

Radiologische Osteoporosediagnostik in der Praxis

In der aktualisierten Fassung der Leitlinie zur Osteoporose des Dachverbandes der deutschsprachigen wissenschaftlichen Gesellschaften für Osteologie (DVO) e.V. von 2006 bleibt auch weiterhin die Knochendichtemessung mittels Dual-Energy-Absorptiometrie (DXA) die empfohlene Methode zur Diagnostik und Verlaufskontrolle bei Osteoporose¹. Parallel hierzu wird jedoch vermehrt auf die Limitationen dieser Methode hingewiesen sowie über die Möglichkeiten alternativer Knochendichtemessverfahren diskutiert.



Dr. med.
Gabi Armbrecht

Die Osteoporose ist durch eine unzureichende Knochenfestigkeit charakterisiert mit einem konsekutiv erhöhten Frakturrisiko. Sowohl die Definition der WHO als auch der NIH² betonen dabei das Zusammenspiel von Knochendichte und Knochenstruktur für die Festigkeit. In der Regel geht eine Verminderung der Knochenmasse jedoch auch mit einer Verschlechterung der Mikroarchitektur einher. In der Praxis stehen verschiedene radiologische Methoden zur Verfügung, um in erster Linie die Knochendichte zu erfassen, mit Hilfe neuerer Geräte ist jetzt jedoch auch die routine-

mäßige Erfassung von Knochenstrukturen möglich.

DUAL ENERGY ABSORPTIOMETRIE (DXA)

Die Knochendichtemessung mittels DXA ist Grundlage der Osteoporosedefinition der WHO sowie auch weiterhin die empfohlene Methode der DVO-Leitlinien. Die Methode wurde in zahlreichen epidemiologischen und klinischen Studien angewandt und weist die beste Datenlage in der radiologischen Diagnostik auf. Ausschließlich für die DXA ist die Effizienz des Verfahrens zur Vorhersage osteoporoti-

tischer Frakturen als auch die Therapieschwelle zur Verminderung von Frakturen durch prospektive Studien belegt. Bei einer Erniedrigung der Knochendichte um eine Standardabweichung in der DXA verdoppelt sich das Frakturrisiko.

Die in der DXA berechnete Flächendichte wird verglichen mit dem Mittel eines Referenzkollektives gleichgeschlechtlicher junger Erwachsener und der T-Wert, ausgedrückt in Standardabweichungen, ermittelt. Die WHO-Definition gilt nur für postmenopausale Frauen (kann auf Männer älter als 50 Jahre übertragen werden) sowie für die Lendenwirbelsäule und den

	DXA	QCT	pQCT	QUS	3DpQCT
Messparameter	BMC, BMD g/cm ² (Flächendichte)	BMD g/cm ³ trabekulär	BMC, BMD g/cm ³ trabekulär, geometrische Parameter (SSI,...)	SOS, BUA	BMD g/cm ³ , Anzahl, Abstand und Dicke der Trabekel; Kortikalis-Dicke
Messorte	LWS, Femur gesamt	LWS	Radius	Calcaneus	Radius, Tibia
Kortikalis/Spongiosa Trennung	nein	ja	ja	nein	ja
Validierte Referenzwerte	ja	nein	nein	nein	nein
Osteoporose Diagnose nach DVO-LL	ja	nein	nein	nein	nein
Indikation zur Osteoporosetherapie	ja	nein	nein	nein	nein
Beurteileter Wert	T-Wert	Absolutwert	Absolutwert	Absolutwert	Absolutwert
Osteoporosegrenzwert (DXA-Äquivalent für nicht DXA-Verfahren)	T-Score < -2.5	(< 80 g/cm ²)	(< 80 g/cm ² wasserkalibriert < 130 g/cm ² fettkalibriert)	?	?
Strahlenexposition	5 µSv	70 µSv	1 µSv	keine	3 µSv

Tab. 1: Unterschiede zwischen den Messverfahren.

proximalen Femur, die T-Werte anderer Messlokalisationen weichen hiervon zum Teil erheblich ab. Bei jüngeren Männern, prämenopausalen Frauen und Kindern empfiehlt die International Society of Clinical Densitometry die Formulierung „im Altersvergleich erniedrigte Knochendichte“ (Writing Group for the ISCD Position Development Conference 2004). Nur in diesem Patientenkollektiv spielt der Z-Wert eine Rolle. Der Z-Wert beschreibt die Abweichung des gemessenen Wertes vom Mittelwert eines altersentsprechenden Referenzkollektivs.

