

Mehrkanalspulensetup mit 20 Empfangselementen für die Bildgebung von Neu- und Frühgeborenen im 1,5T und 3T Magnetresonanztomographen

Stefan Fischer¹, Florian Martin Meise², Jörn Ewald², Torsten Hertz², Torsten Lönneker-Lammers³, Laura Maria Schreiber¹

¹Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Bereich Medizinische Physik

²LMT Medical Systems GmbH, Lübeck, ³LMT Lammers Medical Technology GmbH, Lübeck

Einleitung

In diesem Projekt wurde ein Mehrkanalspulensetup für die optimierte MR-Bildgebung von Neu- und Frühgeborenen bei 1,5T und 3T entwickelt. Kommerziell erhältliche MR-Spulen sind in der Regel für den Einsatz am Erwachsenen konzipiert und daher nur begrenzt für Neu- und Frühgeborene einsetzbar. Bisher gibt es nur einige speziell für Kopfundersuchungen entwickelte Prototypen [1,2], die für Neugeborene geeignet sind. Im Vergleich zum Erwachsenen ist die Anatomie der Patienten sehr klein und sowohl Atem- als auch Herzfrequenz sehr schnell. Zwei der Kriterien, Bildgebung von kleinen Strukturen mit hoher Auflösung und beschleunigte Bildgebung, um Bewegungsartefakte zu vermeiden, können durch die Mehrkanalspulentechnik erfüllt werden. Sie bietet ein hohes Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) über ein großes Messfeld [3] und die Möglichkeit der beschleunigten Bildgebung mit etablierten parallelen Bildgebungstechniken wie SENSE oder Generalized Autocalibrating Partially Parallel Acquisition GRAPPA [4, 5]. Weiterhin gilt es Stress durch äußerliche Einflüsse (z. B. Transport, Temperatur und Sauerstofflevel) für den kleinen Patienten zu minimieren. Daher wurden die Mehrkanalspulen für den Einsatz in einem speziellen MR-sicheren Inkubator (LMT Lammers Medical Technology GmbH, Lübeck, Deutschland) konzipiert.

Material und Methoden

Das Mehrkanalspulensystem besteht aus einer 8-Kanal Kopfspule mit einem Innendurchmesser von 170mm, einer flexiblen 4-Kanal Thorax-/Abdomenspule (175mm x 125mm) und einer 8-Kanal Rückenspule.

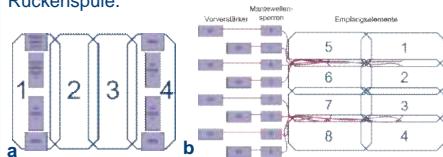


Abb. 1: (a) Layout der Spulenelemente der 4-Kanal Spule und (b) der 8-Kanal Rückenspule

Die flexible Mehrfachspule ist in Schaumstoff eingebunden und besteht aus vier überlappenden Empfangselementen. Durch das Überlappen wird die induktive Kopplung zwischen den Empfangselementen minimiert. Um die Geometrie und Leistung der Mehrfachspulen zu optimieren, wurden die Vorverstärker direkt an den Empfangselementen platziert. Die Rückenspule ist zugleich eine Patientenliege. Die Empfangselemente haben eine quer vier mal längs zwei Anordnung (s. Abb. 1b). Die Vorverstärker sind außerhalb der Empfangselemente platziert und über Koaxialkabel und Mantelwellensperren verbunden. Für eine maximale Patientensicherheit ist jedes Empfangselement mit einem aktiven und passiven Verstimmkreis sowie einer Sicherung ausgestattet.

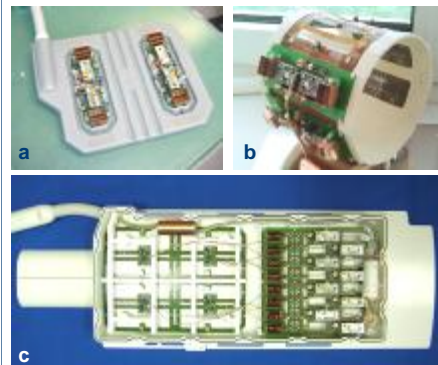


Abb. 2: (a) Die eingebackene flexible Mehrfachspule ohne Gehäusedeckel, (b) die 8-Kanal Kopfspule ohne Gehäuse und (c) eine Unteransicht der 8-Kanal Rückenspule ohne Abdeckung.

Ergebnisse

Die Rauschkorrelationsmatrix, als ein Maß für die elektrische Kopplung, zeigt gute Werte für jede Kanalkombinationen. Abb. 2 zeigt einige Beispiele. Phantomexperimente mit Vergleichsmessungen zu kommerziell erhältlichen Mehrfachspulen für Erwachsene (Siemens Healthcare, Erlangen, Deutschland) zeigen ein bis zu 400% höheres SNR in Spulennähe und ein 15% höheres SNR im Zentrum des Messobjektes. Das Messobjekt war ein 2l Phantom (1,25g NISO₄ x 6H₂O + 5g NaCl pro Liter, Durchmesser 12cm).

Die in-vivo Aufnahmen (Abb. 6 und 7) wurden von frei atmenden, nicht sedierten Patienten im MR-sicheren Inkubator erstellt. Die Aufnahmen zeigen eine hohe Detailauflösung.

