

Journal für
Mineralstoffwechsel

Zeitschrift für Knochen- und Gelenkerkrankungen

Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Osteoporose - die Sicht des
Radiologen**

Grampp S, Steiner E

*Journal für Mineralstoffwechsel &
Muskuloskelettale Erkrankungen*

1998; 5 (3), 26-31

Homepage:

**[www.kup.at/
mineralstoffwechsel](http://www.kup.at/mineralstoffwechsel)**

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

Member of the



Indexed in SCOPUS/EMBASE/Excerpta Medica
www.kup.at/mineralstoffwechsel



Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft
zur Erforschung des Knochens
und Mineralstoffwechsels



Österreichische Gesellschaft
für Orthopädie und
Orthopädische Chirurgie



Österreichische
Gesellschaft
für Rheumatologie

Krause & Pachernegg GmbH · VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT · A-3003 Gablitz

P.b.b. GZ02Z031108M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

Erschaffen Sie sich Ihre ertragreiche grüne Oase in Ihrem Zuhause oder in Ihrer Praxis

Mehr als nur eine Dekoration:

- Sie wollen das Besondere?
- Sie möchten Ihre eigenen Salate, Kräuter und auch Ihr Gemüse ernten?
- Frisch, reif, ungespritzt und voller Geschmack?
- Ohne Vorkenntnisse und ganz ohne grünen Daumen?

Dann sind Sie hier richtig



OSTEOPOROSE – DIE SICHT DES RADIOLOGEN

Summary

An early diagnosis of osteoporosis and an accurate estimation of treatment outcome are the focus of radiological efforts. The most commonly applied methods for the evaluation of the peripheral and axial skeleton are dual x-ray absorptiometry, quantitative computed tomography, and quantitative ultrasound. Data of an individual are generally compared to an age-, sex-, and ethnically-matched control population. The bone mass measurements predict a patient's future risk of fracture and osteoporosis can

be diagnosed even in the absence of prevalent fractures. The fracture risk increases approximately 1.5–2.5 times for every 1.0 standard deviation and individual's bone mass is below the mean peak bone mass of healthy young individuals (T-score). The choice of the appropriate measurement sites may vary depending on the specific circumstances of the patient. The choice of the appropriate technique in any given clinical circumstance should be based on the strength and limitations of the different techniques.

frühe Diagnose der Osteoporose und die akkurate Beurteilung des Krankheitsverlaufes.

Es existieren nun unterschiedliche technische Ansätze, um das periphere Skelett sowie das Achsenskelett zu beurteilen. Zuerst werden nun kurz die klinisch relevanten radiologischen Untersuchungstechniken mit ihren Vor- und Nachteilen erläutert, dann spezifische Anwendungsweisen diskutiert.

KONVENTIONELLE RÖNTGENAUFNAHME

Ein konventionelles Röntgenbild reflektiert die Menge der vorhandenen Knochenmasse, sowie die Histologie und die Morphologie des untersuchten Skelettabschnittes. Röntgenzeichen, die auf eine Minderung der Knochenmasse hinweisen, werden in der täglichen Routine häufig gesehen [1]. Erste Zeichen eines Substanzverlustes auf konventionellen Röntgenbildern sind nach einer Abnahme des Skelettkalziums von etwa 20–40 % sichtbar [2]. Die rein visuelle Einschätzung von Knochenkompetenz und Skelettstatus ist in erheblichem Maße von der Erfahrung des beurteilenden Radiologen abhängig. In Kombination mit modernen quantitativen Bildgebungsmethoden werden konventionelle Röntgenbilder zur Frakturerkennung, zur Differenzialdiagnose und zu Nachkontrolluntersuchungen routinemäßig herangezogen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die frühe Diagnose der Osteoporose und eine akkurate Beurteilung von Behandlungserfolgen stehen im Mittelpunkt der radiologischen Bemühungen. Die häufigsten angewendeten Methoden, um das periphere Skelett sowie das Achsenskelett zu beurteilen, sind die Zwei-Spektren-Röntgenabsorptiometrie, die quantitative Computertomographie und der quantitative Ultraschall. Generell werden die Meßergebnisse eines Individuums mit einer alters-, geschlechts-, und rassenspezifischen Kontrollgruppe verglichen. In diesem Zusammenhang ist die Bestimmung der Knochenmasse ein Indikator des künftigen Frakturrisikos eines Patienten. Die radiologische Diagnose der Osteoporose kann durch die Bestimmung der Knochenmasse erfolgen, auch wenn keine prävalenten Frakturen vorliegen. Das Frakturrisiko für den Meßwert

