

Management & Krankenhaus

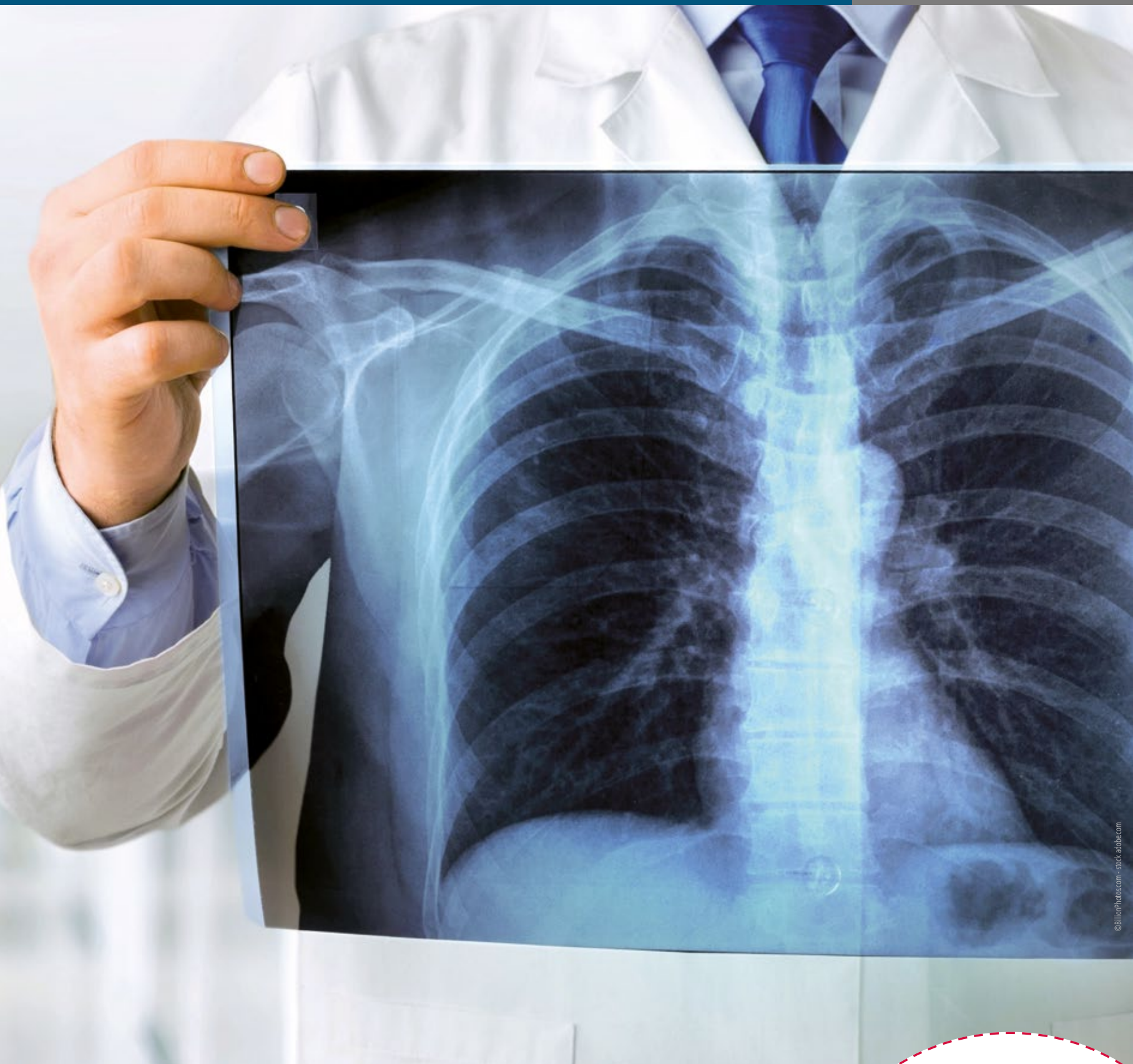


Ausgabe
5/2019

kompakt

Sonderheft

M&K kompakt ist das Sonderheft von Management & Krankenhaus – zu besonderen Themen oder Events.



RADIOLOGIE

DIGITALER WANDEL

KI in der Bildgebung der
Zukunft

QUALITÄTSSICHERUNG

Subspezialisierung und
Zertifizierung

HYBRIDBILDGEBUNG

Unverzichtbar in der Tumor-
diagnostik

WILEY

Ihr zuverlässiger Partner für Brustgesundheit.

RADIOLOGIE



BRUST CHIRURGIE



PATHOLOGIE



Besuchen Sie uns auf dem Röntgenkongress
in Leipzig vom 29.05.-01.06.2019
Halle: 2 | Stand: C19

100. Deutscher Röntgenkongress

■ Mit dem Deutschen Röntgenkongress (RöKo), der vom 29. Mai bis 1. Juni in Leipzig stattfindet, feiern wir sein 100. Jubiläum. Am 8. November 1895 entdeckte W. C. Röntgen „eine neue Art von Strahlen“. Wohl kaum eine andere Entdeckung der Neuzeit hat derart tief greifende Veränderungen in den Naturwissenschaften, Kulturwissenschaften und insbesondere in der Medizin ausgelöst. Der Welt eröffneten sich bis dahin ungeahnte Möglichkeiten, Krankheiten aufzuspüren und deren Heilung radikal zu verbessern. Die Entwicklung der Radiologie ist seitdem gekennzeichnet von der fortlaufenden Entwicklung innovativer Techniken wie auch der Erprobung neuer Methoden in Diagnostik und Therapie. Mit ihren bildgebenden Verfahren ist sie inzwischen integraler Bestandteil und wesentliche Voraussetzung für eine qualitativ hochwertige, wirtschaftliche und stets am Patienten ausgerichtete medizinische Versorgung in Deutschland. Radiologen nehmen aufgrund ihrer klinisch-ärztlichen Kompetenz und ihrer stetig gewachsenen interventionellen Expertise zunehmend die Rolle eines Lotsen im gesamten Behandlungsprozess ein. Einen zentralen Beitrag zu dieser Entwicklung leistet die Deutsche Röntgengesellschaft, indem sie die Radiologie in ihren medizinischen Anwendungen, ihrer qualifizierenden Vermittlung und in ihrer wissenschaftlichen Weiterentwicklung unterstützt und befördert.

Bereits 1905 wurde unter dem Eindruck des rasanten Erfolgs der „X-Strahlen“ in Berlin der erste Deutsche Röntgenkongress durchgeführt, um



Prof. Dr. Gundula Staatz

„einen kritischen Rückblick auf die Errungenschaften der verflornten Zeit zu werfen sowie eine Aussprache über den derzeitigen Stand der Radiologie und darüber herbeizuführen, in welcher Weise die weitere Entwicklung dieser Spezialwissenschaft für die Zukunft den weitgehendsten Erfolg verspricht“. Dem muss auch heute mit Blick auf den 100. RöKo kaum etwas hinzugefügt werden.

Das Motto „Einheit in Vielfalt“ markiert dabei den Brückenschlag zwischen der mit dem ersten Kongress manifestierten Einheit der Radiologie und der seitdem stetig gewachsenen Vielfalt – hinsichtlich der technischen Methoden und klinischen Einsatzfelder, der Einbindung in medizinische Versorgungsprozesse und der in diesem Bereich tätigen Menschen. Der Tradition und dem eigenen Selbstverständnis verpflichtet, nehmen wir dieses besondere Jubiläum zum Anlass, Themen in den Mittelpunkt zu rücken, die nicht nur die Fertigkeiten und Potentiale der Radiologie anschaulich



Prof. Dr. Walter Heindel

und eindrucksvoll zur Schau stellen, sondern auch unmittelbare Relevanz haben für die Weiterentwicklung der medizinischen Versorgung in Deutschland.

Mit „Radiologie 4.0“ werden die Chancen und Möglichkeiten in den Blick genommen, die sich aus der vorschreitenden Digitalisierung ergeben. Das Schwerpunktthema „Früherkennung“ unterstreicht die wachsende Bedeutung der medizinischen Bildgebung – insbesondere, wenn es um die Bekämpfung von Krebserkrankungen geht. Im Mittelpunkt stehen auch Perspektiven, die sich aus der Neufassung des deutschen Strahlenschutzgesetzes ergeben. „Jung und Alt“ wiederum betont nicht nur die spezifischen Anforderungen einer medizinischen Bildgebung für Kinder und Jugendliche, sondern thematisiert zudem Krankheiten wie beispielsweise den Morbus Alzheimer, die auch aufgrund des demografischen Wandels und einer ansteigenden Lebenserwartung eine zunehmende Bedeutung erfahren. Als



Prof. Dr. Michael Forsting

Basso continuo dient dabei eine eigens für den Jubiläumskongress konzipierte Highlight-Reihe „Zukunft der Radiologie“.

Selbstverständlich wird auch der RöKo 2019 wieder mit einem umfassenden Programmangebot für alle Berufsgruppen aufwarten und die sich aus der täglichen Arbeit ergebenden Bedarfe an Wissen und Information bestmöglich bedienen. Besonders hinweisen möchten wir auf zwei Höhepunkte: Ranga Yogeshwar, einer der renommiertesten Wissenschaftsjournalisten in Deutschland, wird auf der Eröffnungsveranstaltung die Keynote zum Thema künstliche Intelligenz halten. Und als Röntgen-Vorleser 2019 nimmt der bekannte Autor und Blogger Sascha Lobo im Rahmen der Röntgen-Vorlesung den digitalen Wandel im Gesundheitswesen in den Blick.

Wir freuen uns darauf, Sie 2019 in Leipzig begrüßen zu dürfen. ■■ Mit herzlichen Grüßen die Präsidenten des 100. Deutschen Röntgenkongresses

Inhalt

- 3 100. Röntgenkongress
- 4 Intelligente Visualisierungen medizinischer Bildverarbeitung
- 6 Die Medizin der Zukunft
- 9 KI in nuklearmedizinischer Bildgebung
- 10 Megathemen der CT
- 11 Hybridbildgebung – unverzichtbar in der modernen Tumordiagnostik
- 13 Neue Wege der Beschaffung
- 14 Brustkrebs-Screening mittels 3-D-Mammografie
- 15 Hirnmetastasen bei Brustkrebs
- 16 Smarte Helferlein
- 17 Subspezialisierung und Zertifizierung
- 19 Vom Herz zum ganzen Körper
- 20 Fusionsbiopsie der Prostata
- 22 Studie freigegeben
- 24 Endovaskuläre Behandlung von inzidentellen Aneurysmen
- 25 Neue Bildgebung für die Hirnforschung
- 26 Die Zukunft der interventionellen Medizin
- 28 Kampf gegen den Gefäßkalk
- 30 Operation eines Subduralhämatoms
- 30 Impressum, Index



Intelligente Visualisierungen medizinischer Bildverarbeitung

Schlüssellochoperationen durch intelligente Visualisierungen besser planen.



verwendeten Modells zur Berechnung der Bilder. Ein Model ist nie perfekt, und die entstehenden Bildpunkte können unsicher sein. Durch diese Problemstellung entstand das Projekt zur visuellen Operationsplanung von Schlüssellochoperationen.

Welche OP-Kanäle treffen welche Gewebe?

Das Ziel des Projektes ist es, Ärzten in einer intuitiven Weise aufzuzeigen, welche Operationskanäle welche Gewebsschichten im Körper des Patienten treffen, welche Operationskanäle optimaler als andere sind und welche Operationskanäle besonders sicher sind. Die klassischen Bilddaten wie CT- und MRT-Bilder fungieren dabei als Startpunkt. Auf ihrer Grundlage werden verschiedene Bildbearbeitungsalgorithmen eingesetzt, um zusätzliche Informationen zu erzeugen, die dann angezeigt werden.

■ Schlüssellochoperationen sind im klinischen Alltag nicht mehr wegzudenken. Hierbei werden durch minimale Trauma Zugänge zu den zu operierenden Stellen geschaffen. Durch den minimalen Eingriff wird die Belastung für den Patienten minimiert und die Heilungszeit deutlich verkürzt. Bei vielen Standardeingriffen wie die Entfernung eines Blinddarms ist die Wahl des Operationskanals klar. Es gibt jedoch Fälle wie beispielsweise bei einem Hirntumor, bei dem die Operation sorgfältig geplant werden muss, um Risiken zu minimieren. Beispielsweise muss der Operationskanal so gewählt werden, dass möglichst wenig gesundes Hirngewebe verletzt wird, obwohl sich eine Verletzung nicht komplett vermeiden lässt. Die traditionelle medizinische Bildgebung mittels MRT und CT ist dabei ein wichtiges Mittel in der Planung solcher Operationen, jedoch muss ein Arzt viel Erfahrung mitbringen, um eine Schlüssellochoperation sinnvoll zu planen. Hier bieten die klassischen Bildgebungsverfahren keine spezielle Unterstützung, denn sie zeigen in der Regel nur die Rohdaten.

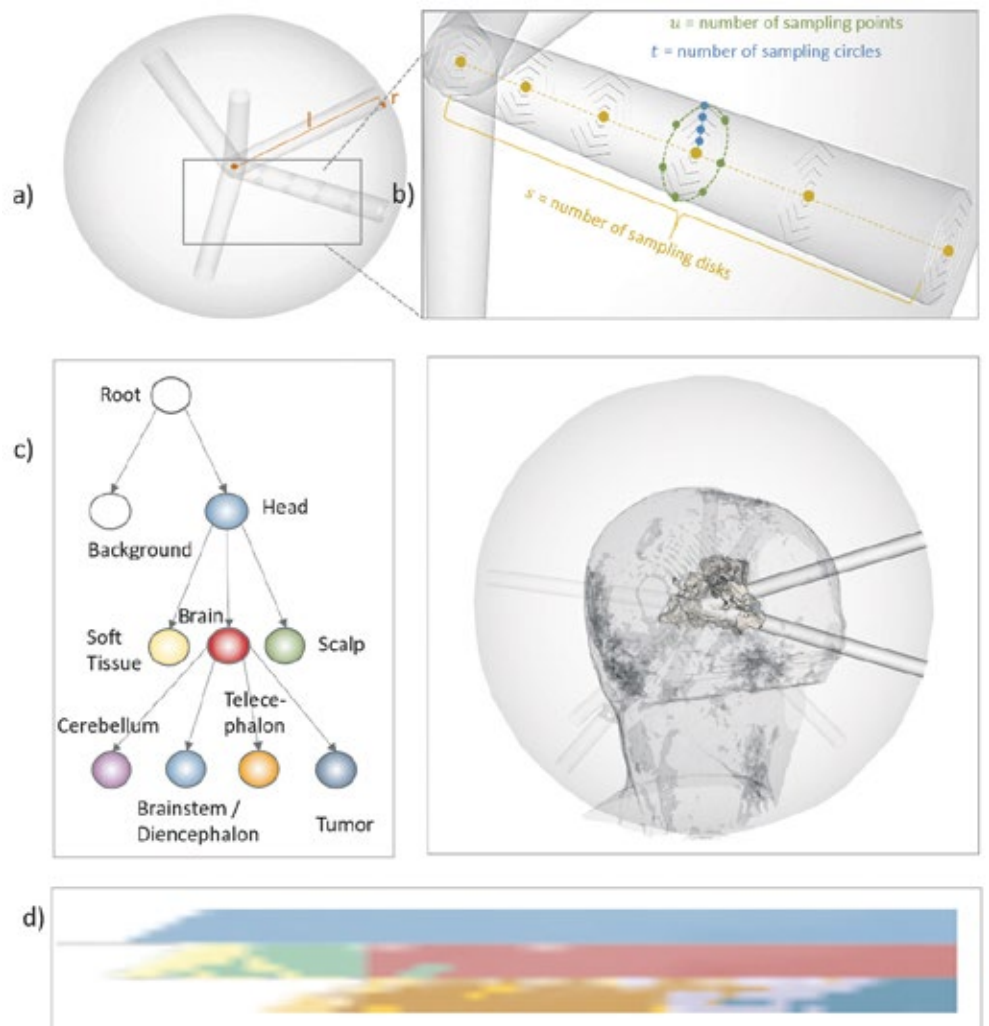
Ein visuelles System zur einfacheren Planung

Um Ärzten bei der Planung solcher Eingriffe zu helfen, wurde ein visuelles System zur Planung von Schlüssellochoperationen entworfen. Die Arbeitsgruppe Computergrafik und Human Computer Interaction beschäftigt sich damit, wie Visualisierungen benutzt werden können, um Nutzern

aus verschiedenen Anwendungsbereichen die Erfüllung ihrer Aufgaben zu erleichtern. Ein aktuelles Projekt im Bereich der medizinischen Bildverarbeitung beschäftigt sich mit der

Problematik von Bildunsicherheiten, speziell in medizinischen Bildern. Dies resultiert daraus, dass verschiedene Bereiche im Bild unterschiedlich sicher sein können. Dies ist ein Resultat des

Visualisierung von Operationskanälen bei einem Hirntumor. a) Räumliche Darstellung verschiedener Operationskanäle b) Sampling in jedem Operationskanal c) Segmentierung des originalen Bildes d) Wahl der besten Operationskanäle mit Visualisierung des Hirntumors des Patienten und die Abbildung des Samplings im zweidimensionalen Bild. Die entsprechenden Farben zeigen, welche Gewebsschichten vom Operationskanal getroffen werden.





Dr. Christina Gillmann Foto: Thomas Koziel

Probabilistische Segmentierung der Daten

Am wichtigsten ist hierbei die Segmentierung der Bilddaten. Hierbei werden alle Bildpunkte des Rohbildes in verschiedene Klassen eingeteilt. Dabei repräsentiert eine Klasse jeweils eine wichtige Komponente im menschlichen Körper, z.B. die Schädelknochen des Patienten oder ein Teil des Gehirns. Segmentierungsergebnisse können dabei durch eine Vielzahl von verschiedenen Ansätzen erzeugt werden. Der Vorteil der verwendeten Methode ist, dass das Segmentierungsergebnis probabilistisch erzeugt wird. Dies bedeutet, dass für jeden Bildpunkt eine Wahrscheinlichkeit berechnet wird, ob der entsprechende Bildpunkt zu einer gewissen Klasse gehört. Besonders unter dem Aspekt der Unsicherheit in medizinischen Bilddaten ist dies eine wertvolle Information. Des Weiteren kann jede Klasse in beliebige Unterklassen unterteilt werden. Zum Beispiel können alle Bildpunkte, die Knochengewebe zeigen, in unterschiedliche Knochen des Skeletts unterteilt werden. Die Segmentierung kann vom Arzt individuell für jeden Patienten erstellt werden. Je nachdem, was die Bildaufnahme zeigt und in welcher Auflösung sie vorliegt.

Visualisierung als Mapping aller Bildpunkte

Das Segmentierungsergebnis wird nun genutzt, um eine intuitive Visualisierung für verschiedene Operationskanäle zu erstellen. Dabei soll gezeigt werden, welche Gewebearten durch den Operationskanal betroffen sein werden. Hierzu kann der Arzt verschiedene Kanäle erzeugen, die getestet werden sollen. Dabei können Lage und Radius des Kanals bestimmt werden. Die resultierende Visualisierung wird dabei nicht auf den originalen Bilddaten erstellt, sondern auf der Segmentierung. Hierbei kann jeder

Klasse eine Farbe zugewiesen werden. Die letztendliche Visualisierung der Operationskanäle ist ein Mapping aller Bildpunkte, die in der entsprechenden Scheibe im Operationskanal getroffen wird. Dabei wird die resultierende Farbe aus allen getroffenen Farben berechnet und gemischt. Der Arzt kann somit für jeden Operationskanal, den er testet, direkt sehen, welche Gewebeschichten beim Patienten betroffen sein werden. Dabei werden auch Unsicherheiten aus der ursprünglichen Daten angezeigt. Wenn die Segmentierung aufgrund von unsicheren Bilddaten kein sicheres Ergebnis liefern konnte, dann wird auch in der Visualisierung des Operationskanals angezeigt, dass es unsicher ist, welcher Gewebetyp vom Operationskanal betroffen sein wird.

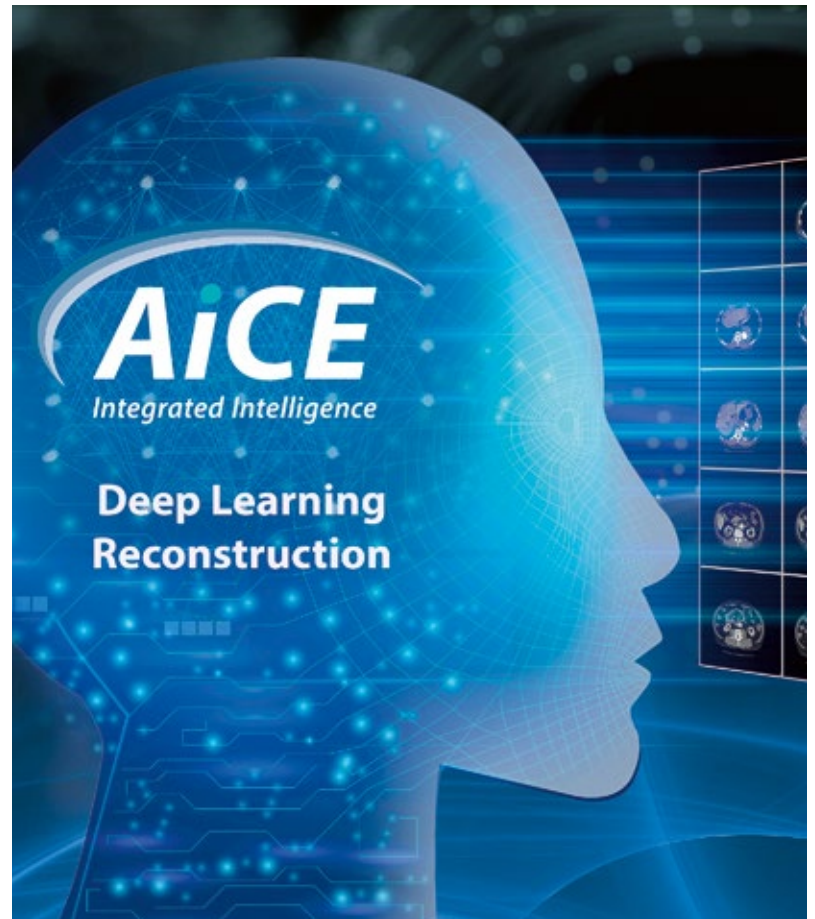
Nachdem der Arzt verschiedene Operationskanäle getestet und visualisiert hat, stellt sich die Frage, welcher diese Kanäle am optimalsten ist. Hierbei kann in dem Programm für jede Gewebeart eingestellt werden, wie wichtig es ist, dieses jeweilige Gewebe zu vermeiden. Auf dieser Basis errechnet der Algorithmus ein Ranking für die vom Arzt getesteten Operationskanäle. Diese werden dann sortiert und nur die besten angezeigt. Neben der farblichen Visualisierung der Operationskanäle werden diese auch räumlich dargestellt, damit erkennbar wird, wie der Kanal räumlich verläuft und wo sich die Zielstruktur im menschlichen Körper befindet.

Der gesamte Prozess wird durch ein intuitives System unterstützt, welches dem Arzt erlaubt, schnell Parameter zu ändern und neue Operationskanäle zu testen. Bis zur Zulassung des Systems kann es noch einige Jahre dauern. Doch erste Versuche in Kooperation mit dem Premier Health Hospital in Dayton Ohio haben sehr positiven Tenor bei den operierenden Ärzten erzeugt. Zusammen mit den Ansprechpartnern in Dayton wird die Entwicklung eines finalen Systems stetig vorangetrieben. ■■

Autor:
Dr. Christina Gillmann
Computer Graphics and Human Computer Interaction,
Technische Universität Kaiserslautern
www.uni-kl.de

Canon

Made For life



Die künstliche Intelligenz verändert die Radiologie.

Erleben Sie die neue Qualität der Canon CT-Bildgebung mit künstlicher Intelligenz.

Canon Medical Systems High-End-CTs bieten die weltweit erste Rekonstruktion basierend auf den Megathemen „Künstliche Intelligenz“ und „Deep Learning“ und erreichen so eine völlig neue Dimension der Bildqualität.

Überzeugen Sie sich selbst!

CANON MEDICAL SYSTEMS GMBH

<https://de.medical.canon>



Priv.-Doz. Dr. Felix Nensa (im Bild vorne) aus der Arbeitsgruppe um Prof. Forsting entwickelt KI-Applikationen, um die radiologische Diagnostik bei Lungenerkrankungen, der Leberregeneration und beim Knochenwachstum genauer zu bestimmen. Auch zu Metastasierungswegen und -wahrscheinlichkeiten liefert die KI wertvolle Informationen.

Die Medizin der Zukunft

KI wird zahlreiche Krankheiten entschlüsseln.

■ Smartphones, Soziale Medien oder Streaming-Dienste: Die Digitalisierung hat unser Privatleben tief durchdrungen. Allein ein Drittel der Deutschen zeichnet mittlerweile die eigenen Körperdaten mithilfe von Fitnessarmbändern, Wearables und Smartwatches auf, so die Zahlen des IT-Branchenverbandes Bitkom. Tendenz weiter steigend. Sieht so die viel beschworene Angst vor disruptiven Technologien aus, zu der auch die KI gehört? Mitnichten. Das gewaltige Potential durch den Einsatz intelligenter Algorithmen lässt sich bereits erkennen. Auch, oder vielleicht vor allem, in der Medizin. Doch genau hier besteht dringender Handlungsbedarf.

Die Geschwindigkeit der Digitalisierung ist enorm. Zumindest in vielen gesellschaftlichen Bereichen und Wirtschaftsbranchen, in denen sich fortgeschrittene Reifungsgrade beobachten lassen. Mit voller Geschwindigkeit haben die smarten Helfer und Innovationen allen voran das Freizeitverhalten und die Unterhaltungselektronik umgekrempelt. Auch aus dem



Die nicht spezifische interstitielle Pneumonie (NSIP) ist unter den idiopathischen interstitiellen Pneumonien die zweithäufigste und variantenreichste Form. Die Betroffenen sind meist zwischen 50 und 60 Jahre alt. Frauen und Männer sind gleich häufig betroffen. Die NSIP zeigt bezüglich der morphologischen Veränderungen keine typische Lokalisation.

industriellen Sektor sind Roboter, Big Data und KI meist nicht mehr wegzudenken. Und obwohl aktuelle Studien die Akzeptanz und positive Sichtweise der Menschen auf Themen wie Self-Tracking, Online-Sprechstunden und E-Patientenakten in Studien immer wieder festhalten, entdecken viele Bereiche der Medizin das Thema der digitalen Revolution erst verhältnismäßig spät für sich.