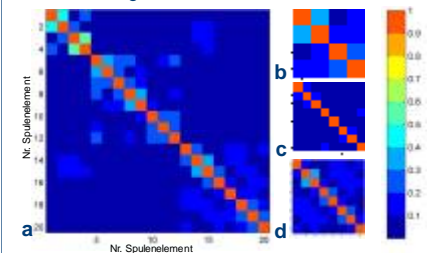


Abb. 3: Korrelationsmatrix der Rauschbilder der Einzelkanäle des (a) 3T 20-Kanal Spulensetup, der 1,5T (b) 4-Kanal flexiblen, (c) 8-Kanal Rücken- und (d) 8-Kanal Kopfspule

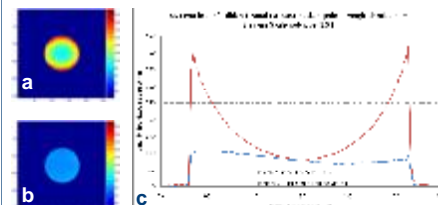


Abb. 4: SNR Parameterkarten der 1,5T(a) 8-Kanal Kopfspule im Vergleich mit der (b) 12-Kanal Siemens Kopfspule für Erwachsene. (c) SNR-Vergleich der 4+8-Kanal Körperspule mit einem zweiteiligen Siemenspulensetup bei 1,5T.

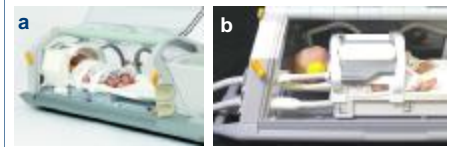


Abb. 5: Beispielhafter Aufbau der (a) 8-Kanal Kopfspule und (b) der 4+8-Kanal Körperspulen mit einer Puppe im MR-sicheren Inkubator.

Diskussion

Das sehr kompakte Design der Mehrfachspulen ermöglicht den Einsatz im MR-sicheren Inkubator. Diese geometrischen Einschränkungen werden bisher von keiner anderen erhältlichen Mehrfachspule eingehalten. Das Spulensetup bietet ein hervorragendes SNR bei 1,5T und 3T. Die Mehrkanaltechnik ermöglicht erstmals den Einsatz von parallelen Bildgebungstechniken in einem MR-sicheren Inkubator, wodurch die Messzeiten massiv verkürzt und SAR-Werte reduziert werden. Dies ist insbesondere bei den sehr kleinen und leichten (1-5kg) neugeborenen Patienten bei hohen Feldstärken von 3T wichtig, bei der sonst schnell die Grenzwerte erreicht werden. Aufgrund der Kombination der Mehrfachspulen und des MR-sicheren Inkubator befindet sich der neugeborene Patient in einer optimalen Untersuchungsumgebung. Der Patient wird einem Minimum an Stress ausgesetzt, während hochauflösende Ganzkörperaufnahmen akquiriert werden können.

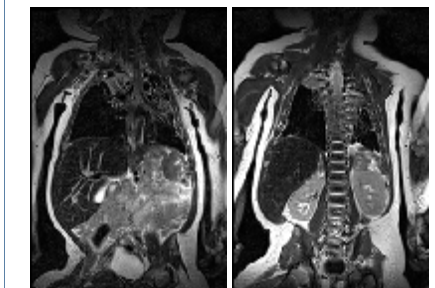


Abb. 6: 3T T₂-gewichtete Turbo Spin Echo Sequenz (Beschleunigungsfaktor R=2) für die Diagnostik der Nieren eines 10 Wochen alten Neugeborenen. 5kg. (Mit freundlicher Genehmigung des Clinical Hospital Center, Zagreb, Kroatien)

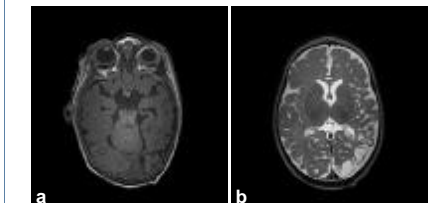


Abb. 7: (a) T₁-gewichtete (0,35 x 0,35 mm², 2mm Schicht) Aufnahme eines 15 Tage alten Neugeborenen. Aufgenommen mit der 8-Kanal Kopfspule in einem 3T Philips Achieva System (Mit freundlicher Genehmigung des Leiden University Medical Center, Leiden, Niederlande).

Literatur

1. V. Alagappan et al: Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. 17: #108: 2009
2. B. Kell et al: Proc. Intl. Soc. Mag. Reson. Med. 18: #643: 2010
3. P. B. Roemer et al: Magn. Reson. Med. 16(2): 192-225: 1990
4. K. P. Pruessmann et al: Magn. Reson. Med. 42(5): 952-962: 1999
5. M. A. Griswold et al: Magn. Reson. Med. 47(6): 1202-1210: 2002

Universitätsmedizin Mainz
 Klinik und Poliklinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
 Bereich Medizinische Physik
 Langenbeckstr. 1
 55131 Mainz

Danksagung

Für die Patientenaufnahmen:
 •Clinical Hospital Center, Zagreb, Kroatien
 •Leiden University Medical Center, Leiden, Niederlande

Für die finanzielle Unterstützung
 •BMW ZIM – KF2048801UL8

Kontakt

Stefan Fischer
 Tel. 06131 / 17-3663
stefan.fischer@uni-medizin-mainz.de

www.medizinische-physik.klinik.uni-mainz.de