



Diagnostikum

G R A Z S Ü D W E S T

EDITORIAL

Ausgabe 2 · 2002



Hintergrund und technische Aspekte Mehrschicht-Spiral-CT-Angiographie



MR-Angiographie Kontrastmittel



Bildinterpretation – Bildbearbeitung



Klinische Applikationen Supraaortale Halsarterien und Arterien der oberen Extremität



Thorakale Aorta



Pulmonalarterien



Abdominelle Aorta



Nierenarterien



Mesenterialgefäße



Becken- und Beinarterien: MR-Schrittangiographie

Mehrschicht-Spiral-CT-Koronarangiographie

Liebe Kolleginnen und Kollegen, liebe Freunde des Hauses,

schon ist wieder ein Jahr vergangen, seit wir an Sie die erste Ausgabe unseres Periodikums **DIAGNOSTIKUM** verschickt haben. Der Feedback auf die erste Ausgabe (Titel: Mehrschicht-Spiral-Computertomographie: Technik, Screening und neue Trends) war so positiv, dass wir uns umgehend an die Fortsetzung machen wollten. Leider wurde unser Plan, **DIAGNOSTIKUM** vierteljährlich aufzulegen, jedoch durch tägliche Routinearbeit, relativ rege Vortragsaktivität sowie das unverminderte Interesse an wissenschaftlicher Arbeit durchkreuzt.

Wie auch immer, der inhaltliche Schwerpunkt unserer zweiten Ausgabe befasst sich mit der State-of-the-Art-Bildgebung des Gefäß-Systems. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Computertomographie und Magnetresonanztomographie hat bewirkt, dass die invasive und wesentlich kostenintensivere Katheterangiographie in vielen Bereichen bzw. Fragestellungen des vaskulären Systems als Goldstandard mittlerweile abgelöst wurde. Mit der Mehrschicht-Spiral-Computertomographie ist es derzeit bereits möglich – wenn auch mit gewissen Einschränkungen – die Herzkranzgefäße nicht invasiv darzustellen. Durch die Schrittschiebetechnik neuester MR-Systeme ist man in der Lage – analog zur konventionellen Angiographie, jedoch ohne Strahlenbelastung und ohne Einsatz nephrotoxischer Kontrastmittel – große Gefäßregionen (z.B. von der Bauchaorta bis zu den Fußarterien) mit hoher diagnostischer Treffsicherheit darzustellen. Nach einer kurzen Einleitung über Hintergrund und technische Aspekte beider Methoden, einer Information über die Wirkungsweise der jeweiligen Kontrastmittel und die Notwendigkeit exakter dreidimensionaler Bildbearbeitung an Bildbearbeitungskonsolen, möchten wir versuchen, Ihnen die klinische Anwendung beider Verfahren näher zu bringen. Vor- und Nachteile jeder Methode – untermauert durch kurze Zusammenfassungen in Form von Textfeldern – werden anhand relevanter Indikationen aufgelistet.

Wir hoffen, Ihnen mit dieser Ausgabe eine entsprechende Übersicht über den derzeitigen Stand in der Diagnostik von Gefäßerkrankungen zu vermitteln und wünschen Ihnen viel Vergnügen und Interesse beim Lesen der 2. Ausgabe des **DIAGNOSTIKUM**.

PS: Selbstverständlich finden Sie diese und weitere Informationen auf unserer Homepage: www.diagnostikum-graz.at.

Für Anregungen, Kritik etc. sind wir sehr dankbar (e-mail: radiologie@diagnostikum-graz.at).

Frohe Weihnachten und ein gesundes und erfolgreiches 2003!

STATE-OF-THE-ART-BILDGEBUNG DES GEFÄSS-SYSTEMS

HINTERGRUND UND TECHNISCHE ASPEKTE

MEHRSCHICHT-SPIRAL- CT-ANGIOGRAPHIE UND MR-ANGIOGRAPHIE

Die Mehrschicht-Spiral-Computertomographie (MS-CT) wurde erstmals 1998 vorgestellt und hat sich relativ rasch verbreitert. Sie stellt einen Meilenstein im Hinblick auf größere Volumenabdeckung, verbesserte axiale Auflösung und Nutzung der Röntgenröhre dar. Untersuchungsprotokolle können nach klinischen Erfordernissen individuell optimiert werden. Die Einführung der 2-Schicht-Spiral-Scanner im Jahre 1993 war der erste Schritt zur Mehrzeiligkeit. Mit einer Rotationszeit von 0,5 Sekunden bei gleichzeitiger Aufnahme von 4 Schichten erreicht das derzeit gängigste MS-CT (Siemens Somatom Plus 4 Volume Zoom) eine Leistungssteigerung um den Faktor 8 im Vergleich zum konventionellen 1-Sekunden-Einzel-schicht Spiral-CT.

Diese Leistungsreserven lassen sich verschiedenartig nutzen. So kann z.B. für ein Standarduntersuchungsprotokoll die Untersuchungsdauer auf 1/8 der üblichen Zeit reduziert werden. Alternativ lässt sich bei gegebener Untersuchungsdauer das Untersuchungsvolumen auf das 8-fache vergrößern. Das bedeutsamste Potential der MS-CT liegt eindeutig in der Nutzung der erhöhten Volumen-Scan-Geschwindigkeit zur Steigerung der axialen Auflösung für die bestmögliche 3D-Bildqualität. Mit der EKG-getriggerten MS-CT können z.B. Untersuchungen der Koronar- oder Pulmonalarterien mit einer engen Kollimierung von 4x1 mm für qualitativ hochwertige 3D-Nachverarbeitungen durchge-



MR-Angiographie der supraaortalen Äste und der Halsarterien bds: Traumatische Dissektion der A. carotis interna links am Abgang mit Verschluss des Gefäßes in gesamter Länge (Pfeile).

führt werden. Zusätzlich zeigen dosisoptimierte Untersuchungsprotokolle (Rekonstruktion verschiedener Untersuchungen aus einem einzigen Datensatz, spezielle Niedrigdosisprotokolle für gezielte Fragestellungen / – beides mit dem konventionellem Spiral-CT unmöglich) die Möglichkeiten zur effektiven Dosisersparnis dieser Technik auf.

