

**Vorbereidende Leeractiviteiten-Zelfstudie Fysica
Lesblok 1 t/m 8**

MRI Top-opleiding

September 2018

MRI Top-opleiding

© VUmc Amstel Academie

Bezoekadres:

Boelelaan 1109

1081 HV Amsterdam

September 2018

MRI Top-opleiding

Inhoudsopgave

Studiehandleiding

Toetsing	4
Indeling zelfstudie	4
Lesblok 1	5
Opdrachten Fysica 1	5
Lesblok 2	7
Opdrachten Fysica 2	7
Lesblok 3	12
Opdrachten Fysica 3	12
Lesblok 4	17
Opdrachten Fysica 4	17
Lesblok 5	22
Opdrachten Fysica 5	22
Lesblok 6	27
Opdrachten Fysica 6	27
Lesblok 7	32
Opdrachten Fysica 7	32
Lesblok 8	36
Opdrachten Fysica 8	36

Toetsing

Aan het einde van de opleiding krijgt de student een schriftelijk examen over de gehele leerstof van de vakgebieden:

- MRI Fysica;
- MRI Toegepaste techniek;
- MRI-Anatomie;
- MRI- Pathologie.

De verdeling van de vragen tijdens de toets ziet er als volgt uit:

20% Anatomie en Pathologie, 80% Fysica en Toegepaste technieken.

De toets bevat 60 vragen die gedurende 120 minuten beantwoord dienen te worden.

Om de opleiding met goed gevolg af te sluiten heb je voor dit examen minimaal het cijfer 5,5 gescoord. Hierbij geldt een 66,6% weging.

Bij onvoldoende resultaat kan de student op een nader te bepalen datum het examen één keer herkansen.

Indeling zelfstudie

Rekening houdend met de zwaarte van de toetsing, betekent dit dat per blok de hierop volgend studiebelasting aan zelfstudie moet worden gerealiseerd:

- Anatomie: 2,1 uur
- Pathologie: 2,1 uur
- Fysica: 8,4 uur
- Toegepaste technieken: 8,4 uur

N.b. Het betreft gemiddelden. De hoeveelheid zelfstudie kan variëren per blok en per onderwerp.

Lesblok 1

Opdrachten Fysica 1

SBU: 8,4 uur

Docent

Mw. S. Soomers- Wanders

Verantwoording

De MRI techniek is een complexe materie. Dit eerste lesblok bevat een introductie van deze techniek. Magnetisme vormt de basis. Het sterke magneetveld van de MRI is altijd aanwezig. Een veiligheidsprotocol is van groot belang om zonder gevaar een MRI ruimte te betreden.

Contrasten in MRI beelden ontstaan door het exciteren en relaxeren van spins binnen een sterk magneetveld. Voor het exciteren van spins zijn radiofrequente pulsen nodig. Tijdens relaxeren zenden spins een signaal uit. Deze worden opgevangen door antennes: de spoelen van het systeem. Om te bepalen waar het signaal vandaan komt moet het signaal gecodeerd worden.

Werkvorm

Interactief werkcollege. (Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten)

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- de relatie tussen de aanwezigheid van een stroom door een spoel en het magneetveld aangeven;
- voor- en nadelen beschrijven van verschillende magneet typen;
- de noodzaak van vloeibaar helium toelichten en aangeven welke specifieke voorzorg nodig is (Quench) ;
- gevaren, risico's en contra-indicaties als gevolg van de magneetsterkte kunnen benoemen ;
- beschrijven wat de term 'SAR-limiet' inhoudt;
- uitleggen waardoor zenuw stimulatie kan ontstaan;
- de tolbeweging van spins uitleggen;
- beschrijven hoe netto magnetisatie ontstaat;
- beschrijven wat magnetische resonantie inhoudt;
- het verschil tussen T1 en T2 relaxatie verklaren;
- beschrijven hoe plakselectie wordt gerealiseerd;
- het gebruik van gradiënten kunnen uitleggen;
- het verschil tussen frequentiecodering en fasecodering kunnen aangeven.

Vorbereiding

- Lees uit
“MRI in practice”
Hoofdstuk 1
- “From Picture to Proton”
Hoofdstuk 9: §9.2 t/m 9.3
Hoofdstuk 2: §2.3
Hoofdstuk 8: §8.2
Hoofdstuk 7: §7.3 t/m 7.3.2
Hoofdstuk 8: §8.3, §8.5, §8.6.1 en §8.6.2

Lesblok 2

Opdrachten Fysica 2

SBU: 8,4 uur

Docent

Praktijkles: Mw. S. Soomers

Verantwoording

In blok 1, MRI van de knie, is behandeld hoe signalen kunnen worden gecreëerd door middel van MRI techniek. De parameters van sequenties bieden mogelijkheden om verschillen aan te brengen in signaalintensiteiten van verschillende weefsels. Dit geeft contrasten in het beeld. Ook kan door de gekozen schakeling weefsel onderdrukt worden om zo te komen tot een optimaal beeld. De keuze van scanparameters bepaalt, naast het verkregen contrast van de beelden, ook de snelheid van de scan. In dit blok wordt ingegaan op deze mogelijkheden.

Werkvorm

Interactief werkcollege. (Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten)

Onderwerpen

- Spinecho en gradiëntechno.
- Sequentiediagram.
- TR/TE.
- Multi-slice techniek.
- RF-puls.
- Weefselonderdrukking.

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- beschrijven hoe een echo (spinecho en gradiëntechno) ontstaat;
- de afzonderlijke onderdelen van een sequentiediagram benoemen;
- beredeneren hoe de verkregen weging afhangt van de gekozen TE en TR;
- aangeven hoe de scantijd van een spinecho sequentie kan worden gereduceerd;
- het voordeel van multi-slice techniek aan kunnen geven;
- aangeven waardoor de multi-slice techniek wordt beperkt;
- het principe van een selectieve RF-puls beschrijven;
- de verschillende manieren van vetonderdrukking beschrijven;
- de voor en nadelen kunnen beschrijven van STIR en SPIR/fat sat en SPAIR;
- het verschil benoemen tussen een SPIR/fat sat en een SPAIR techniek;

- de verschillen en overeenkomsten beschrijven van een FLAIR, TIR en TIRM techniek.