Politik muss handeln, sonst geben Google und Co. den Takt vor

Auch die deutsche Gesundheitspolitik steht unter Zugzwang. Sie muss die richtigen Weichen in Richtung Zukunft stellen, sodass Ärzte, Informatiker und allen voran die Universitätskliniken die Entwicklungen in der Digitalisierung selbst in die Hand nehmen können. Wenn jetzt kein höheres Tempo als in den vergangenen zehn Jahren aufgenommen wird, geben Akteure wie Apple, Google oder auch chinesische Unternehmen in Zukunft den Takt im deutschen Gesundheits-

sektor vor – und bedienen mit ihren Produkten, Diensten und Algorithmen die wachsenden digitalen Wünsche der Menschen.

Durch die hohe Geschwindigkeit der Digitalisierung überlagern sich unterschiedliche Reifungsgrade, Technologien überlagern sich, Prozesse laufen nebeneinander ab. Die Radiologie ist seit mehr als 20 Jahren digital. Das Ende der analogen Zeit markierte damals die Einführung von PACS (Picture Archiving Communication System). Die Vorteile lagen schnell auf der Hand: Die Bilddaten waren jederzeit innerhalb eines Krankenhauses verfügbar, gingen nicht mehr verloren, und auch die häufig zeitintensive Suche nach radiologischen Aufnahmen entfiel. Sollten die elektronischen Daten jedoch außerhalb des Krankenhauses von A nach B gelangen, war weiterhin ein Datenträger, beispielweise eine CD, notwendig. Erst in einem zweiten Schritt kam eine globale Verfügbarkeit von Daten hinzu, nachdem sich Netzwerke gebildet hatten und erste Standards vereinbart wurden. Der dritte Reifegrad fängt jetzt in der Radiologie an und markiert gleichzeitig den Startschuss für den Einsatz der KI in der Medizin. Denn dank der ausreichend digital verfügbaren Daten – also entsprechend viele Fallzahlen und valide Diagnosen, selbst zu seltenen Erkrankungen – lassen sich nun erstmals Algorithmen trainieren. Dadurch ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für die Analyse der radiologischen Bilddaten.

KI in vielen Bereichen schon besser als der Mensch

Es gibt im Grunde drei große Themenfelder für KI in der Radiologie: So eignen sich Algorithmen besonders für monotone und ermüdende Screening-Tätigkeiten wie bei der Mammografie oder etwa beim automatischen Auszählen von Entzündungsherden im Gehirn bei Multipler Sklerose. Auch das Abklären eines Bronchialkarzinoms ist mit einem enormen Arbeitsaufwand verbunden, denn beim Screening kommen pro Patient bis zu 400 Bilder zusammen. Pro Lungenflügel. Das kann sich kein Radiologe alles anschauen – insbesondere nicht bei wachsenden Fallzahlen infolge einer älter werdenden Gesellschaft, bei einem gleichzeitigen Nachwuchs- und Ärztemangel. Der KI-Einsatz zielt also darauf ab, wie in der Wirtschaft übrigens auch, viele Routinearbeiten zu automatisieren.

Das zweite radiologische Themenfeld umfasst Verlaufuntersuchungen wie die regelmäßige Vermessung der Tumorgöße. Wer den ganzen Tag Lebermetastasen in 3-D ausmisst, wird irgendwann einfach müde. KI kann das

automatisch. Der Algorithmus arbeitet über den ganzen Tag hinweg ohne Konzentrationseinbußen. Zudem ist er dem menschlichen Auge auch rein physikalisch dramatisch überlegen, beispielsweise bei der Unterscheidung von Grauwerten. Auch beim Vermessen und Segmentieren von Tumoren auf Schnittbildern ist er in der Lage, kleinste und subtilste Veränderungen voneinander zu unterscheiden.

Ohne Biopsie: Der KI-Blick in das Gewebe

Das dritte Feld umfasst das Training eigener, für spezifische medizinische Einsatzzwecke ausgelegter Algorithmen. So entwickelte ein Team aus Radiologen, Mathematikern und Informatikern beispielsweise an der Uniklinik Essen eine neue KI-Anwendung. Die Algorithmen können das Alter eines Kindes wesentlich präziser als bisher – bis auf drei Monate genau – anhand des Röntgenbildes des Handgelenks bestimmen. Zudem findet die KI sehr zuverlässig heraus, ob das Kind eine Wachstumsstörung hat.

In radiologische Bilder verbergen sich riesige Datenmengen. Nur durch Algorithmen wird es oft überhaupt erst möglich, die relevanten Merkmale mithilfe riesiger Rechenpower herauszufiltern. Durch die Entwicklungen in diesem Teil der radiologischen Grundlagenforschung, profitiert auch die Onkologie. Auf Basis der radiologischen Bilddaten lassen sich statistische Aussagen über Gewebeeigenschaften des Tumors und Krankheitsverläufe machen. Die Biologie des Tumors wird plötzlich ohne Biopsie sichtbar, molekulargenetische Mutationen lassen sich aus MRT-Bildern ablesen. Keine Zukunftsvision, sondern heute beispielsweise beim Zervixkarzinom in ersten Studien nachgewiesen, wobei ein erhöhtes Metastasierungsrisiko mit einer Treffsicherheit von bis zu 97 % vorhergesagt werden kann. Die KI ist schon heute in der Lage, aus den digitalen validen Daten eines Big-Data-Sees etwa einer Universitätsklinik – gepaart mit einer exzellenten Medizinerbildung, die für das Training der Algorithmen unerlässlich bleibt – völlig neue Erkenntnisse zu liefern.

Zusammengefasst entlastet KI von Alltagsaktivitäten, die 24 Stunden lang täglich bei einem gleichbleibend hohen Niveau ablaufen können. Der Autopilot für den Radiologen ist also keine Zukunftsvision, sondern ist schon da und arbeitet immer schneller und zuverlässiger. Einen Rundherd in der Lunge, Verkalkungen in der Brust oder Blutungen nach einem ischämischen Hirninfarkte suchen, das können Algorithmen schon besser als der Mensch. Folglich haben Ärzte wieder mehr Zeit

Canon

Made For life



Vantage Orian

Produktivität,
Patientenkomfort und
klinische Sicherheit
auf neuem Niveau

Vantage Orian steht für gesteigerte Produktivität und niedrigere Betriebskosten, für sicheren Patientenkomfort und kompromisslose klinische Verlässlichkeit.

Der Vantage Orian 1.5T ist die perfekte Lösung für alle Ihre betrieblichen und klinischen Anforderungen.

CANON MEDICAL SYSTEMS GMBH

<https://de.medical.canon>

für die Arbeit mit dem Patienten und komplexe Krankheitsfälle. Andererseits entdeckt die KI neue Details in den Aufnahmen, die für das menschliche Auge längst nicht mehr sichtbar sind. Somit schafft KI die Grundlage für eine personalisierte Medizin, bei der bessere Therapieentscheidungen getroffen und individuellere Behandlungsstrategien entwickelt werden können, obwohl das Patientenaufkommen durch den demografischen Wandel weiter zunehmen wird.

Die Elektronische Patientenakte muss der erste Schritt sein

Doch warum ist der KI-Einsatz gerade in der Radiologie schon so etabliert? Das ist vor allem auf die lange Digitalisierungsgeschichte der Disziplin zurückzuführen. Die Grundlage für KI sind digitale Daten. Für den Algorithmus existiert die analoge Welt nicht. Der aktuelle Vorstoß aus der Gesundheitspolitik, dass Gesundheitsdaten nun sofort und überall digitalisiert zur Verfügung stehen müssen und die ganze Welt miteinander verbunden werden soll, setzt dennoch einen falschen Impuls.

Steht die globale Verfügbarkeit der Daten zu früh im Fokus – sie bleibt selbstverständlich in Zukunft das ausgemachte Ziel –, erstickt das den Aufbau der notwendigen digitalen Infrastruktur in den Krankenhäusern und Arztpraxen im Keim. Primäres Ziel ist zunächst das papierlose Krankenhaus, das alle Patientendaten digital in einer elektronischen Patientenakte erfasst wie etwa an der Uniklinik Essen, die diese innerhalb eines Jahres eingeführt hat. Erst dann kann es der nächste Schritt sein, die für die Diagnose relevanten Patientendaten in medizinischen Netzwerken zur Verfügung zu stellen, beispielsweise in einem Teleradiologie-Verbund, wie er im Ruhrgebiet etabliert wurde. Denn häufig lassen sich die Daten zwischen benachbarten Krankenhäusern oder niedergelassenen Ärzten noch nicht ohne Weiteres austauschen.

Sprechende Medizin ist der Profiteur der Zukunft

Sobald die Patientendaten auch in anderen medizinischen Fächern digital vorliegen, lassen sich daraus mithilfe von KI-Anwendungen wie etwa auch Dr. Google oder Watson ganz neue Analysen generieren. Das macht künftig die gesamte Medizin deutlich schneller und zuverlässiger. Das zeigen die radiologischen Beispiele schon heute. Dabei werden die diagnostischen Disziplinen nicht die größten oder einzigen Profiteure des KI-Einsatzes bleiben. Die stärkste Veränderung durch-

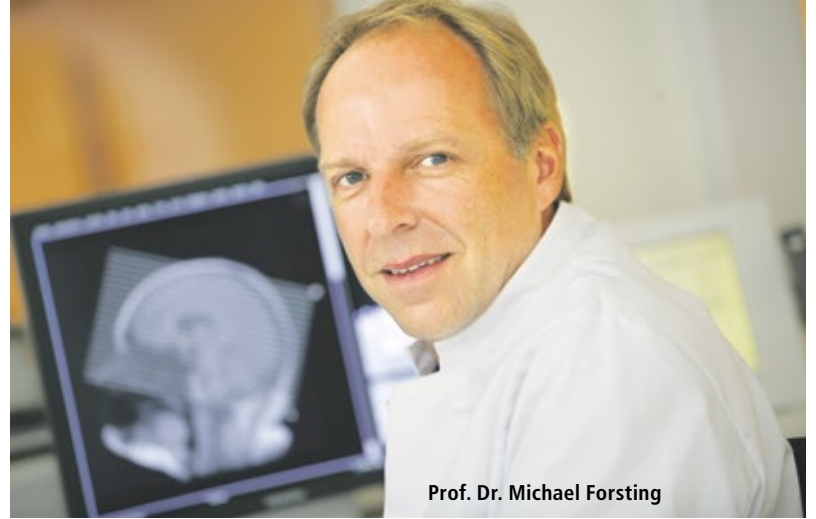
läuft in den kommenden Jahrzehnten die sprechende Medizin. Denn dort, nicht in den technischen Fächern, passieren aktuell noch die meisten Fehler. Ein Beispiel: Wenn Radiologen einen drei Zentimeter großen Leberrundherd im CT sehen, dann hat der Patient auch eine Läsion in dieser Größe. Es lässt sich dann höchstens noch diskutieren, ob es eine Metastase ist oder nicht. Im vordigitalen Zeitalter, also ohne CT, musste die Leber noch ertastet werden. Die Ärzte konnten sich entsprechend nie zu 100 Prozent sicher sein. Das hat genau wie die digitalisierte Labormedizin eine unheimliche diagnostische Sicherheit gebracht. Wenn das Labor 28.000 Leukozyten im Blut findet, dann ist dies in der Regel auch der Fall, ohne dass das heutzutage noch groß kontrolliert werden muss.

Von solcher Präzision ist die sprechende Medizin als vermeintlicher Goldstandard weit entfernt. So werden sich vor allem die Psychiatrie und Neurologie noch stärker verändern als andere Bereiche, weil sie mit der Digitalisierung plötzlich objektive Daten erhalten. Ärzte haben häufig nur Momentaufnahmen der Patienten. Diese erzählen vielleicht, dass sie Rückenschmerzen haben, aber nicht, dass ihre Ehe gerade zerbrochen ist und sie seit Monaten unter Schlafstörungen leiden. Es kommen jetzt erste Anwendungen, die z. B. die Diagnose einer Depression verbessern, auf Basis von Stimme, Gesichtsausdruck, Körperhaltung oder allem zusammen. Eine mit validen Daten trainierte KI kann mit der gleichen Wahrscheinlichkeit wie ein Allgemeinmediziner eine Depression vorhersagen, wenn der Algorithmus ein regelmäßig geführtes Instagram-Profil auswertet. Kommen tägliche Facebook-Posts dazu, zeigen Untersuchungen, dass die KI sogar genauso treffsicher wie ein Psychiater agieren kann.

Das Potential, die Medizin durch KI qualitativ zu verbessern, ist in den sprechenden Disziplinen noch größer als in der technischen. Viele psychiatrischen Erkrankungen sind bis heute nicht vollständig erklärbar. Dazu gehört die Magersucht: Fast ein Drittel der betroffenen jungen Frauen hungert sich zu Tode; eine höhere Mortalität als beim Brustkrebs. Digitale Daten werden es in Zukunft ermöglichen, bestehende Theorien zu überprüfen und zum ersten Mal auch bei diesen Krankheiten hypothesenfrei nach den Ursachen zu suchen.

Patienten werden KI-Einsatz aktiv einfordern

Ein verbreiteter Fehler im medizinischen Alltag ist, dass man zunächst nur das findet, was bereits erwartet



Prof. Dr. Michael Forsting

oder gesucht wird („Satisfaction of search error“). Ein mögliches Beispiel kann so aussehen: Nach einem Skiunfall wird der Patient mit Schmerzen im Oberkörper in die Notaufnahme eingeliefert. Die Ärzte entdecken auf dem CT den Schlüsselbeinbruch und sind froh, diesen gefunden zu haben. Durch den schnell identifizierbaren Fehler übersehen sie aber ein Lungenkarzinom. Einem trainierten Algorithmus entgeht das nicht. Hier kann wertvolle Zeit für eine früh- oder noch rechtzeitige Behandlung gewonnen werden.

KI wird die Medizin mindestens so sehr verändern, wie es in den vergangenen Jahrzehnten Hightech-Bildgebung, Ultraschall oder moderne Laboranalysen getan haben. Die heutigen Verfahren werden dann genauso atavistisch anmuten wie die Urin-Geschmacksprobe, die über Jahrhunderte die Diagnose von Diabetes ermöglichte. Sobald Computersysteme besser sind als der Mensch, werden Patienten nicht mehr akzeptieren, dass sich nur noch der Arzt oder Labormitarbeiter die Bilder und Daten anschaut.

Die aktuelle Transformation hin zur computergestützten Medizin erfordert

daher neue Fähigkeiten, etwa das Testen und Trainieren der KI. Um dies gezielt voranzutreiben, hat die Uniklinik Essen begonnen, ein eigenes „Institut für künstliche Intelligenz in der Medizin“ einzurichten. Bereits vor einigen Jahren hatte sich das Krankenhaus mitten im Ruhrgebiet auf den Weg gemacht, Deutschlands erstes Smart Hospital zu werden. Nun sind erstmals vier KI-Professuren ausgeschrieben, die den Einsatz intelligenter Algorithmen bei Erkrankungen wie dem Lungenkarzinom, Glioblastom oder Zervixkarzinom weiter vorantreiben. Der Faktor Mensch bleibt auch in Zukunft für den KI-Einsatz unverzichtbar. Die Qualität der Anwendungen hängt von einer Schwarmintelligenz aus Medizinern aller Fachrichtungen, Informatikern und Mathematikern ab. Erst wenn die zahlreichen Datensätze interdisziplinär trainiert werden, werden sie richtig gut. ■■

Autor:

Prof. Dr. Michael Forsting,
Institut für Diagnostische und
Interventionelle Radiologie und Neuroradiologie,
Universitätsklinikum Essen
www.uk-essen.de

Gemeinsame Jahrestagung

Vom 26. bis 28. September findet in Rosenheim die gemeinsame Jahrestagung der bayerischen und der österreichischen Röntgengesellschaft statt. Das diesjährige Programm wird gemeinschaftlich gestaltet. Zu den Schwerpunkten gehören innovative Themen in der Herz-, Prostata- und Lungen-Bildgebung, aber auch die Themenreihe „Radiologie trifft ...“. Ziel ist hier, die Krankheitsbilder zu erläutern und die diagnostischen und interventionellen Möglichkeiten seitens der Radiologie darzustellen. Ein Highlight des diesjährigen Kongresses wird die Holzknecht Lecture durch Herrn Prof. Prokop sein. „Das breitgefächerte Fortbildungsprogramm soll junge Radiologen als auch erfahrene Kollegen aus Klinik und Praxis sowie insbesondere auch die MTRAs/RTs auf den neuesten

Stand des medizinischen und technischen Fortschritts bringen“, so die Tagungspräsidenten Prof. Dr. Gunnar Tepe und Prof. Dr. Elke R. Gizewski. Um außerdem den Bedürfnissen der MTRA-Fortbildung nachzukommen, wurde, wie bereits in den vergangenen Jahren, ein spezielles Programm von und für MTRAs entwickelt. Alle weiteren Informationen zum Kongress sowie Hinweise zur Anmeldung sind auf der Homepage veröffentlicht. ■■

Termin:

**Bayerisch-Österreichischer
Röntgenkongress &
MTRA-Tagung**
26.–28. September, Rosenheim
www.brg-oerg-kongress.de

KI in nuklearmedizinischer Bildgebung

Radiomics – Chancen einer neuen Form der medizinischen Bildverarbeitung

Hinter den bei der nuklearmedizinischen Bildgebung entstehenden Bildern stehen große Datenmengen. Mit dem Verfahren der Radiomics besteht nun durch eine digitale Analyse und einem digitalen Vergleich dieser Datenmengen die Möglichkeit, die Ärzte mit zusätzlichen Informationen zu versorgen, die über das auf den Bildern visuell Erkennbare hinausgehen.

In der Nuklearmedizin stehen eine Vielzahl von Radiopharmaka zur Verfügung. Je nach Radionuklid, welches für die Markierung verwendet wird, erfolgt die Bildgebung in der Nuklearmedizin über Gammakamerasysteme, wie die Einzelphoton-Emissionstomografie (SPECT) oder die Positronenemissionstomografie (PET). In manchen Fällen sind diese Bildgebungsverfahren jedoch nicht genau genug. Aus diesem Grund ist man dazu übergegangen, Kameras zu entwickeln, die neben einer Gammakamera auch eine Röntgencomputertomografie (CT)- oder Magnetresonanztomografie (MRT)-Anlage beinhalten. Mit diesen Kameras lassen sich Überlagerungsbilder zwischen der Struktur des Körpers und dem Körperstoffwechsel erstellen. So können Stoffwechselveränderungen im Körper detaillierter dargestellt und zudem exakt anatomisch zugeordnet werden. Die nuklearmedizinische Bildgebung mittels SPECT oder PET nimmt einen zunehmend wichtigen Stellenwert in der bildgebenden Diagnostik und dem Therapiemanagement ein. Insbesondere als Hybridverfahren in Kombination mit der CT oder der MRT ist diese Form der Bildgebung mittlerweile unerlässlich bei Krebserkrankungen und Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems oder des Gehirns.

Hinter diesen bei der Hybridbildgebung entstandenen Bildern stehen, aufgrund des kombinierten Verfahrens, noch größere Datenmengen. Durch eine digitale Analyse und einen Vergleich dieser Daten besteht die Möglichkeit, die Ärzte mit zusätzlichen Informationen zu versorgen, die über das hinausgehen, was man mit bloßem Auge auf den Bildern erkennen kann. Dieses Verfahren wird als Radiomics bezeichnet.

Eine Ganzkörper PET/CT-Aufnahme, wie in der Tumordiagnostik verwendet, kann aus 1.000 Einzelbildern oder mehr bestehen. Die reine visuelle Auswertung und Interpretation solcher Datenmengen ist für einen Arzt nicht möglich. Vielmehr bedient er sich in

diesen Fällen der künstlichen Intelligenz. Der Computer hilft dabei, die für klinische Entscheidungen relevanten Informationen aus der unübersichtli-

chen Menge an Parametern herauszufiltern und diese zu einem übersichtlich zu interpretierenden Ergebnis zusammenzufassen. Das Ziel ist, Ärzte

bei ihrer Diagnose zu unterstützen und verborgene, komplexe Zusammenhänge aufzudecken.

www.nuklearmedizin.de

Advertorial

Konstante und konsistente Bildwiedergabe

EIZO veröffentlicht die neueste Version der Qualitätssicherungs-Software RadiCS 5.

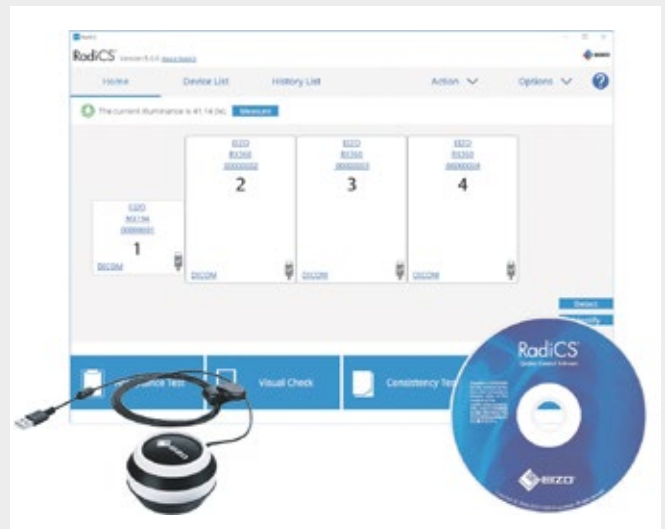
EIZO setzt die Entwicklung der Qualitätssicherungs-Software RadiCS fort und bietet jetzt mit der Version 5 die jüngste Fassung des im Jahr 2004 erstmals veröffentlichten Tools. Die Software RadiCS ermöglicht umfangreiche Prüfungen und automatische Justagen, um eine konstante und konsistente Bildwiedergabe zu gewährleisten. Sie umfasst die Wartung und Kontrolle von Befundungs- und Betrachtungs-Monitoren von der Kalibrierung bis hin zu Abnahme- und Konstanzprüfungen. Unter Einhaltung von AAPM, DIN, IEC und anderen internationalen Standards erlaubt RadiCS eine konsequente Sicherung der Bildqualität mit leicht verständlichen Verfahren.

Die Version RadiCS 5 verfügt über eine verbesserte Benutzeroberfläche für eine höhere Arbeitseffizienz und schnellere Leistung. Grafiken, Symbole und Texte sind so angeordnet, dass die Funktionen visuell und intuitiv nachvollziehbar sind. Eine Übersichtsliste ermöglicht es Anwendern außerdem, den Zustand der Monitore sofort zu überprüfen. Durch die intuitive Programmführung lassen sich Prüfungen und Kalibrierungen von Monitoren ganz einfach durchführen.

Konstanzprüfungen laufen jetzt noch schneller ab. Auch EIZOs Work-and-Flow-Funktionen für komfortable Arbeitsabläufe sind noch anwenderfreundlicher zu bedienen als zuvor. Außerdem wurden der neuen Version zusätzliche Funktionen hinzugefügt, so zum Beispiel die automatische Helligkeitsumschaltung. Beim Anzeigen von Diagnosebildern kann die Helligkeit der Patientenliste stören. Mit der automatischen Helligkeitsumschaltung wird der Monitor mit den Patientendaten dunkler, wenn der Cursor von diesem Bildschirm entfernt wird. Dann können Diagnosebilder ohne Störung gesehen werden.

Das leistet RadiCS:

- Abnahme- und Konstanzprüfungen gemäß QS-RL, DIN-, ÖNORM, PAS1054-, AAPM-Standard und viele mehr
- DICOM®-Kalibrierung der Tonwertcharakteristik
- Vollautomatische messtechnische Konstanzprüfungen bei Monitoren mit Helligkeits- und Beleuchtungsstärkesensoren
- Archivierung von Kalibrierungs- und Prüfprotokollen
- Überwachung des monitorinternen Sensors zur Steuerung von Helligkeit und Tonwertcharakteristik
- Kalender mit Erinnerungsfunktion für wiederkehrende Überprüfungen von Referenz- und Testbildern



RadiCS ermöglicht die Steuerung einzelner Monitore am Arbeitsplatz. Sind in einer größeren Einrichtung gleich mehrere Monitore im Einsatz, empfiehlt sich die Software RadiNET Pro von EIZO als ideale Ergänzung. Denn sie ermöglicht eine zentrale Verwaltung und damit ein effizientes Qualitätsmanagement aller im Netzwerk verbundenen Monitore eines Krankenhauses. Auch RadiNet Pro hat mit der Version 5 ein optimiertes Update erfahren und bietet ebenfalls einige neue Funktionen, wie z.B. die automatische Anwendung von Gruppenrichtlinien, wenn neue Monitore in einem Krankenhaus installiert werden. Dadurch entfällt die Festlegung einer Gruppenrichtlinie für jeden einzelnen neuen Monitor. Mehr unter: www.eizo.de/radics und www.eizo.de/radinetpr.

EIZO Europe GmbH
Mönchengladbach
Tel.: +49 2161 8210-120
kontakt@eizo.de
www.eizo.de



Besuchen Sie EIZO auf dem Röko in Leipzig, vom 29. bis 31. Mai 2019, Halle 2, Stand D22

Megathemen der CT

Künstliche Intelligenz und Deep Learning

■ Das Selbstlernen der Software und Deep Learning das Lernen mittels eines neuronalen Netzwerkes, sind Teilbereich der künstlichen Intelligenz und Megathemen der Radiologie der Zukunft. Canon Medical hat kürzlich die neue AiCE-Technologie vorgestellt, die auf diese Megathemen basiert und die CT-Bildrekonstruktion der Zukunft schon heute anwendet. Neueste Canon Hochleistungs-CTs können bereits von dieser Technologie profitieren.

Die neue KI-Technologie „AiCE“ (Advanced intelligent Clear Image Quality Engine) bietet eine fundamental neue Bildrekonstruktion mit überragender Bildqualität, einer bis dahin nicht erreichten Detailschärfe und einem natürlichen Bildkontrast – schon ab einer Schichtdicke von 0,5 mm. Dabei reduziert AiCE das Rauschen bei gleichzeitigem Erhalt der Textur und des natürlichen Bildeindrucks. AiCE lässt somit Ihre Patienten von einer bis dato nicht erreichten Dosisreduktion und Sie als Radiologe von einer gesteigerten Sicherheit bei der Diagnostik von Dünnschichtbildern profitieren. AiCE basiert auf den Megathemen der Softwareentwicklung und setzt in der radiologischen Diagnostik neue Maßstäbe. Die Megathemen sind: Big Data: das Einspeisen von sehr großen Datenmengen in Form tausender Datensätze, Deep Learning: das Lernen mittels eines neuronalen Netzwerkes und Künstliche Intelligenz: das Selbstlernen der Software. Während die Rekonstruktion mittels der neuesten modellbasierten iterativen Rekonstruktion noch ein sehr rechenaufwändiger Prozess ist, der mehr Zeit in Anspruch nimmt und daher überwiegend selektiv eingesetzt wird, arbeitet die neue AiCE-Rekonstruktion von Canon Medical annähernd so schnell wie die bekannte iterative

Rekonstruktion und ist damit in der klinischen Routine z. B. für die Weichteildiagnostik einsetzbar. Die Bildtextur und der natürliche Bildeindruck bleiben Dank AiCE erhalten, die Abgrenzung von Organen und Strukturen fällt deutlich leichter, da das Rauschen erkannt und signifikant reduziert wird.

