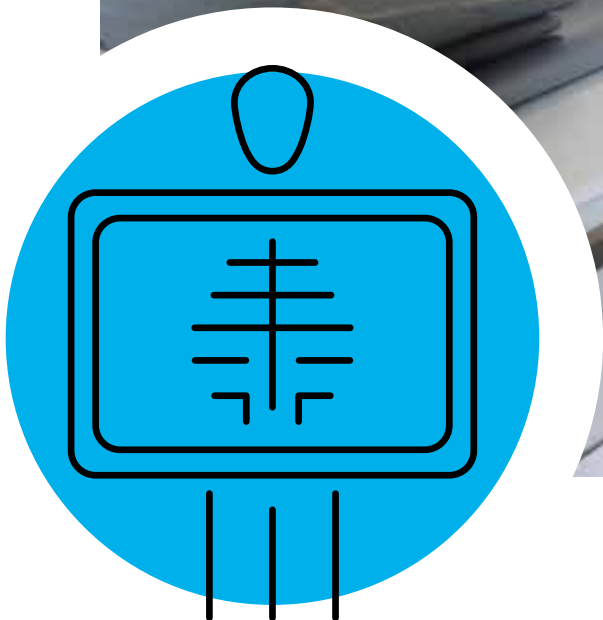




„ Wir werden schon in den nächsten Jahren erleben, dass wir anhand von radiologischen Bildinformationen für den einzelnen Patienten eine Prognose abgeben können hinsichtlich Therapieansprechen, rezidivfreien Überlebens sowie der generellen Überlebensrate.



INTERVIEW MIT PROF. STEFAN SCHÖNBERG

Radiomics – die Zukunft beginnt jetzt

In der Radiologie findet gerade eine mathematische Revolution statt: Medizinische Bilddaten können so mit Informationen aus der Genetik, der Labormedizin und der Klinik verknüpft und ausgewertet werden, dass eine gute Prognoseabschätzung möglich ist. kma sprach mit Prof. Stefan Schönberg über das Potenzial von Radiomics.

Es gibt einen Science-Fiction-Film, in dem sich die verletzte Heldin in eine Art OP-Kapsel legt, vollautomatisiert operiert wird, heraustritt und die Aliens besiegt. Wie lange dauert es noch, bis so etwas Wirklichkeit wird? Bis es eine Maschine gibt, die sowohl Diagnostik als auch Therapie beherrscht und ohne menschliche Hilfe arbeitet?

Viele der technischen Möglichkeiten, die wir aus Science Fiction-Filmen kennen, beherrschen wir heute schon in der modernen Radiologie. Modernste Computertomografen können in weniger als einer Sekunde ein hochauflösendes Bild des gesamten Körpers aufnehmen und dies mit einer Strahlendosis, die teilweise unter der eines Transatlantikflugs liegt. Erfahrene interventionelle Radiologen können auf Basis dieser Bilder mit ihren Röntgen-Angiographiesystemen so gut wie jeden Winkel des Körpers erreichen, Blutungen stillen oder Tumore durch lokale Hitze über spezielle Nadeln zerstören. Durch integrierte Ansätze, die teilweise aus der modernen Robotik und Automatisierung kommen, werden diese Abläufe immer schneller, einfacher und qualitätsgesicherter. Neu ist jedoch, dass wir die individuelle Entscheidung für eine solche Behandlung immer mehr auf der Grundlage riesiger Datenmengen treffen können. Eine Analyse dieser Daten ermöglicht eine qualifizierte Aussage darüber, ob dieser spezielle Patient von einer besonde-

ren Therapie profitieren und wie sich seine Prognose durch die Behandlung verbessern würde. Interessanterweise finden diese bereits Realität gewordenen Möglichkeiten in Science Fiction-Filmen keinerlei Erwähnung. Die moderne personalisierte Medizin scheint offensichtlich bereits heute über die Vorstellungskraft von Filmemachern hinauszugehen.

Radiomics wird die Medizin revolutionieren, heißt es. Was verbirgt sich hinter diesem Begriff?

Radiomics heißt letztlich, dass radiologische Bilddaten und Bildinformationen systematisch in Korrelation gebracht werden zu Daten aus der Molekulargenetik, der Labormedizin und der Klinik. Mit speziellen Computerverfahren und Algorithmen kann aus den Bildern eine Vielzahl von Merkmalen herausextrahiert werden, die eine Prognoseabschätzung ermöglichen.

Können Sie die Dimension dieser Revolution anhand von zwei, drei Beispielen beschreiben?

Ein Affe und ein Delfin teilen mehr als 90 % ihres Genpools. Wir sind uns aber sicher alle darüber einig, dass die phänotypische Merkmalsausprägung, also das Erscheinungsbild völlig unterschiedlich ist. Genauso verhält es sich mit einer Krankheit, die trotz zahlreicher gemeinsamer Merkmale nicht ein, sondern viele, individuelle

Erscheinungsbilder hat. An diesem Punkt setzt Radiomics an. Das Herausarbeiten hunderter oder tausender Merkmale aus radiologischen Bildern ermöglicht die detaillierte Analyse des Phänotyps, d.h. des spezifischen Erscheinungsbildes einer Erkrankung in Korrelation zu der jeweiligen genetischen Konstellation und Präposition. Besonders interessant ist, dass dies auch bei Erkrankungen möglich ist, deren Ursache multifaktoriell ist, d.h. von der Vererbung über Umweltfaktoren bis hin zur Ernährung reicht. Auch hier kann die individuelle Schwere der Erkrankungsausprägung im Bild quantitativ erfasst und qualitativ ausgewertet werden.

Wo liegen die Grenzen des maschinenbasierten Lernens – oder gibt es keine?