eines Individuums steigt um etwa das 1,5 bis 2,5-fache für jede Standardabweichung (SD) unter der Spitzenknochenmasse der Normbevölkerung (T-score). Die Wahl des Meßortes und der Untersuchungstechnik zur Bestimmung der Knochenmasse oder des Frakturrisikos muß sich nach individuellen Gegebenheiten des Patienten sowie den Stärken und Limitationen der Techniken richten.

EINLEITUNG

Osteoporose wird definiert als eine Abnahme der Knochenmasse einhergehend mit strukturell-architektonischen Veränderungen, deren Zusammenwirken eine Minderung der Knochenstabilität bedingt. In diesem Zusammenhang gilt die mit radiologischen Methoden bestimmte Knochenmineraldichte (KMD) als das Leitkriterium zur Abschätzung des Frakturrisikos. Das Ziel ist eine

ZWEI-SPEKTREN- ABSORPTIOMETRIE

Die Zwei-Spektren Röntgenabsorptiometrie (dual x-ray absorptiometry = DXA) ist eine Projektionsmethode, bei der Röntgenstrahlung in einer Richtung durch den Patienten gesendet wird. Die Anwendung von Strahlung mit zwei Energieniveaus erlaubt die Korrektur für unterschiedliche Dicken überlagernder Weichteilschichten. Im klinischen Alltag werden DXA-Messungen routinemäßig an der Lendenwirbelsäule und am proximalen Femur durchgeführt (Abb. 1, 2).

Eine wichtige Limitierung der Methode besteht darin, daß im PA (posterior-anterioren) Strahlengang an der LWS Osteophyten, Aortenkalzifikationen und degenerative Kalzifikationen an Gelenken und Bändern mitgemessen werden. Sie führen dazu, daß die Knochenmineraldichte oft fälsch-

Abbildung 1: DXA: Lendenwirbelsäule (L1-L4) im posteroanterioren Strahlengang

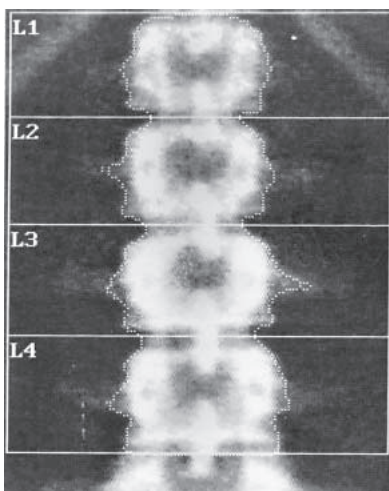


Abbildung 2: DXA des linken Femur mit den ROI im Schenkelhals, Trochanter major, der intertrochantären Region, im Wardschen Dreieck und in einer integralen Region, die Hüftkopf, Schenkelhals, Trochanter und Teile des Femurschaftes umfaßt.



