

Nuklearmedizin: **D**iagnostik und **T**herapie mit offenen **R**adionukliden

- ▶ Wo werden nuklearmedizinische Verfahren eingesetzt?
- ▶ Was leisten sie für Patienten?
- ▶ Wie groß ist die Strahlenexposition?

*Eine Information der
Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin e.V. (DGN)
und des Berufsverbandes
Deutscher Nuklearmediziner e.V. (BDN)*

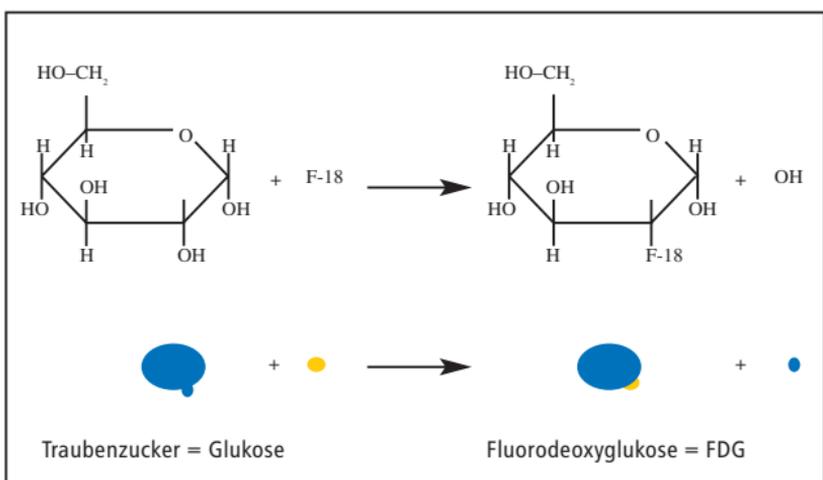
Das Fachgebiet Nuklearmedizin bietet mit seiner mehr als 50jährigen Erfahrung in Forschung und klinischer Anwendung zahlreiche gut etablierter Untersuchungs- und Behandlungsverfahren für viele Bereiche der Medizin. Vielleicht am bekanntesten ist in der Bundesrepublik Deutschland die Schilddrüsendiagnostik und -therapie. Doch auch in der Krebsbekämpfung, bei Herzkrankheiten, der Untersuchung des Gehirns und des Zentralen Nervensystems, bei Rheuma und Skelettkrankheiten und vielen anderen Indikationen spielt die Nuklearmedizin eine entscheidende Rolle. Diese Broschüre kann sicherlich nur einen kleinen Einblick in das gewähren, was die Nuklearmedizin für ihre Patientinnen und Patienten und die allgemeine Medizin zu leisten imstande ist. Zwangsläufig werden einige Punkte offen bleiben. Bitte, besprechen Sie diese Fragen mit Ihrem behandelnden Nuklearmediziner oder richten Sie sich an uns.

Die Adresse finden Sie auf der letzten Seite.

Was ist Nuklearmedizin?

In der Nuklearmedizin kommen radioaktive Arzneimittel zum Einsatz. Sie bestehen aus einem Radioisotop, also einem radioaktiven Teilchen mit in der Regel sehr kurzer Halbwertszeit, und meist einem zweiten Bestandteil, der an einen bestimmten Zelltyp im Körper bindet. Dieser zweite, spezifische Bestandteil sorgt dafür, dass das Radioisotop über die Blutbahn, den Nahrungsstoffwechsel oder auch die Atemluft im Körper genau dorthin gelangt, wo es wirken soll, beziehungsweise wo bestimmte Stoffwechselforgänge sichtbar gemacht werden sollen. Krebszellen beispielsweise haben einen erhöhten Traubenzuckerverbrauch, so dass in der Krebsdiagnostik unter anderem ein mit einem Radioisotop (F-18) markierter Traubenzucker verwendet wird, um die krankhaften Tumorzellen aufzuspüren.

In der nuklearmedizinischen Diagnostik geht es also um das Sichtbarmachen von Stoffwechselforgängen. Dazu werden den Patienten geeignete Substanzen – sogenannte Radiopharmaka – verabreicht (beispielsweise durch Injektion in die



- Für die Herstellung von FDG wird nur eine sogenannte OH-Gruppe eines Traubenzuckermoleküls durch radioaktives Fluor ersetzt.



- ▶ a. Röntgenbild einer rechten Hand: Nach einem Unfall lassen sich trotz starker Schmerzen keine Knochenverletzungen nachweisen.
- ▶ b. Knochenszintigramm derselben Hand: Schwarze Flecken an der Handwurzel markieren die sehr wohl vorhandenen knöchernen Verletzungen.
- ▶ c. Das unter b. gezeigte Szintigramm in Farbdarstellung.



Blutbahn), die ganz spezifisch am fraglichen Stoffwechselprozess beteiligt sind und diesen geradezu „markieren“. Das Sichtbarmachen erfolgt mit speziellen Untersuchungsgeräten, sogenannten Gammakameras. Diese können die jetzt vom Körper ausgehenden Gammastrahlen „sehen“ und in ein diagnostisches Bild, ein sogenanntes Szintigramm verwandeln. Damit unterscheiden sich nuklearmedizinische Untersuchungen auch von Röntgenuntersuchungen, bei denen die Strahlen von aussen (von der Röntgenröhre ausgehend) durch den Körper gesandt werden und bei denen anatomische Details des Körpers auf Röntgenbildern dargestellt werden.

Da verschiedene Stoffwechselforgänge mit ganz unterschiedlicher Geschwindigkeit ablaufen, kann die Zeit, die zwischen dem Verabreichen des Radiopharmakons und der eigentlichen Untersuchung verstreichen muss, stark variieren. Wenige Minuten sind ebenso möglich wie einige Tage. Auch kann die Zeit, die der Patient an der Gammakamera verbringen muss, aus unterschiedlichen Gründen ebenfalls zwischen wenigen Minuten und in seltenen Fällen sogar mehr als einer Stunde variieren. Die jeweiligen Gegebenheiten werden Ihnen von den nuklearmedizinischen Mitarbeitern im Detail erläutert. Diese Erläuterungen werden auch unterschiedliche Vorbereitungen mit beinhalten (nüchtern, nicht nüchtern; Blasenentleerung vor Untersuchung; untersuchungsspezifische Mahlzeiten usw.).

Nuklearmedizinische Therapie

Bei der nuklearmedizinischen Therapie gelangt ein Radiopharmazeutikum wie bei der Diagnostik direkt bis an die krankhaften Zellen und zerstört sie durch radioaktive Strahlen. Auch hier liegt ein prinzipieller Unterschied zur radiologischen Strahlentherapie vor. Bei letzterer dringt hochenergetische Strahlung, ausgehend von Linearbeschleunigern oder von umschlossenen Radioisotopen, von außen in den Körper ein, durchdringt das benachbarte Gewebe und wird dann durch entsprechende Techniken im Zielgewebe gebündelt.

