

Funktionelle Bildgebung der Wirbelsäule im offenen MRI

Denis L. Kaech

Neurochirurgie, Rätisches Kantons- und Regionalspital Chur

Quintessenz

- Mit einem neuen, offenen MR-Gerät können Patienten mit belastungs- und bewegungsabhängigen Wirbelsäulen- und Nervenschmerzen sowohl aufrecht als auch gebückt untersucht werden.
- Durch eine Abklärung in einer symptomatischen Körperstellung lassen sich mobile Diskushernien, dynamische Stenosen und Instabilitäten nachweisen, die bei einer Untersuchung im Liegen unterschätzt oder sogar übersehen werden.
- Dank dem «fmri» (funktionelles MRI, speziell für die Wirbelsäule) ist eine bessere Korrelation zwischen Klinik und Bildgebung möglich. Dadurch kann eine gezieltere Therapie angeboten werden.




Abbildung 1
Das offene fmri.



Abbildung 2
Verschiedene Positionen für die Untersuchung im offenen MRI.

Einleitung

Die Untersuchung der Wirbelsäule und der neuralen Strukturen im Spinalkanal aufrecht, unter Belastung und in verschiedenen Körperstellungen ist dank einem neuen, offenen MR-Gerät möglich (Abb. 1, 2 ). Den Grundstein zu dieser modernen Bildgebung legte Dr. Raymond V. Damadian am 17. März 1972, als er sein Patent für «Gerät und Methode zur Erkennung von Krebs im Gewebe» in den USA registrieren liess. Das «Ur-MR» war offen, die ersten Probanden wurden 1977 im Sitzen untersucht, die damalige Bildqualität erinnert an nuklearmedizinische Aufnahmen, was sich bis zum Jahr 2000 geändert hat.

Das 0,6-Tesla-Gerät von FONAR liefert bei passender Ausrüstung Wirbelsäulenaufnahmen von einer Qualität, die sich kaum von mit 1,5-Tesla-Apparaten erstellten unterscheidet. Besonders geeignet ist eine Abklärung im offenen MRI bei Klaustrophobie; und auch Kinder können in Anwesenheit eines Elternteils ohne Sedation untersucht werden.

Die ersten Untersuchungsergebnisse im fmri-Zentrum in Zürich (www.fmri.ch) bestätigen die positiven Aussagen der Pionierarbeiten von Jinkins [1–4].

Methodik

Patienten mit belastungs- und bewegungsabhängigen Wirbelsäulenschmerzen, mit fluktuierenden neurologischen Defiziten (radikuläre und myelopathische Syndrome) wurden aufrecht sitzend oder stehend untersucht, inklusive Flexions- und Extensionsaufnahmen der Hals- oder Lendenwirbelsäule.


Bisherige Erfahrungen

Wiederholt wurden folgende lage- bzw. positionsabhängigen Befunde erhoben:


Hervortreten oder Grössenzunahme von lumbalen und zervikalen Diskushernien, variable Foramen- und Spinalkanalstenosen sowie Spondylolisthesis; dies bei Patienten mit unauffälligen oder grenzwertig pathologischen Aufnahmen im liegenden MR [4].

Fallbeispiele

Fall 1


Bei einer Patientin konnte neben einer in aufrechter Haltung zunehmenden Diskusprotrusion C₅/C₆ auch ein Deszensus der Kleinhirntonsillen ins Foramen magnum, also ein Arnold-Chiari-Syndrom I nachgewiesen werden. Dadurch liess sich die Schwindel- und Hinterkopfschmerzsymptomatik besser erklären (Abb. 3A, B )

Fall 2

Ein 75-jähriger Patient mit Diskushernienoperationen L₄/L₅ rechts foraminal 1999 und anfangs 2005, danach Entwicklung von Claudicatio-Beschwerden nach 200 m Gehen und erneut zunehmende L₅-Ausfälle rechts. Im fmri Instabilität L₄/L₅ mit Antelisthesis bei Inklinatation, dynamischer Stenose in Reklination L₄/L₅ (Abb. 4A–C ) , aber auch L₃/L₄ sowie foraminal L₅/S₁ rechtsbetont. Das fmri ermöglichte eine bessere Operationsplanung: Spondylodese mit Cages und Pedikelschraubeninstrumentation L₄/L₅, Dekompression und mobiler Abstützung mit einer interspinösen U-förmigen Titanspange oberhalb sowie selektiver extraforaminaler Dekompression rechts unterhalb der rigiden Spondylodese. Nach sechs Monaten waren ohne Schmerzmittelinnahme Spaziergänge von St. Moritz über Samedan bis nach Celerina möglich.