AiCE überwindet Grenzen

Damit der Radiologe in seiner Umgebung – im Rahmen seiner klinischen Routine – mit AiCE arbeiten kann, wurden zwei Schritte vorbereitet. Im Canon Medical Systems Werk wurde in Schritt I das neuronale Netzwerk mittels einer besonderen Hochleistungssoftware aufgesetzt; es wurde ein sog. „Neural Network Training“ mit Tausenden von validierten Datensätzen durchgeführt. Dieses im Werk trainierte neuronale Netzwerk wird in Schritt II beim Kunden auf einer eigenen Hochleistungssoftware installiert. Die beim Radiologen vor Ort gesannten Daten werden mittels AiCE rekonstruiert und stehen der Befundung in beeindruckender Geschwindigkeit unmittelbar zur Verfügung. Der Trainingsprozess des neuronalen Netzwerkes ist rechnerisch sehr aufwändig: Der Massendatenspeicher „Big Data“ wurde mit zwei Arten von Datenmengen gespeist: mit einer Vielzahl hochqualitativer Datensätze, die zuvor mittels modellbasierter Iteration in den Rohdaten mit überproportional häufigen Iterationen und deutlich erhöhter Rechenleistung rekonstruiert wurde und mit einer Vielzahl von Ultra-Low-Dose Datensätzen, wie sie in der täglichen Routine bei Niedrigdosisuntersuchungen vorkommen. Eine Software mit einem „Deep Convolution Neural Network“ wurde an-

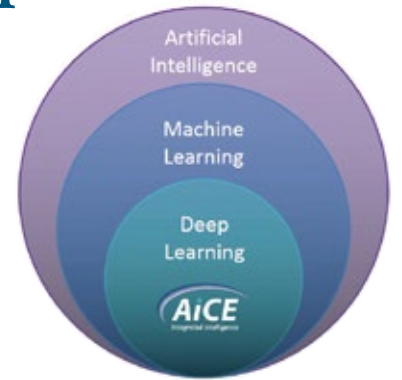
gelernt, Organstrukturen voxelgenau im menschlichen Körper zu erkennen – das neuronale Netzwerk weiß nach dem Trainingsprozess, welche Zusammenhänge zwischen Low-Dose-Datensätzen und hochqualitativen Datensätzen bestehen – dieses Wissen dient der Rekonstruktion von Low-Dose-Datensätzen zu einem perfekten diagnostischen Bild.

UHR-CT arbeitet bereits mit KI

Schaut man sich die Weiterentwicklung der CT der letzten Dekaden an, so gab es im Wesentlichen drei wesentliche Innovationen: Die Vervielfachung der Geschwindigkeit hinsichtlich Akquisition und Rekonstruktion, die Multi-Slice-CT mit Verbreiterung der Scan-Abdeckung bis zum Volumen-CT sowie die signifikante Reduktion der Röntgen- und KM-Dosis. Doch die räumliche Auflösung lag in den letzten Jahrzehnten bei 0,3 mm. Der neue Ultra-High-Resolution-CT Aquilion Precision (UHR-CT) von Canon Medical Systems verschiebt die bisherige Grenze der räumlichen Auflösung und bietet eine völlig neue Dimension der Bildgebung – erstmals seit Jahrzehnten wird in der humanen CT die Auflösung „verdoppelt“ oder anders ausgedrückt: sie liegt nun bei 150 Mikrometer – das ist einzigartig in der CT.

Verdoppelte räumliche Auflösung

Dabei lehren die Grundlagen der Physik so manche Hürden, die zu überwinden waren. Eine Vielzahl von Weiterentwicklungen der bekannten Technologien waren notwendig, so dass man heute von einem fundamental neuen Design sprechen kann. Die neuen 0,25 mm miniaturisierten Detektorelemente bieten die vierfach höhere Detektorelementdichte – einzigartig in der CT. Die neue räumliche Auflösung von 50 LP/cm erreichen eine bisher nicht gekannte Detailgenauigkeit. Für diese neue Dimension wurde gleichermaßen eine neue Rekonstruktionstechnologie entwickelt, die mit verschiedenen Rekonstruktionen arbeitet. Während die 512 x 512 Matrix bekannt und gebräuchlich ist, führt die hochauflösende 1.024 x 1.024 Matrix zu einer deutlich verbesserten Detailauflösung. Die ultra-hochauflösende 2.048 x 2.028 Matrix ist jedoch ein weiterer Superlativ der Spezifikationen und nun erstmals für die humane Radiologie einsetzbar.



Die AiCE-Deep-Learning-Rekonstruktion, die mit den Canon High-End-CTs erhältlich ist, basiert auf den Megathemen Deep-Learning und Künstliche Intelligenz.

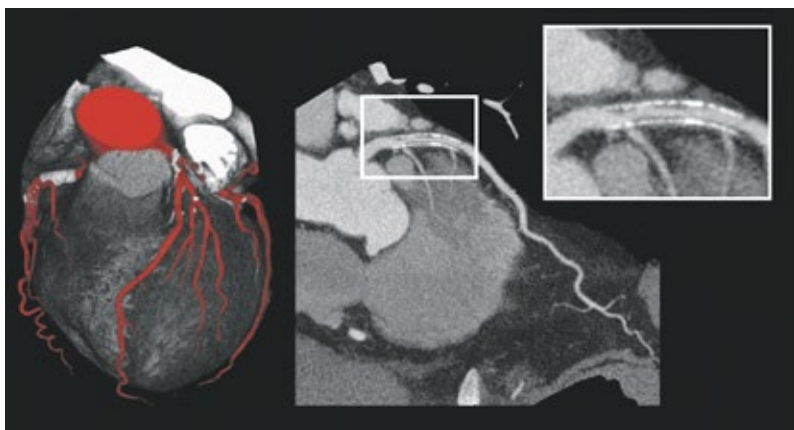
Der neue UHR-CT ist unmittelbar für den Einsatz in der Routine bereit – seine Spezifikationen sind marktführend: Die 78 cm Gantryöffnung in Kombination mit der lateralen 80 mm Tischverschiebung bietet sowohl Ärzten wie auch Patienten maximalen Raum, der insbesondere bei bildgesteuerten Interventionen oder bei Patienten in der Traumaversorgung von großer Bedeutung sein kann. Selbstverständlich, wie alle Canon-CTs für die Radiologie, bietet der neue UHR-CT eine Gantryneigung von 30°, so dass die strahlensensible Augenlinse bei Schädel-CTs ausgeblendet werden kann, wie es die Literatur empfiehlt.

Vielfältige Anwendungen

Die Anwendungen der UHR-CT sind vielfältig. In den Bereichen Onkologie, Angiographie, Tumoridentifikation und Verlaufskontrolle kann die neue Auflösung entscheidende Details liefern. Die Darstellung kleinster knöcherner Strukturen, ob bei Frakturen oder knöcherner Hochauflösung im Innenohr wird revolutioniert. Die UHR-Cardio-CT zeigt völlig neue Einblicke in die Koronarien, da Kalzifizierungen wesentlich präziser dargestellt werden können. Die Beurteilung von Stents und Stentlumina bietet eine bisher nicht gekannte Detailgenauigkeit, was die Diagnose entscheidend erleichtern wird. Die Kombination aus Ultra-High-Resolution-CT einerseits und dem Einsatz künstlicher Intelligenz andererseits wird die CT der Zukunft entscheidend prägen. ■■

Autor:

Andreas Henneke, Leiter Produktbereich CT
Canon Medical Systems Deutschland
Andreas.Henneke@eu.medical.canon
<https://de.medical.canon>



Klinische Bilder, wie hier am Beispiel der Herzbildgebung, werden von den neuen Deep-Learning-Rekonstruktionen deutlich profitieren, da eine bessere Bildqualität bei weniger Dosis erreicht werden kann.

Hybridbildgebung – unverzichtbar in der modernen Tumordiagnostik

Patientenspezifisches Bild krankheitsbezogener Prozesse.

Die Hybridbildgebung, auch molekulare Bildgebung genannt, ist zum festen Bestandteil der onkologischen Diagnostik geworden und hat sich als Verfahren zur frühzeitigen Entdeckung und genauen Lokalisation von Tumorerden, zur genauen Bestimmung des Tumorstadiums und zur Kontrolle des Behandlungserfolges etabliert. Ihr liegt das Prinzip zugrunde, zwei Untersuchungsmodalitäten in einem Gerät synergistisch zu kombinieren, um anatomische und biologische Gewebefunktionen in einem Fusionsbild zu erhalten. Bei der PET/CT wird die Positronen-Emissions-Tomografie (PET) mit der Computertomografie (CT) kombiniert, während die PET/MRT die PET mit der Magnetresonanztomografie (MRT) verknüpft.

Grundlagen und Technik

Die PET ermöglicht durch den Einsatz schwach radioaktiver Verbindungen (Radiopharmaka, Tracer) eine Visualisierung biochemischer Gewebefunktionen im menschlichen Körper. Das Radiopharmakon reichert sich in Organen und Geweben an, zerfällt dort unter Abgabe eines Positrons e^+ und wird mit einem Elektron der Umgebung zu zwei Gamma-Quanten rekombiniert. Die Gamma-Strahlung wird mit einer Ortsgenauigkeit von wenigen Millimetern registriert und in ein dreidimensionales Schnittbild umgewandelt. Abhängig von der Tumorentität erlauben Radiopharmaka eine Quantifizierung von Stoffwechselprozessen (beispielsweise Glukosestoffwechsel), Rezeptorexpressionen oder der Gewebedurchblutung. Die Kombination der PET mit der hochauflösenden CT in einem Untersuchungsgerät ermöglicht eine anatomisch-morphologische Zuordnung der biochemischen Gewebedaten, die mittels Software exakt überlagert werden. Für Patienten ist damit nur ein Untersuchungsgang von etwa 30 Min. Dauer erforderlich.

Die Einführung der simultanen PET/MRT stellt die neueste Entwicklung auf dem Gebiet der Hybridbildgebung dar. Im Unterschied zur PET/CT ist es möglich, PET- und MRT-Daten simultan zu akquirieren, was neben dem höheren Weichteilkontrast der MRT Vorteile in der Genauigkeit für bestimmte Organe bietet (z. B. Hirn,

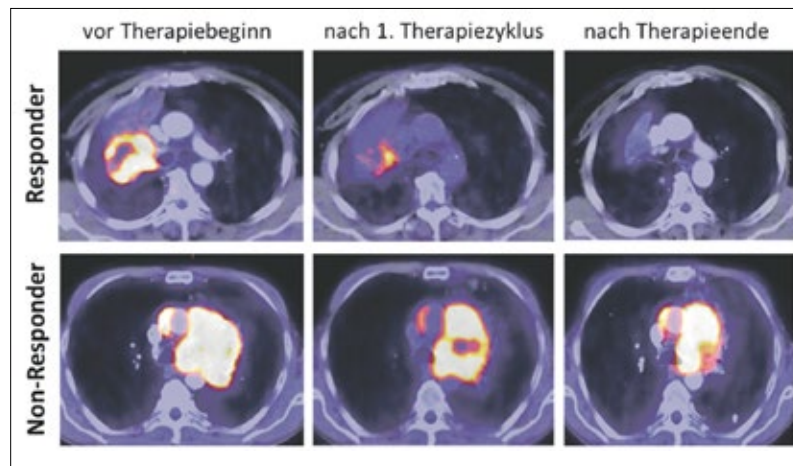


Abb. 1: ^{18}F -FDG-PET/CT zur Kontrolle des Therapieansprechens bei zwei Patienten mit Bronchialkarzinom.

Bei beiden Patienten weisen die Primärtumoren eine intensive ^{18}F -FDG-Speicherung vor Beginn der Chemotherapie auf. Nach einem Therapiezyklus zeigt sich beim Responder (obere Reihe) eine deutlich rückläufige ^{18}F -FDG-Speicherung bei Resttumor im CT und beim Non-Responder (untere Reihe) eine unveränderte ^{18}F -FDG-Speicherung des Primärtumors ohne wesentliche Veränderung der Größe im CT. Vollständiger Rückgang der ^{18}F -FDG-Speicherung nach Therapieende beim Responder, während beim Non-Responder der Primärtumor nur wenig kleiner geworden ist und weiterhin eine intensive ^{18}F -FDG-Speicherung aufweist.

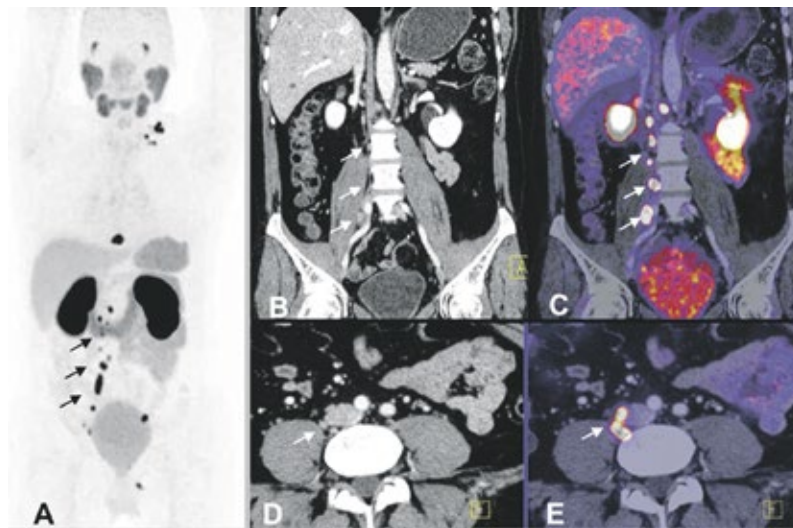


Abb. 2: ^{68}Ga -PSMA-PET/CT zur Rezidivdiagnostik beim Prostatakarzinom

Patient mit Prostatakarzinom und erneutem Anstieg des prostataspezifischen Antigens (PSA) bei Zustand nach radikaler Prostatektomie und adjuvanter Strahlentherapie. Nachweis multipler ^{68}Ga -PSMA-exprimierender, fokaler Herde in der PET (Pfeile in A) und multipler, teils sehr kleiner Lymphknoten (< 10 mm) rechts iliakal und retroperitoneal in der CT (Pfeile in B und D). Im koronaren und axialen Fusionsbild (Pfeile in C und E) können die fokalen Herde erhöhter ^{68}Ga -PSMA-Expression eindeutig den Lymphknoten zugeordnet werden, welche somit als neu aufgetretene Lymphknotenmetastasen zu werten sind.

Leber, Knochenmark). Außerdem eröffnen funktionelle MRT-Sequenzen wie die MR-Perfusion zur Beurteilung der Blutversorgung oder diffusionsgewichtete Sequenzen als Marker der Zelldichte in Kombination mit den funktionellen Informationen der

PET neue Möglichkeiten der Tumorcharakterisierung, des Therapiemonitorings und der Prognoseabschätzung. Durch Verzicht auf das CT führt die PET/MRT zu einer Reduktion der Strahlenexposition um 50 bis 75% im Vergleich zur PET/CT.



Prof. Dr. Christina Pfannenbergl



Dr. Christian Philipp Reinert

Einsatz von PET/CT und PET/MRT in der Onkologie

Tumorzellen weisen eine deutlich höhere Zellproliferationsrate als gesunde Umgebungsgewebe auf, was mit einem gesteigerten Glukosemetabolismus einhergeht. Durch Einsatz des Radiopharmakons ^{18}F -Fluorodesoxyglucose (^{18}F -FDG) können auf diese Weise vitale Tumorzellen früher erkannt werden als mit konventionellen bildgebenden Verfahren. Neben der Früherkennung von Krebserkrankungen hat sich die Hybridbildgebung insbesondere zur Ausbreitungsdiagnostik (Staging), zur Verlaufskontrolle unter Therapie und zur Rezidivdiagnostik etabliert. So stellt die ^{18}F -FDG-PET/CT das Diagnostikum der Wahl zum Staging des Lungenkarzinoms (Abb. 1), des malignen Melanoms, aggressiver Lymphome sowie zur Primärtumor- und Metastasensuche beim Cancer of Unknown Primary (CUP) dar. Weitere,

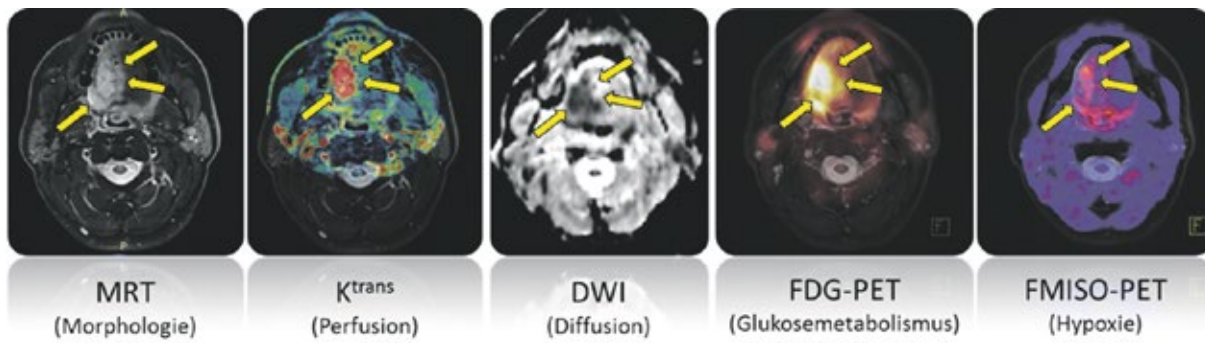


Abb. 3: Multiparametrische PET/MRT-Bildgebung beim Kopf-Hals-Tumor

Die erhöhte Kontrastmittelaufnahme des rechtsseitig gelegenen Mundhöhlenkarzinoms erlaubt eine Beurteilung der Tumormorphologie, während mittels Perfusions-MRT (K^{trans}), Diffusion-MRT (DWI), ^{18}F -FDG-PET (Glukosestoffwechsel) und FMISO-PET (Hypoxie) funktionelle Tumorcharakteristika dargestellt werden können.

in der klinischen Routine häufige Indikationen sind das Prostatakarzinom sowie neuroendokrine Tumore, für welche spezifische Tracer zur Verfügung stehen. Prostatakarzinomzellen exprimieren das Prostata-Spezifische-Membran-Antigen (PSMA), welches als Zielstruktur für spezifische Bindungen mit ^{68}Ga - oder ^{18}F -markierten PSMA-Liganden dient. Die PSMA-PET/CT und -PET/MRT ermöglichen eine genauere Lokalisation des Primärtumors sowie von Lymphknoten- und Fernmetastasen als rein morphologische Schnittbildverfahren (Abb. 2). Dies hilft insbesondere bei der Detektion von Tumorrezidiven nach Primärtherapie, welche mit morphologischen Methoden allein oftmals nicht hinreichend identifiziert werden können.

Analog zum Prostatakarzinom wird die tumorspezifische hybride Bildgebung auch zur Diagnostik von neuroendokrinen Tumoren genutzt, welche auf ihrer Zelloberfläche vermehrt Somatostatinrezeptoren exprimieren, an die radioaktiv markierte Somatostatinanaloga (z. B. ^{68}Ga -DOTATATE) selektiv binden. Das Prinzip der In-vivo-Markierung einer Zielstruktur (Target) mittels diagnostischem PET-

Radioliganden wird bei neuroendokrinen Tumoren und beim Prostatakarzinom zusätzlich für eine zielgerichtete Radioliganden-Therapie genutzt (Theranostik).

Die PET/MRT als neue und am meisten komplexe hybride Modalität bietet gegenüber der PET/CT die Vorteile eines höheren Weichteilkontrastes und zusätzlicher funktioneller Bildgebungsparameter durch die MR-Komponente bei gleichzeitig deutlich reduzierter Strahlenexposition. Letzteres ist der Grund für die bevorzugte Anwendung der PET/MRT in der pädiatrischen Onkologie, insbesondere, wenn Kinder und junge Patienten im Rahmen von Primärdiagnostik, Verlaufsbeurteilung und Nachsorge mehrfach untersucht werden müssen. Bei Tumoren des kleinen Beckens, insbesondere der weiblichen Geschlechtsorgane oder bei der Prostatabildgebung, bietet die MRT-Komponente in Hinblick auf die Beurteilung der lokalen Tumorausbreitung ebenfalls Vorteile. Zudem lässt sich die Genauigkeit des Lymphknotenstagings durch die PET-Komponente deutlich verbessern. Darüber hinaus erlaubt die PET/MRT durch Einsatz MR-spezifischer Sequenzen zur Darstellung von Perfusion und Diffusion nicht nur bei

Beckentumoren, sondern auch bei der Diagnostik und Therapiekontrolle von Hirn- und Leberraumforderungen eine hohe diagnostische Genauigkeit in der Tumorcharakterisierung. PET/CT und PET/MRT haben sich auch zu einem unverzichtbaren Bestandteil der onkologischen Kopf-Hals-Bildgebung entwickelt, wo posttherapeutische Veränderungen der lokalen Gewebeanatomie die Diagnostik erheblich erschweren.

Ausblick in die Zukunft

Die zunehmend personalisierte Medizin erfordert ein patientenspezifisches Bild der krankheitsbezogenen funktionalen Prozesse. Neue Radiotracer als spezifische Biomarker für Tumorzellen sind in der Entwicklung. Tracer für hypoxisches Gewebe, z. B. ^{18}F -Fluoromisonidazol (FMISO), werden zurzeit im Rahmen individueller Strahlentherapieplanung evaluiert. Quantitative Methoden der multiparametrischen MRT im Rahmen der PET/MRT, z. B. K^{trans} zur Messung der Gewebevaskularisierung, eröffnen neuartige Möglichkeiten des Therapiemonitorings (Abb. 3). Technologische Weiterentwicklungen der PET/CT wie u. a. die Ablösung der konventionellen ana-

logen Bild-Detektoren durch digitale Silizium-Detektoren führen zu kürzeren Messzeiten bei gleichzeitig höherer räumlicher und zeitlicher Auflösung und quantitativer Genauigkeit. Die Entwicklung iterativer Technologien zur Bildnachbearbeitung erlaubt eine verbesserte Bildqualität bei störenden Einflüssen (z. B. Metallartefakte). Gegenstand aktueller Forschung ist auch der potentielle Nutzen selbstlernender Systeme („künstliche Intelligenz“) zur Artefaktreduktion (z. B. Bewegungsartefakte durch eingeschränkte Compliance multimorbider Patienten).

Die hybride Bildgebung hat sich seit Einführung der PET/CT im Jahr 2001 zu einem zentralen Bestandteil der onkologischen Bildgebung entwickelt. Die PET/CT ist in klinischen Leitlinien verschiedener Krebserkrankungen (z. B. Hodgkin-Lymphom, NSCLC, Kopf-Hals-Tumoren, Melanom, Prostatakarzinom) bereits fest etabliert. Die PET/MRT ist zurzeit noch überwiegend Gegenstand intensiver Forschung, für ihren Einsatz in der klinischen Praxis gibt es (noch) keine etablierten, evidenzbasierten Indikationen. Die Methode bietet aber einen inhärenten Vorteil gegenüber der PET/CT bei Erkrankungen, die primär mittels MRT abgeklärt werden und bei denen man eine relevante Zusatzinformation durch den PET-Tracer erhält (z. B. ZNS-Tumore, neuroendokrine Tumore, Prostatakarzinom, gynäkologische Tumore). Darüber hinaus ist die PET/MRT als Ganzkörper-Bildgebungsmethode in der pädiatrischen Onkologie wegen der reduzierten Strahlenexposition grundsätzlich von Vorteil. ■■

Autoren:

Dr. Christian Philipp Reinert
Prof. Dr. Christina Pfannenberger
Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
Universitätsklinikum Tübingen
www.medizin.uni-tuebingen.de

Prostatakrebs: Computermodell erlaubt Prognose

Wie wird eine gesunde Zelle zu einem Tumor? Um diese Frage zu beantworten, hat ein Forschungsteam der Charité – Universitätsmedizin Berlin zusammen mit internationalen Arbeitsgruppen fast 300 Prostata-tumoren untersucht. Die Ergebnisse beschreiben, wie sich die DNA einer Prostatazelle auf dem Weg zur Entartung verändert.

Mithilfe eines neuen Computermodells lässt sich nun berechnen, wie die Krankheit voraussichtlich verlaufen wird. Bei Prostatakrebs war es bisher nicht möglich, zwischen gutartigen

und aggressiven Typen der Erkrankung zu unterscheiden – insbesondere, wenn der Tumor in einem frühen Stadium entdeckt wurde. Um Kriterien für diese Unterscheidung zu erarbeiten, haben Forschende der Charité zusammen mit einer Reihe von deutschen und internationalen Arbeitsgruppen das gesamte molekulare Profil von fast 300 Prostata-tumoren untersucht. Dazu entschlüsselten sie die Sequenz und die chemischen Veränderungen der DNA und maßen die Genaktivität im Krebsgewebe. Die Analyse der Daten gab Hinweise auf die zeitliche Ab-

folge von Mutationsereignissen, durch die Prostatakrebs entsteht. „Wir konnten Tumor-Subtypen identifizieren, die verschieden schnell fortschreiten und deshalb unterschiedlich therapiert werden müssen“, sagt Prof. Dr. Thorsten Schlomm, Direktor der Klinik für Urologie an der Charité und einer der leitenden Studienautoren. Er fügt hinzu: „Wir wissen jetzt, welche die frühesten Mutationen sind, die eine Entartung von Prostatazellen einleiten, und welche Mutationen häufig folgen.“ Auf Basis dieser Ergebnisse entwickelten die Wissenschaftler ein Computermodell,

das den Krankheitsverlauf eines einzelnen Patienten prognostizieren kann. „Wenn der Tumor eines Patienten eine bestimmte Mutation aufweist, können wir nun vorhersagen, welche Mutation voraussichtlich als Nächstes auftreten wird – und wie gut die Prognose des Patienten ist“, erklärt Prof. Schlomm. „Unser Team arbeitet derzeit daran, das Computermodell an der Charité in die Behandlungsstrategie einzubinden, um vor einer Therapie deren Erfolg zu simulieren.“

www.charite.de

Neue Wege der Beschaffung

Mit Technologiepartnerschaften zu einer starken Radiologie.

■ Technologiepartnerschaften werden für Kliniken und Krankenhäuser immer attraktiver, wenn es darum geht, langfristige strategische Ziele zu erreichen und nachhaltigen Mehrwert zu schaffen. Als Schlüsseldisziplin ist die Radiologie geradezu prädestiniert für Partnerschaftsmodelle. Laut der Deutschen Röntgengesellschaft stützen sich rund 70% aller Diagnosen auf eine Untersuchung mit bildgebenden Verfahren. Minimalinvasive Interventionen gewinnen als Alternative zu chirurgischen Eingriffen rasant an Bedeutung. Und als Early Adopter digitaler Innovationen – Stichwort künstliche Intelligenz – wird der Radiologe den Kollegen anderer Fächer zukünftig während der gesamten Diagnostik und Therapie beratend zur Seite stehen.

