

Journal für
Mineralstoffwechsel
Zeitschrift für Knochen- und Gelenkserkrankungen
Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Anormale Verteilung der
Knochendichte auf benachbarte
Lendenwirbel bei
Osteoporosepatienten mit und ohne
Fraktur**

Köhler P, Hesch R-D, Klepper R

*Journal für Mineralstoffwechsel &
Muskuloskelettale Erkrankungen*
1998; 5 (1), 15-21

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



ANORMALE VERTEILUNG DER KNOCHENDICHTE AUF BENACHBARTE LENDENWIRBEL BEI OSTEOPOROSEPATIENTEN MIT UND OHNE FRAKTUR

ORIGINAL-ARBEIT

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund

Das individuelle Frakturrisiko bei Osteoporose kann nicht alleine aus den densitometrischen Meßergebnissen bestimmt werden, da die Variabilität hoch ist und sich Daten von Patienten mit Knochenbrüchen und diejenigen von gesunden Vergleichspersonen stark überschneiden. Die konventionelle spinale CT-Osteodensitometrie (QCT) verwendet Durchschnittswerte aus Einzelmessungen an mehreren Wirbelkörpern. Die Aussagekraft dieser Untersuchung kann möglicherweise gesteigert werden, wenn die Variabilität dieser Einzelmessungen genauer analysiert wird.

Methoden

Es wurden retrospektiv die Knochenmineraldichte (KMD)-Daten der spinalen QCT von 139 Patienten ausgewertet. Die Patienten wurden in sechs Gruppen mit normaler bis stark verminderter durchschnittlicher Knochendichte (Spongiosa) eingeteilt und die relativen Knochendichten von LWK 2 und 3 bezogen auf den jeweils nächsthöheren Wirbelkörper ausgewertet. Die durchschnittliche Verteilung aller Patienten ohne Frakturen wurde festgehalten und die Häufigkeit der Abweichungen von dieser Durchschnittsverteilung nach der Knochendichte und dem Vorhandensein von Frakturen analysiert.

Ergebnisse

Die Knochendichte der Kortikalis nahm von LWK 1 nach LWK 2

um 9 % und von LWK 2 nach LWK 3 um weitere 5 % zu. Die Spongiosadichte stieg bei Patienten mit normaler mittlerer Knochendichte zwischen LWK 1 und LWK 3 nur um 2 %, fiel jedoch bei Patienten mit stark reduzierter Knochendichte um bis zu 20 % ab. Durchschnittlich erhielten wir eine Abnahme um 3 % von LWK 1 nach LWK 2 und um nochmals 2 % von LWK 2 nach LWK 3.

Alle 19 Patienten mit Osteoporose und bereits manifesten Wirbelfrakturen wichen in mindestens einem der vier Werte mehr als eine Standardabweichung vom Durchschnitt ab, d. h. die Knochendichteverteilung war atypisch. Andererseits hatten von den 57 Patienten mit Osteoporose ($KMD < 100 \text{ mg/cm}^3$), die keine Frakturen aufwiesen, 18 (32 %) keine solchen Abweichungen.

Schlußfolgerung

Es sollte geprüft werden, ob Patienten mit niedriger Knochendichte, aber mit regulärer Verteilung über die benachbarten Wirbel einem individuell geringeren Frakturrisiko unterliegen. Die Auswertung kann ohne

zusätzliche Strahlenbelastung aus den bereits jetzt bei jeder QCT erhobenen Daten erfolgen.