Fall 3

Ein 57-jähriger Patient mit zweimaligen Synkopen im letzten Jahr (DD: Gelegenheitskrampf nach Medikamenteneinnahme, Schlafentzug, Alkoholkonsum) hatte eine zerebrale Bildgebung wegen Klaustrophobie immer abgelehnt. Aufgrund von morgendlichen Schwindelgefühlen mit Gangunsicherheit seit einigen Wochen willigte er zur Abklärung im fmri ein. Ein Kleinhirntumor oder -infarkt und eine intrakranielle Raumforderung konnten ausgeschlossen wer-

den. Im Angio-MR kam eine rechtsseitige Hypoplasie der Arteria vertebralis zum Vorschein (Abb. 5 ) . Durch eine unglückliche Lage des Kopfes (Drehen/Kippen) während der Nacht wurde die grössere Arteria vertebralis gedrosselt, was eine vertebrobasiläre Mangeldurchblutung zur Folge hatte. Dies wurde von Duus [5] in seinem Standardwerk «Neurologisch-topische Diagnostik» besonders hervorgehoben. (Empfehlung: spezielles Kissen oder Halskragen für die Nacht, Aspirin Cardio®, daneben Physiotherapie zur Stärkung der Muskulatur und besseren Stabilisierung der degenerativ veränderten Halswirbelsäule).

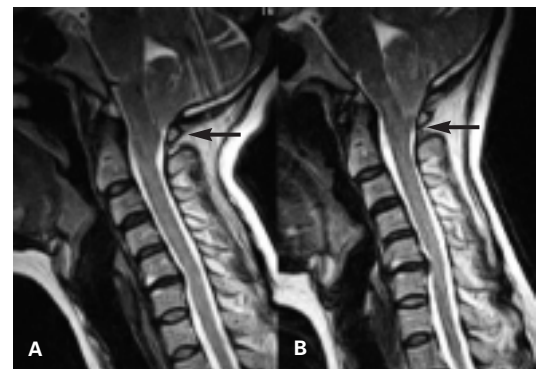


Abbildung 3

A) Halswirbelsäule, liegend.

B) Halswirbelsäule, stehend, T₂ sagittal.

Die Diskushernie C5/C6 nimmt in aufrechter Stellung zu, ebenfalls die segmentale Kyphose; zudem Deszensus der Kleinhirntonsillen hinter dem Atlasbogen (Pfeil) und Kompression des Hirnstamms.



Abbildung 5

Das Angio-MRI (MRA) zeigt eine Hypoplasie der rechten Arteria vertebralis (Pfeil) (vgl. Fallbeispiel 3).

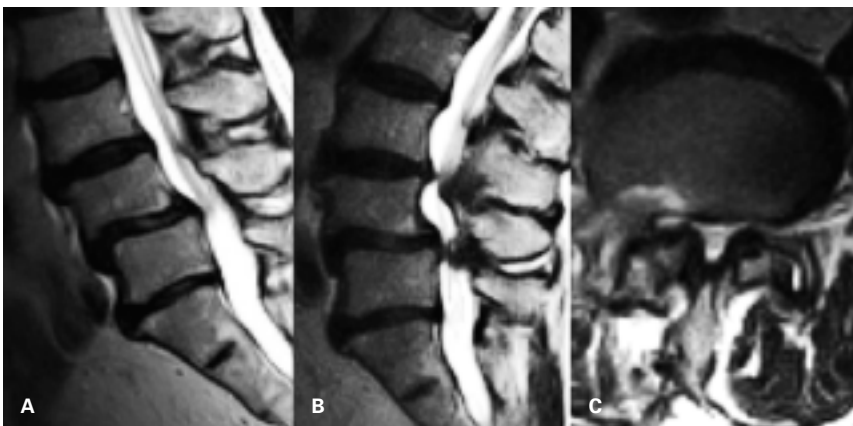


Abbildung 4

A) Lendenwirbelsäulenflexion. B) Lendenwirbelsäulenextension. C) L4/L5 axial.

In Flexion zunehmende Antelisthesis L4/L5, in Extension Teilreposition mit zunehmender Stenose L4/L5, aber auch L3/L4!