Maschinenbasiertes Lernen ist ein weiteres, wichtiges Instrument im Baukasten des Radiologen. Das Verfahren kann sowohl auf der Bilddatenebene selbst eingesetzt werden, beispielsweise zur Erfassung der Struktur eines Tumors, als auch auf der Metaebene der Information, d.h. zur Generierung von statistischen Parametern aus einem Bild, die in die Hunderte gehen kann und eine quantitative Korrelation zu anderen Daten ermöglicht. Die Grenzen des maschinenbasierten Lernens hängen von der Verfügbarkeit qualitätsgesicherter großer Datenmengen ab, in denen die Rahmenbedingungen genau klassifiziert sind. Das bedeutet, dass die Arbeit mit unstrukturierten Daten wenig zielführend ist und es somit für uns alle eine neue Herausforderung bedeutet, vielschichtige Daten systematisch und in großen Mengen zusammenzuführen.

Unter Radiomics versteht man auch das Zusammenführen von Bildern und Labordaten. Damit steigt die Radiologie zum gleichwertigen Partner der Biotechnologie auf. Wie weit sind wir mit dieser Zusammenführung und welche Möglichkeiten eröffnet sie?



Foto: privat

Prof. Dr. med. Stefan Schönberg ist Direktor des Instituts für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin am Universitätsklinikum Mannheim und Präsident der Deutschen Röntgen-gesellschaft (DRG).

„ Wir werden in Zukunft sicher eher mehr als weniger Radiologen benötigen.

In der Tat gehen wir davon aus, dass die Radiologie zu einem noch stärkeren Partner in der Biotechnologie und Molekularbiologie wird. Durch die bereits erwähnte synergistische Betrachtung von Genotyp und Phänotyp kann die Radiologie eine nicht invasive Analyse des Erscheinungsbildes von Erkrankungen anbieten und dies mit Einbindung der komplementären Informationen aus den gewebebasierten Technikfeldern.

Um Bildmerkmale in automatisierter, reproduzierbarer Weise in einem Hochdurchsatz-Verfahren zu extrahieren, benötigt man eine Plattform, die Daten speichert und Radiomics-Anwendungen unterstützt. Können Sie diese Plattform, diese Radiomics-Infrastruktur etwas genauer beschreiben?

Bislang gibt es eine solche Plattform nicht und die meisten Ansätze basieren noch auf unstrukturierten oder wenig strukturierten Daten, weshalb deren Aussagekraft noch fragwürdig ist. Ein zentrales Anliegen ist daher in der Tat der Aufbau von Datenplatt-

formen, die sicherstellen, dass einerseits die radiologischen Bilddaten absolut standardisiert und qualitätsgesichert für eine spezielle Fragestellung aufgenommen bzw. nachverarbeitet werden und andererseits alle komplementären Informationen aus der Klinik oder aus dem Labor beziehungsweise der Molekulargenetik in strukturierter Weise in Korrelation gebracht werden können. Selbstverständlich wird dies zu Trainingszwecken zunächst auf Basis von komplett anonymisierten Daten geschehen müssen.

Wird Radiomics den Softwaremarkt umwälzen? Wird es die bekannten PACS-, RIS- und Archiv-Hersteller in zehn Jahren noch geben – oder werden wir es mit ganz anderen Unternehmen zu tun bekommen?

Wir gehen davon aus, dass dies komplementäre Ansätze sind. RIS- und PACS-Software ist weiterhin wichtig, um die hohen Anforderungen an die Datenspeicherung und den Datenschutz zu gewährleisten. Gleichzeitig werden aber sicherlich immer mehr Software-Anbieter intelligente Algorithmen für die weitergehende Analyse dieser Bilddaten entwickeln. Wir sehen dies als einen integrativen Ansatz und vermutlich werden viele dieser Algorithmen gewissermaßen als Applikation für die Datenspeicher zur Verfügung stehen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass deren Qualität systematisch überprüft und validiert wird, worin wir auch eine wesentliche Aufgabe der Deutschen Röntgengesellschaft sehen. Die neuen Anbieter werden sicherlich nicht wie bisher nur aus der Informatik, sondern auch aus der Mathematik kommen.

Welche Rolle spielt das einrichtungsübergreifende Vernetzen von Wissen und Daten für Radiomics?

Das Management großer Datenmengen ist sicher eine übergreifende Aufgabe, die über gemeinsame Forschungsinitiativen und Förderprogramme wie beispielsweise das Förderkonzept Medizininformatik des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vorangetrieben werden sollte. Hier gilt es noch zentrale Fragen der Datenspeicherung, die Datensicherheit und den Datenschutz betreffend zu klären. Die Aufgabe der Deutschen Röntgengesellschaft besteht eindeutig darin, die Qualität in der mathematischen Bildanalyse mittels maschinenbasierten Lernens und damit auch der Validität der Analysen sicherzustellen. Zu diesem Zweck werden wir auch eine eigene vollständig anonymisierte Plattform aufbauen und

unseren radiologischen Nachwuchs gezielt daran schulen.

Welche Rolle spielt eine einheitliche Terminologie für die Entfaltung von Radiomics – und wo stehen wir da bzw. welche Hürden gibt es?

Eine einheitliche Terminologie ist ganz entscheidend für die strukturierte Aufbereitung und Nutzung von Bilddaten. Die Deutsche Röntgengesellschaft hat bereits 2015 die vollständige Übersetzung von RadLex, einer kontrollierten Terminologie für die Radiologie, die unter der Federführung der RSNA entwickelt wurde, auf den Weg gebracht. Die aktuelle Version des RadLex umfasst insgesamt 46 000 Begriffe. Die Standardisierung der radiologischen Befundung mithilfe einer einheitlichen Struktur ist Voraussetzung dafür, innerhalb der einzelnen Erkrankungsentitäten mittels maschinenbasierten

Lernens aus den Rohdaten der Bilder quantitative Merkmale zu extrahieren, die dann zu den entsprechenden komplementären Informationen korreliert werden können.

