

Morphologisches Erscheinungsbild neuroendokriner Tumoren des Dünndarms im MR-Enteroklysma

Neuroendokrine Tumoren (NET) des Dünndarms sind sehr selten und machen nur ca. 1–2% aller gastrointestinalen Tumoren (GIT) aus. Dennoch stellen sie die zweithäufigste maligne Erkrankung des Dünndarms dar [1, 2]. Nach ihrer embryonalen Genese teilt man sie ein in endokrine Vorderdarm- (Magen, Duodenum, Pankreas, Lunge), Mitteldarm- (Jejunum, Ileum, Appendix, rechter Kolonabschnitt) und Enddarmtumoren (linker Kolonabschnitt, Rektum; [3]). Karzinoide sind langsam wachsende Tumoren. Fast 50% aller Karzinoide sind in der Appendix, ca. 33% im Dünndarm lokalisiert. Etwa 70% dieser NET sind wiederum im Ileum lokalisiert, v. a. im terminalen Ileum und in absteigender Häufigkeit im Jejunum [4, 5]. Karzinoide können lymphogen und hepatisch metastasieren. Dabei liegt die Inzidenz einer lymphogenen und hepatischen Metastasierung bei einer Primärtumorgröße von unter 1 cm bei ca. 20–30%. Bei einer Tumorgröße von über 2 cm erhöht sich die Inzidenz einer lymphatischen Metastasierung deutlich auf ca. 80% und die einer hepatischen Metastasierung auf ca. 40–50% [2].

Karzinoide weisen ein langsames, zunächst submuköses Wachstum auf. Im weiteren Verlauf kann der Tumor zu Wandverdickungen führen und ulzerieren. Dehnt sich der Tumor jenseits der Darmwand aus und infiltriert er das Mesenterium, kommt es zu einer charakteristischen desmoplastischen fibrösen Reaktion in der angrenzenden Subserosa und im Mesenterium, vermutlich auf-

grund der Sekretion von Serotonin. Dabei werden die Darmschlingen verzogen, sind fixiert oder zeigen Knickbildungen und gelegentlich Zeichen einer Ischämie, wenn auch Gefäße in den Prozess einbezogen sind [6].

Karzinoide des Dünndarms sind schwierig zu diagnostizieren, da sie meist nur eine geringe Größe aufweisen und auch multifokal auftreten. Die Methode der Wahl zur Diagnostik und Lokalisation war bisher die konventionelle Bariumdoppelkontrastuntersuchung, wobei das Enteroklysma für den Nachweis des Primärtumors etwas sensitiver ist als die einfache Dünndarmpassage [7]. Da mit beiden Verfahren jedoch hauptsächlich das Darmlumen dargestellt wird und die Effekte im Mesenterium nur indirekt erfasst werden können, ist die Aussagekraft dieser Untersuchungsmethoden begrenzt.

Die Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) vermögen dagegen sowohl das Darmlumen und die -wand, als auch das angrenzende Mesenterium, die Lymphknoten und die abdominalen Organe abzubilden und ermöglichen so eine umfassende Aussage über den Primärtumor und seine mögliche lokoregionäre Metastasierung.

Die Sensitivität der CT für die Detektion von Karzinoiden des Dünndarms konnte in den vergangenen Jahren erheblich verbessert werden. Dafür war die Einführung des CT-Enteroklysmas (CTE) maßgeblich, einer CT mit zusätzlicher Füllung und Distension des Darms durch Kontrastmittel während der Unter-

suchung [2, 6]. Diese Methode ist allerdings mit einer erheblichen Strahlenbelastung verbunden.

Das MR-Enteroklysma (MRE) erfordert gleichfalls eine aktive Darmdistension. Die Untersuchung ist nicht mit einer Strahlenexposition verbunden und zeichnet sich durch einen hohen Weichteilkontrast aus. Das MRE ist mittlerweile bei entzündlichen Darmerkrankungen, insbesondere dem Morbus Crohn, etabliert [8, 9, 10]. Über die Aussagekraft des MRE bei Dünndarmtumoren liegen bisher keine Berichte vor. Einzelne wenige Kasuistiken beschreiben die Karzinoide und ihre Metastasen in der MRT [1, 2], jedoch ohne dass dabei eine Optimierung der Untersuchungsbedingungen durch eine Distension des Darms genutzt wurde.

In diesem Beitrag wird erstmals das morphologische Erscheinungsbild primärer Karzinoide des Dünndarms im MR-Enteroklysma beschrieben und die Wertigkeit des MR-Enteroklysmas bei der Lokalisation dieser Tumoren und ihrer lokoregionären Metastasen evaluiert.

Patienten und Methode

Patienten

Im Zeitraum von Januar 2005 bis November 2008 wurden 20 Patienten mit dem Verdacht auf einen neuroendokrinen Tumor des Dünndarms mit dem MRE untersucht. Bei 15 Patienten mit einem mittleren Alter von 64 (44–85) Jahren (m=8, w=7) erfolgte im Anschluss eine chirurgische

Morphologisches Erscheinungsbild neuroendokriner Tumoren des Dünndarms im MR-Enteroklysmas

Zusammenfassung

Hintergrund. Ziel der Studie war es, den Wert des MR-Enteroklysmas (MRE) bei der Lokalisierung und Charakterisierung primärer Dünndarmkarzinome zu ermitteln und typische Merkmale in der Bildgebung zu beschreiben.

Material und Methoden. Zwanzig Patienten mit Verdacht auf ein primäres Dünndarmkarzinom wurden rekrutiert für ein MRE nach nasojejunalen Intubation und Dünndarmfüllung mit 2,5 l einer 0,5%igen Methylcellulose-Lösung unter MR-fluoroskopischer Führung. Das MRE wurde in einem 1,5-T-MR-Tomographen durchgeführt, angefertigt wurden T2-gewichtete SSFSE- und SSFP-Sequenzen sowie kontrastverstärkte T1-gewichtete GRE-Sequenzen mit Fettsättigung. Fünfzehn Patienten mit anschließender chirurgischer Resektion des primären Dünndarmkarzinoms wurden retrospektiv in die Studie aufgenommen. Alle MRE wurden von 2 Fachärzten für Radiologie hinsichtlich folgender Aspekte beurteilt: Vorhandensein, Lokalisation, Anzahl,

Größe, Multiplizität und morphologisches Erscheinungsbild des Dünndarmkarzinoms. Die Sichtbarkeit der Tumoren wurde anhand einer 4-Punkte-Skala für jede Sequenzart einzeln beurteilt. Im Tumor- und Muskelgewebe wurden die Signalintensitäten vermessen. Analysiert wurden auch das Vorhandensein desmoplastischer Reaktionen, Gefäßbeteiligung und Lymphknotenmetastasen.

