

Der gläserne Patient

Durch die Kombination von bildgebenden Verfahren können Mediziner Krankheiten immer besser verstehen – und gezielter behandeln

Link

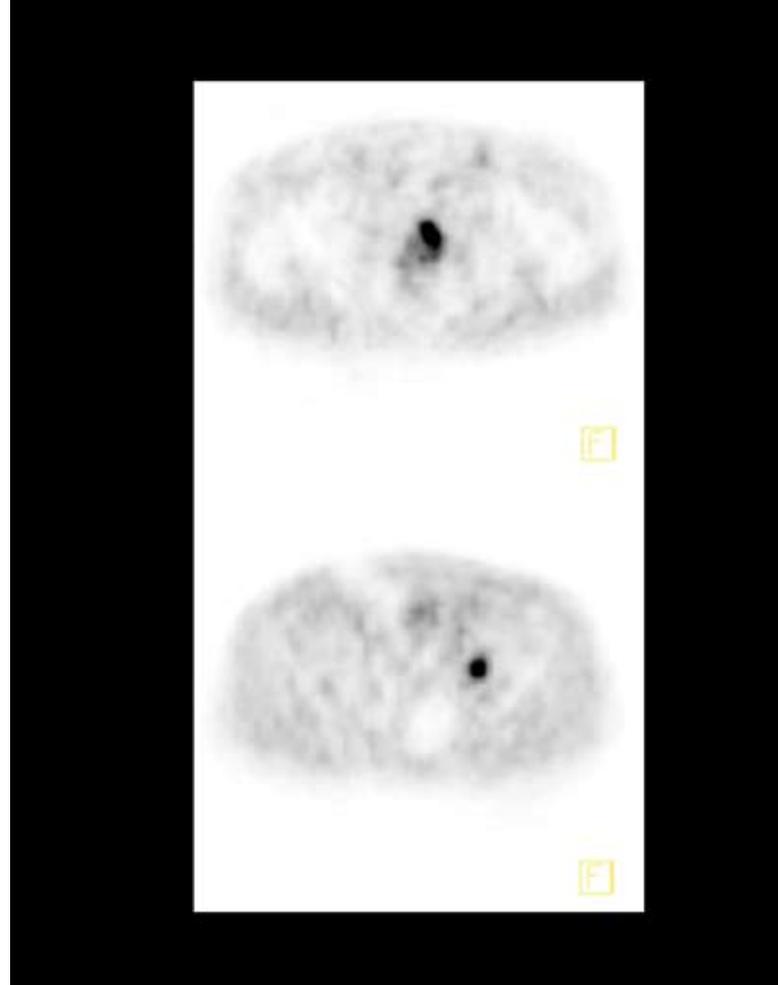
www.nuk.med.tu-muenchen.de

Der Mann mit dem grauen Stoppel-Haarschnitt verschränkt die Arme hinter dem Kopf, starrt gegen das blendende Weiß der Zimmerdecke, dann schließt er die Augen. Er liegt auf einer Liege aus hellem Kunststoff, die schwarzen Polster sind mit Frotteetüchern ausgelegt. Im Protokoll-Buch der technischen Assistentin auf Seite 261 steht das Wichtigste in Kürze: Größe – 193 Zentimeter. Gewicht – 90 Kilo. Außerdem ist vermerkt, wie Patient 261 zuletzt auf das radioaktiv markierte Kontrastmittel reagierte, das ihm vor der Untersuchung in die Vene gespritzt wurde. Die technische Assistentin nickt, „ist alles o.k.“, und drückt einen Knopf am Fußende der Liege. „Das wird jetzt a bissl eng“, sagt sie. Es brummt und surrt, als die Liege ins Innere einer mannshohen Röhre fährt. Es ist, als würde Patient 261 langsam von ihr verschluckt: Erst Kopf und Arme, dann Brust, Unterleib und Beine. Danach ist es still. Nur die Klimaanlage rauscht leise.