Nicht wenige sind der Meinung, dass Radiologen überflüssig werden. Andere weisen den Radiologen eine Schlüsselrolle in der Präzisionsmedizin zu. Brauchen wir in Zukunft eher mehr oder weniger Radiologen?

Wir werden in Zukunft sicher eher mehr als weniger Radiologen benötigen, da sich die Informationstiefe der Daten vervielfachen wird. Haben wir bisher vornehmlich Bilddaten erzeugt, ausgewertet und Befunde erstellt, so werden wir zukünftig integrierte Informationen liefern können, die den gesamten Behandlungsprozess betreffen. Ich spreche hier gerne vom sog. „Informationskontinuum“, d.h. der



Foto: fotolia (Sebastian Kanitzki)



Foto: fotolia (psdesign1)

PROGNOSE

Die Analyse radiologischer Bilddaten (CT, PET, MRT) in Kombination mit Informationen aus der Genetik lässt Schlüsse bezüglich des Krankheitsverlaufes zu.

qualitätsgesicherten Analyse vom genetischen Fingerabdruck über die Rohdaten noch vor der Bildberechnung bis zur phänotypischen Merkmalsausprägung im Bild selbst. Nehmen Sie als Beispiel die Luftfahrt: Auch wenn der technische Fortschritt es vielleicht möglich macht, würde sich niemand von uns in ein unbemanntes Passagierflugzeug setzen. Und dies zu Recht, denn die Aufgaben des Piloten heute sind vielfältiger denn je, er ist derjenige, der mithilfe seiner vielen Assistenzsysteme zur Überwachung und integrativen Auswertung die bestmögliche Entscheidung treffen kann. Erst dadurch ist Fliegen sicherer, effizienter und präziser denn je geworden.

Wie viel Prozent der heutigen Arbeit eines Radiologen übernimmt die Maschine?

Ich sehe nicht, dass Aufgaben des Radiologen durch eine Maschine übernommen werden können. Nur die klinisch-ärztliche Kompetenz des Radiologen erlaubt es, über eine strukturierte Befundung Erkrankungen zu klassifizieren und differenzialdiagnostisch einzustufen. Danach beginnt jedoch ein neuer Prozess, den es derzeit so noch nicht gibt. Wir analysieren künftig neben dem reinen Bild verschiedene

Informationsschichten, ausgehend von der statistischen Analyse der Rohdaten über die maschinenbasierte Bildnachverarbeitung bis zur mathematisch-statistischen Korrelation zu anderen Merkmalen. Damit wird sich unsere alltägliche Arbeit schon verändern, weg von einer reinen Bildbetrachtung hin zu einer auch mathematisch getriebenen quantitativen Informationsverarbeitung und qualitativen Auswertung im Sinne einer Prognoseabschätzung.

Welche Aufgaben übernehmen Radiologen in Zukunft und welche Auswirkung muss das konkret auf die Ausbildung haben?

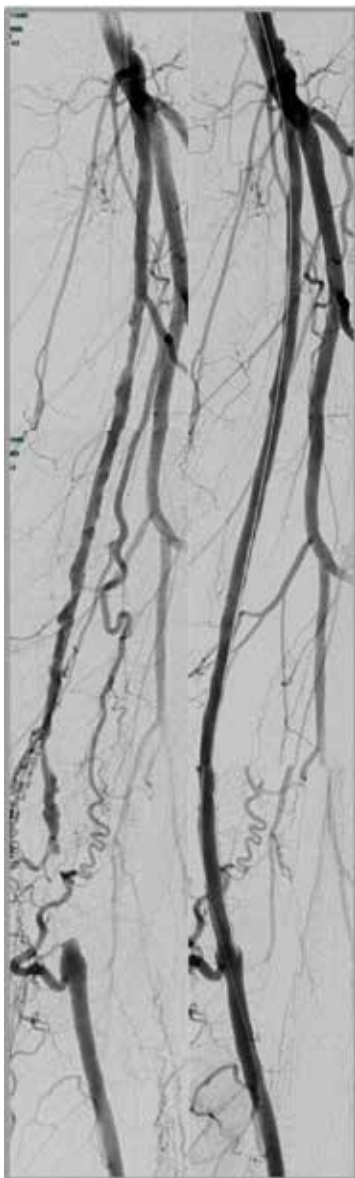
Ich spreche hier von der mathematischen Revolution der Radiologie. Nach der wissenschaftlichen Analyse verschiedener radiologischer Kontrastmittel in den neunziger Jahren und der Optimierung von Computertomografie und Magnetresonanztomografie in den frühen Jahren dieses Jahrtausends steht jetzt das Erlernen informationstechnologischer Methoden im Vordergrund, d. h. wir müssen Verfahren wie „neuronalen Netze“ oder „vektorbasierte“ Maschinenlernverfahren verstehen, um sie qualitätsgesichert in der klinischen Routine einzusetzen. Es war immer eine Stärke der Radiologie, Innovatio-

nen systematisch zu evaluieren und deren klinischen Stellenwert zu validieren und zu zertifizieren.

Wie wird sich die Radiologie im Krankenhaus konkret verändern? Viele kleine Häuser lagern beispielsweise die Radiologie derzeit an niedergelassene Dienstleister aus ...