Ergebnisse. Richtig identifiziert und lokalisiert wurde ein Dünndarmkarzinom bei 14 von 15 Patienten. Wegen des verstärkten Enhancements wurden die Tumoren in den kontrastverstärkten T1-gewichteten fettgesättigten GRE-Sequenzen am besten erkannt. Auf den SSFSE-Sequenzen war dies deutlich weniger gut möglich, die Tumoren stellten sich entweder hyperintens oder isointens zur Muskulatur dar. Die Tumoren imponierten als noduläre intraluminalen Raumforderungen in 40%, als fokale Wandverdickungen in 33,3%, in 20% der Fälle kombiniert; ihre mittlere Größe betrug 25,2 (7–46 mm), tendenziell waren

die im Ileum lokalisierten Tumoren kleiner. Bei einem Patienten wurden oberflächliche mikronoduläre peritoneale Absiedlungen im MRE nicht dargestellt. Eine desmoplastische Reaktion wurde in 73,3% der Fälle beobachtet. Die mesenterialen Läsionen wiesen aufgrund fibrotischer Veränderungen ein niedrigeres Signal auf als das Dünndarmkarzinom. **Schlussfolgerung.** Unter der Voraussetzung einer suffizienten Darmdistension ist das MRE eine wertvolle Methode für die Detektion und Lokalisation primärer Karzinome. Identifiziert wurden unterschiedliche morphologische Merkmale, die dazu beitragen können, primäre Karzinome und deren lokoregionäre Metastasen zu charakterisieren.

Schlüsselwörter

Neuroendokrine Tumoren (NET) · Dünndarm · Metastasen · Computertomographie (CT) · MR-Enteroklysmas (MRE)

Characteristic imaging features of carcinoid tumors of the small bowel in MR enteroclysis

Abstract

Purpose. To determine the value of MR enteroclysis (MRE) in the localization and characterization of primary carcinoid tumors of the small bowel and to describe typical imaging features.

Material and methods. Twenty patients with suspicion of primary small bowel carcinoid tumors (pCT) were recruited to undergo MRE following nasojejunal intubation and small bowel filling with 2.5 l of 0.5% methylcellulose solution under MR fluoroscopic guidance. MRE was performed on a 1.5 T MR scanner including T2w SSFSE, SSFP and contrast enhanced T1w GRE sequences with fat saturation. Fifteen patients, who subsequently had surgery for resection of their pCT, were retrospectively included in the study. All MRE were analyzed as for the presence, location, number, size, multiplicity and morpholog-

ic appearance of the pCT by two board certified radiologists in consensus. The conspicuity of the tumors was rated for each sequence type separately, according to a 4-point rating scale. Signal intensity measurements were performed in tumor and muscle. The presence of desmoplastic reaction, vascular involvement and lymph node metastases was also analyzed.

Results. pCT were correctly identified and localized in 14/15 patients. Due to their hyperenhancement tumors were best detected on contrast-enhanced T1w fat saturated GRE sequences. SSFSE was clearly inferior with the tumors being either hyperintense or isointense to muscle. pCT appeared as nodular intraluminal masses in 40% of the cases, as focal wall thickening in 33.3% and in 20% with both. Mean size was 25 (7–46 mm) with a

tendency to smaller size for ileal tumors. MRE failed to depict superficial micronodular peritoneal spread in one patient. Desmoplastic reaction was observed in 73.3% of the cases with mesenteric masses exhibiting lower signal than the pCT due to fibrotic changes.

Conclusion. MRE is a valuable method for the detection and localization of primary carcinoid tumors, provided that appropriate bowel distension is achieved. Various characteristic morphologic features could be identified which may contribute to characterize pCT and their loco-regional metastases.

Keywords

Primary carcinoid tumors · Small bowel · Metastases · Computed tomography (CT) · MR enteroclysis (MRE)

Tab. 1 Protokoll und Parameter eines MR-Enteroklysmas unter MR-fluoroskopischer Füllung des Darms

Parameter	Nach MR-Fluoroskopisch gesteuerter Füllung des Darms – MRE			
	SSFSE	TrueFISP/SSFSP	T1w-2D-GRE	T1w-2D/3D-GRE
Sequenz	SSFSE	TrueFISP/SSFSP	T1w-2D-GRE	T1w-2D/3D-GRE
TR (ms)	1210/1070	4,3	99	85/3,09
TE (ms)	55/56	2,15	4,76	3,06/1,21
FA (°)	180/180	52	70	70/12
Bandbreite (Hz/px)	300/300	501	200	200/490
Echo spacing (ms)	5,04/5,12	-	-	-
FOV-Auflösung in slice phase (%)	400–100	400-100	350–75	370–100
	350–81,3	35-81,3		400–87,5
Voxelgröße (mm)	1,6×1,6×5/1,4×1,4×5	1,6×1,6×5/1,4×1,4×5	1,4×1,4×5	1,4×1,4×6/1,7×1,6×1,9
Matrix	256/256	256/256	256	256/256
Schichtführung	Koronal/axial	Koronal/axial	Axial	Koronal
Schichtdicke (mm)	5-5	6-4	5-5	6-1,9
Schichtzahldistanzfaktor (%)	35-10//70/10	35/70	48-10	25-10//slab 1;20

gische Resektion der Tumoren. Diese 15 Patienten wurden in diese retrospektive Studie eingeschlossen. Bei 2 Patienten mit negativer MRE wurde der Primärtumor später in der Lunge lokalisiert, 3 Patienten waren aufgrund eines ausgeprägten mesenterialen Befalls mit Einschluss der gesamten A. mesenterica bzw. bei ausge dehnter Peritonealkarzinose inoperabel.

Alle Patienten gaben ihr Einverständnis zur Untersuchung. Da das MRE in unserem Institut ein routinemäßiger Bestandteil der diagnostischen Abklärung ungeklärter abdomineller Beschwerden des Dünndarms ist und eine etablierte Methode darstellt, konnte auf ein gesondertes Votum der Ethikkommission verzichtet werden.

