



Neu in der Interventionellen Radiologie

Mehrere High-Tech-Innovationen der vergangenen Jahre prägen heute den klinischen Alltag in der Interventionellen Radiologie. Insbesondere sind hier die aktuellen gerätetechnischen Entwicklungen hervorzuheben. Eine zentrale Rolle für die fachliche Entwicklung junger Interventionalistinnen und Interventionalisten spielt zudem die Verbesserung der klinischen Aus- und Weiterbildung durch neue simulatorbasierte Methoden zum Erwerb praktischer und manueller Fähigkeiten.

Novellierung der S3-Leitlinie zum hepatozellären Karzinom gibt interventionellen Methoden mehr Gewicht

Fall 1

Ein 60-jähriger Patient mit kompensierter posthepatitischer Leberzirrhose nach Hepatitis C-Infektion (Stadium Child A) wurde mit dem Befund eines unifokalen hepatozellären Karzinoms (hepatocellular carcinoma, HCC) im Lebersegment 8 (Durchmesser 29 mm, Abbildung 1a) zu uns überwiesen. Im interdisziplinären Tumorboard war für das Bridging bis zur Lebertransplantation eine transarterielle Chemoembolisation (TACE) und die anschließende Mikrowellenablation (MWA) beschlossen worden. Grundlage für diesen Tumorboardbeschluss war die neue S3-Leitlinie für die Diagnostik und Therapie des HCC, die in der aktuellen Version zudem um das cholangiozelluläre Karzinom (cholangiocellular carcinoma, CCC) erweitert wurde. Unter bestimmten Kriterien wird darin erstmalig

die Wertigkeit einer lokalen Tumorablation mit der einer chirurgischen Resektion gleichgesetzt. Außerdem werden jetzt auch spezielle Empfehlungen zum Bridging vor Lebertransplantationen gegeben [1].

Im vorliegenden Fall war in der Angiografie bei bestehender hochgradiger verkalkter



Abbildung 1a: T2-gewichtete MRT mit hyperintensem HCC-Knoten im Lebersegment 8 (Pfeil).



Dr. Tobias Geith
Professor Dr. Philipp M. Paprottka, MHBA

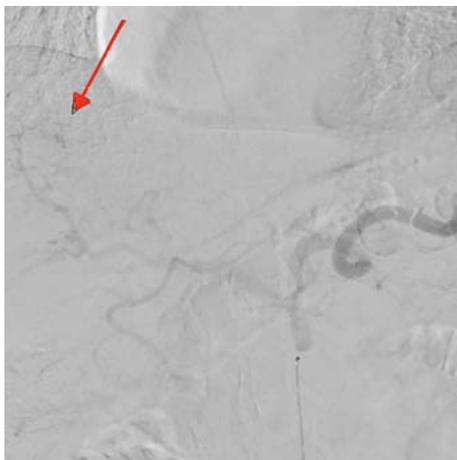


Abbildung 1b: Angiografie über den hochgradig stenosierte Tr. coeliacus: nur flau Kontrastierung der Arterien und des HCC-Knotens (Pfeil).



Abbildung 1c: 3D-Navigation zeigt den optimalen Sondierungsweg.



Abbildung 1d: Ergebnis der superselektiven Embolisierung des Tumorknotens (Pfeil) in der Leber nach Sondierung über die A. mesenterica superior (beachte den geschlängelten Sondierungsweg des Mikrokatheters).