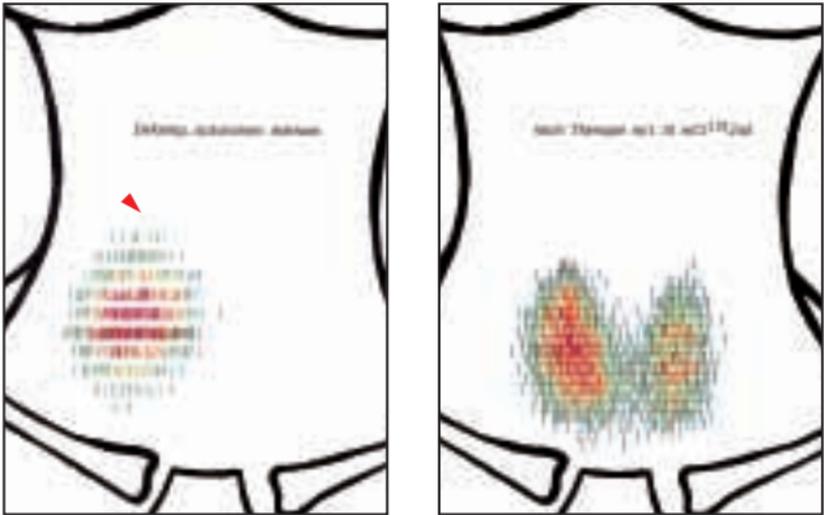
Schilddrüse: Untersuchung und Behandlung

Untersuchung – Diagnostik

Schilddrüsenerkrankungen sind in einem Jodmangelgebiet wie der Bundesrepublik Deutschland leider immer noch weit verbreitet. Die im Halsbereich gelegene, schmetterlingsförmige Schilddrüse produziert aus Aminosäuren und Jod die beiden lebenswichtigen Hormone T3 und T4 (enthalten drei beziehungsweise vier Atome Jod), die in allen Zellen des Körpers den Energieumsatz und die Eiweissproduktion steuern. Dabei gibt sie immer exakt soviel Hormon ins Blut ab, wie der Körper benötigt. Ist diese „Feinregulation“ gestört, kommt es zur sogenannten Schilddrüsenüber- oder unterfunktion. Außerdem kann sich die Schilddrüse vergrößern und Knoten bilden. Dann spricht man vom Kropf beziehungsweise heißen und kalten Knoten. Heiße Knoten führen nicht selten zur Schilddrüsenüberfunktion und müssen daher ausgeschaltet werden. Kalte Knoten sind funktionslos. Sie müssen zunächst mit Ultraschall, gegebenenfalls mittels einer Punktion zur Gewebs-Untersuchung weiter abgeklärt werden, da sie auf Narbengewebe, Zysten, aber auch Krebsgeschwüre hinweisen



► *In der schmetterlingsförmigen Schilddrüse werden wichtige Hormone gebildet.*



- *Schilddrüsenszintigramme: Links: „Heißer“ Knoten im rechten Schilddrüsenlappen (im Bild links, Pfeil), Iod wird vermehrt angereichert. Rechts: dieselbe Schilddrüse nach Radioiodtherapie: Die Schilddrüse reichert das Tc-99 wieder gleichmäßig an.*

können. Der Jodstoffwechsel der Schilddrüse läßt sich im Schilddrüsenszintigramm mit Jodisotopen, aber auch mit speziellen Radioisotopen, die sich Jod-ähnlich verhalten (Tc-99, I-123) sichtbar machen. Waren im Ultraschallbild beispielsweise Knoten zu erkennen, läßt sich nun zwischen kalten und heißen Knoten unterscheiden: Die heißen Knoten lagern Radioaktivität ein, die kalten nicht. Für die gründliche Untersuchung der Schilddrüse sind diese Informationen unverzichtbar.

Behandlung – Therapie

Die zentrale Rolle, die die Schilddrüse im Organismus spielt, macht eine ausgewogene Therapie bei Erkrankungen dringend erforderlich. Hier spielt der Nuklearmediziner die Rolle des Schilddrüsenhausarztes, gegebenenfalls durch Verschreibung spezieller Medikamente. Daneben gibt es eine spezifische nuklearmedizinische Therapie, bei der radioaktives Jod (I-131) zur Anwendung gelangt. Dem Patienten werden Kapseln, die I-131 enthalten, oral verabreicht; das Jod wandert durch die Blutbahn und konzentriert sich in der erkrankten Schilddrüse. Diese wird (unter Schonung des übrigen Körpers) bestrahlt. Auf diese Weise kann man Kröpfe unblutig verkleinern und Überfunktionen dauerhaft beseitigen. Die Behandlung ist nur auf speziell dafür eingerichteten Therapiestationen möglich.

Krebserkrankungen – Onkologie

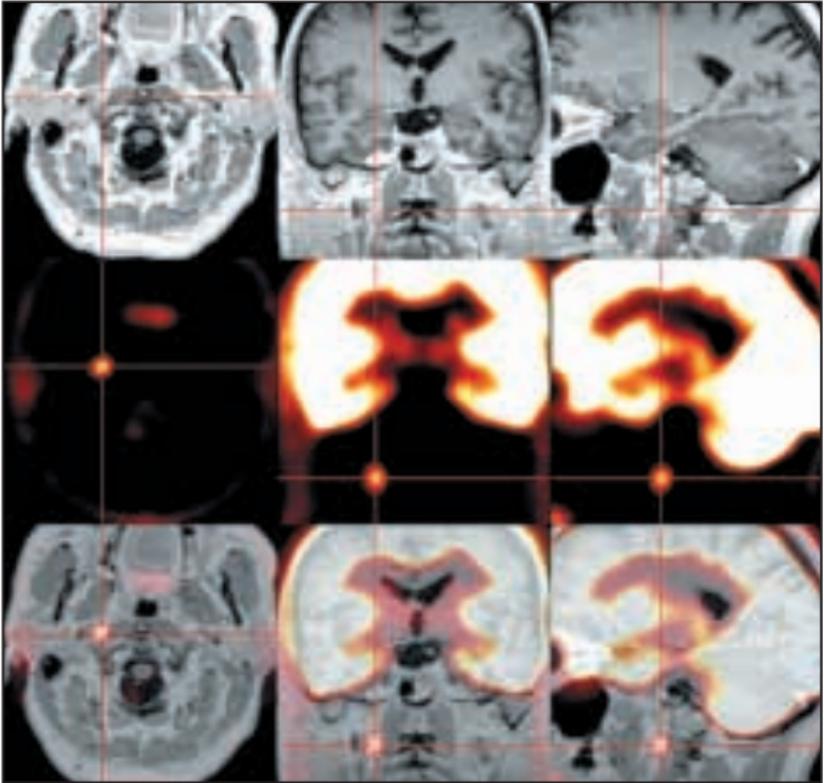
Optimale Therapie durch exakte Diagnostik

Tumorzellen, also die entarteten Zellen in einem Krebsgeschwür, unterscheiden sich in ihrem Stoffwechsel von gesunden Zellen. So haben nahezu alle Krebszellen einen erhöhten Umsatz an Traubenzucker. Bei einigen Krebserkrankungen werden vom betroffenen Organ verstärkt Hormone produziert, wieder andere Krebszellen zeichnen sich dadurch aus, dass auf ihrer Oberfläche bestimmte Eiweiss-Strukturen vorhanden sind. Diese Besonderheiten treten nicht nur bei den Zellen des sogenannten Primärtumors auf (also dem Geschwür, von dem die Krebserkrankung ausgeht), sondern – da es sich ja jeweils um den gleichen Zelltyp handelt – auch bei allen Tochtergeschwülsten (Metastasen).