EINLEITUNG

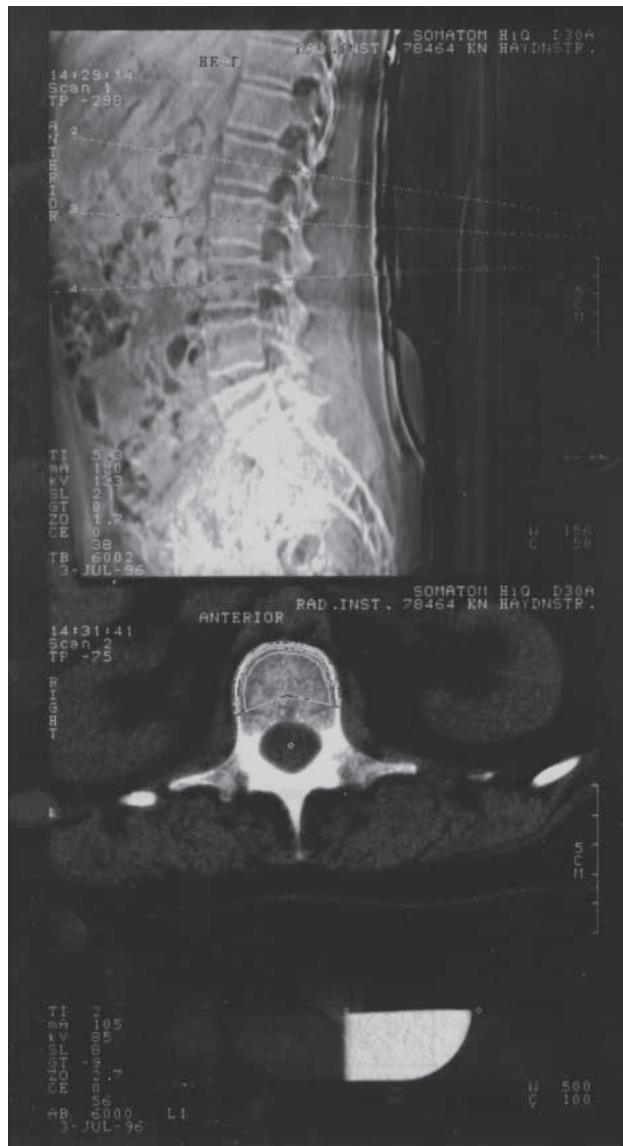
Osteoporose ist ein Verlust an Knochendichte und -struktur, der zu Frakturen führen kann. Ein Maß für die Knochendichte ist die Kalziumhydroxylapatitdichte (Knochenmineraldichte, KMD), die mit verschiedenen röntgenabsorptiometrischen Verfahren bestimmt werden kann [1–8]. Mit sinkender KMD erhöht sich die Häufigkeit pathologischer Schenkelhals-, Wirbel- und Radiusfrakturen [9–16].

Die Bruchfestigkeit des Knochens und die Frakturinzidenz korrelieren aber in vivo nicht linear mit einer Reduktion der Knochendichte [17, 18], vielmehr treten noch zahlreiche andere Faktoren der Lebensweise, aber auch der Knochenqualität hinzu [2, 19–21]. Auch ist der Abbau der Knochendichte stark altersabhängig [22]. Die individuelle Vorhersagbarkeit von pathologischen Frakturen ist mit den derzeitigen Parametern daher noch unbefriedigend.

Tabelle 1: Gruppeneinteilung der Patienten gemäß der durchschnittlichen Spongiosa-Knochendichte, Geschlechts- und Altersverteilung, sowie der Zahl der Patienten mit manifesten Frakturen.

Gruppe	KMD [mg/cm ³]	n	Männer	Frauen	Alter	Ø Alter	Anzahl Frakturen
I	> 150	22	5	17	23–71	41,2	0
II	125–150	13	4	9	28–80	46,4	0
III	100–124	28	3	25	30–81	57,7	0
IV	80–99	29	4	25	36–85	57,4	2
V	60–79	30	6	24	40–76	60,5	5
VI	< 60	17	7	10	49–77	64,5	12
gesamt		139	29	110	23–85	55,4	19

Abbildung 1: Lage der CT-Querschnitte durch die Mitte der Lendenwirbelkörper 1–3 im seitlichen Übersichtsbild. CT-Querschnitt mit halbautomatisch eingezeichneten regions-of-interest.



METHODEN

Es wurden retrospektiv die CT-Daten aller 180 im Zeitraum Jänner 1992 bis März 1993 zur Osteodensitometrie überwiesenen Patienten ausgewertet. Diese Patienten wurden uns entweder

wegen des klinischen oder röntgenologischen Verdachts auf Osteoporose zur Untersuchung zugewiesen oder waren zu anderen CT-Untersuchungen erschienen und hatten sich nach Aufklärung über die damit verbundene Strahlenbelastung zu der zusätzlichen QCT bereitgestellt. Nach

Kriterien wie Menopausenalter, Östrogenexposition, Ernährung und Lebensweise wurde nicht differenziert, da ein unabhängiger Parameter der Knochenmineralverteilung bei der Entwicklung der Osteoporose gesucht wurde. Aus der Studie ausgeschlossen wurden Patienten mit irregulären Kortikalisveränderungen wie Exophyten, ferner solche Untersuchungen, bei denen die Spongiosa der LWK 1–3 nicht ohne Überlagerung durch eingebrochene Grund- oder Deckplatten dargestellt werden konnte, Fälle mit Wirbelhämangiomen, bei früherer Strahlentherapie exponierte Wirbel sowie Patienten mit bekannten durch adäquate Traumata verursachte lumbale Wirbelfrakturen (insgesamt 41). Es verblieben $n = 139$ Patienten, die entsprechend ihrer densitometrischen Durchschnitts-Knochendichte (Spongiosa) in sechs willkürliche, etwa gleichbreite Gruppen eingeteilt wurden. Gruppeneinteilung, Alters- und Geschlechtsverteilung, sowie die Zahl der Patienten mit bereits erkennbaren Frakturen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.