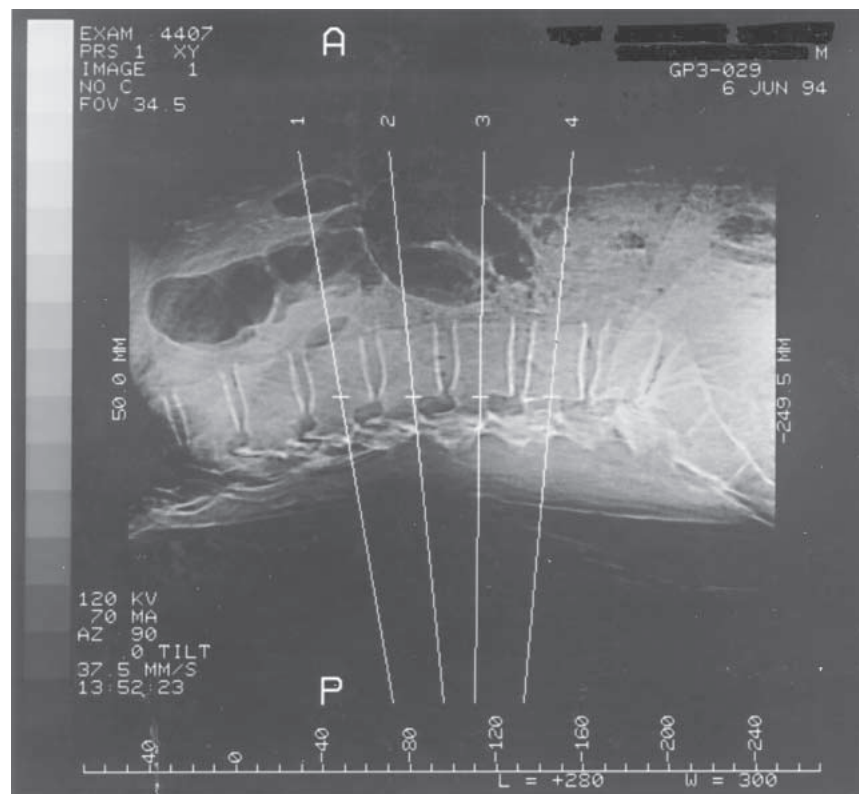
licherweise erhöht gemessen wird. Diese meist degenerativen Veränderungen sind vor allem beim älteren Patienten über dem 65. Lebensjahr häufig anzutreffen. Das Vorhandensein signifikanter Kalzifikationen muß deshalb routinemäßig bei jedem Patienten durch eine initiale Röntgenuntersuchung verifiziert werden. Als Alternative steht die laterale Messung der

LWS zur Verfügung. Die meisten gegenwärtig verwendeten DXA-Scanner erlauben eine Rotation der Röntgenröhre und der Detektoren. So können laterale Wirbelsäulenmessungen direkt nach der PA-Messung durchgeführt werden, und der Patient kann während der gesamten Untersuchung auf dem Rücken liegend verbleiben. Die laterale Messung ermöglicht die

Erfassung von nahezu reinem (< 95 %) trabekulären Knochen in den seitlich dargestellten Wirbelkörpern, weil die im lateralen Strahlengang erfaßte Kortikaliswand nur sehr dünn ist. Die laterale Anwendungsweise hat, im Vergleich zur PA-Messung, diagnostische Vorteile in der Erfassung von altersbedingtem Knochenmineralverlust und in der Diskriminierung von gesunden und osteoporotischen Individuen. Die laterale Meßmethode ist jedoch nicht bei allen Patienten anwendbar (Überlagerung durch Rippen oder Beckenkamm in bis zu 60 % der Fälle) und zeigt eine geringere Meßpräzision (ca. 2–3 % zu 1–1,5 %) im Vergleich zur PA-Messung.

Am proximalen Femur wird die DXA ausschließlich in der PA-Projektion angewendet. Als Meßregionen stehen der Schenkelhals, die intertrochanterische Region, die Trochanterregion, der gesamte proximale Femur und das Wardsche Dreieck (ca. 1 cm² messende Region im kaudalen Volumen des lateralen Schenkelhalses) zur Verfügung. Hier sind die klinisch wichtigsten Meßregionen, die Trochanterregion und das Wardsche Dreieck. Vor allem für die Bestimmung des Frakturrisikos an der Hüfte eignet sich die DXA des proximalen Femurs besser als die Messungen an der Wirbelsäule; die Meßwerte am Femur sind jedoch auch gute Determinanten für osteoporotische Veränderungen an der LWS [3–5]. Die beste Sensitivität zur Unterscheidung zwischen gesunden Freiwilligen und osteoporotischen Patienten wurde [5–7] für die Trochanterregion gefunden.

