

Mehr Qualität in einem Bruchteil der Zeit

Mit Simultaneous Multi-Slice (SMS) und Compressed Sensing bietet Siemens Healthineers zwei innovative Technologien, die Aufnahme- und Verarbeitungsprozesse effizienter und komfortabler machen – für die schnelle und sichere MRT-Diagnostik.

Bei Untersuchungsdauern von meist 20 Minuten oder mehr und häufig noch relativ engen Gantryöffnungen spielt die Zeit in der Magnetresonanztomographie immer noch eine entscheidende Rolle – nicht nur für den Patientenkomfort und die Qualität der Aufnahmen, sondern auch für den wirtschaftlichen Erfolg des Hauses. Deswegen arbeitet Siemens Healthineers seit Jahren unter Hochdruck an Technologien, die MRT-Aufnahmen schneller und diagnosesicherer machen. Eine dieser Technologien, Simultaneous Multi-Slice (SMS), konnte der Bamberger Neuroradiologe PD Dr. Andreas Bartsch in den zurückliegenden Jahren intensiv testen. „Bei Simultaneous Multi-Slice (SMS) werden gleichzeitig mehrere Schichten auf einmal aufgenommen – das klingt trivial und retrospektiv fragt man sich fast, warum man auf diese Idee nicht früher gekommen ist,“ sagt Bartsch, der SMS im Moment vor allem im Bereich der BOLD- (Blood-oxygenation level-dependent) und der diffusionsgewichteten Bildgebung anwendet.

Deutlich schneller

Warum gerade die Diffusionswichtung mit SMS für den niedergelassenen Bereich interessant ist, erläutert Bartsch an einem Beispiel: „Eine Standard-Diffusionswichtung am Kopf nimmt in der Regel drei Wichtungen auf, die senkrecht zueinander im Raum stehen. Mit SMS kann man bei diesen Aufnahmen, für die man sonst etwa 60 Sekunden benötigt, etwa 20 bis 25 Sekunden sparen. Rechnet man das auf einen Tag hoch, ist das für eine Praxis schon interessant, weil man so am Tag – je nachdem, wie viele Diffusionsaufnahmen man aufzeichnet – ein oder zwei Patienten mehr untersuchen kann.“ Da sich das Verfahren von den Auswirkungen auf den Patienten in puncto Lärm oder Nervenstimulation zudem

nicht vom Standard-EPI (der Echo-Planar-Imaging-Sequenz) unterscheidet, überwiegen aus Sicht von Dr. Bartsch ganz klar die Vorteile. „Die Qualität der Aufnahmen wird verbessert und die Belastung durch Bewegungsartefakte geringer. Zudem können dünnere Schichten mit vollständiger gewünschter Abdeckung des Untersuchungsbereichs schneller aufgenommen werden. Das führt zu einer höheren diagnostischen Zuverlässigkeit, beispielsweise bei der Detektion von kleinen embolischen Infarkten.“

Auch prä-neurochirurgische Untersuchungen können mit SMS laut Bartsch erheblich beschleunigt werden: „Bisher benötigten wir zwischen 45 und 60 Minuten für ein komplettes prä-neurochirurgisches Mapping – also fMRT, Traktographie und Standardbildgebung, – mit SMS reichen schon 30 bis 35 Minuten. Dabei nehmen wir 180 gleichmäßig im Raum verteilte Diffusionsrichtungen auf und korrigieren gleichzeitig noch die für EPI typischen geometrischen Verzerrungen, weil diese sonst zu örtlichen Ungenauigkeiten bei der Planung und der Einspielung der Ergebnisse in die Neuronavigation führen würden.“

Einfühlungsvermögen gefragt

Dieser dramatische Unterschied ist für alle Patienten bedeutsam, die die Untersuchungsumgebung eines MRT nicht gut tolerieren können – ob Erwachsene mit neuro-psychologischen Einschränkungen oder auch Kinder. Am Ende registrieren die Zuweiser, dass sie von Bartsch hochwertige Daten bekommen und dass diese in einer kurzen Zeit aufgezeichnet wurden. Und gerade bei Kindern registrieren Zuweiser natürlich unmittelbar, ob eine Untersuchung vorzeitig abgebrochen werden musste, oder nicht. Bartsch erzählt von einem Kind, das vorher nie wach untersucht werden konnte und nun ein fMRT



