

MRT der Prostata

Allgemein

Die Kernspintomographie (MRT) ist in der Lage, die Prostata und ihre nähere Umgebung mit hoher morphologischer Auflösung darzustellen. Die zonale Anatomie des Organs ist im T2-gewichteten Bild abgrenzbar. Die gesunde periphere Zone stellt sich im T2-gewichteten Bild signalreich dar.

Prostatakarzinome in der peripheren Zone lassen sich darin als signalarme Areale abgrenzen (24-26). Der Standard für MR-Untersuchungen der Prostata ist derzeit die Untersuchung im geschlossenen MRT bei 1,5 Tesla mit der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule (27, 28). In Vergleichsuntersuchungen ergab sich aufgrund der höheren Bildqualität für die Kombination einer Endorektalspule mit einer Körper-Phased-Array-Spule gegenüber einer alleinigen Körper-Phased-Array-Spule ein besseres Ergebnis (27). In einer eigenen Studie an 51 Patienten mit Prostatakarzinom, die sich einer radikalen Prostatektomie unterzogen, wurden präoperativ MRT-Bilder mit der Endorektalspule alleine und mit der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule sowie bei 21 dieser Patienten zusätzlich in einer zweiten Untersuchung Bilder alleine mit der Körper-Phased-Array-Spule gewonnen. Hierbei waren im intraindividuellen Vergleich die Darstellbarkeit von Stagingkriterien bzw. die Treffsicherheit für das Staging bei der Endorektalspule und Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule zwar besser als mit der Körper-Phased-Array-Spule, jedoch war der Unterschied nicht statistisch signifikant (**Originalarbeit 1**). Ebenso wie bei anderen Untersuchungen war die subjektive Bildqualität für die Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule am besten (27, 29).

Zur Interpretation der MRT-Bilder sind klinische Informationen wie PSA-Wert, Palpationsbefund und Alter des Patienten sowie gegebenenfalls auch Informationen zu einer erfolgten Hormonbehandlung oder Strahlentherapie unerlässlich (30). Ohne Kenntnis der klinischen Daten erreicht die MRT wesentlich schlechtere Ergebnisse als mit Kenntnis der klinischen Daten zu erwarten sind. In einer von Ikonen et al. durchgeführten Studie mit 72 Patienten, darunter 20 mit Prostatakarzinom und die übrigen mit benignen Veränderungen wie Prostatitis und

BPH, wurde eine Treffsicherheit für den Tumornachweis von nur 74 %, eine Sensitivität der MRT mit Endorektalspule von nur 50 %, eine Spezifität von 83 %, und ein positiver Vorhersagewert von nur 53 % erreicht. Die Auswertung der MRT-Ergebnisse erfolgte durch zwei erfahrene Radiologen, die keine weiteren Kenntnisse über die klinischen Daten der Patienten erhalten hatten (31). Nach einer Studie von Dhingra et al. kommt es jedoch durch die Kenntnis von klinischen Daten nicht nur zu einer verbesserten Sensitivität, sondern gleichzeitig zu einer Zunahme der falsch positiven Befunde (32). Zur Erfassung von Veränderungen innerhalb der Prostata nach kombinierter Strahlentherapie (Afterloading und perkutan) und um zu prüfen, ob im Anschluss dieser Behandlungsform die Erkennung von Rezidiven bzw. einer Tumorpersistenz möglich ist, wurde eine MRT-Untersuchung der Prostata bei 23 Patienten zwischen 6 bis 24 Monaten nach kombinierter Radiotherapie durchgeführt. Bei allen Patienten zeigten sich erhebliche Veränderungen der Signalintensität in der T2-gewichteten Bildgebung. Die periphere Zone zeigte in allen Fällen eine verringerte Signalintensität im Vergleich zur gesunden peripheren Zone und die zonale Gliederung war bei 5 Patienten nicht mehr abgrenzbar. Außerdem zeigten sich bei 20 von 23 Patienten Verkalkungen entlang der seinerzeitigen Lage der Applikationsnadeln (**Originalarbeit 2**).