Ganzheitliche Lösungen

Angesichts des Kostendrucks und der allgegenwärtigen Forderung nach mehr Qualität haben es Krankenhäuser schwer, sich mit reinen Ersatzbeschaffungen in einem kompetitiven Umfeld zu behaupten. Sie brauchen nicht nur die beste medizintechnische Ausstattung, sondern auch motivierte Mitarbeiter, zufriedene Patienten und loyale Zuweiser. Technologiepartnerschaften gehen deshalb weit über traditionelle Lieferanten-Kunden-Beziehungen hinaus. In Anlehnung an den Quadruple-Aim-Ansatz nehmen wir bei Philips das große Ganze in den Blick: Wie können wir gemeinsam mit unserem Kunden die Ergebnisqualität und die Wirtschaftlichkeit steigern? Wie können wir das Patientenerleben, sprich die Summe aller Interaktionen eines Patienten mit einer Klinik, aktiv und positiv gestalten? Wie schaffen wir attraktive Arbeitsbedingungen, um kompetente Mitarbeiter zu gewinnen und zu binden? Ziel ist die Entwicklung eines maßgeschneiderten Konzepts, das zusätzlich zur Medizintechnik auch umfangreiche Serviceangebote, Finanzierungsoptionen und vor allem Beratungsleistungen beinhaltet.

Bedarfsgerechte Abstufung

Philips bietet ein breites Portfolio von Lösungen, die alle Anforderungen der Radiologie adressieren. Dadurch können wir unseren Technologiepartnern abgestufte Konzepte anbieten und eine bedarfsgerechte Strukturqualität sicherstellen. Konkret bedeutet das, dass wir Innovationen sinnvoll mit

bewährten „Arbeitspferden“ kombinieren. Premiumgeräte kommen dort zum Einsatz, wo sie echten Mehrwert bieten. Unsere MR-Systeme Ingenia Ambiton und Ingenia Elition verfügen z.B. über Compressed Sense. Diese Beschleunigungstechnologie kann die Scandauer – verglichen mit Philips MR-Systemen ohne Compressed Sense – bei nahezu unveränderter Bildqualität um bis zu 50% verkürzen. Mit der Angiografie-Plattform Azurion ist es dem St. Antonius Hospital im niederländischen Nieuwegein in einer 2017 durchgeführten Laborstudie gelungen, die durchschnittliche Prozedurzeit um 17% zu reduzieren. Der IQon Spectral CT akquiriert in einem einzigen Scan simultan konventionelle plus spektrale Bilddaten. Durch die Option zur retrospektiven Spektraldatenanalyse mit den Vorteilen der Farbquantifizierung, der präziseren Darstellung von Strukturen und besseren Gewebecharakterisierung steigert das System den diagnostischen Gewinn. Außerdem trägt es dazu bei, Wiederholungsuntersuchungen mit erneuter Strahlenexposition des Patienten zu reduzieren.

Innovationstreiber Software

Als Fach mit dem höchsten Digitalisierungsgrad ist die Radiologie ein Vorreiter in Sachen künstliche Intelligenz. Wir bei Philips bevorzugen den Begriff adaptive Intelligenz, weil wir davon überzeugt sind, dass KI sich an den Bedürfnissen von Patienten und Anwendern orientieren und nahtlos in die klinischen Prozesse einfügen muss – nicht umgekehrt. Wir kombinieren KI mit anderen Technologien und arbeiten an konkreten Fragestellungen.



Michael Heider

Bei MR-Scans z.B. überwacht und analysiert die Detektionstechnologie VitalEye Atembewegungen, ohne dass dem Patienten ein Atemgurt angelegt werden muss. Für die Bildanalyse sei exemplarisch Illumeo genannt. Illumeo führt Daten aus unterschiedlichen Quellen zusammen und präsentiert eine ganzheitliche Sicht auf den Patienten. Zudem beschleunigt es den Workflow durch eine kontextbezogene Vorauswahl von Tools, automatische Anatomieerkennung und für die Befundung optimierte Darstellungen. Systeme zur Bildnachverarbeitung und Befundung wie IntelliSpace Radiology und IntelliSpace Portal helfen bei der Entscheidungsfindung und erleichtern die telemedizinische Vernetzung, um eine qualitativ hochwertige Versorgung in ländlichen Regionen sicherzu-

stellen. Für transparente performante Auswertungen steht unser Dashboard-Tool PerformanceBridge zu Verfügung.

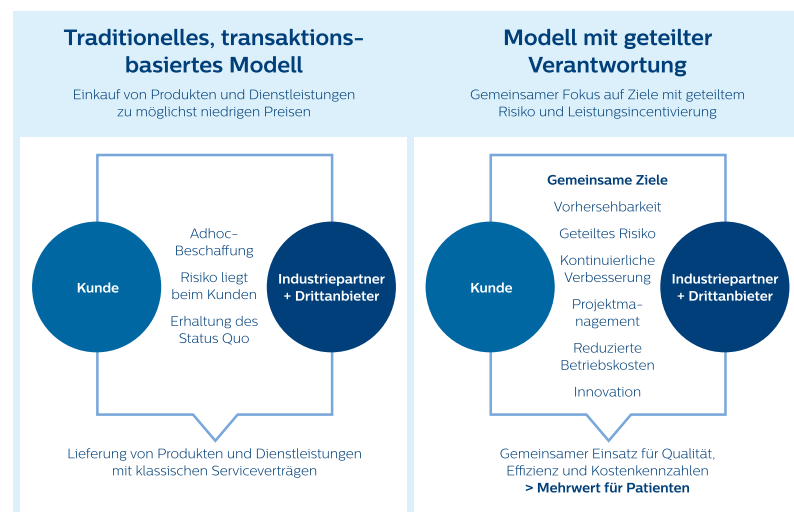
Reibungslose Prozesse

Diagnostik, Intervention, Therapieplanung, Verlaufskontrolle und Nachsorge – die Radiologie kommt mit so gut wie allen Patienten eines Krankenhauses in Berührung. Das macht sie zum Dreh- und Angelpunkt für die Verbesserung von Prozessen. Hat ein Krankenhaus die Abläufe sowohl innerhalb der Radiologie als auch an ihren Schnittstellen zu den anderen Fächern im Griff, ist viel gewonnen.

Denn wer Prozesse optimiert, stellt die Weichen genau dort, wo Qualität entsteht. Medizintechnik kann schließlich nur das abbilden, was in den Prozessen passiert. In Technologiepartnerschaften analysieren die Beraterteams unserer Abteilung Healthcare Transformation Services (HTS) deshalb die Prozesse vor Ort, um Optimierungspotentiale zu identifizieren und datenbasierte Handlungsempfehlungen auszusprechen.

Gemeinsamer Erfolg

Technologiepartnerschaften bieten Krankenhäusern die Möglichkeit, die Qualität, Effizienz und Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Die Kunden können Finanzierungsrisiken abgeben und Kosten gleichmäßig über eine flexible Laufzeit verteilen. Da Anforderungen sich ändern können, werden die Vertragsinhalte regelmäßig besprochen und, falls erforderlich, angepasst. Außerdem beteiligt Philips sich am Risiko, das die Kunden mit Investitionen und Prozessumstellungen eingehen. Das spiegelt sich bei Optimierungsprojekten in einem erfolgsabhängigen Vergütungsmodell wider. So wird aus einer Lieferantenbeziehung eine echte Partnerschaft und das Erreichen der gesteckten Ziele für beide Seiten ein wirtschaftlicher Erfolg. ■■



Technologiepartnerschaften gehen über traditionelle Lieferanten-Kunden-Beziehungen weit hinaus.

Grafik: Philips

Autor:

Michael Heider
Philips GmbH Market DACH
Business Group Manager Imaging Systems, Hamburg
healthcare.deutschland@philips.com
www.philips.de/healthcare

Brustkrebs-Screening mittels 3-D-Mammografie

Tomosynthese in der Früherkennung.

■ Brustkrebs ist die häufigste Krebserkrankung bei Frauen. Welche Möglichkeiten der Mammadiagnostik bestehen und welche Rolle dabei die Früherkennung durch Tomosynthese spielt, erläutert Dr. Claudia Kurtz, leitende Ärztin für Mammadiagnostik am Luzerner Kantonsspital.

M&K: *Ist eine 3-D-Mammografie/Tomosynthese in der Früherkennung sinnvoll? Welche Vorteile für die Patientin kann eine solche Untersuchung im Falle eines malignen Befundes bringen?*

Dr. Claudia Kurtz: Vorgängige Studien konnten unterschiedliche Vorteile zeigen. Dies hängt unter anderem von den Screening-Kriterien ab und der Art und Weise, wie die Tomosynthese in einem Land eingesetzt wird. So wird in den USA z. B. ein jährliches Screening durchgeführt – bei im Allgemeinen relativ hohen Recall-Raten von bis zu 12%. In Europa und insbesondere den skandinavischen Ländern hingegen wird nur alle zwei Jahre ein Screening durchgeführt, bei einer Recall-Rate von nur 2 bis 3,5%, wie z. B. in Schweden.

Der Vorteil der Tomosynthese spiegelt sich daher in den USA vor allem in einem signifikanten Rückgang der Recall-Raten wider. So zeigte eine Studie von Aujero einen Rückgang von



Dr. Claudia Kurtz

8,7% bei alleiniger 2-D-Mammografie-Betrachtung und auf 4,3% bei Betrachtung von Tomosynthese zusammen mit dem synthetischen Bild. Das ist ein aus einem Tomosynthesedatensatz rekonstruiertes Bild, mit dem Ziel, die normale 2-D-Mammografie zu ersetzen.

Die Recall-Raten sind in Europa innerhalb des Screenings bereits relativ niedrig, daher resultieren andere Effekte aus dem Tomosynthese-Einsatz. Aus dem Tommy-Trial in England ergab sich z. B. eine signifikant höhere Spezifität von 72% bei Tomosynthese mit synthetischem Bild gegenüber der alleinigen 2-D-Mammografie mit nur 57%, bedingt durch weniger falsche positive Befunde infolge des Tomosynthese-Einsatzes. Zudem finden sich in europäischen Studien, z. B. dem italienischen STORM-2 Trial, signifikant höhere Carzinom-Detektionsrate durch die Tomosynthese: Von 6,3 entdeckten Carzinomen pro 1.000 2-D-Mammografien ergab sich ein Anstieg auf 8,8 Carzinome pro 1.000 Tomosynthesen mit synthetischem Bild. Eine kürzlich durchgeführte Studie von Zackrisson aus Schweden konnte zeigen, dass eine 1-Ebenen-Tomosynthese gegenüber der

2-Ebenen-Mammografie sogar eine höhere Sensitivität hatte – 81,1% versus 60,4% bei weitgehendem Erhalt der Spezifität von 97,2% bzw. 98,1%.

Wir haben in der Zentralschweiz kein Screening, dennoch ergeben sich enorme Vorteile. Wie bereits erwähnt, erhält jede Patientin bei uns eine Tomosynthese, jedoch nicht in beiden Ebenen, sondern nur in einer Ebene. Die zweite Ebene wird als konventionelle Mammografie in FFDM-Technik, d. h. Full-Field-Digital-Mammography, durchgeführt. Dadurch sehen wir sehr häufig, dass sich ein Brustkrebs nur in der Tomosynthese abbildet und nicht in der konventionellen FFDM. In diesen Fällen würde der Brustkrebs ohne Tomosynthese-Einsatz wahrscheinlich erst in späteren Jahren, also in einem höheren Tumorstadium entdeckt werden. Zudem benötigen wir durch die primäre Tomosynthese weitaus weniger Zusatzaufnahmen, da das Gewebe nahezu überlagerungsfrei dargestellt wird. Sollte es dennoch unklare Befunde geben, wird auch die zweite Ebene als Tomosynthese durchgeführt – entweder, wenn die Patientin noch anwesend ist, oder, in wirklich seltenen Fällen, durch erneute Einbestellung.

Wie verändern die Verfahren die interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der präoperativen Planung?

Kurz: Dies ist vergleichbar mit dem MRT der Brust. Es ist eben gerade umgekehrt, als es häufig dargestellt wird. Viele sind der Ansicht, es sei besser, eine weniger präzise Bildgebung präoperativ durchzuführen, da weniger potentiell maligne Befunde detektiert werden und damit eine einfachere präoperative Planung einhergeht. Wenn sich dann, wie es häufig der Fall ist, postoperativ ein Tumorbefall am Präparatrand ergibt, wird eine Nachresektion vorgenommen, eventuell auch eine zweite. Wenn dann immer noch Tumoranteile am Präparatrand vorliegen, endet die Behandlung meist in einer Mastektomie – einer kompletten Entfernung der Brust.

Durch eine präzise präoperative Planung erreicht man das Gegenteil. Auch wenn mehr Tumor-Läsionen durch die Tomosynthese gefunden werden, kann viel gezielter eine Drahtmarkierung für den Operateur durchgeführt werden. Die Tumore können präziser exzidiert werden, und es ergibt sich weniger häufig ein Befund mit „Tumorbefall am Präparatrand“. Wir haben an unserem Institut eine sehr niedrige Nachresektionsrate von 5,5%. Gleichzeitig kommen wir durch die akribische präoperative Planung viel häufiger in eine Situation, in der letztendlich die Brust erhalten werden kann. Und dies wohlgerne in einer Nicht-Screening-Region, in der wir tendenziell ausgedehnter Carzinome sehen als in Screening-Regionen.

Wie wirkt sich das Erstellen mehrerer Schnittbilder auf die verabreichte Strahlendosis aus?

Kurz: In der Anfangsphase der Tomosynthese wurde die Tomosynthese zusätzlich zur normalen FFDM in zwei Ebenen durchgeführt. Demgemäß ergibt sich eine höhere Strahlendosis. Zwischenzeitlich sind synthetische Aufnahmen, rekonstruiert aus dem Tomosynthesedatensatz, als Vergleichsaufnahme zur vorherigen 2-D-Mammografie entwickelt worden. Diese C-VIEW, mit neuerem Detektor auch Intelligence 2-D genannt, ist bei Hologic als Ersatz für die FFDM-Aufnahme FDA-zugelassen. Durch die alleinige Anwendung der Tomosynthese, bei

Zur Person

Dr. Claudia Kurtz leitet in der Funktion als leitende Ärztin der Radiologie die Mammadiagnostik innerhalb des Kantonsspital Luzern sowie innerhalb zweier assoziierter Praxen. Die Mammadiagnostik ist am Luzerner Kantonsspital in ein Brustzentrum eingebunden und damit hauptverantwortlich für alle interventionellen respektive präoperativen Brustabklärungen der gesamten Zentralschweiz. Dr. Kurtz hat die Präsidentschaft der Schweizer Arbeitsgruppe für Brustinterventionen MIBB (Minimal Invasive Breast Biopsies) und in dieser Funktion mehrfach zu (inter-)nationalen Guideline Entwicklung beigetragen. Neben der Organisation von Ausbildungs- und Kongressveranstaltungen der MIBB ist sie an vielen weiteren internationalen Lehrveranstaltungen zu sämtlichen Themen der Brustdiagnostik beteiligt.

gleichzeitiger Generierung synthetischer Aufnahmen und dem Verzicht auf FFDM-Aufnahmen, kann die Strahlendosis reduziert werden.

Unabhängig davon ergibt sich folgender Aspekt: Wenn die Tomosyn-

these mit einer konventionellen FFDM verglichen wird, hängen die Dosisunterschiede in entscheidendem Ausmaß von der Kompressionsdicke und der Brustdichte ab. In einer kürzlichen internationalen Studie von Gennaro, die

ungefähr 5.000 Mammografien umfasst, ergab sich ein durchschnittlicher Anstieg der Strahlenbelastung durch die Tomosynthese von 38 % (Range 0 bis 75 %). Dies sind im Grunde genommen sehr geringe Dosissteigerungen,

die biologisch gesehen irrelevant sind, aber klinisch gesehen einen erheblichen Vorteil mit sich bringen. ■■

Autorin:
Dr. Jutta Jessen, Weinheim

Hirnmetastasen bei Brustkrebs

Vielversprechende Ergebnisse der Hochpräzisionsbestrahlung.

■■ 20–25 % aller Brustkrebspatientinnen entwickeln Metastasen. Früher kam die Diagnose von Metastasen oft einem Todesurteil gleich, hier ist es jedoch, auch dank der Strahlentherapie, zu einem Paradigmenwechsel gekommen. „Sogar Hirnmetastasen können heute mit einer kurativen Zielsetzung strahlentherapeutisch behandelt werden“, erklärt Frau Prof. Dr. Anca Grosu, Universitätsklinikum Freiburg. DEGRO-Präsident Prof. Dr. Wilfried Budach, Düsseldorf, ergänzt: „Durch rasante Fortschritte der Technologie sind hoch präzise Bestrahlungen schnell und komfortabel durchführbar. Verschraubungen mit dem Schädelknochen gehören der Vergangenheit an. Jährlich erkranken über 71.000 Frauen und ca. 700 Männer an Brustkrebs. Ungefähr 316.000 Frauen leben in Deutschland mit einer Brustkrebs-erkrankung (Zahlen von 2013). Eine Heilung ist heute in 75–80 % der Fälle möglich (in den 60er Jahren waren es nur 50–60 %). Beim Fortschreiten der Erkrankung bilden sich oft Metastasen, typischerweise in Knochen, Lunge und Leber, aber auch Hirnmetastasen sind relativ häufig, insbesondere bei den HER2-Rezeptor-positiven Tumoren.“

Diagnose von Metastasen

„Wohingegen die Diagnose von Metastasen früher oft einem Todesurteil gleichkam, können heute Patientinnen mit Hirnmetastasierungen relativ lange

bei guter Lebensqualität überleben, auch eine Heilung kann noch möglich sein, wenn rechtzeitig mit einer adäquaten Therapie begonnen wird“, erklärt Frau Prof. Grosu. Bei Metastasen von HER2-positiven Tumoren spielt die Antikörpertherapie eine wichtige Rolle, eine systemische Chemotherapie dagegen ist bei Hirnmetastasen häufig unwirksam, da die Substanzen nicht ausreichend bis zu den Krebszellen vordringen (Phänomen der „Blut-Hirnschranke“). Bei über 2–3 cm großen Hirnmetastasen ist eine Operation zu überlegen, insbesondere, wenn diese günstig für eine Operation liegen, sodass Folgeschäden unwahrscheinlich sind. Bei kleinen oder ungünstig gelegenen Herden ist die Strahlentherapie die Therapie der Wahl.

Schonung gesunden Hirngewebes

Die Strahlentherapie verfügt bei Hirnmetastasen über ein breites therapeutisches Spektrum und ermöglicht oft eine maximale Schonung gesunden Hirngewebes. Die Therapie ist nicht-invasiv und daher sicherer für die Patienten als eine Operation. Der Einsatz erfolgt auch in Hirnarealen, die operativ nicht gefahrlos erreicht werden können, zudem ist die Therapie schmerz- und bei kleinen Herden praktisch nebenwirkungsfrei. Moderne Bestrahlungsverfahren sind bei Hirnmetastasen oftmals die effektivste Behandlung. Abhängig von der Zahl der

Hirnmetastasen stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Verfügung: die Radiochirurgie (auch stereotaktische Hochpräzisionsbestrahlung) und die Ganzhirnbestrahlung „mit Hippocampus-Schonung“.

Hochdosierte Bestrahlung

Die Radiochirurgie ermöglicht eine punktgenaue, hochdosierte Bestrahlung einzelner Metastasen. Bei der stereotaktischen Hochpräzisionsbestrahlung wird eine hohe Strahlendosis für eine kurze Behandlungsdauer von ca. 20 Minuten eingesetzt. Eine Studie zeigte die hohe Effektivität der stereotaktischen Radiochirurgie, sogar bei multiplen Hirnmetastasen bei Brustkrebspatientinnen. „Wir erreichen mit der Radiochirurgie eine lokale komplette Tumorkontrollrate von 50–70 %, bei maximaler Schonung von gesundem Hirngewebe“, erklärt Frau Prof. Grosu. „Bei neu auftretenden Metastasen kann die Behandlung auch wiederholt werden.“

Morphologische Hirnveränderung

Während bei einer kleineren Zahl lokalisierter Metastasen (4–5 Stück gilt meistens als Grenze) die alleinige Radiochirurgie durchgeführt wird, so wird bei einer höheren Zahl oder wenn erneut immer wieder Metastasen auftreten, eher die Ganzhirnbestrahlung empfohlen. Auch dabei ist die Zielset-

zung immer lokal-kurativ. Derzeit läuft die multizentrische NOA-14/ARO-2015-3/HIPPORAD-Studie, die von der Deutschen Krebshilfe finanziert wird. Es werden Patienten mit vier bis zehn Hirnmetastasen unterschiedlicher solider Tumore mit einer Hippocampus-schonenden Ganzhirnbestrahlung behandelt – mit zusätzlichem Boost (d. h. stereotaktische Dosiserhöhung) auf die Metastasen. Verglichen werden die kognitiven Leistungen und morphologischen Hirnveränderungen der Patienten gegenüber einer Behandlung mit Ganzhirnbestrahlung und Boost, jedoch ohne Hippocampus-schonung. „Wir erhoffen uns zwei Effekte“, so Prof. Anca Grosu, „nämlich eine noch höhere Bestrahlungseffektivität auf die Metastasen bei gleichzeitig weniger neurokognitiven Nebenwirkungen.“ „Insgesamt können Brustkrebspatientinnen mit Hirnmetastasen heute in einer früher ausweglosen Situation durch die moderne Strahlentherapie behandelt werden und gewinnen deutlich an Lebenszeit. In seltenen Fällen kann sogar eine Heilung erreicht werden. Durch die optimale Schonung gesunden Hirngewebes ist die Therapie nebenwirkungsarm“, fasst Prof. Dr. Wilfried Budach, Düsseldorf, Präsident der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie zusammen. ■■

Autor:
Dr. Bettina Albers
Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie, Berlin
www.degro.org

PTW NOMEX® Die glorreichen Sieben

NEU NOMEX® Multimeter: Sieben individuelle Modelle für jede Anwendung

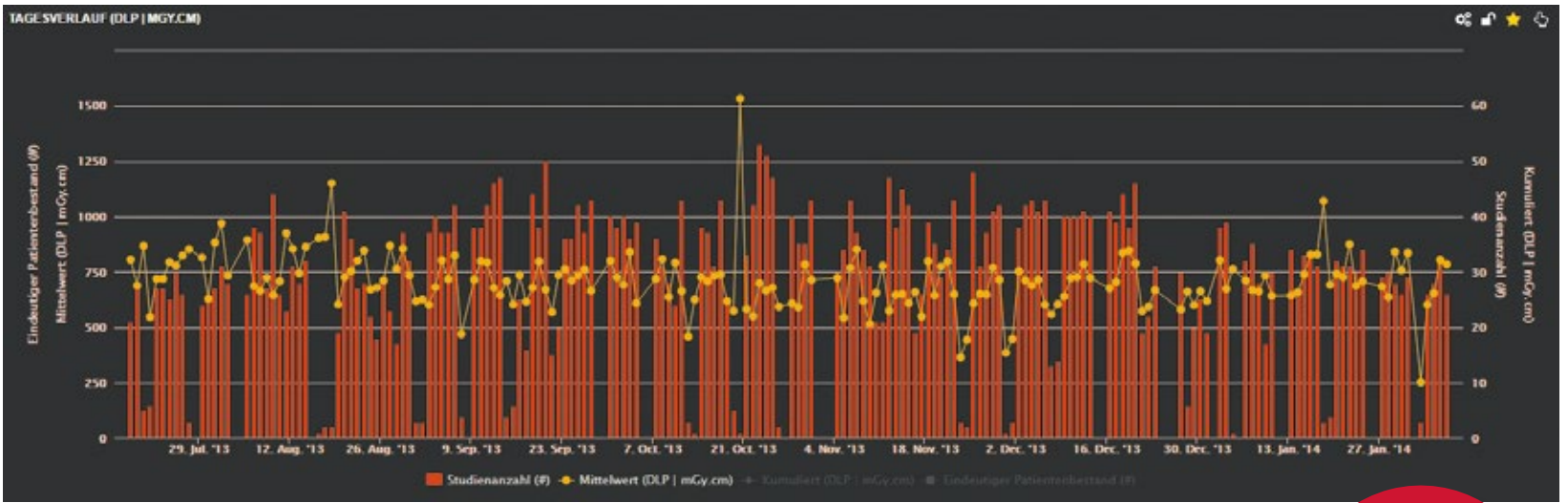


www.ptwnomex.com



Die modulare Lösung für die Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik.

PTW THE DOSIMETRY COMPANY



Die Überwachung der Strahlendosis ist für eine umfassende, systematische und effektive Senkung unumgänglich.



Smarte Helferlein

Optimale Dosis und strukturierte Befundung

Die EU-Richtlinie zum Strahlenschutz (2013/59/EURATOM) fordert u. a. eine lückenlose, patientenbezogene Erfassung aller Strahlendosen. Das geht nur mit einem umfassenden Dosismanagement, das zusätzlich zur Dokumentation die Ermittlung bzw. Abschätzung der Dosisparameter schon vor der Untersuchung gewährleistet.

Proaktiv und individuell

Mit DOSE von Agfa HealthCare können Radiologen alle relevanten Parameter in ihrer bildgebenden medizinischen Umgebung in Echtzeit überwachen. „Bereits vor der Untersuchung profitieren Anwender von proaktiven Benachrichtigungen und Sicherheitschecklisten. Unmittelbar nach der Untersuchung steht eine Dosisanalyse auf Patienten-, Anwen-

der-, Geräte- und Modalitätenebene mit besonderer Berücksichtigung der Ausreißer-Ergebnisse zur Verfügung – auch auf mobilen Endgeräten“, erläutert Marcus Muth, Produktmanager ORBIS RIS bei Agfa HealthCare. So kann eine detaillierte Workflowanalyse erstellt und der klinische Ablauf kontinuierlich verbessert werden. Das Besondere: DOSE ist anbieterneutral und protokollübergreifend, lässt sich also in Verbindung mit sämtlichen Modalitäten und jeglichen Informationsquellen nutzen. Der Anwender kann personalisierte Dashboards produzieren, die benutzer- und rollenspezifische Auswertungen darstellen. Zusätzlich können MR-Besonderheiten wie die spezifische Absorptionsrate (SAR), das Patientengewicht, nuklearmedizinische Details oder der Ultraschall-Workflow berücksichtigt werden. „Damit

Radiologen und MTRAs ein unmittelbares Feedback erhalten, gibt es eine Echtzeit-Darstellung, die alle wichtigen Informationen textuell und grafisch zusammenfasst. Hier werden für jede Studie die entsprechenden Daten sowie das Dosis-Histogramm auf einen Blick erfasst“, führt Muth aus. Zusätzlich listen Aktivitätsberichte die aktuellen Vorkommnisse auf.