Menschenbilder scheinchenweise

Im Nebenraum, der durch eine daumendicke Glaswand vom Untersuchungszimmer getrennt ist, sitzt eine weitere technische Assistentin vor einem Computermonitor. Während in der Röhre ein Röntgenscanner den Körper des Patienten abtastet, fügt ein Computerprogramm sein Abbild auf dem Display zusammen. Die kalziumhaltigen Knochen der Wirbelsäule sind mit zart hellen Strichen umrissen, die Organe dunkel- bis hellgrau gekörnt. Eine klassische Computertomographie (CT), mit deren Hilfe die Ärzte den Körper als Querschnitt rekonstruieren können, um Tumore im Gewebe zu erkennen. Die Methode ist simpel: Eine Röntgenröhre dreht sich in dem ringförmigen Gehäuse um den Patienten herum, Detektoren fangen die kontinuierlich abgegebenen Röntgenstrahlen auf. Aus diesen Messdaten errechnet ein Computer mit Hilfe einer komplexen Software die Bilder. Ein großer Nachteil: Tumore werden lediglich als Abschwächung der Strahlung aufgrund ihrer Dichte dargestellt – es bleibt unklar, ob es sich dabei um ein bösartiges Krebsgeschwür oder eine ungefährliche Zyste handelt.

Hier kommt der zweite Scanner ins Spiel: Er wird zur Positronen-Emissions-Tomographie (PET) eingesetzt, einem Verfahren, mit dem Stoffwechselforgänge sichtbar gemacht werden können. Das Prinzip: 90 Minuten vor der Untersuchung bekommt der Patient ein radio-

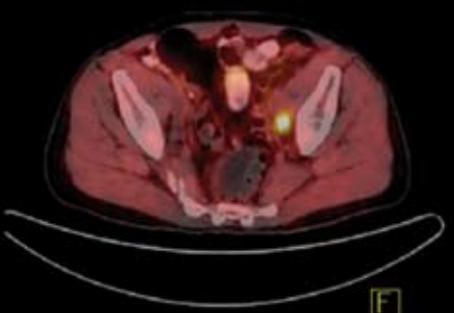
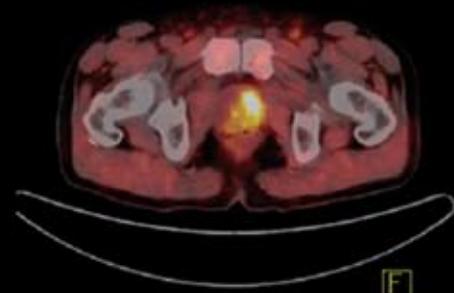
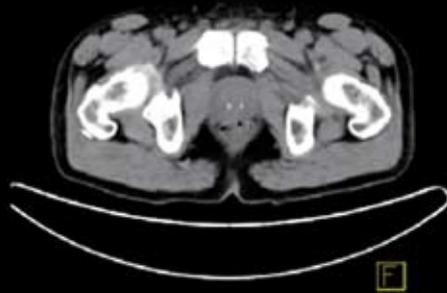


aktiv markiertes Präparat in die Vene gespritzt, das instabile Atomkerne enthält. Beim Patienten 261 ist es ein mit Fluor-18 markierter Zucker. Ein Krebsgeschwür beispielsweise verstoffwechselt besonders viel Zucker: Bei einer Lunge, auf deren Röntgenbild ein weißer Fleck (Verschattung) sichtbar ist, entdeckt der PET-Scanner im bösartigen Tumor größere Mengen der – auf dem Abbild farblich markierten – Signalstoffe. Bei einer gutartigen Veränderung zeigt das Kontrastmittel keine Anreicherung. „Das Besondere ist, dass wir die verschiedenen Verfahren in einem Apparat zusammenbringen“, sagt Markus Schwaiger, Direktor der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin am Klinikum rechts der Isar.

PET- und CT-Bilder werden übereinandergelegt: „Als ob man ein Radarbild auf eine Landkarte projiziert“, erklärt der Wissenschaftler. Der Vorteil: Während die Röntgenstrahlung von außen den Körper durchdringt und das Knochengestüt – wie ein Schatten – Bilder wirft, kommt die Strahlung beim PET-Verfahren aus dem Körperinneren, wo sich biochemische Prozesse abspielen.

