

JOURNAL FÜR MENOPAUSE

HEILMANN P, SOBALLA T, WÜSTER C, ZIEGLER R

Diagnostik der Osteoporose: Densitometrie versus Ultraschall

Journal für Menopause 1998; 5 (2) (Ausgabe für Schweiz), 20-25

Journal für Menopause 1998; 5 (2) (Ausgabe für Deutschland)

15-20

Journal für Menopause 1998; 5 (2) (Ausgabe für Österreich)

17-22

Homepage:

www.kup.at/menopause

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

ZEITSCHRIFT FÜR DIAGNOSTISCHE, THERAPEUTISCHE UND PROPHYLAKTISCHE ASPEKTE IM KLIMAKTERIUM

**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



DIAGNOSTIK DER OSTEOPOROSE: DENSITOMETRIE VERSUS ULTRASCHALL

Summary

Quantitative ultrasound (QUS) methods have been introduced in recent years for osteoporosis risk assessment. New methods for measurements at different sites have been developed. They are mobile and less expensive than DXA-systems. QUS measures speed of sound (SOS) and broadband ultrasound attenuation (BUA). Precision of QUS-systems is equivalent to that of radiologic systems. Discrimination between patients with and without fractures is as possible as with DXA. Correlation between QUS and DXA is low. This may be due to the fact that both methods measure different parameters responsible for bone strength. DXA results mainly depend

on bone mineral content while QUS results are more influenced by bone architecture. A new parameter, the ultrasound bone profile score (UBPS) has been developed for one of the newer systems measuring speed of sound at the phalanges of the hand. This score depends on the main characteristics of the ultrasound signal obtained by measurements of the four fingers of one hand. First studies have shown that this score could be a better discriminator between different risk groups. Therefore QUS may be a good alternative for osteoporosis risk assessment. First prospective data show that a better estimation of fracture risk in osteoporosis is possible by combination of QUS with DXA.

bessere Aussage bezüglich des Frakturrisikos möglich sein könnte als mit DXA alleine.

EINLEITUNG

Osteoporose ist eine systemische Skeletterkrankung, die durch eine niedrige Knochenmasse und Störung der Mikroarchitektur des Knochengewebes charakterisiert ist, was im folgenden zu einer erhöhten Knochenbrüchigkeit und Frakturanfälligkeit führt [Konsensus-Konferenz, Weltkongreß für Osteoporose, Amsterdam, 1996]. Sie ist eine komplexe, multifaktorielle, chronische Erkrankung, die über Dekaden hinweg symptomlos verlaufen kann [1, 2], bis der Knochenverlust schließlich individuell eine Grenze erreicht, ab der Frakturen auftreten [3]. Viele prospektive Studien konnten zeigen, daß mit Erniedrigung der Knochendichte das Risiko für Frakturen steigt [1, 4]. Sie wird mittels Single- oder Dual-Photonenabsorptiometrie (SPA oder DPA), Dual-Röntgen-Absorptiometrie (DXA) oder Quantitativer Computertomographie (QCT) gemessen. Diese Verfahren messen mittels ionisierender Strahlung den Mineralsalzgehalt im Knochen, erkennen aber nicht seine mechanischen Qualitäten [5]. 60–90 % der Knochenfestigkeit können durch die Knochenmasse erklärt [2, 6] und somit mit der Densitometrie gemessen werden. Die Knochenfestigkeit hängt aber auch von anderen Eigenschaften des Knochens, wie z. B. Elastizität, Geometrie oder Struktur ab [2, 7]. Die Ultraschalltechniken erkennen diese Eigenschaften offenbar besser

ZUSAMMENFASSUNG

Die quantitative Ultraschall (QUS) Messung hat in den letzten Jahren an Bedeutung für die Diagnostik der Osteoporose gewonnen. Neue Geräte zur Messung an unterschiedlichen Meßorten wurden entwickelt. Sie sind leicht, transportabel und im Vergleich zur DXA-Messung sehr preisgünstig. Eine Strahlenexposition wird vermieden. Gemessen werden die Ultraschallgeschwindigkeit (speed of sound, SOS) und die Ultraschallabschwächung (broadband ultrasound attenuation, BUA). Die Präzision der QUS-Geräte ist äquivalent zu den radiologischen Verfahren. Querschnittsstudien zeigen, daß mittels QUS ebensogut zwischen Patientinnen mit und ohne Frakturen unterschieden werden kann wie mittels DXA. Die Korrelation zwischen diesen Messungen ist aber relativ gering. Dies läßt sich dadurch erklären, daß beide