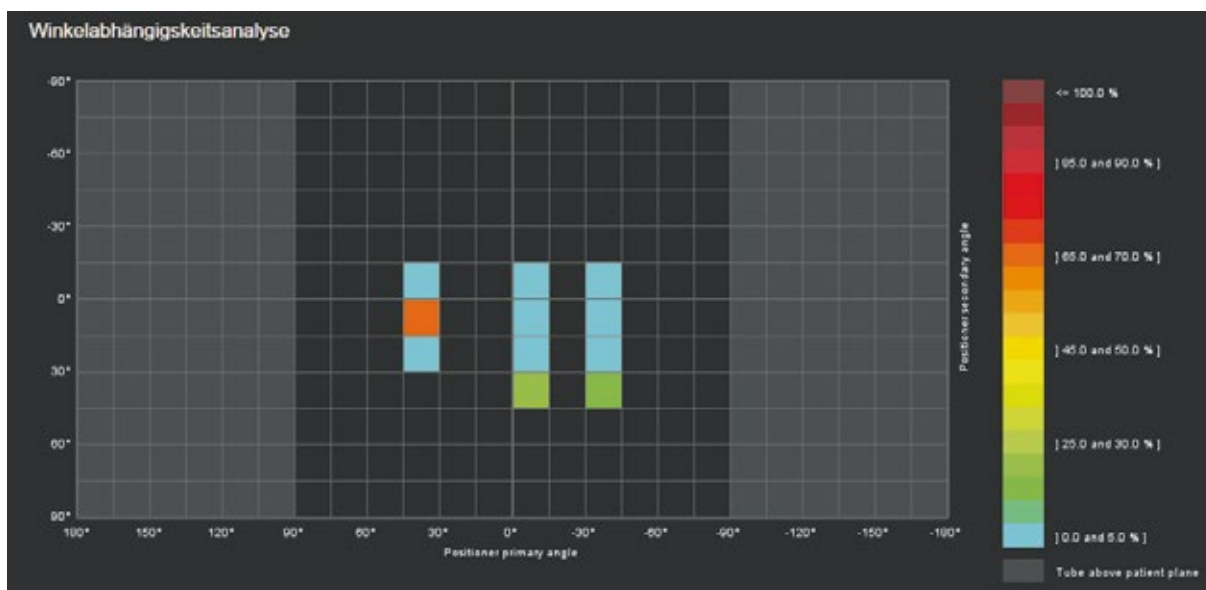
Schnell, sicher und strukturiert

Bisher wird ein medizinischer Befund fast ausschließlich im Freitext verfasst, was einige Probleme mit sich bringt. „Studien etwa zeigen, dass dies häufig zu unvollständigen Befunden führt, dass wichtige Kriterien gar nicht erwähnt werden und dass man von unterschiedlichen Radiologen ganz unterschiedliche Befunde bekommt.

Damit ist die Vergleichbarkeit von Befunden im Freitext extrem niedrig“, erläutert Muth. Mit der strukturierten Befundung steigt die Qualität der Befunde, sie sind vollständiger, von Überweisern leichter zu lesen und unabhängiger vom einzelnen Radiologen. Darüber hinaus nehmen die telefonischen Befundrückfragen deutlich ab, und die Befundung wird auch schneller. Agfa HealthCare pflegt eine Vertriebskooperation mit dem Münchner Start-up SMART Reporting und hat dessen Lösung nahtlos in ORBIS RIS integriert. „Damit gewährleisten wir einen reibungslosen Workflow, ohne dass der Radiologe sein gewohntes Arbeitsumfeld verlassen muss“, so Muth.

Nahtlose Integration

Smart Radiology verwendet Befundvorlagen, die im klinischen Alltag von Experten getestet wurden. „Die strukturierten Befundvorlagen und passgenaue Hintergrundinformationen werden direkt aus ORBIS RIS aufgerufen, fertige Befundtexte ebenso einfach wieder rückübermittelt“, beschreibt Muth den Ablauf. Der Radiologe bekommt in der Patientenliste im RIS die Möglichkeit angezeigt, Patienten direkt strukturiert zu befunden. Dann wird die Software aufgerufen, die automatisch die richtige Befundvorlage anzeigt. Danach erfolgt die Befundung. Infoboxen geben Zusatzinformationen wie etwa detaillierte Erläuterungen zur Klassifikation von Tumoren. Der fertige Befund wird dann im Patientenkontext in das RIS exportiert. Wichtig dafür ist eine wirklich nahtlose Integration.



Unmittelbar nach der Untersuchung steht eine Dosisanalyse mit besonderer Berücksichtigung der Ausreißer-Ergebnisse zur Verfügung.

www.agfahealthcare.de

Subspezialisierung und Zertifizierung

Qualitätsoffensive oder Wettbewerbsvorteilsnahme?

■ Zunehmende Spezialisierungen in der Radiologie führen zu einem Anwachsen von Zertifizierungen und Abschlüssen – um Eitelkeiten zu bedienen oder zum Patientenwohl?

Nach dem Ärzterecht besteht eine Verpflichtung zur lebenslangen Fortbildung bei Ärzten. Diese ist im Bereich der Kassenärztlichen Vereinigungen (KV) bereits seit Jahren verpflichtend und in den letzten Jahren auch in den Kliniken zunehmend obligat geworden. Die Fortbildungspflicht wurde von den Ärzten seit jeher gelebt, auch weil die gesetzliche Verpflichtung zu einer selbstverständlichen Notwendigkeit geworden ist. Dabei wurden oftmals Fortbildungen in speziellen Fachgebieten der einzelnen Facharztgruppen gewählt, womit der Subspezialisierung Platz geschaffen wurde. Nun hat aber die Vertiefung in den Fachgebieten zu einer nahezu unüberschaubaren Anzahl an Zertifikaten geführt, die für Ärzte anderer Fachgruppen, Krankenhausträger, Krankenkassen und vor allem auch für Patienten nicht mehr einzuordnen sind.



Prof. Dr. Dietmar Dinter

Differenzierungen hoch zwei – die neue Unübersichtlichkeit

Seit sicher einem Jahrzehnt ist es Usus geworden, nicht nur eine Weiterbildung zu einem Facharztstitel anzustreben (den früher noch geläufigen „Praktischen Arzt“ gibt es nicht mehr), sondern eine zusätzliche Weiterbildung bzw. Subspezialisierung bereits frühzeitig zu planen und zu suchen. So wurde in den Weiterbildungsordnungen dem Umstand Rechnung getragen, dass es den klassischen „Internisten“ oder „Chirurgen“ nicht mehr gibt. Mittlerweile hat sich der „Internist“ in den Facharzt „Innere Medizin“ jeweils mit den Fachärzten Endokrinologie



und Diabetologie, Rheumatologie, Angiologie, Kardiologie, Nephrologie, Pneumologie, Hämato-Onkologie sowie Gastroenterologie aufgefächert, in der Chirurgie gab es bereits seit vielen Jahren die Unterteilung in Unfall- und Allgemeinchirurgie. Mittlerweile gibt es neben dem FA für Allgemeinchirurgie den Gefäßchirurgen, Herzchirurgen, Kinderchirurgen, Orthopäden und Unfallchirurgen, Plastischen und Ästhetischen Chirurgen, Thoraxchirurgen und Viszeralchirurgen. Andererseits sind in Fächern mit nur einem „klassischen“ Facharzt wie z. B. dem Gebiet Kinder- und Jugendmedizin zum entsprechenden Facharztstitel mittlerweile vier Schwerpunkte hinzugekommen (Kinder-Hämatologie und -Onkologie; Kinder-Kardiologie; Neonatologie; Neuropädiatrie). Zusätzlich umfasst die neue Musterweiterbildungsordnung für Ärzte 57 Zusatzweiterbildungen, die mit unterschiedlichem Zeitaufwand und unter unterschiedlichen Zugangsvoraussetzungen erworben werden können, vom „Ärztlichen Qualitätsmanagement“ bis hin zur „Tropfenmedizin“.

Innovation in der Radiologie fordert Spezialisierung

In der Radiologie entwickelte sich der „Röntgenarzt“ zunächst aus klinischen Medizinerinnen, die als Internisten oder Chirurgen im Wesentlichen mit der

Durchführung von Röntgenuntersuchungen betraut wurden. Daraus wurde im weiteren Verlauf in den 80er Jahren der Radiologe, der die Fachgebiete Nuklearmedizin, Strahlentherapie und diagnostische sowie interventionelle Radiologie umfasste. Spätestens mit der Weiterbildungsordnung von 1992 erfolgte eine formale Aufteilung in die Fachgebiete Nuklearmedizin, Strahlentherapie und Diagnostische Radiologie, womit der zunehmenden divergierenden Entwicklung im Gesamtgebiet der Arbeit mit ionisierenden und nicht-ionisierenden Strahlen Rechnung getragen wurde. Auch in der Radiologie sind zwei Schwerpunkte aufgeführt – Kinder- und Neuroradiologie.

Unter der Schirmherrschaft der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) wurden bereits vor über 15 Jahren Arbeitsgemeinschaften (AG) eingeführt – nachdem sich die Deutsche Gesellschaft für Interventionelle Radiologie (DeGIR) mit einer langfristigen eigenen Facharztzertifizierung etwas aus der Spur bewegt hatte. Mittlerweile wurden dadurch in der DRG 14 AGs gegründet, von der AG Bildgebende Verfahren des Bewegungsapparates über die AG Informationstechnologie bis hin zur Interdisziplinären AG für Hybride Bildgebung. Durch die einzelnen AGs wurden dann wiederum – für deren Mitglieder – im Rahmen von Qualitätsoffensiven Zertifizierungen angeboten, um einen besonderen

Bezug der Mitglieder zu dem jeweiligen Subgebiet der bildgebenden Diagnostik zu demonstrieren. Dadurch sind nun in der muskuloskeletalen Diagnostik, in der Herz- und Gefäßdiagnostik, der Mammadiagnostik, der Uroradiologie und Urogenitaldiagnostik Zertifizierungen mit zumeist in Q1–Q3 unterteilte Level möglich, die dann wiederum als Voraussetzung zur Bildung eines zertifizierten Zentrums notwendig sind. Bei der DeGIR wurde ein Modulsystem implementiert, bei dem eine Aufteilung in eine Basis- und eine Spezialqualifizierung erfolgte und dann ein Modulsystem mit insgesamt sechs thematischen Modulen, die einzeln und/oder am Ende im Gesamten zertifiziert werden können. Zusätzlich oder alternativ zur generellen Zertifizierung innerhalb eines Teilgebietes der diagnostischen Radiologie ist es möglich, sich für eine einzelne Methode wie die multiparametrische MRT der Prostata (mpMRT der Prostata) oder auch die sonografische Mammadiagnostik eine Spezialkompetenz testieren zu lassen. Verwirrend?

Gesucht: Inhalte der Zertifizierungen

Hier beginnen die die Möglichkeiten der Zertifizierungen erst: Im Bereich der muskuloskeletalen Diagnostik hat sich seit ca. fünf Jahren eine alternative oder auch konkurrierende

Gesellschaft gegründet, die Deutsche Gesellschaft für Muskuloskelettale Radiologie (DGMSR), die ein zwar ähnliches, jedoch etwas anderes Konzept verfolgt: Es werden keine Q1-bis-Q3-Zertifikate vergeben, sondern Diplome, Experten- und Instruktorientestate mit der Möglichkeit der Zertifizierung von Zentren nach den Richtlinien der DGMSR. Was ist der Unterschied der beiden Gruppen, die sich doch mit den gleichen Strukturen – dem muskuloskelettalen System – beschäftigen? Zwar gibt es zur Zertifizierung bei der AG eine Übergangszeit (die lange als Facharzt tätigen Radiologen einen einfachen Erwerb ermöglichen), bei der DGMSR müssen alle Mitglieder „de novo“ zertifiziert werden, aber inhaltlich besteht eigentlich kein Unterschied. Dennoch kam es aufgrund politischer Umstände und Differenzen über die Umsetzung der Ziele und der Ansiedelung des muskuloskelettalen Schwerpunktes innerhalb der diagnostischen Radiologie zur Neugründung der DGMSR. Dass ein Bedarf für eine (Sub-)Spezialisierung besteht, kann man schon daran erkennen, dass die DGMSR seit ihrer Neugründung Ende 2014 immerhin schon 500 Mitglieder verzeichnet, nahezu ebenso viele wie in der AG der DRG, die schon (unter anderem Namen) seit ca. 2005 besteht. Als Mitglied in beiden Organisationen ist auffallend, dass sich durch die bestehende gewisse Kompetition der beiden Gesellschaften die Fortbildungsmöglichkeiten mit qualitativ hochwertigen Beiträgen von ausgewiesenen Experten in der muskuloskelettalen Diagnostik deutlich verbessert haben.

Die Subspezialisierung und Aufwertung von speziellen Entitäten durch die Definition von Schwerpunkten und Zusatzweiterbildungen ist sicherlich im Rahmen einer immer mehr in die Tiefe gehenden Patientenversorgung sinnvoll, zumal durch die zunehmende Vernetzung in Kombination mit der hohen Mobilität von Patienten auch der Zugang zu Therapien gerade bei seltenen Erkrankungen zugenommen hat.

Woran orientieren sich die Patienten?

Als Patient wünscht man sich speziell bei nicht so häufig vorkommenden Krankheitsbildern einen Arzt, der in seinem Fachgebiet mit seiner Subspezialisierung einen Vergleich zu ähnlich gelagerten Fällen anstellen und eine kompetente Einschätzung der Erkrankung inklusive einer aktuellen Therapieempfehlung geben kann. Andererseits ist es insbesondere bei der Unmenge an Zertifikaten, die auch von unterschiedlichsten Anbietern ausgestellt werden, für den Patienten nahezu unmöglich und auch für überweisende Ärzte nicht einfach zu überblicken, welches Zertifikat nun welchen Stellenwert aufweist. Geht man als Patient zur Implantation einer Hüftgelenksendoprothese dann eher zu einem nach EndoCert zertifizierten Endoprothetikzentrum oder sucht man sich ein Krankenhaus, welches ein nach TÜV zertifiziertes Qualitätsmanagement aufweist, oder eine Klinik, welche zu den „Top-Adressen“ nach Meinung einer deutschen Illustrierten gehört, verlässt man sich auf die Meinung in Bewertungsportalen

oder am Ende gar nur auf die Meinung von Freunden, Bekannten oder vielleicht sogar seinen Hausarzt oder Orthopäden? Insbesondere durch die zunehmende Anwendung von Möglichkeiten zur Suchmaschinenoptimierung (SEO) ist nicht immer gewährleistet, dass der erste Treffer bei einer Internetsuchmaschine oder bei Arztbewertungsportalen automatisch auch zum besten Anbieter führt.

Zertifikate: Nice-to-have oder Must-have?

Eine weitere Problematik bei Zertifikaten besteht in der daraus resultierenden Konsequenz – für den einzelnen Arzt, die Abteilung, Praxis oder das gesamte Krankenhaus. Die Zertifikate z.B. in der Radiologie sind – egal von welcher AG oder Gesellschaft ausgestellt – bislang weder von den Landesärztekammern vorgeschrieben, auch werden von den kassenärztlichen Vereinigungen keine Sanktionen pekuniärer Art ausgesprochen, wenn sie nicht vorliegen. Gerade im Bereich der KV ist es wahrscheinlich, dass eine direkte Kopplung von Zertifikaten an die Leistungserbringung und Bezahlung der zertifizierten Leistung aufgrund der Besitzstandswahrung mit nachfolgenden gerichtlichen Auseinandersetzungen nicht einfach gefordert werden kann. Bei einer freiwilligen Zertifizierung kann einem das Zertifikat bei Nichteinhaltung der Spielregeln (zu geringe Fallzahl, fehlende laufende Fort- und Weiterbildung, Ausscheiden des Zertifizierten aus der Abteilung etc.) durch die ausstellende Organisation natürlich entzogen werden, aber bis-

lang wurde eine direkte Kopplung an die Vergütungsstrukturen vermieden – im Gegensatz zur generellen Fortbildungspflicht im niedergelassenen Bereich, die per Verordnung entsprechend geregelt ist und bei Nichteinhaltung zu finanziellen Sanktionen führt.

Fazit – ein Markt darf sich konsolidieren

Ist also eine zunehmende Zertifizierung nur dem Zeitgeist geschuldet? Lläuft man den Zertifikaten nur deshalb hinterher, weil es die anderen auch machen, um sich in Praxis oder Klinik die Wände mit den gerahmten Urkunden vollzupflastern? Teilweise vermutlich schon, allerdings demonstriert der Zertifizierungswille des Einzelnen und der Abteilungen auch gegenüber den Patienten offensichtlich das Interesse, sich zum Patientenwohl fort- und weiterzubilden – mit dem gewünschten Nebeneffekt, dass dadurch eine Abgrenzung zu und Aufwertung gegenüber Marktbegleitern entsteht, was sich wiederum in höheren Patientenzahlen niederschlagen kann und wird. Am Ende werden sich Zertifikate als Qualitätskriterium für Praxen, Abteilungen und Krankenhäuser durchsetzen. Die Frage wird nur sein, welche genau in den jeweiligen Fachgebieten sich durchsetzen werden und wie diese in Vergütungsstrukturen eingebettet sein werden – als Sanktionierung oder als Belohnung.

☐☐

Autor:
Prof. Dr. Dietmar Dinter
Radiologie Schwetzingen
www.radiologie-schwetzingen.de

MR 2019 Compact



©Frank Krautschick – stock.adobe.com

☐☐ Der Kongress MR 2019 Compact findet vom 27. bis 29. Juni 2019 unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. Michael Uder und Prof. Dr. Rolf Janka in der Konzert- und Kongresshalle Bamberg statt. Diese Veranstaltung jährt sich nun schon zum 21. Mal und wird einen Überblick

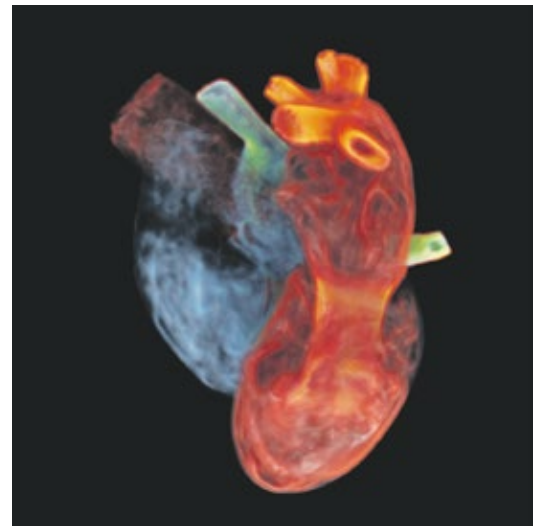
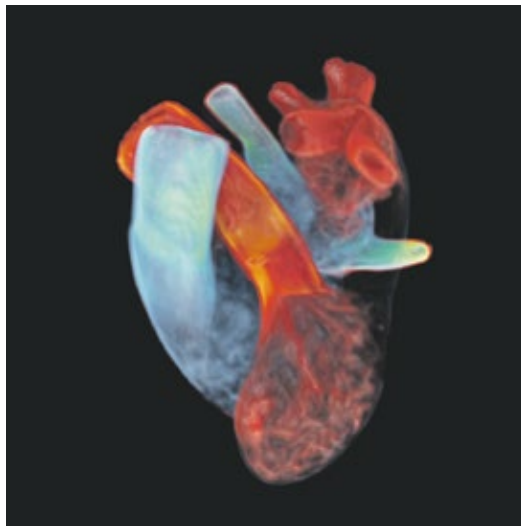
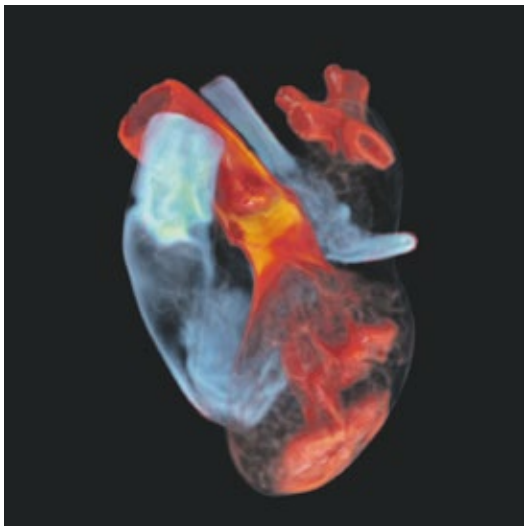
über die sich rasch entwickelnde MR-Tomografie geben und bei der Integration neuer Techniken in die tägliche Routine helfen. Inhaltlich werden die Grundlagen, neue Entwicklungen in der MR-Tomografie und die aktuellen Untersuchungsstrategien („how to do“) für die gängigen Indikationen

vermittelt. Die Fortbildungsveranstaltung wendet sich an Radiologen sowie fortgeschrittenes technisches Assistenzpersonal und eignet sich hervorragend zur Vorbereitung auf die radiologische Facharztprüfung. Auch für das diesjährige Symposium ist es der Tagungsleitung wieder gelungen, nam-

hafte Referentinnen und Referenten zu gewinnen, die es verstehen, die zum Teil komplizierte Materie verständlich aufzuarbeiten und zu vermitteln. Das bewährte Konzept aus physikalischen Grundlagen und klinischen Anwendungen mit Raum für Fragen und Diskussionen, und das alles in einem ansprechenden Ambiente, wird auch in diesem Jahr beibehalten. Mehr Informationen zum Kongress, das wissenschaftliche Programm sowie die Möglichkeit zur Anmeldung finden Sie auf der Kongress-Homepage. ☐☐

Termin:

MR 2019 Compact
27.– 29. Juni, Kongresshalle Bamberg
www.radiologie-compact.de



Basierend auf MR-Aufnahmen und EKG-Messungen gleichen digitale Zwillinge in ihren physiologischen Eigenschaften dem Herzen des realen Patienten. Das Modell ermöglicht eine Planung, die die Reaktionen auf eine Behandlung vor einem Eingriff zeigt. Foto: Siemens Healthineers

Vom Herz zum ganzen Körper

Der digitale Zwilling in der Medizintechnik

■ Digitale Zwillinge sind in vielen Branchen seit längerer Zeit im Einsatz. Sie helfen dort, Abläufe in der Fertigung, Arbeitsprozesse und den Maschinenbau zu optimieren. Siemens Healthineers wendet das Konzept der digitalen Abbilder auf menschliche Organe und Arbeitsabläufe in der Medizin an. Dabei stellt die Optimierung von Krankenhausprozessen nur eine innovative Einsatzmöglichkeit von digitalen Zwillingen dar. Prozesse werden analysiert, Kosten- und Qualitätsparameter untersucht und schlussendlich mit den gewonnenen Erkenntnissen optimiert. Die Simulation von Organen hingegen, benötigt ein KI-basiertes bio-physiologisches Modell. Diese Modelle erfordern enorme Rechenleistung, die erst seit Kurzem breit verfügbar ist. Nach ersten Forschungsprojekten zur Simulation des menschlichen Herzens folgt nun Schritt für Schritt die Virtualisierung anderer Organe auf dem Weg zur Vision eines vollständigen digitalen Zwillings von gesamten Menschen.

Der digitale Zwilling

Der digitale Zwilling ist eine Technologie, die die realen mit der digitalen Welt verbindet. Sie basiert auf einer Technik, die mithilfe von KI gesammelte Daten in konkrete Maßnahmen übersetzen kann. In einem ersten Schritt werden künstliche neuronale Netzwerke anhand von Millionen Datensätzen trainiert. In einem zweiten Schritt werden diese neuronalen Netze verwendet, um einzelne Daten in ein gesamtheitliches physiologisches Modell zu kombinieren. Dies könnte

z.B. verwendet werden, um maßgeschneiderte Behandlungen vor der konkreten Umsetzung zu erproben und damit die Präzisionsmedizin ausbauen. Digitale Zwillinge spiegeln die Realität und könnten auf Probleme hinweisen, die sonst unerkannt bleiben würden. Sie stellen den nächsten Schritt zum Ziel einer „optimalen Behandlung zum optimalen Zeitpunkt“ dar. Digitale Zwillinge in der Patientenbehandlung unterscheiden sich von der Herangehensweise anderer Branchen, da sie stark auf Daten aus der Labordiagnostik und Bildgebung angewiesen sind, im Gegensatz zu z.B. einem Grundriss einer Fabrik. Digitale Zwillinge und die Digitalisierung des Gesundheitswesens insgesamt bringen die Präzisionsmedizin voran, gestalten die Gesundheitsversorgung neu und verbessern die Patientenerfahrung.

Digitaler Zwilling von Organen

Das Herz wurde als erstes Organ auf diese Weise präzise nachgebildet. Basierend auf MR-Aufnahmen und EKG-Messungen gleichen die Abbilder in ihren physiologischen Eigenschaften dem Herzen des realen Patienten. Das Modell ermöglicht eine digitale Planung, die Reaktionen des Organs auf die Behandlung noch vor einem Eingriff zeigt. Siemens Healthineers entwickelt intelligente Algorithmen, die aus den enormen Datenmengen digitale Organabbilder erzeugen. In einem Forschungsprojekt an der Universität Heidelberg erproben Kardiologen diese Algorithmen für die Resynchronisation des Herzens. Die kardiale Resynchronisationstherapie ist eine Behandlungs-

möglichkeit für Patienten mit chronischer Herzpumpschwäche. Sie benötigt mindestens zwei Kabel am Herzen (für die rechte und linke Herzhauptkammer) und einen Impulsgeber. Die Heidelberger Kardiologen erstellen vom Herzen des Patienten einen digitalen Zwilling, an dem sie virtuelle Elektroden ansetzen und den Impuls simulieren. Harmonisiert sich das asynchrone Pumpen am virtuellen Herzen, ist das ein Hinweis darauf, dass die Resynchronisationstherapie auch am realen Patienten erfolgreich sein könnte. Dies ist ein gutes Beispiel für den Einsatz der Digitalisierung und künstlicher Intelligenz, der Ärzte dabei unterstützt genauere Vorhersagen zu treffen. Die Simulation am Computer und das Durchspielen mehrerer Szenarien verbessern nicht nur die Behandlung, sondern eröffnen das Potential enormer Zeitersparnis.