Zusätzlich spielt die Erfahrung des Untersuchers bezüglich der MRT der Prostata mit der Endorektalspule eine Rolle. So fanden sich an amerikanischen Zentren signifikante Unterschiede bei der Bildinterpretation durch Untersucher mit mehrjähriger Erfahrung und Untersucher mit bisher weniger als 50 Untersuchungen, aber auch zwischen erfahrenen Radiologen und spezialisierten Urogenitalradiologen (33, 34). In diesem Zusammenhang kann bei 8-jähriger eigener Erfahrung mit MR-Untersuchungen der Prostata mit über 600 untersuchten Patienten von einer ausreichenden Erfahrung ausgegangen werden.

Für die Lokalisation eines bioptisch gesicherten Prostatakarzinoms innerhalb der Prostata erreicht die endorektale MRT eine Treffsicherheit von bis zu 97 % (35), auch wenn die Treffsicherheit für den Nachweis von Tumorherden unter 5 mm gering ist (36). Um Prostatakarzinome frühzeitig nachzuweisen, müssen jedoch möglichst auch kleine Tumore erkannt werden. In einer Studie von Perrotti et al. zeigte die MRT mit der alleinigen Nutzung der Endorektalspule ermutigende Ergebnisse für den Nachweis von Tumorfoci bei erhöhten PSA-Werten und bisher negativer Stanzbiopsie (37). In dieser Studie wurde eine Endorektalspule alleine

eingesetzt. Für den Tumornachweis fand sich eine Sensitivität von 85 % für die MRT. Bei fehlenden suspekten Arealen in der MRT ergab sich ein hoher negativer Vorhersagewert von 94,4 %, dass auch in einer erneuten Prostatabiopsie kein Tumor gefunden wurde (37).

Eine eigene Studie zum Einsatz der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule bei 44 Patienten mit suspektem PSA-Wert (PSA-Wert über 4 ng/ml oder suspektem Verhältnis von freiem PSA zu totalem PSA von unter 15 %) und negativer Prostatabiopsie zeigte eine hohe Sensitivität von 83 % für den Nachweis von Prostatakarzinomen in einer wiederholten Prostatabiopsie (38). In dieser Studie erfolgte eine Einstufung der Veränderungen in der peripheren Zone anhand der T2-gewichteten Bildgebung. Konfluierende signalarme Areale wurden als tumorsuspekt eingestuft. Inhomogene und eher diffuse signalarme Areale wurden als nicht eindeutig tumorsuspekt eingestuft. Regionen mit unauffälliger hoher Signalintensität bzw. nur diskreten Veränderungen wurden als nicht suspekt eingestuft. Die MRT erreichte mit der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule eine bessere Sensitivität als die digitale rektale Untersuchung und der transrektale Ultraschall. Dennoch erreicht die MRT bei diesem problematischen Patientengut (erhöhter PSA-Wert und negative Prostatabiopsie) nur eine Spezifität von 62 %, da Prostatakarzinome nicht zuverlässig von einer Prostatitis, von Fibrosen oder einer intraepithelialen prostaticischen Neoplasie differenziert werden konnten (**Originalarbeit 3**). Es stellt sich nun die Frage, ob durch eine technische Verbesserung oder eine Ergänzung der nativen MRT durch kontrastmittelunterstützte Untersuchungen oder eine MR-Spektroskopie eine Verbesserung der Sensitivität und insbesondere der Spezifität zum Nachweis des Prostatakarzinoms erreicht werden kann.

MRT mit Hochfeldgeräten

Die Einführung von Hochfeldgeräten mit 3 Tesla Feldstärke warf die Frage auf, ob sich durch die höhere Feldstärke Vorteile für die Diagnostik des Prostatakarzinoms ergeben. Derzeit sind für Geräte mit einer Feldstärke von 3 Tesla Endorektalspulen lediglich an einzelnen Zentren als Prototypen verfügbar (39-41). Deshalb wurde von uns zunächst eine Studie mit der am jeweiligen Gerät derzeit besten zur Verfügung stehenden Technik, der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule bei