Besteht beispielsweise der Verdacht, dass ein bekannter Primärtumor sich bereits im Körper ausgebreitet hat, ist es in vielen Fällen möglich, radioaktiv markierten Traubenzucker oder eine Substanz, die spezifisch an die Tumorzellen bindet, in die Blutbahn zu injizieren und anschließend eine Aufnahme des gesamten Körpers anzufertigen. Gibt es bereits Tochtergeschwülste, so sind auch diese szintigraphisch erfassbar.

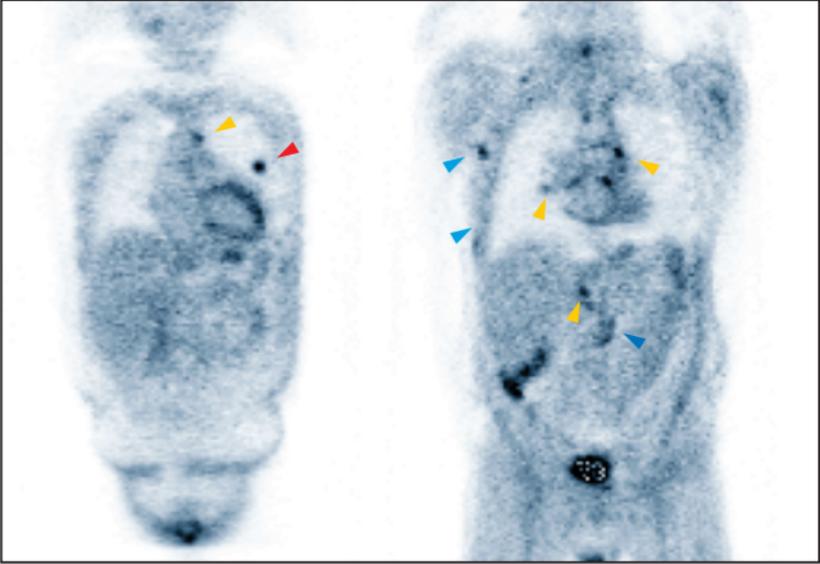
Radiojodtumortherapie und Radioimmuntherapie

Die speziellen Stoffwechseleigenschaften von Krebszellen ermöglichen es, die Krankheit mit Radionukliden nicht nur zu untersuchen, sondern auch zu bekämpfen. Bisher gibt es erst für wenige Krebserkrankungen erprobte Verfahren. Diese folgen jedoch alle dem gleichen, erfolgreichen Prinzip: Ein geeignetes Radiopharmazeutikum spürt gezielt die Tumorzellen auf und zerstört sie durch Strahlung. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise kleinste, weit verstreute Tochtergeschwülste bekämpfen.



- Bei diesem Patienten, der nach überstandenem Schilddrüsenkrebs wieder erhöhte Tumormarker aufwies, konnte erst mit der PET-Aufnahme des Kopf-Hals-Bereiches eine Lymphknotenmetastase aufgespürt werden. Gut zu sehen ist, wie PET-Bilder (Mitte) mit Magnetresonanztomographieaufnahmen (oben) kombiniert werden können (unten), um den Tumor (im „Fadenkreuz“) noch exakter zu lokalisieren.

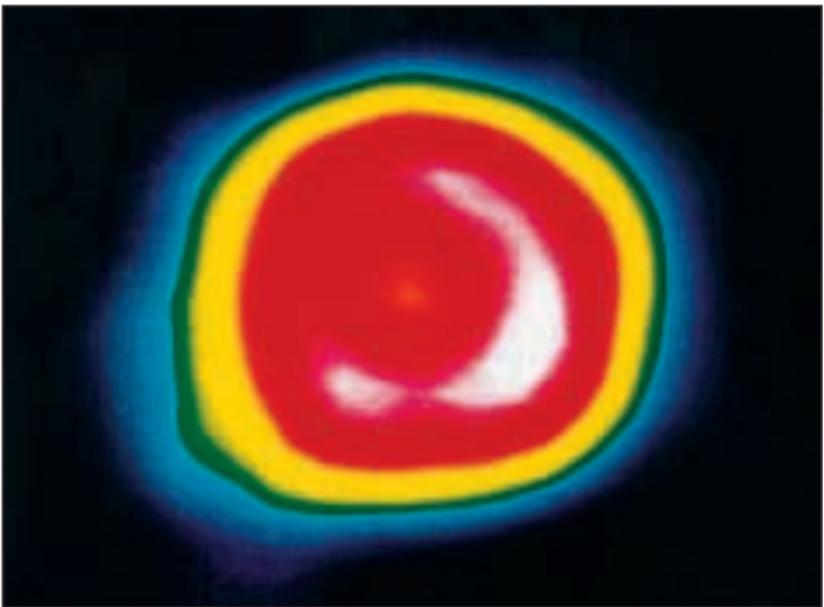
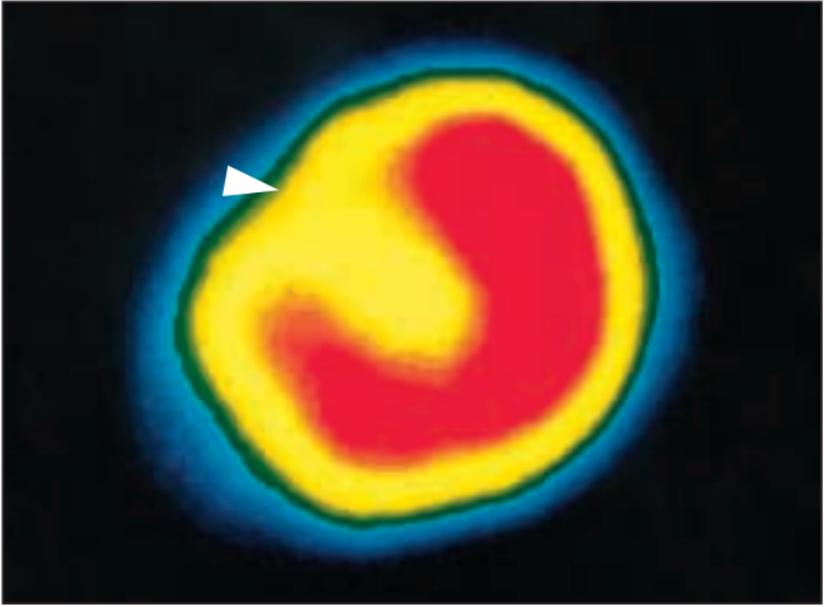
Bekannt und seit Jahrzehnten eingesetzte Routine ist die hochdosierte Therapie mit I-131 beim Schilddrüsenkrebs. Sie kommt im Anschluß an die operative Entfernung einer bösartig veränderten Schilddrüse zum Einsatz und entfernt äußerst wirkungsvoll eventuell bestehendes Schilddrüsenrestgewebe und mögliche Metastasen. Wie bei der normalen Radiojodtherapie wird auch bei der Radiojodtumortherapie I-131 auf Isotopenstationen verabreicht. Neu und noch nicht routinemäßig verfügbar sind Verfahren, bei denen man spezifische, gegen Krebszellen gerichtete Eiweiße hochdosiert mit Radioisotopen markiert und in die Blutbahn einspritzt (Radioimmuntherapie). Auch wenn dieses Verfahren bisher nur in wenigen nuklearmedizinischen Zentren an Patienten eingesetzt wird, zeichnet sich dennoch ab, dass es in den kommenden Jahren Einzug in die klinische Routine halten wird.



