

## How to do? Untersuchungstechnik bei der Fragestellung Rektumkarzinom

Entscheidende Impulse für die Spezialisierung des Untersuchungsprotokolls beim Rektumkarzinom stammen aus den Brown- und Beets-Tan-Arbeitsgruppen, die sich neben der Blomqvist-Gruppe über Jahre hinweg äußerst intensiv mit der Thematik auseinandergesetzt haben [23–25]. Die Akzeptanz der MRT als Stagingverfahren der ersten Wahl beruht nicht zuletzt auf den Ergebnissen ihrer Arbeiten.

Das von Brown [23] (Tab. 10.1) vorgeschlagene Protokoll basiert auf T2-gewichteten Sequenzen in sagittaler, koronarer und (para-)axialer Ebene. Dabei werden weder eine rektale Distension noch ein i.v. oder i.m. Spasmolytikum verwendet.

Beets-Tan [26] (Tab. 10.1) untersuchte zusätzlich den diagnostischen Nutzen von kontrastmittelgestützten T1-gewichteten Sequenzen, kommt aber zu dem Schluss, dass dieser Ansatz keinen Vorteil gegenüber T2 besitzt.

Die Protokollempfehlungen dieser Arbeitsgruppen sollten jedoch nicht ohne Spielraum für Modifikationen übernommen werden. Ein neuerer, hochinteressanter Ansatz wurde von Akasu [27] publiziert und bildet die Grundlage der eigenen Untersuchungsstrategie. Akasu verwendet für die axiale T2-gewichtete Sequenz ein sehr niedriges Field-of-View (FOV) und extrem hohe Repetitionszeiten (TR). Bei Einsatz dieser Sequenz beschreibt er, dass in der überwiegenden Zahl der Fälle die Wandschichten des Rektums sichtbar sind. In der klinischen Routine aber können die Ergebnisse nicht konstant reproduziert werden, da nur in Einzelfällen die Differenzierung aller Wandschichten gelingt. Aber der Einsatz höchster TR und niedrigster FOV garantiert neben der lokalen Tumordiagnostik eine hervorragende Darstellung des Mesorektums und der angrenzenden Organe sowie der Iliakalachse und des Sakrums.

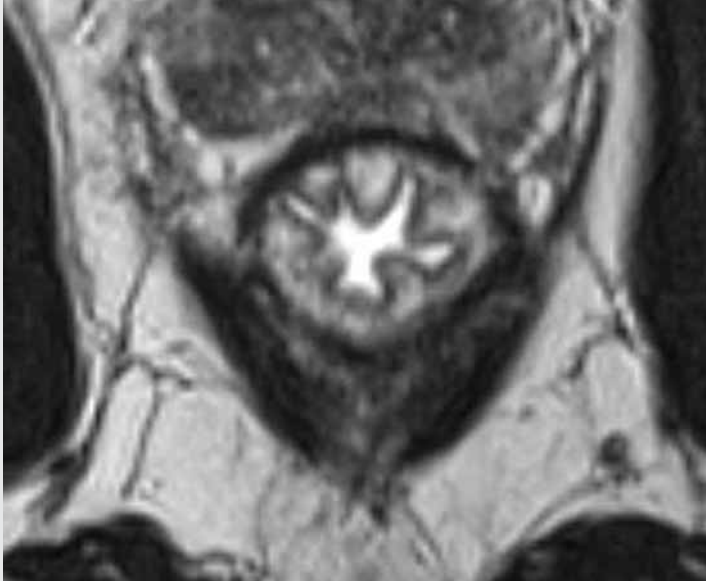
Unsere Patienten erhalten bei Erstdiagnose vor Untersuchungsbeginn ein salinisches Klysma zur Reinigung der Rektumampulle. Die rektale Distension in Verbindung mit i.v. Buscopan oder Glucagen sind obligate Bestandteile des Protokolls. Als Distensionsmedium verwenden wir ein Ultraschallgel-/Wasser-Gemisch. Davon werden 150–200 ml verabreicht. Kritiker argumentieren, dass der Abstand des Tumors zur mesorektalen Faszie gerade im unteren Rektumdrittel durch rektale Distension als zu gering eingeschätzt wird und sich daraus eine Übertherapie des Patienten ergeben kann [28]. Erfahrungsgemäß sehen wir darin kein echtes Problem, da das Karzinom am anorektalen Übergang auch ohne Distension aufgrund des nur sehr geringen oder fehlenden mesorektalen Fettanteils in diesem Bereich tendenziell überschätzt wird. Der deutliche Zugewinn an Kontrast durch das Distensionsmedium erleichtert die Tumordifferenzierung und Angabe, über welchen Radius sich das Karzinom in der Rektumwand gemäß Steinschnittlage (SSL) ausdehnt. Einen weiteren wesentlichen Bestandteil der Untersuchung stellen Oberflächenspulen dar, die auf und hinter dem Patienten platziert werden, um das Bildfeld optimal auszuleuchten. Da wir für das Metastasenscreening im Rahmen der Untersuchung Thorax und Abdomen mit kontinuierlich bewegtem Patiententisch zusätzlich untersuchen, werden dem Patienten weitere Spulen auf Brust und Bauch aufgelegt. Es erfolgen nach Einfahren des Patienten in den 1,5-T-Scanner zwei Scoutaufnahmen, die Thorax, Abdomen und Beckenregion erfassen. Wir beginnen mit dem lokalen Staging des Karzinoms (Tab. 10.1) und führen dabei eine sagit-