Vorbereiding

Lees uit:

- “MRI in practice”
 - Hoofdstuk 2
 - Hoofdstuk 3 (t/m pagina 68)
 - Hoofdstuk 5 (t/m pagina 168)
- “From Picture to Proton”
 - Hoofdstuk 8: §8.4 en §8.6
 - Hoofdstuk 7: §7.2, §7.3, §7.4
 - Hoofdstuk 3: §3.2, §3.3, §3.4, §3.5, §3.9, §3.10
 - Hoofdstuk 6: §6.5 (tot 6.5.1), §6.5.3

Verwerkingsopdracht n.a.v. blok 1

1. Kooi van Faraday beschermt de omgeving tegen het sterke magneetveld
 - a. Waar
 - b. Niet waar
2. Actieve shielding zorgt voor een goed homogeen veld
 - a. Waar
 - b. Niet waar
3. MRI maakt gebruik van waterstof omdat de kern een klein magnetisch moment heeft t.o.v. andere atoomkernen
 - a. Waar
 - b. Niet waar
4. Welke bewering is juist?
 - a. Bij de spinbeweging draait de atoomkern om de eigen as.
 - b. Bij de precessiebeweging draait de atoomkern om de as van het hoofdmagneetveld.
 1. A is juist
 2. B is juist
 3. A en b zijn juist
 4. A en b zijn onjuist.
5. In een homogeen magneetveld precesseren alle protonspins even snel
 - a. Waar
 - b. Niet waar
6. De precessie frequentie is de frequentie waarmee het proton om zijn as draait
 - a. Waar
 - b. Niet waar
7. De Larmorfrequentie is de frequentie waarmee de as van de spin van een waterstofkern om de as van het hoofdmagneetveld ronddraait (bij een bepaalde magneetsterkte).
 - a. Waar
 - b. Niet waar
8. Resonantie ontstaat wanneer:
 - a. de RFpuls gelijk is aan de larmorfrequentie
 - b. de RFpuls evenwijdig aan B_0 staat
 - a. a is juist
 - b. b is juist
 - c. beiden juist

d. beiden onjuist

9. De T1 van een weefsel is een maat voor de tijd waarin spins van dat weefsel terugvallen naar hun rustpositie nadat deze door een RFpuls zijn geëxciteerd.
- Waar
 - Niet waar
10. De longitudinale relaxatie wordt weergegeven in een dalende curve. Deze geeft het verval van de longitudinale relaxatie weer.
- Waar
 - Niet waar
11. De T1 van een weefsel is groter bij een veldsterkte van 1 Tesla dan bij een veldsterkte van 3 Tesla
- Waar
 - Niet waar
12. Bereken de larmorfrequentie van een waterstofproton bij de volgende veldsterkte
- 0.5 Tesla
 - 1 Tesla
 - 1.5 Tesla
 - 3 Tesla
13. Welke bewering over MR signaal is waar?
- Alleen magnetisatie in de richting van het hoofd magnetisch veld kan gemeten worden.
 - Het MR signaal is evenredig aan de netto magnetisatie.
 - Alleen magnetisatie in het x-yvlak kan gemeten worden.
14. Water heeft een korte T1 relaxatietijd omdat de waterstofprotonen snel defaseren.
- Waar
 - Niet waar
15. Pezen hebben een korte T2 omdat de protonen dicht bij elkaar liggen en ze daarom hun energie makkelijk kunnen overdragen.
- Waar

b. Niet waar

16. Proteïnerijk weefsel bevat grote moleculen. Hierdoor is de bewegingsnelheid ongeveer gelijk aan de larmorfrequentie. Dit veroorzaakt een korte T1
- a. Waar
 - b. Niet waar

17. Voeg samen

1. equilibrium	E. evenwichtstoestand
2. magnetic susceptibility	F. maat voor magnetiseerbaarheid van stof
3. SAR	G. specific absorption rate
4. cryogens	B. tot vloeistof gekoelde gassen
5. eddy current	C. onbedoeld geïnduceerde stroom in een (platte) geleider
6. slew rate	D. snelheid van opbouwen van gradiëntsterkte
7. coherence	A. samenhang
8. decay	J. verval
9. increase	I. toename
10. decrease	H. afname

Lesblok 3

Opdrachten Fysica 3

SBU: 8,4 uur

Docent

Mw. S. Soomers- Wanders

Verantwoording

In voorgaande blokken is besproken hoe een MRI signaal wordt geproduceerd in een gekozen plak. Nu wordt verder bekeken hoe kan worden bepaald waar het signaal binnen die plak vandaan komt. Er moet ruimtelijke informatie worden toegevoegd aan het MRI signaal. De plak wordt door middel van gradiëntschakelingen verdeeld in rijen en kolommen en ieder signaal krijgt zijn positie mee. De matrix waarin deze signalen worden weggeschreven noemt men het K-vlak. Om de MRI techniek te kunnen begrijpen en artefacten te voorkomen moet men inzicht hebben in deze materie. In dit blok gaan we hier dan ook uitgebreid op in.

Werkvorm

Interactief college. Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten.

Onderwerpen

- Sliceselectie.
- Frequentiecodering.
- Fasecodering.
- Spatiële frequentie.
- k_x , k_y .
- Bandbreedte, FOV en gradiënt.
- Vullen van het k-vlak.
- Nyquist.
- Matrix.
- Digitaal/analooq.

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- beredeneren hoe het magneetveld verandert door het schakelen van gradiënten;
- het effect verklaren van gradiënten op de precessiefrequentie en spinfase van een proton;
- de verschillen en overeenkomsten beschrijven tussen frequentiecodering en fasecodering;
- uitleggen hoe een K-vlak wordt gevuld;
- de eigenschappen van het K-vlak bespreken;
- de relatie kunnen verklaren tussen contrast, spatiële resolutie en FOV met het K-vlak.