Zwei Einblicke zum gleichen Zeitpunkt

Beide Methoden zusammen ergänzen sich hervorragend: „Durch die präzise Bildgebung wissen wir nicht



Die dreiteilige Bildfolge (links PET, Mitte CT, rechts fusioniertes C-11-Colin) zeigt die Befunde eines 62-jährigen Patienten mit Prostatakarzinom. Die obere Bildreihe stellt den Primärtumor dar, die untere eine Lymphknotenmetastase.

nur, ob der Patient gesund oder krank ist: Wir wissen, wo die Erkrankung liegt, wie schwerwiegend sie ist, wie schnell sie fortschreitet“, sagt Schwaiger. Die räumliche Auflösung der PET-Scanner ist inzwischen hoch genug, um Veränderungen des Stoffwechsels – zum Beispiel das Heranwachsen oder Schrumpfen eines Tumors – zu berechnen. Eingriffe wie die Biopsie werden dadurch weniger häufig eingesetzt: „Das wäre bislang das Standardverfahren, um einen unbekanntes Rundherd in der Lunge zu untersuchen“, so Schwaiger. „Eine Nadel muss durch die Atemwege geführt, Gewebeprobe müssen entnommen werden.“ Das ist zwar auch präzise – es ist aber unangenehmer für den Patienten, als nur 20 Minuten in der Röhre zu liegen. Denn länger dauert die Untersuchung nicht.

Nachdem der PET-CT-Tomograph Patient 261 gescannt und unversehrt wieder entlassen hat, gehen die Ergebnisse zur Bildauswertung. Ein verdunkelter Raum, der aussieht wie die Schaltzentrale in einem intergalaktischen Raumschiff. An den Computermonitoren unter gedimmten Deckenleuchten sitzen fünf bis sechs Ärzte, Experten aus den Fachbereichen Radiologie und Nuklearmedizin. 15 Auswertungen pro Tag erledigen sie gemeinsam. Jens Stollfuß, Radiologe in grünem Kittel,

fährt mit dem Cursor über einen Fleck, der über einem der 257 CT-Bilder des Patienten liegt. „Könnte die Schilddrüse sein.“

Um eine exakte Diagnose zu treffen, muss Stollfuß nicht nur sein Handwerk beherrschen – er muss auch mit den neuesten Studienergebnissen vertraut sein. „Insbesondere zu den Kontrastmitteln werden unzählige Beiträge publiziert“, sagt er. „Da muss man eine Auswahl treffen, um nicht die Übersicht zu verlieren.“ Das CT-Bild klickt er beiseite – erst mit Hilfe des PET-Materials kann er das Geschwür sicher zuordnen. Dabei geht es den Nuklearmedizinern nicht allein um die schnellstmögliche Diagnose: „Mit dem PET-CT-Verfahren können wir außerdem die Therapie überwachen“, sagt Klinikdirektor Schwaiger. Denn auch Medikamente lassen sich radioaktiv markieren: Auf dem PET-Bild würde zum Beispiel sichtbar, wenn eine Substanz nicht wirkt und das wachstumshemmende Medikament nicht an die Rezeptoren der Krebszellen andockt.

„Wenn wir das Nichtansprechen auf ein Medikament rechtzeitig erkennen, können wir innerhalb kürzester Zeit ein anderes Medikament ansetzen“, sagt Schwaiger. Das ermöglicht nicht nur eine schnellere Behand- ▶



Foto: TUM

20 Minuten dauert die Untersuchung in der PET-CT-Röhre. Während der Scanner Bilder einfängt, werden die Daten im Kontrollraum auf Computern zusammengefügt. Die Ergebnisse werden von Nuklearmedizinern und Radiologen ausgewertet.

**3D-Bilder von PET-CT-Daten:
„Wie ein Flug durch den Patienten“**

Mit Computerprogrammen lassen sich PET-CT-Daten nicht nur als Schnittbilder, sondern auch 3D-Animationen auswerten: Fahrten durch das Körperinnere werden plastisch, als wenn sich eine Kamera durch den Körper schlängelt. Für eine bessere räumliche Detaillierbarkeit und z. B. die Lehre können diese 3D-Darstellungen nützlich sein. „Doch für eine Diagnosestellung zieht der Kliniker zumeist die Schichtbilder heran“, sagt Bernd Joachim Krause, Oberarzt an der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin in München. Ein klinisches Beispiel für 3D-Bilder sind z.B. die Darstellung von Herzkranzgefäßen und die zeitgleiche Visualisierung von Ablagerungen (Plaques) in den Herzkranzgefäßen mit der PET, die einen Herzinfarkt auslösen können“, so der Experte.