tale T2-gewichtete Turbo-spin-echo(TSE)-Sequenz durch. Diese dient als Planungssequenz für die axial orientierte Dünnschicht-T2-TSE-Sequenz (3 mm Schichtdicke), die entscheidende Messung des Protokolls. Dabei bedeutet axial, **senkrecht zum Tumor** und es resultieren, je nach Lage des Karzinoms im Rektum paraaxiale, axiale oder parakoronare Schichten. Nach dieser Sequenz führen wir bei Karzinomen des unteren Rektumdrittels eine koronare T2-TSE-Sequenz durch. Diese Messung ist insbesondere geeignet, eine Infiltration des M. levator ani zu erkennen, was ein T4-Kriterium bedeutet. Ein Tumorbefall des Analkanals kann ebenfalls detektiert werden, was einem T3-Kriterium entspricht. Zusätzlich führen wir bei tiefen Karzinomen obligat eine kontrastmittelgestützte, T1-gewichtete axiale Gradientenechosequenz mit Fettsättigung durch, da damit das Ausmaß der Analkanalinfiltration sicherer als mit reiner T2-Bildgebung identifizierbar ist. Vor der KM-gestützten Sequenz wird eine axiale TIRM-Sequenz bei freier Patientenatmung geplant, die bei bewegtem Patiententisch mit einer Geschwindigkeit von 4 mm/s innerhalb von wenigen Minuten Thorax, Abdomen und Becken abbildet. Im Anschluss daran führen wir eine T1-gewichtete, fettgesättigte Gradientenechosequenz (FLASH-2D) in Atemanhaltechnik und Online-Reconstruction bei einer Tischbewegung von 10 mm/s durch. Für die Untersuchung von Thorax, Abdomen und Becken sind drei Atemanhaltezyklen von jeweils 25 s Dauer notwendig. Insgesamt liegt unsere Untersuchungszeit unter Ausnutzung der parallelen Bildgebung bei ca. 20 Minuten. Im Vergleich dazu wird die Untersuchungszeit bei Brown mit 60 Minuten und bei Beets-Tan mit 45 Minuten allein für die lokale Diagnostik angegeben [23, 26].