Querschnitte der Lendenwirbelkörper 1, 2 und 3 wurden mit einem Siemens-HiQ-CT-Gerät aufgenommen (85 kV / 210 mAs / Schichtdicke 8 mm / parallel zu Grund- und Deckplatte zentral durch den WK / eingestellt nach seitlicher Übersichtsradiographie). Unter dem Patienten befand sich ein zweiteiliges Referenzphantom, dazwischen ein ankoppelndes Gelkissen. Um Phantom und Wirbel gemeinsam möglichst groß darzustellen, wurde etwa um den Faktor 2 vergrößert. Quantitative Auswertung mittels Standardsoftware der Fa. Siemens

in halbautomatisch festgelegten Regions-of-interest, nach der von Kalender [23] publizierten Methode. Abbildung 1 zeigt die Lage der CT-Querschnitte und der ROI.

Um zusätzliche Stahlenbelastungen zu vermeiden, wurde das Vorliegen von lumbalen Wirbelfrakturen anhand der Übersichts-radiogramme (Topogramme) im seitlichen Strahlengang beurteilt, die bei der QCT ohnehin anfallen. Regelmäßig ist die gesamte LWS, meist auch die untere BWS ab ca. BWK 11 darauf abgebildet. Auf in der Literatur beschriebene morphometrische Fraktursuche und -klassifikation anhand digitalisierter Meßpunkte der Wirbelkörperkontur [14, 24, 25] wurde verzichtet, da einerseits die verwendeten Frakturkriterien erheblich variieren und andererseits die Übereinstimmung mit einer qualitativen radiologischen Beurteilung schwach ist [26, 27]. In Anlehnung an [27] wurden die Bilder von zwei Radiologen ohne Kenntnis der Anamnese und der QCT-Ergebnisse unabhängig voneinander geprüft. Nur bei übereinstimmendem Votum wurde eine Keil-, Fisch- oder Flachwirbelfraktur oder eine Impressionsfraktur angenommen.

Um das normale Verhalten der Knochendichteverteilung festzulegen, wurden von allen Patienten, ausgenommen denen, die bereits lumbale Wirbelfrakturen aufwiesen, die relativen Veränderungen von Spongiosa- und Kortikalis-KMD von LWK 2 gegenüber LWK 1, bzw. von LWK 3 gegenüber LWK 2, ermittelt und daraus die arithmetischen Mittel berechnet (Tab. 2). Die so beschriebene Verteilung haben wir als Regel betrachtet und anschließend für

Tabelle 2: Knochendichteverteilung der oberen drei Lendenwirbel (Durchschnitt aller Patienten ohne bereits manifeste Frakturen), Relativwerte der KMD, bezogen auf den nächsthöheren LWK; Mittelwerte, Standardabweichungen.

relative KMD	Kortikalis	Spongiosa
LWK 1	(100 %)	(100 %)
LWK 2 gg. 1	109 ± 9 %	97 ± 8 %
LWK 3 gg. 2	105 ± 9 %	98 ± 9 %

Abbildung 2: QCT-Meßwerte in mg/ml Kalzium-Hydroxylapatit-Äquivalent (Ca-HA) der sechs Patientengruppen. Mittelwerte/Standardabweichungen. (x = Kortikalis; o = Spongiosa.)