Stenose des Truncus coeliacus nur eine sehr flau Kontrastierung der Leberarterien und des Tumors (Pfeil in Abbildung 1b) möglich. Auch mit einem Mikrokatheter konnte diese Stenose nicht passiert werden. Mithilfe moderner Navigationssoftware und unterstützt durch Bildfusion wurde schließlich mittels computergestützter Gefäßnavigation ein geeigneter Sondierungsweg gefunden (Abbildung 1c). Dieser verlief über stark torquierte Kollateralen aus der A. mesenterica superior retrograd durch die A. gastroduodenalis bis in die rechte Leberarterie. Darüber war die Mikrokatheter-Sondie-

rung bis in den „Tumorfeder“ (tumorversorgende Arterie) und die anschließende superselektive Embolisierung des Tumors mit Lipiodol und Epirubicin problemlos möglich (Abbildung 1d). Das Embolisierungsergebnis wurde noch während des Eingriffs mit einem Cone-Beam-CT überprüft. Dabei rotiert der C-Bogen der Angiografieanlage einmal schnell um den Patienten und erzeugt auf diese Weise Schnittbilder ähnlich einem konventionellen CT. In der Bildfusion des Cone-Beam-CT mit der Vor-CT bestätigte sich die gute Absättigung des Tumors mit dem Embolisat (Abbildung 1e).

Als nächster Schritt wurde die MWA des nun lipiodolmarkierten HCC durchgeführt. Aufgrund des hohen Kontrasts zwischen dem lipiodolgesättigten Tumorknoten gegenüber dem restlichen Leberparenchym war die optimale Platzierung der MWA-Sonde im Zentrum des Tumors unter Echtzeit CT-fluoroskopischer Navigation möglich (Abbildung 1f). Die exakte Lokalisation des Tumors und die kontrollierte Platzierung der Spitze der Ablationssonde sind wesentliche Voraussetzungen, um ein komplettes Ablationsergebnis („A0“), analog zu einer vollständigen chirurgischen Resektion („R0“), zu erreichen [2].

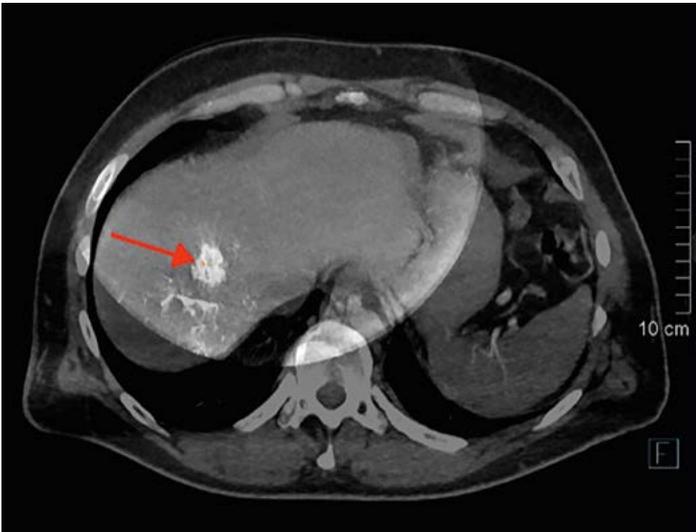


Abbildung 1e: Überlagerung des Cone-Beam-CT direkt nach der TACE und des Vor-CT – gute Lipiodol-speicherung des HCC-Knotens (Pfeil).



Abbildung 1g: Komplette Ablation des HCC-Knotens (Pfeil) im Kontroll-MRT nach fünf Monaten (fettgesättigte kontrastverstärkte T1 in arterieller Phase).

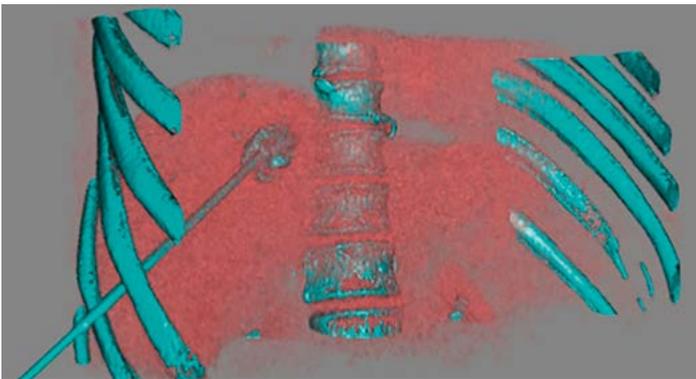


Abbildung 1f: 3D-CT-Volumenrekonstruktion – Positionierung des Mikrowellenapplikators im Zentrum des lipiodol-speichernden HCC-Knotens (röntgendichte Strukturen wie Knochen, Metall und Lipiodol hier türkis, Weichteile rotbraun dargestellt).