Methoden

Nach der üblichen Vorbereitung der Patienten mit einer Darmreinigung, entsprechend dem Vorgehen bei einer konventionellen Koloskopie, wurde zur Durchführung des MRE bei allen Patienten unter Durchleuchtung eine nasojejunale Sonde mit der Spitze jenseits des Treitzschen Bandes positioniert. Anschließend wurden die Patienten in Rückenlage in einem 1,5-T-MR-Tomographen (Magnetom Sonata, Siemens Healthcare, Erlangen, Deutschland) positioniert und der Dünndarm mit ca. 2,5 l einer wässrigen 0,5%igen Methylzelluloselösung unter MR-Fluoroskopie gefüllt, bis eine vollständige und gleichmäßige Distension aller Darmabschnitte erreicht war. Anschließend wurden zur Spasmolyse 20–60 g Bu-

tylscopolamin (Buscopan®, Böhlinger Ingelheim, Deutschland) verabreicht. Das Protokoll umfasste T2-gewichtete Half-Fourier-single-shot-fast-spin-echo- (SSFSE; HASTE) und Steady-state-free-precession-Sequenzen (TrueFISP) in transversaler und koronarer Schichtführung, T1-gewichtete 2D- und 3D-spoiled-Gradientenechosequenzen (GRE) mit spektraler Fettsättigung vor und nach i.v.-Injektion einer einfachen Standarddosis Gd-DTPA (Magnevist®, Bayer-Schering Pharma, Deutschland). Die genauen Parameter des Untersuchungsprotokolls sind **Tab. 1** zu entnehmen.

Datenanalyse

Zwei erfahrene Radiologen begutachteten alle Untersuchungen im Konsensus an einer interaktiven Workstation (MagicView 1000, Siemens Health Care, Erlangen, Germany). Dazu wurden Größe, Lokalisation, Signalverhalten und das morphologische Erscheinungsbild der Primärtumoren beurteilt sowie die Auftrenshäufigkeit von Lymphknoten- und Lebermetastasen und einer desmoplastischen Reaktion mit oder ohne Beeinträchtigung der Darmdurchblutung erfasst.

Morphologisch wurden die Tumoren klassifiziert in solitär oder multipel bzw. nodulär, wandverdickt oder gemischt nodulär/mural. Die Qualität der visuellen Abgrenzbarkeit und Erkennbarkeit der Tumoren in den einzelnen Sequenzen wurde anhand einer 4-Punkte-Skala (1 sehr gut abgrenzbar, 2 gut, 3 mäßig, 4 nicht sichtbar) bewertet. Das Signal-

verhalten der Tumoren wurde quantitativ durch Bestimmung der Signalintensität im Tumor im Verhältnis zur Muskulatur der Bauchwand erfasst. Danach wurden diese in hypointens, isointens und hyperintens zur Muskulatur unterschieden. Das Signalverhalten der Lymphknotenmetastasen wurde in Bezug auf den Primärtumor bestimmt.

Ergebnisse

Alle MRE-Untersuchungen wurden von den Patienten gut toleriert. Bei 14/15 Patienten konnten der bzw. die Primärtumoren mit dem MRE korrekt lokalisiert werden, wobei die angegebene Lokalisation mit der intraoperativen Lokalisation exakt übereinstimmte (93,3%). Bei 5/15 Patienten war der Tumor im terminalen Ileum lokalisiert (33%), bei 8/15 im Ileum (53,3%) und bei 2/15 Patienten im Jejunum (13,3%). Solitär waren 10/15 Tumoren (66,6%), 5/15 traten multipel auf (33,3%). In 4/5 Fällen konnte das MRE die Tumoren korrekt als multifokal identifizieren. Die multifokalen Tumoren waren bei 3 Patienten im Ileum, bei einem Patienten im Ileum und Jejunum lokalisiert. Bei einem Patienten lag ein multifokaler Befall im Ileum vor mit sehr kleinen oberflächlichen peritonealen Knötchen, die im MRE nicht nachweisbar waren. Das MRE wies jedoch die resultierende Lymphknotenmanifestation und desmoplastische Reaktion im Mesenterium nach, sodass aus deren Lokalisation der Ort des Primärtumors vermutet werden konnte.

Die mittlere Tumorgroße betrug 25,2 (7–46 mm). Die Tumoren im Ileum zeigten im Mittel eine geringere Größe als die Tumoren des terminalen Ileums mit durchschnittlich 12,4 vs. 36 mm.

Morphologisch zeigte der Primärtumor bei 6/15 Patienten (40%) ein rein noduläres Wachstum in Form eines intraluminalen polypoiden bzw. submukösen Tumors. In 5/15 Fällen manifestierte sich der Primärtumor als Wandverdickung (33,3%) und in 3/15 Fällen konnte man ein gemischt nodulär/murales Wachstum beobachten.

Der Primärtumor war in den T2-gewichteten Bildern in 7/15 Fällen hyperintens und in 6/15 isointens zur Muskulatur der Bauchwand.

Die Tumoren waren in 14/15 Fällen sehr gut und im Vergleich aller Sequenzen am besten erkennbar in der kontrastverstärkten, fettgesättigten 3D-GRE-Sequenz (93,3%). Hier demarkierten sich die Tumoren nach Kontrastmittelgabe stark hyperintens. In einem Fall mit disseminierten kleinsten Knötchen des Peritoneums wurden die Primärtumoren im MRE nicht erkannt. Mit der TrueFISP-Sequenz konnten 5/15 Tumoren schlecht und 1/15 gar nicht abgegrenzt werden, mit der HASTE-Sequenz waren in 4/15 Fällen die Tumoren schlecht und in 2/15 Fällen nicht erkennbar.

Bei allen Patienten wurden pathologisch vergrößerte Lymphknoten gefunden; bei 8/15 Patienten lagen multiple Lymphknotenmetastasen vor. Die maximale Größe der Lymphknoten lag im Mittel bei 2,4 cm. In 7/15 Fällen verhielten sich die Lymphknoten- bzw. mesenterialen Metastasen im T2-gewichteten Bild hypointens im Vergleich zum Primärtumor, in 6/15 Fällen etwa isointens zum Primärtumor und nahmen in allen Fällen Kontrastmittel auf.

In 11/15 (73,3%) der Fälle konnte eine desmoplastische Reaktion nachgewiesen werden, die sich im T2-gewichteten Bild als hypointense Ausläufer in das Mesenterium darstellten und in 3/15 Fällen auch eine Durchblutungsstörung des Darms aufgrund einer Ummauerung der Gefäße verursachten (■ **Abb. 1**). Elf von 15 Patienten wiesen zum Zeitpunkt der Erstdiagnose multiple Lebermetastasen auf, die alle in der MRT erkannt wurden.