Digitale Zwillinge des Körpers

Digitale Zwillinge anderer Organe sind bereits in der Entwicklung. Siemens Healthineers verfolgt dabei eine ambitionierte Vision: Eines Tages sollen digitale Zwillinge des gesamten Körpers von einzelnen Patienten zur Verfügung stehen. Diese Avatare sollen mehr sein als raffinierte anatomische Modelle. Sie könnten neben klinischen Informationen eines Patienten auch Zell-, Molekül- und genetische Informationen enthalten. Wenn die Konstitution eines Patienten schon im Voraus bekannt ist, könnten Ärzte entscheiden, ob ein bestimmtes Medikament aller Voraussicht nach hilft und wie es zu dosieren ist. Die letzte Stufe

der Vision ist es, gesundheitliche Probleme zu identifizieren, noch bevor sie klinisch erkennbar werden. Daten, die im Verlauf des Lebens des Patienten gesammelt werden, könnten Einblicke in den Alterungsprozess und den Gesundheitszustand liefern. Zusammen mit künstlicher Intelligenz könnte der digitale Zwilling andere Risiken durch die ganzheitliche Betrachtung des Patienten erkennen und hervorheben. Dabei wird die Technologie hinter dem digitalen Zwilling durch neu gesammelte Daten ständig aktualisiert, was die Algorithmen durch konstante Evaluierung immer präziser macht. Die gewonnenen Erkenntnisse könnten für die Patienten besonders hilfreich sein und ermöglichen eine Beratung und Begleitung, die zukünftige Krankheiten verhindern könnte. Digitale Zwillinge können das Gesundheitswesen umfangreich unterstützen, und Siemens Healthineers setzt sein umfangreiches Wissen auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz in mehreren Projekten ein. ■■

Siemens Healthineers, Erlangen
www.siemens-healthineers.de

M&K Newsletter



Jetzt registrieren!

www.management-krankenhaus.de

Fusionsbiopsie der Prostata

Gezielte Gewebeproben aus tumorsuspekten Bereichen

■ Die Magnetresonanztomografie/ Ultraschall-fusionierte Biopsie (MRT/US-Fusionsbiopsie) ist ein Verfahren, das in der Diagnostik und Therapie des Prostatakarzinoms zum Einsatz kommt. Mithilfe der Fusionstechnik werden gezielt Gewebeproben aus tumorsuspekten Bereichen der Prostata entnommen. Um dies zu ermöglichen, wurden verdächtige Bereiche mittels einer multiparametrischen (mp) MRT zuvor auf Basis eines internationalen Standards (PI-RADS) diagnostiziert und klassifiziert. In der Regel wird für eine Index-Läsion bzw. ihr Erscheinungsbild ein Gesamtscore gebildet, der die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines klinisch signifikanten Karzinoms angibt. Dennoch ist das Prostatakarzinom als multifokal zu beschreiben, d.h., es gibt meist mehrere Herde in der Drüse, die aber nicht alle unbedingt therapie relevant sind und auch nicht alle von der MRT erkannt werden. Die mpMRT identifiziert jedoch in den meisten Fällen eine Index-Läsion, welche in einem Großteil der Fälle ein klinisch signifikantes bzw. therapiewürdiges Prostatakarzinom bestätigt.

Die Fusionsbiopsie wird seit 2013 an der Charité standardmäßig durchgeführt und stetig im Rahmen von Studien ausgewertet und verbessert. Seit Einführung der Technik sind inzwischen über 2.000 Patienten an der Charité mittels Fusionsbiopsie biopsiert worden. Während des Eingriffs nutzt die behandelnde Ärztin oder der behandelnde Arzt die angefertigten mpMRT-Aufnahmen als permanent verfügbare Hintergrundinformation, um bei der live durchgeführten Ultraschall-Visualisierung präzise auf den definierten Bereich zu navigieren. Hierbei wird auch häufig der Begriff von Target-Biopsie verwendet, da zielgerichtet der verdächtige Bereich angesteuert und schließlich biopsiert wird.

Die systematische bzw. randomisierte Biopsie, wo ungezielt ca. 10–12 Proben nach einer definierten Schablone aus der Prostata entnommen werden, ist jedoch weiterhin gemäß der deutschen und europäischen urologischen Leitlinie in Kombination mit der Fusionsbiopsie empfohlen. Denn in einer nicht unerheblichen Anzahl übersieht die mpMRT Prostatakarzinome, welche so in einem gewissen Teil mit abgedeckt werden können.

Im Gegensatz zur nicht zielgerichteten Prostatabiopsie, kommt die Fusionsbiopsie dem Anspruch indivi-



Prof. Dr. Thomas Fischer

dualisierter Medizin ein Stück näher. Auch die in der Literatur beschriebenen Karzinom-Detektionsraten ließen sich im Vergleich zur herkömmlichen Biopsietechnik erhöhen. Ferner konnte auch die Detektion von nicht therapiewürdigen Karzinomen verringert und so die Übertherapie von niedrig



Dr. Markus Lerchbaumer

Risiko Prostatakarzinomen verhindert werden.

Patienten mit erhöhten PSA-Werten

Im Rahmen einer Studie an der Charité wurden Patienten mit erhöhten PSA-



Dr. Andreas Maxeiner

Werten und fehlendem Tumornachweis in bislang konventionell durchgeführten Biopsien mittels mpMRT untersucht und schließlich einer Fusionsbiopsie unterzogen. Bei 46 von 169 Patienten wurde daraufhin ein klinisch signifikanter Tumor gefunden, 31 der 46 Befunde (67%) konnten überhaupt

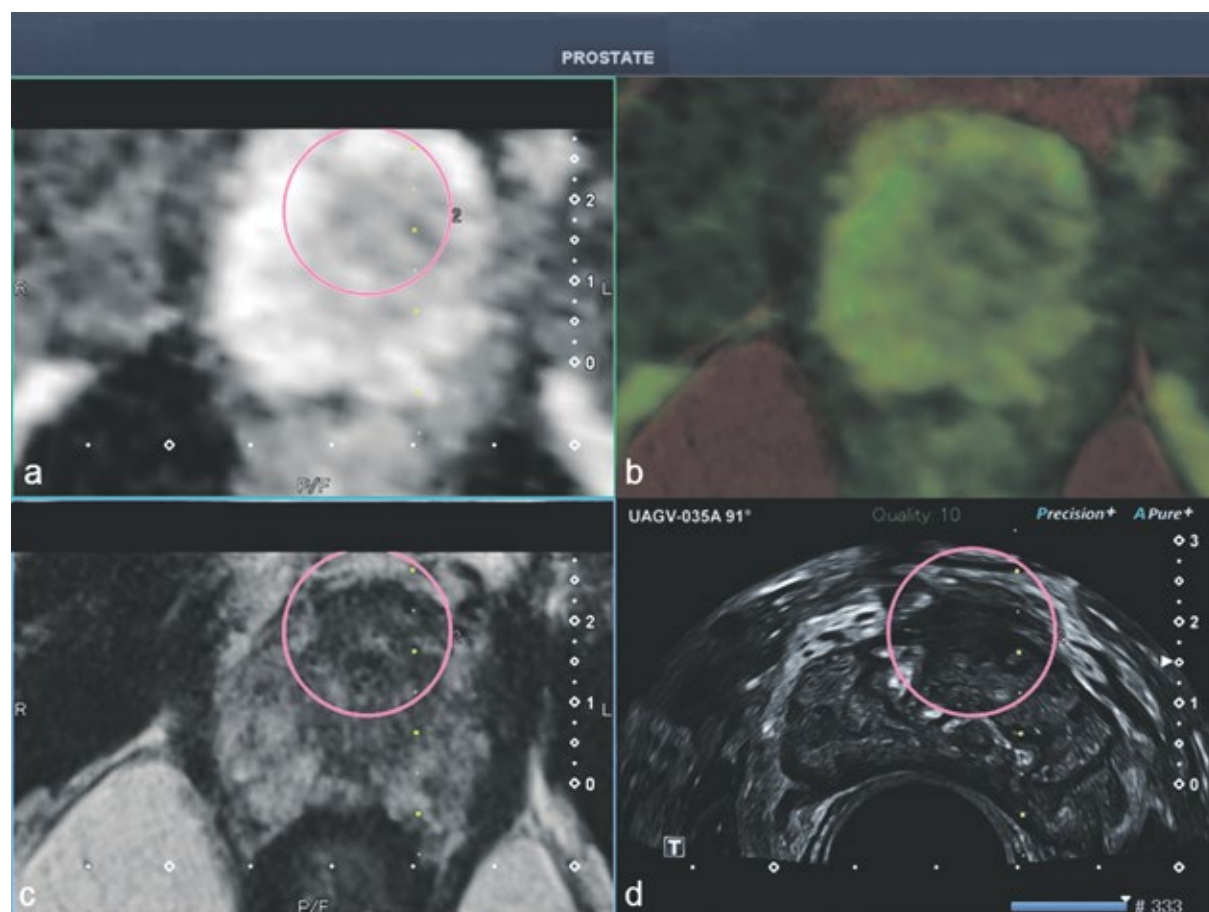


Abb. 1: Volumenbasierte MRT/US-Bildfusion und Darstellung im sog. Quad-View eines 60-jährigen Patienten mit PIRADS-5-Läsion in der ventralen Transitionalzone. PSA-Wert vor Biopsie 5 ng/ml. Das suspekte Areal wird mittels einer ROI (region of interest, pinkfarbener Kreis) in der MRT markiert und automatisch in das US-Bild übernommen.

- Diffusionsgewichtete Sequenz (ADC Map) mit Signalabfall im ventral lokalisierten Tumorareal.
- Vollautomatische Überlagerung von T2-gewichteter Sequenz und ADC-Map, um Abweichungen zu erkennen.
- T2-gewichtete Sequenz in axialer Schichtführung mit ventral hypointensem Herd (rosa ROI).
- Aufsuchen der gleichen Schichtposition im US-Bild mit ventral echoarmen und mittels ROI markierten Tumorareales und punktierter grüner Linie als virtueller Verlauf der Biopsienadel.

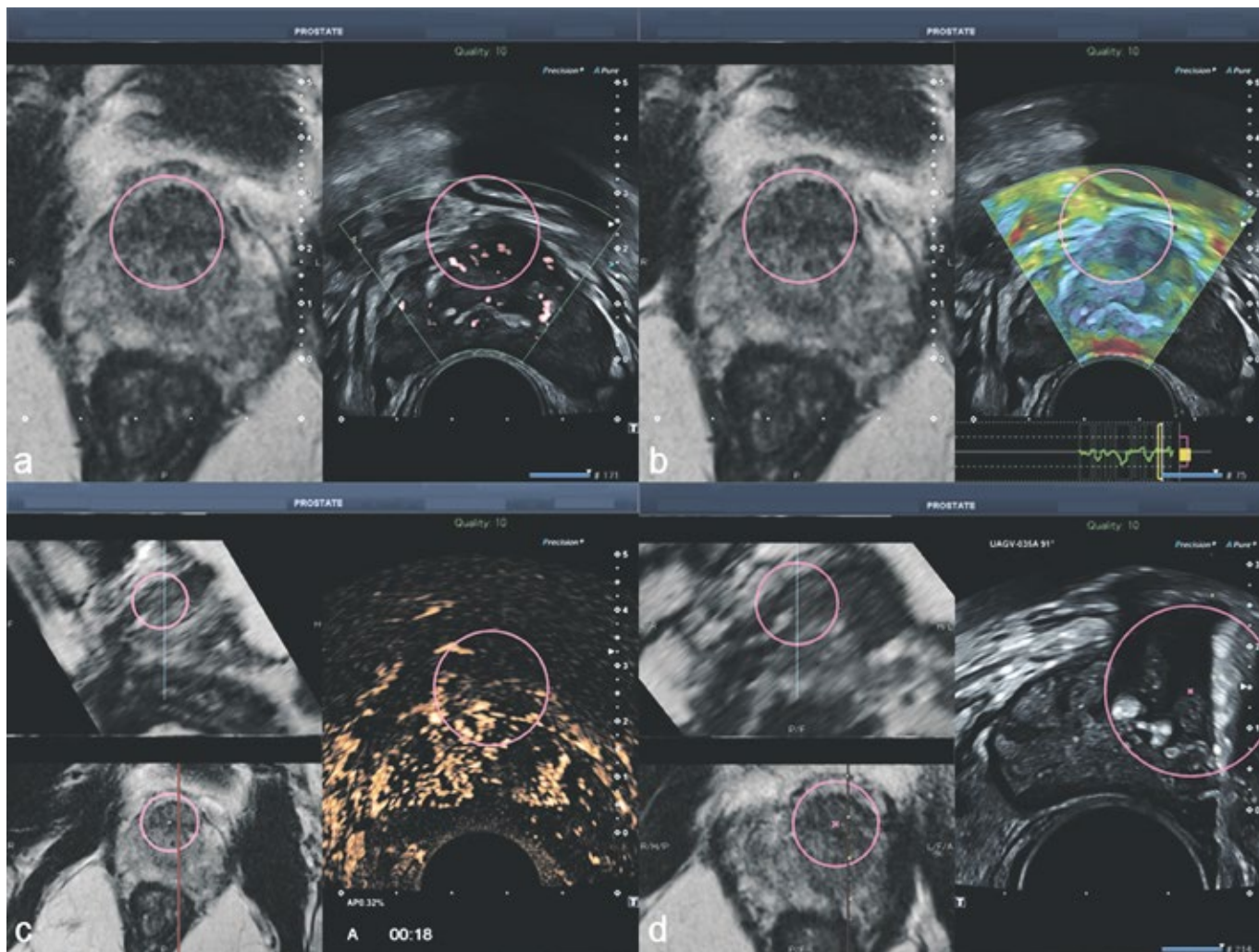


Abb. 2: Multiparametrischer Ultraschall in MRT/US-Bildfusion des gleichen Patienten.

- Hochsensitives Dopplerverfahren (SMI) zur Darstellung kleinster, tumorversorgender Gefäße
- Farbkodierte 2-D-Scherwellenelastografie: Das Tumorareal kommt blau zur Darstellung, der Befund ist somit härter in der Elastografie als das umliegende Prostatagewebe.
- Kontrastmittelsonografie: Kein Nachweis einer verstärkten Durchblutung des Tumorareales im Vergleich zur zentralen Zone, der Herd ist somit als nicht aggressiv einzustufen. Anflutzeit des Tumors aber schneller als in der peripheren Zone, welche noch keine Kontrastierung zeigt.
- Gezielte Fusionsbiopsie aus dem mittels ROI markierten Areal und direkter Korrelation zum Herdbefund in der MRT als axiale und sagittale Rekonstruktion. Es ergab sich ein Karzinombefund in 6 von 12 Entnahmepositionen (Gleason 3+3=6). Der Patient hatte bereits zwei negative Vorbiopsien.

nur durch das Fusionsverfahren detektiert werden. Durch den kombinierten Einsatz mit der Standardbiopsie konnten auch die weiteren Karzinome diagnostiziert werden. Diese Studie bestätigte nicht nur die in der Literatur beschriebenen Detektionsraten der Fusionsbiopsie, sondern insbesondere auch den höheren Anteil an klinisch relevanten Tumoren. Ferner kann damit auch langfristig eine deutliche Reduktion von Biopsie-Sitzungen erreicht werden und ggf. auch früher eine adäquate Therapie für den Patienten eingeleitet werden.

Gemeinsames Zentrum eingerichtet

An der Charité wurde eigens ein gemeinsames Zentrum eingerichtet, wo Urologen und Radiologen gemeinsam Patienten beraten und behandeln. Urologisch erfolgte zunächst die Evaluation aufgrund vorliegender PSA-Werte und auf Basis der Befunde aus der MRT-Bildgebung die Indikation für eine Biopsie. Ferner werden Zugangswege (perineal/transrektal) und Risiken der Biopsie mit dem Patienten ausführlich besprochen. Radiologisch gilt

es insbesondere während der Biopsie, die Zielläsion so genau wie möglich darzustellen, um eine exakte Biopsie und schließlich auch den Treffer zu garantieren. Ferner kommen während der Fusion moderne Ultraschalltechniken zur genaueren Differenzierung des Karzinoms zum Einsatz, die ein hohes Maß an radiologischer Erfahrung fordern. Der kontrastmittelverstärkte Ultraschall (CEUS) kann eine hohe Vaskularisationstendenz von Tumoren bestimmen; mittels Elastografie oder Tissue Doppler Imaging kann eine Abschätzung der Steifigkeit von Tumoren erfolgen; mithilfe eines neuen hochsensitiven Dopplerverfahrens (SMI – Superb MicroVascular Imaging) kann eine höhere Empfindlichkeit für den Blutfluss in Tumoren dargestellt werden. Ferner konnte auch die klassische B-Bildqualität während der Fusion mit Frequenzen von 11 MHz in Echtzeit signifikant verbessert werden.

Neben der verbesserten Darstellung von Tumoren unter der Fusion konnte auch in einer weiteren Studie der uro-radiologischen Arbeitsgruppe das Potential des kontrastmittelverstärkten Ultraschalls insbesondere bei aggressiven Tumoren aufgezeigt werden. Die

Analyse einzelner Quantifikationsparameter dieses Verfahrens zeigte sowohl die Möglichkeit einer Detektion von Prostatakarzinomen als auch der Diskriminierung zwischen klinisch signifikanten und nicht signifikanten Prostatakarzinomen. Dieses Kooperationszentrum unter dem Namen Uro-Radiologie der Charité führt so wöchentlich am Standort Charité Campus Mitte bis zu 15 Fusionsbiopsien durch.

Individuelle Beratung und Planung

Jeder Patient bekommt binnen einer Woche ein Auswertungsgespräch. Sollte sich ein Prostatakarzinom in der Biopsie-Auswertung zeigen, kann der Patient sofort bzgl. der nächsten therapeutischen Schritte beraten werden. Nicht jedes Karzinom muss therapiert werden, und eine Empfehlung basiert auf verschiedenen Kriterien (Biopsie Befund, PSA, bildmorphologische Ausbreitung). Sollte sich z.B. ein Prostatakarzinom zeigen, welches sich für die aktive Überwachung qualifiziert, so finden in definierten Abständen PSA-Kontrollen und ggf. Kontrollbiopsien nach erneuter mpMRT-Bildgebung

statt. Dies findet stets interdisziplinär statt und der Patient bekommt so eine individuell zugeschnittene Beratung und Planung. Da es auch die Möglichkeit einer sogenannten fokalen Therapie des Prostatakarzinoms gibt, die von beiden Disziplinen durchgeführt wird, eignet sich die Fusionsbiopsie auch als therapeutische Planung hervorragend für diese Option.

Die Kombination der hohen diagnostischen Genauigkeit der mpMRT der Prostata mit der Dynamik des Ultraschalls kann durch ein softwarebasiertes MRT/US-Fusions-System realisiert werden. Der hohe technische Aufwand als auch die Expertise zweier Disziplinen zeigt die Notwendigkeit und den großen Vorteil interdisziplinärer Zusammenarbeit in einem Zentrum für Uro-Radiologie und garantiert so das höchstmögliche Maß an Qualität für den Patienten. ■■

Autoren:

Prof. Dr. Thomas Fischer,
Dr. Markus Lerchbaumer, Klinik für Radiologie
und Dr. Andreas Maxeiner, Klinik für Urologie,
Charité- Universitätsmedizin Berlin
<https://ultraschall.charite.de>
<http://radiologie.charite.de>
www.charite.de

Studie freigegeben

Einsatz von Präzisionsbestrahlung bei Prostatakrebs

■ Bei jedem 10. Mann über 50 wird in Deutschland ein Prostatakarzinom diagnostiziert. Die Rekrutierung zur HYPOSTAT-Studie konnte erfolgreich beendet werden. Die von den Universitätskliniken Schleswig-Holstein (UKSH) und Frankfurt (KGU) sowie den Saphir Radiochirurgie Zentren und dem europäischen CyberKnife Zentrum München-Großhadern durchgeführte HYPOSTAT-Studie zu diesem Thema konnte Anfang Dezember 2018 die Rekrutierung der geplanten 85 Patienten erfolgreich abschließen. Die HYPOSTAT-Studie befasste sich als bisher einzige Studie in Deutschland mit einer neuen Form der kurzzeitigen hochdosierten Radiochirurgie mithilfe eines robotergestützten Linearbeschleunigers für die Behandlung von Prostatakarzinomen, dem „CyberKnife“.

Im Rahmen der HYPOSTAT-Studie wird die Prostata mit dem CyberKnife mit besonderer Präzision bestrahlt und die Gesamtzahl der Einzelbestrahlungen auf fünf Sitzungen innerhalb ein bis zwei Wochen reduziert. Dabei ist die extrem hypofraktionierte Radiochi-



Prof. Dr. Jürgen Dunst ist HYPOSTAT-Studienleiter.

Foto: UKSH

Annahmen beruhen auch auf den guten Ergebnissen der Hochdosis-Brachytherapie aus dem UKSH, Campus Kiel, seit den 1990er Jahren. Anfang 2019 wurden nun Langzeitdaten zur CyberKnife-Radiochirurgie aus den USA mit über 2.000 Patienten publiziert. Die 7-Jahres-Prostatakrebs-Kontrolle lag bei 85–95% je nach Risikoeinteilung bei deutlich unter 1% akuten und deutlich unter 3% langzeitigen

krebs ein fester Bestandteil der amerikanischen Leitlinien ist, und auch in Deutschland wurde in der S3-Leitlinie für die Behandlung von Prostata-tumoren die Erprobung der Radiochirurgie in klinischen Studien ausdrücklich empfohlen.

Einfluss auf die Leitlinien erwartet

Neben den guten Ergebnissen aus den USA wurde kürzlich auch die Rekrutierung für den ersten Arm der PACE-Studie aus England beendet, die randomisiert Radiochirurgie mit konventionell fraktionierter Strahlentherapie und in einem anderen Studienarm sogar mit Operationen direkt vergleicht. „Wir erwarten mit Spannung die Ergebnisse von über 850 behandelten Patienten in dieser Studie, die mit großer Wahrscheinlichkeit einen signifikanten Einfluss auf die Leitlinien haben wird“, sagt Prof. Dr. Jürgen Dunst, Direktor der Klinik für Strahlentherapie am UKSH und der Medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU) und

HYPOSTAT-Studienleiter. „Wir stehen in Deutschland leider erst am Anfang, aber wir können berichten, dass in unserer ersten Studie alle Patienten sehr zufrieden waren. Die Nebenwirkungen sind erwartungsgemäß gering ausgefallen, bei gleichzeitigem guten Ansprechen auf die Tumorerkrankung“, so Prof. Dunst in Einklang mit Prof. Dr. Alexander Muacevic vom europäischen CyberKnife Zentrum München-Großhadern, Co-Studienleiter für die Nachfolgestudie.

Erste Ergebnisse der HYPOSTAT-I-Studie sind Ende 2019 zu erwarten, da jeder Patient in der Studie eine Mindestnachsorgezeit von zwölf Monaten erreichen muss. Parallel zur Auswertung der HYPOSTAT-I-Studie wurde eine größere Studie, die nun auch die Langzeitwirkung der Radiochirurgie für Prostata-Tumore in Deutschland untersuchen soll, gestartet. Da diese Studie vom Konzept und Behandlung identisch mit der ersten Studie ist, wurde diese HYPOSTAT-II getauft, und 500 Patienten sollen eingeschlossen werden. „Die Studie wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz und von der führenden Ethikkommission in Kiel freigegeben und am 05.03.2019 offiziell in Kiel gestartet, sodass wir eine nahezu nahtlose Weiterführung für die Radiochirurgie für Prostata-Tumore in Deutschland gewährleisten konnten“, sagt Dr. Oliver Blanck, Studienkoordination der beiden HYPOSTAT-Studien. „Zudem starten wir nun die Studie mit fünf Radiochirurgie-Zentren in Kiel/Güstrow, Frankfurt, München, Berlin und Köln gleichzeitig, um so die Prostata-Radiochirurgie in Deutschland flächendeckend und langfristig zu evaluieren“, so Dr. Blanck weiter. ■■

Autor:

Oliver Grieve,
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein
www.uksh.de



Im Rahmen der HYPOSTAT-Studie wird die Prostata mit dem CyberKnife mit besonderer Präzision

urgie beim Prostatakrebs kein neues Behandlungskonzept. Bereits seit über 15 Jahren wird in den USA aktiv diese Behandlungstechnik geprüft, die auf der Annahme basiert, dass eine hochdosierte kurzzeitige Strahlentherapie für die Prostata biologisch vorteilhafter ist als eine konventionelle fraktionierte Strahlentherapie. Diese

klinisch relevanten Nebenwirkungen. Hier scheint sich nun der biologische Vorteil der Radiochirurgie im Verhältnis zu vielen anderen konventionellen Bestrahlungstechniken zu bewahrheiten. Die Daten aus den USA haben jetzt dazu geführt, dass die hypofraktionierte Radiochirurgie beim Prostata-

WILEY



Seien Sie dabei in der **M&K kompakt**

Labor & Diagnostik

in M&K 09/2019 zur **DGKL Jahrestagung** vom **25.09.-27.09. 2019**

in **Magdeburg**

M&K kompakt: 32.000 Exemplare als Sonderheft / Vollbeilage

Ihre Mediaberatung
Manfred Böhler +49 6201 606 705 manfred.boehler@wiley.com
Dr. Michael Leising +49 3603 8942800 leising@leising-marketing.de

Termine
Erscheinungstag: 11.09.2019
Anzeigenschluss: 09.08.2019
Redaktionsschluss: 12.07.2019

www.management-krankenhaus.de

© gettyimages.com

Endovaskuläre Behandlung von inzidentellen Aneurysmen

Setzt sich ein Paradigmenwechsel fort?

■ Die Behandlung von Hirnaneurysmen durch das Gefäßsystem hat sich in den letzten beiden Dekaden zur Therapieform der ersten Wahl entwickelt. Der überwiegende Anteil der Aneurysmen wird heute nicht mehr offen operativ mit einer Federklemme, einem Clip, sondern durch das Gefäßsystem behandelt. Diese Methode wird als Coiling bezeichnet. Die in den 90er Jahren aufkommende Behandlungsart benutzte elektrisch ablösbare Platinspiralen, die als Coils Hirnaneurysmen ausstopften. Die ISAT-Studie (International Subarachnoid Aneurysm Trial), vor mehr als 20 Jahren initiiert, zeigte im Vergleich der etablierten Behandlung mit Clip gegenüber der damals jungen Methode mit Coils, dass bei geplatzten Aneurysmen die Ergebnisse der Coilbehandlung besser waren als nach offener operativer Versorgung. Diese Ergebnisse wurden international heftig diskutiert, trotzdem entwickelte sich die endovaskuläre Behandlung zur Therapie der ersten Wahl bei gebluteten Aneurysmen. Innerhalb kurzer Zeit wurden die Studienergebnisse auf nicht geblutete, inzidentelle Aneurysmen übertragen, ohne dass es hierfür randomisierte Studien gab. Außerdem wurde dies für nahezu alle Aneurysmalokalisationen akzeptiert, außer für die Aneurysmen der mittleren Hirnarterie und im speziellen an der Teilungsstelle. Diese Mediabifurkationsaneurysmen machen ca. 25% aller Hirnaneurysmen aus. Sie liegen für eine offene OP sehr günstig unterhalb des Schädelsknochens, sodass in vielen



Prof. Dr. Ansgar Berlis

großen Zentren mit Interventioneller Neuroradiologie und Neurochirurgie der überwiegende Anteil dieser Aneurysmen nach wie vor offen operativ mit Clip und nicht endovaskulär behandelt wird.