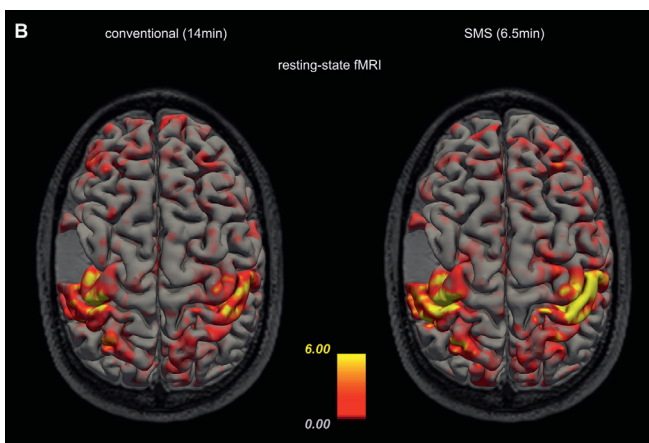
„Die Qualität der Aufnahmen wird höher und die Belastung durch Bewegungsartefakte geringer. Das äußert sich in einer höheren diagnostischen Zuverlässigkeit.“

*PD Dr. Andreas Bartsch,
Radiologie Bamberg*

erhalten sollte. „Mit diesem Jungen habe ich im Vorfeld der Untersuchung länger gespielt und dabei herausgefunden, dass er sich für Science-Fiction interessiert. Wir haben ihm dann suggeriert, dass der Scan-Prozess ein Spiel ist, bei dem er ein Raumschiff reparieren muss. Er hat einen Holzschraubenzieher bekommen und sollte auf Kommando –

seit Vater hat ihm die Wade gedrückt – das Raumschiff mit dem Schraubenzieher reparieren.“ Kurz gesagt: SMS ist nicht der alleinige Grund, der eine Untersuchung möglich oder angenehm macht, aber doch „ein durchaus wichtiger und begrüßenswerter Faktor“, urteilt Bartsch.

Für die Zukunft erwartet der Bamberger Neuroradiologe, dass die Vorteile von SMS auch in anderen Fachbereichen zum Tragen kommen, etwa bei Turbo-Spin-Echo-Sequenzen (TSE). Das sei zwar etwas kompliziert, da TSE per se relativ hohe spezifische Absorptionsraten aufweist, werde „die Aufnahmen z. B. im ZNS und muskuloskelettalen System aber erheblich beschleunigen können.“ In den nächsten zwei bis vier Jahren erwartet Bartsch hier einen erheblichen Effekt



Simultaneous Multi-Slice-(SMS)-Bildqualität im Vergleich: Ruhe-fMRT bei einem Patienten mit einem links präzentralen niedriggradigen Gliom. Mit SMS wurde durch die schnellere Aufnahmezeit in etwa der Hälfte der Aufnahmezeit ein deutlicher Zuwachs an statistischer Sicherheit erzielt.

Zur Person – PD Dr. Andreas Bartsch, Radiologie Bamberg

Universitärer Standard in einer Gemeinschaftspraxis niedergelassener Radiologen – das bietet PD Dr. Andreas Bartsch seinen Patienten in Bamberg. Der Neuroradiologe und seine Kollegen setzen seit 2015 für die Untersuchung ihrer Patienten auf das 3 Tesla-Gerät Skyra 64. Neben der Arbeit als niedergelassener Neuroradiologe pflegt Bartsch Verbindungen zu den Universitäten in Heidelberg, Würzburg und Oxford, beispielsweise zum Centre for Functional MRI of the Brain der Universität Oxford.