► Dieser Patient mit Lymphknotenkrebs befindet sich in einem weitfortgeschrittenen Krankheitsstadium. Befallen sind Lunge (→), Lymphknoten in Brust- (→) und Bauchhöhle (→) und Rippen im Bereich des Brustkorbes (→).

Langfristige Linderung bei Krebschmerzen

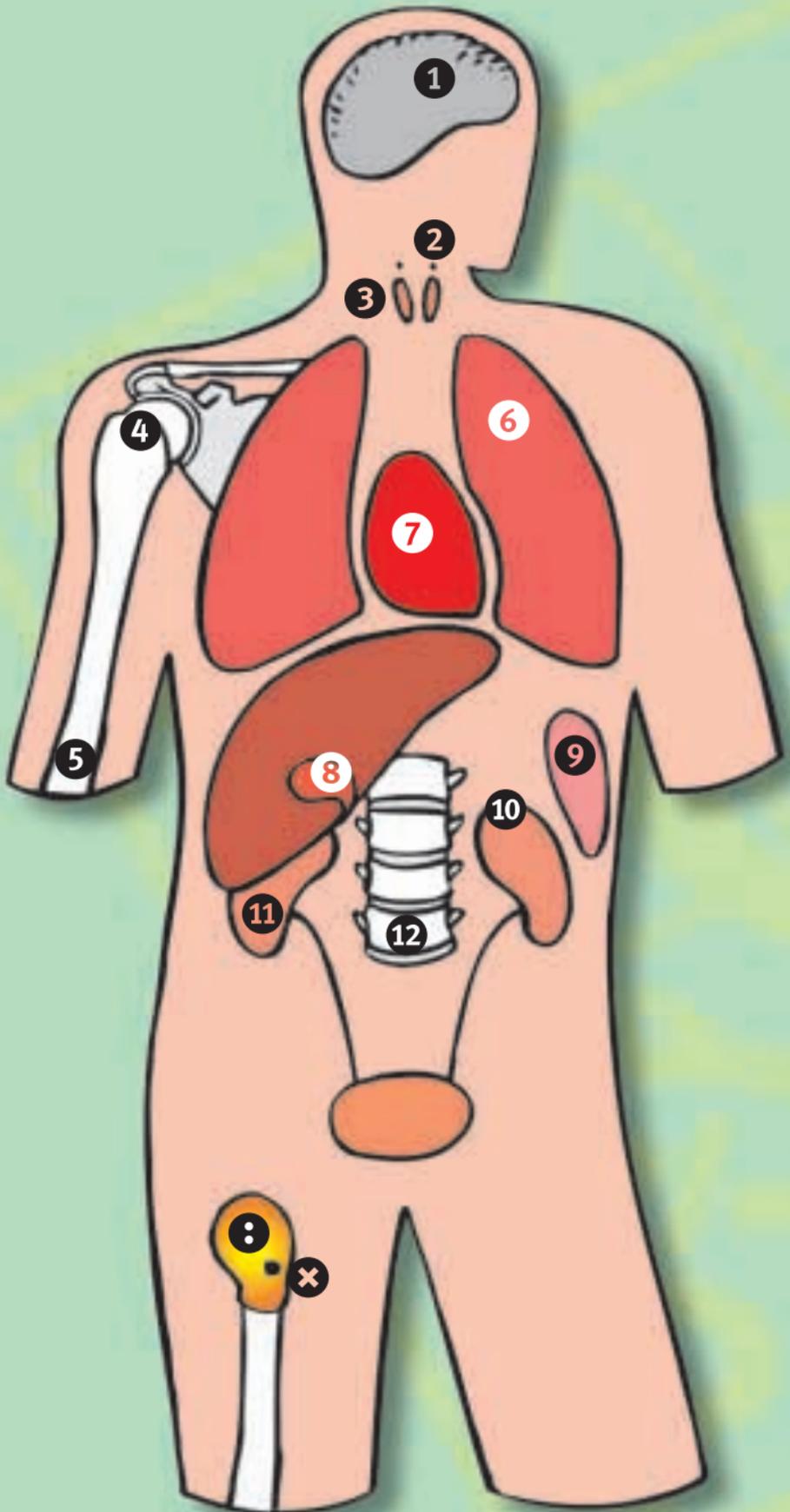
Krebspatienten, bei denen der Tumor Tochtergeschwülste ins Skelett abgesiedelt hat, leiden häufig unter sehr starken Schmerzen. Für oft mehrere Monate andauernde Schmerzlinderung oder -freiheit sorgt die nuklearmedizinische palliative Schmerztherapie, die bereits sehr lange bekannt ist, jedoch in den vergangenen Jahren durch neue Radiopharmaka deutlich verbessert wurde. Diese Radiopharmaka konzentrieren sich in den Tochtergeschwülsten und sorgen bei einem Grossteil der Patienten nach einmaliger Gabe für eine deutliche, langfristige Linderung der Schmerzen, so dass in der Regel eine Reduktion der Schmerzmittelgabe möglich ist. Bei Bedarf können diese Therapien wiederholt werden.



- oben: Szintigramm des Herzens in Belastung (etwa auf dem Fahrradergometer): Der Pfeil weist auf eine gut sichtbare Mangel durchblutung in der Vorderwand des Herzens; unten: in Ruhe hat sich die Herz durchblutung wieder normalisiert.

Herzkrankheiten – Kardiologie

In der Herzdiagnostik spielt die Nuklearmedizin schon seit Jahrzehnten eine wichtige Rolle – insbesondere bei einer der „Volkskrankheiten“, der Koronaren Herzkrankheit (KHK). Bei dieser Krankheit werden durch Fettablagerungen die Herz-