Systeme unterschiedliche Parameter, die für die Knochenstabilität von Bedeutung sind, erfassen. Während mittels DXA vor allem der Knochenmineralgehalt gemessen wird, werden mit QUS auch die Knochenarchitektur und -struktur erfaßt. Für eines der neueren Geräte zur Messung an den Phalangen der Hand wurde zusätzlich ein neuer Parameter ermittelt, der vielversprechende Ergebnisse zeigt. Dieser Ultrasound Bone Profile Score (UBPS) ist ein Punktwert, der aus verschiedenen Charakteristika des Ultraschall-Summsignals der Messung an den vier Fingern der Hand ermittelt wird. Erste Studien zeigen für diesen Wert sehr gute Ergebnisse bzgl. der Diskriminierung unterschiedlicher Risikogruppen. Die QUS bietet damit eine gute Alternative zur Abschätzung des Osteoporoserisikos. Erste prospektive Daten zeigen, daß insbesondere durch die Kombination von QUS und DXA eine

Tabelle 1: Verfahren zur Messung der Knochendichte mittels Ultraschall

Geräte (Firma)	Meßort	Meßart
Achilles (LUNAR) CUBA (McCue) UBA 575 (Walkersonix) SAHARA (Hologic) UBIS 3000 (DMS) DTU-one (MediTech)	Calcaneus	Transmission
Signet (Osteotechnology)	Patella	Transmission
Soundscan 2000 (Myriad)	Tibia	Reflexion
DBM Sonic 1200 (IGEA)	distale Phalangen	Transmission
Omnisense Ultrasonic Bone Strength Meter (Sunlight)	multiple Meßorte	Reflexion

Tabelle 2: Vorteile und Nachteile der QUS-Messung

Vorteile	Nachteile
• keine Strahlenbelastung	• keine Messung an den Stellen häufiger Frakturen
• Geräte transportabel	• internationale Phantome in der Entwicklung
• niedrige Kosten	• insgesamt noch weniger Erfahrung als mit DXA
• einfache und schnelle Messung	• wenig Langzeiterfahrungen bezügl. Therapie-Monitoring
• wahrscheinlich Erfassung der Knochenstruktur	
• neuere Geräte universell einsetzbar	
• erste prospektive Daten zur Frakturrisiko-Erfassung vorhanden	

[7–11]. Dies bedeutet, daß die Kombination beider Methoden eine Verbesserung der Abschätzung des Frakturrisikos erlaubt [12].

Die derzeit kommerziell erhältlichen QUS-Systeme sind nicht-invasive Methoden, die sicher, einfach, strahlenfrei, tragbar und relativ billig sind [5, 8, 10, 13, 14]. In Tabelle 1 sind einige der verfügbaren Methoden inklusive Meßorten aufgeführt, Tabelle 2 zeigt die wesentlichen Vor- und Nachteile.

VORAUSSETZUNGEN ZUM KLINISCHEN EINSATZ DER QUS

Die Ultraschallwelle wird in der Materie fortgeleitet. An Grenzen, die verschiedene Materialien trennen, wird ein Teil des Ultraschallstrahls reflektiert, der andere transmittiert. Die Ultraschallwelle unterliegt damit einer Abschwächung an Amplitude und Energie [9, 13, 15]. Die quantitativen Parameter (Tab. 3) messen direkt die Ultraschallabschwä-

chung (BUA) und die Ultraschallgeschwindigkeit (SOS) [10]. Abbildung 1 zeigt einen Vergleich der verschiedenen Referenzwerte für Frauen für die QUS-Messung am Calcaneus (Achilles), Phalangen (DBM Sonic 1200) und Tibia (Sound Scan 2000).