Endovaskulär auch bei Mediabifurkationsaneurysmen

Eine aktuelle Publikation (März 2019) aus dem Augsburger Universitätsklinikum im American Journal of Neuroradiology zeigt nun exzellente Ergebnisse bei der endovaskulären Behandlung von inzidentellen Aneurysmen an der Mediabifurkation. Die bislang publizierten Arbeiten untersu-

chen Clipping versus Coiling, wobei die scheinbar beste Methode zum Einsatz kommt. Die Augsburger Ergebnisse basieren auf einer 96%igen endovaskulären Behandlungsrate, sodass kein Bias im Hinblick auf eine Patientenselektion vorliegt. Lediglich Patienten mit Massenblutungen und ein paar wenige andere wurden operiert und geclippt. Insgesamt wurden 1.184 Aneurysmen, davon 283 Mediabifurkationsaneurysmen, innerhalb von neun Jahren endovaskulär behandelt. Die retrospektive Studie analysiert 150 von 163 inzidentellen Aneurysmen, von denen 38 mit einem intrasakkulären Flow diverter, einem WEB-System, 67 mit Stent und Coil sowie 45 mit allei-

niger Coilembolisation behandelt wurden. Bei Entlassung waren 91,3% in einem guten bis sehr guten klinischen Zustand mit einem mRS von 0-2 und einer Sterblichkeit von 0,7%. 13 Aneurysmen mussten im weiteren Verlauf nachbehandelt werden. Am häufigsten war dies bei den ersten WEB-Systemen der Fall, da zu Beginn die Systeme zu klein gewählt wurden und damit eine Rekanalisation des Aneurysmas möglich wurde. Diese Lernkurve zeigte im Verlauf einen klaren Trend gegen null.

Antiaggregation nur temporär notwendig

Argumente gegen die endovaskuläre Behandlung von Aneurysmen mit breiter Basis zum Trägergefäß sind die Einnahme von Thrombozytenfunktionshemmern wie Aspirin, Clopidogrel oder Ticagrelor. Zwei dieser Substanzen, meist ASS und Clopidogrel, nehmen die Patienten bereits fünf Tage vor der Behandlung in Vollnarkose ein. Sie sollen beim Einbringen von Fremdmaterial wie Coils oder Stents die Aktivierung des Blutes und die Blutgerinnung verhindern. Hierdurch kann die prozedurale Schlaganfallhäufigkeit gesenkt werden. Kommen nur Platinspiralen zum Einsatz, kann in der Regel auf die weitere Einnahme der Substanzen verzichtet werden. Bei WEB-Systemen erfolgt die weitere Einnahme von ASS 100 mg 1 x täglich für sechs Wochen, und Clopidogrel kann abgesetzt werden. Wird ein hochflexibler Aneurysmastent eingesetzt, wird die Gabe von ASS 100 mg für sechs Monate und Clopidogrel 75 mg für sechs Wochen fortgesetzt.

Entgegen vielfacher Einwände wird in Augsburg nach der Durchführung einer Kontrollangiografie in örtlicher Betäubung auch bei Aneurysmastents bei regulärem Verlauf ASS 100 mg nach sechs Monaten abgesetzt. Im weiteren Verlauf gab es bei den untersuchten Patienten keinen Stentverschluss. Damit erledigt sich das Argument, dass Betroffene mit einem Hirnaneurysmastent zeitlebens Blutverdünnung nehmen müssten. Ein letztes Argument für eine OP und gegen eine endovaskuläre Behandlung ist damit hinfällig. Offensichtlich zeichnet sich nun auch bei den Mediabifurkationsaneurysmen ein Paradigmenwechsel in der Behandlungsmethode ab.

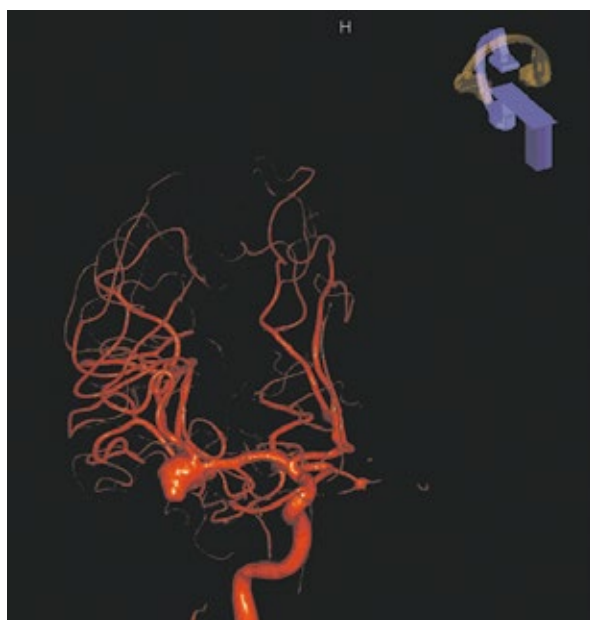


Abb. 1: Angiografie eines Aneurysmas an der Mediabifurkation

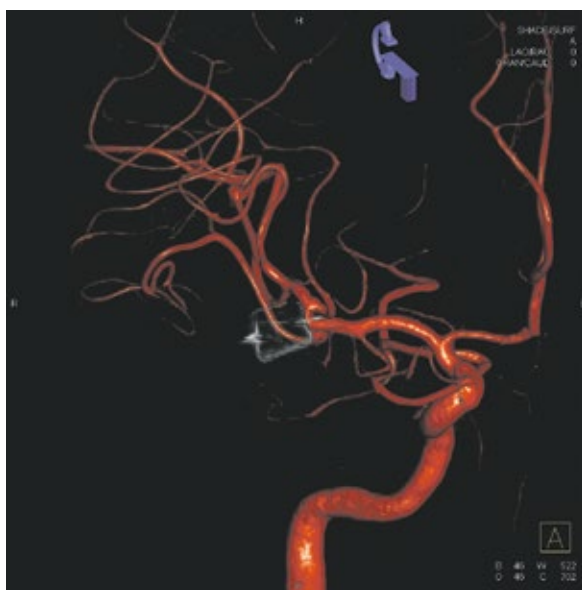


Abb. 2: Mediabifurkationsaneurysma, das mit einem WEB-System (woven endovascular bridge) endovaskulär behandelt wurde.

Die neuen Systeme verbessern sich stetig, und die Vielfalt der verfügbaren Behandlungsmöglichkeiten erlaubt es, alle Aneurysmen interventionell zu behandeln. Dies untermauert die Augsburger Studie.

Neuentwicklungen für interventionelle Behandlung

Es gibt gerade, helikale, 2-D- und 3-D-konfigurierte superweiche und weiche sowie schwellende Coils. Diese HydroCoils bewiesen zuletzt in einer großen randomisierten Studie, dass sie zu besseren Behandlungsergebnissen als reguläre Platinspiralen führen. Ballons für das Remodeling und Stents für Stent-unterstütztes Coiling sowie Spezialstents, wie etwa feinmaschige Flußbegradiger, erweitern das Spektrum. „Flow Diverter“ eignen sich besonders für Behandlungen ohne Coils bei z. B. großen oder gigantischen Aneurysmen. Hierdurch wird das Trägergefäß rekonstruiert, und die raumfordernden Aneurysmen können schrumpfen. Die Anwendungen für Flow Diverter sind allerdings beschränkt, sodass sie an

der Mediabifurkation nur sehr selten zum Einsatz kommen. Demgegenüber sind die WEB-Systeme (woven endovascular bridge), sog. intraaneurysmale Flow Diverter oder Gitternetze in Körbchenform, aufgrund ihrer extrem niedrigen Behandlungskomplikationen im Vormarsch.

Innerhalb der letzten zehn Jahre erfolgten mehrere Weiterentwicklungen, die vor allem von deren Miniaturisierung und besserer Sichtbarkeit profitieren. Bei den Augsburger Patienten findet das System in ca. 25 % aller Aneurysmen Anwendung, wobei die mittlere Hirnarterienteilungsstelle eine häufig sehr geeignete Indikation darstellt. Ein weiterer Vorteil dieser Behandlungsmethode liegt darin, dass der Neuroradiologe in relativ kurzer Interventionszeit ein Aneurysma mit einem einzigen System ausschaltet. Dieses schließt gerade mit der Aneurysmabasis ab und erinnert dadurch an ein intravasales Clipping. Für diese Behandlungsform sind sehr breitbasige Aneurysmen geeignet. Ergänzend hierzu ist die Notwendigkeit der Einnahme blutverdünnder Medikamente

beschränkt und notwendige Folgeoperationen, z. B. im Rahmen von Shuntanlagen bei rupturierten Aneurysmen mit Subarachnoidalblutung, können problemloser durchgeführt werden.

Therapieindikation bei inzidentellen Aneurysmen?

4–5 % der Bevölkerung sind Hirnaneurysmaträger. Identifiziert werden Aneurysmen u. a. im Rahmen einer Kopfschmerzabklärung. Laut Leitlinie sollen Aneurysmen ab 7 mm Größe therapiert werden, weil sie dann statistisch eine hohe Tendenz zur Blutung haben. Demgegenüber zeigt die Erfahrung, dass 85 % der Patienten SAB-Aneurysmen tragen, die kleiner als 7 mm sind. Deshalb sollte man bei der Therapieentscheidung zum einen die Größe, zum anderen aber auch Lokalisation und Konfiguration berücksichtigen. So bluten Aneurysmen besonders häufig, wenn sie an der Arteria communicans anterior oder an der Arteria basilaris angesiedelt sind; kugelförmige Aneurysmen sind weniger blutungsgefährdet als irregulär geformte. Sollten

Risikofaktoren präsent sein, wird der erfahrene Neuroradiologe daher ggf. auch bei einer Größe unter 7 mm therapieren.

Interventionelle Neuroradiologie – Dynamik und Innovation

Mittlerweile erzielen wir durch innovative Behandlungstechniken immer höhere Verschlussraten, sodass sich die Wahrscheinlichkeit einer Nachblutung reduziert und auch Nachbehandlungen seltener werden. Training und hohe Fallzahlen führen zudem zu einer Verkürzung der Interventionszeiten und gehen mit einer Reduktion der Komplikationen einher. Nicht zuletzt durch ein perfektioniertes Komplikationsmanagement ist die Komplikationsrate inzwischen von 3–7 % auf 3 % zurückgegangen. ■■

Autoren:

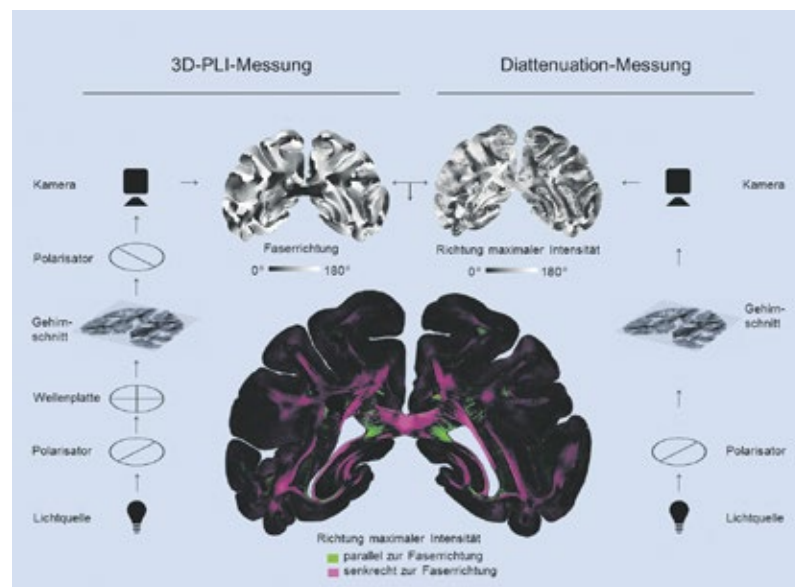
Prof. Dr. Ansgar Berlis,
Klinik für Diagnostische und Interventionelle
Neuroradiologie,
Universitätsklinikum Augsburg
www.uk-augsburg.de
und Claudia Schneeberger, Tuttlingen

Neue Bildgebung für die Hirnforschung

Strukturinformationen über das Hirngewebe gewinnen.

■■ Mit dem Diattenuation Imaging (DI), das Wissenschaftler des Forschungszentrums Jülich und der Universität Groningen entwickelt haben, lassen sich unter anderem Regionen mit vielen dünnen Nervenfasern von Regionen mit wenigen dicken Nervenfasern unterscheiden. Mit anderen Bildgebungsverfahren war diese Differenzierung bisher nicht ohne Weiteres möglich.

Das DI-Verfahren fußt auf dem 3D Polarized Light Imaging, kurz 3D-PLI. Die am Forschungszentrum Jülich entwickelte Methode macht die Verläufe von Nervenfasern mit einer Auflösung von wenigen tausendstel Millimetern sichtbar. 3D-PLI wird unter anderem im europäischen Human Brain Project angewendet, um Faserstrukturen des



Funktionsweise des neuen Verfahrens

Foto: Forschungszentrum Jülich / Miriam Menzel, Tobias Schlöber

Gehirns in bislang beispielloser Detailtiefe in 3-D zu erforschen.

Bei der Messung werden die Gehirnschnitte mit polarisiertem Licht durchleuchtet. Je nachdem, wie die Polarisation relativ zu den Nervenfasern ausgerichtet ist, wird das Licht unterschiedlich stark gebrochen, wodurch sich die räumliche Orientierung der Nervenfasern berechnen lässt. Dieser Effekt – auch Doppelbrechung genannt – wird vor allem durch die

Myelinscheiden verursacht, die einen Großteil der Nervenfasern umhüllen.

Bei einer Diattenuation-Messung wird dagegen nicht die polarisationsabhängige Lichtbrechung des Gehirnschnittes, sondern die polarisationsabhängige Lichtabschwächung bestimmt. Gemessen wird also, wie stark sich die Intensität des polarisierten Lichts beim Durchgang durch das Hirngewebe verringert. Die Messung wird mit der gleichen Apparatur wie 3D-PLI durch-

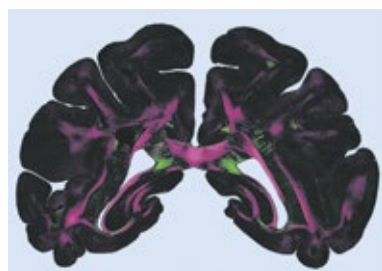
geführt, wobei einfach zwei Filter entfernt werden.

Beim Diattenuation Imaging wird die Diattenuation-Messung mit einer 3D-PLI-Messung kombiniert. Damit lassen sich verschiedene Hirnregionen unterscheiden. Einige Regionen lassen am meisten Licht hindurch, wenn die Schwingungsrichtung des einfallenden Lichts parallel zur Faserrichtung verläuft. Andere sind maximal durchlässig, wenn die beiden Richtungen senkrecht aufeinander stehen. Wie sich das Gewebe verhält, hängt u. a. von der Zeit ab, die nach der Eindeckung der Gehirnschnitte vergangen ist.

Daneben hängt der Effekt aber auch noch mit anderen Gewebeeigenschaften zusammen, etwa mit der Dicke der Nervenfasern und der umhüllenden Myelinscheide. Diattenuation Imaging stellt eine wichtige Ergänzung zu 3D-PLI dar und ermöglicht eine genauere Untersuchung von Hirngewebe. Darüber hinaus hilft die Technik, bei der ungeheuer komplexen Rekonstruktion des Gehirns zusammenhängende Regionen und Gewebetypen zu erkennen und pathologische Veränderungen sichtbar zu machen. ■■

Autor:

Annette Stettien, Forschungszentrum Jülich
www.fz-juelich.de



Diattenuation Imaging (DI) liefert Strukturinformationen, die bisher nur schwer zugänglich waren.

Foto: Miriam Menzel et al., Scientific Reports 2019.

Die Zukunft der interventionellen Medizin

Innovative Konstruktionen und Antriebe für die MRT

■ Die Zukunft der interventionellen Medizin liegt in der stetigen Verminderung der Invasivität chirurgischer Eingriffe. Künftig werden aufgrund technologischer Fortschritte und Verbesserungen der Instrumente, insbesondere bei Nadeln und Kathetern, Eingriffe noch minimalinvasiver durchführbar sein als bisher. Die Schlüsseltechnologie dafür ist die robotische Assistenz, die eine genaue und effiziente Handhabung dieser ultra-minimalinvasiven Instrumente erst ermöglicht. Die notwendigen Informationen zur Steuerung dieser Assistenzsysteme werden aus echtzeitfähigen Bildgebungstechnologien wie Ultraschall (US), Computertomografie (CT) oder Magnetresonanztomografie (MRT) gewonnen, die ebenfalls stetig weiterentwickelt werden. Bereits heute werden in der interventionellen Radiologie diagnostische und therapeutische Eingriffe unter MRT- oder CT-Bildgebung durchgeführt, in der Regel jedoch manuell.

Die Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin und Biotechnologie (PAMB) des Fraunhofer IPA besitzt langjährige Erfahrung in der Entwicklung von Instrumenten und Robotern für die bildgestützte ultraminimalinvasive Chirurgie. So wurde z. B. im Rahmen des BMBF-Forschungscampus M²OLIE (Mannheim Molecular Intervention Environment) gezeigt, dass roboterassistierte Cone-Beam-CT-geführte Punktionen, bei gleichbleibender Genauigkeit, deutlich zeiteffizienter als konventionelle manuelle Punktionen sind. Momentan arbeitet die PAMB am Transfer der Forschungsergebnisse in die klinische Anwendung. Oftmals wäre es allerdings besser, einen solchen Eingriff im MRT durchzuführen, da dort Weichteile sehr



Tim Pusch, Dipl.-Ing. Johannes Horsch, Dipl.-Ing. Marius Siegfarth (v. l. n. r.)

gut dargestellt und Patienten nicht mit ionisierender Strahlung belastet werden. Solche MRT-geführten Punktionen sind bereits in der Klinik etabliert, sie werden heutzutage jedoch ebenfalls weitestgehend manuell durchgeführt. Der verfügbare Platz für die Durchführung der Punktion innerhalb der MRT-Röhre ist stark eingeschränkt und hängt zudem vom Körperbau des Patienten sowie vom Ort des Eingriffs ab. Dies erschwert die Arbeit des Arztes enorm. Eine roboterassistierte Positionierung der Nadel, ferngesteuert durch den Arzt von außerhalb des MRT, erlaubt einerseits die genaue Ausrichtung der Nadel und ist zudem wesentlich ergonomischer für den Arzt. Assistenzsysteme für den Einsatz in der MRT-Röhre müssen allerdings sehr kompakt sein und dürfen keine oder nur geringe Wechselwirkungen mit den Magnetfeldern hervorrufen. Dies könnte Artefakte im Bild, Wirbelströme in den Bauteilen oder sogar eine Projektilwirkung von losen Komponenten verursachen und ist deshalb unbedingt zu vermeiden. Aus diesem Grund ist die Verwendung von ferromagnetischen Materialien in Assistenzsystemen für die MRT weitgehend ausgeschlossen, was auch den Einsatz der in der Robotik gängigen Elektromotoren stark erschwert. MRT-kompatible Assistenzsysteme erfordern daher völlig

neue Ansätze hinsichtlich Konstruktion, Werkstoffen und Antriebstechnik. In den folgenden Abschnitten werden hierzu zwei Entwicklungen der PAMB vorgestellt: Neuartige 3-D-gedruckte hydraulische Antriebe und ein Patiententransfer-System aus Verbundwerkstoffen.

3-D-gedruckte hydraulische Antriebe

Als Lösungsansatz für die komplexen Anforderungen an MRT-kompatible Antriebe wird an der PAMB an 3-D-gedruckten hydraulischen Antrieben aus Kunststoff geforscht. Die Kombination hydraulischer Antriebe mit dem 3-D-Druck bietet dabei einige Vorteile. Hydraulische Antriebe zeichnen sich durch eine hohe Leistungsdichte aus. Sie eignen sich also ideal, um hohe Kräfte auf kleinem Bauraum zu realisieren. Außerdem können durch eine geringe Reibung in den hydraulischen Leitungen Verluste und Latenz bei der Leistungsübertragung zwischen Eingabegerät und Antrieb sehr gering gehalten werden, was eine hochpräzise und direkte Steuerung der Antriebe ermöglicht. Der 3-D-Druck von Kunststoffkomponenten ermöglicht es, die Anforderungen der MRT-Technologie an die eingesetzten Materialien zu erfüllen, da auf ferromagnetische

Materialien verzichtet werden kann. Ferner ergibt sich durch den Einsatz von 3-D-Druck sogar die Möglichkeit, patienten- und anwendungsspezifische Roboterarchitekturen mit integrierten hydraulischen Antrieben in einem Prozessschritt günstig und in Stückzahl eins herzustellen. Die PAMB ist derzeit an der Entwicklung eines solchen Roboters für die MRT-gestützte Gewebeprobeentnahme mit Nadeln in einem internationalen Forschungsteam beteiligt. Erste Ergebnisse zur Integration 3-D-gedruckter hydraulischer Kolbenaktoren in den ebenfalls gedruckten Roboter werden auf der diesjährigen International Conference for Robotics and Automation (ICRA) in Montreal vorgestellt. Jedes einzelne Antriebselement mit einer eigenständigen hydraulischen Leitung zu versorgen, ist nicht praktikabel. Durch den begrenzten Bauraum müssten die Versorgungsschläuche sehr dünn sein, was wiederum Nachteile für das Übertragungsverhalten der hydraulischen Leitung mit sich bringt. Eine zentrale Druckleitung, ergänzt durch schaltbare, miniaturisierte Ventile an den Druckkammern, löst dieses Problem. Die Miniaturisierung und Integration konventioneller Ventile in die 3-D-gedruckte Struktur ist allerdings sehr aufwendig. In der PAMB wird daher speziell für die Medizintechnik eine



Abb. 1: 3-D-gedruckter hydraulischer Antrieb

Alternative zu herkömmlichen hydraulischen Ventilen entwickelt, welche die Integration extrem kompakter Ventile ohne bewegliche Teile ermöglicht. Dies wird durch den Einsatz einer sogenannten intelligenten Flüssigkeit ermöglicht – einer Flüssigkeit, deren Fließeigenschaften durch elektrische Felder beeinflusst werden können. Durch gezieltes Anlegen einer elektrischen Spannung lässt sich der Fluss an jeder Stelle der hydraulischen Leitung steuern. Da diese Ventile ohne Magnete und ferromagnetische Werkstoffe gebaut werden können, ist sogar der Einsatz im MRT möglich.

Elastische Materialien für nachgiebige Roboter

Neben 3-D-gedruckten hydraulischen Kolbenaktoren wird in der PAMB auch an Antrieben aus elastischen Materialien für nachgiebige Roboter geforscht (siehe Abb. 1). Diese flexiblen Antriebe haben den Vorteil, dass sie aufgrund ihrer Nachgiebigkeit ein sehr geringes Verletzungsrisiko für den Patienten darstellen und eine hohe Anpassungsfähigkeit an die zur Verfügung stehenden Bauräume aufweisen. Dies macht sie ideal für Roboter und Instrumente, die innerhalb des Körpers des Patienten eingesetzt werden, zum Beispiel bei endoskopischen Eingriffen.

MRT-kompatible Patiententransfersystem

Die Kompetenzen der PAMB im Bereich MRT-kompatibler Konstruktionen und Systeme finden bereits bei einer Sonderentwicklung für die Universitätsmedizin Mannheim ihren Weg in die klinische Praxis. Bei der röntgengeführten Seed-Implantation werden in einer Angiografieanlage radioaktive Seeds zur lokalen Bestrahlung der Prostata (Brachytherapie) gesetzt. Die Position der Seeds wird anschließend im MRT überprüft und gegebenenfalls in einem weiteren Schritt korrigiert. Die Umlagerung des Patienten aus der Steinschnittlage in die liegende Position und der Transfer von der Angiografieanlage in den MRT müssen dabei für die effiziente Auslastung der Geräte möglichst einfach und schnell geschehen. Für den Zugang des Seed-Applikators zur Prostata kann die untere Hälfte eines von der PAMB speziell für diese Anwendung entwickelten Transferboards abmontiert werden (siehe Abb. 2). Hierauf wird der Patient bereits vor dem Eingriff gelagert und für die gesamte Intervention fixiert. Auch der Angiografie-Tisch kann geteilt werden. Nach der Implantation der Seeds wird der Patient mithilfe des Transferboards auf einen mobilen MRT-Tisch geschoben, um die Kontrol-



Abb. 2: Dummy in Steinschnittlage auf Transferboard und Angiografie-Tisch

le im benachbarten MRT-Raum durchzuführen.

Das bedeutet für die Entwicklung des Transferboards, dass es möglichst leicht, röntgendurchlässig, MRT-kompatibel und mechanisch robust sowie funktional und hygienisch sein muss. Ein besonderer Verbindungsmechanismus zur Teilung des Boards mit wenigen Handgriffen und eine Sandwich-Konstruktion unter Verwendung von Leichtbaumaterialien, wie Schaumstoff und glasfaserverstärkten Kunststoffen sowie Hochleistungspolymeren, wurde eigens hierfür entwickelt. Der Prototyp des Transferboards ist für das klinische Personal leicht zu handhaben, kompatibel mit dem MRT und Röntgenstrahlung und entspricht zudem den hygienischen Anforderungen in der Klinik, u. a. durch die Umsetzung eines hygienischen Designs. Für die Entwicklung hat sich die PAMB intensiv mit allen Anwendern aus der Klinik (Radiologie, Strahlentherapie, Risikomanagement, Hygiene und Krankenhausmanagement) ausgetauscht. Nur durch Einbeziehung aller Partner konnte ein geeignetes Konzept entwickelt und umgesetzt werden. Anschließend wurden die Materialien ausgewählt, die Konstruktion numerisch berechnet und gefertigt sowie Funktionstests im PAMB-eigenen, experimentellen Interventionsraum durchgeführt. Zudem unterstützte die PAMB durch die Erstellung der technischen Dokumentation und die Einweisung des klinischen Personals in die Benutzung des Transferboards.

