

Journal für  
**Mineralstoffwechsel**

Zeitschrift für Knochen- und Gelenkerkrankungen

Orthopädie • Osteologie • Rheumatologie

**Hochauflösende CT-Densitometrie**

Patsch J

*Journal für Mineralstoffwechsel &*

*Muskuloskelettale Erkrankungen*

*2013; 20 (2), 57-58*

**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](http://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. G 2022031108M, Verlagspostamt: 3002 Purkersdorf, Erscheinungsort: 3003 Gablitz

# Hochauflösende CT-Densitometrie

J. Patsch

**Kurzfassung:** Die hochauflösende periphere quantitative Computertomographie (HR-pQCT) ist eine nicht-invasive Bildgebungstechnik, die in der klinischen und translationellen Knochenforschung zum Einsatz kommt. Neben der getrennten Quantifizierung von kortikaler und trabekulärer Knochenmineraldichte können auch Mikrostrukturparameter und Knochengeometrie volumetrisch erfasst werden. Dichtemessungen erscheinen stabiler gegenüber leichten Bewegungsartefakten als Strukturbestimmungen, was für die Planung von longitudinalen Studien wichtig sein kann.

**Schlüsselwörter:** HR-pQCT, Densitometrie, kortikaler Knochen, trabekulärer Knochen

**Abstract: High-Resolution CT Densitometry.** High-resolution peripheral quantitative computed tomography (HR-pQCT) is a non-invasive imaging technique used in clinical and translational bone research. HR-pQCT can measure volumetric bone mineral density at the compartment level and thus provides cortical and trabe-

cular bone mineral density in addition to a global density measure that integrates both parameters. In addition, bone geometry and microstructure can be assessed at the ultradistal extremities. Density measures have been shown to be less affected by motion artefacts than structural parameters which can be relevant for the design of longitudinal HR-pQCT studies. **J Miner Stoffwechs 2013; 20 (2): 57–8.**

**Key words:** HR-pQCT, densitometry, cortical bone, trabecular bone

## ■ Einleitung

In den vergangenen Jahren hat sich die Position der hochauflösenden *In-vivo*-Bildgebung zur Erforschung von metabolischen Knochenerkrankungen zunehmend gefestigt. Hochauflösende Bildgebung des Skeletts kann sowohl mittels Computertomographie (CT) als auch Magnetresonanztomographie (MRT) durchgeführt werden. Obwohl klinische Multidetektor-CT-Scanner und sogar teilweise Angiographie-Einheiten von technischer Seite zunehmend in der Lage sind, für diesen Zweck eingesetzt zu werden, stellt die HR-pQCT als dezidierte Technik weiterhin das aktuelle Zuggpferd dieser Entwicklung dar. Der nachfolgende Übersichtsartikel behandelt anders als andere ähnliche Texte nicht vordergründig die Rolle dieser Techniken in der Darstellung und Quantifizierung der Knochenmikroarchitektur, sondern beschreibt spezifische Densitometrie-bezogene Aspekte der hochauflösenden Knochenbildgebung, im Speziellen der HR-pQCT.

Generell basiert jegliche Bestimmung der Knochendichte auf der Quantifikation der Absorption von Röntgenstrahlung durch knöcherne bzw. kalkdichte Strukturen. Durch den Bezug von Bildinformation auf bekannte Dichtewerte, die durch gerätespezifische Phantome vordefiniert sind, können Graustufen in Dichtewerte umgerechnet und somit zahlenmäßig dargestellt werden. Während die Magnetresonanztomographie einen wichtigen Beitrag in der hochauflösenden Darstellung der Knochenmikroarchitektur leistet, existiert bei der MRT derzeit keine Möglichkeit zur Dichtebestimmung des menschlichen Skeletts.

Während die Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA) mit sehr geringer Strahlendosis Informationen über die Flächen-Knochenmineraldichte („areal bone mineral density“ [aBMD]) verschiedener Skelettregionen liefert, erfassen computertomographische Techniken den Knochen dreidimensional, daher

volumetrisch („volumetric bone mineral density“ [vBMD]). Zu letzteren volumetrischen Möglichkeiten der Knochenmineraldichtebestimmung zählen die quantitative Computertomographie (QCT), die periphere quantitative Computertomographie (pQCT) und die hochauflösende periphere quantitative Computertomographie (HR-pQCT).