1,5 Tesla und der Torso-Phased-Array-Spule bei 3 Tesla durchgeführt. Dabei wurden 24 Patienten jeweils sowohl bei 1,5 Tesla mit der Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule und bei 3 Tesla mit der Torso-Phased-Array-Spule untersucht. 22 dieser Patienten wurden bei gesichertem Prostatakarzinom mit einer laparoskopischen Prostatektomie behandelt. Neben dem primären Staging, bei dem alle zur Verfügung stehenden Bilder eingesetzt wurden, erfolgte eine retrospektive Auswertung der jeweiligen T2-gewichteten axialen und coronaren Bilder mit Vergleich der Abbildungsqualität, Abgrenzbarkeit der zonalen Anatomie der Prostata, Abgrenzbarkeit des Tumors und Abgrenzbarkeit von Stagingkriterien. Für das primäre Staging unter Verwendung aller zur Verfügung stehender Bilder wurde eine Treffsicherheit von 73 % erreicht. Dabei fand sich bei 1,5 Tesla eine bessere Abbildungsqualität, eine bessere Abgrenzbarkeit der zonalen Anatomie und eine bessere Abgrenzbarkeit des Tumors. Für die Abgrenzbarkeit der Stagingkriterien fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Feldstärken (**Originalarbeit 4**). Da in der Literatur (27) und durch eine eigene vergleichende Studie (29) die bessere Abbildungsqualität der Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule gegenüber der Oberflächenspule alleine bekannt ist, haben wir aus diesem Ergebnis abgeleitet, dass das bei 3 Tesla grundsätzlich zu erwartende bessere Signal-zu-Rausch-Verhältnis nicht die Unterschiede der verschiedenen Spulen kompensieren kann. Für unsere Arbeitsgruppe ist deshalb derzeit die Untersuchung bei 1,5 Tesla mit der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule der Standard. Bei Verfügbarkeit einer Endorektalspule für die Untersuchung bei 3 Tesla wird ein erneuter Vergleich der Abbildungsqualität und Abgrenzbarkeit des Prostatakarzinoms erforderlich sein.

MR-Spektroskopie

Die Protonen-Magnetresonanzspektroskopie (¹H-MRS) der Prostata liefert eine nichtinvasive Methode zur semiquantitativen Analyse der Metaboliten Cholin, Creatin und Citrat in der Prostata und wird in Verbindung mit der hochauflösenden MRT mit der Endorektalspule durchgeführt. Durch die Erarbeitung von Schwellwerten für den Quotienten der Konzentrationen aus Citrat zu Cholin und Creatin wird ein zusätzliches weitgehend untersucherunabhängiges Kriterium eingeführt. Dabei wird ausgenutzt, dass in gesunden Epithelzellen der Prostata

eine hohe Konzentration von Citrat vorliegt, die in Tumoren verringert ist. In Tumoren ist dagegen die Konzentration insbesondere von Cholin bei proliferativen Vorgängen erhöht (42, 43). Durch Verbesserung der Methode ist es mit der ^1H -spektroskopischen Bildgebung (^1H -2D-CSI) oder (^1H -3D-CSI) möglich, mehrere Volumenelemente einer Schicht oder mehrerer Schichten als 3D-Block in einem Untersuchungsgang zu analysieren (44).

Die Zusammenschau der metabolischen Daten der ^1H -3D-CSI mit den anatomischen Daten der MRT kann den Nachweis und Lokalisation eines Tumors in der Prostata verbessern (43) sowie insgesamt die Treffsicherheit bei der Volumenbestimmung eines Prostatakarzinoms steigern (43, 45). Die Kombination von MRT und MRS bietet sich für die Planung von Biopsie und Therapie sowie für die Kontrolle des Therapieerfolges an (43, 46). Sie kann zusammen mit PSA-Werten und Biopsieergebnissen die Charakterisierung eines Prostatakarzinoms bei einzelnen Patienten verbessern (47).

Gegenwärtig gibt es weltweit jedoch nur wenige medizinische Einrichtungen, die mit der MRS Erfahrung haben. Um den tatsächlichen klinischen Nutzen von MRS für die Verbesserung des Managements von Patienten mit Prostatakarzinom ermitteln zu können, müsste die MRS in mehreren Institutionen eingeführt und validiert werden. Für den Tumornachweis kann die MRS eine wertvolle Ergänzung zur T2-gewichteten Bildgebung sein, da sie zusätzliche Gewebeeigenschaften untersucht und prinzipiell untersucherunabhängige Ergebnisse liefert.