◆ **Vorteile:** Große Referenzkollektive. Umfangreiche Datenlage mit bekanntem positiv prädiktiven Wert für das Frakturrisiko sowie bekannte Therapieschwellen aus prospektiven Studien. Methode der Wahl für DVO Leitlinien und Krankenkassen

◆ **Einschränkungen:** artifizielle Erhöhung der Knochendichte durch degenerative Veränderungen, Frakturen oder Gefäßkalzifikationen in Projektion auf die Lendenwirbelsäule, falsch niedrige Dichte aufgrund unterdurchschnittlich kleiner Wirbelkörper. Eine Trennung von Kortikalis und Spongiosa ist nicht möglich. Die Ergebnisse (absolut) zwischen den Geräten verschiedener Hersteller sind nicht vergleichbar.

◆ **Ausblick:** Neben der Flächendichtebestimmung werden im proximalen Femur vermehrt auch geometrische Parameter, z.B. Länge und Durchmesser des Schenkelhalses und Dicke der Kortikalis bestimmt. Größere prospektive Studien hierzu fehlen zurzeit noch.

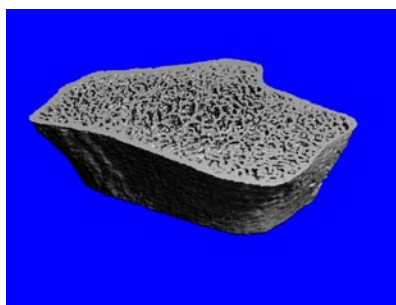


Abb. 2: Messung des distalen Radius mittels 3DpQCT – Gesamtvolumen.



Abb. 1a: Topogramm einer QCT.

QUANTITATIVE COMPUTER-TOMOGRAPHIE

Obwohl die QCT seit vielen Jahren angewandt wird und – technisch gesehen – die exaktere Methode darstellt, ist die Datenlage deutlich geringer als für die DXA, so dass die QCT weiterhin nicht zur Osteoporosediagnostik (lt. DVO) empfohlen wird. Es liegen aber einzelne Daten bezüglich Frakturdiskrimination sowie Frakturschwelle vor, die für eine QCT sprechen, wenn DXA nicht möglich ist. Da die Spongiosa einen im Vergleich zur Kortikalis vielfach höheren Umsatz hat, ermöglicht die getrennte Messung von Kortikalis und Spongiosa ein früheres Erfassen von Dichteänderungen z.B. unter Cortisontherapie. Die Knochendichte wird in der Routine in der mittervertebralen Schicht (10 mm) der Wirbelkörper L1 bis L3 parallel zu den Endplatten bestimmt. Die Untersuchungsregion sollte möglichst automatisch gewählt werden (OSTEO-Software) und stets vergleichbar in Größe und Lage sein.

◆ **Vorteile:** kein Einfluss durch Überlagerung durch degenerative und kalzifizierte Strukturen oder der Körpergröße. Die Trennung von Kortikalis und Spongiosa ermöglicht eine frühe Erfassung von Dichteänderungen.

◆ **Einschränkungen:** kein validiertes Referenzkollektiv, T-Wert von -2,5 nicht anwendbar. Frakturierte Wirbelkörper sowie in die Spongiosa einstrahlende degenerative Veränderungen führen auch hier zu einem nicht repräsentativen Anstieg der Dichtemessung.



Abb. 1b: Tomogramm von LWK1 mit ROI.

◆ **Ausblick:** In Rahmen von Studien werden mittels Spiral-CT nicht nur Einzelschichten sondern größere Volumina im Bereich von LWK 1 bis 2 sowie im proximalen Femur dargestellt. Diese Methode hat im Bereich der Wirbelsäule eine bessere Reproduzierbarkeit als die herkömmliche Einzelschichtuntersuchung, ob zusätzliche Informationen zur Vorhersage des Frakturrisikos ermittelt werden können, ist zur Zeit noch unklar.

