

Geschärfter Blick in den Körper

Photonenzählende Computertomografie

■ Um Metastasen besser beurteilen zu können, erprobten Ärzte des Deutschen Krebsforschungszentrums Heidelberg (DKFZ) ein neuartiges Verfahren: die photonenzählende Computertomografie (PT-CT). Prof. Dr. med. Dipl.-Phys. Heinz-Peter Schlemmer, Direktor der Radiologie und Sprecher des Forschungsschwerpunktes Bildgebung und Radioonkologie des DKFZ, Heidelberg, erläutert den Hintergrund dieser neuen Technik.

M&K: *Erläutern Sie bitte kurz den technischen Hintergrund der neuen Methode der photonenzählenden CT.*

Prof. Dr. Heinz-Peter Schlemmer: Bei dieser neuen Technologie handelt es sich um neuartige Detektoren für Röntgenstrahlung, die in der Computertomografie genutzt werden. Die Computertomografie, die besteht grob aus den Komponenten der Röntgenröhre, der Strahlenerzeugung und des Röntgendetektors, also des Strahlenempfängers. Bei der photonenzählenden CT wurden jetzt neu entwickelte Röntgendetektoren eingesetzt, die deutlich empfindlicher sind und damit Bilder mit weniger Strahlendosis und mehr Informationen aufnehmen können.

Welche Unterschiede konnten Sie im Vergleich zu konventionellen CT-Aufnahmen feststellen und welche Vorteile ergeben sich aus dieser neuen Technik?

Schlemmer: Die konventionelle Methode arbeitet indirekt, d.h. Röntgenstrahlung oder einzelne Röntgenphotonen gelangen in den Detektor. Dort wird Szintillator-Licht erzeugt. Und dieses Licht wird wiederum später von Photodioden aufgenommen. Das ist eine indirekte Methode, wo mehrere Röntgenphotonen immer über die Zeit hinweg aufsummiert gemessen werden. Man spricht auch von integrierenden Detektoren. Bei den photonenzählenden Detektoren ist es so, dass sie direkt gemessen werden können und einzeln. Jedes Röntgenphoton gelangt in den Detektor, löst dort eine Ladungswolke aus, die direkt abgezogen wird. Und die Größe der Ladungswolke korreliert dann mit der Energie des jeweiligen Röntgenphotons. Man hat damit sozusagen eine erstens empfindlichere Methode, weil man eben nicht indirekt misst, sondern direkt misst, man hat weniger Verlust an Energie. Und man hat zweitens zusätzlich noch Informati-

onen über die Energie des einfallenden Röntgenphotons. Damit ergeben sich mehrere Vorteile: Durch die höhere Empfindlichkeit und auch bautechnisch bedingt hat man eine höhere räumliche Auflösung. Man kommt in den Bereich von 250 µm isotroper Voxel in der Auflösung im Körper herunter. Wir können zusätzlich Informationen über die Energie der einfallenden Röntgenstrahlung gewinnen und damit Informationen über Gewebecharakteristika. Und aufgrund der höheren Empfindlichkeit kann man normale, herkömmliche Bildqualität mit einer geringeren Dosis erreichen. Das heißt, man könnte zum Beispiel für Vorsorgeuntersuchungen dann mit immer geringeren Dosen arbeiten. Man hat zudem die Möglichkeit, neue Kontrastmittel zu entwickeln, die mit höherem Kontrast dargestellt werden, d.h. man kann dann Kontrastmittel

einsparen. Dies sind die Vorteile von der technischen Seite aus.

Von der medizinischen Seite wären die Vorteile natürlich die genauere Erkennung von anatomischen Veränderungen, also das Erkennen von pathologischen Veränderungen im Körper. Außerdem ist eine genauere Gewebecharakterisierung möglich, es kann etwas zur Gewebeszusammensetzung gesagt werden. Damit können wir eine genauere Diagnostik und ein besseres Therapie-Follow-up bekommen.

Wo sehen Sie sinnvolle Einsatzmöglichkeiten der neuen Technik, gibt es besonders geeignete Bereiche?

Schlemmer: Es gibt verschiedenste Anwendungsbereiche. Also in der Primärdiagnostik ist es ganz allgemein einsetzbar und insbesondere z.B. bei Kindern natürlich, weil man da Strah-



Prof. Dr. Dipl.-Phys.
Heinz-Peter Schlemmer Foto: DKFZ-Jutta Jung



© Kzenon — Stock-Adobe.com

Zur Person

Heinz-Peter Schlemmer ist Leiter der Abteilung Radiologie am DKFZ und Professor für onkologische Radiologie an der medizinischen Fakultät der Uni Heidelberg. Nach seinem Physik- und Medizinstudium spezialisierte er sich über 25 Jahre auf die Entwicklung und klinische Anwendung onkologischer Bildgebungstechnologien. Sein spezieller klinischer und wissenschaftlicher Fokus liegt auf der multimodalen und multiparametrischen Bildgebung des Prostatakarzinoms. Er ist in zahlreichen nationalen und internationalen Organisationen tätig

lung sparen kann, aber auch bei dicken Patienten wird man Strahlung sparen können. Es wird spezielle Anwendungen geben wie z.B. die Herzbildgebung, wo man dann mit wirklich sehr geringen Dosen, die fast schon in den Bereich einer normalen Röntgenaufnahme des Thorax, also einer konventionellen Standardaufnahme kommen, Aussagen über mögliche Gefäßverkalkungen und kardiovaskuläre Risiken machen kann.