seiner hohen Röntgendichte nebenbei die typischerweise lipiodol-speichernden HCC-Herde auch in absoluter Niedrigdosis-CT-Fluoroskopie (Geräteeinstellung < 10 mAs) gut lokalisierbar. Dadurch wird die korrekte Positionierung der RFA- oder MWA-Sonde erleichtert, die als wesentliche Voraussetzung für eine vollständige AO-Ablation gilt [2].

Im vorgestellten Fall fanden zwar TACE und MWA aus logistischen Gründen noch an zwei separaten Terminen statt – mit heute verfügbaren Angio-CT-Hybridgeräten (Abbildung 2), also Kombinationsgeräten aus Angiografieanlage und Interventions-CT [3], können TACE und Ablation direkt aufeinanderfolgend in einem Arbeitsgang durchgeführt werden, ohne den Patienten zwischen zwei Behandlungstischen umlagern zu müssen. Dies bietet Potenzial hinsichtlich einer

Die Verlaufs-MRT nach fünf Monaten bestätigte eine komplette Ablation des jetzt avitalen HCC-Knotens, der sich nur noch als eingeblutetes Residuum darstellte (Abbildung 1g).

Für eine TACE wird das Chemotherapeutikum mit Lipiodol, einem öligen jodhaltigen Röntgenkontrastmittel, gemischt. Dieses macht aufgrund

Nach der aktualisierten S3-Leitlinie zur Diagnostik und Therapie des HCC kommen für das Downstaging eines HCC innerhalb der Mailand-Kriterien (das heißt ein solitärer Knoten ≤ 5 cm bzw. maximal 3 Herde ≤ 3 cm) und für das Bridging bis zur Lebertransplantation sowohl transarterielle Verfahren, ablative Verfahren oder eine Leberresektion in Frage. Bis zu einem HCC-Durchmesser von 3 cm werden mittlerweile die interventionelle Ablation und die chirurgische Resektion als äquivalente Verfahren betrachtet. Eine verbesserte Datenlage hat auch dazu geführt, dass die bisher empfohlene Radiofrequenzablation (RFA) und die MWA nun als gleich gute Verfahren eingestuft werden. Die Kombination von TACE und anschließender Ablation wird für HCCs mit einem Durchmesser zwischen 3 und 5 cm bei Patienten mit erhaltener Leberfunktion und gering- bis mäßiggradiger portaler Hypertension empfohlen [1].



Abbildung 2: Zweiraum-Angio/CT-Hybridsystem, das die nahtlose Integration von Bildern aus der Angiografie und der Computertomografie ermöglicht.



Abbildung 3a: Die CT zeigt einen sehr kleinen linken Leberlappen (Pfeile).



Abbildung 3b: CT direkt nach der ersten OP bei softALPPS (hyperdense Clips an den Dissektionsrändern, Pfeile).

schnelleren Rekonvaleszenz der Patienten und ermöglicht in vielen Fällen eine kürzere Dauer des stationären Aufenthalts.