Ein anderer Patient wurde zur Dekompression einer Stenose C₃/C₄ zugewiesen. Das fmri zeigte zusätzlich eine C₁–C₂-Subluxation in Anteflexion, ohne signifikante Translationsbewegungen C₃/C₄. Der Hauptgrund für die Myelopathie (klinisch Tetraspastik neben Nackenschmerzen mit Verspannungen und verminderter Kopfbewegung rechtsbetont) war die intermittierende Rückenmarkskompression durch den Atlasbogen – notabene mehr als die primär vermutete Engstelle C₃/C₄. Ursache war eine ungenügend verheilte, nicht abgeklärte bzw. diagnostizierte Densfraktur (mit Pseudarthrose), die sich der Patient 1999 bei einem Autounfall zugezogen hatte, bei dem er sich mit seinem Wagen überschlug.

Bei einem Eishockeyspieler, der nach einer Kollision eine halbe Minute tetraparetisch liegenblieb, wurde eine mobile, in Extension das Rückenmark in einem kongenital relativ engen Spinalkanal kritisch kompromittierende Diskushernie C₃/C₄ identifiziert. Nach ventraler Diskektomie und Käfigspondylodese konnte der Sportler nach drei Monaten das Training wieder aufnehmen.

Einseitige rotatorische Instabilitäten mit Diskusprotrusion oberhalb einer zervikalen Spondylodese, aber auch Mehretagenstenosen mit rotatorischer Instabilität und konsekutiver zunehmender Skoliose der Lendenwirbelsäule nach minimalinvasiv dekomprimierendem und mobil restabilisierendem Eingriff auf einer Etage (z.B. mittels Implantation eines interspinösen U) [6] erscheinen im fmri deutlicher als im liegenden MRI und können demzufolge (nach einem Scheitern der konservativen Therapie) gezielter operativ angegangen werden.

Diskussion

Die präoperative Abklärung dynamischer Stenosen und die Nachuntersuchung operierter, insbesondere mobil restablierter und spondylodierter Patienten dürfte in den nächsten Jahren zum Hauptanwendungsgebiet des fmri werden, vorausgesetzt, dass keine ferromagnetischen Implantate die Bildgebung durch Artefakte überlagern. Bekanntlich sind die Nachbarsegmente ober- und unterhalb einer rigiden Fusion gefährdet, überbelastet zu werden und dadurch rascher zu degenerieren, besonders wenn postoperativ keine optimale lumbale und zervikale Relordose erzielt werden konnte. Dies führt zu einem Ungleichgewicht, wodurch das Segment oberhalb einer geraden statt einer lordotischen Fusion kompensatorisch in Retrolisthesis geht. Mit der Zeit entwickelt sich eine neue Stenose, oft mit Begleitinstabilität, einer sogenannten «adjacent segment disease» [7].

Mittels fmri können positions- bzw. belastungsabhängige Stenosen und Instabilitäten in Nachbarsegmenten gut nachgewiesen werden.

Die Funktion bzw. die Wirksamkeit von minimalinvasiven Wirbelsäulenimplantaten (Nachweis einer indirekten Erweiterung des Spinalkanals und der Foramina) wurde im ersten europäischen fmri in Aberdeen, Schottland, studiert [8]. Das Team des Gerätes in Madrid, des zweiten in Europa, hat die Rate der unterschätzten oder verpassten, das heisst im Liegen ungenügend dargestellten spinalen Neurokompressionen eruiert: Gänzlich verpasst wurden Diskushernien und Spondylolisthesen in 15% der Fälle, unterschätzt wurde das Ausmass der Pathologie im Liegen in 62% der Fälle. Dagegen wird auf den Flexionsaufnahmen im offenen MR lediglich die Retrolisthesis (im Vergleich zu den Aufnahmen im Liegen) unterschätzt (16%) [9].

Zur Abklärung der segmentalen Instabilität gehören traditionell die funktionelle Myelographie mit Postmyelo-CT – bekanntlich ein invasives Verfahren mit potentiellen Nebenwirkungen – und das MRI ergänzt durch konventionelle Funktionsaufnahmen [10]. Mit dem fmri sollten die Indikationen zur Myelographie weiter abnehmen, wobei Patienten mit ferromagnetischen Implantaten bei postoperativen Problemen weiterhin myelographiert werden dürften.

Die evidenten Olisthesen grösseren Grades werden konventionell radiologisch gut erfasst. Dagegen werden «dysfunktionelle intersegmentale Bewegungen» und ihre Auswirkungen auf die benachbarten neuralen Strukturen mit dem fmri besser analysiert.