MESSUNG AM CALCANEUS (ACHILLES)

Der Calcaneus wurde als Meßort gewählt, da er einfach verfügbar, ein gewichtstragender Knochen und ein Knochen mit relativ hohem trabekulärem Anteil ist [16, 17]. Die Messung wird bei 500 kHz durchgeführt, der Empfänger hat eine Bandbreite von 0,1–0,6 MHz. Bei der Messung wird die SOS aus der Ultraschallgeschwindigkeit durch die Ferse errechnet. Es zeigt sich eine hohe Korrelation zwischen den beiden Fersen ($r = 0,95$) [17]. Wichtig ist die standardisierte Positionierung der Ferse im Wasserbad. Zwischen BUA und SOS zeigt sich eine hohe Korrelation [16, 18]. Prospektive Daten zur Vorhersage von Frakturen in epidemiologischen Studien zeigen ähnlich gute Ergebnisse, wie sie für die DXA-Messung bekannt sind, mit einer Verdoppelung des relativen Risikos je Abweichung um eine Standardabweichung [12].

MESSUNG AN DER TIBIA (SOUND SCAN 2000)

Mit diesem Gerät wird die SOS im kortikalen Knochen entlang der longitudinalen Tibia-Achse gemessen [19]. Die Technik beruht darauf, daß eine Pulswelle

in die Corticalis ausgesendet wird (250 kHz) und mittels zweier Kontroll-Kristallsonden die Ausbreitungsgeschwindigkeit dieser Impulswelle gemessen wird. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist abhängig von strukturellen Eigenschaften der Corticalis, wobei wiederum die exakte Positionierung der Sonde wichtig ist. Die Tibia wurde als Knochen ausgewählt, da sie einen hohen Anteil von kortikalem Knochen besitzt, der für eine solche Sonde leicht angebar ist.

MESSUNG AN DEN PHALANGEN (DBM SONIC 1200)

Die distale Metaphyse der Grundphalanx der langen Finger (II–V) besteht gleichzeitig aus kompaktem und trabekulärem Knochen. Diese zeigt daher wie beim Wirbelkörper relativ rasch Veränderungen der Mineralisation und der Struktur der Knochen. Die Knochendichte an den Phalangen ist durch die Fingerbewegung beeinflusst, aber nicht durch z. B. Übergewicht. Bei der Messung bestehen keine Unterschiede zwischen der dominanten und der nicht dominanten Hand. Das Gerät besteht aus einem Caliper, der mit Gel tangential an der lateralen und medialen Oberfläche der Phalangen schließt, die Meßstelle ist dann direkt proximal zur distalen Epiphyse. Das Gerät transmittiert Ultraschallwellen mit einer Frequenz von 1,25 MHz, und die Ultraschallgeschwindigkeit wird von der ersten Amplitude, die als Signal empfangen wird, errechnet [20]. Abbildung 2 zeigt die Ultraschallsignale an den Phalangen bei einer jungen postmenopausalen

Tabelle 3: Quantitative Parameter der QUS-Messung

Parameter	Einheit	Haupteinflussgrößen
• Ultraschallgeschwindigkeit (Speed of Sound, SOS)	[m/s]	Alter, Spongiosa-BMD
• Ultraschallabschwächung (Broadband ultrasound attenuation, BUA)	[dB/MHz]	Alter, Compacta-BMD
• nur bei Achilles: "Stiffness" = (nBUA+nSOS) / 2 wobei nBUA = (BUA-50) / 75 * 100 % und nSOS = (SOS-1380) / 180 * 100 %	[%]	Alter, BMD
• nur bei SAHARA: QUI = Quantitativer Ultrasound Index (Kombination aus SOS und BUA)	[%]	Alter, BMD
• nur bei DBM Sonic 1200: Ultrasound Bone Profile Score (UBPS) Dies ist ein Punktwert in die Charakteristika des Ultraschall-Summationssignals eingerechnet werden	[%]	Trabekel-Konnektivität (?)

Abbildung 1: Vergleich der Referenzkurven für Frauen für die QUS am Calcaneus (Achilles), an der Tibia (SoundScan 2000) oder an den Phalangen (DBM Sonic 1200). SOS = Ultraschallgeschwindigkeit. BUA = Ultraschallabschwächung.