Diskussion

Tumordetektion

Die Detektion von Tumoren des Dünndarms mit bildgebenden Verfahren ist prinzipiell schwierig und war bisher eine Domäne der konventionellen Röntgendiagnostik mit Bariumdoppelkontrast [7]. Neuroendokrine Tumoren (NET) des Dünndarms stellen darüber hinaus eine besondere Herausforderung dar, da sie schon bei sehr geringer Größe aufgrund ihrer Hormonproduktion symptomatisch werden können und im Darm in bis zu 30% der Fälle multifokale Tumoren auftreten [2]. In Bariumkontrastuntersuchungen können sich Karzinoide als polypoide oder ulzerierende Füllungsdefekte darstellen oder eine Einengung des Darmlumens verursachen oder durch indirekte Zeichen, wie ein verdicktes Faltenrelief, Verziehungen, Abknicken oder Fixierungen von Darmschlingen, auf sich aufmerksam machen. Da die Bariumkontrastuntersuchungen nur das Darmlumen darzustellen vermögen, geben sie keine oder nur indirekte Aufschlüsse über die Darmwand selbst und die extramuralen Strukturen und Organe.

Schnittbildverfahren

CT und MRT bieten grundsätzlich den Vorteil, lumenale, murale und extramurale Prozesse im gleichen Untersuchungsgang zu erfassen. Dennoch wurden bisher für die Detektion von Karzinoiden des Dünndarms nur enttäuschende Ergebnisse mit einer Erkennungsrate von 20–66% berichtet [1, 2, 11, 12] und beiden Verfahren nur eine geringe Bedeutung im Vergleich zur Somatostatin-Rezeptor-Szintigraphie zugebilligt [13, 14].

Schnittbildverfahren plus Enteroklysmas

Mit Einführung einer Kombination aus Schnittbildverfahren und Enteroklysmas, also einer aktiven Füllung und Distension des Darms mit intraluminalen Kontrastmitteln über eine nasojejunal platzierte Sonde kurz vor und während des CT oder MRT, konnte die Wertigkeit dieser Untersuchungen für die Detektion von Dünndarmtumoren deutlich verbessert werden [15, 16, 17, 18]. Diese Verfahren werden

dem entsprechend als CT-Enteroklysmas (CTE) und MR-Enteroklysmas (MRE) bezeichnet. Die CTE erreicht bei Tumoren des Dünndarms bis 3 cm eine Genauigkeit von 84,7% [19, 20]. Vergleichbar mit den Erfahrungen beim konventionellen Enteroklysmas im Vergleich zur Dünndarmpassage tragen in beiden Verfahren v. a. die Distension des Darms und die vermehrte Volumenbelastung [7, 17, 21, 22, 23] zur besseren Erkennbarkeit kleinster Darmwandveränderungen und Stenosen bei [8, 22, 23]. Bei Karzinoiden können die starke Vaskularisation und die kräftige Kontrastmittelaufnahme diagnostisch genutzt werden [2, 24]. Das Erscheinungsbild der Karzinoide ist in der Literatur für die CT und CTE recht gut beschrieben [15, 18, 24, 25, 26].

MR-Enteroklysmas (MRE)

Die Wertigkeit des MRE mit Distension und Kontrastierung des Darmlumens wurde für Tumoren des Dünndarms bisher nicht systematisch untersucht. Während das MRE in der Diagnostik des Morbus Crohn einen hohen Stellenwert erlangt hat [8, 10, 27, 28], existieren nur wenige Berichte über die Darstellung von Dünndarmtumoren mit MRT und MRE [2, 9, 19, 29]. Die MRE ist nicht mit einer ionisierenden Strahlung verbunden und bietet darüber hinaus einen sehr hohen Weichteilkontrast. Ryan et al. [30] weisen allerdings darauf hin, dass derzeit der Stellenwert dieser Methode nicht klar definiert ist. Einzelne kasuistische Berichte beschreiben anhand kleiner Fallzahlen das Erscheinungsbild von Dünndarmtumoren, Karzinoiden und ihrer Lebermetastasen im MRT des Abdomens, wobei für diese Untersuchungen keine spezielle Darmvorbereitung durchgeführt wurde [1, 29]. Unter diesen Bedingungen konnte der Primärtumor im Dünndarm allerdings nur bei sehr wenigen Patienten (8/12) erkannt werden [1].

Wir haben erstmals die Wertigkeit der MRE für die Detektion und Lokalisation von Karzinoiden und ihren lokoregionären Metastasen untersucht und beschreiben das typische Erscheinungsbild des Primärtumors bei optimaler Darmdistension. Unsere Studie an 15 Patienten mit operativ gesichertem Dünndarmkar-

Hier steht eine Anzeige.



Hier steht eine Anzeige.



