

## Grenzüberschreitungen

Gastkommentar

Mit dem Einzug der Lasertechnologie in die medizinische Diagnostik verschwimmen die Grenzen zwischen den traditionellen Disziplinen Labormedizin und Radiologie zunehmend. Die nebenstehend beschriebene laseroptische Tomographie ist eines von vielen Beispielen für diese neue Form der Grenzüberschreitung: Selbstverständlich benötigt sie „Strahlen“ zur Bilderzeugung, nützt aber auch das Prinzip der Lichtabsorption und -streuung, mit dem man im Labor heute fast alles – vom Blutzucker bis zum Tumormarker – analysiert. Fokussierter ausgedrückt besteht der wesentliche Unterschied darin, dass der durchleuchtete Gegenstand in einem Fall ein Gelenk, in dem anderen Fall eine Küvette ist. Das beliebte Schlagwort moderner Diagnostik „in vitro meets in vivo“ ist hier in die Tat umgesetzt worden.

Buchstäblich grenzüberschreitend ist auch das Entwickler- und Erproberteam von der Charité Universitätsmedizin und der LMTB (Laser- und Medizin Technologie) GmbH in Berlin, der Columbia University in New York und der Universitätsmedizin Göttingen. In einer unlängst abgeschlossenen klinischen Pilotstudie wurden 150 Gelenke untersucht. Dabei erkannte der Laserscanner eine Rheumatoide Arthritis bereits im Frühstadium mit rund 90-prozentiger Zuverlässigkeit. Das ist besser, als es bisher selbst die modernsten Labortests und Bildgebungsverfahren schafften.



Dr. Johannes Wessels  
Universitätsmedizin Göttingen  
johannes.wessels@med.uni-goettingen.de



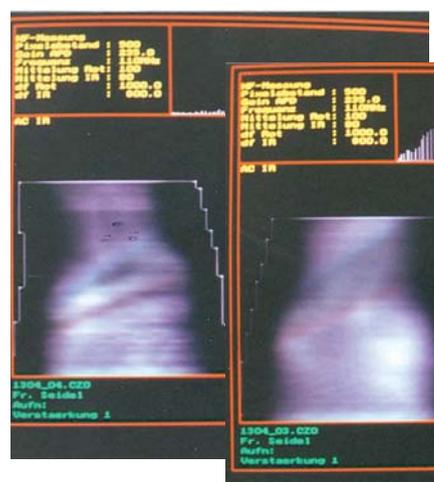
## Mit einem Infrarotlaser kann man entzündete Fingergelenke komplett durchdringen und auf diese Weise eine Rheumatoide Arthritis früher erkennen als mit konventioneller Bildgebung.

Die Rheumatoide Arthritis (RA) ist die häufigste entzündliche Erkrankung der Gelenke. Etwas leger ausgedrückt lässt der Körper dabei das Immunsystem auf seine eigenen Proteine los. Die Folge sind schmerzhafte Schwellungen, zunächst in den Hand- und Fingergelenken, später in größeren Gelenken und eventuell in der Wirbelsäule. Die chronische Entzündung führt zu Gewebewucherungen und zerstört schließlich Knorpel und Knochen.

Nur wenn die Therapie in einer frühen Phase beginnt, sind destruktive Spätschäden zu vermeiden. Die Diagnose stützt sich allerdings zurzeit neben Anamnese, Klinik und Labor vor allem auf konventionelle bildgebende Verfahren wie Röntgenbild, Ultraschall und MRT. Selbst bei aggressiven Verlaufsformen liefern diese erst nach Monaten sicher verwertbare Befunde.

Der Krankheitsverlauf ist geprägt von einer meist schubweise verlaufenden Gelenkentzündung mit Schwellung der Gelenksinnenhaut (Synovialmembran) und erhöhter Infiltration von Zellen und Flüssigkeit in den Gelenkspalt. Optische Eigenschaften von Kapsel und Gelenkflüssigkeit (Synovia) wie beispielsweise Lichtschwächung (Absorptionskoeffizient), Stärke der Streuung (Streukoeffizient) oder Lichtbre-

chung (Brechungsindex) verändern sich deutlich. Dies eröffnet die Möglichkeit, die Krankheit und ihren Verlauf mit Hilfe von Laserlicht ohne Strahlenbelastung detailliert zu beobachten.



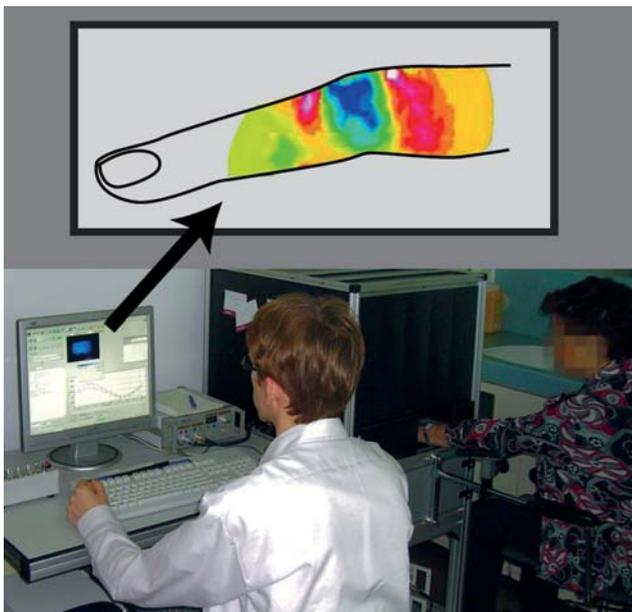
N

P

Bei Durchleuchtung mit einem so genannten PDW-Scanner erkennt man im Inneren von Fingergelenken helle und dunkle Strukturen, die bei normalen und pathologischen Zuständen (N bzw. P) unterschiedlich ausfallen. Links sieht man den dunklen, querverlaufenden Gelenkspalt deutlich, rechts ist er durch die Schwellung weitgehend verschwunden. Da ein Infrarotlaser verwendet wurde sind die „Bilder“ nicht wirklich sichtbar, sondern werden vom Computer berechnet.