MR-ANGIOGRAPHIE

Die Einführung der kontrastmittelverstärkten dreidimensionalen (3D) Magnetresonanzangiographie (MRA) hat die Möglichkeiten der Gefäßdarstellung mittels bildgebender Verfahren erheblich erweitert. Die Technik basiert auf der selektiven Kontrastierung des arteriellen Gefäßbaumes in Verbund mit der 3D-Bildgebung. Die Methode kombiniert die intra-

venöse Bolusapplikation von nicht-nephrotoxischem, paramagnetischem, extrazellulärem Kontrastmittel (KM) mit der Akquisition schneller 3D-Datensätze. Der hohe Kontrast zwischen kontrastiertem Gefäßlumen und umliegendem Gewebe, die inhärente Dreidimensionalität, sowie Aufnahmen der Bilddaten in Hals-, Thorax- und Abdominalregion

unter Atemanhaltebedingungen garantieren eine robuste und exzellente Untersuchungsqualität.

Die Schichtungsebene kann entsprechend der Hauptachse des zu untersuchenden Gefäßbaumes frei gewählt werden. Dies ermöglicht die Abtastung größerer Gefäßregionen in sehr kurzen Untersuchungszeiten und resul-

tiert in einer Gefäßdarstellung, die der konventionellen Katheterangiographie in vielerlei Hinsicht äquivalent ist.

Entscheidend für eine qualitativ hochwertige Untersuchung ist das Leistungsprofil der MR-Gradientensysteme, die die Messzeiten beeinflussen. Kurze Messzeiten stellen die Grundlage für die Datenakquisition unter Atemhaltebedingungen dar, was für die Darstellung abdomineller und thorakaler Gefäße unabdingbar ist. Zusätzlich führen kurze Messzeiten zu einer erhöhten Konzentration des Kontrastmittels im arteriellen System, was sich wiederum in einem verbesserten Kon-

trast-zu-Rausch-Verhältnis der Gefäße gegenüber dem umliegenden Gewebe manifestiert. Die durchschnittliche Akquisitionszeit eines dreidimensionalen Datensatzes (z.B. bei der MRA der thorakalen Aorta) beträgt durchschnittlich 15 bis 25 Sekunden – eine Zeitspanne, die vom Großteil der Patienten ohne Schwierigkeiten toleriert wird. Die relativ zeitaufwendige Datennachbearbeitung an einer separaten Konsole dauert zwischen 20 und 50 Minuten.

Das Ziel der MRA-Optimierung ist es, das arterielle Gefäß-System selektiv – ohne venöse Überlagerung und störende Bewegungs-

artefakte – mit maximalem Gewebekontrast darzustellen. Um dieses Ziel zu erreichen, muss in Erinnerung gerufen werden, dass die zentralen Linien im K-Raum den Bildkontrast determinieren, die peripheren K-Linien die Bildschärfe. Um eine optimale Bildqualität zu gewährleisten, muss daher während der Akquisition der zentralen K-Linien unbedingt ein homogenes Kontrastprofil innerhalb des darzustellenden Gefäßgebietes vorherrschen. Dies setzt neben einer zeitlich abgestimmten Bolusinjektion des paramagnetischen KM auch eine Anpassung der Sequenz voraus.

KONTRASTMITTEL

CT-KONTRASTMITTEL: Die verwendeten KM sind nie-rengängige, trijodierte, nichtionische, wasserlösliche Kontrastmittel. Die Halbwertszeit für die Ausscheidung beträgt etwa 2 Stunden. Nach 1 Tag werden 98 % der Dosis renal ausgeschieden; der Rest der Ausscheidung erfolgt über die Haut, die Atmung (Respirationstrakt) und den Stuhl (Gastrointestinaltrakt).

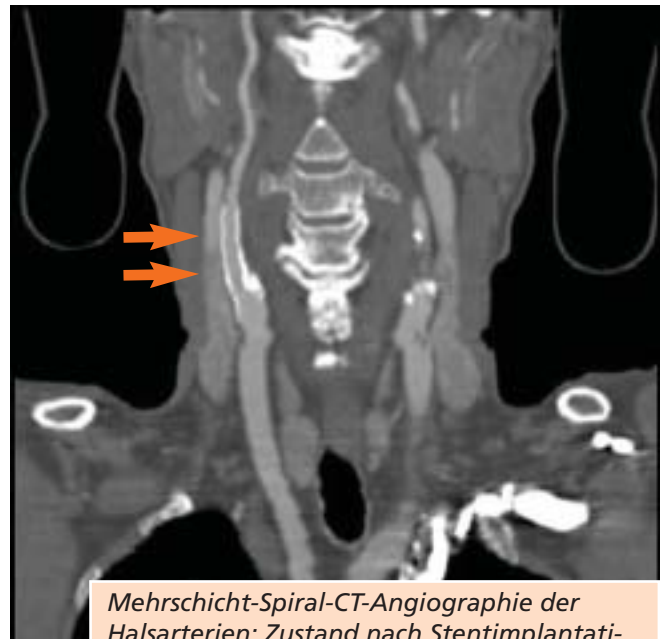
Absolute Kontraindikationen für CT-KM:

**bekannte CT-KM Unverträglichkeit
Niereninsuffizienz (Kreatinin > 2.0 mg/dl)
manifeste oder latente Hyperthyreose
Plasmozytom (Mb. Kahler)**

Relative Kontraindikationen für CT-KM:

**Schwangerschaft und Stillperiode
Phäochromozytom**

Als bekannte Reaktionen auf KM gelten das Auftreten von Wärmegefühl sowie ein bitterer Geschmack im Mund. Nach Verabreichung des KM können Unverträglichkeitsreaktionen auftreten. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass ca. 97 % der Patienten



Mehrschicht-Spiral-CT-Angiographie der Halsarterien: Zustand nach Stentimplantation der A. carotis interna rechts am Abgang. Kein Hinweis auf Re-Verschluß oder signifikante Re-Stenose.