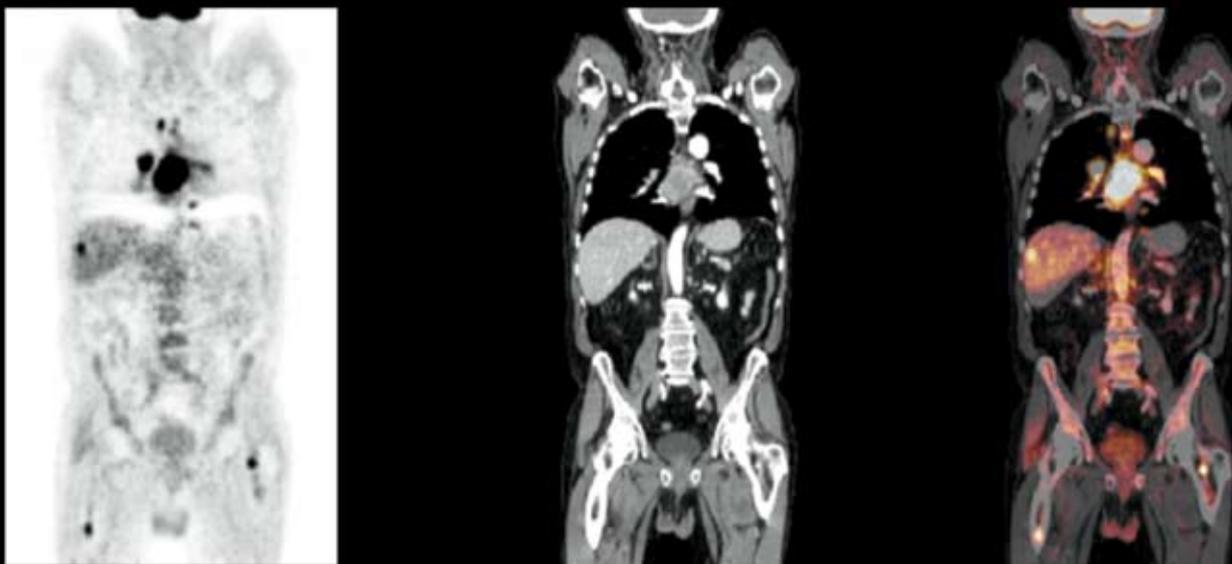
Die Zukunft der PET-CT sieht Krause dagegen nicht in immer aufwändigeren dreidimensionalen Darstellungen, sondern in der Entwicklung neuer Radiopharmaka – also Stoffen, die über die Darstellung spezifischer Stoffwechselfvorgänge den Tumor noch genauer und kontrastreicher im Vergleich zum Normalgewebe darstellen. Das ermöglicht zukünftig eine noch individualisiertere und patientenzentrierte Behandlung bei vielen Krankheitsbildern. „Dazu kommt, dass PET-CT-Tomographen zunehmend fester Bestandteil klinischer Routinediagnostik werden“, sagt Krause „Das wird in den nächsten Jahren insbesondere bei Krebserkrankungen gelingen.“

lung, es spart auch eine Menge Geld: Mehrere tausend Euro kostet der Einsatz seltener Krebs-Medikamente – und zwar innerhalb kurzer Zeit.