Interventionelle Radiologie zeigt ihre Stärke als Teamplayer in der interdisziplinären Weiterentwicklung etablierter chirurgischer Verfahren

Fall 2

Für eine 84-jährige Patientin mit Klatskin-IIIa-Tumor wurde im Leber-Tumorboard die Indikation zur Hemihepatektomie rechts gestellt. In diesem Fall ist das Volumen des verbleibenden linken Leberlappens (Abbildung 3a) jedoch sehr gering (Volumen 201 ml) und würde ohne vorbereitende Maßnahmen zu einem postoperativen

Leberversagen (post-hepatectomy liver failure, PHLF) führen. Üblicherweise führt man in diesen Fällen die operative Ligatur der rechten Pfortader mit Teilung des Leberparenchyms durch [4, 5], um so die Hypertrophie des linken Leberlappens anzustoßen. Danach wartet man das Erreichen eines suffizienten linkshepatischen Volumens ab und führt in einer zweiten Operation die Entfernung des rechten Leberlappens mit dem darin befindlichen Tumor durch. Dieses „associating liver partition with portal vein ligation for staged hepatectomy (ALPPS)“ genannte Verfahren besitzt jedoch eine hohe Morbiditäts- und Mortalitätsrate [6].

Darum wurde bei unserer Patientin eine Weiterentwicklung des Verfahrens, die sogenannte „softALPPS“-Technik [7], angewendet. In dieser Prozedur werden nach präoperativer Bildgebung

mit Lebervolumetrie und laborchemischer Beurteilung der Leberfunktion während der ersten Operation intraoperative Leberfunktionstests, eine radikale Lymphadenektomie und schließlich die probatorische temporäre Unterbindung von Pfortader und Leberarterie des später zu resezierenden Leberanteils vorgenommen. Anschließend findet ein In-Situ-Split der Leber ohne Unterbindung der Pfortader statt. Die Resektionsränder werden auch speziell für die im Intervall von bis zu mehreren Wochen später stattfindende Teilentfernung der Leber vorbereitet (Abbildung 3b, CT unmittelbar nach der ersten OP). Der Zeitraum zwischen erster Operation und interventioneller Embolisation der Pfortaderäste des rechten Leberlappens dient der Regeneration der Leber nach dem Operationstrauma. Durch das Abwarten einer Verbesserung der Leberwerte ist der Eingriff insgesamt für die Patienten verträglicher und mit weniger gravierenden Nebenwirkungen behaftet. Die Unterbindung der Parenchymdurchblutung des rechten Leberlappens setzt dabei wie bei der ALPPS-Technik den Reiz für die Hypertrophie des linken Leberlappens (Abbildung 3c und d). Bei der Beurteilung im CT muss jedoch beachtet werden, dass die zur Embolisation verwendeten Silikonspären selbst schon hyperdense Dichtewerte haben. Sie dürfen nach intravenöser Kontrastmittelgabe nicht mit durchbluteten Pfortaderästen verwechselt werden. Eine native CT vor Kontrastmittelgabe hilft, Fehldiagnosen zu vermeiden (Abbildung 3e).

Bei unserer Patientin wurde der komplette Tumor mit dem rechten Leberlappen in der zweiten Operation nach ca. fünf Wochen entfernt. Der genügend hypertrophierte verbleibende linke Leberlappen (Volumen nun 605 ml) war in der Lage, eine ausreichende Rest-Leberfunktion aufrechtzuerhalten (Abbildung 3f). Embolisationen



Abbildung 3c: Transhepatischer Zugang in die Pfortader: Durchgängiges Pfortadersystem (langer Pfeil) und (kurzer Pfeil) direkt vor der Embolisation.

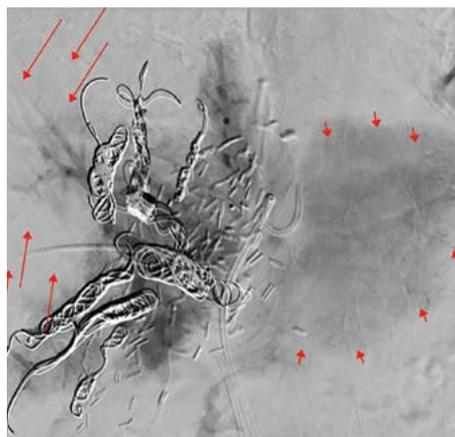


Abbildung 3d: Kontrolle während der Embolisation des rechten Leberlappens, das Parenchym des rechten Leberlappens (lange Pfeile) mit deutlich reduzierter Perfusion im Vergleich zur normalen Perfusion des linken Leberlappens (kurze Pfeile).