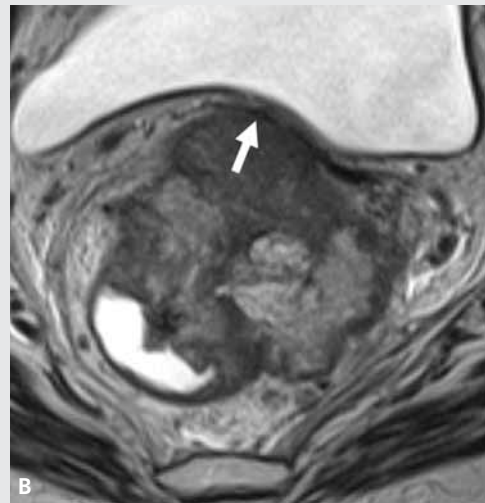
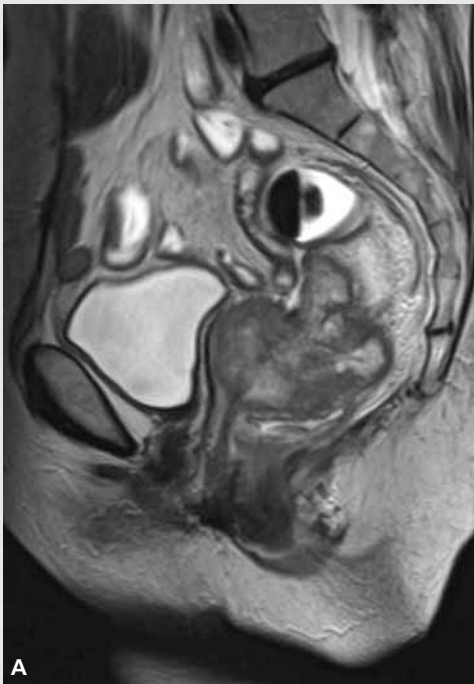
## Wie sehen Rektumkarzinome aus? T-Staging mit MRT

Die Beurteilung der mittels MRT erhobenen Befunde sollte sich an das TNM-System anlehnen [2, 3]. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der Stadieneinteilung des Rektumkarzinoms:

- **Stadium T1:** der Tumor infiltriert die Submukosa
- **Stadium T2:** der Tumor infiltriert die Muscularis propria
- **Stadium T3:** der Tumor überschreitet die Muscularis und infiltriert die Subserosa oder das mesorektale Fett oder infiltriert den Analkanal
- [– **Stadium T3a, b:** der Tumor weist eine mesorektale Infiltrationstiefe bis zu 5 mm auf
- **Stadium T3c, d:** der Tumor weist eine mesorektale Infiltrationstiefe über 5 mm auf]
- **Stadium T4a:** der Tumor infiltriert Nachbarorgane, dazu zählen Vagina, Uterus und Ovar, Prostata- und Samenblasen, Harnblase und Ureter, Sakrum und M. levator ani
- **Stadium T4b:** der Tumor infiltriert das viszerale Peritoneum
- **Stadium N1:** 1–3 mesorektale Lymphknotenmetastasen
- **Stadium N2:** > 3 mesorektale Lymphknotenmetastasen
- **Stadium M1:** Fernmetastasen, z. B. iliakale, inguinale oder retroperitoneale Lymphknoten, Leber, Lunge, Knochen
- **V1:** Veneninfiltration
- **L1:** Lymphgefäßinfiltration
- **Pn1:** perineurale Infiltration