Vorbereiding

Lees uit:

- “MRI in practice”
Hoofdstuk 3
- “From Picture to Proton”
Hoofdstuk 7: §7.5 t/m §7.6.1 (m.u.v §7.5.2)

Verwerkingsopdracht n.a.v. blok 2

1. Waarom heeft vet een korte T1 tijd?
2. Waarom heeft vocht een lange T2 tijd?
3. Welke TR en TE zijn nodig om een T1 gewogen opname te verkrijgen?
 - a. TR kort TE kort
 - b. TR kort TE lang
 - c. TR lang TE kort
 - d. TR lang TE lang
4. Wat is de functie van de 180° puls bij een spin echo?
 - a. Exciteren van het signaal
 - b. Vetonderdrukking
 - c. Het creëert een echosignaal waarbij de defasering door gradiënten wordt opgeheven
 - d. Het creëert een echosignaal waarbij de defasering door veldinhomogeniteiten wordt opgeheven.
5. De snelheid van het verlies van de FID wordt bepaald door T2
 - a. Waar
 - b. Niet waar
6. Het contrast bij MRI is gebaseerd op verschillen in
 - a. T1 en T2
 - b. Gradiëntsterkte
 - c. Resonantiefrequentie
7. Welke bewering is waar?
 - a. T1 relaxatie is altijd sneller dan T2 relaxatie
 - b. T2* is altijd korter dan T2
 - c. Na excitatie is het signaalverval gelijk aan de T1 relaxatie.
8. Waaraan herkent u een T1 gewogen opname?
 - a. Vet is hoog en liquor is laag van signaalintensiteit

- b. Liquor is hoog van signaalintensiteit en vet is gemiddeld van signaalintensiteit
 - c. Liquor en vet zijn beiden hoog van signaalintensiteit
9. Een stof met een lange T1 en een lange T2 is hoog van signaalintensiteit....
- a. Op een T1 gewogen opname
 - b. Op een T2 gewogen opname
 - c. Op beide
10. Het verlengen van de TR veroorzaakt
- a. Verbetering T1 weging
 - b. Afname T1 weging
 - c. Verbetering T2 weging
 - d. Afname T2 weging
11. Het verlengen van de TE veroorzaakt
- a. Verbetering T1 weging
 - b. Afname T1 weging
 - c. Verbetering T2 weging
 - d. Afname T2 weging
12. Combineer
- | | |
|--------------------------|-------------|
| a. Afname T1 weging | 1. Korte TR |
| b. Verbetering T1 weging | 2. Lange TR |
| c. Afname T2 weging | 3. Korte TE |
| d. Verbetering T2 weging | 4. Lange TE |
13. Welke vergelijking is correct
- a. $T2 > T2^* > T1$
 - b. $T2^* > T2 > T1$
 - c. $T1 > T2 > T2^*$
 - d. $T1 > T2^* > T2$
14. Welke faktor wordt bepaald door de steilheid van de slice-selectie gradient?
15. Bij een IR sequentie wordt de 90° puls gevolgd door een 180° inversiepuls.
- a. Waar
 - b. Niet waar
16. De 180° echo puls herstelt alle defasering in het transversale vlak
- a. Waar
 - b. Niet waar.
17. Een dunnere plak kan worden verkregen door de bandbreedte van de RFpuls te vergroten
- a. Waar
 - b. Niet waar

18. Een dikkere plak kan worden verkregen door de steilheid van de gradiënt te vergroten
- Waar
 - Niet waar
19. Bij een IR sequentie wordt de inversietijd om weefsel te onderdrukken bepaald door
- $0.69 \times T_2$
 - $1/0.69 \times T_1$
 - $0.69 \times T_1$
 - $1/0.69 \times T_2$
20. De T1 van Liquor is bij 1.5 Tesla ongeveer 3600 ms. Welke inversietijd moet je gebruiken om liquor te onderdrukken?
- 2500ms
 - 5000ms
 - 140ms
 - 249.48ms
21. Om vet te onderdrukken kun je gebruik maken van
- STIR
 - Spectrale vetsuppressie
 - FLAIR
 - Alle bovengenoemde methoden
 - Alleen a en b
22. A. Bij een STIR opname wordt het vetsignaal onderdrukt
b. Deze opname kent een korte TI. Bij 1.5 Tesla is dit 150 ms.
- Alleen A is waar
 - Alleen B is waar
 - A en B zijn niet waar
 - A en B zijn waar
23. A. Bij een Flair opname wordt het signaal van liquor onderdrukt
B. Deze opname kent een TI van tussen 300 en 400 ms bij 1.5 Tesla
- Alleen A is waar
 - Alleen B is waar
 - A en B zijn niet waar
 - A en B zijn waar
24. De Fat sat /SPIR prepuls werkt beter bij een grotere magneetveldsterkte omdat dan het frequentieverschil tussen vet en water groter is.
- Waar
 - Niet waar
25. De STIR sequentie wordt ingezet bij een groot FOV.
- Waar
 - Niet waar

26. Fat sat/SPIR kan goed gebruikt worden bij gebieden met susceptibiliteit effecten.
- a. Waar
 - b. Niet waar
27. Teken een sequentie diagram behorend bij een spinechotechniek. (stuur niet in, maar werk voor u zelf uit op papier, deze vraag wordt in de les nabesproken)

Lesblok 4

Opdrachten Fysica 4

SBU: 8,4 uur

Docent

Mw. S. Soomers- Wanders

Verantwoording

Naast de basistechnieken ontstaan er steeds meer technieken om scans sneller of contrastrijker te maken. In dit blok wordt verder ingegaan op de snelle Gradiëntecho-technieken, de 3D volume scan en de dynamische scans.

Naast de toepassing van deze techniek is het van belang om te weten hoe deze technieken het K-vlak vullen. Hierdoor kan goede scantijdreductie worden toegepast en artefacten worden onderdrukt.

Werkvorm

Interactief werkcollege. Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten

Onderwerpen

- Turbospinecho.
- Snelle gradiëntecho-technieken (spoiled GE, rewound GE, True Fisp/Balanced, T2 GE).
- Ultra fast scanning.
- Turbo flash/MPRage.

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- beredeneren welk effect het gebruik van turbo spinecho (TSE) heeft op de weging;
- het j-coupling effect herkennen op een T2 TSE;
- de effectieve echotijd kunnen bepalen bij een TSE;
- beredeneren hoe de TR, TE en de flipangle de contrastweging bepalen bij een snelle GE-techniek;
- beschrijven hoe een steady state wordt gecreëerd;
- de verschillen tussen verschillende snelle GE- technieken benoemen;
- beschrijven wat een 3D volume scan is, met zijn voor- en nadelen.