Kontrastmittel problemlos tolerieren. Die Häufigkeit von schweren Nebenwirkungen wird mit ca. 0,04 % angegeben. Das Risiko der Untersuchung ist daher im Vergleich zum erzielten Nutzen sehr gering.

MRT-KONTRASTMITTEL: Die verwendeten gadoliniumhaltigen, extrazellulären paramagnetischen KM weisen ein sehr gutes Sicherheitsprofil auf. Anaphylaktische Reaktionen sind äußerst selten und im Promille-Bereich einzustufen. Es besteht keinerlei Nephrotoxizität. Diese Substanzen können daher bei renal insuffizienten Patienten eingesetzt werden.

Kontraindikationen für MRT-KM:

**Schwangerschaft im ersten Trimenon
bekannte MRT-KM Unverträglichkeit
Stillperiode**

Das paramagnetische KM wird im allgemeinen über einen 20 G-Venflon in die Kubitalvene injiziert. Die Injektion des KM muss bezüglich der Datenaufnahme dahingehend abgestimmt sein, dass die Substanz

in dem zu untersuchenden arteriellen Gefäßbaum während der Aufnahme der zentralen K-Linien in homogen hoher Konzentration vorhanden ist. Dies setzt zwingend die Bestimmung der Zeit voraus, die das KM vom Injektionsort in der Armvene zum Untersuchungsgebiet benötigt. Um dies zu gewährleisten, sind verschiedene automatische Kontrastbolus-Detektionsalgorithmen entwickelt worden. Die Dosierung sollte für die 3D-MRA gewichtsabhängig berechnet werden, wobei sich in letzter Zeit eine Dosierung zwischen 0,1 und 0,2 μmol pro kg Körpergewicht durchgesetzt hat. Das resultierende Volumen zwischen 20 und 40 ml sollte – in Abhängigkeit von der untersuchten Region – mit einem automatischen Injektionssystem zwischen 0,5 und 3,0 ml pro Sekunde injiziert werden.

BILDINTERPRETATION – BILDBEARBEITUNG

Um das diagnostische Potential der MS-CT und der kontrastverstärkten 3D-MRA in vollem Umfang auszunützen, bedarf es der interaktiven Rekonstruktion der Datensätze auf einer Workstation (Bildbearbeitungskonsole).



*MR-Angiographie der oberen Extremität links:
Kurzstreckige über 90 %ige Stenose der A. subclavia
links im mittleren Gefäßsegment.*

Dreidimensionale Bilder sämtlicher untersuchter Schichten oder aber ausgewählte Schichtbilder sind für Demonstrations- oder Dokumentationszwecke sowie eine etwaige präoperative Planung mittlerweile unerlässlich. Für die Diagnose sollten die Datensätze allerdings in verschiedenen Ebenen dargestellt werden. Oftmals können selbst ausgeprägte venöse Überlagerungseffekte durch eine derartige interaktive

Bearbeitung der 3D-Datensätze kompensiert werden. Die beliebige Wahl der Schichtebene hilft insbesondere bei der Interpretation von Gefäßabgängen. Die Dreidimensionalität des zugrundeliegenden Datensatzes stellt auch gegenüber der konventionellen Katheter-Angiographie einen erheblichen Vorteil dar. Neueste Entwicklungen in der 3D-Software erlauben sogar Blicke ins Innere z.B. der Gefäße (**virtuelle Angioskopie**), des Tracheobronchialsystems (**virtuelle Tracheobronchoskopie**) oder des Gastrointestinaltraktes (**virtuelle Colonoskopie**). Wir sind stolz, Ihren Patienten dieses Feature als eines der wenigen privaten Institute Österreichs und einziges in der Steiermark anbieten zu können.

KLINISCHE APPLIKATIONEN

SUPRAAORTALE HALSARTERIEN UND ARTERIEN DER OBEREN EXTREMITÄT

Die MRA stellt bei der Abklärung von Pathologien der supraaortalen Halsgefäße die Methode der Wahl dar. Das diagnostische Spektrum umfasst die „klassische“ **Carotis-Interna-Stenose, Kompressions- (Thoracic-Outlet) und Steal-Syndrome, Thromb-Embolien** der oberen Extremität, die Beurteilung von **Dialyse-shunts** sowie die Abklärung des **Vasospasmus** (Raynaud-Erkrankung und Raynaud-Phänomen). Durch geeignete Parameterwahl, optimale Spulenkombination und richtiges KM-Timing beträgt die effektive Aufnahmezeit der untersuchten Region unter Atemanhaltebedingungen weniger als 25 Sekunden. Mit einer Sensitivität von 95 % und einer Spezifität von 85 % für die Diagnose signifikanter Carotisstenosen belegen international hochrangig publizierte Vergleichsstudien zwischen MRA und konventioneller digitaler Subtraktionsangiographie (DSA) das hohe diagnostische Potential der MRA.

Andere bildgebende Verfahren? Alternativ zur MRA wird in der Abklärung der Carotisstenose häufig auch die farbkodierte Duplex-Sonographie (FCDS) verwendet. Eindeutige Vorteile des Duplex-Ultraschalls sind die weite Verfügbarkeit, der relativ günstige Preis und die Möglichkeit,

das Flussprofil zu beurteilen. Dem gegenüber stehen jedoch viele Nachteile, wie z.B. die niedrige Inter- und Intraobservervariabilität (fehlende Reproduzierbarkeit) und Probleme in der Beurteilung von Patienten mit ungünstiger Anatomie (z.B. Kurzhals, Adipositas) oder variantenreichen Gefäßverläufen (z.B. Coiling, Kinking). Darüber hinaus können oft nur unverlässliche Aussagen über den Abgangsbereich der supra-