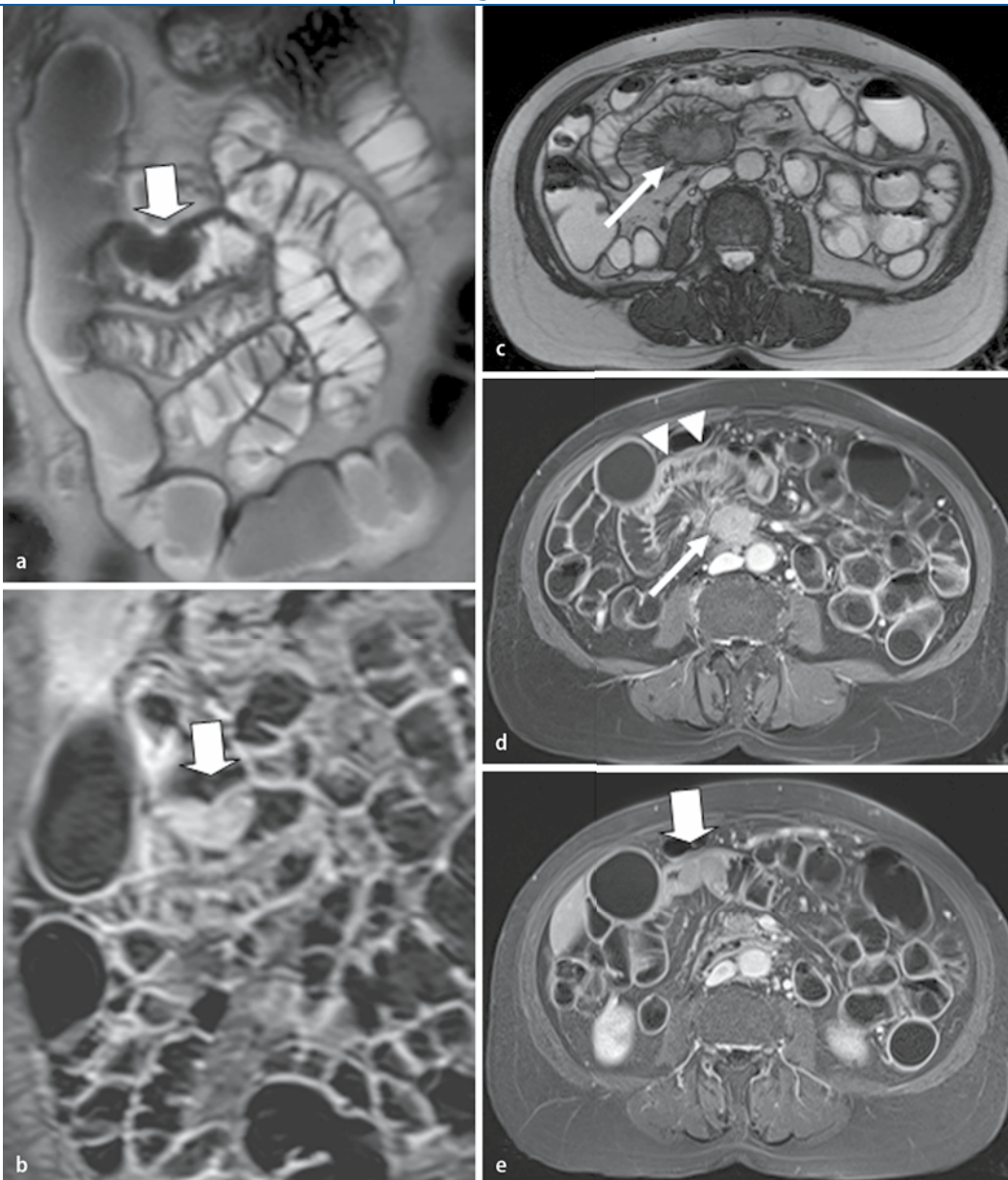


Abb. 1 ◀ MR-Enteroklysma mit HASTE- (a), True-FISP-Sequenz (c) und T1-gewichteten fettgesättigten 3D- und 2D-Gradientenecho- (GRE-)Sequenzen nach i.v.-Kontrastmittelgabe (b, d, e) bei einer 48-jährigen Patientin mit Lebermetastasen (nicht abgebildet) eines neuroendokrinen Tumors. Bei guter Distension des Dünndarms demarkiert sich der Primärtumor intraluminal als kno-tige Raumforderung in der T2-gewichteten HASTE-Sequenz gut gegenüber dem signalreichen Lumen (a; großer Pfeil) und zeigt eine kräftige Kontrastmittelaufnahme nach Gabe von Gd-DTPA (b, e; großer Pfeil). Im Mesenterium bestehen große Lymphknotenmetastasen mit spikulärentigen Ausläufern als Ausdruck einer desmoplastischen Reaktion (c, d; kleiner Pfeil). Sie führen bereits zu einer gewissen Beeinträchtigung der Darmdurchblutung, was an der regionalen Verplumpung der Falten erkennbar ist (d; Pfeilspitzen)

zinoid stellt damit in der Literatur derzeit das größte Kollektiv mit dieser Fragestellung dar. Nach unseren Ergebnissen gelingen mit der MRE die Detektion und Lokalisation von Karzinoiden des Dünndarms mit einer sehr hohen Treffsicherheit von 93,3%.

Darmdistension

Caspari et al. [31] haben einen direkten Vergleich von Kapselendoskopie und MRT des Abdomens ohne aktive Darmdistension bei Patienten mit Peutz-Jeghers-Syndrom und familiärer Polyposis durchgeführt und stellten fest, dass Polypen <5 mm der MRT regelmäßig entgehen und die MRT erst bei Polypen ab

einer Größe von 15 mm eine der Kapselendoskopie vergleichbare diagnostische Genauigkeit erreicht. Dagegen konnten wir mit dem MRE auch sehr kleine Tumoren zuverlässig erkennen. In 4/15 Fällen unseres Kollektivs, darunter auch Patienten mit multifokalen Karzinoiden, lag die Größe der Tumoren zwischen 7 und 12 mm und damit deutlich unter den von Caspari et al. [31] angegebenen 15 mm. Daraus kann geschlossen werden, dass die aktive Darmdistension durch die intraluminal Verabreichung von Kontrastmittel während des MRE für eine bessere Detektion dieser kleinen Tumoren sorgt.

Bildgebung

T1w-Sequenzen. Karzinoide des Dünndarms als stark hypervaskularisierte Tumoren zeigen eine kräftige Aufnahme gadoliniumhaltiger Kontrastmittel. Im Vergleich der unterschiedlichen Sequenzen hat sich gezeigt, dass alle Tumoren, unabhängig von ihrer Größe und Lokalisation, am besten mit kontrastverstärkten T1-gewichteten Sequenzen mit selektiver Fett-sättigung erkennbar waren. Unsere Ergebnisse bestätigen damit die Ergebnisse von Bader et al. [1]. Lediglich bei einem unserer Patienten konnte der Primarius im Darm auch in der T1-gewichteten kontrastverstärkten fettgesättigten Sequenz

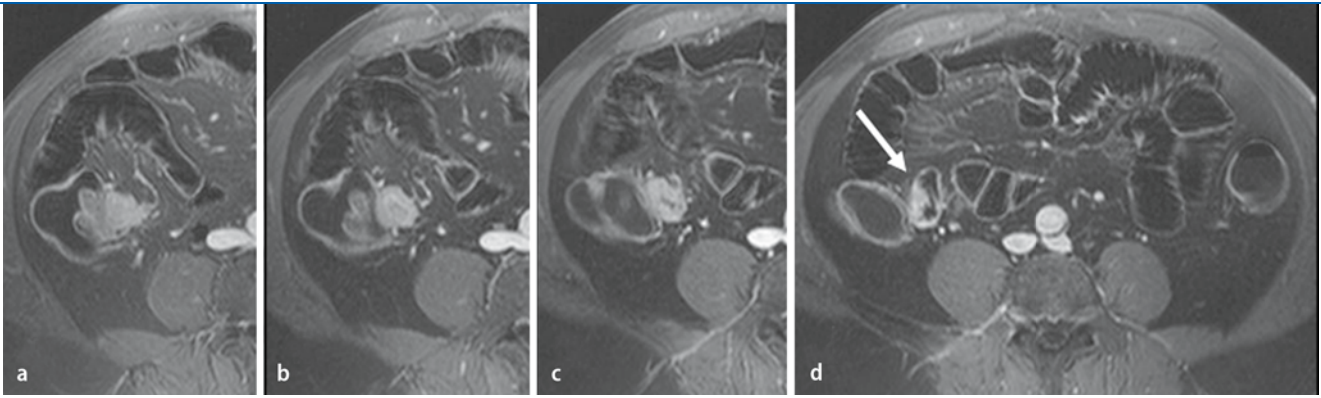


Abb. 2 ▲ MR-Enteroklysma bei einem 59-jährigen Patienten mit Dünndarmkarzinoid im terminalen Ileum. In der kontrastverstärkten T1-gewichteten 2D-GRE-Sequenz mit Fettsättigung (a–d) präsentiert sich der Primärtumor hauptsächlich als submukosale Wandverdickung mit kräftiger Kontrastmittelaufnahme. Der Tumor ist im terminalen Ileum unmittelbar vor der Bauhinschen Klappe lokalisiert und leicht mit der Manifestation einer entzündlichen Darmerkrankung zu verwechseln. Die nur semizirkumferenzielle Wandverdickung in der letzten Schicht (d) allerdings ist für eine entzündliche Veränderung untypisch (Pfeil)