Durch die Erhöhung der Informationstiefe hat der Radiologe auch neue Möglichkeiten, in den gesamten Behandlungsprozess einzugreifen. Bereits jetzt bietet die interventionelle Radiologie die minimal-invasive Behandlung von Gefäß- und Krebserkrankungen. Verantwortet der Radiologe mehr Wissen über den gesamten Patientenverlauf, kann er auch seine Rolle als Primärbehandler weiter ausbauen. Daher gehe ich davon aus, dass viele Krankenhäuser sich im Wettbewerb sogar eine Radiologie aufbauen bzw. bestehende Einrichtungen ausbauen, die selbstverständlich vernetzter und standortübergreifender als in der Vergangenheit agieren werden. ■

Interview: Jens Mau



Großes Potenzial: Die bildgestützte minimalinvasive interventionell-radiologische Therapie bietet immer mehr Einsatzmöglichkeiten – etwa bei der Behandlung einer verschlossenen Oberschenkel-Arterie durch Stentgraft (links), der Gallengangsableitung (PTCD) mit Stent (oben Mitte), der MRT-gesteuerten Vakuumbiopsie der weiblichen Brust (oben rechts) oder der CT-gesteuerten Biopsie aus einem Bauchtumor (unten).

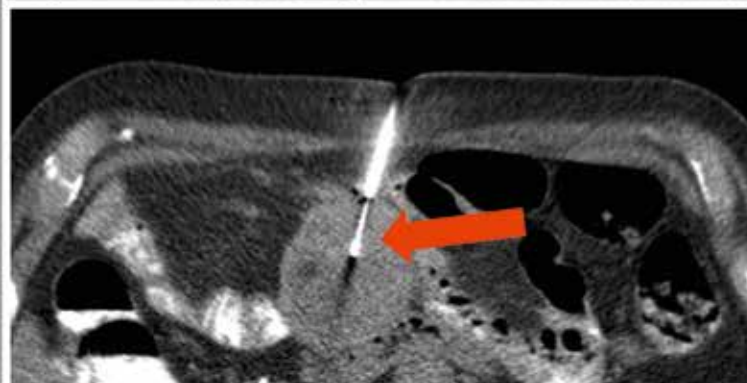
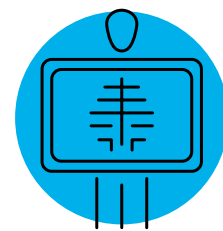


Foto: Prof. Landwehr, DIAKOVERE Hannover



INTERVENTIONELLE RADIOLOGIE

Minimalinvasiv, innovativ und kosteneffizient

Die interventionelle Radiologie (IR), die bildgestützte minimalinvasive Therapie mittels diverser Techniken, genießt in Deutschland einen hervorragenden Ruf. Sie ist gerade im Krankenhaus äußerst effizient und wirtschaftlich, weil ein umfassendes Spektrum zentral angeboten und damit apparative und personelle Ressourcen gebündelt eingesetzt werden können.

Von Prof. Peter Landwehr

Mit Ausnahme der kardiologischen Anwendungen am Herzen ist heute die medizinisch effektive, patientenschonende und kostengünstige Behandlung vieler alters- und lebensstilbedingter Erkrankungen der Blutgefäße eine Domäne der interventionellen

Radiologie. Beispiele hierfür sind die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) und das Aortenaneurysma. Ganz aktuell ist durch interventionell-radiologische Verfahren (zerebrale Thrombektomie) ein Paradigmenwechsel in der Gefäß-Therapie bestimmter Formen des

Schlaganfalls vollzogen worden. Derzeit etabliert sich ein weiterer, sehr wichtiger Bereich der IR: Die interventionelle Onkologie wird gegenwärtig neben Operation, systemischer medikamentöser Therapie und Strahlentherapie die vierte Säule in der Therapie einer Reihe onkologischer Erkrankungen.

IR bietet immer mehr Anwendungsmöglichkeiten

Neben den beiden großen Bereichen der interventionellen Gefäßtherapie – mitunter auch endovaskuläre Therapie genannt – und der interventionellen Onkologie reicht das Spektrum der IR aber weit darüber hinaus. Beispiel-

“ Die interventionelle Radiologie ist unverzichtbarer Bestandteil in vielen Therapiekonzepten und hat in den letzten Jahren vielfach chirurgisch-operative Behandlungsformen zurückgedrängt.

haft können hier genannt werden die bildgesteuerte Gewebegewinnung zur histologischen Sicherung von Tumorerkrankungen (z. B. in Leber, Lunge oder Mamma), die Etablierung von Leber-Gefäß-Shunts (TIPS) bei Patienten mit Leberzirrhose, die Drainage von Abszessen, die Akuttherapie lebensbedrohlicher Blutungen mittels gefäßverschließender Maßnahmen (Embolisation), die interventionell-neuroradiologische Behandlung von Gefäßausstülpungen (Aneurysmen) der Hirnarterien und die interventionelle Schmerztherapie.

Minimalinvasive Gefäßeingriffe erfordern die bestmögliche Bildgebung zur Planung und Kontrolle von Interventionen. Das Anwenden und Beurteilen aller für die Gefäßmedizin und Onkologie genutzten bildgebenden Verfahren (DSA / Angiografie, Sonografie, CT, MRT und Mammografie) ist seit Jahrzehnten die Kernkompetenz der

Radiologie. Radiologen beherrschen alle bildgebenden Verfahren und bringen diese Expertise mit ihrem klinischen Wissen in enger interdisziplinärer Abstimmung in interventionelle Therapiekonzepte ein. Gefäßeingriffe unter Führung durch strahlende Verfahren wie Röntgen oder CT gehören laut Bundesamt für Strahlenschutz zu den medizinischen Maßnahmen mit der höchsten Strahlenexposition für den Patienten. Auch dies ist ein Grund, warum interventionelle Verfahren unter Bildgebungskontrolle in der Radiologie beheimatet sind, denn Radiologen sind die mit Abstand am besten im Strahlenschutz aus- und weitergebildeten Ärztinnen und Ärzte.