## ■ HR-pQCT – Grundlagen

Die HR-pQCT ist eine radiologische Forschungsmodalität, die bei sehr geringer Strahlenbelastung (ca. 3  $\mu$ Sv) die Möglichkeit bietet, Geometrie, Dichte und Mikroarchitektur des peripheren Skeletts nicht-invasiv zu erfassen. In einer Scandauer von rund 3 Minuten kann somit eine Fülle von osteologischen Parametern bestimmt werden. Es bestehen Hinweise, dass die HR-pQCT anderen, allerdings besser etablierten Techniken (z. B. DXA) in der Erfassung von Patienten mit prävalenten Frakturen und somit höherem Risiko für nachfolgende Frakturen überlegen sein könnte [1, 2]. Die Methode ist allerdings derzeit nicht zur diagnostischen Nutzung jenseits von klinischen Studien zugelassen.

## ■ Kortikale versus trabekuläre Knochendichte

Im Gegensatz zur DXA bietet die HR-pQCT als hochauflösende, volumetrische Technik auch eine gute Möglichkeit zur Unterscheidung der kortikalen und trabekulären Knochenmineraldichte. Basis für die getrennte Quantifizierung dieser beiden Kompartimente bilden Segmentierungstechniken. Neben „threshold“-basierten Segmentierungstechniken (z. B. mitgelieferte Methode des Geräteherstellers Scanco Medical oder die CRTX-Technik laut Burghardt et al. [3]) können auch „threshold“-unabhängige Softwarepakete eingesetzt werden, um Kortex und Trabekel anschließend separat auswerten zu können [4, 5]. Die Fülle dieser verschiedenen Ansätze weist auch auf die Relevanz und gleichzeitige Schwierigkeit der korrekten Definition der kortiko-trabekulären Übergangszone hin.

Ganz allgemein wird dem kortikalen Knochen zunehmend mehr Bedeutung zugemessen als noch in den vergangenen Jahren.

Eingelangt am 25. Februar 2013; angenommen am 4. März 2013

Aus der Universitätsklinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien

**Korrespondenzadresse:** Dr. med. univ. Janina Patsch, PhD, Universitätsklinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien, A-1090 Wien, Währinger Gürtel 18–20; E-Mail: janina.patsch@meduniwien.ac.at

Mittels HR-pQCT lässt sich nicht nur kortikale Knochengeometrie, sondern auch kortikale Knochendichte und Porosität der distalen und ultradistalen Extremitäten bestimmen. Indirekte Hinweise auf ausgeprägte kortikale Porosität lassen sich z. B. auch durch niedrige kortikale Knochendichte erhalten [6].

### ■ HR-pQCT – Auch ein Densitometriegerät?

Wie bereits erwähnt, liefern HR-pQCT-Auswertungen eine Fülle von Parametern. Anders als oft angenommen werden jedoch viele der morphometrischen HR-pQCT-Parameter nicht direkt ermittelt, sondern rechnerisch aus der Knochendichte abgeleitet. Dies gilt insbesondere für das relative trabekuläre Knochenvolumen (BV/TV), Trabekeldicke (Tb.Th) und Trabekelabstand (Tb.Sp). Im Gegensatz stehen die Trabekelanzahl (Tb.N) und die Heterogenität der Knochenbälkchen, da letztere direkt aus den segmentierten, binarisierten Bilddaten quantifiziert werden [7, 8]. Unter diesem Gesichtspunkt und im Hinblick auf Bewegungsartefakte macht es also durchaus Sinn, die Basisfunktion des Geräts als peripheres Densitometer hervorzuheben [9]. HR-pQCT-basierte Knochendichtewerte weisen sowohl in mono- als auch multizentrischen Reproduzierbarkeitsstudien deutlich höhere Stabilität auf morphometrische Parameter auf [1, 10].

HR-pQCT-basierte vBMD lässt sich auch in aBMD-Werte umrechnen [11]. Die derart errechnete aBMD des ultradistalen Radius korreliert signifikant mit DXA-basierten Werten, unterschätzt die lokale Knochendichte jedoch etwas. Außerdem erfasst der Messort der HR-pQCT mit einer Scanlänge von knapp 1 cm nur einen kleinen Teil der ultradistalen Subregion einer Radius-DXA. HR-pQCT-bezogene T-Scores existieren derzeit nicht.