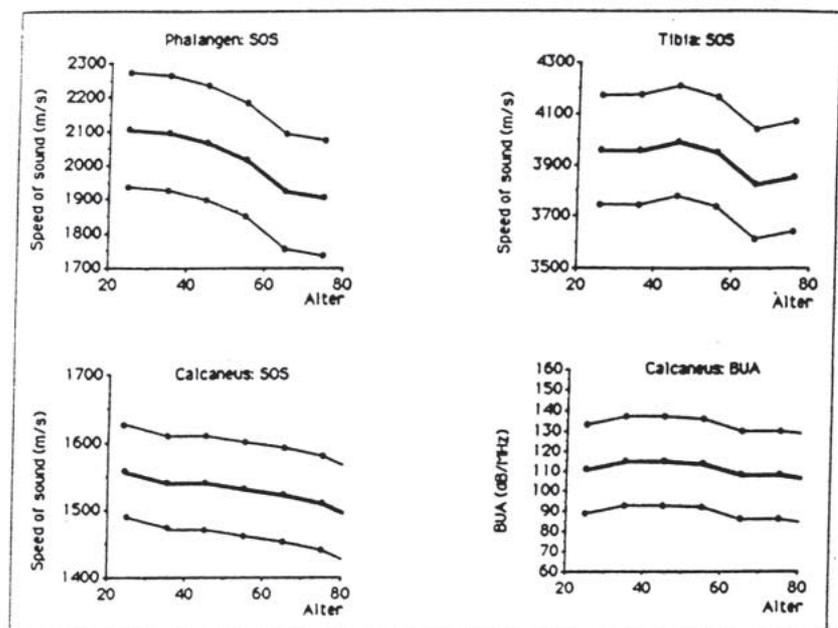


Abbildung 2: Ultraschallsummationssignal bei der Messung mit dem DBM Sonic 1200 bei einer gesunden jungen Frau (linkes Bild), einer gesunden postmenopausalen Frau (Mitte) sowie einer postmenopausalen Frau mit manifester Osteoporose (rechtes Bild).

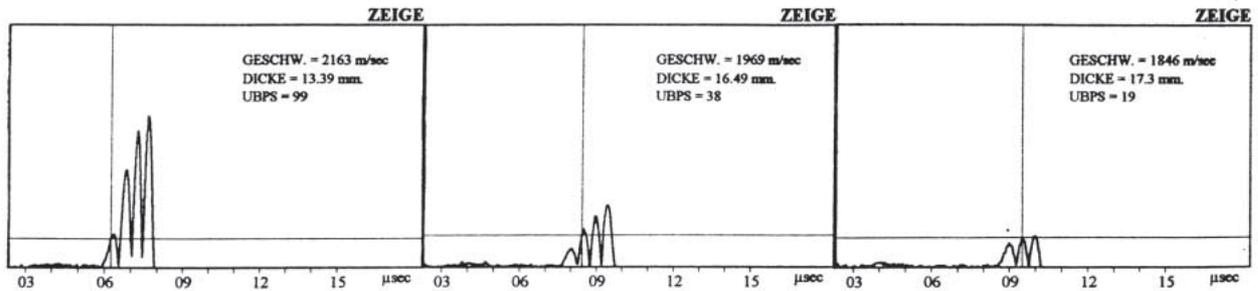
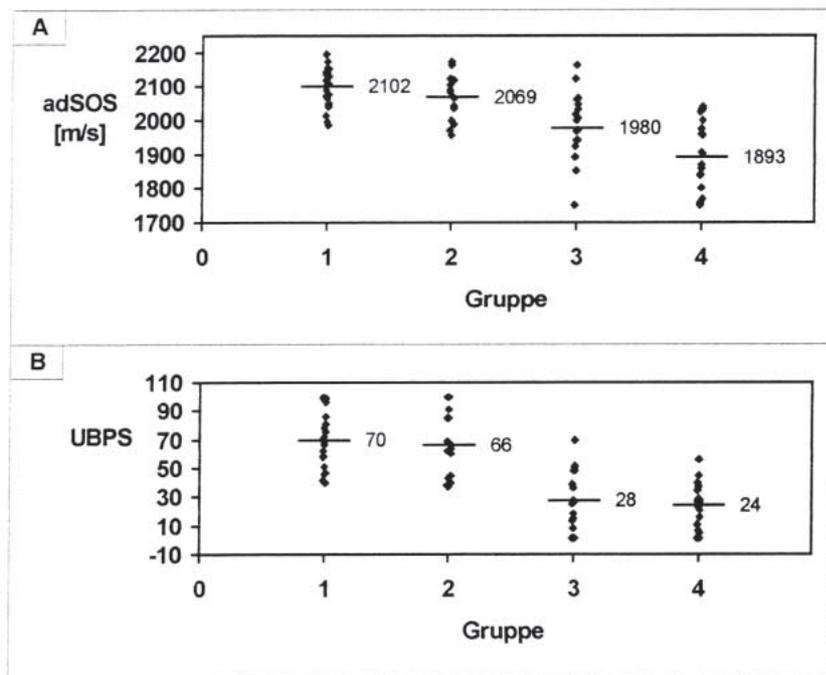