THORAKALE AORTA

Die thorakale Aorta lässt sich – basierend auf ausgezeichnetem Kontrast und Dreidimensionalität – sowohl mit der KM-verstärkten 3D-MRA als auch mit der MS-CTA hervorragend beurteilen. Sämtliche Pathologien der thorakalen Aorta können mit diesen Methoden charakterisiert werden. Eine detaillierte Beurteilung der **Gefäßabgänge der supraaortalen Äste** wird anhand der 3D-Datensätze ebenso möglich. Im Fall der thorakalen **Aorten-dissektion** werden beide Lumina sowie die Intimaablösung klar dargestellt. Problemlos können die Abgänge der großen supraaortalen Äste dem jeweiligen wahren und falschen Lumen zugeordnet werden. Durch Datennachbearbeitung und Rekon-

aortalen Äste (geringe diagnostische Treffsicherheit in der Erkennung von Tandemstenosen) und den Status der vertebrobasilären Gefäße getroffen werden. Basierend auf diesen Nachteilen wird vor einem operativen Vorgehen eine MS-CTA oder MRA gefordert. Auch die MS-CT wird in nächster Zukunft eine weitaus bedeutendere Rolle in der Diagnostik der A. carotis interna-Stenose spielen, da ein bestimmtes Patientenkollektiv nun auch endovaskulär durch Stentimplantationen erfolgreich behandelt wird und die Integrität von Stents nur mittels MS-CT gut beurteilbar ist.



MR-Angiographie beider Hände: Deutlich verminderte Perfusion des dritten Fingers links und des Daumens rechts, im Einklang mit der Anamnese vereinbar mit Raynaud-Erkrankung.

struktionen an der Workstation ist es möglich, die genaue Lokalisation der Intimaperforation zu bestimmen.

3D-MRA und MS-CTA sind für den Nachweis und die exakte morphologische Erfassung thorakaler **Aneurysmen** die bildgebenden Verfahren der ersten Wahl. Die MRA ermöglicht in jedem Fall die Differenzierung zwischen Thrombus und langsamen Fluss. Die KM-verstärkte 3D-MRA ist vor allem zur Evaluierung **kongenitaler aortaler Missbildungen** geeignet. Bei diesem oftmals jungen Patientenkollektiv ist die fehlende Invasivität von eminenter

Bedeutung. Stenosen und Kollateralgefäße wie z.B. bei der **Koarktatio** können hervorragend dargestellt werden. Ebenso werden Anomalien des Aortenbogens (z.B. A. lusoria, doppelter Aortenbogen u.v.m.) klar dokumentiert.

MEHRSCHICHT-CTA ODER MRA?

Bis dato wurde immer wieder der Vorteil der größeren Verfügbarkeit der CT hervorgehoben, was derzeit jedoch nicht zutreffend ist.

Die Verfügbarkeit der MS-CT ist derzeit geringer als die der MRT. Der Vorteil der MS-CTA liegt in einer schnelleren Durchführung der Untersuchung, was vor allem bei Intensiv- und Akutpatienten von großer Bedeutung ist. Die Nachteile der MS-CTA liegen in der fehlenden Beurteilung der Aortenklappenintegrität bei thorakal ascendierenden Aortenaneurysmen bzw. Aortendissektionen.

PULMONALARTERIEN

MS-CTA und MRA erlauben eine nicht invasive Darstellung der Pulmonalarterien. Die räumliche Auflösung ist – auch bei sehr kurzen Aufnahmezeiten von 15 Sekunden – ausreichend, um den pulmonalen Gefäßbaum bis zur Subsegmentarterienebene zu beurteilen. Beide Techniken eignen sich nicht nur zur Diagnostik der **pulmonalarteriellen Embolie**, sondern auch zur Beurteilung **kongenitaler Veränderungen** des pulmonalen Gefäßbaumes. Gerade bei der **Abklärung der pulmonalarteriellen Hypertonie** hat sich die 3D-MRA bewährt. Durch die Möglichkeit der Datenreformatierung können die zentralen Pulmonalgefäße ohne Überlappungen dargestellt werden. Seitendifferenzen und Kalibersprünge gegenüber dem peripheren Gefäßbaum sind gut darstellbar. Zusätzlich können chirurgisch angelegte **Shunts** zwischen dem systemischen und pulmonalarteriellen System beurteilt werden.

MEHRSCHICHT-CTA ODER MRA?

Die MS-CTA stellt derzeit die primäre Untersuchungsmodalität und den Goldstandard bei der Abklärung von Patienten mit akuter PAE dar. Bei dieser Fragestellung hat die kontrastmittelverstärkte 3D-MRA derzeit nur einen klinischen Stellenwert, wenn Kontraindikationen für eine intravenöse Röntgenkontrastmittelgabe bestehen. Aufgrund der höheren örtlichen Auflösung bietet die MS-CT gegenüber der MRA auch bei der Abklärung von Patienten mit chronischer PAE Vorteile in der Beurteilung subsegmentaler und weiter peripher gelegener Äste. Die Durchführung einer DSA ist bei negativem MS-CT Befund und unver-



MR-Angiographie der thorakalen Aorta: Adulte Form der Aortenkoarktation mit Kollateralkreisläufen (Pfeil).