Kontrastmittelunterstützte MRT

Tumore weisen mit zunehmender Malignität eine Erhöhung der Vaskularisation und der Gefäßpermeabilität auf (9, 48, 49). Experimentell können zur Beurteilung der Vaskularisation verschiedene Parameter erfasst werden: Durch histologische Methoden sind dabei die Mikrogefäßdichte (MVD) und das Gefäß- bzw. Blutvolumen quantifizierbar. Bei der Perfusion und der Gefäßpermeabilität handelt es sich um funktionelle Parameter, die nicht histologisch erfasst werden können. Die Perfusion beschreibt das Blutvolumen, das pro Zeiteinheit durch ein definiertes Gewebvolumen fließt. Die Gefäßpermeabilität wird üblicherweise nicht direkt gemessen, sondern nur als Permeabilitätsflächenprodukt.

Beim Menschen wurde bisher als Malignitätskriterium für das Prostatakarzinom die Endothelzellproliferation mit einem um den Faktor 30 vergrößerten Wert im Vergleich zur parallel untersuchten benignen Prostatahyperplasie gesichert (50). In einer Studie an 14 Prostatektomiepräparaten fand sich eine um den Faktor 2 erhöhte Mikrogefäßdichte im Prostatakarzinom im Vergleich zu gesundem Prostatagewebe (10). Dieses Ergebnis wurde in den Untersuchungen von Vartanian bestätigt (50). In einer Untersuchung an 74 Prostatektomiepräparaten von Patienten mit Prostatakarzinom zeigte sich die Mikrogefäßdichte als Prognosefaktor für eine Metastasierung dem Gleason-Score, einer Einteilung der das morphologische Differenzierungsmuster zugrunde liegt, überlegen (51). In einer histologischen Untersuchung von 101 Prostatakarzinompatienten fand Wakui eine positive Korrelation von Kapillardichte und Knochenmarkmetastasierung (χ^2 - Test: $p < 0,001$) (52).

Für das Prostatakarzinom wurden zunächst Untersuchungen mit konventioneller statischer T1-gewichteter Bildgebung nach Kontrastmittelapplikation geprüft. Mit dieser Technik, bei der nach der Kontrastmittelapplikation lediglich eine relativ lange Spin-Echo- oder Turbo-Spin-Echo-Sequenz gemessen wird, lässt keine Berechnung der Vaskularisation und Gefäßpermeabilität zu. Hierbei haben sich in einer Studie mit 20 Patienten mit histologisch gesichertem Adenokarzinom der Prostata keine eindeutigen Verbesserungen bezüglich der Identifizierung suspekter Areale gezeigt, jedoch war eine deutlichere Abgrenzung des Tumors bei 50 % möglich (53). In einer anderen Studie mit 60 Patienten mit Prostatakarzinom fand sich ein uneinheitliches Kontrastverhalten mit geringerem Kontrastmittelenhancement des Tumors als die gesunde Umgebung in 45 % und einem vermehrten Kontrastmittelenhancement des Tumors im Vergleich zur gesunden Umgebung in 38 % (54). Auch bei der Unterscheidung des lokal begrenzten und des kapselüberschreitenden Prostatakarzinoms ergaben sich keine Vorteile durch die Kontrastmittelapplikation (24, 53, 54).

Im MRT lässt sich an einem Gewebe die Vaskularisation und Gefäßpermeabilität mit kontrastmittelunterstützten Untersuchungen darstellen (55-57). Die dynamische MRT, bei der nach Kontrastmittelapplikation in kurzen Intervallen T1-gewichtete Bilder der Prostata aufgenommen werden, führt zu einer Verbesserung der Abgrenzbarkeit eines bekannten Tumors, da Prostatakarzinome häufig einen

steileren Anstieg der Signalintensität zeigen und eine höhere Signalintensität erreichen als gesundes Prostatagewebe in der peripheren Zone (58-60).