PERIPHERE QUANTITATIVE COMPUTERTOMOGRAPHIE

Ähnlich wie bei der zentralen QCT liegen auch für die pQCT noch zu wenige prospektive Studien vor, um die Methode für die Diagnose oder Therapieeinleitung empfehlen zu können.

◆ **Vorteile:** kurze Scanzeit, gute Reproduzierbarkeit und niedrige Strahlenexposition. Eine Trennung von Kortikalis und Spongiosa ist möglich.

◆ **Einschränkungen:** kein validiertes Referenzkollektiv, T-Wert von -2,5 nicht anwendbar. Frakturen sowie arthritische Veränderungen in diesem Bereich können die Aussagekraft einschränken. Der periphere Messort lässt nur eingeschränkten Rückschluss auf die Knochendichte an zentralen Messorten wie der LWS und dem Femur zu.

◆ **Ausblick:** In Studien wird neben dem Radius auch die distale Tibia, zum Beispiel bei Immobilisation, untersucht. Zusätzlich zur trabekulären Dichte im distalen Bereich (4%) können auch Kortikalis-

Fotos: Armbrrecht 4x

dicke und -dichte sowie die Querschnittsfläche von Knochen und Muskel (Radius: 60%, Tibia: 66%) dargestellt werden. Über eine Kombination der Parameter können bessere Aussagen zur Bruchfestigkeit gemacht werden.

3-DIMENSIONALE PERIPHERE COMPUTERTOMOGRAPHIE (3DpQCT)

Ein erst vor kurzem entwickelter hochauflösender peripherer Computertomograph erlaubt neben der Bestimmung der trabekulären und kortikalen Dichte an der Tibia und dem Radius erstmals auch die Möglichkeit, Strukturparameter des Knochens in vivo zu bestimmen (Abb. 2). Bei der Untersuchung werden 110 Einzelschichten simultan mit einer Auflösung von 82 μm über eine Länge von 9 mm aufgenommen, aus diesem Volumen werden dann neben die Dichteparametern auch die Anzahl der Trabekel, Dicke der Trabekel und der Kortikalis, Abstand zwischen der Trabekeln sowie die Homogenität des Trabekelnetzwerkes bestimmt. Bisher liegen nur sehr wenige erste Ergebnisse mit diesem Gerät vor³.

◆ **Vorteile:** geringe Strahlenexposition. Möglichkeit der Kortikalis- und Spongiosatrennung, erstmals in vivo Messung von Mikrostrukturparametern.

◆ **Einschränkungen:** keine Referenzwerte, bisher keine prospektiven Studien, T-Wert von -2,5 nicht anwendbar. Peripherer Messort. Aufgrund der hohen Auflösung und relativ langen Messzeit (ca. 3 Min.) treten häufig Bewegungsartefakte auf.

◆ **Ausblick:** Aktuell werden Referenzmessungen sowie erste prospektive Studien zur Veränderung der Strukturparameter unter osteoanaboler und antiresorptiver Therapie durchgeführt. In wie weit mit diesem Gerät gemessenen Strukturparameter zusätzliche Information zum Frakturrisiko liefern, bleibt abzuwarten.

QUANTITATIVER ULTRASCHALL (QUS)

Der QUS ist kein Verfahren zur Messung der reinen Knochendichte sondern re-

flektiert über die Parameter Geschwindigkeit und Abschwächung zum Beispiel auch Knochenarchitektur, Material und Weichteil. Prospektive epidemiologische Studien zeigten, dass die QUS eine zur Knochendichtemessung mittels DXA vergleichbare Vorhersagekraft für osteoporotische Frakturen bietet. Für Diagnose oder therapeutische Entscheidungen sind die vorliegenden Daten bisher aber noch nicht ausreichend.

◆ **Vorteile:** keine Strahlenbelastung. Validierte Vorhersagekraft für Frakturen.