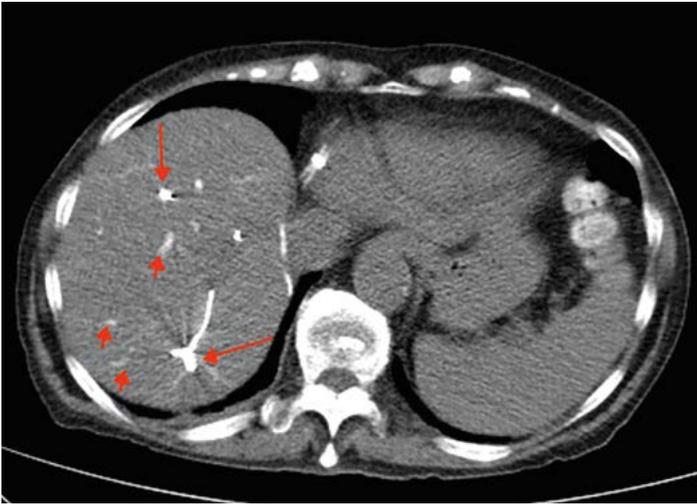


Abbildung 3e: Hyperdense Metalcoils mit Aufhärungsartefakten (lange Pfeile) und hyperdenses Mikrosphären-Embolisat (kurze Pfeile) im Nativ-CT.

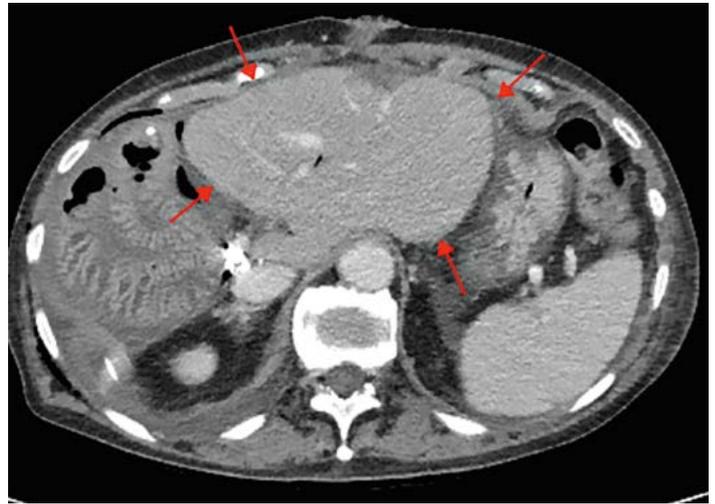


Abbildung 3f: Zustand nach Entfernung des rechten Leberlappens bei deutlicher Hypertrophie des linken Leberlappens (Pfeile).

im Pfortadergebiet erfordern allgemein eine hohe Genauigkeit und Erfahrung, da sich die zahlreichen Aufzweigungen der Portalvenenäste in der angiografischen Darstellung überlagern und die Orientierung erschweren. Heute unterstützen die Angio-CT-Hybridssysteme die Interventionalisten (Abbildung 2) bei der exakten Orientierung im Pfortadersystem und erhöhen die für eine komplette Embolisation der entsprechenden Areale nötige Zielgenauigkeit.

Embolisationstherapie bei muskuloskelettalen Erkrankungen mit schmerzhafter Hyperperfusion

Interventionell-radiologische Embolisationstechniken finden mittlerweile bei den unterschiedlichsten Krankheitsbildern ihre Anwendung. Unter anderem lassen sich durch die selektive Embolisation mit Mikropartikeln bestimmte Arten von

therapierefraktären Gelenkschmerzen deutlich lindern. Die schmerzhafte Hyperperfusion wird dabei reduziert; wahrscheinlich kommt es auch durch eine lokale ischämische Denervierung der periartikulären Weichteile zur entsprechenden Schmerzreduktion [8, 9, 10].