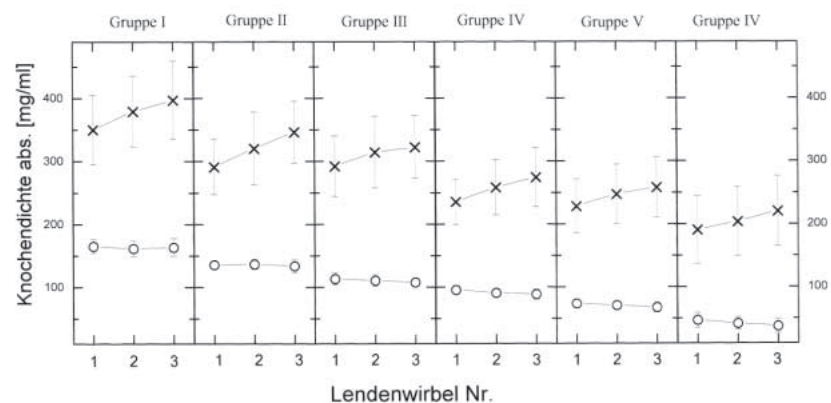
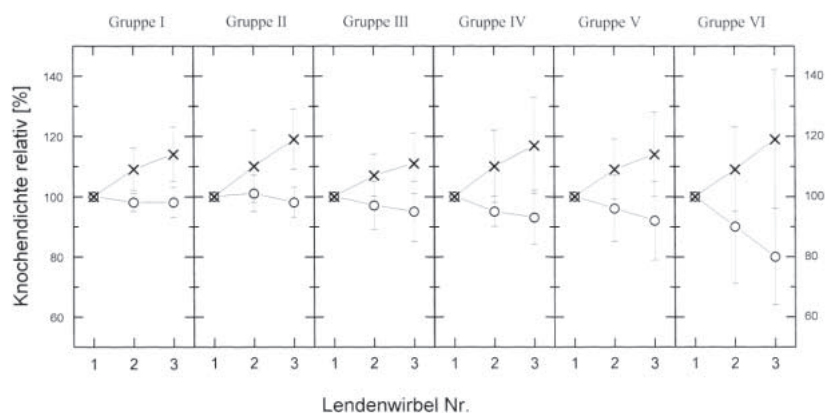


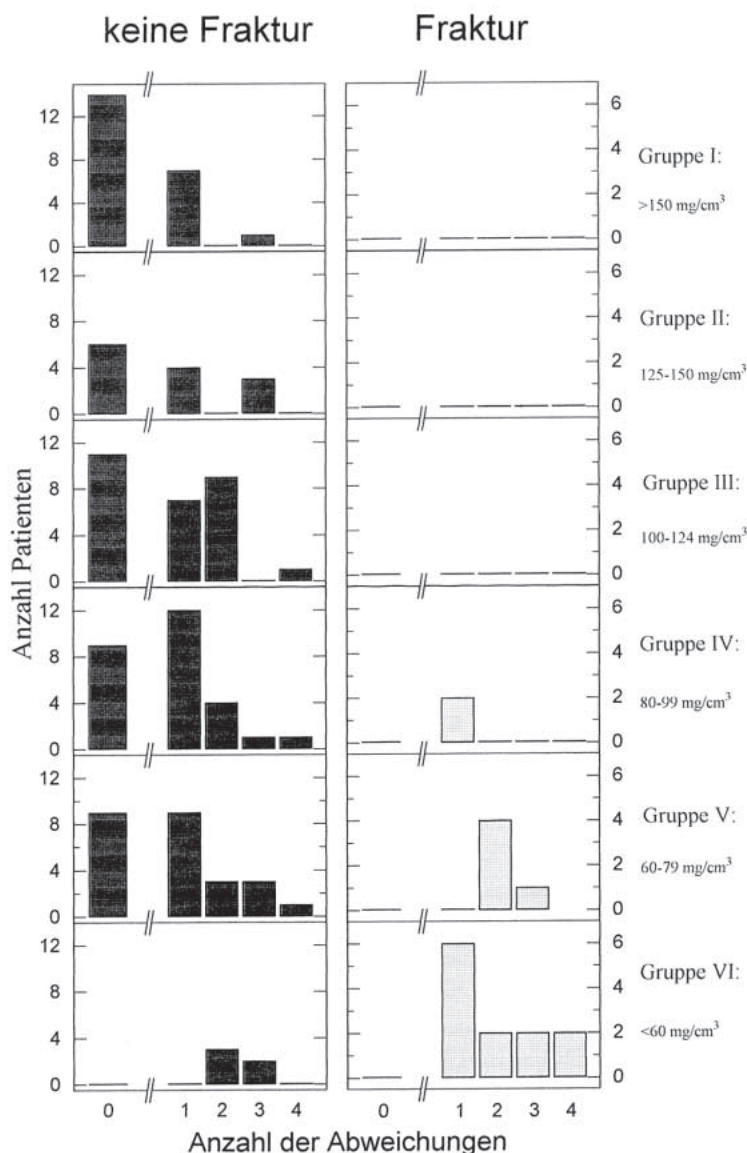
Abbildung 3: Relative Knochendichten der LWK 2 und 3, auf LWK 1 bezogen, Mittelwerte/Standardabweichungen. (x = Kortikalis; o = Spongiosa.)



jeden Patienten die Anzahl der Abweichungen davon ausgezählt. Es konnten 0–4 Abweichungen vorliegen (definiert als Absolut-

differenz um mehr als eine Standardabweichung): Kortikalis LWK 2, Spongiosa LWK 2, Kortikalis LWK 3 und Spongiosa LWK 3.