Paradigmenwechsel in Gefäßmedizin und Onkologie

Bekanntermaßen sind Gefäß- und Kreislaufkrankungen Todesursache Nummer eins in zivilisierten Ländern. Im Krankenhaus ist der Ressourceneinsatz für diese Patientengruppe besonders hoch. Die interventionelle Radiologie ist unverzichtbarer Bestandteil in vielen Therapiekonzepten und hat in den letzten Jahren vielfach chirurgisch-operative Behandlungsformen zurückgedrängt. Innovative Techniken haben zu einer fortwährenden Miniaturisierung einerseits und einer messbaren klinischen Effektivitätssteigerung andererseits geführt. Beispiele hierfür sind die Drug-eluting-Techniken, bei denen Ballons und Stents zur Gefäß-

erweiterung mit einer medikamentösen Einmal-Therapie kombiniert werden. Hierdurch werden heute Gefäßpatienten minimalinvasiv behandelbar, die noch vor Jahren chirurgisch therapiert werden mussten. Weitere Beispiele für derartige Paradigmenwechsel sind die endovaskulär-radiologische Therapie von Aneurysmen der großen wie der kleinen Arterien: Wo früher noch offen operiert werden musste, dominieren heute miniaturisierte Eingriffe unter Bildführung. Und die Entwicklung geht rasant weiter: Stent- und auf Stentprothesen basierende Therapieverfahren, Drug-eluting-Techniken und sog. Debulking-Verfahren zur Gefäßwiedereröffnung werden kontinuierlich weiterentwickelt.

Zur gezielten, interventionellen Tumorthherapie steht ein sehr differenziertes Instrumentarium zur Verfügung. Dieses reicht von lokal gewebezerstörenden Prozeduren (ablativ Verfahren, z.B. mit über Sonden

applizierten Mikrowellen) an Leber, Niere und Lunge über die Chemoembolisation der Leber bis zur Radioembolisation (SIRT). Die Zukunft wird diese und andere individualisierte interventionelle Verfahren noch viel mehr in den Vordergrund rücken, weil große Multicenterstudien im Gange und teilweise kurz vor Abschluss stehen, von

denen eine weitere Stärkung dieser Säule der onkologischen Therapien erwartet wird.

Interventionell-neuroradiologische Eingriffe nehmen zu

Seit vielen Jahren sind auch neuro-radiologische Interventionen aus dem Spektrum der Therapie zahlreicher Gefäßerkrankungen des Gehirns und des Rückenmarkkanals nicht mehr

> 170
Zentren

GEWÄHRLEISTEN
DEUTSCHLANDWEIT
EINE 24/7-BETREUUNG
BEI DER MINIMALINVASIVEN
AKUTBEHANDLUNG
DES ISCHÄMISCHEN
SCHLAGANFALLS.

Quelle: DeGIR/DGMR

wegzudenken. Die Behandlung von Hirnarterienaneurysmen erfolgt heute mehrheitlich radiologisch katheterbasiert. Gefäßfehlbildungen werden oft multimodal behandelt, wobei die interventionelle Neuroradiologie eine der tragenden Säulen ist. Die endovaskuläre Therapie des Schlaganfalls, die erst 2015 wissenschaftliche Evidenz erlangte, wurde inzwischen in Deutschland in einer beispiellosen Initiative von Neuroradiologen und Radiologen in kurzer Zeit etabliert: Über 170 Zentren gewährleisten deutschlandweit eine 24/7-Betreuung bei der minimalinvasiven Akutbehandlung des ischämischen Schlaganfalls, eine Behandlung, die das Outcome der Patienten in Ergänzung zur systemischen Lysetherapie signifikant verbessert.

Gefäßverschließende Eingriffe

Neben der Eröffnung verschlossener Blutgefäße sind gefäßverschließende Interventionen ebenfalls ein wichtiger Zweig der interventionellen Radiologie. Die Behandlung akut lebensbedrohlicher Blutungen etwa nach einem Trauma, bei Tumorpatienten oder bei schweren Entzündungen kann sehr häufig auf minimalinvasivem Weg deutlich effektiver und schonender erfolgen als bei einer Operation. Auch die nicht-operative Behandlung gutartiger Tumoren wie z.B. der Beschwerden verursachenden Uterusmyome (gutartige Gebärmutterknoten) ist mit interventionellen Verfahren sehr effektiv möglich.

Garant für beste Qualifizierung und Behandlungsqualität

Dedizierte, flächendeckend aktive Ausbildungszentren und Zusatzqualifizierungen für interventionelle Radiologen sind wesentliche Bausteine eines landesweiten Programms der Deutschen Gesellschaft für Interventionelle Radiologie und minimalinvasive Therapie (DeGIR) und der Deutschen Gesellschaft für Neuroradiologie (DGNR). Ein weiterer Baustein für die kontinuierliche Verbesserung der Ergebnisse


invasiver Eingriffe ist eine professionelle Qualitätssicherung. Die Radiologie verfügt seit mehr als 25 Jahren über ein Qualitätssicherungsprogramm, das das gesamte Spektrum der minimalinvasiven Eingriffe unter Bildkontrolle umfasst. Inzwischen nehmen bundesweit über 300 Kliniken daran teil. Allein 2016 wurden in der Datenbank der DeGIR über 190 000 radiologische Interventionen hinsichtlich Prozess- und Ergebnisqualität transparent dokumentiert. Der hohe klinische Impact und die überprüfbare Qualität machen die interventionelle Radiologie zu einem festen Partner bei zahlreichen Organzentren-Zertifizierungen, etwa Gefäß-, Brustkrebs- und Darmkrebszentren.