Fall 3

Ein 58-jähriger Patient hatte vor etwa sechs Jahren ex-domo einen endoprothetischen Knie-

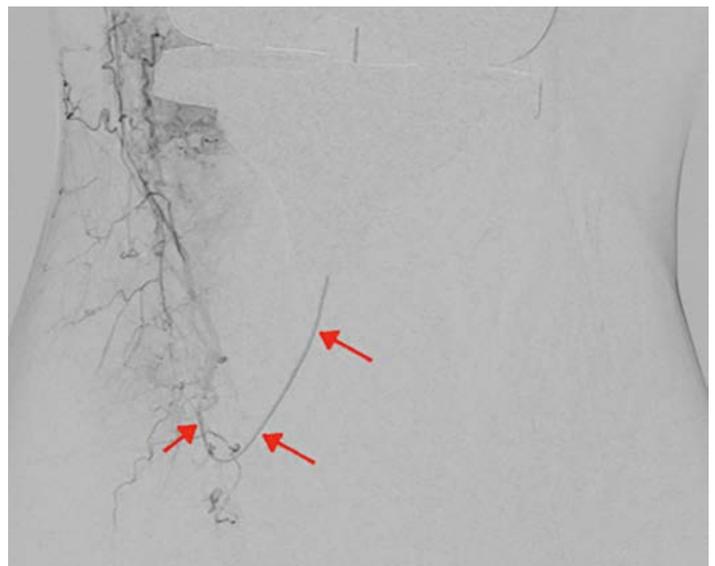
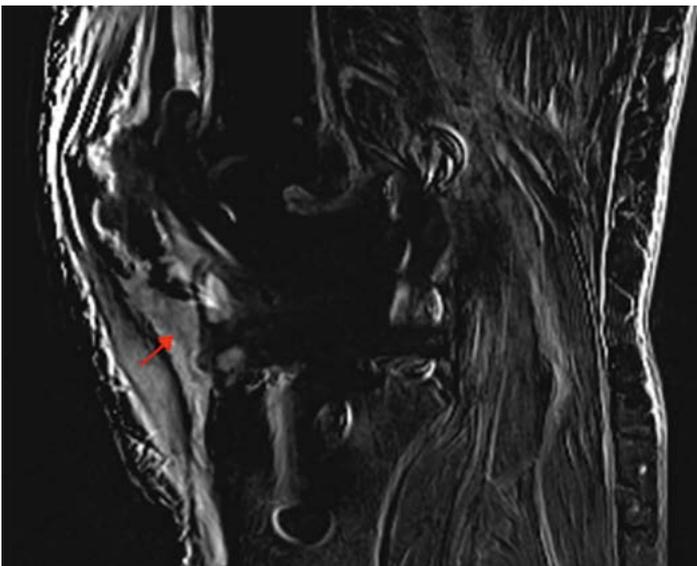


Abbildung 4a und b: Der Angiographie-Simulator im Einsatz.

Abbildung 4a (links): T1-MRT mit i.v.-Kontrastmittel, Subtraktionsbild. Deutliche Metallartefakte durch die Knie-Endoprothese. Entzündungsbedingte Kontrastmittelaufnahme unter anderem im Hoffa-Fettkörper (Pfeil) und suprapatellar.

Abbildung 4b (rechts): Großflächige Überdeckung der Arterien durch die röntgendichte Gelenkendoprothese. Mit einem Robotertechnologie-basierenden Multiachsen-Angiographiesystem (Abbildung 5 – siehe Seite 14) sind auf Grund der unbegrenzten Bewegungsgrade alle zur vollständigen Evaluation der Durchblutung nötigen Projektionen möglich. Superselektive Embolisation des hyperämen Gewebes mit dem Mikrokatheter (Pfeile).