Abbildung 3: Vergleich von SOS (A) und UBPS (B) bei gesunden jungen Frauen (Gruppe 1), bei gesunden postmenopausalen Frauen (Gruppe 2), bei Frauen mit Osteopenie (Gruppe 3) oder manifester Osteoporose (Gruppe 4).



Frau, einer älteren Frau und einer gleich alten Frau mit Osteoporose.

VERGLEICHE ZWISCHEN QUS UND DENSITOMETRIE

Mit den beschriebenen Systemen haben wir Querschnittsstudien

bei Patientinnen mit Osteopenie (OPI) oder manifester Osteoporose (OPO) sowie bei gesunden postmenopausalen Frauen durchgeführt [18, 19, 21–25]. Die Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Bei allen Geräten lagen die Ergebnisse der Ultraschallmes-

sungen bei Patientinnen mit OPI oder OPO signifikant niedriger als für gesunde postmenopausale Frauen.

- Die Meßbereiche zeigen dabei eine ähnliche Überlappung wie sie für die radiologischen Verfahren bekannt ist.
- Die Korrelationen zwischen Ultraschallergebnissen und Ergebnissen der Densitometrie an der LWS mittels DXA waren durchweg signifikant, die Korrelationskoeffizienten lagen mit Werten zwischen 0,3 und 0,5 aber niedrig und waren selbst bei Messung am gleichen Knochen (Calcaneus) kaum höher ($r = 0,73$).

Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich wohl dadurch, daß die Ultraschall-Messungen mehr strukturelle Defekte des Knochens erkennen, die Densitometrie aber mehr den Mineralsalzgehalt mißt [2, 5–11]. Beide Parameter sind zwar Indikatoren eines erhöhten Frakturrisikos, müssen aber nicht gleichermaßen betroffen sein. Dies würde wiederum dafür sprechen, daß sich beide Parameter ergänzen und ihre Kombination eine noch bessere Frakturvorhersage erlauben könnte [12].

PERSPEKTIVEN, NEUE PARAMETER DES QUS

Die Auswertung der Ultraschall-signale wird in der Zukunft eventuell noch weitere Parameter zur Beurteilung der Knochenqualität ermöglichen. Für den DBM Sonic 1200 wurde zum Beispiel der Ultrasound Bone Profile Score (UBPS) entwickelt. Wie bereits erwähnt ist das Signal, das bei der Messung mit dem DBM Sonic 1200 erhalten wird (Abb. 2), bei Patientinnen mit Osteopenie deutlich verändert. Die „Peaks“ werden weniger, plumper, flacher und kleiner. Mittels eines komplizierten Algorithmus werden diese Charakteristika des Meßsignals in einen Score umgerechnet, der zwischen 0 und 100 liegt. In einer Studie, in der wir die Ergebnisse junger gesunder Frauen, gesunder postmenopausaler Frauen, postmenopausaler Frauen mit Osteopenie und von Frauen mit manifester Osteoporose verglichen haben, zeigte sich, daß die Unterschiede zwischen den gesunden Frauen und den Patientinnen mit Osteopenie für den UBPS signifikant größer waren als für die Messung der SOS. Dies gibt Hoffnung, daß die Ultraschallmessung in Zukunft noch bessere Ergebnisse bezüglich der Abschätzung eines Frakturrisikos liefern kann.