Ökonomische Aspekte im Krankenhaus

Interventionell-radiologische Eingriffe unter Bildsteuerung sind gerade im Krankenhausumfeld wirtschaftlich interessant und tragen relevant zum ökonomischen Erfolg bei. Bei oft ähnlichen DRG-Erlösen ist der Ressourcenverbrauch bei den meisten interventionellen Eingriffen geringer als in den mit bildgebenden Systemen ausgestatteten OP-Bereichen (effizientere Geräte- und Raumnutzung, weniger Anästhesieerfordernis). Intensivkapazitäten werden weniger benötigt als bei operativen Verfahren, und die Verweildauer kann signifikant verkürzt werden. Für Krankenhausökonom und Radiologen ist es dabei wichtig, zu wissen, dass die Kosten der interventionellen Radiologie aufgrund der Logik bei der Kalkulation der InEK-Matrix in mehreren Kostenstellen mischkalkulatorisch abgebildet werden, sodass eine alleinige Betrachtung der Kostenstelle 9 (Radiologie) für die Abbildung dieser Maßnahmen nicht hilfreich ist.

Perspektiven

Individualisierung, Miniaturisierung, Präzision, klinische Effektivität und Wirtschaftlichkeit sind schon heute Kernmerkmale interventionell-



> **190 000**
radiologische Interventionen

WURDEN 2016 HINSICHTLICH PROZESS- UND ERGEBNISQUALITÄT IN DER DATENBANK DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR INTERVENTIONELLE RADIOLOGIE (DEGIR) DOKUMENTIERT.

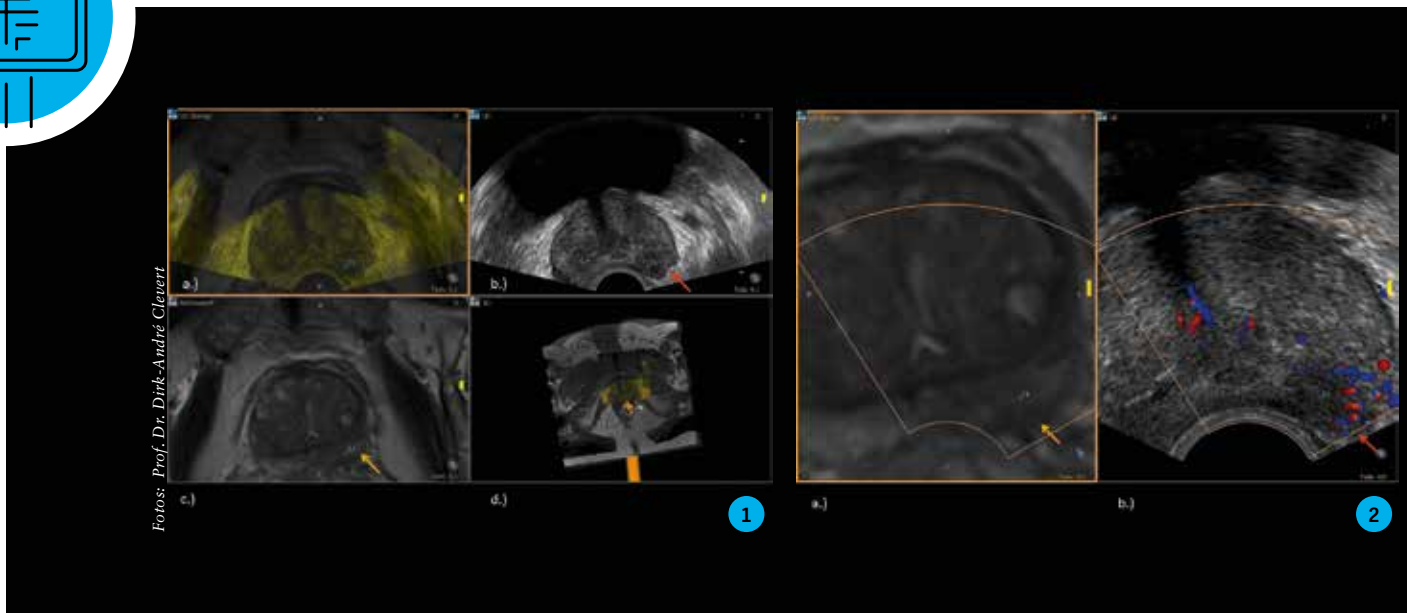
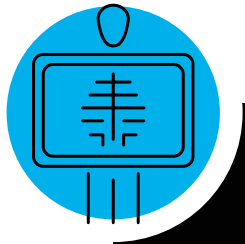
Quelle: DeGIR

radiologischer Therapiekonzepte. Wissenschaftlich werden alle diese Merkmale innovativ weiterentwickelt und in klinischen Studien evaluiert. Die interventionelle Radiologie wird deshalb in Zukunft noch viel mehr als bisher als gleichberechtigte klinische Disziplin am Erfolg eines Krankenhauses mitwirken können. ■



Foto: Maren Kolf

Prof. Dr. med. Peter Landwehr ist seit 2001 Chefarzt der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie im Krankenhaus DIAKOVERE in Hannover. Er ist Mitglied der Deutschen Röntgengesellschaft sowie Vorstandsmitglied der DeGIR.



