



Privatdozent
Dr. Michael Lell



Professor Dr. Michael Uder



Privatdozent Dr. Rolf Janka

Die Radiologie hat sich in den vergangenen Jahren rasant weiterentwickelt, es wurden eine Vielzahl neuer Indikationen geschaffen und bisherige Untersuchungstechniken verbessert. Neben einer Verbesserung der Bildgüte stehen der Strahlenschutz und Methoden der Dosisreduktion im Fokus. Im Folgenden sollen einige innovative Schnittbildverfahren dargestellt werden.

Neues aus der Radiologie

Herzbildgebung

Die Herzbildgebung steht auf vier Säulen: Herzecho, Herzkatheter, Magnetresonanztomographie (MRT) und Computertomographie (CT). Dabei stehen diese Verfahren nicht in Konkurrenz, sondern ergänzen sich sinnvoll und kosteneffektiv. Die Bewegungsmuster des Myokards und der Herzklappen ist Domäne des Herzechos (Echokardiographie). Sie hat die bessere zeitliche und örtliche Auflösung als die Kardio-MRT, die ebenfalls die Bewegung und Funktion des Myokards und der Herzklappen darstellen kann. Vorteil der MRT ist die exaktere Quantifizierung der Bewegung des Herzmuskels und dessen funktionelle Parameter, wie die Ejektionsfraktion oder die Herzmuskelmasse. Zusätzlich können mit der MRT Fibroseareale des Myokards mithilfe der „late-enhancement“ (LE-)Technik dargestellt werden. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Narbe durch ein ischämisches Ereignis, eine Entzündung oder fibröses Gewebe bei einer hypertrophen Kardiomyopathie entstanden ist [1 bis 8]. Diese Erkrankungen lassen sich jedoch durch

die Lokalisation der LE-Areale voneinander unterscheiden, was für die Therapie von entscheidender Bedeutung ist (Abbildung 1, 2 und 3).

Die Domäne der CT des Herzens ist die Darstellung der Koronargefäße mit dem Ziel des Ausschlusses einer koronaren Herzerkrankung (Negativer Prädiktiver Wert – NPV 98 bis 100 Prozent). Neben der Erfassung der Gefäßanatomie können mit der kontrastmittelgestützten Koronar-CT-Angiographie (Koronar-CTA) Plaques nicht-invasiv mit hoher Sensitivität auch im nicht-obstruktiven Stadium nachgewiesen und zwischen kalzifizierten und nicht-kalzifizierten (also potenziell vulnerablen) Plaques unterschieden werden. Während diese Untersuchungsmethode in der Vergangenheit mit einer relativ hohen Strahlenbelastung einherging (15 bis 20 mSv), kann die Koronar-CTA mit den neuesten CT-Systemen mit Dosiswerten zwischen 1 bis 2 mSv, also um Faktor 10 niedriger, durchgeführt werden [9, 10]. Limitationen bestehen noch bei sehr ausgeprägten Verkalkungen und nach Stentimplantation. Abhängig von Stentdesign, Durchmesser und Material

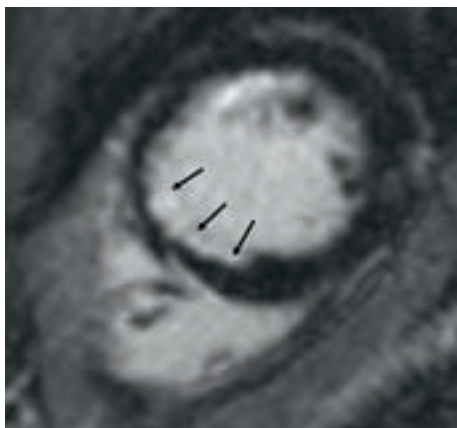


Abbildung 1: Herz-MRT mit „late-enhancement-Messungen“. – Typischer Befund nach einem nicht transmuralen Herzinfarkt im Herzseptum mit subendokardialer Kontrastmittelaufnahme im Kurzachsenschnitt (schwarze Pfeile). Das infarzierte Areal entspricht der „letzten Wiese“ der Myokardperfusion.

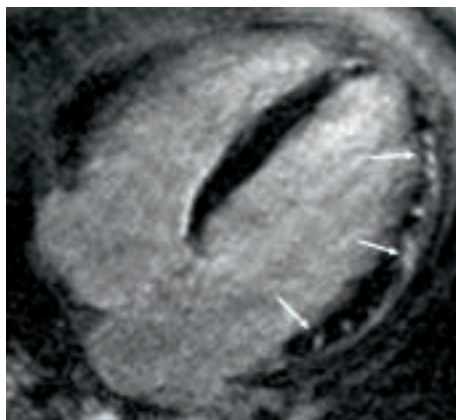


Abbildung 2: Herz-MRT mit „late-enhancement-Messungen“. – Patient mit einer Myokarditis und fleckiger Kontrastmittelaufnahme innerhalb des Herzmuskels in der Lateralwand (weiße Pfeile).