“Mit Compressed Sensing lässt sich durch eine besondere Nutzung der Redundanz in den Primärdaten die Messung so verkürzen, dass sie letztlich diesen ganzen Ablauf in einer einzigen Messung durchführen können.“



*Professor Dr. Stefan Schönberg,
Direktor des Instituts für klinische
Radiologie und Nuklearmedizin,
Universitätsmedizin Mannheim*

Zur Person – Professor Stefan Schönberg, Universitätsmedizin Mannheim

Professor Dr. Stefan Schönberg ist Direktor des Instituts für klinische Radiologie und Nuklearmedizin an der Universitätsmedizin Mannheim. Seine Arbeitsschwerpunkte im Bereich der Magnetresonanztomographie sind die abdominelle und funktionelle Bildgebung sowie die Hochfeld-Technologie.

nicht nur in der Forschung sondern auch in der Versorgung ambulanter Patienten im niedergelassenen Bereich.

Compressed Sensing

Eine weitere innovative Technologie zur Beschleunigung von MRT-Untersuchungszeiten wird seit Monaten an der Universitätsmedizin Mannheim getestet – ebenfalls an einem MAGNETOM Skyra 3-Tesla-System. Mit Erfolg. Schließlich ermöglicht Compressed Sensing nach Aussagen von Professor Dr. Stefan Schönberg, Direktor des Instituts für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin, eine derart umfassende Beschleunigung des Untersuchungsprozesses, dass mit MRT nun sogar Messungen mit freier Atmung gelingen.

Auf diese Weise sind sogar bei schwer kranken Patienten MRT-Aufnahmen des Herzens möglich. „Bisher“, so Schönberg, „bestehen Herz-Funktionsuntersuchungen aus einer Vielzahl zeitaufgelöster Schichtbilder – bis zu 20 durch den sogenannten Zwei-, Drei- und Vier-Kammer-Blick und eine Folge von Schichtbildern entlang der kurzen Achse des Herzens, um die absoluten Herzfunktionsparameter zu bestimmen. Für jede dieser zeitaufgelösten Scheiben, brauchen Sie eine Atemanhaltephase. Mit Compressed Sensing lässt sich durch eine besondere Nutzung der Redundanz in den Primärdaten die Messung so verkürzen, dass sie letztlich diesen ganzen Ablauf in einer einzigen Messung durchführen können.“ Was vorher zehn bis 20 Minuten dauerte, ist jetzt in 20 Sekunden zu schaffen. Diese dramatische Beschleunigung eröffnet ganz neuen Patientengruppen den Weg zur Herz-Funktionsuntersuchung. So ist Schönberg zuversichtlich, dass Compressed Sensing „bei schwer kranken Patienten und Notfall-Patienten zum Standard wird. Und diese Patienten machen an einer Universitätsklinik heute 30 bis 50 Prozent der Patienten aus.“

Die Tauben auf dem Markusplatz

Die Funktionsweise von Compressed Sensing erläutert Schönberg anhand einer Analogie: „Stellen Sie sich vor, Sie



Kardio-MRT zur Bestimmung der LV-Funktion eines 60-jährigen Mannes mit ischämischer Kardiomyopathie und stattgehabtem Hinterwandinfarkt.

SSFP = steady-state free precession imaging

SSIR = sparse imaging with iterative reconstruction

sind in Venedig und schauen auf alle Tauben, die auf dem Markusplatz sitzen. Jetzt wollen Sie die individuelle Flugbahn jeder einzelnen Taube in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung abbilden. Dann müssten Sie letztendlich viele tausend hochauflösende Fotografien des gesamten Platzes aufnehmen, weil Sie ja jede Taube auf jedem Bild abbilden müssen – und das in sehr hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Dabei ist es ja letztendlich so, dass sich der Markusplatz nicht verändert, es verändern sich nur viele kleine schwarze Punkte über die Zeit. Daraus resultiert, dass die wiederholte Aufnahme aller umliegenden Gebäude redundante, d.h. für den gesamten Informationsgewinn überflüssige Information darstellt.“ Compressed Sensing betrachtet nun letztendlich nur die Flugstrecke jeder einzelnen Taube unter der Annahme, dass sich die Gesamtrahmenbedingungen nicht ändern. Das funktioniert insbesondere besonders dann gut, so Schönberg weiter, „wenn eine sogenannte sparsity (sparse = englisch: wenig oder vereinzelt) im Bild herrscht – die Bildinformation also nur durch wenige Punkte definiert ist und die Daten sich nicht komplett gleichgerichtet verändern. Bei unserem Beispiel fliegen die Tauben in alle