Wir werden das einsetzen können z.B. beim Lungenkrebscreening. Was jetzt intensiv diskutiert wird und auch mit aller Wahrscheinlichkeit bald in Deutschland eingeführt werden wird, ist, dass Hochrisikopatienten für die Entwicklung von Lungenkrebs eine Computertomografie zur Früherkennung bekommen. Und da kann man mit geringerer Dosis natürlich sehr viel mehr erreichen. Ganz allgemein wird es Anwendung finden bei Ganzkörperuntersuchungen im Bereich der Onkologie, denn dort haben wir viele Untersuchungen, auch Verlaufskontrollen, im Rahmen von Therapieplanung und Therapie-Monitoring, wo dann mit photonenzählender CT Dosis eingespart werden kann. Ich erhoffe mir außerdem, mit der neuen Technologie Gewebeformen zu bekommen hinsichtlich der Einstufung der Aggressivität von Raumforderungen, d.h. wo aggressive Tumore zur besseren Therapieplanung und hinsichtlich des Therapiemonitorings, d.h. dass wir frühzeitig sagen können, ob ein Tumor auf die Therapie anspricht oder nicht. Was wir auch erreichen können, wie ich schon vorhin erwähnt habe, ist eine empfindlichere Darstellung von Kontrastmitteln. Wenn man ein Kontrastmittel intravenös gibt, so können Gefäße und die Gewebedurchblutung genauer dargestellt werden. Man sieht feinere Veränderungen aufgrund des höheren Kontrasts. Man kann aber auch umgekehrt sogar Kontrastmittel

einsparen, was wiederum dann für die Nierenfunktion gut ist. Man kann weiterhin noch viele diagnostische Informationen aufgrund der höheren räumlichen Auflösung gewinnen, insbesondere bei Hochkontrastveränderungen wie Lunge, Knochen oder von Gefäßen. Generell kann man sagen, dass wir uns auch erhoffen, dass wir von computerunterstützten Auswertungen profitieren werden. Denn sicherlich erzeugt ein solcher neuer Detektor mehr Informationen, als dem Auge zugänglich ist.

Früher hat ein Computertomograf nur die Dichtemessung, also die grobe Schwächung des Gewebes diagnostiziert. Jetzt haben wir so viele Informationen über sehr feine räumliche Strukturen, aber eben auch über energieabhängige Röntgenstrahlenabsorption, sodass wir uns erhoffen, dass der Computer hier mit dem Einsatz von künstlicher Intelligenz mehr Informationen aus den Bildern herausziehen kann.

Werden dazu bereits bestehende Programme genutzt?

Schlemmer: Diese Computermethoden werden ja laufend weiterentwickelt. Das Wesentliche bei der Entwicklung der künstlichen Intelligenz sind momentan die verwendeten Daten. Und da kommt es darauf an, hochqualitativ Daten zu erzeugen. Da haben wir mit dieser Technologie natürlich die Möglichkeit, noch mal mehr und exaktere Daten zu messen. Die Bilddaten müssen dann natürlich in Forschungsprojekten von den Ärzten, Radiologen wie auch den anderen kooperierenden Onkologen genau segmentiert und annotiert werden. Man muss dem Computer genau sagen, worum es sich tatsächlich gehandelt hat bei der jeweiligen anatomischen Struktur und Gewebeveränderung. Mit dieser Information kann man dann den Computer trainieren und dann kann der gelernte Wissen prospektiv wieder verwenden.

In welchen medizinischen Fragestellungen wird die neue Technik derzeit erprobt und wie ist der Stand der Studien?

Schlemmer: Es ist so, dass es die PC-CT noch nicht für Patienten zugänglich gibt. Wir sind hier noch in einem Stadium der Entwicklung. Wir arbeiten hier am DKFZ mit einem Prototyp der Firma Siemens. Es gibt weltweit noch zwei weitere solcher Prototypen – in den USA. Wir haben an dem Prototyp jetzt unter ganz, ganz streng regulierten Studienbedingungen, die auch vom Bundesamt für Strahlenschutz und von der Ethikkommission genau kontrolliert wurden, mit Patienten gearbeitet.

Und da haben wir, genauso wie die Kollegen in den USA, die ersten Erfahrungen gesammelt. Und darauf basieren auch die Einschätzungen, die ich gerade eben gegeben habe aufgrund der Studienergebnisse.

