekend worden. CR, CT en DR leveren ook een geschikte, maar mindere diagnostische beeldkwaliteit. Bij het scannen van een gedeelte van de wervelkolom is het gebruik van ultrasound aan te raden. MRI is, als enige, geen goede techniek voor het afbeelden van de wervelkolom.

Patiëntvriendelijkheid hangt af van een aantal factoren. Aangezien het patiënten hoogst waarschijnlijk niet uit zal maken of de tijdsduur van de scan of de tijd die nodig is om een diagnose te stellen lang of kort is, zolang de diagnose maar goed is zullen deze factoren achterwege gelaten worden. Wel is belangrijk dat patiënten tijdens MRI geluidsoverlast ondervinden en angstig kunnen door de claustrofobische ruimte. Bij de EOS kan alleen gestaan worden, terwijl bij CR, DR, CT en MRI alleen gelegen kan worden. Bij ultrasound is elke positionering van de patiënt mogelijk.

Als gekeken wordt naar de stralingsdosis, de diagnostische beeldkwaliteit en de patiëntvriendelijkheid kan geconcludeerd worden dat EOS de meest aan te raden beeldvormende techniek is van de in deze scriptie vergeleken technieken. EOS veroorzaakt de laagste stralingsdosis voor de patiënt, geeft de beste diagnostische beeldkwaliteit en is het meest patiëntvriendelijk, met uitzondering van patiënten die niet kunnen staan. Als gekeken wordt naar eventuele andere schade die de patiënt kan oplopen tijdens een scan, de diagnostische beeldkwaliteit en de patiëntvriendelijkheid kan geconcludeerd worden dat ultrasound de meest aan te raden beeldvormende techniek is. Ultrasound levert geen schade op voor de patiënt en is erg patiëntvriendelijk maar is helaas niet in staat om een gehele afbeelding van de wervelkolom te maken zonder onnauwkeurigheden. De vraag is wat belangrijker is, de schade die de röntgenstralen opleveren of de minder goede diagnostische beeldkwaliteit van de scan. Feit is dat de stralingsdosis bij EOS ver onder de maximale toegestane stralingsdosis die een patiënt per jaar mag krijgen zit. Verder is de diagnostische beeldkwaliteit een belangrijke factor voor het stellen van een diagnose en de verdere behandeling.

In de toekomst zal gekeken moeten worden of de effectieve stralingsdosis voor patiënten geheel weggelaten kan worden door bijvoorbeeld de beeldkwaliteit van ultrasound te verbeteren. Gedacht kan worden aan het ontwikkelen van een software die meerdere beelden aan elkaar zet zonder onnauwkeurigheden te veroorzaken. Verder zou eenzelfde software waar EOS gebruik van maakt gebruikt kunnen worden om de hoeken tussen wervels uit te rekenen. In principe is het niet noodzakelijk om een gehele afbeelding van de wervelkolom te maken als het ook mogelijk is om de hoek per wervel uit te rekenen.

Tot nu toe kan de conclusie uit dit literatuuronderzoek getrokken worden dat van de zes verschillende beeldvormende technieken EOS de meest aan te raden techniek is bij de beeldvorming van scoliose.