Abbildung 4: Anzahl der Patienten pro Gruppe, deren Dichteverteilung von den Durchschnittswerten nach Tabelle 2 abweicht. Als Abweichung wurde eine Differenz von mehr als einer Standardabweichung definiert. Jede Gruppe ist unterteilt in Patienten ohne und mit Frakturen der Lendenwirbelsäule.



Die Unterschiede der KMD wurden durch multivariate Varianzanalyse geprüft; die Anzahl der Regelabweichungen bei Patienten mit und ohne Frakturen wurde mittels dem parameterfreien Wilcoxon-Rangsummentest verglichen.

ERGEBNISSE

In Abbildung 2 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der KMD von LWK 1, LWK 2 und LWK 3 nebeneinander aufgetragen, getrennt für die sechs

Patientengruppen. Man erkennt eine steigende Tendenz der kortikalen KMD von LWK 1 nach LWK 3, die spongiöse KMD fällt dagegen geringfügig ab. Die Unterschiede zwischen den Wirbeln sind jedoch nicht signifikant.

Abbildung 3 zeigt die relativen Werte für die beiden kaudalen Wirbel, bezogen auf den jeweiligen nächsthöheren Wirbelkörper, LWK 1 = 100 %. Dabei findet sich in allen Gruppen jetzt eine deutliche Zunahme der Kortikalisdichte von kranial nach kaudal, signifikant ($p = 0,01$) in den Gruppen I, III, IV und V, schwach signifikant ($p = 0,02$) in der Gruppe II. In der Gruppe VI besteht bei hoher Streubreite der Einzelwerte keine Signifikanz. Die spongiöse KMD ändert sich in den Gruppen I und II nicht, nimmt jedoch in den Gruppen mit mittlerer bis starker Minderung der KMD (III–VI) von kranial nach kaudal signifikant ($p = 0,01$) ab.

Abbildung 4 zeigt die Häufigkeit der Abweichungen von den Werten der Tabelle 2, getrennt nach Gruppen und nach dem Vorhandensein von Fraktur(en). Mit steigender Knochendichte nimmt die Anzahl der Abweichungen und der Anteil der Patienten mit Abweichungen ab (jeweils $r = 0,97$). Die Patienten mit Frakturen haben tendenziell mehr Abweichungen pro Fall. Die Korrelation der Abweichungshäufigkeit mit dem Anteil von Patienten mit Frakturen beträgt $r = 0,85$, d. h. mit zunehmender Abweichung nimmt die Frakturhäufigkeit zu. Der Häufigkeitsunterschied zwischen den Fällen mit und ohne Frakturen ist infolge der geringen Fallzahl nicht signi-

fikant. Jedoch ist auffällig, daß alle 19 Patienten mit bereits manifesten Frakturen mindestens eine Abweichung aufweisen. Ebenso weichen alle Patienten ohne Frakturen, aber mit extremer Osteopenie (Spongiosa < 60 mg/ml), vom Durchschnitt ab. Auf der anderen Seite haben von den 57 Patienten mit Osteoporose (KMD < 100 mg/cm³), aber ohne Frakturen, 18 keine Abweichungen.

DISKUSSION

Das bisherige Dilemma liegt darin, daß die Messungen der KMD der Wirbelkörperspongiosa starke Überschneidungen der Meßbereiche von Patienten mit manifesten osteoporotischen Frakturen mit denen von klinisch noch gesunden Vergleichspersonen ergeben [8, 14, 17, 28]. Es existiert nicht nur eine hohe interindividuelle Streubreite der Densitometriewerte verschiedener Skelettlokalisationen [4, 10, 12, 13, 16, 22, 29, 30], sondern auch innerhalb einer Skelettlokalisation [19, 31, 32]. Niedrige Knochendichte bedeutet nicht Fraktur, sondern Frakturrisiko [21, 33, 34]. Dies hat zu einer Minderbewertung der Osteodensitometrie bei der Osteoporosedagnostik geführt. Andererseits ist die Bestimmung der KMD die einzige zuverlässige Methode, ein Frakturrisiko neben anderen Frakturrisiken zu bestimmen, und ist damit der Messung des Bluthochdruckes in der Apoplexdiagnostik vergleichbar [21].

