

## **Maxim Zaitsev: Development of methods for functional magnetic resonance imaging and relaxation time mapping. 2002**

Die Kernspintomographie (KST) ermöglicht einen einzigartigen Weg in- vivo Informationen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung zu akquirieren. Diese Arbeit beinhaltet drei verschiedene Techniken zur (a) schnellen Kartographierung der Längsrelaxationszeitkonstanten, (b) beschleunigten Bildgebung dynamischer Prozesse und (c) quantitativen und zeitgleichen Messung der Perfusion und Permeabilität.

Eine neue Pulssequenz (TAPIR) wurde an einem klinischen Tomographen entwickelt, die die hochaufgelöste Mehrschicht Bildgebung in klinisch relevanten Meßzeiten erlaubt. Die Sequenz basiert auf der Look-Locker Methode und macht sich eine Präparierung der Magnetisierung vor der, sowie eine unterteilte, Datenakquisition zunutze. Die Genauigkeit wurde überprüft und zudem die Mehrschichtakquisition nebst Datengewinnung zu mehreren Zeitpunkten an in-vivo Bildern des menschlichen Gehirns dargestellt. Desweiteren wurde die Optimierung von Meßparametern und Reduzierung von systematischen Fehlern entwickelt. Erste klinische Messungen an Patienten, die unter hepatischer Enzephalopathie leiden, wurden durchgeführt.

Generell gibt es ein erhebliches Interesse an der Darstellung zeitgebundener Abläufe mittels der KST. Die vorliegende Arbeit stellt eine neue auf dem "echo-planar imaging" (EPI) beruhende Hybridtechnik vor (EPIK), die sich das Konzept der "Keyhole" Bildgebung zunutze macht. Durch das Aufteilen der hochfrequenten k- Raumanteile eines Datensatzes für mehrere Bilder und der wiederholten Abtastung der zentralen k-Raum Bereiche für jeweils unterschiedliche Bilder ist es möglich die effektive räumliche Auflösung zu erhalten. Jedoch erhöht sich die zeitliche Auflösung der gemessenen Datensätze hierdurch erheblich, was zudem im Vergleich zum "single-shot" EPI zur Reduzierung suszeptibilitätsbedingter sowie auf der chemischen Verschiebung beruhender Artefakte beiträgt. Die neue Methode wurde auf einem klinischen Tomographen implementiert. Technische Details, Simulationsergebnisse, Messungen an Phantomen und in-vivo Bilder sowie funktionelle KST Daten werden präsentiert.

Die Anwendung der kontrastanreichernden KST verlangt nach hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung. Da die Modellierung physiologischer Parameter auf den Bildintensitäten der gemessenen Datensätze beruht, ist es von entscheidender Bedeutung die Einflußgrößen des Kontrastes zu kontrollieren. Aus diesem Grunde wurde eine neue, auf EPIK basierende, Methode entwickelt, die zusätzlich die "Half-Fourier Rekonstruktion" ausnutzt. Nach erfolgter Hochfrequenzanregung werden zwei Gradientenechosignale mit jeweils unterschiedlicher Kontrastgewichtung ausgelesen. Hierbei bleibt eine hohe räumliche Auflösung von 128(128). Die Einsatzfähigkeit der "dual-contrast EPIK" Technik in der hochaufgelösten in-vivo Perfusions- und Permeabilitätsmessung wird demonstriert.

---

Magnetic resonance imaging (MRI) provides a unique opportunity to acquire information about in vivo processes with high spatial and temporal resolution. In this thesis three new techniques are presented for (a) fast quantitative longitudinal relaxation time mapping, (b) accelerated dynamic imaging, (c) quantitative, simultaneous perfusion and permeability measurements.

A sequence for high-resolution multi-slice T1 relaxation-time mapping (TAPIR) in clinically-acceptable acquisition times is presented. The sequence, based on the Look-Locker method and using magnetisation- preparation with banded k-space acquisition was implemented on a standard clinical scanner and the accuracy of the T1 results was evaluated. Multi-slice, multi-point in vivo results of the human brain obtained using TAPIR are presented. Further, sequence optimisation and elimination of systematic errors were performed. Clinical application of TAPIR is demonstrated on patients with hepatic encephalopathy.

Time-dependent phenomena are of great interest for in vivo MRI. Here, a new hybrid technique (EPIK), based on EPI, that uses the concept of keyhole imaging is presented. By sharing peripheral k-space data between images and acquiring the keyhole more frequently, it is shown that the spatial

resolution of the reconstructed images can be improved. EPIK affords a higher temporal resolution and is more robust against susceptibility and chemical-shift artifacts than single-shot EPI. The method has been implemented on a standard clinical scanner. Technical details, simulation results, phantom images, in vivo images and fMRI results are presented.

Applications of dynamic contrast enhanced MRI demand both high spatial and temporal resolution. Since physiological modelling relies on image intensities, it is of importance to ensure that the factors influencing image contrast are under control; requiring more than single-contrast images. A new method, presented here, combines the above EPIK technique with half-Fourier reconstruction and enables acquisition of two gradient echo data sets following a single radiofrequency excitation, while maintaining high matrix size of 128(128. The feasibility of high resolution in vivo perfusion and permeability mapping with the dual-contrast EPIK technique has been demonstrated.