nicht zuverlässig lokalisiert werden, obwohl mesenteriale Lymphknoten und eine desmoplastische Reaktion einen indirekten Hinweis lieferten. In diesem Fall lag eine kleinknotige lokale peritoneale Aussaat des Tumors vor, die in der MRE nicht erkennbar war. Oberflächliche und kleinknotige peritoneale Absiedlungen stellen für die MRT aufgrund ihrer limitierten Ortsauflösung eine schwierige Herausforderung dar. Zusätzlich können geringfügige Bewegungsartefakte die Bildqualität beeinträchtigen, sodass sehr kleine Tumoren für normales Faltenrelief gehalten werden. Obwohl Bewegungsartefakte mit Spasmolytika deutlich reduziert werden, sind sie nicht in allen Fällen vollständig zu unterdrücken.

HASTE-Sequenzen. HASTE-Sequenzen sind robuster gegenüber Bewegungsartefakten. Allerdings zeigen sie gelegentlich intraluminale Flusseffekte, die pathologische Prozesse vortäuschen oder maskieren können. In Übereinstimmung mit den Beschreibungen von Bader et al. [1] zeigten die Karzinoide unseres Kollektivs in der HASTE-Sequenz ein überwiegend hyper- oder isointenses Signalverhalten im Vergleich zur Muskulatur. Aufgrund des niedrigen Kontrasts zur Darmwand waren die Tumoren in 2/15 Fällen gar nicht und in weiteren 3/15 Fällen nur sehr schlecht von normaler Darmwand zu unterscheiden. Vor allem die sehr kleinen Noduli waren in dieser Sequenz sehr schlecht abgrenzbar. Semelka et al. [29] beobachteten dieses Verhalten

in der HASTE-Sequenz auch für andere Tumoren.

TrueFISP-Sequenzen. In TrueFISP-Sequenzen waren die Tumoren zwar überwiegend hyperintens im Vergleich zur Muskulatur der Bauchwand, jedoch innerhalb der Darmwand oft isointens. SSFP-Sequenzen liefern in der Regel einen guten Weichteilkontrast zwischen Darmwand und Lumen bzw. innerhalb des Mesenteriums. Sie werden nicht durch Flussartefakte beeinträchtigt und sind zum Nachweis muraler und intraluminale Tumoren gut geeignet [19, 31]. Chemical-shift-Effekte, die an der Grenze zwischen Fettgewebe und soliden Strukturen schwarze Umrandungen („black boundary artifacts“) verursachen, verbessern die Erkennbarkeit der Lymphknoten und v. a. der desmoplastischen Reaktion im Mesenterium (■ Abb. 1c; [8]).

Pathologische Wandveränderungen

Nicht alle primären Karzinoide des Darms manifestieren sich als intraluminale oder submuköse Noduli. Ein Teil der Tumoren verursacht lediglich eine lokale oder regionale Wandverdickung. Bader et al. [1] fanden in 4/12 Fällen ein knotiges Erscheinungsbild und in 4/12 Fällen eine Einengung des Lumens durch eine umschriebene Wandverdickung.

Im chirurgischen Präparat entsprachen diese umschriebenen Wandverdickungen submukosalen Knoten [1, 2].

Coulier et al. [25] beschreiben bei 6/7 Patienten mit Karzinoid den Primärtumor als eine knotige intraluminale Raumforderung. In unserem Kollektiv fanden sich in 40% der Fälle eine knotige, intraluminale Raumforderung (■ Abb. 1); in 33% ein stenosierender Prozess mit verdickter Wand (■ Abb. 2) und bei weiteren 20% ein gemischtes Bild.

Bei fokalen umschriebenen Stenosen und Wandverdickungen durch Karzinoide ist die Abgrenzung gegenüber einer Darmwandkontraktion oder einer entzündlichen Stenose wie beim Morbus Crohn schwierig, sodass Fehlinterpretationen möglich sind, wenn der klinische Kontext nicht klar auf einen neuroendokrinen Tumor hinweist [1]. Morphologisch sind solche Karzinoide nicht von einer floriden entzündlichen Infiltration zu unterscheiden. Zusätzliche Parameter, wie Lokalisation, klinische und laborchemische Ergebnisse und die Anamnese, müssen daher berücksichtigt werden. Gelegentlich kann nur eine Biopsie die Situation endgültig klären.

Die MRE ist demnach zwar beim Nachweis der pathologischen Wandveränderungen sehr zuverlässig, jedoch wenig spezifisch. Eine Abgrenzung gegenüber anderen Neoplasien kann bildmorphologisch nicht oder nur bedingt möglich sein. Das differenzialdiagnostische Spektrum intraluminale polypoider oder submuköser Raumforderungen oder Wandverdickungen ist weit und umfasst ebenso benigne wie maligne Pathologien [16, 32]:

- Hamartome,
- Lipome,
- familiäre Polyposis,
- Adenome,
- Leiomyome,
- gastrointestinale Stromatumoren,
- Adenokarzinome,
- Lymphome und
- Metastasen, insbesondere des malignen Melanoms und des Kolonkarzinoms.

Eine kräftige Hypervaskularisation [1, 2] des Tumors sowie der Nachweis einer desmoplastischen Reaktion mit lokoregionären Lymphknotenmetastasen können dann ein wichtiger Indikator für ein primäres Karzinoid sein [2, 16, 20, 24, 32, 33].

Weitere Befunde

In unserem Studienkollektiv trat eine desmoplastische Reaktion in 11/15 Fällen, also relativ häufig auf, obwohl die durchschnittliche Größe der Tumoren mit 2,5 cm ziemlich gering war. In 3/15 Fällen zeigte der Darm Zeichen einer Durchblutungsstörung aufgrund einer Ummauerung der Gefäße. Coulier et al. [25] beobachteten in 6/7 Fällen eine knotige mesenteriale Masse und in 3/7 Fällen eine vaskuläre Beteiligung.