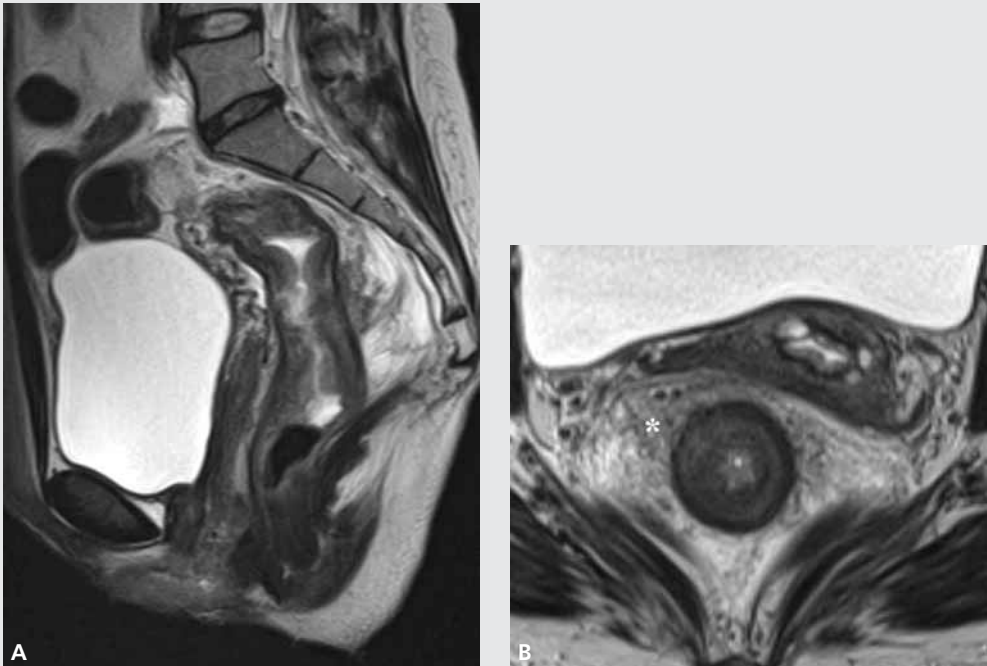
**Abb. 10.1** Wandschichten des Rektums. Einzelschicht aus einer paraaxialen T2-TSE-Sequenz nach rektaler Distension im Bereich des unteren Rektumdrittels.



**Abb. 10.2A, B** Muzinöses Rektumkarzinom. Sagittale T2-TSE- (A) und paraaxiale T2-TSE-Sequenz (B). Der Tumor zeigt in weiten Teilen ein hohes Signal und überschreitet die Rektumwand zwischen 10 und 4 Uhr SSL in das mesorektale Fett. Es besteht eine Adhäsion an den Scheidenstumpf bei Z. n. Hysterektomie (Pfeil).

Wie bereits angedeutet, können unter optimalen Bedingungen die Wandschichten des Rektums – Mukosa, Submukosa und Muscularis propria – in T2-Gewichtung differenziert werden. Dabei besitzt die Mukosa ein niedriges Signal und hebt sich als feine Linie gegen das Distensionsmedium ab. Die sich anschließende Submukosa hingegen weist ein hohes Signal auf und grenzt an die Muscularis, die wiederum eine geringe Signalintensität zeigt (Abb. 10.1). Die überwiegende Mehrzahl der Karzinome besitzt ein höheres Signal als die hypointense Muscularis, aber ein niedrigeres Signal als die hyperintense Submukosa [27].

Ausnahmen bilden das muzinöse Karzinom und das Siegelringzell-Karzinom. Das muzinöse Karzinom ist durch Schleimbildung gekennzeichnet, die in T2-Gewichtung flüssigkeitsisotens imponiert. Muzinöse Karzinome und ihre Metastasen weisen einen unterschiedlichen Anteil an Schleimseen auf. Zystische Einschlüsse im Tumor oder in Lymphknoten bis zu einem homogen hyperintensiven Erscheinungsbild sind klare Bildkriterien für das Vorliegen eines muzinösen Karzinoms, das zudem eine schlechte Prognose besitzt (Abb. 10.2A, B). Das ebenfalls aggressive Siegelringzell-Karzinom erscheint im Gegensatz zum muzinösen Karzinom homogen hypointens, sein Signal ist in T2-Gewichtung mit dem der Muscularis propria vergleichbar. Häufig kann eine Infiltration des mesorektalen Fetts zum Zeitpunkt der Diagnosestellung bereits nachgewiesen werden, die wie eine irreguläre Fibrose imponiert. Alle Wandschichten des Rektums sind durch Tumordinfiltration verdickt und sehr signalarm. In den uns bekannten Fällen dehnt sich das Karzinom intramural weit im Rektum aus (Abb. 10.3A, B).