Dynamische MRT im Tierversuch

Im Tierversuch konnte, an allerdings subcutan implantierten Prostatakarzinomen, durch eine dynamische MRT mit niedermolekularem Gd-haltigem Kontrastmittel eine Differenzierung zwischen besser und schlechter differenzierten Tumoren erreicht werden (61). An einem Tiermodell mit schnell wachsenden Tumoren der Prostata wurde die dynamische MRT erfolgreich zur Verlaufskontrolle nach Radiotherapie eingesetzt (60). In unserer Arbeitsgruppe konnte ein Tumormodell an der Ratte etabliert werden, bei dem ein orthotop implantierter langsam wachsender Tumor innerhalb von gesundem Prostatagewebe kernspintomographisch untersucht werden kann (62). Bei 15 Ratten wurden Dunning-Tumorzellen der Sublinie G orthotop in die Prostata implantiert. Zwischen dem 56. und 60. Tag danach wurden die MRT-Messungen mit T1-gewichteten, T2-gewichteten und mit einer dynamischen T1-w-Sequenz mit einer fast-low-angle-shot-(FLASH) Technik nach bolusförmiger i.v. Applikation von Gd-DTPA-BMA (Omniscan, Amersham) mit einer Dosis von 0,2 mmol/kg durchgeführt. Es erfolgten dabei 1,6 Messungen pro Sekunde über einen Zeitraum von 12 Minuten. Anschließend an die Untersuchungen wurden die Ratten getötet und jeweils die Prostata entnommen. Die Tumoren waren wie beim Menschen in der T1-gewichteten Bildgebung nicht abgrenzbar, zeigten sich jedoch in der T2-gewichteten Bildgebung als signalarme Areale in der T2-gewichteten Bildgebung (**Originalarbeit 5**). In der dynamischen Bildgebung fand sich innerhalb der Tumoren ein beschleunigter Anstieg sowie eine erhöhte Amplitude der Signalintensität im Vergleich zu dem umgebenden gesunden Prostatagewebe. Bei Auswertung mit Hilfe einer pharmakokinetischen Modellierung konnten das interstitielle Leckvolumen, die normalisierte Permeabilität und das Permeabilitätsflächenprodukt vom Tumor und gesundem Prostatagewebe quantitativ bestimmt werden. Dabei zeigte sich für das interstitielle Volumen und das Permeabilitätsflächenprodukt im Tumor ein signifikanter Anstieg von 420 % ($p < 0,001$) und 424 % ($p < 0,001$) gegenüber normalem Prostatagewebe (**Originalarbeit 5**). Diese Ergebnisse zeigen, dass die quantitative Analyse von dynamischen MRT-Daten die Differenzierung auch langsam wachsender Tumore

vom gesunden Prostatagewebe ermöglicht. Bei dem langsamen Wachstumsverhalten ohne das Auftreten von Nekrosen ist bei dem eingesetzten Tumormodell eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Untersuchungen beim Menschen wahrscheinlich. Außerdem ist durch die nur geringe Größe der Tumoren ein Vergleich mit dem umliegenden gesunden Prostatagewebe möglich (**Originalarbeit 5**). Im Rahmen weiterer Untersuchungen soll geklärt werden, ob die Untersuchung mit neuen intravasalen Kontrastmitteln eine Quantifizierung der Kompartimente Gefäßvolumen, interstitielles Volumen und zelluläres Volumen zulässt.

Dynamische MRT beim Menschen

Beim Menschen konnte von Jager et al. durch Analyse der Anstiegsgeschwindigkeit und der maximalen Signalintensität eine Verbesserung der Sensitivität für den Tumornachweis in der peripheren Zone von 76 % auf 83 % erreicht werden. Für das Tumorstaging erbrachte die dynamische MRT jedoch keine signifikanten Vorteile gegenüber der konventionellen T2-gewichteten Bildgebung (63). In einer Studie an 69 Patienten wurde neben der Analyse der Anstiegsgeschwindigkeit und der maximalen Signalintensität ein weiteres Kriterium, das „Auswaschphänomen“ auch als signifikantes Kriterium zur Differenzierung des Prostatakarzinoms von normalem Gewebe herausgearbeitet. Hierbei wird ein Signalintensitätsgipfel innerhalb der ersten zwei Minuten erreicht (64). In einer neueren Arbeit wurde das relative maximale Enhancement eingeführt, bei dem vom maximalen Enhancement im Tumor das durchschnittliche Enhancement der umgebenden peripheren Zone abgezogen wird. Hierdurch war eine gegenüber dem Kriterium der maximalen Signalintensität bessere Diskriminierung des Tumors möglich (58). Durch den Einsatz von Nachverarbeitungsprogrammen, die eine automatische Auswertung der Datensätze erlauben, wird die kontrastunterstützte dynamische MRT eine Hilfe beim Nachweis von Prostatakarzinomen sein können.