◆ **Einschränkungen:** Referenzwerte und Messparameter herstellerspezifisch. Peripherer Messort. Einfluss durch Weichteilschwellungen. Unklare gemessene Entität. Die Ergebnisse zwischen dem Geräten verschiedener Hersteller sind nicht vergleichbar.

◆ **Ausblick:** Im Rahmen der Osteoporse- und Ultraschall-Studie (OPUS) werden zurzeit die Ergebnisse der Verlaufsuntersuchung bezüglich des positiv prädiktiven Wertes verschiedener Ultraschallgeräte ausgewertet. Erste Daten werden 2007 erwartet.

FAZIT

◆ Weiterhin erfolgt die Messung der Knochendichte mittels DXA im Bereich LWK 1 bis 4 sowie im Gesamtbereich des proximalen Femur unter Beachtung der technischen Limitationen/Einflussfaktoren der Methode.

◆ Die Knochendichte allein ist nur ein Baustein in der Diagnose „Osteoporose“, weitere Parameter wie Alter, prävalente Frakturen und Sturzrisiko müssen bei der Therapieentscheidung mit berücksichtigt werden.

◆ Bei Veränderungen der LWS, die eine valide DXA-Messung nicht gestatten sowie zu erwartenden schnellen Änderungen z. B. unter hochdosierter Cortisontherapie kann eine QCT der LWS durchgeführt werden.

◆ Eine pQCT oder QUS Untersuchung sollten nur ergänzend zu zentralen Dichtemessungen gesehen werden.

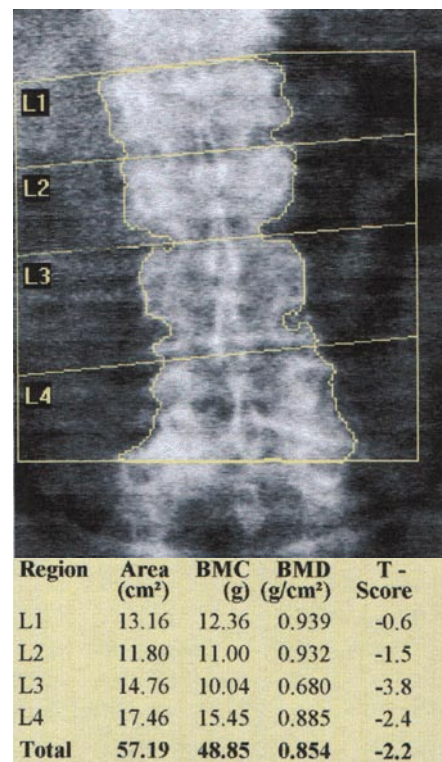


Abb. 3: Frakturen von LWK 1 und LWK 2, der T-Score in der DXA-Untersuchung ist bei diesen beiden Wirbelkörpern im Vergleich zur LWK 3 und LWK 4 deutlich erhöht.

◆ QCT mit Spiraltechnik in der LWS und am Femur sowie 3DpQCT sind zurzeit nicht für die Praxis geeignet.

◆ Wiederholungsuntersuchungen sollten prinzipiell mit dem gleichen Gerätetyp, frühestens nach 1 (QCT) bis 2 (DXA) Jahren durchgeführt werden.

Dr. med. Gabi Armbrrecht

Zentrum für Muskel- und Knochenforschung

Charité- Universitätsmedizin Berlin

Campus Benjamin Franklin

E-Mail: Gabi.armbrrecht@charite.de

Literatur:

- 1) Evidenzbasierte Konsensus-Leitlinie zur Osteoporose des Dachverbandes der deutschsprachigen wissenschaftlichen Gesellschaften für Osteologie (DVO) e. V. 2006. <http://www.lutherhaus-essen.de/osteo/leitlinien-dvo/index.php>
- 2) NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis and Therapy. JAMA 2001;285:785-95
- 3) BOUTROY S, BOUXSEIN ML, MUNOZ F, DELMAS PD 2005. In Vivo Assessment of Trabecular Bone Microarchitecture by High-Resolution Peripheral Quantitative Computed Tomography. Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism. First published September 27, 2005 as doi:10.1210/jc.2005-1258