- 1 **Hirn**
Diagnostik: Hirn-Szintigraphie
- 2 **Nebenschilddrüse**
Diagnostik: Nebenschilddrüsen-Szintigraphie
- 3 **Schilddrüse**
Diagnostik: Labordiagnostik, Szintigraphie
Therapie: Radioiodtherapie
- 4 **Gelenke**
Diagnostik: Entzündungs-Szintigraphie
Therapie: Radiosynoviorthese
- 5 **Skelett**
Diagnostik: Skelett-Szintigraphie
Therapie: Radiostrontium- / Samariumtherapie
- 6 **Lunge**
Diagnostik: Lungen-Szintigraphie
- 7 **Herz**
Diagnostik: Myokard-Szintigraphie, PET
- 8 **Leber | Gallenblase**
Diagnostik: dynamische Leber- / Gallen-Szintigraphie
- 9 **Milz**
Diagnostik: Milz-Szintigraphie
- 10 **Nebenniere**
Diagnostik: Nebennierenrinden- /
Nebennierenmarks-Szintigraphie
- 11 **Nieren | Harnwege**
Diagnostik: Isotopennephrogramm, Szintigraphie
- 12 **Wirbelsäule**
Diagnostik: Skelett-Szintigraphie
- ✕ **Tumore**
Diagnostik: Tumor-Szintigraphie, PET
Therapie: Radioiod-, Radioimmuntherapie
- ⓘ **Entzündungen**
Diagnostik: Entzündungs-Szintigraphie

kranzgefäße, die den Herzmuskel versorgen, verengt oder sogar verstopft, so dass sich die Versorgung einzelner Bereiche des Herzens bis hin zum gefürchteten Herzinfarkt verschlechtert. Mit Hilfe der nuklearmedizinischen Untersuchung des Herzmuskels (Myokardszintigraphie), kann sichtbar gemacht werden, wo und wie stark die Nährstoffversorgung eingeschränkt ist. Dazu werden den Patienten spezielle Radiopharmaka ($Tc99$ -Sesta-MIBI, $Tl201$) in die Blutbahn injiziert, die sich im Herzmuskel besonders stark anreichern. Anders als bei der Koronarangiografie (Herzkatheteruntersuchung) werden also nicht die einzelnen Herzkranzgefäße mit Kontrastmittel röntgenologisch dargestellt, sondern es wird die regionale Herzmuskeldurchblutung sichtbar gemacht. Da Katheteruntersuchungen zwar die Einengung von Herzkranzgefäßen, nicht aber die Durchblutung des gesamten Herzmuskels sichtbar machen, sind Myokardszintigraphien bei der Planung und Kontrolle der KHK-Therapie unverzichtbar.

Ebenfalls eine wichtige Rolle spielt die nuklearmedizinische Diagnostik nach einem Herzinfarkt. Nicht immer ist Herzgewebe, das nicht mehr durchblutet wird, auch tatsächlich bereits abgestorben. Durch die Stoffverteilung von Zelle zu Zelle und andere Mechanismen kann eine minimale Nährstoffversorgung immer noch aufrechterhalten sein. Solches noch am Leben erhaltene, aber nicht oder kaum durchblutete Gewebe nennt man „winterschlafend“. Durch eine Operation am offenen Herzen lässt sich die Durchblutung häufig wiederherstellen, das Muskelgewebe kann sich erholen. Findet in den Herzmuskelzellen jedoch überhaupt kein Stoffwechsel mehr statt, sind sie in Folge des Infarktes abgestorben. Eine Herzoperation wäre ein den ohnehin geschwächten Patienten völlig sinnlos belastender Eingriff. Ob winterschlafend oder abgestorben wird mit anderen Radiopharmaka ($F18$ -FDG, $Tl201$) dargestellt.

Gehirn und Nervensystem

Das Nervensystem und insbesondere das Gehirn sind weit weniger als andere Organe für sogenannte invasive Untersuchungsmethoden zugänglich. So sind beispielsweise Gewebeentnahmen aus Gehirn oder Nervensystem mit einem hohen Risiko behaftet. Um Veränderungen an der Gewebestruktur (beispielsweise größere Hirntumoren, Einblutungen nach einem Schlaganfall) nachzuweisen, wird in der Regel eine Röntgen-Computertomographie oder Magnetresonanztomographie durchgeführt. Um hingegen Stoffwechselstörungen und andere Krankheiten des Gehirns nachzuweisen, werden nuklearmedizinische Verfahren benötigt. Wichtige Krankheitsfelder, auf denen die Nuklearmedizin über etablierte Verfahren verfügt, sind Demenzen, Epilepsie und Hirntumoren, aber auch die oft lebensrettende Schlaganfallakutdiagnostik, entzündliche Hirnerkrankungen und psychische Krankheiten wie etwa Depressionen.

Alzheimer und Co – Demenzen und Parkinson früher erkennen

Demenzen wie etwa die Alzheimer oder die Creutzfeld-Jakob-Krankheit können bis heute erst nach dem Tod des Betroffenen sicher diagnostiziert werden – durch die Untersuchung des Gehirngewebes. Zu Lebzeiten erfolgt die Diagnose und die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Krankheiten, die zu den typischen Symptomen führen, in erster Linie durch die sorgfältige Befragung der Kranken und ihrer Angehörigen. Hinweise liefern dabei unter anderem Verhaltensauffälligkeiten. Problematisch ist jedoch, dass derartige Symptome beispielsweise auch von schweren Depressionen herrühren können.

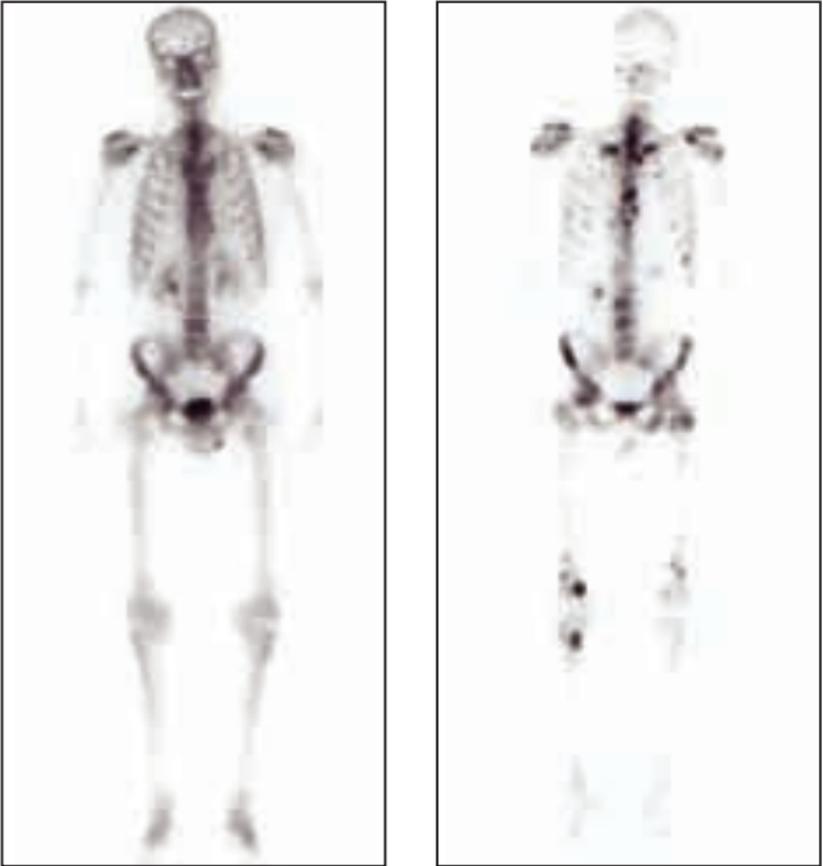
Diese Unsicherheit wiegt deshalb besonders schwer, weil inzwischen Medikamente zur Verfügung stehen, die den Krankheitsverlauf deutlich verlangsamen oder effektiv therapieren

Allerdings verbietet es sich aufgrund ihrer teilweise nicht unerheblichen Nebenwirkungen, die Behandlung „auf Verdacht“ durchzuführen. Eine zumindest weitgehend sichere Diagnose ist unabdingbar. So können die oben genannten klinischen Befunde in einem sehr frühen Stadium der Krankheit – und gerade dann ist die medikamentöse Therapie erfolgversprechend – durch nuklearmedizinische Verfahren (SPECT und PET) ergänzt werden. Nachgewiesen werden die bereits kurz nach Ausbruch der Krankheit auftretenden typischen Stoffwechsellmuster im Gehirn: Der Stoffumsatz ist in ganz spezifischen Regionen des Gehirns gestört.