Vorbereiding

Lees uit:

- "MRI in practice"
Hoofdstuk 5 t/m pagina 185
- "From Picture to Proton"
Hoofdstuk 3: §3.6 t/m §3.8
Hoofdstuk 12: t/m §12.5

Hoofdstuk 7: §7.8

Verwerkingsopdracht n.a.v. blok 3

1. Het doel van de gradiënten is: de positie bepalen van de signalen die ontvangen worden uit de patiënt.
 - a. Waar
 - b. Niet waar

2. Voeg samen:
 - a. $G_{FE} = G_x$
 - b. $G_{PE} = G_y$
 - c. $G_{ss} = G_z$
 - i. Staat aan tijdens echo
 - ii. Staat aan tijdens RF puls
 - iii. Staat aan tussen RF puls en echo

3. Bij conventionele Spinechotechnieken wordt gedurende één TR alleen één waarde van de fasecodeergradiënt geschakeld.
 - a. Waar
 - b. Niet waar

4. Het aantal lijnen in het k-vlak is gelijk aan het aantal fasecodeerstappen
 - a. Waar
 - b. Niet waar

5. Iedere lijn, gevuld met data, correspondeert met een bepaalde sterkte van de frequentiecodeergradiënt
 - a. Waar
 - b. Niet waar

6. Iedere lijn met data bevat metingen van één van de ontvangen echo's
 - a. Waar
 - b. Niet waar

7. Er is een direct verband tussen het centrum van het k-vlak en het centrum van het uiteindelijke beeld
 - a. Waar
 - b. Niet waar

8. Het aantal lijnen in het k-vlak is gelijk aan
 - a. N_x
 - b. N_y
 - c. NEX
 - d. TR

9. Aliasing verschijnt vanwege oversampling
- Waar
 - Niet waar
10. Het centrum van het k-vlak bevat gegevens met het maximale signaal
- Waar
 - Niet waar
11. Van welke van de volgende items is de acquisitietijd afhankelijk (meerdere antwoorden zijn juist).
- TR
 - TE
 - N_x
 - N_y
 - NEX ofwel NSA (aantal metingen)
12. Hoe groot is de toename van de fase voor spins (in graden) wanneer je 128 fasecodeerlijnen wil herkennen?
13. De bandbreedte is omgekeerd evenredig met ΔT_s (tijd per sample)
- Waar
 - Niet waar
14. Welke bewering is juist? Volgens de nyquisttheorie
- moeten ten hoogste twee samples per cyclus worden gemeten welke corresponderen met de hoogst voorkomende frequentie
 - moeten minstens twee samples per cyclus worden gemeten welke corresponderen met de hoogst voorkomende frequentie
 - moeten minstens twee samples per cyclus worden gemeten welke corresponderen met de laagst voorkomende frequentie
 - moeten ten hoogste twee samples per cyclus worden gemeten welke corresponderen met de laagst voorkomende frequentie
15. Een smallere bandbreedte (terwijl overige parameters gelijk blijven) kan leiden tot
- Betere SNR
 - Langere sampling tijd (hierdoor kan eventueel de echotijd langer worden)
 - Slechtere resolutie (Er kunnen minder samples in dezelfde tijd worden gemeten; dit wordt automatisch gecorrigeerd door een langere sampletijd te gebruiken).
 - Alle bovenstaande
 - A en b zijn beiden goed
16. Met welke van de onderstaande items is het minimale FOV omgekeerd evenredig?
- BW

- b. Gradiënt sterkte
- c. TR
- d. TE

17. Het minimale FOV is evenredig aan

- a. BW
- b. Gradiënt sterkte
- c. TR
- d. TE

18. Het minimaal mogelijke FOV kan verkleint worden door

- a. Toename van de gradiëntsterkte
- b. Afname van de bandbreedte
- c. Toename van het samplinginterval
- d. Alle bovengenoemde
- e. A en b zijn juist

19. Verkleining van het FOV verkleint het Aliasing artefact

- a. Waar
- b. Niet waar

Voor de volgende vijf vragen geldt: Wanneer ik het k-vlak vul met metingen in het centrale deel van het k-vlak dan:

- 20. Meet ik gegevens waarbij een
 - a. sterke fasecodeergradiënt heet aangestaan
 - b. zwakke fasecodeergradiënt heet aangestaan
- 21. Meet ik gegevens waarbij de spins
 - a. sterk zijn gedefaseerd
 - b. enigszins in fase zijn
- 22. Meet ik alleen gegevens met
 - a. veel detail
 - b. weinig detail
- 23. Meet ik alleen gegevens met
 - a. veel signaal
 - b. weinig signaal
- 24. Is in mijn uiteindelijke beeld de weging
 - a. duidelijk te zien
 - b. niet duidelijk te zien

Voor de volgende vijf vragen geldt: Wanneer ik mijn k-vlak vul met alleen metingen in het buitenste deel van het k-vlak dan:

- 25. Meet ik gegevens waarbij een
 - a. Sterke fasecodeergradiënt heet aangestaan
 - b. zwakke fasecodeergradiënt heet aangestaan
- 26. Meet ik gegevens waarbij de spins
 - a. sterk zijn gedefaseerd
 - b. enigszins in fase zijn

27. Meet ik alleen gegevens met
 - a. Veel detail
 - b. weinig detail
28. Meet ik alleen gegevens met
 - a. Veel signaal
 - b. weinig signaal
29. Is in mijn uiteindelijke beeld de weging
 - a. Duidelijk te zien
 - b. niet duidelijk te zien.
30. Bij een gradiëntsterkte van 5 mT/m is het minimaal mogelijke FOV 30 cm.
Hoe klein is het minimale FOV bij een gradiëntsterkte van 10mT/m?
31. Bereken de scantijd voor een sequentie waarbij: TR=2000 ms, NEX=2,
 $N_y=128$
32. Bereken de scantijd voor een sequentie waarbij: TR=2000 ms, NEX=2,
 $N_y=128$. Maar nu bij een single-slice sequentie waarbij 10 slices afgebeeld
worden. Waarom is dit niet praktisch?

Lesblok 5

Opdrachten Fysica 5

SBU: 8,4 uur

Docent

Mw. S. Soomers- Wanders

Verantwoording

Door de steeds voortschrijdende MRI-techniek zijn er verbeteringen aangebracht in sequenties. Iedere sequentie is een combinatie van RF pulsen en gradiëtschakelingen. Ter verbetering van contrasten kunnen prepulsen of resetpulsen worden toegevoegd. Daarnaast kan het K-vlak op verschillende manieren worden gevuld en uiteindelijk speelt ook de reconstructiemethode nog een rol in de beeldkwaliteit. Op dit moment bestaan er meer dan honderd verschillende sequentie. Al met al een oerwoud van pulsen, waar student in dit blok duidelijkheid in krijgt. Hierbij wordt de theorie van voorgaande lessen herhaald en met elkaar in verband gebracht. Daarnaast worden nieuwe onderdelen ingebracht.