Die Entwicklung begann vor etwa 30 Jahren. Wissenschaftler wie der auf S. 77 vorgestellte Physiker Jürgen Beuthan arbeiteten sich dabei von langen zu immer kürzeren Wellenlängen vor: Sie begannen zunächst mit Radarwellen zu experimentieren, verwendeten dann Infrarot-Laser und nutzen heute vor allem Licht im nahen Infrarot- und im sichtbaren Bereich, also in der Gegend von 0,65 bis 1,2 Mikrometer. Grundsätzlich gilt: Je weiter der Laserstrahl in diesem so genannten gewebeoptischen Fenster liegt, um so mehr durchdringt er das Gewebe. Die ersten „statischen“ Systeme konnten jeweils nur eine einzige Aufnahme schießen (ähnlich einer einfachen Röntgenaufnahme). Heute verwendet man besser auflösende Tomographie-Techniken, bei denen mehrere Bilder aus unterschiedlichen Richtungen aufgenommen und verrechnet werden.

Ein internationales Wissenschaftlerteam entwickelte ein Laserverfahren mit dem Namen SLOT (*Sagittal Laser Optical To-*



*Klinischer Arbeitsplatz für die laseroptische Tomographie. Die mit dem FDOT-Verfahren erhaltenen Signale werden im Computer zur Auswertung in Falschfarbtechnik so umgerechnet, dass Details wie der flüssigkeitsgefüllte Gelenkspalt (blau), Gewebestrukturen etwas höherer Dichte (grün/gelb) und Teile hochdichter Knochenstrukturen (rot) deutlich zu erkennen sind.*

*mography*) bis zur Routinereife. Es bietet die Chance, eine Rheumatoide Arthritis ohne Strahlenbelastung frühzeitig zu erkennen und Behandlungserfolge besser als mit konventioneller Bildgebung zu beurteilen. Nach über 15-jähriger Zusammenarbeit zwischen Berlin und New York ist das Verfahren mittlerweile praxistauglich. Ein Geräteprototyp befindet sich in der klinischen Erprobung. Erste Ergebnisse einer Pilotstudie, die in der Universitätsmedizin Göttingen in Kooperation mit der LMTB GmbH Berlin (Dr. Uwe Netz) und der Columbia University New York (Prof. Dr. A. H. Hielscher) durchgeführt wurde, stellte Prof. Dr. Sabine Blaschke (Universitätsmedizin Göttingen, Abt. Nephrologie und Rheumatologie) auf der IGLD Tagung 2010 in Bad Sooden-Allendorf vor.

### So funktioniert es

Das System besteht aus einem Diodenlaser, dessen Strahl ein Fingergelenk mit Licht im nicht sichtbaren Nah-Infrarot komplett durchdringen kann, sowie einer Photodiode als Detektor. Standardmäßig erfolgt die Durchleuchtung an der liegenden Hand von oben (sagittal), doch sind auch Aufnahmen von der Seite (transversal) möglich. Für die Durchleuchtung stehen derzeit zwei Verfahren zur Verfügung.

Die kontinuierliche Methode zeichnet nur Intensitätsveränderungen des eingestrahelten Laserlichts nach der Passage durch das Fingergelenk auf und rekonstruiert daraus ein Schwarz-Weiß-Bild, das

einem Ultraschallbild ähnelt. Da die zwei wichtigsten Kenngrößen Absorption und Streuung ähnliche Effekte auf die resultierende Lichtintensität haben, ist die Bildrekonstruktion am Computer schwierig.

Bilder mit wesentlich höherem Detailreichtum erhält man bei der hochfrequent modulierten Tomographie (*FDOT = Frequency-Domain Optical Tomography*). Hier stehen mit Amplitude und Phase zwei Signale zur Verfügung, die von Absorption und Streuung unterschiedlich beeinflusst werden. Der Trick des Verfahrens besteht darin, dass der Laserstrahl mit einer hochfrequenten Intensitätsmodulation im Mega- bis Gigahertz-Bereich überlagert wird. Mit schneller Detektionstechnik kann man nun die Dämpfung und zeitliche Verzögerung der Amplitude analysieren, und erhält so zusätzliche Information.

Die ersten klinischen Ergebnisse sind ausgezeichnet: Blaschke berichtete über eine Studie mit 20 gesunden Probanden und 33 RA-Patienten, bei der das FDOT-Verfahren bereits in Frühstadien signifikante Unterschiede erbrachte. Sensitivität und Spezifität für Gelenk-Befunde bei gesunden Probanden und RA-Patienten lagen jeweils über 0,85. Darüber hinaus konnten in der 3D-Rekonstruktion spezifische pathologische Befunde wie Erguss, Synovitis und Knochenerosion auf dem Bildschirm gut unterschieden werden.

Gegenüber der konventionellen Bildgebung ist das SLOT-System schneller, erfordert aber spezielle Erfahrung des Arztes. Auch der Patient profitiert davon, denn die Laseruntersuchung ist wärme- und schmerzfrei durchführbar und völlig ungefährlich. So zeichnet sich ab, dass herkömmliche „Goldstandards“ der Rheumadiagnostik bald routinemäßig durch moderne Lasertechnologien ergänzt, wenn nicht sogar abgelöst werden könnten. 🌸

cbt, gh