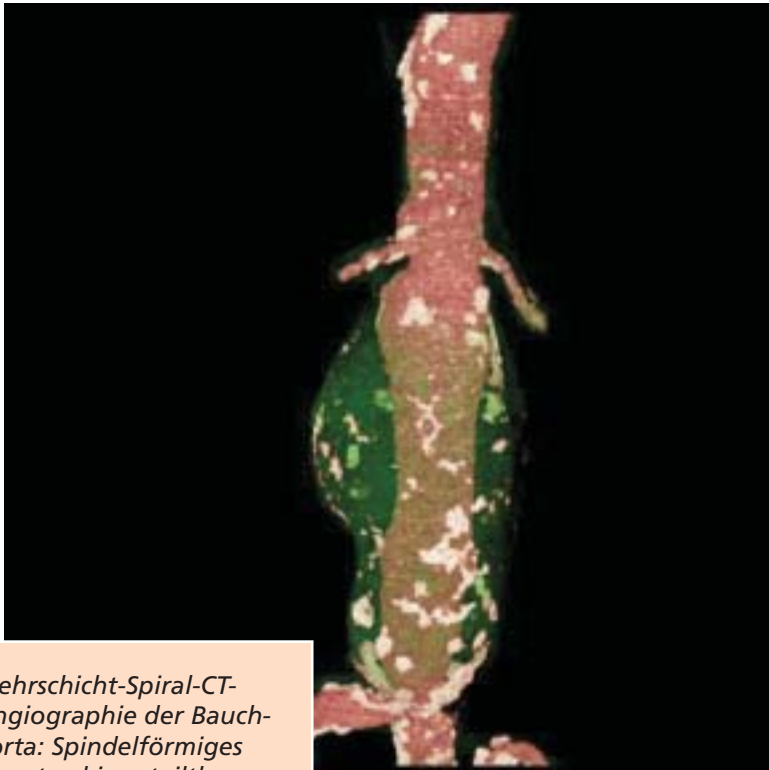
ändert dringendem klinischen Verdacht unerlässlich, zumal pulmonalarterielle Embolien auf präkapillarer Ebene derzeit nur mit der konventionellen DSA darstellbar sind.

ABDOMINELLE AORTA

Mit übereinstimmenden Sensitivitäts- und Spezitivitätswerten von 100 % dokumentieren zahlreiche Studien eine hervorragende

liche Aussage über Stentimplantate, wie beispielsweise Lage und Integrität etc., nur mittels MS-CTA möglich ist.

teres kann im Anschluss daran – sowohl mit der MS-CTA als auch mit der MRA – die Perfusion parenchymatöser abdominaler Organe beurteilt werden. Organinfarkte, sowie Perfusionsanomalien und -varianten, wie im Fall der Nieren, können frühzeitig und mit hoher Sensitivität erfasst werden. Bei der Beurteilung von Patienten mit **Leriche-Syndrom** sind beide Verfahren fest im klinischen Alltag etabliert. Aufgrund des hervorragenden Bildkontrastes werden mit der 3D-MRA nicht nur die zuführenden, proximal der Aortenokklusion gelegenen Gefäße dargestellt, sondern auch die distalen Anschlussgefäße.



Mehrschicht-Spiral-CT-Angiographie der Bauch-aorta: Spindelförmiges langstreckiges teilthrombosiertes infrarenales Aortenaneurysma (thrombosierter Anteil in grün dargestellt).

Korrelation zwischen MS-CTA, 3D-MRA und konventioneller Katheterangiographie bei der Beurteilung verschiedenster aortaler Pathologien. Als nicht-invasive Methode ohne Strahlenbelastung, bei der nicht-nephrotoxische KM zum Einsatz kommen, wurde die MRA in der Beurteilung abdominell-aortaler Pathologien etwas in die Favoritenrolle gestellt. Vorteile hat die MS-CTA in der Beurteilung von **endovaskulär sanierten Aortenaneurysmen**, zumal eine verläss-

Mit beiden Techniken gelingt neben der Beurteilung des aortalen Gefäßdurchmessers eine genaue Darstellung der **viszeralen Gefäßabgänge**, welche bei der Abklärung aortaler Aneurysmen von erheblicher Bedeutung sind. Die Vorteile der Dreidimensionalität kommen insbesondere bei der Beurteilung von **Dissektionen** zum Tragen. Mit Hilfe der multiplanaren Bildnachbearbeitung können die Abgänge der Viszeralarterien den wahren und falschen Lumina problemlos zugeordnet werden. Die abgelöste Intima kann mit den entsprechenden Einrissen in vollem Umfang evaluiert werden. Wei-

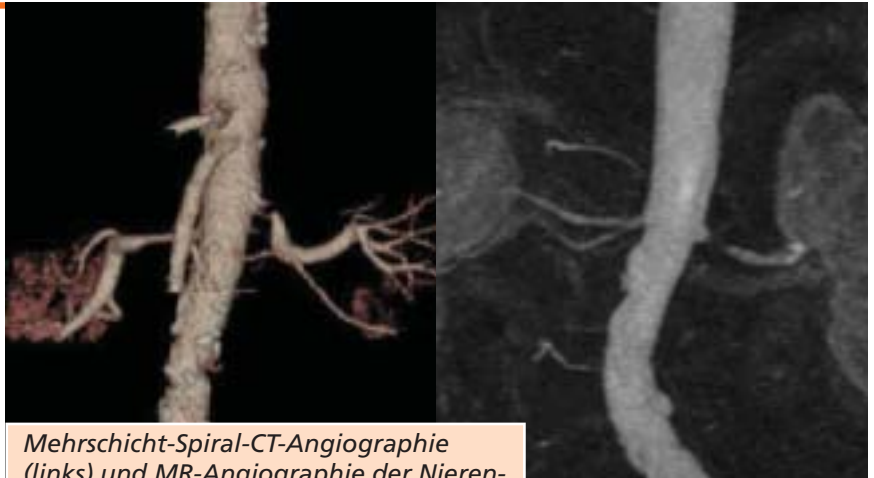
MEHRSCHICHT-CTA ODER MRA?

Bei der Abklärung von Patienten mit abdominellen Aortenaneurysmen stellt die MS-CTA derzeit aufgrund der einfacheren Handhabung und besseren Kosteneffizienz die primäre Untersuchungsmodalität dar. Als Goldstandard gilt die MS-CT bei Patienten nach endovaskulärer Stentimplantation, da die feine Titangeflechtsstruktur bei Stentprothesen mit der MRA naturgemäß nicht beurteilt werden kann. Die MRA besitzt etwa das gleiche diagnostische Potential wie die MS-CT. Als primäre Untersuchungsmodalität kommt sie vor allem bei Patienten mit Kontraindikationen für eine intravenöse Röntgenkontrastmittelgabe zum Einsatz.