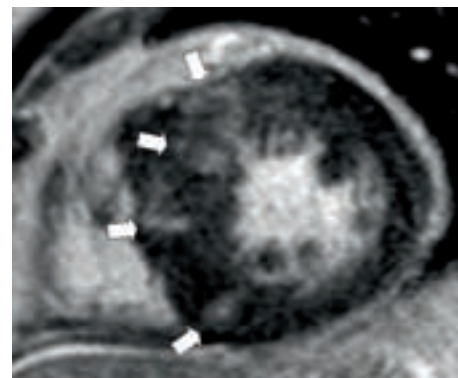


Abbildung 3: Herz-MRT mit „late-enhancement-Messungen“. – Patient mit einer hypertrophen Kardiomyopathie und fleckig-streifiger Kontrastmittelaufnahme im hypertrophierten Herzmuskel (weiße Blockpfeile), insbesondere an den Anheftungsstellen des rechten Ventrikels.

[11, 12] kann das Lumen innerhalb des Stents, insbesondere am Ein- und Ausgang des Stents nicht immer ausreichend beurteilt und somit Re-Stenosen nicht suffizient erkannt werden. Neben der Koronar-CTA kann auch eine Messung des Koronarkalks durchgeführt werden. Dessen Ursache ist immer eine Arteriosklerose und das Ausmaß des Koronarkalks hat sich neben den klassischen klinischen Risk-Scores wie zum Beispiel Framingham-Risk-Score als prognostischer Faktor für Risikostratifizierung und damit die Therapieentscheidung etabliert [13]. Herz-CT und Herz-MRT werden beide EKG-gesteuert gemessen. Daher ist die zu erzielende Bildqualität von der Herzfrequenz und deren Variabilität abhängig. Bei arrhythmischen Patienten kann die Aussagekraft eingeschränkt sein. Während Herzschrittmacher eine Kon-

traindikation zur Kardio-MRT darstellen, sind sie für die Kardio-CT kein Problem. Vielmehr bieten sie durch die regelmäßige Stimulation sogar Vorteile.

Mit der MRT können neben morphologischen Details auch funktionelle Vorgänge dargestellt und quantifiziert werden. Dies kann durch spezielle Messsequenzen oder durch die Kombination mit einem weiteren Untersuchungsverfahren (PET) erfolgen. Exemplarisch werden zwei neue auf Sequenztechnik basierende MR-Methoden vorgestellt, die neue Erkenntnisse bei der arteriellen Hypertonie aufdecken können. Mithilfe des „arterial spin labelling“ (ASL) kann ohne Einsatz von Kontrastmittel die Durchblutung (Perfusion) der Niere bestimmt werden. Hierbei wird Blut durch einen

Hochfrequenz-Impuls „markiert“ und nach einer vorgegebenen Zeitspanne kann bestimmt werden, wie viel von dem markierten Blut (ml/min/100 g Niere) durch das Organ geflossen ist [14]. Bei Patienten mit arterieller Hypertonie steigt die Nierendurchblutung signifikant an, wenn sie mit Sartanen (Angiotensin-II-Blocker) behandelt werden [15]. Neben der Messung der Organperfusion kann der Natriumgehalt im Gewebe quantitativ bestimmt werden. Bisher konnte man den Natriumgehalt im Gewebe nur durch Veraschung (also destruktiv) messen, die Natrium-MRT ermöglicht die Messung des Natriumgehalts im Gewebe in vivo und nicht-invasiv. Die bisherige Annahme, dass der Natriumgehalt im Gewebe mit dem Natriumgehalt im Serum korreliert, konnte damit widerlegt werden. Patienten mit arterieller Hypertonie

Anzeige

Konzentriert und effektiv ...

... wenn es um Ihre Privatabrechnung geht.

Unsere Profis bearbeiten seit mehr als 30 Jahren die medizinische Privatabrechnung von über 1.700 Kunden in ganz Deutschland. Erstklassige Referenzen geben Ihnen die Sicherheit mit einem kompetenten Partner zusammen zu arbeiten. Testen Sie uns ohne Risiko mit „Geld-zurück-Garantie“!



Herr Wieland freut sich auf Ihren Anruf!

089 14310-115

www.medas.de



Privatärztliche Abrechnungsgesellschaft mbH

haben im Vergleich zu einer Normalpopulation einen erhöhten Natriumgehalt im Gewebe, trotz normaler Natriumwerte im Serum [unpublizierte Daten]. Mithilfe der Natrium-MRT sind vor einer geplanten therapeutischen Intervention Patienten mit einer erhöhten Natriumlast zu identifizieren und der Effekt einer diätetischen Therapie kann objektiv überwacht werden.