Zur Diagnose der Osteoporose können zwar die bereits aufgetretenen pathologischen Frakturen herangezogen werden [35–37],

auf der anderen Seite sollte eine Osteoporose vor Eintritt der Fraktur definiert und therapiert werden können, um eine echte Heilung zu ermöglichen. Eine vom praktischen Standpunkt her wünschenswerte „Frakturgrenze“ (fracture threshold), z. B. das 90 %- [32] oder das 95 %-Quantil [8] der Patienten mit gesicherten nicht-traumatischen Frakturen, ergibt einen unvertretbar hohen Anteil falsch positiver Diagnosen [18] und kann nur unter zusätzlicher Kenntnis klinischer, anamnestischer und humoraler Daten [2] und/oder mit langjährigen Verlaufsbeobachtungen [19] verwendet werden.

Eine Verbesserung der klinischen Aussagekraft des einzeitig gemessenen KMD könnte sich durch exakte Angabe der jeweiligen bedingten Frakturwahrscheinlichkeit ergeben [21, 35, 38]. Andere Autoren haben Verfahren entwickelt, die pathologische Veränderungen der Wirbelkörperarchitektur erfassen [39–45]. Diese Verfahren erfordern jedoch apparative Voraussetzungen, spezielle Aufnahmeverfahren mit zusätzlicher Strahlenbelastung und/oder zusätzlichem Zeit- und Rechenaufwand.

Unsere Ergebnisse zeigen in Übereinstimmung mit Angaben in der Literatur [38] eine empirische Frakturgrenze von ca. 100 mg Kalzium-Hydroxylapatit/cm³ Spongiosa, d. h. bei Personen mit Meßwerten über 100 mg/cm³ sahen wir keine Frakturen. Ferner fanden wir einen signifikanten Zusammenhang der Messungen benachbarter Wirbel derart, daß die Knochendichte der Spongiosa bei Personen mit normaler mittlerer Knochendichte von Wirbel zu

Wirbel konstant bleibt, während sie bei Patienten mit verringerter KMD von LWK 1 nach LWK 3 abfällt, (in der Gruppe mit QCT ≤ 60 mg/ml um 20 %). Wir sehen darin eine Umverteilung der Knochendichte in die für die Statik wichtigere Kortikalis [39, 40].

Ein von dieser Gesetzmäßigkeit abweichendes Verhalten könnte im Rahmen einer Osteoporose das Frakturrisiko erhöhen, wenn vor Erreichen des Osteoporosevollbildes mit Frakturen das gemeinsame Regelverhalten der Knochendichteverteilung zwischen den benachbarten Lendenwirbeln verloren geht. Dieses Prinzip wurde auf der Ebene der trabekulären Feinstrukturen schon beschrieben [43]. Von den 57 Patienten der Gruppen IV bis VI (die aufgrund des Kriteriums „Spongiosa-KMD < 100 mg/ml“ bei konservativer Beurteilung als frakturgefährdet gelten zeigten 18 (32 %) keine Abweichungen. Diese Personen könnten möglicherweise als nicht akut frakturgefährdet eingeschätzt werden. Zur Überprüfung dieser Aussage werden die Patienten mit QCT ≤ 100 mg/ml in regelmäßigen Abständen von uns nachuntersucht. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt ist eine abschließende Beurteilung der Serie noch nicht möglich, da bislang erst eine pathologische Wirbelfraktur neu aufgetreten ist.

Literatur

1. Banzer D, Felsenberg D. Computertomographische Knochenmineralgehaltsbestimmung zur quantitativen Osteoporosedagnostik. Orthopäde 1989; 18: 12–7.
2. Buttermann G. Klinische Relevanz knochendichtebestimmender Verfahren