Auch für die Behandlung der Parkinson-Krankheit (Schüttellähmung) ist es entscheidend, das Leiden bereits in einem frühen Stadium zu diagnostizieren und sicherzustellen, dass es sich nicht um parkinsonähnliche Symptome handelt – die wiederum ganz anders behandelt werden müssten. Für die entsprechende nuklearmedizinische Untersuchung wird der Botenstoff Dopamin, der bei Parkinson-Kranken nicht mehr in ausreichender Menge produziert wird – radioaktiv markiert. Auch hier ermöglichen bekannte, typische Verteilungsmuster der Substanz im Gehirn die Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Krankheiten.

Epilepsie – auf der Suche nach dem „Epizentrum“

Die Behandlung von Epileptikern ist in den vergangenen Jahren immer weiter verbessert worden. Ein nahezu „normales“ Leben ist heute für viele Betroffene unter medikamentöser Therapie die Regel. In einigen Fällen jedoch gelingt es mit den zur Verfügung stehenden Medikamenten nicht, die Anfälle zuverlässig zu verhindern. Eine Möglichkeit, diesen Patienten zu helfen, ist, das Zentrum, von dem die epileptischen Anfälle ausgehen, operativ zu entfernen. Da ein solcher Eingriff im Gehirn riskant ist und nur die minimal notwendige Menge an Gehirngewebe entnommen werden darf, muss zuvor dieser sogenannte epileptogene Herd genau lokalisiert werden. Dies ist am besten während eines Anfalls mit Hilfe der PET möglich, da der Zuckerumsatz in diesem Fokus dann drastisch gegenüber dem umliegenden Hirngewebe erhöht ist.



► links: normales, also gesundes Skelettszintigramm; rechts: Skelettszintigramm mit zahlreichen Metastasen, also Tochtergeschwülsten eines Krebstumors.

Knochen und Gelenke

Nachweis von Krankheiten und Verletzungen

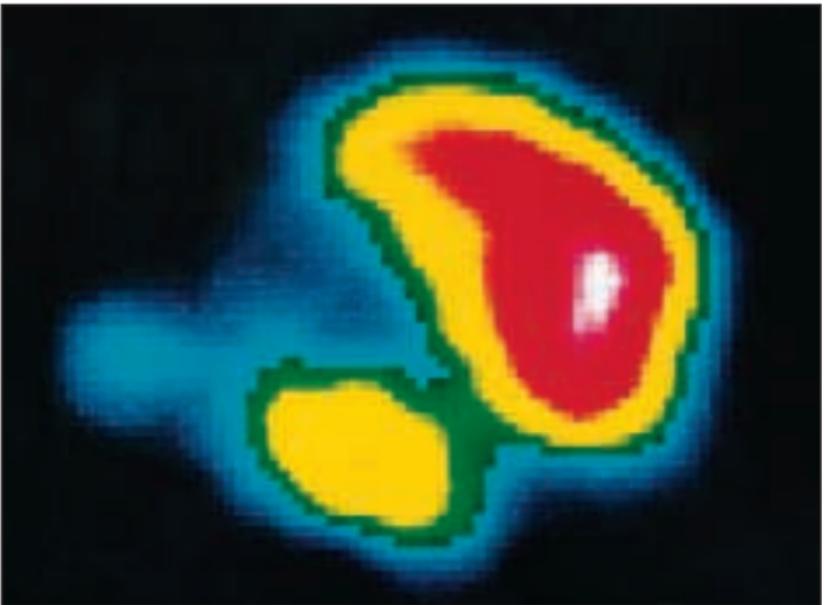
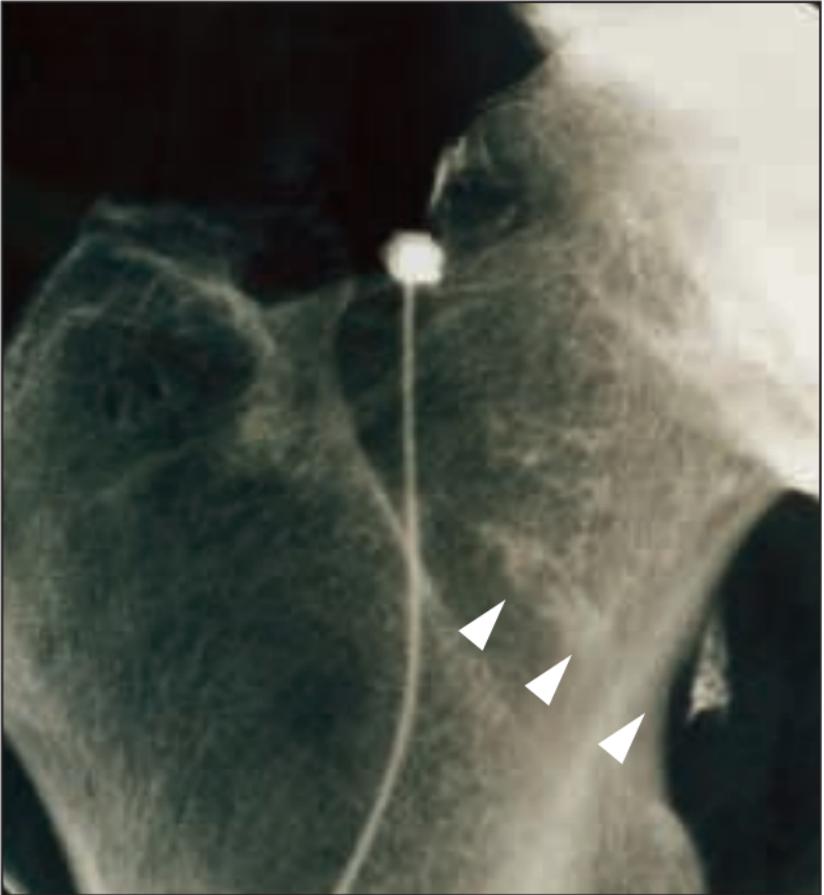
Im menschlichen Skelett wird ständig Kalziumphosphat aus- und eingebaut. Diese Umbauprozesse finden dort besonders intensiv statt, wo der Knochen stark beansprucht wird oder aber in erkrankten Knochen- und Gelenkregionen. Mit Hilfe der Skelettszintigraphie (Tc-99m-Phosphonate) lässt sich dieser Phosphatstoffwechsel sichtbar machen. Damit ist es möglich, anhand von Stoffwechselveränderungen Erkrankungen des Skeletts nachzuweisen, lange bevor morphologische Veränderungen am Knochen auftreten. Dies spielt zum Beispiel bei Krebspatienten eine Rolle, deren Tumor möglicherweise bereits Tochtergeschwülste in das Skelett abgesiedelt hat (insbesondere bei Brust- und Prostatakrebs). Weiterhin lassen sich mit Hilfe der Skelettszintigraphie Entzündungen

des Knochens oder der Gelenke nachweisen. Das Szintigramm zeigt nicht nur Lage und Intensität des oder der Entzündungs-herde(s), sondern es ermöglicht auch die Differenzierung zwischen Knochen- und Weichteilentzündung. Da mit nur einer Untersuchung das gesamte Skelett abgebildet werden kann, lassen sich – ohne zusätzliche Strahlenexposition – weit entfernte Krebsmetastasen ebenso aufspüren wie verstreut liegende Entzündungsherde.