Die Kombination der MRT mit der Positronenemissionstomographie (PET) vereint die Vorteile einer präzisen morphologischen Bildgebung mit der exakten Bestimmung von Stoffwechselforgängen. Während die PET-CT bereits in der Onkologie eingesetzt wird, steht die MR-PET noch ganz am Anfang der klinischen Forschung. Der kombinierte Einsatz der MRT statt der CT mit der PET hat neben einer Reduktion der Strahlenbelastung für den Patienten bei folgenden Indikationen besondere Vorteile: Herz-, Leber-, Knochenmark- und Neurobildgebung. Trotz der längeren Messzeit der MRT im Vergleich zur CT ergibt sich für den Patienten keine Verlängerung der Messzeit, da das MR- und PET-Signal gleichzeitig gemessen werden können.

Kinderuntersuchungen

Die Untersuchung von Kindern stellt besondere Ansprüche an die bildgebenden Verfahren. Die Ultraschalluntersuchung und die Echokardiographie stellen die Verfahren der Wahl bei einer Vielzahl von Indikationen, da diese Verfahren ohne Strahlenbelastung und ohne die Notwendigkeit einer Sedierung auskommen und auch funktionelle Parameter abgeleitet werden können. Durch die Verwendung hochfrequenter Ultraschallköpfe kann eine sehr hohe räumliche Auflösung erzielt werden und interventionelle Verfahren wie perkutane Biopsien, Drainageanlagen oder Repositionsmanöver können in Echtzeit kontrolliert werden. Einige Organe sind jedoch der Sonographie nicht ausreichend zugänglich, wie zum Beispiel Zentralnervensystem (bei älteren Kindern) und Lunge, darüber hinaus ist die Qualität einer Ultraschalluntersuchung von der Expertise des Untersuchers abhängig. Die MRT ist eindeutig die Methode der Wahl für die Untersuchung des Zentralnervensystems, des Abdomens und des muskuloskeletalen Systems bei elektiven Fragestellungen, wenn durch eine Ultraschalluntersuchung die Diagnose nicht eindeutig gestellt werden kann. Die CT ist die Methode der Wahl für die Untersuchung der Thoraxorgane, bekommt aber zunehmend Konkurrenz durch die MRT. Während eine CT-Untersuchung nur wenige Sekunden dauert, sind für die MRT zehn bis 20 Minuten, bei kardialen Fragestellungen, zum Beispiel im Rahmen der Diagnostik kongenitaler Herzerkrankungen bis zu 50 Minuten zu veranschlagen. Dies erfordert bei Kindern, die mit der MRT untersucht werden, in aller Regel eine Sedierung oder Narkose um Bewegungsartefakte zu vermeiden. Sind Atemhaltemanöver zu definierten Zeitpunkten notwendig, erfordert dies eine kontrollierte maschinelle Beatmung. Für die CT ist eine Anxiolyse oder leichte Sedierung in der Regel ausreichend um Bewegungsartefakte zu minimieren. Der Einsatz moderner Dual-Source CT-Geräte ermöglicht durch extrem kurze Untersuchungszeiten (0,3 bis 0,5 Sekunden) einen Verzicht auf diese Maßnahmen und weder die Atemexkursion noch Bewegungen des Kindes führen zu einer relevanten Einschränkung der Bildqualität [16]. Dadurch kann das Kind mit seinen Eltern unmittelbar nach der Untersuchung das Krankenhaus wieder verlassen, es ist keine Nachkontrollphase erforderlich. Diese schnelle Bildgebung (high-pitch spiral CT) ist insbesondere bei kardiologischen Fragestellungen (Abbildung 4) mit einer deutlichen Reduktion der Strahlenexposition verbunden [17]. Um die Strahlendosis für das Kind so gering wie mög-



Abbildung 4: Niedrigdosisuntersuchung (Dosislängenprodukt $DLP = 14 \text{ Gy}\cdot\text{cm}$) bei einem neun Tage alten Neugeborenen mit komplexer Herzfehlbildung. Untersuchung im high-pitch-mode ohne Sedierung. Exzellente, bewegungsfreie Darstellung des Herzens und des Lungenparenchyms trotz freier Atmung.

lich zu halten, kommen eine Reihe weiterer Maßnahmen zum Einsatz: adaptive Blenden, anatomieangepasste 3D-Röhrenstrommodulation, automatische Spannungsanpassung, organbezogene Dosisabsenkung und iterative Rekonstruktionstechniken. Diese Verfahren haben eine additive Wirkung, sodass die Strahlenexposition gegenüber herkömmlichen CT-Untersuchungen deutlich gesenkt werden kann, häufig sogar unter 1 mSv (zum Vergleich beträgt die effektive Dosis durch Höhenstrahlung für einen Flug Frankfurt-New York $32 \text{ bis } 75 \mu\text{Sv}$ – <http://www.bfs.de/de/ion/anthropg/flugpassagiere.html>). Das Verfahren der iterativen Bildrekonstruktion ist ein besonders aufwändiges Rechenverfahren zur Bilderzeugung, das durch wiederholte Berechnungen das Bildrauschen minimiert und dadurch diagnostische Bilder mit bis zu 50 Prozent reduzierter Dosis ermöglicht [18].