Werkvorm

Interactief werkcollege. Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- verschillende prepulsen benoemen en hun toepassing verklaren;
- het gebruik van verschillende RF-pulsen verklaren ;
- toepassingen van verschillende gradiëtschakelingen benoemen;
- verschillende manieren van het vullen van het K-vlak beschrijven, waarbij de voordelen worden verklaard;
- de toepassing van resetpulsen kunnen verklaren;
- verschillende onderdelen van nabewerken (fourier, schaalwaarde, filters) benoemen.

Vorbereiding

Lees uit:

- "MRI in practice"
Hoofdstuk 5
- "From Picture to Proton"
Hoofdstuk 12
Hoofdstuk 16: t/m §16.3

Verwerkingsopdracht n.a.v. blok 4

1. Een belangrijk nadeel van een lange turbofactor bij TSE is:
 - a. Langere scantijd
 - b. Blurring
 - c. Susceptibiliteitsartefact
2. Vet heeft op een T2 gewogen TSE een
 - a. Hoog signaal, vet is altijd hoog op T2
 - b. Laag signaal, vet is altijd laag op T2
 - c. Hoog signaal, door het J-coupling effect
 - d. Laag signaal, door het J-coupling effect.
3. Een TSE-sequentie heeft een lineair profiel, TR = 3000 ms, Turbofactor van 9, echospacing van 20 ms. Wat is de effectieve echotijd?
 - a. 180 ms
 - b. 20 ms
 - c. 100 ms
 - d. 80 ms
4. Bij de keus voor een kleinere fliphoek vermindert de T1 weging en neemt de Pd weging toe.
 - a. Waar
 - b. Niet waar
5. Bij een GE techniek wordt een fliphoek kleiner dan 90° gebruikt omdat:
 - a. hierdoor een kortere TR gekozen kan worden met relatief weinig signaalverlies
 - b. hierdoor de steady-state bereikt wordt met minder excitatie pulsen
 - c. Dit de T1weging vergroot in een afbeelding
6. Wat is de belangrijkste motivatie voor het ontwikkelen van hele snelle sequenties?
 - a. Hierdoor kunnen er meerdere patiënten in een kortere tijd worden gescand
 - b. Om bewegingsartefacten te reduceren en snelle processen te volgen
 - c. Om meerdere artefact onderdrukkingstechnieken tegelijk te gebruiken
7. Bij snelle GE technieken wordt vaak één slice tegelijk gescand.
 - a. Waar
 - b. Niet waar
8. GE technieken worden veelal gebruikt met een kleine fliphoek omdat dan korte TR's gebruikt kunnen worden, en zo de scantijd verkort.
 - a. Waar
 - b. Niet waar
9. Omdat er geen 180° echopuls is wordt een gradiëntschakeling gebruikt om een echo te verkrijgen.
 - a. Waar
 - b. Niet waar

10. Als de TR toeneemt (bij een snelle gradiëntechotechniek), neemt ook de T2* weging toe.
- Waar
 - Niet waar
11. Welke drie verschillen zijn er aan te geven tussen GE en SE
12. Welke parameters bepalen of de weging T1 dan wel Pd is bij GE?
13. Welke weging wordt verkregen bij de volgende instelling: TR=50ms, TE=5ms, fliphoek =70°
- T1 weging
 - T2 weging
 - Pd weging
 - T2* weging
14. Welke weging wordt verkregen bij de volgende instelling: TR=150ms, TE=15ms, fliphoek=20°
- T1 weging
 - T2 weging
 - Pd weging
 - T2* weging
15. Berken de scantijd voor een snelle GE sequentie waarbij:
- TR= 30 msec
NSA=2
 $N_y = 256$
- Bij een singleslice techniek
 - Voor een scan met 15 slices
16. De GE heeft minder last van susceptibiliteit dan de SE
- Waar
 - Niet waar
17. Bij de GE wordt geen 180° puls gebruikt omdat deze teveel tijd kost.
- Waar.
 - Niet waar
18. Voor T1-FFE (ofwel FLASH, SPGR) geldt:
- Dit is een gradiënt echo techniek met geoptimaliseerde waarden voor: α , TE en TR
 - Dit is een gradiënt echo techniek die zorgt voor minder gevoeligheid van de veldinhomogeniteit dan een FFE-scan
 - Dit is een gradiënt echo techniek die het spin echo signaal onderdrukt dat gelijktijdig ontstaat met het fid signaal

19. Spoiling van transversale magnetisatie is mogelijk door
- Gradiënt spoilers
 - RF spoilers
 - Lange TR
 - A,b,c zijn mogelijk
 - A en b zijn juist
20. Spoiled GE technieken hebben een T1 weging
- Waar
 - Niet waar
21. FISP (ofwel GRASS, N-FFE) is een techniek waarbij
- het signaal afhankelijk is van de fliphoek en de verhouding van T2 en T1.
 - Het signaal alleen bestaat uit nieuwe FIDsignalen
 - Het signaal alleen bestaat uit echosignalen
22. Voor T2-FFE (ofwel PSIF, SPGR) geldt:
- Dit is een gradiënt echo techniek met geoptimaliseerde waarden voor: α , TE en TR
 - Dit is een gradiënt echo techniek waarbij het echo-signaal wordt gemeten vlak vóór de derde RF-puls, zodat het FID signaal niet optelt bij het signaal.
 - Dit is een gradiënt echo techniek die zorgt voor minder gevoeligheid van de veldinhomogeniteit dan een FFE-scan
23. De true FISP (ofwel B-FFE) techniek kenmerkt zich door
- Ultrakorte TR
 - Er is een netto gradiëntoppervlak in alle drie richtingen
 - Kan alleen worden uitgevoerd met zeer sterk gradiëntensysteem
 - Alle bovenstaande antwoorden zijn juist.
24. Noem drie voordelen van een 3D pakket boven 2D slices?
25. Aan welke voorwaarden moet een sequentie voldoen om goede reconstructies te kunnen maken ?
26. **In blok 5 wordt een overzicht gegeven van het oerwoud van pulssequenties en mogelijkheden van de MRI techniek. Hierbij wordt de theorie van de vorige blokken herhaald en met elkaar in verband**

gebracht. Dit is voor jullie cursisten een goed moment om de gegeven stof te herhalen.