**Abb. 10.3A, B** Siegelringzell-Karzinom des Rektums. Sagittale T2-TSE- (A) und paraaxiale T2-TSE-Sequenz (B). Verdickung und Signalabsenkung aller Wandschichten des Rektums durch Infiltration des Karzinoms, das sich intramural weit ausdehnt. Daneben netzartige mesorektale Infiltration (Stern).



**Abb. 10.4** Supraanales Rektumkarzinom, Stadium T3. Paraaxiale VIBE-Sequenz nach i.v. KM. Bei 7 Uhr SSL Nachweis einer Überschreitung aller Wandschichten durch das hypovaskuläre Karzinom, gut erkennbar an der Unterbrechung des normalen, hohen Signals der Rektumwand (Pfeil).

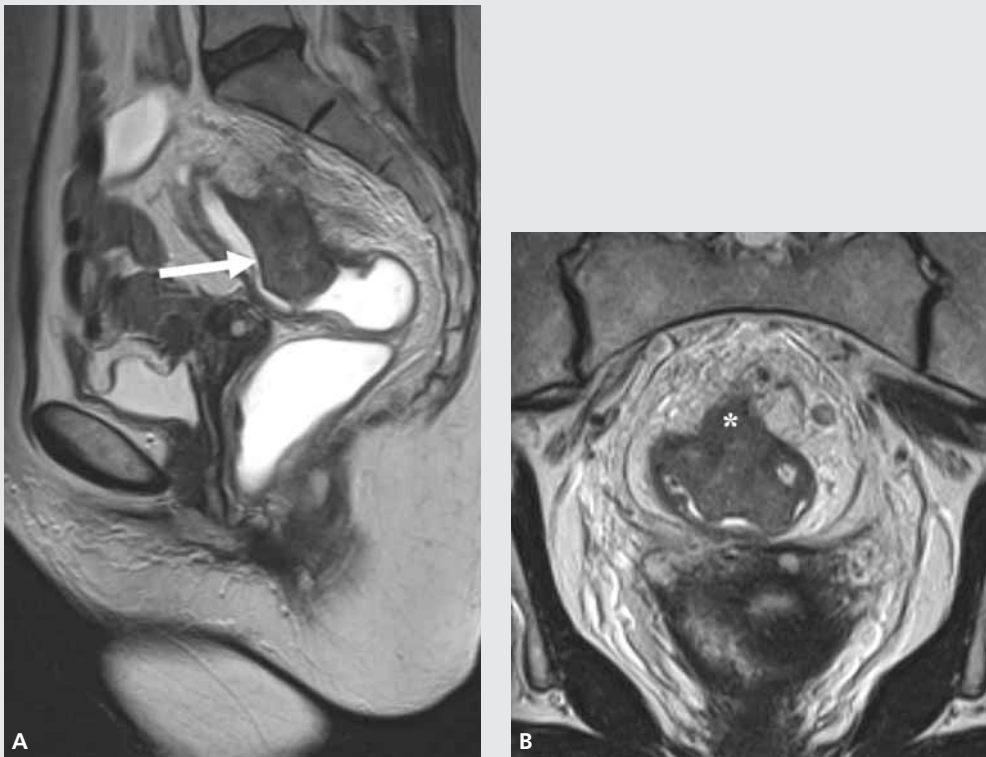
Überschreitet ein Rektumkarzinom die mesorektale Faszie und ist an umgebende Organe adhären, muss automatisch ein T4-Stadium beschrieben werden, auch wenn die Adhäsion sich histopathologisch nur als peritumoröse Entzündung herausstellt.