möglichen Richtungen.“ Damit entsteht eine Art unterabgetastetes Informationsgitter des Bildes. Mit einer iterativen Rekonstruktion unter Nutzung des Vorwissens aus dem vollaufgelösten Bild kann so jedes einzelne Bild nachgerechnet werden. „Damit gewinnen Sie dramatisch Zeit“, macht Schönberg klar, „und – das ist das Entscheidende – Sie stecken Vorwissen in diese Akquisition hinein. Die anfängliche Befürchtung, dass der Algorithmus nicht damit zurecht kommt, dass ein Patient einen Herzinfarkt hatte, das Herz an einer Stelle ausgedünnt oder verdickt ist wie bei einer hypertrophen Kardiomyopathie, hat sich nicht eingestellt. Letztendlich konnten wir sehr schön zeigen, dass auch bei Patienten mit Erkrankungen des Herzens die Berechnung der Funktionsparameter immer noch sehr genau ist.“

Intrinsische hohe Schärfe

Compressed Sensing ist auch für andere Bereiche eine vielversprechende Option, wagt Schönberg einen Ausblick in die Zukunft: „Solche zeitaufgelösten Datensätze gibt es ja nicht nur für das Herz, sondern auch für Gefäße. Auch hier müssen Sie momentan sehr mühsam einen kompletten Datensatz aufnehmen für eine Momentaufnahme eines sich ändernden Kontrastmitteldurchflusses durch ein Gefäß. Beispielsweise führen wir in Mannheim eine Studie für die Darstellung kleiner Hirnaneurysmen durch, wo es auf eine sehr hohe räumliche und zeitliche Auflösung ankommt.“ Die Redundanz im Bild lässt sich sogar bei nicht bewegten Verfahren nutzen, beispielsweise für die Knorpeldarstellung in Gelenken. Jeder Bildpunkt unterscheidet sich hier nur sehr wenig vom Nachbar-Bildpunkt. „Der Charme bei dieser Knorpeldarstellung ist, dass die Bilder eine intrinsische, eine sehr hohe Schärfe haben. Wenn man wie bisher versucht, das technisch-physikalisch durch die Messung im MRT zu erreichen, wird entweder die Messung deutlich zu lang und oder man muss eine gewisse geometrische Unschärfe tolerieren – das haben Sie in diesen errechneten Bildern nicht.“

In Kombination mit der radialen Bildgebung, einer alternativen Strategie zur Aufnahme der Rohdaten, wird Compressed Sensing bei Siemens Healthineers als GRASP (Golden-angle Radial Sparse Parallel MRI) eingesetzt. Hier sieht Schönberg etwa die Möglichkeit, Aufnahmen von Leber und Nieren über viele Minuten zeitaufgelöst darzustellen und sich dann die besten arteriellen und venösen Phasen für die Diagnostik herauszuarbeiten. „Da sehe ich noch sehr viel Potenzial, in Zukunft im Bauchraum ohne jegliche Atemanhalte-technik zu arbeiten.“ Letztendlich gehe der Trend aber eher zu „All-in-One-Konzepten“: „Wir haben einen Datensatz, der uns sowohl brillante anatomische Information gibt als auch eine quantitative funktionelle Information beispielsweise über die Nierendurchblutung.“ ●

Info/Kontakt:

[siemens.de/healthineers](https://www.siemens.de/healthineers)

alexander.fenzlein@siemens-healthineers.com