Aansluitende opdracht: stel een duidelijke, gerichte, goed verwoorde en specifieke vraag over de behandelde stof. (Deze vraag mag over ieder behandeld onderwerp gaan, maar moet wel specifiek zijn. “leg nog eens het k-vlak uit” is b.v. niet specifiek. Ook als alles je helemaal duidelijk is moet je toch een vraag creëren. Stuur je vraag mee met dit huiswerk. Deze vragen worden verwerkt in blok 5)

Lesblok 6

Opdrachten Fysica 6

SBU: 8,4 uur

Docent

Mw. S. Soomers- Wanders

Verantwoording

Bij het afbeelden van bloedvaten wordt gebruik gemaakt van het feit dat beweging/verplaatsing van spins kan leiden tot artefacten. Door gebruik te maken van flow kunnen vaten zonder het gebruik van contrastmiddelen worden afgebeeld. Bij deze techniek wordt achtergrond onderdrukt en flow zichtbaar gemaakt. Hier zijn verschillende snelle scantechnieken mogelijk. Ook kan met MRI techniek een kwantitatieve flowmeting gedaan worden. Het contrast-enhanced onderzoek behoort tevens tot de mogelijkheden om vasculaire structuren af te beelden.

Werkvorm

Interactief werkcollege. (Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten)

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- beschrijven welke flowmechanismen er zijn.
- de volgende flowfenomenen beschrijven:
 - flow void;
 - flow enhancement;
 - intra-voxel defasering;
- de volgende principes van flowonderdrukking beschrijven:
 - pre-saturatie;
 - gradiënt moment nulling;
 - even-echo refasering;
- de verschillen, voor- en nadelen beschrijven van de volgende MRA methoden beschrijven:
 - TOF MRA (2D en 3D;)
 - phase contrast MRA;
 - black Blood techniek;
- de voordelen van contrast enhanced MRA beschrijven.

Vorbereiding

Lees uit:

- "MRI in practice"
 - Hoofdstuk 6 bladzijde 202 t/m 216
 - Hoofdstuk 8 bladzijde 263 t/m 284
- "From Picture to Proton"

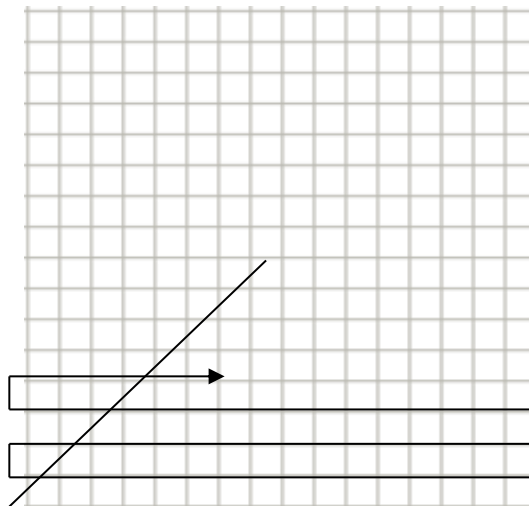
Hoofdstuk 13

Verwerkingsopdracht n.a.v. blok 5

1. Welke twee belangrijke contrastmechanismen staan aan de basis van de MRI (Boek: figuur 12.2)
2. Welke twee belangrijke basissequenties kent de MRI (Boek: figuur 12.2)
3. Iedere sequentie maakt gebruik van een prépuls.
 - a. Waar
 - b. Niet waar
4. Een 180° inversiepuls kan worden gevolgd door een gradiëntechosequentie.
 - a. Waar
 - b. Niet waar
5. Een 180° refocuseerpuls wordt gebruikt bij een gradiëntechosequentie.
 - a. Waar
 - b. Niet waar
6. Het creëren van meerdere echo's bij een singleshotopname kunnen gebaseerd zijn op een FSE techniek en op een EPI techniek.
 - a. Waar
 - b. Niet waar
7. Welke van de volgende schakelingen is niet zinvol
 - a. MT, 90° Rfpuls, 180° echopuls, echo
 - b. Fat sat, 90° Rfpuls, 180° echopuls, echo, 180° echopuls, echo, 180° echopuls, echo
 - c. 180° inversiepuls, $<90^\circ$ Rfpuls, gradiënt echo
 - d. 90° Rfpuls, 180° echopuls, EPI-trein
 - e. Alle sequenties zijn zinvol
8. De T1 van CSF bij 1,5 Tesla is ongeveer 3600 ms. Wat is de juiste TI om CSF te onderdrukken?
 - a. 2500 ms
 - b. 140 ms
 - c. 5000 ms
 - d. 249.48 ms
9. Het contrast in EPI sequenties wordt bepaald door de basis (de eerste schakelingen) van de sequentie
 - a. Waar
 - b. Niet waar
10. Fasefouten in EPI sequenties worden voorkomen door blipped EPI
 - a. Waar

b. Niet waar

11. Uitgaande van multishot EPI, welke van de onderstaande beweringen zijn dan waar? (meerdere antwoorden zijn mogelijk)
- a. Het vraagt minder van de gradiënten dan single-shot EPI
 - b. Fase fouten hebben minder tijd om op te bouwen dan bij single-shot EPI
 - c. De scantijd wordt langer dan bij single shot EPI
 - d. De opname is minder gevoelig voor beweging dan bij single-shot EPI
12. Bij blipped EPI staat de fasegradiënt steeds aan.
- a. Waar
 - b. Niet waar
13. Bij multishot EPI wordt het k-vlak gevuld na één excitatiepuls
- a. Waar
 - b. Niet waar
14. Bij single-shot EPI wordt het k-vlak zigzag gevuld
- a. Waar
 - b. Niet waar
15. Een 'harde' prepuls satureert sliceselectief
- a. Waar
 - b. Niet waar
16. Wanneer het gehele k-vlak wordt gevuld volgens onderstaande methode, welke methode is dit dan?