Literatuurlijst

1. Bohn, Stafleu, Loghum van. Geneeskundig woordenboek: 1020 (1923, 11^{de} druk)
2. O'Malley M, Dorgan JC. Scoliosis. Diagnostic radiology 3: 2463-2468 (1986, 4^{de} druk)
3. Kotwicki T. Evaluation of scoliosis today: Examination, X-rays and beyond. Disability and Rehabilitation: 30(10): 742-751 (2008)
4. Deschênes S, e.a. Diagnostic imaging of spinal deformities: Reducing patients radiation dose with a new slot-scanning x-ray imager. Zonder plaats. (zonder jaar)
5. Hansen J, e.a. Optimisation of scoliosis examinations in children. Pediatr Radiol 33: 752-765 (2003)
6. Hoffman DA, e.a. Breast Cancer in Women With Scoliosis Exposed to Multiple Diagnostic X Rays. J Natl Cancer Inst 81, no.17: 1307-1312 (1989)
7. Merritt CRB, Kremkau FW, Hobbins JC. Diagnostic ultrasound, bioeffects and safety. Ultrasound Obstet. Gynecol. 2: 366-374 (1992)
8. Keizer de RJW, Strake te L. Intraocular lens implants (pseudophakoi) and steelwire sutures: a contraindication for MRI? Documenta Ophthalmologica 61: 281-284 (1986)
9. Aldrich JE, e.a. Optimization of Dose and Image Quality for Computed Radiography and Digital Radiography. Journal of Digital Imaging, Vol 19, no. 2: 126-131 (2006)
10. Kloosterman J, Muskens R. Kwaliteitscontrole op de CT-scanner. Zonder plaats (zonder jaar)
11. Ravenel JG, e.a. Radiation Exposure and Image Quality in Chest CT Examinations. AJR 177: 279-284 (2001)
12. Ware DE, e.a. Radiation Effective Doses to Patients Undergoing Abdominal CT Examinations. Radiology 210: 645-650 (1999)
13. Deschênes S, e.a. EOS – A New Breed of X-ray Imager using low-dose slot-scanning to achieve high quality images. Zonder plaats (zonder jaar)
14. Advisory Group on Non-ionising Radiation. Health Effects of Exposure to Ultrasound and Infrasound. Health Protection Agency (2010)
15. Harris GR, e.a. Relationship between Image Quality and Ultrasound Exposure Level in Diagnostic US Devices. Radiology 172: 313-317 (1989)
16. McCollough CH, e.a. Image Quality and Dose Comparison among Screen-Film, Computed, and CT Scanned Projection Radiography: Applications to CT Urography. Radiology 221: 395-403 (2001)
17. Shellock FG, Crues JV. MR Procedures: Biologic Effects, Safety, and Patient Care. Radiologie 232: 635-652 (2004)
18. McKinlay AF, e.a. Protection of Patients and Volunteers Undergoing MRI procedures. Health Protection Agency (2008)
19. Lam GC, e.a. Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods. Scoliosis 3: 16 (2008)
20. Lemmens A, Ariës M. Praktische radiologie. 15-16 (2005)
21. Dowsett DJ, Kenny PA, Johnston RE. The Physics of Diagnostic Imaging. 328-355, 381-435, 531-617 (1998, 2^{de} druk)

Bijlage 1

Computed Radiography

Deze vorm van beeldvorming^{bijlage2,afbeelding1} werd rond 1980 populair en verving daarmee film afbeeldingen. Een CR scanner maakt gebruik van een bron die röntgenstralen uitzendt en een cassette met daarin de beeldvormende plaat. Deze plaat bevat een radiografisch scherm dat bestaat uit een bepaald soort fosfor dat, wanneer het blootgesteld wordt aan röntgenstraling, energie opslaat. Deze energie wordt, door het stimuleren met een laserstraal, omgezet in de vorm van zichtbaar licht. Met behulp van een lezer en een processor wordt dit 2D beeld opgeslagen en kan het afgebeeld worden op een beeldscherm.²¹

Digital Radiography

Deze vorm van beeldvorming^{bijlage2,afbeelding1}, die ook wel directe radiography genoemd wordt, lijkt erg veel op computed radiography en is rond dezelfde tijd populair geworden. Het enige verschil met CR is de manier van het opvangen van de röntgenstralen. Waar bij CR gebruik gemaakt wordt van een cassette ontbreekt deze bij DR. Er zijn twee verschillende detectoren; de directe detectoren waarbij de röntgenstralen direct omgezet worden in een elektrische signaal en de indirecte detectoren waarbij gebruik wordt gemaakt van fosfor. Dit fosfor slaat evenals bij CR energie op die later omgezet kan worden in een elektrisch signaal. Beide detectoren kunnen met behulp van een lezer en een processor een 2D beeld genereren.²¹

Computed Tomography

Deze vorm van beeldvorming^{bijlage2,afbeelding2} werd ontwikkeld in 1973 en maakt net als CR en DR gebruik van een bron met röntgenstralen. Deze bron zendt de stralen als een waaier in een hoek van 42° uit waarna ze opgevangen worden door een detector die bestaat uit 800 detectoren. Doordat het bron-detector paar om de patiënt, die op een tafel in de scan ligt, kan roteren worden de röntgenstralen die door de detectoren opgevangen worden, met behulp van een lezer en een processor omgezet tot een 3D beeld.²¹