Das heißt, es wurden bereits unterschiedliche Fragestellungen, z.B. in Bezug auf die Lunge oder Gefäßverkalkungen des Herzens, in kleinen Studien untersucht?

Schlemmer: Da wurden verschiedene Fragestellungen mit einer geringen Anzahl von Patienten untersucht. Und daraufhin haben sich, aufgrund dieser ersten Forschungsergebnisse, diese möglichen Anwendungen ergeben. Einstweilen wurde jetzt von Siemens ein weiterer Scanner in Pilsen installiert, mit dem erste Untersuchungen mit einem größeren Patientenkollektiv gemacht wurden. Über 100 Patienten wurden da schon eingeschlossen.

Wie geht es nach diesen ersten Erkenntnissen nun weiter?

Schlemmer: Die nächste Stufe der Geräteentwicklung steht jetzt in einer Klinik, wo viele unterschiedliche Erkrankungen untersucht werden können. Wann dann ein tatsächlich klinisch verfügbares Gerät herauskommt, also das, was dann in der Breite auch eingesetzt werden kann, das kann ich derzeit nicht sagen. Es wird aber sicherlich nicht mehr allzu lang dauern, bis dann ein tatsächlich klinisch verfügbares Gerät da sein wird. Und dann wird man mit diesem Gerät auch ganz normale Diagnostik betreiben und die ganzen Vorteile ausspielen können. Wir waren an der vordersten Front mit dem Experimental-Scanner und haben, wie die Kollegen in den USA, hier die Abbildungseigenschaften erforscht und damit die möglichen Anwendungsfelder erkannt. Und jetzt geht es dann in der nächsten Stufe tatsächlich draußen in die Breite, in die Evaluation. Und da werden wir sicherlich Spannendes erwarten können von dieser neuen Generation der Computertomografie.

Inwieweit war der Studienverlauf von der Corona-Pandemie beeinträchtigt?

Schlemmer: Also die Pandemie hat uns auf jeden Fall beeinflusst, und zwar dahin gehend, dass eine der sehr aussichtsreichen medizinischen Anwendungen der neuen Technologie im Fokus stand, die Untersuchung der Lunge. Das hat damit zu tun, dass wir in der Lunge mit Hochkontrast-Objekten zu tun haben, d.h., wir haben einerseits Luft aufgrund der belüfteten Strukturen in der Lunge, und daneben haben wir eben dann Weichteilgewebe,

die Gefäße und dann das ganze Lungengewebe. Und man kann mit der neuen Technologie genauer die Lungenstruktur beurteilen. Wir haben auch eine Kooperation hier mit der Thoraxklinik in Heidelberg. Und der dort tätige Radiologe, Prof. Dr. Claus-Peter Heußel, der ein Experte auf dem Gebiet der Lungenbildgebung ist, hat auch sofort gesagt, dass das von großer Relevanz sein wird, weil wir plötzlich Strukturen sehr genau auflösen können, also Mikrostrukturen erkennen, die vorher nicht sichtbar waren. Insofern wollten wir natürlich auch sofort COVID-Patienten untersuchen, aber mit einem Experimentalgerät und unter strengsten Hygienebedingungen, konnten wir es dann am DKFZ nicht machen. Dies wird in dem Moment durchgeführt werden, wenn die Firma dann klinische Geräte zur Verfügung hat, die dann eben auch in dem Klinikkontext stehen. Zwischenzeitlich mussten wir natürlich auch hier wegen der Pandemie die Untersuchungen an den Patienten aussetzen. Aber jetzt haben wir uns einstweilen so gut als möglich organisieren können mit Vorsichtsmaßnahmen, Hygienemaßnahmen, aber auch mit Selbsttests vor Ort, da haben wir die Sache eigentlich ganz gut im Griff.

Wie lange werden Sie Ihre Untersuchungen noch fortsetzen?

Schlemmer: Derzeit planen wir, ungefähr noch ein halbes Jahr daran zu arbeiten. Es ist so, dass die Untersuchungen unter experimentellen Bedingungen natürlich auch limitiert sind. Das heißt, wir haben einen ganz genauen Studienplan. Der Studienplan wurde mit dem Bundesamt für Strahlenschutz und der Ethikkommission ausgearbeitet und abgestimmt. Und da haben wir eine bestimmte Anzahl von Probanden, die eine Untersuchung am Photon- und Counting-CT mit ganz eingeschränktem Blickfeld zur Strahleneinsparung erhalten. Wenn wir dieses Studienkollektiv abgearbeitet haben, dann haben wir unsere Arbeit am Experimental-Scanner durchgeführt. Und wie Sie ja mitbekommen haben, haben wir schon viele Erfahrungen gesammelt. Mit der Quintessenz aus dem, was wir gelernt haben, ist es sicher gerechtfertigt, den nächsten Schritt in eine klinische Evaluation zu gehen. ■■

Autor:

Dr. Jutta Jessen, Weinheim