17. Bij een FSE krijgt de patiënt meer energie door RF-pulsen toegediend dan bij een GRASE
- a. Waar
 - b. Niet waar

18. Welke weging krijgt een EPI-sequentie waarbij er, voor de excitatiepuls, een 180° inversiepuls wordt gegeven?
- T1 weging
 - T2* weging
 - T2 weging
 - Pd weging
19. Driven equilibrium/drive is een extra puls in de sequentie. Welke bewering is juist?
- Dit is een pré puls, welke zorgt voor extra T2 weging en verkorting van de TR.
 - Dit is een pré puls, welke zorgt voor extra T1 weging.
 - Dit is een puls die na het uitlezen van het signaal wordt gegeven. Deze zorgt voor extra T1 weging.
 - Dit is een puls die na het uitlezen van het signaal wordt gegeven. Deze zorgt voor verkorting van de TR.
20. Wanneer je bij een 3D scan de dikte van het pakket wilt vergroten maar een isotrope voxel wilt behouden dan
- Verdeel je het pakket in meer slices (door meer fasecoderingen in de slice selectierichting toe te passen).
 - Vergroot je de coupedikte van de slice.
 - Voeg je meer slices van gelijke dikte toe aan het pakket.
21. Wanneer men een groter volume wilt scannen bij een 3D scan, waarbij de voxels gelijk blijven van afmeting, en de SNR neemt toe, dan kiest men voor:
- Een sequentie waarbij gebruik gemaakt wordt van interpolation/overcontiguous sampling. Er kan nu een groter volume gescand worden zonder dat de scantijd toeneemt.
 - een groter volume waarbij er ook meer fases in de plakselectie richting worden gedaan. De langere scantijd neem ik op de koop toe.
- Er wordt e
22. Welk weefsel is niet gevoelig voor MTC?
- Spierweefsel
 - CSF
 - Hyalien kraakbeen
 - Witte stof
23. Wat bepaalt de afstand tussen de strepen van het ruitpatroon bij tagging?
- De duur van de Rfpuls
 - De sterkte van de gradiënt, die geschakeld is tussen twee Rfpulsen.
 - De sterkte van B₁
24. Welke pulsvorm maakt het mogelijk om spectraal en slice selectief te kunnen exciteren?
- Spir
 - TIRM
 - WATS/WE

25. Wanneer je bij een TGE een pré puls gebruikt, wat beïnvloed dan onder meer de weging? (meerdere antwoorden kunnen juist zijn).
- a. Pré puls
 - b. Pré puls delay
 - c. Matrix
 - d. Fliphoek van de excitatiepuls

Lesblok 7

Opdrachten Fysica 7

SBU: 8,4 uur

Docent

Mw. S. Soomers- Wanders

Verantwoording

Iedere beweging leidt bij een MRI onderzoek tot verstoring van de ruimtelijke codering en artefacten. Bij het onderzoek van de buik hebben we te maken met ademhaling, peristaltiek en hartpulsaties.

Er zijn verschillende technieken om deze bewegingen te onderdrukken. Deze technieken zullen in deze les worden behandeld.

Werkvorm

Interactief werkcollege. Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten.

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- verklaren waarom beweging leidt tot artefacten.
- De verschillende bewegingsreductie technieken verklaren en toepassen zoals:
 - respiratory triggering;
 - breathhold;
 - PEAR;
 - Navigator;
 - SENSE en GRAPPA techniek in hoofdlijnen kunnen beschrijven;
 - voor- en nadelen;
 - invloed op beeldkwaliteit;
 - toepassingen.

Vorbereiding

Lees uit:

- “MRI in practice”
 - Hoofdstuk 5 pag 198-199 (sense)
 - Hoofdstuk 7 t/m pag 23
- “From Picture to Proton”
 - Hoofdstuk 6 §1 t/m §4
 - Hoofdstuk 17 §1 t/m §7

Verwerkingsopdracht n.a.v. blok 6

1. Voor stroomsnelheden in een vat geldt
 - a. Deze zijn overal even groot
 - b. Deze zijn in het midden van het vat het grootst
 - c. Deze zijn langs de wand van het vat het grootst
2. De stroomvorm, welke tot de meeste problemen leidt bij MRI, is
 - a. Plugged flow
 - b. Laminaire flow
 - c. Turbulente flow
3. Bij een 2D (inflow) TOF MRA is de fliphoek
 - a. Ongeveer 10°
 - b. Ongeveer 45°
 - c. Ongeveer 90°
4. Bij een 2D (inflow) TOF MRA wordt deze fliphoek gekozen omdat
 - a. Er dan maximaal contrast is tussen het weefsel van de achtergrond en het stromend bloed
 - b. Er een maximaal signaal van de spins wordt opgevangen
 - c. Er op deze manier een T1 weging wordt gecreëerd
5. De mate van onderdrukking van de achtergrond bij een 2D (inflow) TOF MRA is
 - a. Afhankelijk van de fliphoek
 - b. Afhankelijk van de fliphoek en de TR
 - c. Afhankelijk van de fliphoek en de TE
6. Het signaal van stromend bloed wordt bij een 2D (inflow) TOF MRA minder als
 - a. De plak dikker wordt
 - b. De plak dunner wordt
 - c. Het bloed sneller gaat stromen
7. U kiest bij voorkeur voor een 3D TOF (t.o.v. een 2D TOF) omdat
 - a. u dan beter de snelheid van het bloed kunt bepalen
 - b. Deze scan sneller is
 - c. Kleine, kronkelende vaten beter afgebeeld worden
 - d. De achtergrond beter onderdrukt wordt
8. Om intravoxeldefasering te voorkomen kiest men voor
 - a. Grote voxels, lange TE
 - b. Grote voxels, korte TE
 - c. Kleine voxels, lange TE
 - d. Kleine voxels, korte TE
9. Wat veroorzaakt de afwijkende fase van stromend bloed t.o.v. de achtergrond?
 - a. Het effect van de excitatiepuls
 - b. De TONE truc
 - c. Beweging van bloed evenwijdig aan de gradiënt

10. Flowcompensatie is meest belangrijk in de frequentiecodeerrichting (uitleesrichting) omdat
 - a. Deze gradiëntlobben het grootst zijn
 - b. Er dan een minimaal effect is op de echotijd
 - c. Er geen flowcompensatie mogelijk is in de sliceselectie- en fasecodeerrichting.

11. Bij een TONE (of Ramped) puls wordt gebruik gemaakt van
 - a. Een variërende excitatiepuls
 - b. Een variërende echopuls
 - c. Meerdere stacks

12. Een TONE (of Ramped) puls wordt gebruikt om
 - a. Saturatie van stationaire spins te versterken
 - b. Saturatie van stationaire spins te verminderen
 - c. Saturatie van stromende spins te versterken
 - d. Saturatie van stromende spins te verminderen

13. Bij de flowmeting moet de Venc altijd hoger worden ingesteld dan de maximale snelheid in het vat
 - a. Waar
 - b. Niet waar

14. Wanneer de waarde van de Venc te hoog is gekozen volgt:
 - a. Verlies van signaal bij vaten met een trage flow
 - b. Aliasing in de faserichting
 - c. Aliasing van de weergave van de stroomsterkte

15. Bij een contrast-enhanced MRA wil men voorkomen dat er veneuze aankleuring is. Wat is dan de meest voor de hand liggende vulling van het k-vlak (profile-order)
 - a. Low-high
 - b. Lineair
 - c. Centrisch

16. Bij een contrast-enhanced MRA wil men een goede concentratie van gadolinium bereiken. Dit lukt het best bij
 - a. Een langere, tragere contrastinjectie bij een patiënt met een verminderde cardiale output
 - b. Een korte, snelle contrastinjectie bij een patiënt met een verminderde cardiale output
 - c. Een korte, snelle contrastinjectie bij een patiënt met een goede cardiale output
 - d. Een langere, tragere contrastinjectie bij een patiënt met een goede cardiale output

17. Wanneer u vaten met een trage flow wilt afbeelden kiest u bij voorkeur voor een
 - a. CE onderzoek
 - b. 2D TOF
 - c. 3D TOF
 - d. Fase contrast onderzoek.