NIERENARTERIEN

Stenosen der Nierenarterien können sowohl zur Ausbildung einer sekundären Hypertonie wie auch einer Niereninsuffizienz führen. In 2/3 der Fälle sind die Veränderungen **arteriosklerotisch** bedingt. Meist handelt es sich dabei um die renale Manifestation eines generalisierten Befalles des gesamten Gefäß-Systems. Betroffen von diesen oft exzentrischen und progressiv verlaufenden Stenosen ist in den meisten Fällen der Abgangsbereich bzw. das proximale Drittel der Nierenarterien. Bei ca. 30 % der Patienten finden sich beidseitige Stenosen der Nierenarterien. Die **fibromuskuläre Dysplasie** dagegen betrifft vor allem jüngere Frauen. Die möglichst frühzeitige Erkennung assoziierter Veränderungen an den Nierenarterien ist in Anbetracht der erheblichen Folgeschäden von großer Bedeutung.

Für eine ausgezeichnete diagnostische Bildqualität ist es unbedingt notwendig, die 3D-MRA der Nierenarterien unter Atemanhaltebedingungen durchzu-



Mehrschicht-Spiral-CT-Angiographie (links) und MR-Angiographie der Nierenarterien (rechts): Höhergradige Kaliberunregelmäßigkeiten der Nierenarterien mit signifikanter über 75 %-iger Nierenarterienabgangsstenose links.

führen. Nach Optimierung der Technik gelingt die Darstellung in weniger als 20 Sekunden. Internationale Vergleichsstudien haben bei der Identifikation signifikanter proximaler Nierenarterienstenosen eine Sensitivität von 97 % und eine Spezifität von 92 % nachgewiesen. Bei signifikanten Stenosen im mittleren und distalen Segment liegt die diagnostische Treffsicherheit aufgrund der limitierenden Ortsauflösung bei 75 %. Dabei wurde die hämodynamische Signifikanz als eine über 50 %-ige Reduktion der Querschnittsfläche definiert.

Nach Beurteilung der Nierenarterien ist die MRA die Methode der Wahl. Der eminente Nachteil der MS-CTA liegt vor allem in der unabdingbaren Verwendung von Röntgenkontrastmitteln, welche nachweislich nephrotoxisch wirken und zu einer Verschlechterung der oft ohnehin bereits beeinträchtigten Nierenfunktion dieser Patienten führen können. Als „first-line-modality“ kommt die MS-CT optional nur bei Patienten mit den allgemein bekannten Kontraindikationen für eine MRT-Untersuchung und bei Patienten mit Stentimplantaten in der Nierenarterie in Betracht.

MEHRSCICHT-CTA ODER MRA?

MESENTERIALGEFÄSSE

Eine Einengung von zwei der drei mesenterialen Hauptgefäße (A. mesenterica superior – AMS, A. mesenterica inferior – AMI und Truncus coeliacus) gilt bei entsprechender Symptomatik als für eine **chronische mesenterielle Ischämie** beweisend. Mit der MS-CTA und Kontrastmittelverstärk-

ten 3D-MRA lassen sich in diesen Gefäßgebieten **Stenosen** wie auch **Verschlüsse** mit hoher Genauigkeit nachweisen. Durch eine zusätzliche funktionelle Untersuchung mittels MR-Flussmessung kann die sogenannte postprandiale Flussreserve bestimmt werden. So belegt ein

nicht signifikanter Anstieg des arteriellen Flussvolumens nach kalorischer Stimulation die hämodynamische Relevanz einer Stenose.

Akute arterielle Embolien wie auch Thrombosen sind verantwortlich für **die akute Mesenterialischämie**. Eine schnelle,

für Patienten nicht belastende Untersuchung erleichtert die Diagnostik und kann die Einleitung einer entsprechenden Therapie deutlich beschleunigen. Die für die arterielle Embolie typische Lokalisation im Bereich des Abganges der Arteria colica media kann mit beiden Methoden sehr gut beurteilt werden. Kleinere bzw. periphere Äste entziehen sich leider aufgrund der begrenzten räumlichen Auflösung einer umfassenden Beurteilung mit der 3D-MRA.

MEHRSCICHT-CTA ODER MRA?

Die MS-CT ist bei der Beurteilung der Mesenterialgefäße als „first-

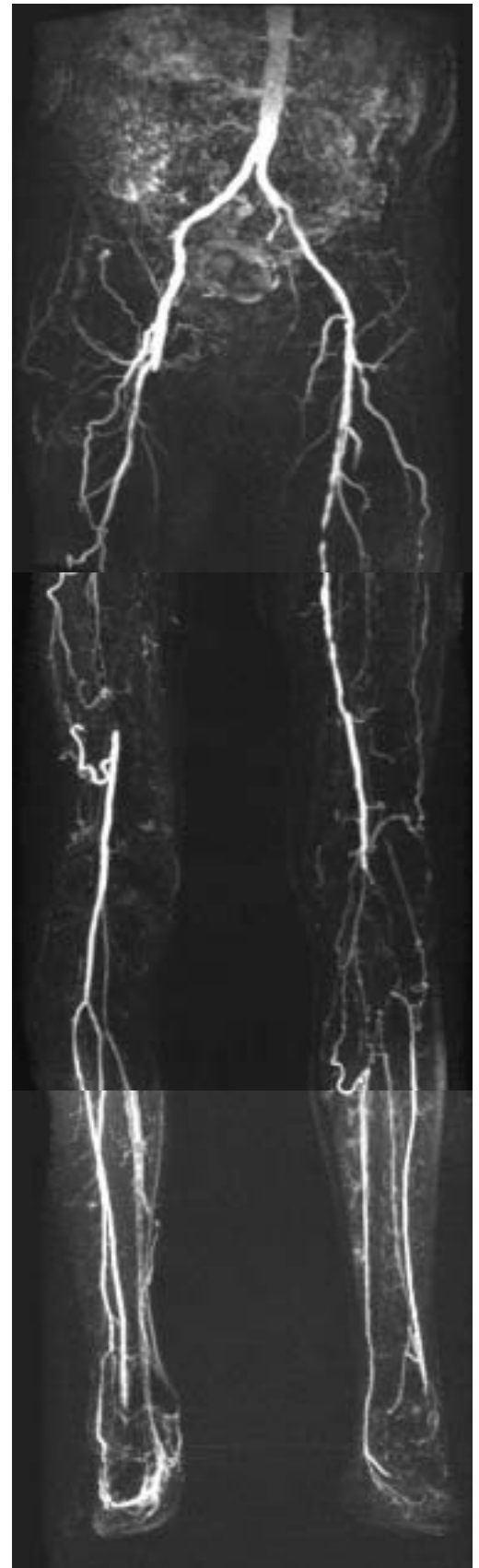
line-modality“ in Betracht zu ziehen. Die Vorteile liegen in der besseren örtlichen und zeitlichen (schnellere Untersuchungszeit) Auflösung. Die Nachteile liegen in der fehlenden Beurteilbarkeit der chronischen mesenterialen Ischämie, da Flussmessungen mittels CT-Technologie nicht möglich sind. Betont werden muss, dass bei Patienten mit akuter Mesenterialembolie und negativer MS-CT- und/oder MRA – ähnlich wie bei der Abklärung der akuten PAE – die konventionelle DSA durchzuführen ist, zumal Embolien in den periphersten Gefäßanteilen oft der Schnittbildgebung entgehen können.