Im unserem Patientenkollektiv waren die primären Karzinoide mit 53,3% auffallend häufig im proximalen und mittleren Ileum lokalisiert und in nur 33% der Fälle im terminalen. Dieser Unterschied gegenüber der üblichen Häufigkeitsverteilung könnte auf einen gewissen Selektionseffekt unserer Patienten zurückgehen, da bei Patienten mit bereits koloskopisch biotisch gesichertem neuroendokrinen Tumor auf ein zusätzliches MRE verzichtet wurde.

In Übereinstimmung mit der Literatur traten die Karzinoide in unserem Kollektiv in 33% der Fälle multifokal auf [2, 34]. In allen Fällen lagen mehrere Tumorknoten unterschiedlicher Größe vor, die jedoch einem Darmsegment zugeordnet werden konnten. Die multiplen Tumoren lagen überwiegend im proximalen und mittleren Ileum. Bei multiplen nodulären Karzinoiden ist differenzialdiagnostisch v. a. auch an Metastasen eines malignen

Melanoms [16] oder an eine metastatische Aussaat eines anderen Primarius zu denken, wobei die klinische Vorgeschichte hierbei oft richtungsweisend ist.

Fazit für die Praxis

Zusammenfassend kann aus unserer Sicht festgestellt werden, dass die MRE eine verlässliche Methode zur Darstellung von Karzinoiden des Dünndarms ist. Sie ist limitiert bei sehr kleinen Tumoren unter 5 mm Größe [12, 31], zeigt jedoch bei guter Distension des Darms für Tumoren >5 mm eine hohe Sensitivität. Solitäre und multiple Tumoren können gleichermaßen gut erkannt werden. Karzinoide sind aufgrund ihrer kräftigen Vaskularisation am besten erkennbar in T1-gewichteten kontrastverstärkten Sequenzen mit Fettsättigung. SSFP-Sequenzen sind zusätzlich hilfreich zur Darstellung der mesenterialen desmoplastischen Reaktion, die zu einem sehr hohen Prozentsatz mit Karzinoidtumoren assoziiert ist, auch wenn die Primärtumoren noch klein sind. Die desmoplastische Reaktion ist für Karzinoide charakteristisch. Karzinoide manifestieren sich in vergleichbarer Häufigkeit entweder als intraluminal noduläre Raumforderung oder als fokale umschriebene Wandverdickung, wobei gelegentlich ein Mischbild zwischen beiden Formen vorkommt.

Korrespondenzadresse

PD Dr. K.A. Herrmann
 Institut für Klinische Radiologie,
 Klinikum Grosshadern
 der Ludwig-Maximilians-Universität München,
 Marchioninistr. 15, 81377 München
 karin.herrmann@med.uni-muenchen.de

Interessenkonflikt. Die korrespondierende Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Bader TR, Semelka RC, Chiu VC, Woosley JT (2001) MRI of carcinoid tumors: spectrum of appearances in the gastrointestinal tract and liver. *J Magn Reson Imaging* 14:261–269
2. Horton KM, Kamel I, Hofmann L, Fishman EK (2004) Carcinoid tumors of the small bowel: a multitechnique imaging approach. *AJR Am J Roentgenol* 182:559–567
3. Ramage JK, Davies AH, Ardill J et al (2005) Guidelines for the management of gastroenteropancreatic neuroendocrine (including carcinoid) tumours. *Gut* 54 [suppl 4]:iv1–iv16

4. Plockinger U, Rindi G, Arnold R et al (2004) Guidelines for the diagnosis and treatment of neuroendocrine gastrointestinal tumours. A consensus statement on behalf of the European Neuroendocrine Tumour Society (ENETS). *Neuroendocrinology* 80:394–424
5. Plockinger U, Wiedenmann B (2004) Neuroendocrine tumours of the gastrointestinal tract. *Z Gastroenterol* 42:517–527
6. Tamm EP, Kim EE, Ng CS (2007) Imaging of neuroendocrine tumors. *Hematol Oncol Clin North Am* 21:409–432; vii
7. Maglinte DD, Kelvin F, O'Connor K et al (1996) Current status of small bowel radiography. *Abdom Imaging* 2:247–257
8. Prassopoulos P, Papanikolaou N, Grammatikakis J et al (2001) MR enteroclysis imaging of Crohn disease. *Radiographics* 21 Spec No:S161–S172
9. Gourtsoyannis N, Papanikolaou N, Grammatikakis J, Prassopoulos P (2002) MR enteroclysis: technical considerations and clinical applications. *Eur Radiol* 12:2651–2658
10. Gourtsoyannis NC, Papanikolaou N, Karantanas A (2006) Magnetic resonance imaging evaluation of small intestinal Crohn's disease. *Best Pract Res Clin Gastroenterol* 20:137–156
11. Picus D, Glazer HS, Levitt RG, Husband JE (1984) Computed tomography of abdominal carcinoid tumors. *AJR Am J Roentgenol* 143:581–584
12. Golder SK, Schreyer AG, Endlicher E et al (2006) Comparison of capsule endoscopy and magnetic resonance (MR) enteroclysis in suspected small bowel disease. *Int J Colorectal Dis* 21:97–104
13. Caplin ME, Buscombe JR, Hilson AJ et al (1998) Carcinoid tumour. *Lancet* 352:799–805
14. Chiti A, Fanti S, Savelli G et al (1998) Comparison of somatostatin receptor imaging, computed tomography and ultrasound in the clinical management of neuroendocrine gastro-entero-pancreatic tumours. *Eur J Nucl Med* 25:1396–1403
15. Sailer J, Zacherl J, Schima W (2007) MDCT of small bowel tumours. *Cancer Imaging* 7:224–233
16. Maglinte DD, Bender GN, Heitkamp DE et al (2003) Multidetector-row helical CT enteroclysis. *Radiol Clin North Am* 41:249–262
17. Maglinte DD, Sandrasegaran K, Lappas JC (2007) CT enteroclysis: techniques and applications. *Radiol Clin North Am* 45:289–301
18. Minordi LM, Vecchioli A, Mirk P et al (2007) Multidetector CT in small-bowel neoplasms. *Radiol Med* 112:1013–1025
19. Hoeffel C, Mule S, Romaniuk B et al (2008) Advances in radiological imaging of gastrointestinal tumours. *Crit Rev Oncol Hematol* 69(2):153–167
20. Pilleul F, Penigaud M, Milot L et al (2006) Possible small-bowel neoplasms: contrast-enhanced and water-enhanced multidetector CT enteroclysis. *Radiology* 241:796–801
21. Maglinte DD, Sandrasegaran K, Lappas JC, Chiorean M (2007) CT enteroclysis. *Radiology* 245:661–671
22. Umschaden HW, Szolar D, Gasser J et al (2000) Small-bowel disease: comparison of MR enteroclysis images with conventional enteroclysis and surgical findings. *Radiology* 215:717–725
23. Umschaden HW, Gasser J (2003) MR enteroclysis. *Radiol Clin North Am* 41:231–248
24. Horton KM, Fishman EK (2004) Multidetector-row computed tomography and 3-dimensional computed tomography imaging of small bowel neoplasms: current concept in diagnosis. *J Comput Assist Tomogr* 28:106–116