Mit der Verwendung von zwei unterschiedlichen Röhrenspannungen können unterschiedliche Gewebekomponenten differenziert werden, selbst wenn diese auf einer konven-

Das Wichtigste in Kürze

- » Die Kardio-MRT ist eine funktionelle Bildgebung des Herzmuskels und kann direkt Infarkt- oder Myokarditisareale darstellen.
- » Die Kardio-CT kann zu Risikostratifizierung für ein kardiales Ereignis und als nicht-invasive Alternative zum Ausschluss einer koronaren Herzerkrankung eingesetzt werden.
- » Der Natriumgehalt im Gewebe, der mit der MRT, nicht jedoch serologisch gemessen werden kann, dürfte in Zukunft eine wichtige Rolle bei der arteriellen Hypertonie spielen.
- » Die CT wird durch neue „Hardware“ und verbesserte Bildrekonstruktionsalgorithmen schneller und deutlich strahlenärmer. Mit dem Einsatz unterschiedlicher Röhrenspannungen können neue Kontraste erzielt werden.



Abbildung 5: Patient mit ausgeprägten Uratablagerungen bei Gicht. Die Uratablagerungen sind im Bild grün dargestellt, die Verkalkungen lila.

tionellen „monoenergetischen“ CT-Aufnahme identische Dichtewerte haben. Somit gelingt die Differenzierung von Knochen, Weichgewebe und Jod (~ Kontrastmittel), was dazu benutzt werden kann bei CT-Angiographien den Knochen automatisch zu unterdrücken, um einen ungehinderten Blick auf die Gefäße zu ermöglichen [19, 20, 21]. Des Weiteren können auch reine „Iodbilder“ berechnet und die Iodmenge quantifiziert werden um eine Abschätzung der Organdurchblutung zu erhalten. Hiermit können zum Beispiel bei der Lungenembolie Areale verminderter Jodkonzentration (als Surrogatparameter einer verminderten Perfusion) farbkodiert dargestellt werden [22, 23]. Die Methode der Dual-Energy-CT eignet sich auch um nach kontrollierter Inhalation von Xenon-Gas die Lungenventilation zu visualisieren [24, 25], dies kommt beispielsweise in der Emphysemchirurgie zum Einsatz. Nierensteine können aufgrund der abweichenden Schwächungswerte unterschiedlicher Röhrenspannung je nach Zusammensetzung unterschieden werden [26, 27], dieselbe Technik wird bei der Diagnos-

tik der Gichtarthropathie und dem Nachweis von Uratablagerungen (Abbildung 5) in der Rheumatologie eingesetzt [28].

Die Autoren erklärt, dass er keine finanziellen oder persönlichen Beziehungen zu Dritten hat, deren Interessen vom Manuskript positiv oder negativ betroffen sein könnten.

Das Literaturverzeichnis kann bei den Verfassern angefordert oder im Internet unter www.blaek.de (Ärzteblatt/Literaturhinweise) abgerufen werden.

Autoren

*Privatdozent Dr. Michael Lell,
Professor Dr. Michael Uder,
Privatdozent Dr. Rolf Janka,
alle Radiologisches Institut,
Universitätsklinikum Erlangen,
Maximiliansplatz 1, 91054 Erlangen*

Anzeige

25 Jahre
Partners im Gesundheitswesen

Med7 
Die 100% kostenlose Praxissoftware

mit KBV-Zulassung:

- ✓ KVDT (KV-Abrechnung)
- ✓ eGK
- ✓ AVWG
- ✓ Blankoformularbedruckung
- ✓ Labordatenfernübertragung

Die Nr. 1* Praxissoftware im Anwenderzuwachs bietet Ihnen zur Einführung der elektronischen Gesundheitskarte die

größte Überraschung!

*Das gab es
noch nie!*

Erleben Sie die Sensation auf www.med7.de .

*Quelle: aktuellste Jahresinstallationsstatistiken der KBV für 2009, ausgenommen Psychotherapeuten und Ambulanzen.

Bitron GmbH Bürgeler Str. 18 A 63075 Offenbach/M Tel.: 069-8600 6850 Fax: 069-8600 68521 E-Mail: info@bitron.de