Entwicklung einer Pulssequenz und eines Auswerteprogramms für die quantitative dynamische MRT:

In einem von der DFG geförderten Projekt wird die Auswertung der Perfusion von Prostatakarzinomen mit einem Mehrkompartimentmodell erarbeitet. Das Modell wurde bisher bei Hirntumoren erfolgreich eingesetzt (65, 66). Dabei werden ein intravasales, ein interstitielles Kompartiment mit schnellem und ein interstitielles Kompartiment mit langsamem Austausch sowie ein zelluläres Kompartiment unterschieden. Für die Anwendung dieses Modells bei Prostatakarzinomen mussten zunächst mehrere messtechnische Probleme gelöst werden, die mit dem Einsatz der Endorektalspule und der geforderten zeitlichen und räumlichen Auflösung der eingesetzten Sequenz verbunden sind. Die Endorektalspule erzeugt in ihrer Umgebung eine hohe Signalintensität und führt damit zu einer Inhomogenität der Signalintensität im Messfeld. Um die hierauf zurückzuführenden Signalintensitätsunterschiede in der Nachverarbeitung berücksichtigen zu können,

wird vor der Untersuchung Protonendichte-gewichtete Sequenz mit der Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule und anschließend die gleiche Sequenz mit dem Ganzkörperresonator durchgeführt (**Originalarbeit 6**). Ein weiteres Problem stellt die im Vergleich zum Gehirn stärkere Pulsation in den großen Gefäßen dar. Diese flussinduzierten Schwankungen in der Signalintensität können durch die zusätzliche Berücksichtigung der Pixelphase stark verringert werden (**Originalarbeit 6**). Ein wesentliches Problem stellt der nicht lineare Zusammenhang von Gd-basierenden extrazellulären Kontrastmitteln (z.B. Gd-DTPA) und der Signalintensität bei höheren Kontrastmittelkonzentrationen dar. Diese Konzentrationen werden bei der ersten Passage des intravenösen Kontrastmittelbolus (first pass) durch das Zielgebiet erreicht. Um eine möglichst präzise Erfassung der Kontrastmittelpassage zu ermöglichen, wurde eine Dual-Kontrast-Sequenz für diesen Einsatz entwickelt, die in einem Messintervall von 1,5 Sekunden die quasisimultane Akquisition eines T1- und T2*-gewichteten Bildes gestattet. Durch die Messung des T2*-Kontrastes ist die präzise Bestimmung des Bolusgipfels auch bei höheren Kontrastmittelkonzentrationen möglich (**Originalarbeit 6**). Bisher war mit Dual-Echo-Sequenzen mit größeren Messintervallen und einer kürzeren Gesamtmesszeit lediglich eine semiquantitative Analyse möglich (67). Durch einen auf die Prostata angepassten Nachverarbeitungsalgorithmus ist die Differenzierung und Quantifizierung von intravasalem, schnell austauschendem interstitiellen und langsam austauschendem interstitiellen Volumen möglich. Im Rahmen des Projektes werden die Ergebnisse der Berechnungen mit denen der Morphometrie anhand der OP-Histologie verglichen. In zusätzlich angefertigten histologischen Schnitten werden die Gefäße hierfür mit einer für Gefäßendothelien sensitiven Immunfärbung (cd34) markiert. Ziel ist es neben der Abgrenzung des Tumors innerhalb der Prostata Erkenntnisse über den Differenzierungsgrad des Tumors und damit über die Prognose zu erhalten. So können schlecht differenzierte Tumoranteile lokalisiert und gezielt biopsiert werden.