18. Men onderdrukt signaal van bloedvaten bij een MRA sequentie door
- Flowcompensatie
 - Spatiële presaturatie
 - Spectrale presaturatie
19. Er is een patiënt waarbij u een scan van het hart gaat maken. Het ECG ziet er prachtig uit. Wanneer u de patiënt in de MRI schuift, ziet u het ECG veranderen, dit komt door
- De stroming van bloed. Deze heeft effect op het ECG
 - De spoel die dicht op de plakkers ligt
 - Het hartritme van de patiënt
20. Om een uitspraak te kunnen doen over de hartfunctie moet u scannen d.m.v.
- Prospective gating
 - Prospective triggering
 - Retrospective triggering
21. De functie van de hartspier kan ook in beeld gebracht worden d.m.v. tagging. Voordeel hierbij is
- Dat er per segment gekeken kan worden naar de beweeglijkheid van de hartspier
 - De opname veel sneller is
 - De zeer korte echotijd van deze techniek
22. Het hart wordt bij voorkeur gescand in de
- Diastolische fase
 - Systolische fase
23. Bij een prospective getriggerde scan van het hart wordt de scantijd bepaald door (meerdere antwoorden!)
- Aantal slices
 - Matrix
 - hartslag
 - Aantal echo's tijdens RR interval
 - TE
 - Aantal fases van de hartcyclus
24. Als je een cineloop opname wilt maken gebruikt u hiervoor een
- SE
 - GE
 - TOF
 - Black blood
25. Om een black blood opname te maken van het hart kiest u voor een
- TSE opname met een inversiepulss
 - TSE opname met een dubbele inversiepulss
 - GE opname met een spatiële saturatieslap
 - GE opname met een spectrale saturatieslap

Lesblok 8

Opdrachten Fysica 8

SBU: 8,4 uur

Docent

Mw. S. Soomers- Wanders

Verantwoording

Bij het afbeelden van het hart wordt gebruik gemaakt van b.v. ecg triggering. Dit om artefacten door beweging van het hart te voorkomen. Er zijn veel opnametechnieken mogelijk bij MR-cardio tevens worden er speciale instellingen gebruikt om het hart goed af te beelden.

Werkvorm

Interactief werkcollege. (Instructie zal worden afgewisseld met vragen en korte opdrachten)

Doelstellingen

Na deze les kan de student:

- de verschillende vormen van triggering van het hart benoemen;
- de voor -en nadelen van deze triggertechniek kunnen verklaren;
- de belangrijkste opnametechnieken van het hart benoemen;
- verschillende instellingen van het hart kunnen benoemen.

Vorbereiding

Lees uit:

- “MRI in practice”
Hoofdstuk 8 blz 286 t/m 300
- “From Picture to Proton”
Hoofdstuk 14

Verwerkingsopdracht n.a.v. blok 7

1. Wanneer je bij parallelle imaging de scantijd met (ongeveer) de helft wil reduceren hoeveel spoelen heb je dan minimaal nodig?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 4
2. In welke richting moeten de spoelen liggen om parallelle imaging toe te kunnen passen?
 - a. Evenwijdig aan de faserichting
 - b. Loodrecht op de faserichting
3. Wat is het effect op de SNR en de resolutie wanneer je door het toepassen van parallelle imaging je scantijd wilt verkorten?
 - a. SNR neemt af, resolutie blijft gelijk
 - b. SNR blijft gelijk, resolutie neemt toe
 - c. SNR neemt toe, resolutie blijft gelijk
 - d. SNR blijft gelijk, resolutie neemt af
4. Gohstartefacten verschijnen langs de
 - a. Fasecodeerrichting
 - b. Frequentiecodeerrichting
 - c. Sliceselectierichting
5. Hoe kun je artefacten door beweging van de patiënt reduceren? Meerdere antwoorden
 - a. Comfortabele houding
 - b. Groot FOV gebruiken
 - c. Meerder NEX/NSA/metingen kiezen
 - d. Breathhold/multibreathhold sequentie kiezen
 - e. SENSE/GRAPPA techniek
 - f. 3D techniek toepassen
6. Hoe groot is de afstand tussen twee gohsts bij de volgende situatie: MRI van de buik. Transversale/axiale coupes. Faserichting is AP. Hartslag=60/min. TR=200ms, Ny=256, FOV=400mm?
7. Hoeveel gohsts zullen er te zien zijn in het beeld van vraag 6?
8. Welke van de onderstaande aanpassingen zal het aantal gohsts in je beeld doen verkleinen?
 - a. TR verlengen
 - b. FOV vergroten
 - c. TE verkorten
9. Een navigator echo kan worden gebruikt om ademhalingsartefacten te reduceren
 - a. Waar

b. Niet waar

10. ROPE is een techniek waarbij de fasecodering wordt bepaald door de ademhaling

a. Waar

b. Niet waar

11. Bij een ROPE techniek worden de faselijnen welke worden gescand met een vlakke fasecodering geoogst bij inspiratie.

a. Waar

b. Niet waar.

12. Wanneer je breathhold technieken gebruikt , kies je bij voorkeur

a. Inspiratie wanneer je één opname maakt en wanneer je een multibreathhold techniek gebruikt

b. Expiratie wanneer je één opname maakt en wanneer je een multibreathhold techniek gebruikt

c. Inspiratie wanneer je één opname maakt en expiratie wanneer je een multibreathhold techniek gebruikt

d. Expiratie wanneer je één opname maakt en inspiratie wanneer je een multibreathhold techniek gebruikt

13. Stromend bloed wordt in een SE sequentie zwart afgebeeld omdat

a. De T2 heel erg kort is van bloed

b. De spin niet én de 90° excitatiepuls én de 180° refocuseerpuls heeft ondergaan

De T1 tijd van bloed heel lang is