BECKEN- UND BEINARTERIEN: MR-SCHRITTANGIOGRAPHIE

Die kontrastmittelverstärkte 3D-MRA der Becken-, Oberschenkel- und Unterschenkelarterien stellt eine Alternative zur konventionellen digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) dar. Die Vorteile der MR-Angiographie manifestieren sich in der fehlenden Invasivität, dem dadurch entsprechend reduzierten Komplikationsrisiko, sowie dem Einsatz von nicht-nephrotoxischem Kontrastmittel. Eine Patientenüberwachung im Anschluss an die Untersuchung ist nicht erforderlich, was die Untersuchung wesentlich kostengünstiger macht.

Durch die Einführung sogenannter **Tischverschiebe-Techniken** ist es ähnlich wie bei der konventionellen Katheterangiographie nun auch mittels der MR-

Technologie möglich, den Kontrastmittelbolus **von der infra-renalen Bauchaorta bis zu den Knöchelarterien** zu verfolgen. Während der kontinuierlichen Applikation von extrazellulärem, paramagnetischem KM wird der Untersuchungstisch bewegt, sodass bis zu drei überlappende 3D-Datensätze akquiriert werden können. Dies erfolgt bei Flussraten zwischen 0,8 – 2 ml/Sekunde mit Hilfe einer automatischen Injektionspumpe. Der erste und kranial gelegene 3D-Datensatz wird auf Höhe der infrarenalen Bauchaorta und Beckenarterien-



MR-Schrittangiographie der Becken- und Beinarterien bds: Langstreckiger Verschluss der AFS rechts und höhergradige Kaliberunregelmäßigkeiten beider Becken- und Beinarterien mit signifikanter AFS-Stenose links und längerstreckigem A. poplitea Verschluss links.

etage zentriert, der zweite mittlere Datensatz auf Höhe der Femoralarterien, der dritte und distal gelegene Datensatz auf Höhe der Popliteal- und Unterschenkelarterien. Zwischen den Aufnahmen wird der Untersuchungstisch mit dem Patienten um ca. 40 cm verschoben. Schließlich werden drei überlappende 3D-Datensätze mit je einem Gesichtsfeld von ca. 48 cm rekonstruiert.

Die 3-dimensionale MRA der Becken- und Beinarterien ist robust und erlaubt somit innerhalb einer Gesamtuntersuchungsdauer von ca. 20 Minuten die umfassende Darstellung des arteriellen Gefäßgebietes von der infrarenalen Bauchaorta bis zu den distalen Unterschenkelarterien. International präsentierte

Daten aus unserem Haus weisen für die Schritt-MRA mit neuester Oberflächenspulentechnik im Vergleich mit der Katheterangiographie eine diagnostische Genauigkeit von 75 % für die Erkennung einer hämodynamisch signifikanten Stenose (Sensitivität 90 %; Spezifität 84 %) auf. Da Gefäße unabhängig von der Flussrichtung dargestellt werden, können auch retrograder Blutfluss, beispielsweise im Bereich von Graft-Anastomosen oder auch komplexe Flussmuster wie bei arteriovenösen Fisteln hervorragend dargestellt werden.

Andere bildgebende Verfahren? Alternativ zur MR-Schrittangiographie können die farbkodierte Duplex-Sonographie und die MS-CT zur Diagnostik der

PAVK herangezogen werden. Die Nachteile des Ultraschalls sind die fehlende Reproduzierbarkeit, diagnostische Probleme bei extrem verkalkten Gefäßen, lange Untersuchungszeiten und die fehlende bzw. mangelhafte Beurteilbarkeit der Unterschenkelarterien. Die MS-CTA ist auf Grund der Strahlenbelastung bei Patienten, die keine Kontraindikationen zur MR-Angiographie aufweisen, nicht indiziert. Außerdem ist die Beurteilung stark verkalkter peripherer Gefäße mit der MS-CT deutlich eingeschränkt. Die konventionelle Schrittangiographie ist im Jahr 2002 als primäres diagnostisches Verfahren in der Abklärung der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit obsolet.