Angiografie-Simulator als Meilenstein in Lehre und Weiterbildung

Über die letzten Jahre hat die Simulatorgestützte Vermittlung von Wissen und handwerklichen Fähigkeiten bei Weiterbildungsassistenten und Studierenden an Bedeutung gewonnen. Angiografie-Simulatoren (Abbildung 6a und b) bereichern den Studentenunterricht durch anschauliche Live-Demonstration von wichtigen angiografischen Eingriffen an, ohne auf Standbilder oder Videos zurückgreifen zu müssen. Jeder Arbeitsschritt kann so oft wie gewünscht wiederholt werden. Besonders wirkungsvoll ist, dass Studierende und Weiterbildungsassistenten am Simulator selbst gefahrlos mit Draht und Katheter arbeiten können und so ihre eigenen manuellen Fähigkeiten trainieren und ausbauen. Einige interventionell-radiologische Fachgesellschaften, beispielsweise die Deutsche Gesellschaft für Interventionelle Radiologie und minimal-invasive Therapie (DeGIR), bieten auf Kongressen und Simulator-Workshops Übungskurse für Weiterbildungsassistenten an. Vor allem akademische interventionell-radiologische Zentren besitzen mittlerweile eigene Angio-Simulatoren für die studentische Ausbildung und die Weiterbildung ihrer Assistenzärztinnen und Assistenzärzte. Ziel der verbesserten Ausbildung ist in letzter Konsequenz die Steigerung der Qualität der interventionell-radiologischen Patientenversorgung [14]. Eine bei Studierenden wachsende positive Wahrnehmung des Nischenfaches Interventionelle Radiologie aufgrund von Simulatorkursen wurde bereits in Studien belegt [15].



Abbildung 6 a und b: Angiografie-Simulator – mit der Hand ausgeführte analoge Bewegungen von Draht und Katheter werden im digital simulierten Patienten umgesetzt.

gelenkersatz erhalten. Bei ihm bestanden weiterhin massive chronische Schmerzen und eine dadurch bedingte Bewegungseinschränkung des betreffenden Knies. Der Patient musste sich

seit der Prothesen-Implantation noch weiteren Operationen ex-domo unterziehen; bei diesen wurde unter anderem der femorale Prothesenteil gewechselt und zuletzt vor einem Jahr ein

zusätzlicher retropatellärer Gelenkersatz implantiert. Selbst mit einer Targin-Dauertherapie (60/30 mg) waren die bereits nach dem morgendlichen Aufstehen bestehenden Schmerzen

Anzeige

MERKUR
PRIVATBANK



**Exklusiv für Wertpapieranleger
bis zu 3,25 % p.a.**



089 59 99 80 www.merkur-privatbank.de/exklusiv

Angebot freibleibend.



nur unzureichend behandelt. Anhand der klinischen und radiologischen Befunde wurden ein mechanisches Problem der Endoprothese, ein low-grade periprothetischer Infekt und eine Allergie auf das Prothesenmaterial ausgeschlossen. In der MRT (subtrahierte T1 mit KM, Abbildung 4a) fanden sich eine erhebliche Tendinose der Patellarsehne mit einer entzündlichen Begleitreaktion des Hoffa-Fettkörpers und eine suprapatellare Synovialitis. Das Röntgenbild wies keine Zeichen einer Prothesenlockerung auf.