Der Methodenmix gibt Patienten neue Chancen

„Die Medizin wird immer spezieller, immer aufwändiger – aber auch immer teurer“, sagt Schwaiger. „Wenn wir früher diagnostizieren, gezielter behandeln und den Prozess besser überwachen, können wir die Kosten in den Griff bekommen.“ Die Kombination aus PET und CT ist nicht das einzige Forschungsfeld an der nuklearmedizinischen Klinik: Die Wissenschaftler arbeiten ebenfalls an einer Verbindung von PET und der Magnetresonanztomographie (MRT), auch Kernspintomographie genannt. Eine Methode, die sich besonders zur Untersuchung des Gehirns eignet: Ein kräftiger Magnet, dessen Feld etwa 30.000-mal stärker ist als das Erdmagnetfeld, richtet die Kerne von Wasserstoffatomen im Körper aus, wie bei einer Kompassnadel. Anschließend werden Radiowellen ins Gewebe gesendet, die Wasserstoffatome schwingen in ihre Ausgangsposition zurück und setzen elektromagnetische Signale frei – Informationen, die ein Computer in Bilder umwandeln kann.

„Durch eine Ergänzung der PET-Aufnahmen mit den MRT-Bildern können wir verschiedene Gehirnzentren



Fotos: TUM

Das PET-, CT- und das fusionierte FDG-PET-CT-Bild (v.l.) zeigen einen 80-jährigen Patienten mit Lymphdrüsenkrebs. Zu sehen sind Tumore in den Lymphknoten sowie Metastasen in Lunge und Leber.

darstellen, sogar deren Durchblutung“, sagt Schwaiger. Das hilft Ärzten z. B. bei der Vorbereitung von Eingriffen bei Hirntumoren, aber auch in der Schmerzforschung: Zentren, die chronische Schmerzen auslösen, können bei Patienten mit Hilfe von radioaktiv markierten Kontrastmitteln im Gehirn lokalisiert werden. Während die MRT kaum Risiken mit sich bringt, wird bei einer CT Röntgenstrahlung freigesetzt. Das gilt auch für die radioaktiven Kontrastmittel bei der PET-Analyse, allerdings ist die Strahlenbelastung dabei geringer als durch die CT. Doch: Durch die Kombination der Verfahren erhöht sich auch die Strahlenbelastung insgesamt. „Gerade bei Kindern versuchen wir, auf solche Untersuchungen zu verzichten“, sagt Schwaiger. „Sie befinden sich noch im Wachstum, die Strahlung ist für sie besonders schädlich.“

Die Zukunft: Tumore erkennen, ehe sie wachsen

Bei einer Krebserkrankung gilt jedoch: Die Ergebnisse der PET und CT nutzen weitaus mehr, als sie Schaden anrichten können. Außerdem ist die Forschung bemüht, die Nebenwirkungen der radioaktiv markierten Kontrastmittel zu minimieren. Diese sind bereits heute weitgehend ungefährlich: „Die Halbwertszeit eines Signalmittels beträgt ungefähr zwei Stunden“, so der Experte.

„Das bedeutet: Nach zwölf Stunden sind praktisch keine radioaktiven Stoffe mehr im Körper.“

Vor dem radioaktiven „Cocktail“ fürchten sich die meisten Patienten seltener als vor der engen Röhre: Brigitte Dzewas, eine der technischen Assistentinnen, kennt die Ängste der Menschen gut. Ihr Job ist es, sie über die Strahlenbelastung von Kontrastmittel und Röntgenscanner aufzuklären – und ihnen die Angst vor der Untersuchung zu nehmen. „Etwa zwei Patienten pro Monat weigern sich, in die Röhre zu steigen“, sagt Dzewas. „Sie wollen auf keinen Fall die Enge ertragen.“ Die Ärzte verabreichen dann leichte Beruhigungsmittel, obwohl die Sorge oftmals unbegründet ist: Die PET-CT-Röhre ist an Kopf- und Fußende geöffnet, Mund und Nase liegen frei. „Bei älteren Geräten war das anders“, erinnert sich ein Patient, der vor dem Untersuchungszimmer wartet. „Dort hatte ich die Röhre unmittelbar vor dem Gesicht und bekam richtige Platzangst.“ Ob es in Zukunft PET-CT-Scanner ohne Röhren gibt, sei dahingestellt: „Auf jeden Fall arbeiten wir an noch detaillierteren Darstellungen, um immer besser zu begreifen, wie Krankheiten entstehen“, sagt Schwaiger. Denn: Tumore beginnen im Submillimeterbereich zu wachsen – und mit detaillierten Mikroskopbildern könnte man Geschwülste vielleicht schon erkennen, bevor es sie gibt. *Philipp Eins*