Weiterhin lassen sich auf diese Weise frische, aber auch monatelang zurückliegende Verletzungen des Knochens nachweisen. Dies spielt in der Unfallheilkunde eine große Rolle, da beispielsweise Rippen- und Wirbelkörperverletzungen röntgenologisch häufig nicht dargestellt werden können. Ein weiteres Beispiel ist die Kindesmisshandlung. Hier kann die Skelettszintigraphie die typischen mehrfach aufeinanderfolgenden Gewalteinwirkungen dokumentieren und damit eine Handhabe liefern einzuschreiten.

Rheuma – langfristige Linderung durch Radiosynoviorthese

Rheumapatienten, bei denen einzelne Gelenke besonders schwer betroffen sind, können vom Verfahren der Radiosynoviorthese profitieren. Bei dieser nuklearmedizinischen Therapie wird ein Radiopharmakon direkt in das schmerzende, ruhiggestellte Gelenk gespritzt. Dort zerstört es die Zellen der wuchernden, entzündeten Gelenkinnenhaut (Synovia), die die Schmerzen verursacht. Zum Einsatz kommen dabei radioaktive Substanzen (Beta-Strahler), deren Strahlung im Gewebe nur eine Reichweite von wenigen Millimetern hat. Dadurch bleibt die Wirkung auf die entarteten Zellen der Gelenkinnenhaut beschränkt. Das umliegende Gewebe wird nicht geschädigt. Die Radiosynoviorthese kann, sollte die Gelenkinnenhaut erneut wuchern, problemlos wiederholt werden.



- *Radiosynoviorthese eines Hüftgelenks: Im Röntgenbild (oben) sieht man die korrekte Lage der Punktionsnadel. Die Pfeile zeigen die Ausbreitung des Kontrastmittels. Unten ist im Szintigramm die Verteilung des Radiopharmakons zu sehen.*

Lungenembolien rechtzeitig entdecken

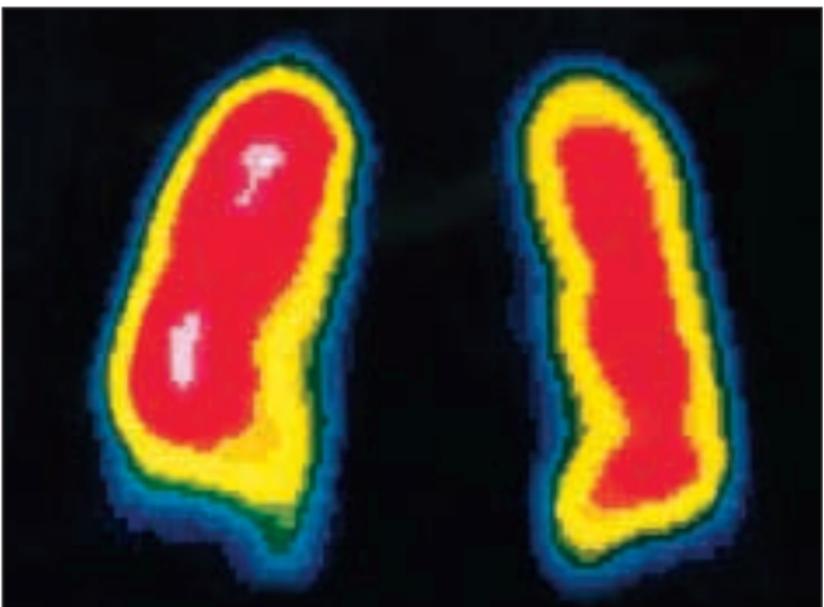
In der Lunge erfolgt der Gasaustausch zwischen Blut und Atemluft. Sind wichtige Blutgefäße in der Lunge verstopft, kann das mit Sauerstoff angereicherte Blut nicht in den Körperkreislauf gelangen. Dies geschieht zum Beispiel, wenn sich nach einem Unfall oder langer Bettlägrigkeit in einzelnen Venen Blutgerinnsel (Thromben) bilden, sich ablösen und mit dem Blutstrom in die Lunge gelangen und dort in den Lungengefäßen „steckenbleiben“ (Lungenembolie). Lungenembolien können unerkannt lebensbedrohlich sein. Die schnellstmögliche Entdeckung und Behandlung ist lebensnotwendig. Beim nuklearmedizinischen Untersuchungsverfahren Lungenventilationsszintigraphie atmet der Patient zunächst ein radioaktives Gas ein, so dass die „Belüftung“ der Lunge sichtbar wird. Anschliessend wird ein Radiopharmakon in den Blutkreislauf gespritzt, um auch die Durchblutung darzustellen (Perfusionsszintigraphie). Liegt eine Lungenembolie vor, ist die Belüftung in beiden Lungenflügeln normal und gleichmäßig, die Durchblutung dagegen ist in einem Lungenflügel deutlich schlechter. Die Lungenszintigraphie ist bei entsprechender Technik das genaueste und empfindlichste Verfahren zum Lungenembolienachweis.

Entzündungsherde aufspüren

Bestimmte Blutwerte weisen eindeutig daraufhin, dass im Körper eine Entzündung vorliegt. Nicht immer ist jedoch klar, wo sich der Krankheitsherd befindet. Isoliert man aus dem Blut des Betroffenen die sogenannten Granulozyten – sie sind im Körper für das Bekämpfen von Entzündungen zuständig –, markiert sie radioaktiv und injiziert sie anschließend wieder in den Blutkreislauf, so ist der Entzündungsherd nach kurzer Zeit in diesem Immunszintigramm als die Stelle im Körper erkennbar, in der sich die markierten Granulozyten angereichert haben. Die Entzündung kann nun gezielt behandelt werden.