Da die konservativen Behandlungsmaßnahmen zu keiner signifikanten Besserung der Beschwerden führten, wurde bei starkem Leidensdruck des Patienten in Zusammenschau mit den klinischen und radiologischen Befunden die Indikation zur angiografischen Evaluation gestellt. Im Fall der Bestätigung einer lokal begrenzten Hyperämie sollten dann die entsprechend hyperämien periprothetischen Weichteile embolisiert werden. Über einen Zugang durch die A. femoralis communis wurden die das Knie versorgenden Arterienäste mittels katheterbasierter digitaler Subtraktionsangiografie (DSA) dargestellt. Dabei bestätigte sich eine starke Hyperperfusion der Synovialis des Kniegelenks insbesondere im lateralen Anteil, wo auch klinisch die stärksten Schmerzen zu finden waren. Der versorgende Arterienast wurde superselektiv mit einem Mikrokatheter sondiert und mit Silikonspähren unter Durchleuchtungskontrolle bis zum subtotalen Verschluss embolisiert (Abbildung 4b).

Postinterventionell hatte der Patient eine bis heute anhaltende deutliche Reduktion der Schmerzsymptomatik mit geringen Restbeschwerden

Das Wichtigste in Kürze

- » Die neue S3-Leitlinie zum hepatozellulären Karzinom (HCC) wurde um Empfehlungen für das cholangiozelluläre Karzinom (CCC) erweitert und hebt anhand von konkreten Empfehlungen die Bedeutung minimalinvasiver interventionell-radiologischer Therapieverfahren hervor.
- » Verbesserungen der Technik zur Hypertrophieinduktion des linken Leberlappens (softALPPS) ermöglichen eine schonendere und verträglichere Behandlung von Patienten, bei denen der komplette rechte Leberlappen operativ entfernt werden muss.
- » Angiografie/CT-Hybridgeräte und verbesserte Bildnavigation dienen den Interventionellen Radiologen bei der zielgerichteten Navigation im Körper.
- » Interventionell-radiologische Embolisierungstechniken finden mittlerweile bei unterschiedlichsten muskuloskelettalen Erkrankungen mit schmerzhafter Hyperperfusion ihre Anwendung und können bestimmte Arten von therapierefraktären Gelenkschmerzen deutlich lindern.
- » Auf Robotertechnologie basierendes Multiachsen-Angiografiesysteme verfügen über eine unbegrenzte Flexibilität der Bewegungsgrade und verbessern hierdurch die Therapieergebnisse.
- » Digitale Angiografie-Simulatoren unterstützen angehende Interventionalisten beim Erwerb solider handwerklicher Fähigkeiten, die für die Behandlung ihrer Patienten nötig sind.

parapatellar medial (entsprechend dem nicht-embolisierten Bereich). Nach fünf Stunden Bettruhe und einem Leisten-Druckverband für 24 Stunden wurde der Patient am folgenden Tag entlassen.

Im Verlauf war der Patient wieder so beweglich, dass er die Krankengymnastik zur Verbesserung von Kraft und Beweglichkeit wiederaufnehmen konnte.

In diesem Fall konnte durch die Embolisierungstherapie dem Patienten geholfen und wieder ein normaler Alltag ermöglicht werden. Weitere publizierte Indikationen zur Embolisierung von therapierefraktären schmerzhaften Zuständen mit mikrovaskulärer Hyperämie bestehen unter anderem bei der Plantarfasziitis [11], der adhäsiven Capsulitis („Frozen shoulder“) [12] oder bei der Epicondylitis lateralis („Tennisellenbogen“) [13].

Das Literaturverzeichnis kann im Internet unter www.bayerisches-aerzteblatt.de (Aktuelles Heft) abgerufen werden.

Die Autoren erklären, dass sie keine finanziellen oder persönlichen Beziehungen zu Dritten haben, deren Interessen vom Manuskript positiv oder negativ betroffen sein könnten.



Abbildung 5: Robotertechnologie-basierendes Multiachsen-Angiografiesystem: unbegrenzte Flexibilität der Bewegungsgrade.

Autoren

Dr. Tobias Geith
Professor Dr. Philipp M. Paprottka, MHBA

Interventionelle Radiologie,
Klinikum rechts der Isar,
Technische Universität München,
Ismaninger Str. 22, 81675 München,
Tel.: 089 4140-8272,
E-Mail: philipp.paprottka@mri.tum.de