MR-gesteuerte Prostatabiopsie

Die derzeit routinemäßig durchgeführten systematischen mit dem transrektalen Ultraschall durchgeführten Prostatabiopsien mit einer 18-G-Biopsienadel zeigen im Vergleich zum Prostatektomiepräparat in einem erheblichen Umfang von bis zu

65 % Abweichungen des Gleason-Scores vom OP-Präparat, insbesondere bei besser differenzierten Tumoren (68). In einer lokalisationsbezogenen Auswertung mit Vergleich der MRT-Bildgebung mit MR-Spektroskopie, der Biopsie-Histologie und der Histologie der Prostataktomiepräparate zeigte die MRT mit MR-Spektroskopie eine höhere Sensitivität, aber geringere Spezifität im Vergleich zur Biopsie. Deshalb wird auch weiterhin eine Prostatabiopsie notwendig sein (69). Aufgrund der höheren Sensitivität im Vergleich zur digitalen rektalen Untersuchung und zum TRUS könnte die MRT mit MR-Spektroskopie, ggf. auch in Kombination mit einer dynamischen kontrastunterstützten MRT dazu beitragen, die Zahl der falsch negativen Stenzen zu verringern und repräsentative Tumorareale zu erkennen, um anhand der Biopsie-Histologie eine korrekte Abschätzung der Prognose vornehmen zu können. Dies könnte zum einen durch Übermittlung der MR-Befunde auf den TRUS bei einer TRUS-gesteuerten Prostatabiopsie und zum anderen durch eine direkte MR-gesteuerte Prostatabiopsie erfolgen. Ideal wäre eine Biopsie im MRT im Anschluss an die diagnostische Untersuchung. Bisher stehen zur MR-gesteuerten Prostatabiopsie offene MRT-Systeme mit zumeist geringerer Feldstärke oder geringerer Feldhomogenität zur Verfügung (70-72). Für die Prostatabiopsie wurden dabei transperineale und transgluteale Zugangswege beschrieben. Der Nachteil dieser Systeme ist eine schlechtere diagnostische Bildqualität, was eine Untersuchung des Patienten an zwei verschiedenen Geräten erforderlich macht. In Kooperation mit der Industrie (MRI-Devices / Daum GmbH) habe ich deshalb ein Gerät entwickelt, mit dem unter Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule im geschlossenen Hochfeldgerät (1,5 T) MR-gesteuert Stanzbiopsien der Prostata über einen transrektalen Zugangsweg entnommen werden können (73). Ein Prototyp steht für den klinischen Einsatz zur Verfügung. Die Vorrichtung besteht aus einer im MRT sichtbaren Nadelführung, einem Haltearm mit diversen Justiermöglichkeiten, einer Grundplatte sowie einem Lagerungskissen für die Bauchlage. Die im MRT sichtbare Nadelführung wird nach der Lagerung des Patienten in Bauchlage transrektal eingeführt und mit dem Haltearm verbunden. Der Haltearm erlaubt eine Rotation der Nadelführung und eine Bewegung nach vorwärts und rückwärts sowie eine Verstellung der Höhe. Zusätzlich kann der Insertionswinkel verändert werden. Die Rotationsbewegung und Vorwärts- und Rückwärtsbewegung erfolgt von außen durch eine Teleskopstange. Die Nadelführung kann so unter MRT-Kontrolle auf die

gewünschte Region innerhalb der Prostata ausgerichtet werden. Daraufhin wird die Nadelführung arretiert und mit einer MR-kompatiblen Nadel eine Stanzbiopsie entnommen. Die Biopsie wird vor der Magnetöffnung ohne vorherige Umlagerung des Patienten entnommen. Die Biopsievorrichtung ermöglicht die Biopsie am gleichen Gerät, an dem auch die diagnostische Untersuchung mit der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule erfolgte. Durch eine zunächst durchgeführte T2-gewichtete TSE-Sequenz mit den gleichen Parametern wie in der diagnostischen MRT ist eine gute Reproduktion und räumliche Zuordnung der Befunde aus der diagnostischen Untersuchung mit der kombinierten Endorektal-Körper-Phased-Array-Spule möglich. Bisher wurden im Rahmen einer Studie bei 16 Patienten Biopsien entnommen. Dabei konnten 8 Prostatakarzinome histologisch gesichert werden. Erste Ergebnisse wurden inzwischen publiziert (**Originalarbeit 7**). Eine Verbesserung der Methode kann sich durch Biopsievorrichtungen mit eingebauten Spulen ergeben, die bisher jedoch nur im Tierversuch getestet wurden (74).