25. Coulier B, Pringot J, Gielen I et al (2007) Carcinoid tumor of the small intestine: MDCT findings with pathologic correlation. *JBR-BTR* 90:507–515
26. Pelage JP, Soyer P, Boudiaf M et al (1999) Carcinoid tumors of the abdomen: CT features. *Abdom Imaging* 24:240–245
27. Gourtsoyiannis NC, Papanikolaou N (2005) Magnetic resonance enteroclysis. *Semin Ultrasound CT MR* 26:237–246
28. Malago R, Manfredi R, Benini L et al (2008) Assessment of Crohn's disease activity in the small bowel with MR-enteroclysis: clinico-radiological correlations. *Abdom Imaging* 33(6):669–675
29. Semelka RC, John G, Kelekis NL et al (1996) Small bowel neoplastic disease: demonstration by MRI. *J Magn Reson Imaging* 6:855–860
30. Ryan ER, Heaslip IS (2008) Magnetic resonance enteroclysis compared with conventional enteroclysis and computed tomography enteroclysis: a critically appraised topic. *Abdom Imaging* 33:34–37
31. Caspari R, von Falkenhausen M, Krautmacher C et al (2004) Comparison of capsule endoscopy and magnetic resonance imaging for the detection of polyps of the small intestine in patients with familial adenomatous polyposis or with Peutz-Jeghers' syndrome. *Endoscopy* 36:1054–1059
32. Buckley JA, Fishman EK (1998) CT evaluation of small bowel neoplasms: spectrum of disease. *Radiographics* 18:379–392
33. Ramachandran I, Sinha R, Rajesh A et al (2007) Multidetector row CT of small bowel tumours. *Clin Radiol* 62:607–614
34. Butte JM, Escobar C, O'Brien A, Zuniga A (2006) Multiple carcinoid tumors of the small bowel. Report of one case. *Rev Med Chil* 134:1306–1309

Termine

Möchten Sie eine Veranstaltung ankündigen? Bitte tragen Sie Ihre Termine auf der Kongress-Seite von www.DerRadiologe.de ein. Wir freuen uns auf Ihre Veranstaltungshinweise!

April 2009

Stuttgart 24.-25.04.2009
MRT-Kurs
 Themen: Wirbelsäule
 Auskunft: Herr Dr. med. Frieder Mauch, Sportklinik Stuttgart, Taubenheimstrasse 8, 70372 Stuttgart, Fon: 0711/5535-111
 Mai 2009

München 24.-25.04.2009
8. Interdisziplinärer Workshop: Kontrastmittel in der Gefäß- und Abdomensonographie
 Wiss. Leitung: D.-A. Clevert
 Anmeldung: Frau Karolin Berg, EUROKONGRESS, Schleißheimer Straße 2, 80333 München, Fon: +49-89/2109860, Fax: +49-89/21098698, info@eurokongress.de, www.sono2009.org

Mai 2009

Eisenstadt - Kulturzentrum
 14.-16.05.2009
Österreichkongress 2009 der RadiologietechnologInnen
 Themen: Motto: Bis zum letzten Atemzug
 Auskunft: Ärztezentrale Med.Info, Helfferstorferstrasse 4, 1014 Wien, Österreich, Fon: (+43/1) 531 16 - 39, Fax: (+43/1) 531 16 - 61, azmedinfo@media.co.at, www.radiologietechnologin-austria.at

Berlin 20.-23.05.2009
90. Deutscher Röntgenkongress
 Auskunft: KONGRESS- UND KULTURMANAGEMENT GMBH, Postfach 3664, 99407 Weimar, Fon: +49 3643 2468-0, Fax: +49 3643 2468-31, info@roentgenkongress.de, www.roentgenkongress.de

Juni 2009

Berlin 23.-27.06.2009
CARS 2009 - 23rd International Congress and Exhibition on Computer Assisted Radiology
 Themen: Bildgebende Verfahren
 Auskunft: Frau Franziska Schweikert, CARS Conference Office, Im Gut 15, 79790 Kuessaberg, Fon: +49-7742-922 434, office@cars-int.org, http://www.cars-int.org

Berlin 23.-27.06.2009
CAD - 11th International Workshop on Computer-Aided Diagnosis
 Themen: computer-aided diagnosis
 Auskunft: Frau Franziska Schweikert, CARS Conference Office, Im Gut 15, 79790 Kuessaberg, Fon: +49-7742-922 434, office@cars-int.org, http://www.cars-int.org

Berlin 23.-27.06.2009
CMI - 15th Computed Maxillofacial Imaging Congress
 Themen: maxillofacial imaging
 Auskunft: Frau Franziska Schweikert, CARS Conference Office, Im Gut 15, 79790 Kuessaberg, Fon: +49-7742-922 434, office@cars-int.org, http://www.cars-int.org

Berlin 23.-27.06.2009
EuroPACS - 27th International EuroPACS Meeting
 Themen: PACS, RIS, HIS
 Auskunft: Frau Franziska Schweikert, CARS Conference Office, Im Gut 15, 79790 Kuessaberg, Fon: +49-7742-922 434, office@cars-int.org, http://www.cars-int.org

Erlangen 26.06.2009
Farbdoppler-Sonographie der hirnversorgenden Gefäße und Halsweichteile im Kopf-Hals-Bereich
 Auskunft: Herr Prof. Dr. J. Zenk, Universitäts-HNO-Klinik, Waldstraße 1, 91054 Erlangen, Fon: 09131/853-3631, Fax: 09131/853-6857, Johannes.Zenk@hno.imed.uni-erlangen.de

Erlangen 27.-28.06.2009
A- und B-Scan-Sonographie der Kopf-Hals-Region Abschlusskurs
 Auskunft: Herr Prof. Dr. J. Zenk, Universitäts-HNO-Klinik, Waldstraße 1, 91054 Erlangen, Fon: 09131/853-3631, Fax: 09131/853-6857, Johannes.Zenk@uk-erlangen.de

Juli 2009

Stuttgart 03.-04.07.2009
MRT-Kurs
 Themen: Untere Extremität
 Auskunft: Herr Dr. med. Frieder Mauch, Sportklinik Stuttgart, Taubenheimstrasse 8, 70372 Stuttgart, Fon: 0711/5535-111



Weitere Termine finden Sie im Internet unter www.DerRadiologe.de