Fotos: Prof. Dr. Dirk-André Clevert

MRT-ULTRASCHALL-FUSIONSBIOPSIE DER PROSTATA

Neue Möglichkeiten der Interventionsplanung

Neue klinische und technische Entwicklungen auf dem Gebiet der Magnetresonanztomografie (MRT) und gezielter bildgestützter Biopsietechniken haben die Detektion, Lokalisation und das Staging des Prostatakarzinoms in den letzten Jahren stark verbessert. Die führende aktuelle bildgebende Methode ist die multiparametrische MRT-Ultraschall-Fusionsbiopsie.

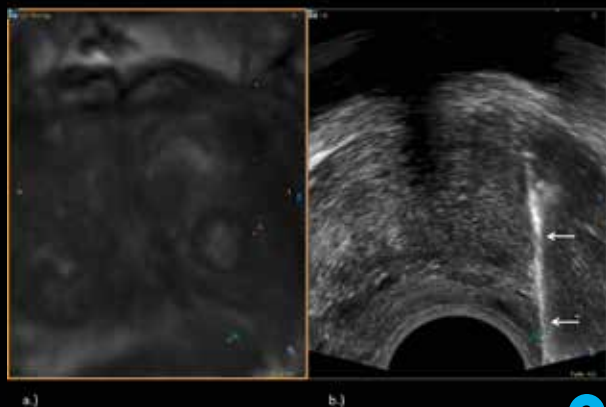
Von Prof. Dr. Dirk-André Clevert

Das Prostatakarzinom ist in Deutschland mit über 25 % Anteil an den jährlich neu diagnostizierten Krebserkrankungen der häufigste Tumor des Mannes. Die initiale digital-rektale Untersuchung und die Bestimmung des PSA-Wertes ermöglicht in vielen Fällen einen ersten Hinweis auf das Vorliegen pathologischer Veränderungen der Prostata. Zur Vorsorge oder der Diagnosesicherung eines Prostatakarzinoms wird der konventionelle transrektale Ultraschall als urologische Bildgebungstechnik

häufig angewandt. Dieser Ultraschall eignet sich hervorragend zur Volumenbestimmung und erleichtert die Durchführung randomisierter Stanzbiopsien. Für die Detektion des Prostatakarzinoms hingegen weist diese

Methode Limitationen auf, die zum Teil in der Echogenität des Karzinoms liegen. Das Karzinom kann echoarm, isoechogen oder echoreich erscheinen. Dieser Umstand und die große Untersucherabhängigkeit des Verfahrens

” Die Registrierung von Ultraschall und MRT-Bilder in der Bildfusion liefert den Ärzten v. a. eine bessere räumliche Orientierung und die Möglichkeit einer Beurteilung der Mikrovaskularisation im unmittelbaren Vergleich zum multiparametrischen MRT.



3

❶ **MR-Ultraschall 3D Fusion in Echtzeit:** Bei suspekten kleinen echoarmen Läsionen (roter Pfeil) der Prostata in der konventionellen B-Bild-Sonografie (b.) und in der MRT-Bildgebung zeigen sich eine signalabgesenkte (hypointense) karzinomverdächtige Läsion in der peripheren Zone links (gelber Pfeil, c.). In der registrierten MRT-Bildfusion wird die Prostata in axialer MRT-Ebene erfasst (d.).

❷ **MRT-Ultraschall-Fusion der Prostata:** In der farbkodierten Duplexsonografie (b.) stellt sich die suspekte Läsion mit einer vermehrten Vaskularisation (roter Pfeil) dar. Im linken T2-gewichteten MRT-Bild (a.) zeigt sich eine signalabgesenkte (hypointense) karzinomverdächtige Läsion (gelber Pfeil).

❸ **Das Ergebnis der gezielten MR-Ultraschall-Fusionsbiopsie** (weiße Pfeile) ergibt ein azinäres Adenokarzinom der Prostata.

sowie die Bildqualität der Geräte spiegeln sich in den publizierten Studien wieder. So wird beispielsweise der Prozentsatz nachgewiesener Malignität für echoarme Läsionen mit 18–57 % angegeben. Die Sensitivität schwankt zwischen 15–96 %, die Spezifität zwischen 46–93 %. Eine Verbesserung des positiven prädiktiven Wertes gelang in mehreren Studien unter Zuhilfenahme weiterer verschiedener morphologischer Kriterien. Daher kann gemäß der deutschen S3-Leitlinie auch eine

gezielte Biopsie aus Arealen, welche bestimmte Malignitätsmerkmale wie verstärkte Durchblutung oder unregelmäßige Begrenzung aufweisen, zusätzlich zu systematischen Biopsien durchgeführt werden.

Die multiparametrische MRT Bildgebung

Der Einsatz neuer klinischer und technischer Entwicklungen auf dem Gebiet der Magnetresonanztomografie und die Anwendung gezielt bildgestützter Biopsietechniken haben die Detektion, Lokalisation und das Staging des Prostatakarzinoms in den letzten Jahren stark verbessert.

Die führende aktuelle bildgebende Methode zur Detektion, Charakterisierung und Ausbreitungsdiagnostik von Prostatatumoren ist das multiparametrische MRT. Dieses genießt im Rahmen der Prostatakrebserkennung und bei Staging-Untersuchungen einen hohen diagnostischen Stellenwert. Die multiparametrische MRT-Bildgebung kombiniert anatomische und funktionelle Untersuchungen und setzt sich aus der morphologischen T2-gewichteten Bildgebung (T2w), der diffusionsgewichteten Bildgebung (DWI) und der dynamischen, kontrastmittelunterstützten Bildgebung (DCE-MRT) zusammen. Insgesamt sind die morphologischen T2-gewichteten Sequenzen sensitiv (je nach Studienlage zwischen 88–91 %), aber nicht spezifisch (zwischen 61–67 %) für die Detektion des Prostatakarzinoms. Die funktionellen MRT-Sequenzen, DCE-MRT und DWI erhöhen insbesondere die Spezifität für die Detektion des Prostatakarzinoms.