Abbildung 3: QCT: Laterale Übersichtsaufnahme (scoutview) der LWS



QUANTITATIVE COMPUTERTOMOGRAPHIE

Die quantitative Computertomographie (QCT) ermöglicht eine echte Knochendichtemessung (in mg/cm³), ohne durch überlagernde Gewebe beeinflusst zu werden. Die Knochenmineraldichte kann separat in den verschiedenen Knochenkompartimenten an jeder Stelle des Skelettsystems gemessen werden. Der Einsatz der Methode an der Lendenwirbelsäule ist weit verbreitet und wird von zahlreichen Autoren als Goldstandard in der Osteoporosediagnostik betrachtet [3, 8–10]. Wegen der hohen metabolischen Aktivität des

trabekulären Knochens wird die QCT in erster Linie zur Bestimmung der Knochenmineraldichte im vertebralen Zentrum herangezogen und zeigt eine gute Sensitivität zur Verfolgung altersabhängiger Knochenmineralgehaltsverluste, die häufig nach der Menopause beschleunigt sind. Die Meßmethode hat den Vorteil, daß extraossäre Kalzifikationen und überlagernde Gewebe keinen Einfluß auf die Meßwerte haben.

Einzelne, axiale, mittervertebrale Schichten mit einer Schichtdicke von 8–10 mm werden parallel zu den vertebralen Grund- und Deckplatten eingestellt (Abb. 3). Zur Kalibrierung einer lumbalen QCT wird in den meisten Zentren ein mineralsalzäquivalentes

Abbildung 4: QCT: Axiale Schicht durch einen Lendenwirbelkörper (L2), dorsal des Patienten befindet sich das extrakorporale Referenzphantom bestehend aus Einsätzen bekannter Dichte.

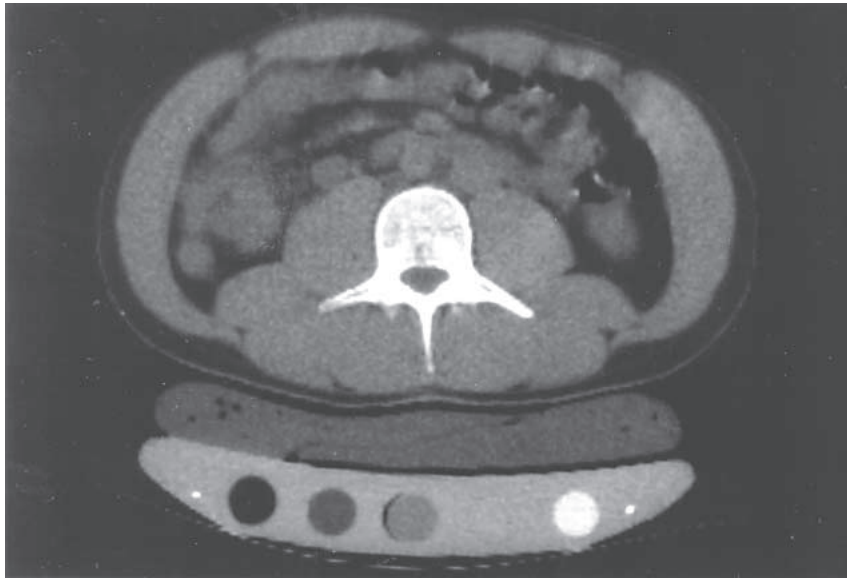
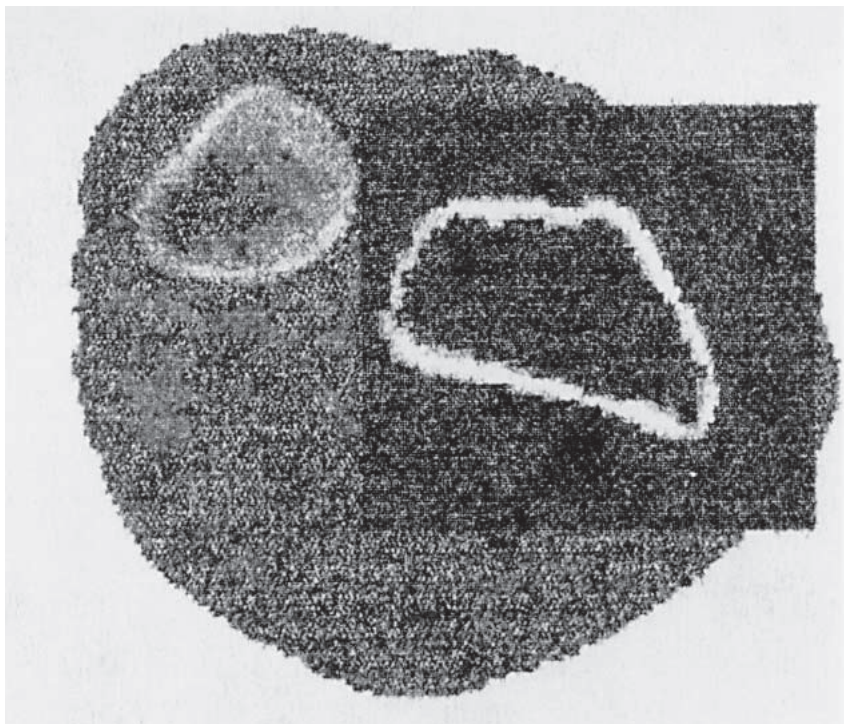


