



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## **Advanced imaging and spectroscopy techniques for body magnetic resonance**

Heer, P. de

### **Citation**

Heer, P. de. (2018, May 23). *Advanced imaging and spectroscopy techniques for body magnetic resonance*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/62452>

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/62452>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Cover Page



Universiteit Leiden



The handle <http://hdl.handle.net/1887/62452> holds various files of this Leiden University dissertation

**Author:** Heer, Paul de

**Title:** Advanced imaging and spectroscopy techniques for body magnetic resonance

**Date:** 2018-05-23

**DUTCH SUMMARY /  
NEDERLANDSE  
SAMENVATTING**

## NEDERLANDSE SAMENVATTING

Het doel van dit proefschrift was om geavanceerde MR-technieken te ontwikkelen die kunnen bijdragen aan de kennis van het metabool syndroom (MetS). Dergelijke technieken zijn belangrijk omdat in de afgelopen jaren de incidentie van het metabool syndroom pandemische proporties heeft bereikt.

In het eerste deel van dit proefschrift, bestaande uit de hoofdstukken 2, 3 en 4, zijn nieuwe technieken ontwikkeld die toegepast kunnen worden in het afbeelden en meten van de organen van het bovenlichaam, ook wel genaamd "Body MR". Body MR wordt routinematig uitgevoerd met MR-scanners met een veldsterkte van 1,5 T. In de afgelopen jaren is echter een aanzienlijk deel van deze 1,5 T-scanners vervangen door hoge veldscanners ( $\geq 3$  T). De belangrijkste reden om over te schakelen naar hoge veldscanners is dat het hogere magnetische veld resulteert in een grotere effectieve magnetisatie van de spins, waardoor de signaal-ruisverhouding (SNR) toeneemt. Desalniettemin is het in Body MR een uitdaging om deze toename in SNR te bereiken als gevolg van een toename van imaging-artefacten bij een hoger magnetisch veld.

Een van de oorzaken van deze artefacten is dat de golflengte van het zend signaal korter wordt wat resulteert in constructieve en deconstructieve interferentie. Dit maakt het moeilijker is om een homogeen zend veld te creëren dat nodig is voor een artefact vrije afbeelding. In **hoofdstuk twee** (Increasing Signal Homogeneity and Image Quality in Abdominal Imaging at 3 T with Very High Permittivity Materials) is dit probleem aangepakt door sterk diëlektrische kussens toe te passen die de variantie coëfficiënt aanzienlijk verminderen, waardoor een meer uniform zend veld wordt gecreëerd met behulp van een 3 T MR-scanner. Tevens verlagen de sterk diëlektrische kussens het gemiddeld benodigde zend vermogen, waardoor de globale gemiddeld opgenomen vermogen (SAR) wordt verlaagd. Dit was het geval voor zowel de in quadratuur aangestuurde alsmede de RF shimmed 3 T zend spoel.

In **hoofdstuk drie** werd een vergelijkbare benadering (Improved Cardiac Proton Magnetic Resonance Spectroscopy at 3 T Using High Permittivity Pads) gebruikt om de SNR van cardiale MR proton spectra te verhogen. De kussens werden geoptimaliseerd met behulp van een eindige differentie methode in het tijd domein (FDTD) om een maximaal RF-veld in het kamertussenschot van het hart te verkrijgen in plaats van een homogeen zend veld over het gehele hartgebied. In vivo vertoonden de sterk diëlektrische kussens een gemiddelde toename in spectrale SNR van 60%. Mits de SNR hoog genoeg is, kan deze winst in SNR worden geruild voor een verkorting van de acquisitietijd met een factor van tweeënhalf, waarbij één van de grootste problemen met MR spectroscopie wordt aangepakt, namelijk de relatief lange totale acquisitietijd.