- zur Diagnostik der Osteoporose. Nuklearmediziner 1990; 2 (13): 65–76.
3. Graul EH. Quantitative Knochendichtemessung zur Diagnose der Osteopenie. Deutsches Ärzteblatt 1990; 87 (39): C 1734–40.
 4. Hansen MA, Riis BJ, Overgaard K, Hassager C, Christiansen C. Bone mass measured by photon absorptiometry: comparison of forearm, heel, and spine. Scand J Clin Lab Invest 1990; 50 (5): 517–23.
 5. Heuck A. Möglichkeiten und Grenzen der Knochendichtemessung. In: Günther RW, Gockel HP (Hrsg.). Jahrbuch der Radiologie. Biermann, Münster 1991; 23–34.
 6. Heuck A, Glüer CC, Steiger P, Block J, Genant H. Knochendichtemessungen in der Osteoporosediagnostik. Röntgenpraxis 1989; 42: 155–65.
 7. Ott SM. Methods of determining bone mass. J Bone Miner Res 1991; 6 (Suppl 2): S71–6; discussion S83–4.
 8. Reiners C. Nicht-invasive quantitative Knochendichtebestimmung. Aus: Ringe JD (Hrsg.). Osteoporose. De Gruyter & Co., Berlin 1991; 157–216.
 9. Cummings SR, Black DM, Nevitt MC, Browner W, Cauley J, Ensrud K, Genant HK, Palermo L, Scott J, Vogt TM. Bone density at various sites for prediction of hip fractures. The Study of Osteoporotic Fractures Research Group [see comments]. Lancet 1993; 341 (8837): 72–5.
 10. Gotfredsen A, Riis BJ, Christiansen C, Rodbro P. Does a single local absorptiometric bone measurement indicate the overall skeletal status? Implications for osteoporosis and osteoarthritis of the hip. Clin Rheumatol 1990; 9 (2): 193–203.
 11. Kaplan FS, Dalinka M, Karp JS, Fallon MD, Katz M, Boden S, Simpson E, Attie M, Haddad JC. Quantitative computed tomography reflects vertebral fracture morbidity in osteopenic patients. AD: Department of Orthopedic Surgery, University of Pennsylvania, School of Medicine, Philadelphia. Orthopedics 1989; 12 (7): 949–55.
 12. Mazess RB, Barden H, Ettinger M, Schultz E. Bone density of the radius, spine, and proximal femur in osteoporosis. J Bone Miner Res 1988; 3 (1): 13–8.
 13. Melton LJ 3d, Atkinson EJ, O'Fallon WM, Wahner HW, Riggs BL. Long-term fracture prediction by bone mineral assessed at different skeletal sites. J Bone Miner Res 1993; 8 (10): 1227–33.
 14. Spector TD, McCloskey EV, Doyle DV, Kanis JA. Prevalence of vertebral fracture in women and the relationship with bone density and symptoms: the Chingford Study. J Bone Miner Res 1993; 8 (7): 817–22.
 15. van der Voort PH, Taconis WK, van Schaik CL, Silberbusch J. The relationship between densitometry of the radius and vertebral fractures. Neth J Med 1990; 37 (1–2): 53–7.
 16. Wasnich RD, Ross PD, Davis JW, Vogel JM. A comparison of single and multi-site BMC measurements for assessment of spine fracture probability. J Nucl Med 1989; 30 (7): 1166–71.
 17. Halse J, Nordal KP, Knudtson J, Stokke O, Glatte E. Bone mineral density and occurrence of fractures in 66-year old women in Oslo. Tidsskr Nor Lægeforen 1993; 113 (15): 1846–8.
 18. Hayes WC, Piazza SJ, Zysset PK. Biomechanics of fracture risk prediction of the hip and spine by quantitative computed tomography. Radiol Clin North Am 1991; 29 (1): 1–18.
 19. Reuther G, Dören M, Montag M, Peters PE, Schneider HPG. Aussagefähigkeit der Osteodensitometrie in der Osteoporose-Diagnostik. Deutsches Ärzteblatt 1991; 88 (47): C 2295–8.
 20. Rosenthal DI, Tosteson AN. Bone mass measurement, fracture risk, and screening for osteoporosis. Public Health Rep 1989; 104 (Suppl): 31–3.
 21. Wasnich R. Bone mass measurement: prediction of risk. Am J Med 1993; 95 (5A): 6S–10S.
 22. Mautalen C, Vega E, Ghiringhelli G, Fromm G. Bone diminution of osteoporotic females at different skeletal sites. Calcif Tissue Int 1990; 46 (4): 217–21.
 23. Kalender WA, Klotz E, Suess C. Vertebral bone mineral analysis: An integrated approach with CT. Radiology 1987; 164: 419–23.
 24. Eastell R, Cedel SL, Wahner HW, Riggs BL, Melton LJ 3d. Classification of vertebral fractures. J Bone Miner Res 1991; 6 (3): 207–15.
 25. Itoi E, Sakurai M, Mizunashi K, Sato K, Kasama F. Long-term observations of vertebral fractures in spinal osteoporosis. Calcif Tissue Int 1990; 47 (4): 202–8.
 26. Mann T, Oviatt SK, Wilson D, Nelson D, Orwoll ES. Vertebral deformity in men. J Bone Miner Res 1992; 7 (11): 1259–65.
 27. Smith-Bindman R, Cummings SR, Steiger P, Genant HK. A comparison of morphometric definitions of vertebral fracture. J Bone Miner Res 1991; 6 (1): 25–34.
 28. Schneider P, Börner W. Indikation zur Knochendichtemessung und kritische Bewertung. Nuklearmediziner 1990; 2 (13): 83–91.
 29. Eastell R, Wahner HW, O'Fallon WM, Amadio PC, Melton LJ 3d, Riggs BL. Unequal decrease in bone density of lumbar spine and ultradistal dromes. J Clin Invest 1989; 83 (1): 168–74.
 30. Sandor T, Felsenberg D, Kalender WA, Brown E. Global and regional variations in the spinal trabecular bone: single and dual energy examinations. J Clin Endocrinol Metab 1991; 72 (5): 1157–68.
 31. Kalender WA, Felsenberg D, Louis O, Lopez P, Klotz E, Osteaux M, Fraga J. Reference values for trabecular and cortical vertebral bone density in single and dual-energy quantitative computed tomography. Eur J Radiol 1987; 9: 75–80.
 32. Ryan PJ, Blake GM, Fogelman I. Fracture thresholds in osteoporosis: implications for hormone replacement treatment. Ann Rheum Dis 1992; 51 (9): 1063–5.
 33. Felsenberg D, Fischer M, Kempers B, Ringe JD, Rügsegger P. Osteodensitometrie – eine Standortbestimmung. Orthopädische Praxis 1991; 6: 398–404.
 34. Wasnich RD, Davis JW, Ross PD. Appropriate clinical application of bone density measurements. Am Med Wom Assoc 1990; 45 (3): 99–102.
 35. Ross PD, Davis JW, Epstein RS, Wasnich RD. Pre-existing fractures and bone mass predict vertebral fracture incidence in women. Ann Intern Med 1991; 114 (11): 919–23.
 36. Ross PD, Genant HK, Davis JW, Miller PD, Wasnich RD. Predicting