Schlussfolgerung

Nicht erfasste bzw. visualisierte dynamische Kompressionen dürften chirurgisch ungenügend beseitigt werden, was das Risiko eines ineffizienten Eingriffs mit nachfolgendem «failed back surgery syndrome» erhöht. Durch eine präzise Darstellung der knöchernen, diskoligamentären und neuralen Strukturen in verschiedenen Positionen und unter Belastung erlaubt das fmri eine adäquatere Diagnose und Therapieplanung.

Ein Problem nach Spondylodese ist die sogenannte «Nachbarsegmenterkrankung», die «adjacent segment disease» [7]. Mittels fmri können neuauftretene Diskushernien, Stenosen und Instabilitäten ober- und/oder unterhalb einer rigiden Fusion nichtinvasiv und strahlenfrei, insbesondere auch bei klaustrophoben Patienten nachgewiesen werden (Ausnahme: Patienten mit ferromagnetischen Implantaten, bei welchen mittels funktioneller Myelographie mit Postmyelo-CT abgeklärt werden muss). Die Funktion, aber gelegentlich auch die Insuffizienz von «wenig invasiven» dynamischen Implantaten lässt sich ebenfalls studieren [8].

Zusammenfassend dürfte die nichtinvasive, strahlenfreie, funktionelle Bildgebung im offenen MRI eine bessere Korrelation zwischen Bild-

gebung und Beschwerden der Patienten ermöglichen. Dadurch könnten bei einem signifikanten mechanischen Problem und bei Therapieresistenz eine gezielte, «adäquat invasive», wirbelsäulenchirurgische Behandlung angeboten werden. Das fmri besitzt das Potential, um in den nächsten Jahren die Abklärung der Wahl vor den Restabilisationsverfahren an der Wirbelsäule zu werden.

Neben den degenerativen Wirbelsäulenleiden könnte die Entwicklung juveniler Skoliosen strahlenfrei verfolgt werden.

Als weitere Indikationen für ein fmri könnten belastungsabhängige Gelenkprobleme, Wander-/Pendelnieren und ein Deszensus uteri in Frage kommen.

Literatur

- 1 Jinkins JR, Dworkin JS. Upright, weight bearing, dynamic-kinetic MRI of the spine: p/k MRI. In: Kaech DL, Jinkins JR, eds. Spinal restabilization procedures. Amsterdam: Elsevier; 2002. p. 73–82.
- 2 Jinkins JR. Positional-kinetic MRI of the spine: p/k MRI. The evolving future responsibility of the medical imaging specialist in diagnostic imaging of the pre- and postoperative spine. *Rachis* 2003;15:242–3.
- 3 Jinkins JR, Dworkin JS, Damadian RV. Upright, weight-bearing, dynamic-kinetic MRI of the spine: initial results. *Eur Radiol* 2005;15:1815–25.
- 4 Jinkins JR, Elsig JP, Kaech DL. Functional upright-kinetic-MRI: mobile stenosis of the spinal neural foramina, alteration in size of disc herniation, disc herniation missed on recumbent imaging. *Interventional Neuroradiology* 2005; 11(Suppl 2):268–70.
- 5 Duus P. Neurologisch-topische Diagnostik. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 1980. p. 407–8.
- 6 Kaech DL, Lombardi-Weber D, Reindl M, Woodtli M. Stabilisation dynamique inter-épineuse. *Le Rachis* 2005;4:12–5.
- 7 Kaech DL. Dilemmas in the surgical treatment of spinal “adjacent segment disease”. In: Rudinsky B, ed. Spinalna chirurgia – spinal surgery. Bratislava: Slovak Academic Press; 2006. p. 191–9.
- 8 Siddiqui M, Nicol M, Karadimas E, Smith F, Wardlaw D. The positional magnetic resonance imaging changes in the lumbar spine following insertion of a novel interspinous distraction device. *Spine* 2005;30:2677–82.
- 9 Ferreira A, Venito C, Isidro M, Ayerbe E, Castedo J, Jinkins JR. Evaluation of intervertebral disc herniation and hypermobile intersegmental instability in symptomatic adult patients undergoing recumbent and upright MRI of the cervical and lumbosacral spines. *Eur Radiol* 2006 (in press).
- 10 Kaech DL, Woodtli MD. Evaluation of degenerative lumbar instability. In: Rudinsky B, ed. Spinalna chirurgia – spinal surgery. Bratislava: Slovak Academic Press; 2006. p. 176–90.

Korrespondenz:

Dr. med. Denis L. Kaech
Neurochirurgie
Rätisches Kantons-
und Regionalspital
Loëstrasse 170
CH-7000 Chur
denis.kaech@scag.gr.ch