Zelfs na het optimaliseren van het zendveld en de ontvangstgevoeligheid met behulp van de diëlektrische kussens, blijft body MR-spectroscopie technisch gezien uitdagend om betrouwbaar uit te voeren. Dit is gedeeltelijk te wijten aan de dynamische veldfluctuaties geïntroduceerd door de ademhalingsbeweging, en in het geval van het hart, de hartbeweging. Verder is er een inherent lage SNR van de relevante metaboliëten en een grote afhankelijkheid van de homogeniteit van het statische magnetische veld. Met name voor cardiale MR spectroscopie zijn er geen standaard (klinische) protocollen die door MR fabrikanten worden aangeboden. Omdat er veel parameters zijn die de spectrale kwaliteit aanzienlijk beïnvloeden, blijft het ontwerpen van zo'n scanprotocol een uitdaging. In **hoofdstuk vier** (Parameter Optimization for Reproducible Cardiac 1H-MR Spectroscopy at 3 Tesla) is beschreven hoe cardiale proton MR-spectroscopie kan worden geoptimali-

seerd en de reproduceerbaarheid van deze metingen bepaald. Het geoptimaliseerde protocol omvat een lokaal zend vermogen optimalisatie, statisch veld homogenisatie ( $B_0$ -shimming) met behulp van negen projecties door het shimvolume, een meet vertraging van 200 ms na de R-top van het ECG, op navigator gebaseerde respiratie compensatie en MOIST-wateronderdrukking. Met behulp van dit geoptimaliseerde protocol werd een hoge intra- ( $C_v = 5\%$ ) en inter-sessie ( $C_v = 6,5\%$ ) reproduceerbaarheid van de MTGC bereikt. In het tweede deel van dit proefschrift (hoofdstukken vijf, zes en zeven) zijn de eerder ontwikkelde technieken toegepast in klinische studies om extra inzicht te krijgen in de ontwikkeling / behandeling van het metabool syndroom (MetS). In **hoofdstuk vijf** (MR of Multi-Organ Involvement in the Metabolic Syndrome) werd een literatuuroverzicht van het MetS gegeven, met de nadruk op de primaire organen waaronder de hersenen, skeletspier, pancreas, hart, lever en nier. Cruciale symptomen van MetS-pathofysiologie, lopend van ectopische lipide accumulatie tot onherstelbare orgaan schade, kunnen worden geëvalueerd met behulp van verscheidene MR-technieken. Daarom zou MR van toegevoegde waarde kunnen zijn bij het ontrafelen van de MetS-pathofysiologie, evenals bij het monitoren van de van therapieën.

Op dit moment is er nog veel onbekend over hoe MetS de nier beïnvloedt. Hierdoor is er een sterke behoefte aan niet-invasieve hulpmiddelen om het vetgehalte van de nier te meten.

Hoewel spectroscopie in het hart en de lever de niet-invasieve gouden standaard is voor het meten van het vetgehalte, werd deze techniek nog niet toegepast op de nier. Net als hart- en levermetingen bemoeilijkt ademhaling de toepassing van spectroscopie in de nier.

Daarnaast is bij nier spectroscopie het voxel kleiner vanwege de beperkte ruimte in de cortex van de nier wat resulteert in een zeer lage SNR. Ondanks deze uitdagingen wordt in **hoofdstuk zes** (Metabolic Imaging of Human Kidney Triglyceride Content: Reproducibility of Proton Magnetic Resonance Spectroscopy) aangetoond dat MR-spectroscopie in de nier kan worden uitgevoerd. Verder is aangetoond dat de navigator gebaseerde respiratie triggering zowel de spectrale kwaliteit als de reproduceerbaarheid aanzienlijk verbetert. In lever- en hartspectroscopie zijn verschillende onderzoeken uitgevoerd om de MR spectroscopie te valideren aan de gouden standaard; biopsie. Voor zover bekend was er echter geen validatiestudie uitgevoerd om de nauwkeurigheid van renale MR-spectroscopie te testen. In **hoofdstuk zeven** (Metabolic imaging of fatty kidney in diabetes: validation and dietary intervention) hebben we deze techniek gevalideerd met behulp van varkensnieren door de MR-spectroscopie lipide metingen te vergelijken met de vetbepaling uit biopten. De lipiden gemeten met proton MR-spectroscopie en de enzymatische test (biopsie) waren significant gecorreleerd ( $r = 0,86$ ,  $p < 0,0001$ ). Bovendien werden de effecten van dieetinterventie op de nier lipiden gemeten. Eén groep kreeg een normaal dieet (groep A), één een vetrijk dieet (groep B) en een derde groep volgde hetzelfde vetrijke dieet gecombineerd met een lage dosis streptozocine (groep C) om insuline-onafhankelijke diabetes te induceren. Na het 9-maanden durende dieet waren de renale lipiden in groep C (hoog-lipidedieet gecombineerd met streptozocine) significant hoger in vergelijking met groep A (normaal dieet). Nierlipiden waren niet significant verschillend tussen groep B (hoog lipidedieet) en groep A (gewoon dieet).