vertebral fracture incidence from prevalent fractures and bone density among non-black, osteoporotic women. *Osteoporos Int* 1993; 3 (3): 120–6.

37. Wasnich RD, Davis JW, Ross PD. Spine fracture risk is predicted by non-spine fractures. *Osteoporos Int* 1994; 4 (1): 1–5.

38. Ross PD, Davis JW, Vogel JM, Wasnich RD. A critical review of bone mass and the risk of fractures in osteoporosis. *Calcif Tissue Int* 1990; 46: 149–61.

39. Aaron JE, Johnson DR, Kanis JA, Oakley BA, O'Higgins P, Paxton SK. An automated method for the analysis of trabecular bone structure. *Computers Biomed Res* 1992; 25: 1–16.

39. Schnitzler CM, Pitchford DG, Willis EM, Gear KA. Comparison of the radiographic vertebral trabecular pattern with the vertebral fracture prevalence and

spinal bone density. *Osteoporos Int* 1993; 3 (6): 293–9.

40. Caligiuri P, Giger ML, Favus M. Multifractal radiographic analysis of osteoporosis. *Med Phys* 1994; 21 (4): 503–8.

40. Thickman D, Nodine C, Iddenden D. Quantitative CT of the spine. Significance of intervertebral body variability. *Invest Radiol* 1990; 25 (1): 19–23.

41. Durand EP, Rügsegger P. Cancellous bone structure: Analysis of high-resolution CT images with the run-length method. *J Comp Assist Tomogr* 1991; 15 (1): 133–9.

42. Faulkner KG, Cann CE, Hasegawa BH. Effect of bone distribution on vertebral strength: Assessment with patient-specific nonlinear finite element analysis. *Radiology* 1991; 179: 669–74.

43. Klepper R, Johnner C, Hesch RD. Ein Strukturparameter zur Beschreibung

früher trabekulärer Veränderungen der Wirbelsäule bei Osteoporose. *Fortschr Röntgenstr* 1993; 159 (4): 315–408.

44. Mosekilde L. Vertebral structure and strength in vivo and in vitro. *Calcif Tissue Int* 1993; 53 (Suppl 1): S121–5; discussion S125–6.

45. Wehrli FW, Ford JO, Attie M, Kressel HY, Kaplan FS. Trabecular structure: Preliminary application of MR interferometry. *Radiology* 1991; 179: 615–21.

Korrespondenzadresse:

*Dr. Peter Köhler
Belegabteilung für Strahlentherapie am Klinikum Konstanz
D-78464 Konstanz,
Luisenstraße 7*

Eingelangt am: 23.10.97
Nach Review angenommen am: 02.02.98

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](#)