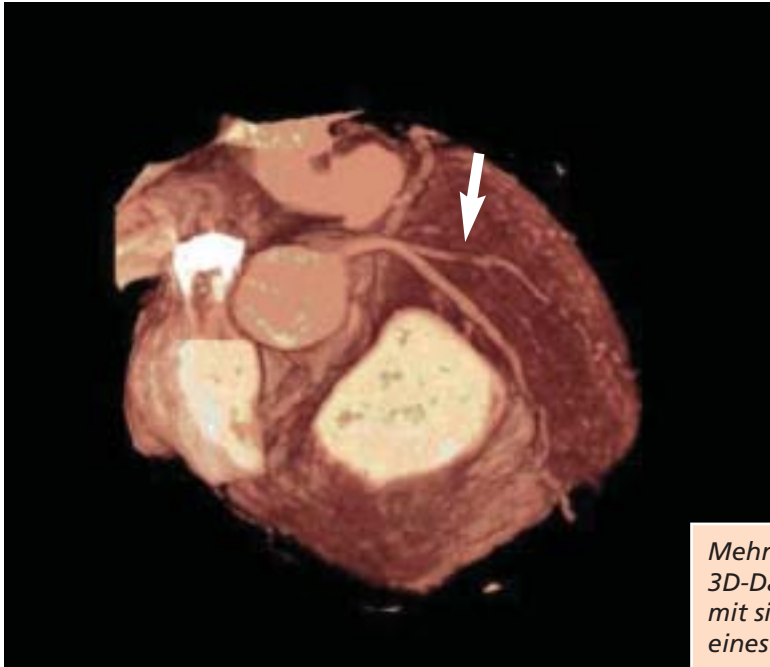
HERZ: MEHRSCHICHT-SPIRAL-CT-KORONARANGIOGRAPHIE:

Mit der (4-Schicht) MS-CT eröffnete sich nach mehrjähriger Anwendung – vor allem im universitären Bereich – und den daraus resultierenden, vielversprechenden Publikationen in hochrangig gelisteten Zeitschriften eine neue und potente Methode zur **Erkennung signifikanter Einengungen und/oder Verschlüsse der Koronararterien oder Koronarbybässe**. Diese kann, z.B. im Anschluss an die Koronarkalkbestimmung, die in den USA mittlerweile integraler Bestandteil in der Risikoprofilierung von KHK-Patienten ist,

problemlos durchgeführt werden. Mit hochauflösenden Untersuchungsparametern wie z.B. einer Kollimation von 4 x 1 mm, einem Tischvorschub von 3 mm pro Sekunde und einer effektiven Aufnahmezeit von 250 Millisekunden erhält man hochauflösende Bilder: die Schichtdicke ist geringer als der Gefäßdurchmesser im proximalen und mittleren Segment der Herzkranzgefäße. Internationale Studien weisen für die MS-CTA der Koronararterien eine durchschnittliche positive diagnostische Voraussagekraft von 70 % und eine negative dia-

gnostische Voraussagekraft von 95 % auf. Somit ist der Ausschluss einer signifikanten Einengung der Herzkranzgefäße im proximalen und mittleren Gefäßsegment nicht-invasiv fast immer möglich. Einschränkungen in der Bildqualität und in der Interpretation kann es bei Patienten mit einer Herzfrequenz von 70 Schlägen/min. oder mehr geben. Dem kann durch perorale Gabe von β -Blockern (100 mg Metoprolol) 30 Minuten vor Beginn der Untersuchung effizient entgegengewirkt werden.

Durch neue Software-Algorith-



Mehrschicht-Spiral-CT-Koronarangiographie: 3D-Darstellung der Herzkranzgefäße mit signifikanter Stenose eines Seitenastes.

men kann nun sogar der Stenosegrad in Gefäßen mit bereits implantierten Stent quantifiziert werden. Durch die MS-CT konnte die Beurteilung der Herzkranzgefäße um einen zusätzlichen diagnostischen Schritt erweitert werden – es ist erstmals möglich, nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität (Kalk-Fett-Thrombus) der Stenose verlässlich zu beurteilen.

SCHLUSSBEMERKUNG

Die MS-CTA und die Kontrastmittel verstärkte 3D-MRA stellen heute den Goldstandard in der Diagnostik arterieller Pathologien in Hals, Thorax, Abdomen, Becken und Peripherie dar. Dreidimensionalität und virtuelle Einblicke in Gefäße, kurze Untersuchungszeiten, nicht-nephrotoxi-

sche Kontrastmittel (in der MRA), fehlende Invasivität sowie hohe Kosteneffizienz und die ausgezeichnete diagnostische Genauigkeit sind die Eckpfeiler des raschen Erfolges beider Techniken. MS-CTA und Kontrastmittel verstärkte 3D-MRA sollten daher nicht als konkurrierende, sondern

vielmehr als sich ergänzende Verfahren angesehen werden. Der Einsatz dieser beiden Methoden wird in der nächsten Zukunft – vor allem in der Diagnostik der Koronararterien – durch die zahlreichen, bereits heute absehbaren technischen Verbesserungen noch zusehends ausgeweitet werden.



Institut für Mehrschicht-Spiral-Computertomographie und Magnetresonanztomographie

- einzige private Mehr-(4-)Schicht-CT
- offenes MRT bes. für Platzangstpatienten und Kinder
- 1.5 Tesla Hochfeld-MRT
- Chefarztbewilligung per Fax
- Parkplätze und Kinderbetreuung
- gesamtes Untersuchungsspektrum inkl. MRT des Herzens und Mehrschicht-CT-Angiographie der Herzkranzgefäße, MR-Mammographie
- Vorsorgeuntersuchung wie virtuelle CT-Colonoskopie, Kalkanalyse der Herzkranzgefäße und Niedrigdosis-CT der Lungen



Impressum

Für den Inhalt verantwortlich:

Univ. Doz. Dr. Klaus W. Preidler, Univ. Doz. Dr. Dieter H. M. Szolar • Weblinger Gürtel 25, 8054 Graz-Straßgang
 Tel. +43(316)2477, Fax +43(316)2477-24 • e-mail: radiologie@diagnostikum-graz.at; www.diagnostikum-graz.at
 Privat und alle Kassen

Herstellung:

Jost Druck & Medientechnik, A-8940 Liezen, www.jostdruck.com

Siemens **medical**
Solutions that help

Sprechen Sie mit uns:
E-Mail: imaging@siemens.at
 oder besuchen Sie uns im Internet:
www.siemensmedical.com

SERVICE.  UNVERWECHSELBAR



www.hypobank.at