Literatur

1. Melton III LJ, Eddy DM, Johnston Jr CC. Screening for osteoporosis. *Ann Int Med* 1990; 112: 516–28.
2. Waud CE, Lew R, Baran DT. The relationship between ultrasound and densitometric measurements of bone mass at the calcaneus in women. *Calcif Tissue Int* 1992; 51: 415–8.



Dr. med Peter Heilmann

Geboren 1963 in Tiengen, jetzt Waldshut-Tiengen (D). Von 1982 bis 1989 Studium der Medizin an der Freien Universität Berlin.

1992 Promotion an der FU-Berlin („Exkretionsraten von Glukokortikoiden im Harn als biochemische Marker für die NNR-Funktionsdiagnostik“). Von 1989 bis 1995 Weiterbildung in den Fachbereichen Innere Medizin und Labormedizin in Berlin.

Seit Mai 1995 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Dr. Ziegler, Innere Medizin I, Endokrinologie und Stoffwechselkrankheiten, Universitätsklinikum Heidelberg.

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Peter Heilmann
Universitätsklinikum Heidelberg
Medizinische Klinik I, Endokrinologie & Stoffwechsel /
Endokrinologische Ambulanz
D-69115 Heidelberg, Luisenstraße 5 / Gebäude 8

3. Christiansen C. Skeletal osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1993; 8: 475–80.
4. Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS, Stone K, Fox KM, Ensrud KE, Cauley J, Black D, Vogt TM. Risk factors for hip fractures in white women. *N Engl J Med* 1995; 332: 767–73.
5. Wallach S, Feinblatt JD, Avioli LV. The bone „quality“ problem. *Calcif Tissue Int* 1992; 51: 169–72.
6. Genant HK, Faulkner KG, Glüer CC. Measurement of bone mineral density: Current status. *Am J Med* 1991; 91: 49–53.
7. Glüer CC, Wu CY, Jergas M, Goldstein SA, Genant HK. Three quantitative ultrasound parameters reflect bone structure. *Calcif Tissue Int* 1994; 55: 46–52.
8. Baran DT, Kelly AM, Karellas A, et al. Ultrasound attenuation of the os calcis in women with osteoporosis and hip fractures. *Calcif Tissue Int* 1988; 43: 138–42.
9. Chesnut III CH. The imaging and quantitation of bone by radiographic and scanning methodologies. In: Coe FL, Favus MJ (eds). *Disorders of bone and mineral metabolism*. Raven Press Ltd. New York 1992: 443–54.
10. Antich PP, Anderson JA, Ashman RB, et al. Measurement of mechanical properties of bone material in vitro by ultrasound reflection: Methodology and comparison with ultrasound transmission. *J Bone Miner Res* 1991; 6: 417–26.
11. Glüer CC, Vahlensieck M, Faulkner KG, Engelke K, Black D, Genant HK. Site-matched calcaneal measurements of broad-band ultrasound attenuation and single x-ray absorptiometry: Do they measure different properties? *J Bone Miner Res* 1992; 7: 1071–9.
12. Hans D, Dargent-Molina P, Schott AM, Sebert JL, Cormier C, Kotzki PO, Delmas PD, Pouilles JM, et al. Ultrasonographic heel measurements to predict hip fracture in elderly women: the EPIDOS prospective study. *Lancet* 1996; 348: 511–14.
13. Heaney RP, Avioli LV, Chesnut III CH, Lappe J, Recker R, Brandenburger GH. Osteoporotic bone fragility. Detection by ultrasound transmission velocity. *JAMA* 1989; 261: 2986–90.
14. Kaufmann JJ, Einhorn TA. Perspectives: Ultrasound assessment of bone. *J Bone Miner Res* 1993; 8: 517–25.
15. Turner CH, Eich M. Ultrasonic velocity as a predictor of strength in bovine cancellous bone. *Calcif Tissue Int* 1991; 49: 116–9.
16. Herd RJM, Blake GM, Ramaligham T, Miller CG, Ryan PJ, Fogelman I. Measurements of postmenopausal bone loss with a new contact ultrasound system. *Calcif Tissue Int* 1993; 53: 153–7.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

[Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

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](#)