Nach Kontrastmittelapplikation kommt die Rektumwand deutlich hyperintens zur Darstellung, die Wandschichten können nicht differenziert werden. Aber im Bereich des Analkanals sind fettgesättigte, KM-sensitive Sequenzen der T2-Gewichtung überlegen. Im KM-Bild lassen sich M. levator ani, M. puborectalis und M. sphincter ani externus sicher vom M. sphincter ani internus und dem intersphinkteren Fett aufgrund ihres Kontrastmittelaufnahmeverhaltens unterscheiden [29]. Die quergestreifte Sphinktermuskulatur erscheint gegenüber der glatten Sphinktermuskulatur hypointens. Das geringste Signal zeigt dabei das intermuskuläre Fett. Das Rektumkarzinom kommt typischerweise hypointens gegenüber der normalen Rektumwand und den Analsphinktern zur Darstellung, so dass sowohl eine Analkanalinfiltration, als auch eine Rektumwandüberschreitung im Bild rasch ausgemacht werden können (Abb. 10.4).

Gelegentlich kann eine Tumorperforation die Diagnostik erschweren, da in diesen Fällen eine Abszedierung im angrenzenden Mesorektum die eigentliche Tumorausdehnung maskiert. Mesorektale Tumorausläufer können nicht zweifelsfrei von einer desmoplastischen Reaktion um den Tumor differenziert werden. Noduläre Tumoranteile jenseits der Muscularis,

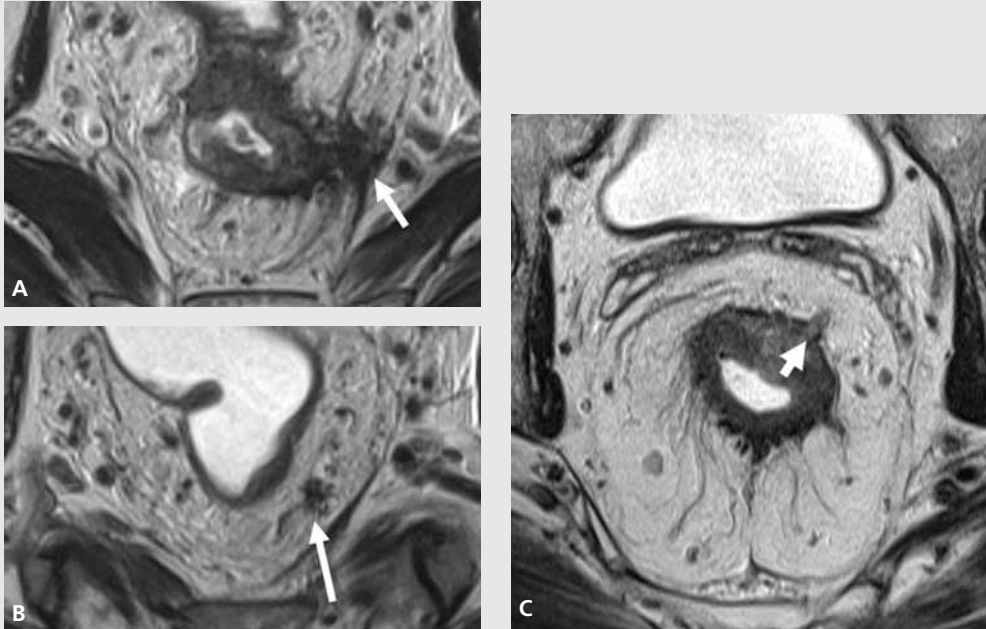
auch diskontinuierlich zum Haupttumor, bereiten bei der Beurteilung des T3-Stadiums keine Probleme (Abb. 10.5A, B). Die mitunter sehr feinen Spikulationen im Mesorektum sind nur mit Vorsicht zu bewerten. In diesen Fällen tritt Overstaging auf, d. h. T2-Stadien werden als T3 fehlgedeutet, was zu Übertherapie führen kann, wenn die vermeintlichen Tumorausläufer weiter als 5 mm in das mesorektale Fett reichen und keine metastasenverdächtigen Lymphknoten vorhanden sind. In Deutschland werden alle N++-Patienten neoadjuvant radiochemotherapiert, ebenso die T3-Patienten mit Invasionstiefe  $\geq 5$  mm.