Die Fortschritte in der Konstruktions- und Antriebstechnik für MRT-kompatible Assistenzsysteme und Geräte sind die Grundlage für zukünftige Innovationen im Bereich bildgeführter ultra-minimalinvasiver Interventionen. Für Diagnose und Therapie versprechen diese Fortschritte eine Effizienzsteigerung klinischer interventioneller Prozesse. Daher bietet die PAMB interessierten Kliniken und Ärzten technologische und methodische Un-

terstützung zur Umsetzung von der Kundenidee bis hin zur erfolgreichen Innovation an. ■■

Autoren:

Dipl.-Ing. Johannes Horsch,
Dipl.-Ing. Marius Siegfarth
M.Sc. Tim Pusch
Projektgruppe für Automatisierung in der Medizin
und Biotechnologie des Fraunhofer IPA, Mannheim
www.pamb.ipa.fraunhofer.de

Bilder von Vanessa Stachel
und Rebecca Neumann

50 Jahre DGMP

In Stuttgart, dem Gründungsort der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik (DGMP), findet vom 18. bis 21.09.2019 die 50. Jahrestagung statt. „Seit 50 Jahren gilt das Engagement unserer Fachgesellschaft der Erforschung und Entwicklung, der Anwendung und dem Fortschritt physikalischer und technischer Methoden in der Medizin. Ganz im Zeichen dieses wichtigen Jubiläums steht unsere 50. Jahrestagung“, so die Tagungspräsidenten Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Christian Gromoll und Dipl.-Ing. (TU) Nils Wegner. Den Teilnehmern werden vier spannende Tage mit diversen Highlights geboten. Dazu zählen einige Sondersitzungen mit Blick auf 50 Jahre DGMP, beliebte Themen wie Dosimetrie, das bewährte „Young Investigator Forum“ oder auch geistvoll-wissenschaftlicher Genuss

bei einem neuen Format, dem Science Slam. Außerdem wird es ein großes Angebot an praktischen Kursen geben, dazu etliche Hands-on-Workshops und Refresher-Kurse. Diese Jahrestagung soll dazu dienen die aktuellen Entwicklungen der Medizinischen Physik in ihrer Dynamik und ihrem gesamten Potential zu beleuchten und zu diskutieren. Weitere Informationen sowie die Möglichkeit zur Registrierung finden Sie auf der Kongress-Homepage.

Termin:

50. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik
18.–21. September, Stuttgart
www.dgmp-kongress.de

Kampf gegen den Gefäßkalk

Die intravasale Lithotripsie – eine neue Therapieoption

■ Gefäßerkrankungen treten besonders häufig bei Patienten mit bestehender Zuckerkrankheit und auch bei Rauchern auf. Durch Einengungen oder Verschlüsse der peripheren Gefäße kommt es zu einer Unterversorgung der Muskulatur mit Blut. Durch eine Belastung beim Laufen kommt es zunächst zu Schmerzen in den Beinen, die dazu führen, dass die Patienten nach kurzer Gehstrecke bereits stehen bleiben müssen. Diese Erkrankung nennt sich „Schaufensterkrankheit“. Im fortgeschrittenen Stadium der Erkrankung drohen durch Wunden, die nicht mehr zu heilen, sogar Amputationen. Die periphere Gefäßerkrankung durch eine systemische Arteriosklerose betrifft zwischen 3 und 7% der Bevölkerung. Das Auftreten steigt mit dem Alter: Über 75 Jahren ist bereits einer von fünf Menschen betroffen.

Endovaskuläres Vorgehen

In den letzten Jahren hat sich zunehmend das endovaskuläre Vorgehen als primäre Therapieoption durchgesetzt. Das Verfahren ersetzt zunehmend das operative Vorgehen mit Bypass-Anlage. Mit endovaskulärem Vorgehen wird der Eingriff über kleinere Gefäßpunktionen und die Wiederöffnung der Ge-



Prof. Dr. Gunnar Tepe

fäße mittels Ballonkatheter und Stent zusammengefasst. Die Wahrscheinlichkeit eines technischen Erfolgs ist durch neue Kathetermethoden sehr hoch. Eine Ausnahme besteht jedoch dann, wenn starke Gefäßverkalkungen vorliegen (Abb. 1). Zum einen kann es aufgrund des sehr harten Kalks oft unmöglich sein, das Gefäß erfolgreich aufzudehnen, zum anderen kommt es durch die Gefäßverkalkungen selbst nach Aufdehnung wieder zu einer mechanischen Einengung durch die starke Verkalkung. In den letzten Jahren wurden daher mehrere Therapieansätze entwickelt, um das Problem der starken Verkalkung besser therapieren zu können. Aber selbst spezielle besonders starke Stents (Metallgitter), die eingebracht werden, werden sehr häufig durch die extrem harten Kalkmassen zusammengedrückt und versagen damit.

Eine weitere Option ist die Atherektomie. Mittels dieser Atherektomie wird durch eine Art Ausschabung der Gefäßkalk reduziert. Problematisch bei dieser Methode ist allerdings, dass es nicht selten dazu kommt, dass die Verkalkungsstrukturen, die entfernt werden sollen, in die Peripherie embolisieren und dort Gefäße verstopfen. Dieses soll durch zusätzliche Filter verhindert werden, am Ende ist jedoch eine 100-prozentige Absicherung gegen die Embolisation nicht möglich.

Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Therapieform nicht gut steuerbar ist. An welcher Stelle wie viel Kalk entfernt werden kann, ist nicht kontrollierbar. Falls zu wenig Kalk entfernt wird, kann man von einem sehr reduzierten Therapieerfolg sprechen, falls die Atherektomie zu aggressiv vorgenommen wird, kann es zu Gefäßrupturen kommen, die notfallmäßig versorgt werden müssen.

Neben dem primär mechanischen Problem der Aufdehnung durch den starken Gefäßkalk kommt es durch starke Verkalkungen zu einem zweiten Problem. Nach Wiederöffnung der Gefäße tendieren diese dazu, im Zeitraum von 6 bis 9 Monaten durch den bei der Intervention ausgelösten Reiz wieder zuzuwachsen.

Dieses wird heute durch eine lokale Medikamentenapplikation meist über medikamentenbeschichtete Ballons verhindert. Die starken Verkalkungen wirken jedoch als Barriere für die Medikamentenaufnahme der Gefäßwand. Insofern ist die Effektivität der medikamentenbeschichteten Ballonkatheter ebenfalls reduziert.

Die intravaskuläre Lithotripsie

Eine innovative Therapie zur Behandlung von Kalk in den peripheren Gefäßen ist die Shockwave-Lithoplastie. Die Technologie basiert auf dem Prinzip der Stoßwellen-Lithotripsie analog zur Nierenstein-Zertrümmerung. Das Prinzip beruht auf einer Aufspaltung von Kalzium in der Gefäßwand mittels pulsativer mechanischer Energie, die so abgestimmt ist, dass der Schaden im Bereich des normalen angrenzenden Gefäßes möglichst gering ist (Abb. 2 und 3).

Das System besteht aus einem Ballonkatheter mit mehreren Lithotripsie-Emitter entlang des Ballons, die diffus mechanische Energie erzeugen, um den Kalk in der Gefäßwand aufzusprengen. Die Emitter werden aktiviert, während der Ballon auf geringen Druck aufgepumpt (inflatiert) wird.

Die periodischen Pulswellen sind sehr gewebe selektiv. Sobald die Stoßwellen mit dem Kalk der Gefäßwand in Berührung kommen, produzieren sie eine Reihe von Mikrofrakturen und sprengen den Kalk auf. Das normale weiche Gewebe der Gefäßwand kann den vom Gefäßlumen applizierten Wellen ausweichen und reagiert nicht. Dadurch, dass die harten Kalkformationen aufgebrochen werden, kann wie bei einem normalen Gefäß ohne Kalk der Ballon zur Aufweitung des Gefäßes entfaltet und so das Gefäß ausreichend aufgedehnt werden.

Im Gegensatz zur Atherektomie wird der Kalk in der Gefäßwand nicht entfernt, sondern nur so verändert, dass die normale Gefäßaufdehnung Erfolg haben kann. Bildlich wird aus dem felsartigen Kalk in der Gefäßwand eine sandartige Struktur. Da das primäre Ziel nicht darin besteht, den Kalk zu entfernen, kommt es auch nicht zu Embolien. Aus diesem Grund ist die Shockwave-Lithotripsie-Therapie sehr sicher.

Um nach der erfolgreichen mechanischen Aufdehnung der Gefäße auch eine gute Langzeit-Offenheit zu erreichen, wird meist zusätzlich nach der intravasalen Lithotripsie zusätzlich noch ein medikamentenbeschichteter Ballonkatheter aufgedehnt, der nun das Medikament leichter und besser an die durch die Shockwave-Therapie vorbereitete Gefäßwand abgeben kann. Die Effizienz und Sicherheit der Shockwave-Lithoplastie wurden in einer 2-phasigen Studie im Rahmen der Disrupt-PAD-1- und -2-Studien untersucht.



Abb. 2: Das Lithoplastiesystem besteht aus einem Generator, einem Verbindungskabel und einem Katheter.

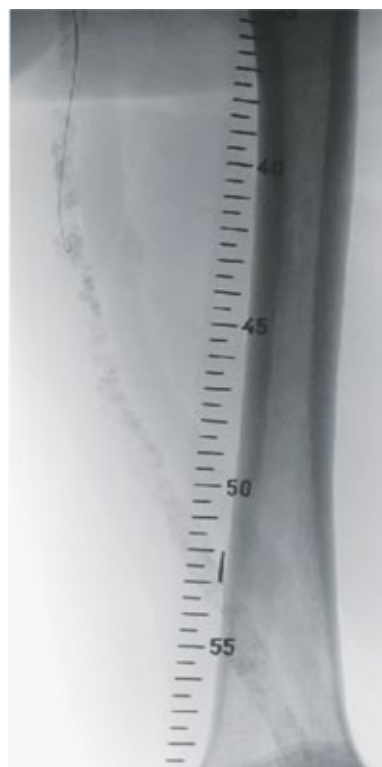


Abb. 1: Beispiel einer stark verkalkten Oberschenkelarterie. Bei diesem Bild wird bereits klar, dass die Katheterbasierte Therapie nur sehr schwer durchführbar zu sein wird.

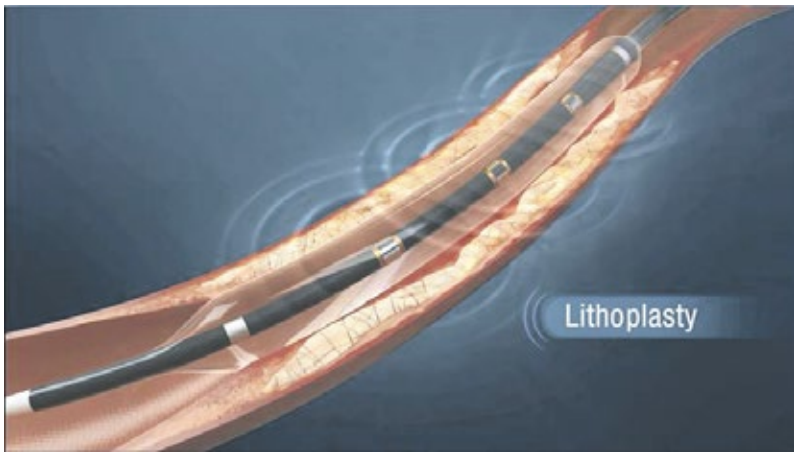


Abb. 3: Nach Entfaltung des Ballons werden über kleine Emitter Hochdruckwellen an die Gefäßwand abgegeben. Damit wird der Kalk an der Gefäßoberfläche und den tiefen Schichten aufgebrochen.

ropa zugelassen und damit für Patienten verfügbar. Da es sich um eine sehr neue Therapiemethode handelt, werden die Zusatzkosten des Systems derzeit von den Krankenkassen noch nicht übernommen. Trotzdem wird die neue Therapieform an verschiedenen Gefäßcentern den Patienten bereits angeboten, da die dort behandelnden Ärzte davon überzeugt sind, dass mit dem neuartigen Vorgehen besonders schwer verkalkte Gefäße gut und erfolgreich behandelt werden können.

Neben den Oberschenkelgefäßen hat die neuartige Therapieoption auch in anderen Gefäßarealen bereits ihren Einzugs gehalten. Seit kurzer Zeit sind

auch Katheter für die oft sehr starken und kleinen Unterschenkelgefäße verfügbar. Zudem werden die Katheter in den Herzkranzgefäßen angewendet, um auch dort das Ergebnis der Gefäßaufdehnung bei starken Verkalkungen zu verbessern.

Autor:

Prof. Dr. Gunnar Tepe,
Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie,
RoMed Klinikum Rosenheim
www.romed-kliniken.de

Insgesamt wurden 95 Patienten mit stark verkalkten Läsionen im Bereich der Oberschenkel- und Kniegelenks-Arterien im Rahmen einer Multicenter-Studie (acht Zentren weltweit) therapiert.

Vielversprechende Ergebnisse

Mittels der Shockwave-Therapie konnte ein hundertprozentiger sofortiger Therapieerfolg erzielt werden. Die Resteinengung betrug im Mittel nur noch 23%, der akute Gefäßdurchmesser-Gewinn wurde mit 3 mm ausgemessen. Insgesamt musste nur ein Stent implantiert werden, um das Ergebnis zu erreichen. Weltweit liegen derzeit Erfahrungen bei über 4.500 Patienten vor. In der Anwendung des Systems bei diesen extrem verkalkten Läsionen gab es keine Probleme – im Gegenteil: Der Shockwave-Lithoplastie-Ballon zeichnete sich durch eine sehr gute Führbarkeit und Steuerbarkeit aus. Ebenso gab es keine Probleme bei der Passage der extrem verkalkten Einengungen.

Die vielversprechenden initialen Ergebnisse in diesem sehr schwierigen Patientenkollektiv konnten auch in Nachuntersuchungen bestätigt werden. Nach sechs Monaten lag die Offenheitsrate bei 76,7%. Die Rate von Patienten mit erneuten Eingriffen war mit 3,2% sehr niedrig. Dies ist insbesondere bemerkenswert, da Patienten mit so starken Verkalkungen generell von klinischen Studien ausgeschlossen werden, da bekannt ist, dass sie nur sehr schwer durch die endovaskuläre Therapie behandelt werden können.

Derzeit findet eine weitere Multicenter-Studie sowohl in den USA als auch in Europa statt, die die Kombination des Lithoplastie-Systems zusammen mit medikamentenbeschichteten Ballonkathetern testet.

Das Lithotrypsie-Shockwave-System ist sowohl in den USA als auch in Eu-

WILEY

Seien Sie dabei in der:
M&K kompakt

Ortho + Trauma M&K kompakt: 32.000 Exemplare als Sonderheft/Vollbeilage

in M&K 10/2019 zum Deutschen Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie DKOU vom 22.10.–25.10.2019 in Berlin

Ihre Mediaberatung
Manfred Böhler +49 6201 606 705 manfred.boehler@wiley.com
Dr. Michael Leising +49 3603 8942800 leising@leising-marketing.de

Termine
Erscheinungstag: 14.10.2019
Anzeigenschluss: 13.09.2019
Redaktionsschluss: 23.08.2019

www.management-krankenhaus.de

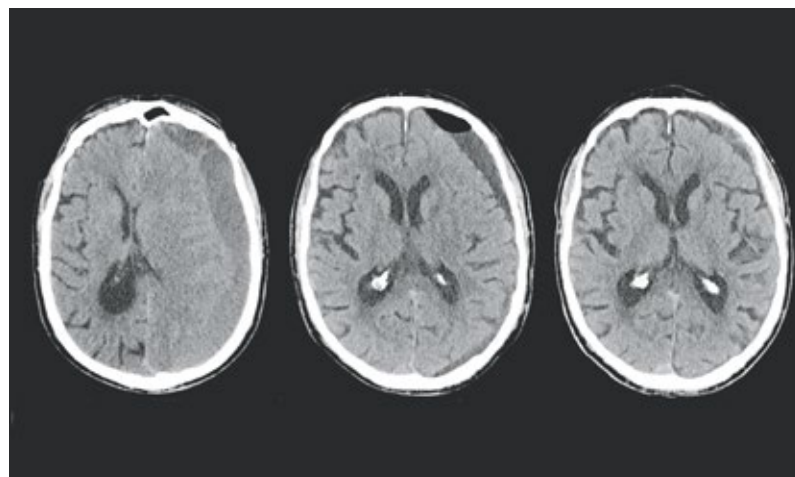
Operation eines Subduralhämatoms

Weniger CTs nach Hirnblutungen nötig

■ Nach der Operation eines Subduralhämatoms wird routinemäßig eine Computertomografie des Kopfes zur Kontrolle durchgeführt. Dies verleitet jedoch zu weiteren, unnötigen Operationen und ist mit höheren Kosten und höheren Komplikationsraten verbunden, ohne erkennbaren Nutzen für die Patienten. Das zeigt eine Studie des Neurozentrums am Inselspital. Das chronische Subduralhämatom ist eine häufige Blutung zwischen dem Gehirn und dem Schädel. Sie entsteht meistens bei älteren Menschen, die einen Blutverdünner nehmen, durch einen Aufprall auf den Kopf. In einer relativ einfachen Operation mit zwei kleinen Löchern kann das Blut abgelassen werden, und rund 80% der Patienten werden dadurch geheilt. Bei einer Minderheit kommt es trotz der Operation zu einer erneuten Blutung am gleichen Ort, und die Operation muss Tage bis Wochen später wiederholt werden. Um vorherzusehen, wer eine zweite Operation benötigt, wird meist eine Computertomografie (CT) durchgeführt, die zeigt, wie viel Blut nach der Operation sich noch zwischen Gehirn und Schädel befindet. Forschende des Neurozentrums am Inselspital, Universitätsspital Bern, haben hinterfragt, wie gut diese Bilder überhaupt zur Vorhersage nützlich sind.

Hierfür wurde bei der Hälfte eines Kollektivs von gut 350 Patienten auf ein CT nach der Operation verzichtet

M&K
Management &
Krankenhaus
Zeitung für Entscheider im Gesundheitswesen



CT-Bilder eines Patienten mit chronischem Subduralhämatom: vor der Operation (l.), zwei Tage nach der Operation (Mitte) und ein Monat nach der Operation (r.)

Foto: Insel Gruppe AG

und Patienten nur klinisch nachkontrolliert. Die andere Hälfte erhielten CTs. Dabei fanden die Mediziner, dass die Betroffenen von den CTs nicht profitieren. Im Gegenteil: Patienten, die nur neurologisch und ohne routinemäßige CTs kontrolliert wurden, hatten weniger Folgeoperationen, weniger Komplikationen und letztlich geringere Behandlungskosten.

Bildgebung erst als zweiter Schritt bei Bedarf

Prof. Dr. Philippe Schucht erklärt die Ergebnisse: „Wenn wir nach der Operation ein CT machen, sieht man eigentlich bei allen Patienten noch Blut um das Gehirn herum. Als behandelnder Arzt ist man versucht, für den Patienten ein ‚besseres‘ Resultat durch eine zweite Operation zu erreichen, auch um zu verhindern, dass der Patient wieder Beschwerden bekommt. Dieses Restblut wird jedoch bei den meisten Patienten vom Körper mit der Zeit abgebaut, weshalb eine Voraussage, ob es später nochmals eine Operation

braucht, schwierig ist. Falls die Blutung mit der Zeit wieder langsam zunimmt, bemerken die Betroffenen wieder mehr Kopfschmerzen oder eine Schwäche. Dann haben wir immer noch Zeit, zu untersuchen und ein CT zu machen – aber nur dort, wo es wirklich nötig ist.“ Die Studie, im New England Journal of Medicine veröffentlicht, kommt zum Schluss, dass Verlaufskontrollen beim Neurologen die wenigen Patienten, die eine erneute Operation benötigen, weniger invasiv und sicherer identifizieren und auf Routine-CTs verzichtet werden kann. Das zeigt sich auch darin, dass in der Studiengruppe mit CT 59 Nach-Operationen durchgeführt wurden, in der Gruppe ohne CT nur 39. Und das bei weniger Komplikationen (19 Patienten ohne CT vs. 26 mit CT). Für die Patientinnen und Patienten ist also weniger in diesem Fall wirklich mehr, so die Empfehlung der Studienautoren. ■

Autor:
Stephanie Falk,
Universitätsspital Bern
www.insel.ch

Impressum

Herausgeber:
Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, GIT VERLAG

Publishing Director:
Steffen Ebert

Regional Commercial Director:
Dr. Katja Habermüller

Chefredakteurin/Produktmanagerin:
Ulrike Hoffrichter M.A., Tel.: 06201/606-725,
ulrike.hoffrichter@wiley.com

Anzeigenleiter: Dipl.-Kfm. Manfred Böhler,
Tel.: 06201/606-705, manfred.boehler@wiley.com

Redaktion:
Jutta Jessen,
Tel.: 06201/606-726, jessen@wiley.com

Freie Redakteurin:
Claudia Schneebauer, Tuttlingen

Wiley GIT Leserservice: 65341 Eltville
Tel.: +49 6123 9238 246 · Fax: +49 6123 9238 244
E-Mail: WileyGIT@vuservice.de
Unser Service ist für Sie da von Montag bis Freitag
zwischen 8:00 und 17:00 Uhr

Mediaberatung:
Dipl.-Kfm. Manfred Böhler,
Tel.: 06201/606-705, manfred.boehler@wiley.com

Anzeigenvertretung: Dr. Michael Leising
Tel.: 05603/8942800, leising@leising-marketing.de

Redaktionsassistent: Christiane Rothermel
Tel.: 06201/606-746, christiane.rothermel@wiley.com

Herstellung: Jörg Stenger (Herstellung);
Kerstin Kunkel (Anzeigenverwaltung);
Ruth Herrmann (Satz, Layout);
Ramona Kreimes (Litho)

Sonderdruck: Christiane Rothermel
Tel.: 06201/606-746, christiane.rothermel@wiley.com

Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA
Boschstraße 12, 69469 Weinheim,
Tel.: 06201/606-0, Fax: 06201/606-790,
mk@gitverlag.com, www.gitverlag.com

Bankkonten
J.P. Morgan AG, Frankfurt
Konto-Nr. 6161517443, BLZ: 501 108 00
BIC: CHAS DE 33, IBAN: DE55501108006161517443
Druckauflage: 32.000 (4. Quartal 2018)

M&K kompakt ist ein Sonderheft von
Management & Krankenhaus

Originalarbeiten
Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der Verantwortung des Autors. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und mit Quellenangaben gestattet. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

Dem Verlag ist das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das Werk/den redaktionellen Beitrag in unveränderter Form oder bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig oft selbst zu nutzen oder Unternehmen, zu denen gesellschaftsrechtliche Beziehungen bestehen, sowie Dritten zur Nutzung zu übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht sich sowohl auf Print- wie elektronische Medien unter Einschluss des Internets wie auch auf Datenbanken/Datenträger aller Art.

Alle etwaig in dieser Ausgabe genannten und/oder gezeigten Namen, Bezeichnungen oder Zeichen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

Druck: DSW GmbH,
Flomersheimer Straße 2-4, 67071 Ludwigshafen
Printed in Germany

ISSN 0176-055 X

EU-Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO)

Der Schutz von Daten ist uns wichtig: Sie erhalten die Zeitung M&K Management & Krankenhaus auf der gesetzlichen Grundlage von Artikel 6 Absatz 1 lit. f DSGVO („berechtigtes Interesse“). Wenn Sie diesen Zeitschriftentitel künftig jedoch nicht mehr von uns erhalten möchten, genügt eine kurze formlose Nachricht an Fax: 06123/9238-244 oder wileygit@vuservice.de. Wir werden Ihre personenbezogenen Daten dann nicht mehr für diesen Zweck verarbeiten. Wir verarbeiten Ihre Daten gemäß den Bestimmungen der DSGVO. Weitere Infos dazu finden Sie auch unter unserem Datenschutzhinweis:

<http://www.wiley-vch.de/de/ueber-wiley/impresum#datenschutz>

Index

Agfa HealthCare	16
Bayerische Röntgengesellschaft	6
Canon Medical Systems	5, 7, 10
Charité Berlin	12, 20
Deutsche Gesellschaft für Medizinische Physik	27
Deutsche Gesellschaft für Nuklearmedizin	9
Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie	15
Deutsche Röntgengesellschaft	3
Eizo Europe	9
Forschungszentrum Jülich	25
Hologic Medidor	14, 2. US
Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung	26
Kantonsspital Luzern	14
Klinikum Augsburg	24

Österreichische Röntgengesellschaft	6
Philips	13, 4. US
PTW-Freiburg	15
Radiologie Schwetzingen	17
RoMed Klinikum Rosenheim	28
Siemens Healthineers	19
Technische Universität Kaiserslautern	5
Universitätsklinikum Augsburg	24
Universitätsklinikum Erlangen	18
Universitätsklinikum Essen	6
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein	22
Universitätsklinikum Tübingen	11
Universitätssspital Bern	30

© all images - stock.adobe.com



37
JAHRE

Ihre Nr. 1
für das
Gesundheitswesen

www.management-krankenhaus.de

Gratis Abonnement!

(3 Monate ohne automatische Verlängerung)

Management & Krankenhaus

Die Fachzeitung für Entscheider und Anwender in Klinik, Reha und MVZ

M&K kompakt

Das Special für Fokusthemen

medAmbiente care

Das Fachmagazin für Entscheider in Pflege- und Senioreneinrichtungen

Registrieren Sie sich für das kostenlose Abonnement:
(für 3 Monate ohne automatische Verlängerung)

Fax: +49 (0) 6201 606 790

E-Mail: mk@wiley.com

(Foto oder Scan des ausgefüllten Formulars genügt)

Ihre Ansprechpartner für die Medienberatung:

Dipl.-Kfm. Manfred Böhler
Anzeigenleitung
Tel.: +49 (0) 6201 606 705
mboehler@wiley.com

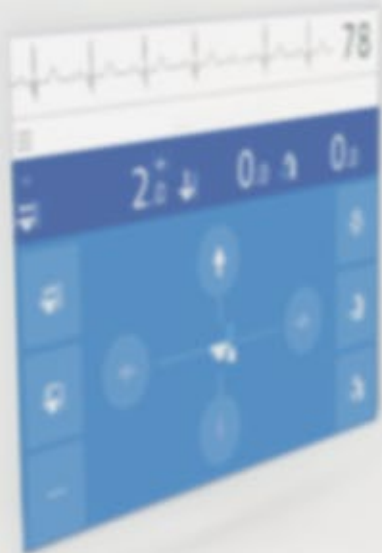
Verlagsbüro
Dr. Michael Leising
Tel.: +49 (0) 3603 8942 800
leising@leising-marketing.de

WILEY

PHILIPS

Radiologie

Incisive CT



Vielfältige Ziele. Ganzheitliche Lösungen.

Sie möchten die Patienten- und Mitarbeiterzufriedenheit verbessern, Ihre Ergebnisqualität erhöhen und die Wirtschaftlichkeit sichern. Um Sie darin zu unterstützen, entwickeln wir ganzheitliche Lösungen wie Incisive CT, DigitalDiagnost C90 und Ingenua Ambition 1.5T. Darüber hinaus stehen wir Ihnen mit Beratungsleistungen zur Seite. Heute und in der Zukunft. Es gibt immer einen Weg, das Leben besser zu machen.

Besuchen Sie uns auf dem Röntgenkongress in Halle 2, Stand B5 oder unter philips.de/radiologie
#RadiologiederZukunft

innovation  you