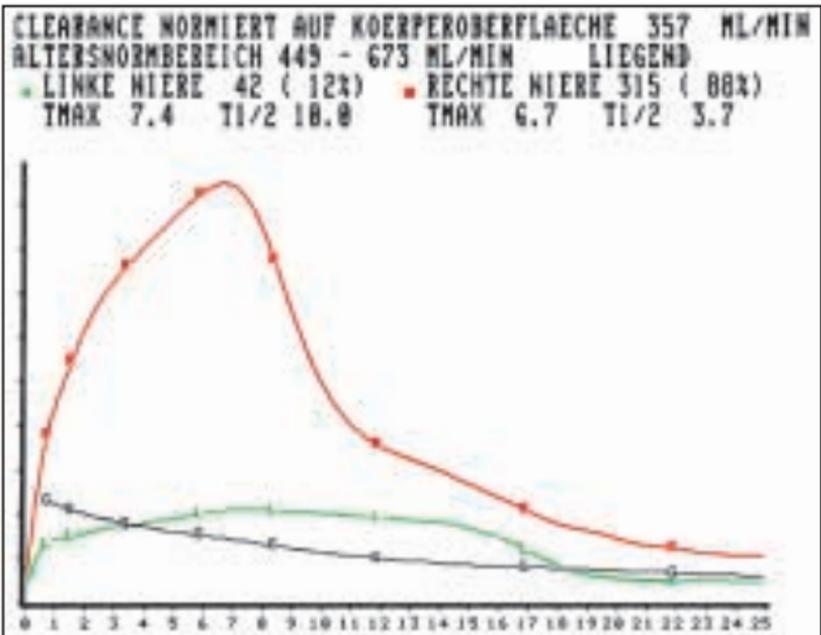
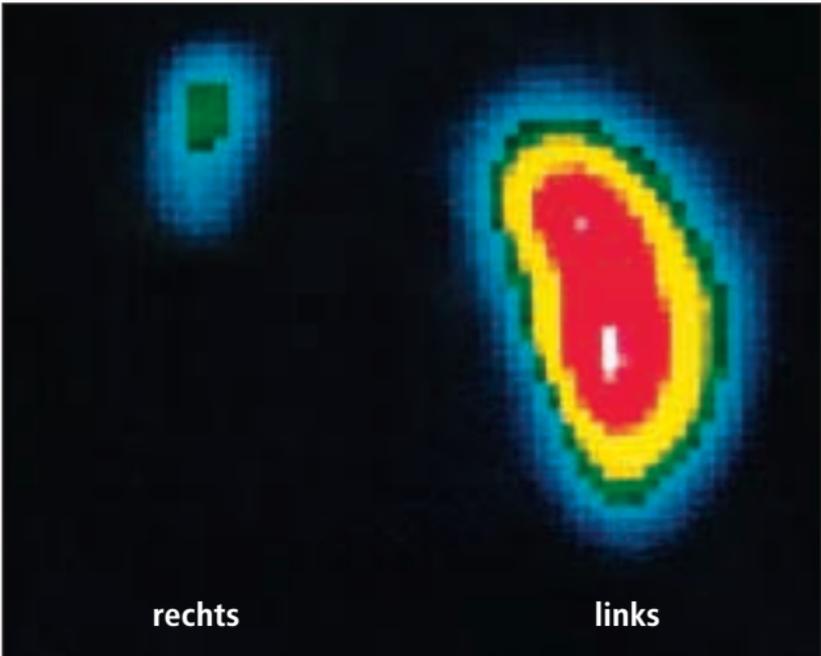
Nieren

Die Nieren reinigen das Blut von „Abfallstoffen“ des menschlichen Stoffwechsels. Diese „Klärfunktion“ kann man mit Hilfe der Nierenszintigraphie darstellen. Dazu verwendet man radioaktive Substanzen, die von den Nieren stark ausgeschie-



- oben: Durchblutungsszintigraphie der Lunge (Perfusionszintigramm): mehrere Durchblutungsdefekte in den Lungenspitzen (Pfeil). unten: Belüftungsszintigraphie der Lunge (Ventilationsszintigramm): Normalbefund; aus dem Unterschied beider Szintigramme ergibt sich die Diagnose Lungenembolie

den werden. Zum einen kann die Verteilung dieser Substanz in den Nieren mit Hilfe einer Gammakamera sichtbar gemacht werden. Zum anderen kann man – für jede Niere einzeln – Funktionskurven erstellen, also messen, wie schnell die einzelne Niere das Radiopharmakon ausscheidet (Clearance-



- *Nierenzintigramm; links Normalbefund, rechts Schrumpfniere. unten: szintigraphisch erstellte Funktionskurve der Niere: Die Schrumpfniere (grün) leistet deutlich weniger als die gesunde (rot). Dadurch ist die Gesamtleistung (Clearance) vermindert.*

bestimmung). Dadurch lassen sich Schädigungen des Nierengewebes ebenso nachweisen wie Harnabflussstörungen oder der Rückfluss des Harns in die Nieren. Insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern müssen Krankheitsbilder der Nieren

schnell und sicher erkannt werden, um Folgeschäden zu vermeiden. Eine wichtige Rolle spielt die nuklearmedizinische Nierenuntersuchung auch bei erhöhtem Blutdruck unklarer Ursache.

Strahlenexposition bei nuklearmedizinischen Untersuchungen

Die Strahlenexposition durch nuklearmedizinische Untersuchungen ist in den vergangenen Jahren immer weiter zurückgegangen. Das liegt zum einen daran, dass die verwendeten Radiopharmaka immer weiter verbessert werden konnten. Zum anderen wurde die Kameratechnik immer weiter optimiert. Hinzu kommen neue Verfahren wie etwa die Positronen-Emissions-Tomographie (PET). Im Mittel entspricht die Strahlenexposition bei einer nuklearmedizinischen Untersuchung der Strahlendosis, die ein Mensch im Verlauf eines Jahres aus der Umgebung aufnimmt. Damit entspricht sie bei vielen Untersuchungen in etwa der Strahlenexposition einer Röntgenuntersuchung der Lunge (wobei die Nuklearmedizin den Vorteil hat, dass bei ihr ohne Mehrbelastung in einer einzigen Untersuchung der gesamte Körper dargestellt werden kann). Bitte, fragen Sie Ihren behandelnden Nuklearmediziner nach der genauen Strahlenexposition der für Sie in Frage kommenden Methode.

Die Strahlendosen in der nuklearmedizinischen Therapie sind naturgemäss höher als in der Diagnostik. Diese erhöhte Dosis betrifft aber nur das jeweilige Zielorgan, etwa die Gelenkinnenhaut bei der Radiosynoviothese oder die Schilddrüse bei der Radioiodtherapie.

Wo kann ich mich beraten lassen?

Die Frage, ob eine nuklearmedizinische Untersuchung oder Therapie in einem konkreten Fall sinnvoll ist oder nicht, kann jeder Nuklearmediziner beantworten, der für das fragliche Verfahren ausgebildet ist. Adressen in der Nähe Ihres Wohnortes bekommen Sie bei der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin:

Heike Jordan • Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Im Hassel 40 • 37077 Göttingen

Fon 05 51 / 37 64 47 • Fax 05 51 / 37 64 53

eMail: info@nuklearmedizin.de

Aktuelle Informationen finden Sie ausserdem auf den Homepages sowohl der DGN als auch des BDN (www.nuklearmedizin.de und www.bdn-online.de).

Impressum:

V.i.S.d.P.: Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin

Bildnachweis:

Nuklearmedizinische Klinik und Poliklinik rechts der Isar der Technischen Universität München (Titel)

Radiologische Universitätsklinik Freiburg, Abteilung Nuklearmedizin

Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universität Münster

Klinikum Kassel, Institut für Nuklearmedizin

Röntgeninstitut Bremerhaven

Abbildung Seite 6 aus „Ärztlicher Ratgeber Schilddrüse“, 3. Auflage 2000

(erhältlich über Wort & Bild Verlag, 82065 Baierbrunn, oder Apotheken)

Zeichnung Seite 12 von Dieter Tonn, Göttingen