Mit Hilfe der MRT ist es möglich, negative prognostische Faktoren mit hoher Genauigkeit zu detektieren [30]. Es wurde bereits auf das muzinöse Karzinom und das Siegelringzell-Karzinom sowie auf den Tumorabstand vom Resektionsrand als wichtiges Prognosekriterium hingewiesen. Die Vorhersage eines CRM-Befalls gelingt mit hoher Übereinstimmung zur Pathologie, der von Brown publizierte Schwellenwert liegt dabei bei 1 mm [30]. Dieser sehr geringe Abstandswert wird heute kontrovers diskutiert, da bekannt ist, dass radiologisch und histopathologisch ermittelte Werte für den Tumorabstand vom CRM differieren können. Beets-Tan [24] beschreibt, dass ein in der MRT ermittelter Abstand des Karzinoms von 5 mm zur mesorektalen Faszia mit einem tumorfreien Randsaum von 1 mm zum Resektionsrand in der histopathologischen Aufarbeitung korreliert. Andere Autoren setzen den Schwellen-



**Abb. 10.5A, B** Stadium T3-Rektumkarzinom. Sagittale T2-TSE- (A) und parakoronare T2-TSE-Sequenz (B). Nachweis eines stenosierenden Karzinoms (A, Pfeil) des oberen Rektumdrittels mit deutlicher, nodulärer Infiltration des angrenzenden Mesorektums (B, Stern).





**Abb. 10.6A–C** Stadium T3-Rektumkarzinome mit negativen prognostischen Faktoren. Axiale T2-TSE-Sequenzen (A–C). (A) Ausdehnung des Karzinoms über den Resektionsrand an die Beckenwand links (Pfeil). (B) Signalarme, streifige Gewebeeränderung bei 4 Uhr SSL entlang von Gefäßen als Ausdruck einer Veneninfiltration (Pfeil). (C) Tumorthrombus in einer Rektumvene, erkennbar an der Aufhebung des Flow-void in einem Gefäß bei 2 Uhr SSL (Pfeil).

wert für das Vorliegen eines sicher tumorfreien CRM auf 3 mm [31]. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass für die Ermittlung einer Infiltration des Resektionsrandes (CRM+) auch der Abstand metastasensuspекter Lymphknoten und Bindegewebsmetastasen zur mesorektalen Faszia gewertet wird. Zusätzlich gibt die MRT Hinweise auf eine Infiltration von im Mesorektum gelegenen Venen. Dabei können in T2-Gewichtung signalarme, serpiginöse Tumorausläufer entlang von Gefäßen identifiziert werden; auch gelingt bei größeren Venen der direkte Thrombusnachweis bei Aufhebung des Flow-void in T2 oder Demarkation einer Kontrastmittelaussparung in T1 [30] (Abb. 10.6A–D).

Brown publizierte die bislang einzige Studie bei 1,5 T und Einsatz der Body-Array-Spule, die eine Übereinstimmung von MRT und Histopathologie in Bezug auf das T-Stadium von 100 % für zwei unabhängige Auswerter angibt [23]. Dieses Ergebnis konnte bislang von keiner Arbeitsgruppe reproduziert werden. Akasu [27] berichtet über eine Genauigkeit der MRT in der Vorhersage des definitiven T-Stadiums von 82 %. Dies ist ein Wert, der nach unseren Erfahrungen deutlich näher an der klinischen Realität liegt, bezieht man alle Tumorstadien in die Betrachtungen ein.