Abbildung 5: Periphere QCT am distalen Unterarm ca. 2 cm proximal der kortikalen Endplatte des Radius. Die axiale Schicht zeigt Ulna und Radius, wobei der kortikale Knochen im Radius als Meßregion markiert ist.



Referenzphantom, das mit dem Patienten zusammen abgebildet wird, verwendet (Abb. 4) [11].

Zur Messung des Knochenmineralgehaltes am peripheren Skelett werden speziell für diesen Zweck konstruierte, kleinere Geräte eingesetzt. Am meisten verbreitet ist die Untersuchung am distalen Radius mit einer axialen Schichtdicke von 2,5 mm (Abb. 5). In zahlreichen Studien wurde nachgewiesen, daß pQCT Messungen des Knochenmineralgehaltes am Radius geeignet sind, um zwischen osteoporotischen Patienten und gesunden Freiwilligen zu unterscheiden, und um Patienten während klinischer Studien zu betreuen [9, 12, 13].

QUANTITATIVER ULTRASCHALL

Bei der quantitativen Ultraschallmessung (QUS) werden zwei unterschiedliche Parameter erhoben: die Schalleitungsgeschwindigkeit (ultrasound transmission velocity = UTV oder speed of sound = SOS) und die Breitband-Ultraschallabschwächung (broadband ultrasound attenuation = BUA). Die SOS errechnet sich als Quotient aus der Transitzeit einer Ultraschallwelle durch eine Struktur (Knochen und Weichteilgewebe) und der Wegstrecke durch diese Gewebe. Der Meßansatz mittels BUA macht sich die Abschwächung der Ultraschallwellen durch Verteilung, Reflexion und Absorption zu nutze. Ultraschallwellen mit verschiedenen Frequenzen werden je nach vorhandener Dichte und Struktur der durchdrungenen Gewebe abgeschwächt. Die verwendeten Systeme sind so-

nannte Transmissionssysteme, bei denen je ein Sender und ein Empfänger auf beiden Seiten des zu messenden Gewebes plaziert werden. Klinische Studien haben fast ausschließlich den Kalkaneus als Meßstelle verwendet. Es wurde gezeigt, daß SOS und BUA, sowie Kombinationsparameter aus beiden einen deutlichen Zusammenhang mit dem Frakturrisiko aufweisen, der teilweise unabhängig von der Knochenmineraldichte ist [14]. Studien, die die Fähigkeit der QUS zwischen Populationen mit und ohne osteoporotischen Frakturen zu unterscheiden versuchten, kamen meist zu sehr vielversprechenden Ergebnissen [3, 14, 15]. Diese diagnostische Fähigkeit bzw. die Sensitivität der Methode bewegte sich statistisch in der selben Größenordnung wie die der zweidimensionalen Knochendichtemessungen an der Wirbelsäule, am Femur oder Radius.

PRAKTISCHE ANWENDUNG

Generell werden Meßergebnisse eines Individuums mit einer alters-, geschlechts-, und rassenspezifischen Kontrollgruppe verglichen. Eine normative Datenbank, wie sie von den meisten Herstellern in ihren Systemen implementiert ist, ist zur Interpretation von Patientenergebnissen unablässig. Gewöhnlich wird die gemessene Knochenmineraldichte als Z-Wert (Z-score) und/oder T-Wert (T-score) angegeben. Der Z-Wert zeigt die individuellen Patientenergebnisse als Abweichung vom altersentsprechenden Mittelwert dividiert durch die Standardabweichung dieses Mittelwertes. Der T-Wert bezieht

sich auf die Spitzenknochenmasse junger gesunder Erwachsener und wird ähnlich wie der Z-Wert errechnet.