Mit MRT gezielt ultraschall-geführt biopsiert

Die Kombination von unterschiedlichen Bildgebungsverfahren wie dem multiparametrischen MRT und der Sonografie wird derzeit vermehrt im Rahmen einer MRT-Ultraschall-Fusionsbiopsie der Prostata klinisch

eingesetzt. Die im Rahmen des multiparametrischen MRT der Prostata erkannten Läsionen können gezielt ultraschall-geführt biopsiert werden, und zwar mit der sog. MRT-Ultraschall-Fusionsbiopsie. Bei diesem Verfahren wird der Patient mittels transrektalen Ultraschalls (TRUS) untersucht – die in Echtzeit generierten Ultraschallbilder lassen sich also computergestützt mit den im Vorfeld erhobenen MRT-Bildern fusionieren. Durch diese Bildfusion können Ärzte dann zusätzlich zu einer systematischen Biopsie suspektere Bereiche in der MRT-Bildgebung biopsisch abklären.

Die rigide MRT-Ultraschall-Bildfusion

Für diese sog. rigide MRT-Ultraschall-Bildfusion benötigen Kliniken als Hardware einen Magnetfeld-generator und einen entsprechenden Schallkopfsensor. Zudem muss eine geeignete Software auf dem Ultraschallgerät installiert sein. Der Schall-

Die im Rahmen des multiparametrischen MRT der Prostata erkannten Läsionen können gezielt ultraschall-geführt biopsiert werden, und zwar mit der sog. MRT-Ultraschall-Fusionsbiopsie.

kopfsensor wird dann durch ein magnetisches Ortungssystem erkannt und die genaue räumliche Position des Sensors im Raum errechnet. Zur Bildfusion lassen sich die DICOM-Datensätze aller gängigen Schnittbildverfahren nutzen. Die DICOM-Daten werden dazu in das Ultraschallsystem geladen; anschließend findet eine Registrierung der Datensätze statt. Nach einer erfolgreichen Datenfusion bewegen sich die registrierten MRT-Bilder simultan zur sonografischen Schnittebene (Abb. 1). Wahlweise können die registrierten Bilder entweder in der Überlagerungstechnik oder in der Side-by-side-Ansicht betrachtet wer-

den. Die herkömmlichen sonografischen Geräteoptionen wie Farbdoppler (Abb. 2) oder der kontrastverstärkte Ultraschall lassen sich dabei problemlos in das fusionierte Bild integrieren. So ergibt sich durch die Registrierung von Ultraschall und MRT-Bilder in der Bildfusion v. a. eine bessere räumliche Orientierung und die Möglichkeit einer Beurteilung der Mikrovaskularisation im unmittelbaren Vergleich zum multiparametrischen MRT.

Vielversprechende Studienergebnisse

Für die Prostata-Fusionsbiopsie wurden in den letzten Jahren einige Studien mit vielversprechenden Ergebnissen publiziert (Abb. 3). In einer Studie zum Vergleich einer gezielten Fusionsbiopsie mit einer systematischen 12-fach Biopsie wurden 582 Patienten untersucht. Von diesen hatten in der Vorgeschichte 320 eine Stanzbiopsie ohne Karzinomnachweis erhalten, der mittlere PSA-Wert betrug

9,9 ng/ml. Bei 54 % der Patienten wurde ein Karzinom nachgewiesen. Durch die gemäß Studienprotokoll zusätzlich zur systemischen Biopsie entnommenen Fusionsbiopsien wurde bei 81 Patienten (32 %) ein Karzinom mit einem höheren Gleason-Score nachgewiesen, was für die weitere Therapieentscheidung richtungsweisend sein kann. Zur Diagnosesicherung eines Prostatakarzinoms wird bisher standardmäßig eine Prostatabiopsie unter transrektal-sonografischer Kontrolle durchgeführt. Diese konventionellen Methoden sind schnell verfügbar und kostengünstig. Neue klinische und technische Entwicklungen auf dem

Gebiet der Magnetresonanztomografie und gezielter bildgestützter Biopsietechniken haben die Detektion, Lokalisation und das Staging des Prostatakarzinoms in den letzten Jahren stark verbessert.

Für die Praxis ergibt sich daher folgendes Fazit: Erstens lässt sich die Detektionsrate des Prostatakarzinoms durch technische Weiterentwicklungen der sonografischen Bildgebung erhöhen. Zweitens bietet die multiparametrische MRT der Prostata Ärzten wertvolle Zusatzinformationen bei der Diagnose des Prostatakarzinoms und bei Patienten mit einer aktiven Überwachung. Außerdem zeigen gezielte Biopsietechniken wie die MRT/TRUS-Fusionsbiopsie vielversprechende Ergebnisse zur Verbesserung der Detektion von Prostatakarzinomen – insbesondere bei Patienten mit zuvor negativer TRUS-Biopsie – und erhöhen die Detektionsrate von klinisch signifikanten Prostatakarzinomen im Vergleich zur TRUS-Biopsie. ■

32 % der Patienten

BEI 32 % DER PATIENTEN KONNTEN DURCH DIE ZUSÄTZLICH ZUR SYSTEMISCHEN BIOPSIE ENTNOMMENEN FUSIONSBIOPSIE EIN KARZINOM MIT EINEM HÖHEREN GLEASONSCORE NACHGEWIESEN WERDEN.



Foto: privat

Prof. Dr. Dirk-André Clevert leitet das Interdisziplinäre Ultraschall-Zentrum am Klinikum der Universität München-Großhadern. Seit 2013 gehört er zum Vorstand der Sektion Radiologie der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall und leitet diese als Vorsitzender seit 2015.