

Magnetresonanzelastographie 2.0: Hochaufgelöste Bildgebung zur Bestimmung von Elastizität, Viskosität und Druck weicher Gewebe

Magnetic resonance elastography 2.0:
High resolution imaging of soft tissue elasticity, viscosity and pressure

Autoren

I. Sack¹

Institut

¹ Institut für Radiologie, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Charitéplatz 1, Berlin

Radiologie

Schlüsselwörter

- ▶ Elastographie
- ▶ MRE
- ▶ Viskoelastizität
- ▶ Druck
- ▶ Poroelastizität

Keywords

- ▶ Elastography
- ▶ MRE
- ▶ Viscoelasticity
- ▶ Pressure
- ▶ Poroelasticity

eingereicht 28.01.2013

akzeptiert 17.05.2013

Bibliografie

DOI 10.1055/s-0033-1343318

Dtsch Med Wochenschr ·

© Georg Thieme Verlag KG ·

Stuttgart · New York ·

ISSN 0012-0472

Korrespondenz

Prof. Dr. Ingolf Sack

Institut für Radiologie, Charité –

Universitätsmedizin Berlin,

Campus Mitte

Charitéplatz 1

10117 Berlin

eMail ingolf.sack@charite.de

Einleitung



Elastizität

Seit Anbeginn der Medizin werden Krankheiten ertastet. Die mechanische Verschiebung von Gewebe führt zum Aufbau einer inhärenten Gewebespannung, welche den tastenden Fingern entgegenwirkt und als Elastizitätsmodul gemessen werden kann. Die Verschiebe-Elastizität, auch Scher- oder Schubmodul genannt, variiert im menschlichen Körper über mehr als 8 Größenordnungen und ist damit sensitiver als jede andere physikalische Materialkonstante. Die Elastographie nutzt diesen enormen Wertebereich des Schermoduls für die radiologische Schnittbild-diagnostik [26].

kurzgefasst

Von „butterweich“ bis „knochenhart“: Der Schermodul im Körper ist sehr variabel.

Viskosität

Über den Schubmodul hinaus sind die Viskosität weicher Gewebe sowie der Gefäß- und Gewebedruck mechanische Kenngrößen hoher medizinisch-diagnostischer Relevanz. Die Viskosität erlaubt Einblicke in den mikrostrukturellen Zusammenhalt des Gewebes. Vereinfacht ausgedrückt führt eine stärkere Vernetzung zu höheren Absorptionseigenschaften gegenüber Scherwellen im Gewebe, d.h. viskose biologische Gewebe reagieren zeitversetzt auf den mechanischen Reiz und „verschlucken“ dabei mechanische Energie (▶ Abb.1). Die kombinierten viskoelastischen Eigenschaften eines Materials werden im komplexen Schermodul G^* parametrisiert. Der Realteil des komplexen Moduls ist ein Maß für die Elastizität (Speichermodul, G'), während sein Imaginärteil mit den viskosen Eigenschaften in Beziehung steht (Verlustmodul, G''). In einem vorrangig elastischen Material, wie Agarose-Gel, ist der Verlustmodul sehr gering. Der Übergang zu einem biologischen Material kann

schon mit wenigen verschlungenen Papierstreifen simuliert werden, die zu einer starken Erhöhung von G'' führen, ohne dabei die elastischen Eigenschaften des Gels zu ändern [9, 24].

kurzgefasst

Viskosität bedeutet mechanische Dämpfung. Die Viskosität weicher biologischer Gewebe gibt Aufschluss über deren Mikrostruktur.

Druck

Obwohl Scherung oder Gewebeverschiebung eine streng volumenerhaltende Deformation ist, kann sich das Gewebvolumen aufgrund von Poren und Mikrokapillaren minimal im Verlauf einer mechanischen Stimulation ändern. Solche Kompressions- oder Dilatationseffekte geben Aufschluss über gewebeinhärente Druckverhältnisse und werden als Poroelastizität bezeichnet. Ein völlig anderes Druck-Prinzip liegt der kardialen Elastographie zugrunde. Hier ist der erzeugte Kammerdruck eine direkte Folge der Kontraktion der Herzmuskelfasern und steht damit im direkten Verhältnis zum myokardialen Schermodul (▶ Abb.2).

kurzgefasst

Gewebdruck und Herzkammerdruck liegen unterschiedliche mechanische Prinzipien zugrunde.

Kurzer Abriss: Die Technik der Magnetresonanzelastographie (MRE)



Das Grundprinzip der Elastographie vereint drei methodische Schritte [22]:

1. Mechanische Stimulation von Gewebe
2. Aufnahme der erzeugten Deformation im Ultraschall oder im MRT
3. Berechnung des Bildkontrasts, der die Verteilung mechanischer Kenngrößen darstellt.