EOS scanner

Deze, speciaal voor scoliose ontwikkelde, nieuwe scanner^{bijlage2,afbeelding3} maakt net als CR, DR en CT gebruik van röntgenstraling. Hij heeft de vorm van een kast en bevat twee bronnen met röntgenstralen en daaraan gekoppeld twee gasdetectoren. Deze bron-detector paren zijn zo gepositioneerd dat ze, terwijl de patiënt in de scanner staat, de patiënt van onder naar boven schijf voor schijf kunnen scannen. Deze beelden worden met behulp van een lezer en een processor omgezet tot een 3D beeld dat op een computerscherm afgebeeld kan worden. De computer bevat bepaalde software die direct de hoek tussen de verschillende wervels uit kan rekenen. Hierdoor kan de arts sneller een diagnose stellen.^{4,13}

Ultrasound

Deze vorm van beeldvorming^{bijlage2,afbeelding4}, die in de vroege jaren 70 ontwikkeld is, maakt gebruik van geluidsgolven met een frequentie tussen de 2,5 en de 40 MHz. Een zender stuurt deze golven het lichaam in en doordat ze weerkaatsen op weefsel komen ze weer terug bij de zender die tegelijkertijd ook een ontvanger is. Door de tijd te meten tussen het zenden en ontvangen kan gemeten worden waar het weefsel zich in het lichaam bevindt. Op deze manier kan een 2D beeld gevormd worden. Door meerdere 2D beelden bij elkaar te voegen kan een 3D beeld gegenereerd worden.²¹

Magnetic Resonance Imaging

Deze manier van beeldvormen^{bijlage2,afbeelding5} werd in 1946 uitgevonden en maakt gebruik van een cilindervormige elektromagneet, die bij grote apparaten een magnetisch veld van 4 Tesla kan genereren en bij kleine apparaten een veld tussen de 0,5 en de 1,5 Tesla, en radiogolven. Om de

magneet zit een actief schild dat het magnetisch veld tegenhoudt en aan de binnenkant zit een gradiënt. De patiënt ligt op de as van de cilinder. Met behulp van de magneet worden waterstofatomen in het weefsel georiënteerd of gepolariseerd in de richting van het magneetveld. De radiogolven hebben een frequentie resonant is met de gepolariseerde waterstofatomen waardoor deze 'aangeslagen' worden, hierbij slaan ze energie op. Na enige tijd zullen deze 'aangeslagen' atomen terugvallen en daarbij een foton uitzenden. Met behulp van radiofrequentie spelen zullen deze fotonen opgevangen worden waardoor via de computer een 3D beeld gegenereerd wordt. De gradient helpt bij het bepalen van de posities van het weefsel.²¹

Bijlage 2



Afbeelding 1: Radiografie



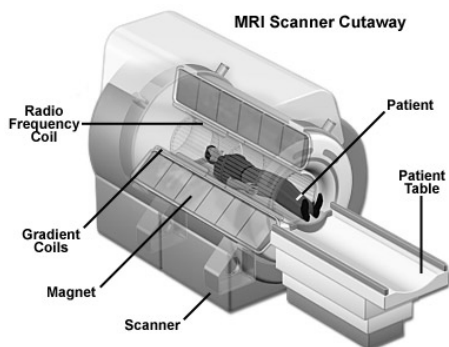
Afbeelding 3: EOS



Afbeelding 2: CT scanner



Afbeelding 4: Ultrasound



Afbeelding 5 :MRI scanner

Woordenlijst

- Cobb hoek: hoek die de graad van scoliose aangeeft: op een voorachterwaartse röntgenfoto van de wervelkolom de hoek tussen de bovenbegrenzing van het meest afwijkende wervellichaam boven, en de onderbegrenzing van het meest afwijkende wervellichaam onder de scoliotische kromming.¹
- Cervicale wervel: een wervel die zich bevindt op cervicaal, nek, niveau.
- Sagitaal vlak: een denkbeeldig vlak die het lichaam in twee gelijke delen verdeeld.
- Posterior: achter; anatomisch ook in de betekenis van dorsaal.¹
- Dorsaal: aan of naar de rugzijde.¹