Die Knochendensitometrie ist die einzige direkte und objektive Methode zur genauen Bestimmung der Knochenmasse und zur Abschätzung des Frakturrisikos. Das Frakturrisiko für den Meßwert eines Individuums steigt um etwa das 1,5 bis 2,5-fache für jede Standardabweichung (SD) unter der Spitzenknochenmasse der Normbevölkerung (T-score) [6, 16]. Die Definition einer Osteoporose aus den Werten der Osteodensitometrie für Individuen, die noch keine Fraktur erlitten haben, wurde von der WHO für weiße Frauen definiert [17]. Diese werden als osteoporotisch bezeichnet, wenn die Knochenmasse mehr als 2,5 Standardabweichungen unter der Spitzenknochenmasse liegt (T-score).

Grundsätzlich werden densitometrische Messungen durchgeführt, um den von Radiologen geäußerten Verdacht eines Knochenmasseverlustes zu bestätigen, die Auswirkungen einer Krankheit zu quantifizieren oder den Effekt einer Therapie festzustellen. In diesen Fällen sollte genau der Teil des Skeletts gemessen werden, an dem der behandelnde Arzt interessiert ist. Da die meisten und folgeträchtesten Frakturen an der LWS und am proximalen Femur auftreten, wird auch in erster Linie an diesen Stellen gemessen. Bei asymptomatischen Individuen unter 65 Lebensjahren kann eine richtige Diagnose am besten durch Messungen der LWS (QCT, DXA) oder alternativ durch Messungen der LWS und der peripheren Knochen

(DXA, pQCT, QUS) erfolgen [18]. Für die Gruppe der Frauen, die sich in der frühen postmenopausalen Phase befinden (50–59 Jahre), wird jedoch schon die alleinige Messung am proximalen Femur (DXA) für ausreichend erachtet, um Individuen mit einem erhöhten Frakturrisiko zu finden [16]. Wenn zur Diagnose an älteren Patienten (> 65 Jahre), bei denen oftmals degenerative Veränderungen der Wirbelsäule vorliegen, keine QCT durchgeführt werden soll oder kann, ist für diese Patientengruppe eher die Messung an peripheren Skelettabschnitten angeraten (proximaler Femur = DXA; Radius = DXA, pQCT; Kalkaneus = QUS), weil diese seltener von degenerativen Veränderungen betroffen sind [19, 20].

Der Sinn aller Messungen ist, daß mit ihrer Hilfe das Frakturrisiko eines Individuums abgeschätzt bzw. berechnet werden soll. Zur Ermittlung des Frakturrisikos im gesamten Skelett sind praktisch alle Meßorte (distaler Radius, Kalkaneus, LWS, proximaler Femur) mit statistisch ähnlicher Signifikanz verwendbar [16, 21, 22]. Interessiert jedoch das spezifische Frakturrisiko an einer bestimmten Skelettstelle, so sollte genau an dieser Stelle gemessen werden.

Literatur

1. Grampp S, Steiner E, Imhof H. Radiological diagnosis of osteoporosis. *European Radiology* 1997; 7: 11–9.
2. Jergas M, Uffmann M, Escher H, Glüer CC, Young KC, Grampp S et al. Interobserver variation in the detection of osteopenia by radiography and comparison with dual x-ray absorptiometry (DXA) of the lumbar spine. *Skeletal Radiol* 1994; 23: 195–9.

3. Grampp S, Genant HK, Mathur A, Lang P, Jergas M, Takada M et al. Comparisons of non-invasive bone mineral measurements in assessing age-related loss, fracture discrimination, and diagnostic classification. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 697–711.
4. Mazess RB, Barden H, Ettinger M, Schultz E. Bone density of the radius, spine, and proximal femur in osteoporosis. *J Bone Min Res* 1988; 3: 13–18.
5. Takada M, Grampp S, Ouyang X, Engelke K, Genant HK. A new trabecular region of interest for femoral dual x-ray absorptiometry: short-term precision, age-related bone loss, and fracture discrimination compared with current femoral regions of interest. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 832–8.
6. Cummings SR, Black DM, Nevitt MC, Browner W, Cauley J, Ensrud K et al. Bone density at various sites for prediction of hip fractures: the study of osteoporotic fractures. *Lancet* 1993; 341: 72–5.
7. Greenspan SL, Myers ER, Maitland LA, Kido TH, Krasnow MB, Hayes WC. Trochanteric bone mineral density is associated with type of hip fracture in elderly. *J Bone Miner Res* 1994; 9: 1889–94.
8. Genant HK, Engelke K, Fuerst T, Glüer CC, Grampp S, Harris ST et al. Noninvasive assessment of bone mineral and structure: state of the art. *J Bone Miner Res* 1996; 11: 707–30.
9. Grampp S, Jergas M, Lang P, Steiner E, Fuerst T, Glüer CC et al. Quantitative CT assessment of the lumbar spine and radius in patients with osteoporosis. *AJR* 1996; 167: 133–40.
10. Guglielmi G, Grimston SK, Fischer KC, Pacifici R. Osteoporosis: diagnosis with lateral and posteroanterior dual x-ray absorptiometry compared with quantitative CT. *Radiology* 1994; 192: 845–50.
11. Genant HK, Boyd DP. Quantitative bone mineral analysis using dual energy computed tomography. *Invest Radiol* 1977; 12: 545–51.
12. Grampp S, Lang P, Jergas M, Glüer CC, Mathur A, Engelke K et al. Assessment of the skeletal status by peripheral quantitative computed tomography of the forearm: short-term precision in-vivo and comparison to dual x-ray absorptiometry. *J Bone Miner Res* 1995; 10: 1566–76.
13. Rüdiger P, Durand E, Dambacher MA. Localization of regional forearm bone loss from high resolution computed tomographic images. *Osteoporosis Int* 1991; 1: 76–80.
14. Glüer CC, Cummings SR, Bauer DC, Stone K, Pressman A, Mathur A et al. Osteoporosis: association of recent fractures with quantitative US findings. *Radiology* 1996; 199: 725–32.
15. Bauer DC, Glüer CC, Cauley JA, Vogt TM, Ensrud KE, Genant HK et al. Broadband ultrasound attenuation predicts fractures strongly and independently of densitometry in older women. *Arch Intern Med* 1997; 157: 629–34.
16. Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. Preexisting fractures and bone mass predict vertebral fracture incidence in women. *Ann Intern Med* 1991; 114: 919–23.
17. Kanis JA, Group WS. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: synopsis of a WHO report. *Osteoporosis Int* 1994; 4: 368–81.
18. Melton III LJ, Chrischilles EA, Cooper C, Lane AW, Riggs BL. Perspective. How many women have osteoporosis? *J Bone Mineral Res* 1992; 7: 1005–10.
19. Ito M, Hayashi K, Yamada M, Uetani M, Nakamura T. Relationship of osteophytes to bone mineral density and spinal fracture in men. *Radiology* 1993; 189: 497–502.
20. Yu W, Glüer CC, Grampp S, Jergas M, Fuerst T, Wu CY et al. Spinal bone mineral assessment in postmenopausal women: a comparison between dual x-ray absorptiometry and quantitative computed tomography. *Osteoporosis Int* 1995; 5: 433–9.
21. Hui SL, Slemenda CW, Johnston CC. Age and bone mass as predictors of fracture in a prospective study. *J Clin Invest* 1988; 81: 1804–9.
22. Seeley DG, Browner WS, Cummings SR, Genant HK. Which fractures are associated with low appendicular bone mass in elderly women? *Ann Intern Med* 1990; 115: 128.

Korrespondenzadressen:

*Dr. med. Stephan Grampp
Universitätsklinik für Radio-
diagnostik/Osteologie, MRI
A-1090 Wien,
Währinger Gürtel 18–20*

*Univ.-Doz. Dr. Erich Steiner
Institut für bildgebende Diagnostik
A-3100 St. Pölten,
Kremser Gasse 20*

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

☒ [Bilddatenbank](#)

☒ [Artikeldatenbank](#)

☒ [Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ [Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)