### ■ HR-pQCT – Dichteänderungen in klinischen Studien

HR-pQCT-basierte volumetrische Knochendichtemessungen sind im wesentlichen Teil jeder HR-pQCT-Studie. Obwohl die ultradistale Standardmessregion sehr trabekelreich ist und derartig strukturierte Messorte (z. B. Lendenwirbelsäule) oft ein überaus kräftiges Ansprechen auf sowohl antikatabole als auch anabole Osteoporosetherapien aufweisen, findet sich am ultradistalen Radius jedoch in den meisten HR-pQCT-Studien nur überraschend geringer oder gar kein Zuwachs an Knochendichte und Strukturparametern [12–14]. Die Ergebnisse sind jedoch letztlich nicht ganz einheitlich [15].

### ■ Zusammenfassung/Relevanz für die Praxis

- HR-pQCT: Bildgebungsmodalität mit derzeit rein wissenschaftlichem Einsatz.
- Darstellung und Quantifikation von Knochengeometrie, Knochenmineraldichte und Knochenmikroarchitektur der ultradistalen Extremitäten mit einer Auflösung von ca. 80 µm und einer Strahlendosis von ca. 3 µSv.

### ■ Interessenkonflikt

Die Autorin gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur:

1. Boutroy S, Bouxsein ML, Munoz F, et al. In vivo assessment of trabecular bone microarchitecture by high-resolution peripheral quantitative computed tomography. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90: 6508–15.
2. Stein EM, Liu XS, Nickolas TL, et al. Abnormal microarchitecture and stiffness in postmenopausal women with ankle fractures. *J Clin Endocrinol Metab* 2011; 96: 2041–8.
3. Burghardt AJ, Buie HR, Laib A, et al. Reproducibility of direct quantitative measures of cortical bone microarchitecture of the distal radius and tibia by HR-pQCT. *Bone* 2010; 47: 519–28.
4. Valentinič A, Patsch JM, Deutschmann J, et al. Automated threshold-independent cortex segmentation by 3D-texture analysis of HR-pQCT scans. *Bone* 2012; 51: 480–7.
5. Zebaze R, Ghasem-Zadeh A, Mbala A, et al. A new method of segmentation of compact-appearing, transitional and trabecular compartments and quantification of cortical porosity from high resolution peripheral quantitative computed tomographic images. *Bone* 2013; 54: 8–20.
6. Patsch JM, Burghardt AJ, Yap SP, et al. Increased cortical porosity in type 2 diabetic postmenopausal women with fragility fractures. *J Bone Miner Res* 2013; 28: 313–24.
7. Hildebrand T, Rüeggsegger T. A new method for the model-independent assessment of thickness in three-dimensional images. *J Microsc* 1997; 185: 67–75.
8. Laib A, Häuselmann HJ, Rüeggsegger P. In vivo high resolution 3D-QCT of the human forearm. *Technol Health Care* 1998; 6: 329–37.
9. Pialat JB, Burghardt AJ, Sode M, et al. Motion artifacts in high-resolution peripheral quantitative computed tomography of wrist and ankle: usefulness of visual grading to assess image quality. *J Bone Miner Res* 2010; 25 (Suppl 1): S373.
10. Burghardt AJ, Pialat JB, Kazakia GJ, et al. Multicenter precision of cortical and trabecular bone quality measures assessed by high-resolution peripheral quantitative computed tomography. *J Bone Miner Res* 2013; 28: 524–36.
11. Burghardt AJ, Kazakia GJ, Link TM, et al. Automated simulation of areal bone mineral density assessment in the distal radius from high-resolution peripheral quantitative computed tomography. *Osteoporos Int* 2009; 20: 2017–24.
12. Macdonald HM, Nishiyama KK, Hanley DA, et al. Changes in trabecular and cortical bone microarchitecture at peripheral sites associated with 18 months of teriparatide therapy in postmenopausal women with osteoporosis. *Osteoporos Int* 2011; 22: 357–62.
13. Seeman E, Delmas PD, Hanley DA, et al. Microarchitectural deterioration of cortical and trabecular bone: differing effects of denosumab and alendronate. *J Bone Miner Res* 2010; 25: 1886–94.
14. Burghardt AJ, Kazakia GJ, Sode M, et al. A longitudinal HR-pQCT study of alendronate treatment in postmenopausal women with low bone density: Relations among density, cortical and trabecular microarchitecture, biomechanics, and bone turnover. *J Bone Miner Res* 2010; 25: 2556–71.
15. Hansen S, Hauge EM, Jensen JE, et al. Differing effects of PTH 1-34, PTH 1-84 and zoledronic acid on bone microarchitecture and estimated strength in postmenopausal women with osteoporosis. An 18 month open-labeled observational study using HR-pQCT. *J Bone Miner Res* 2013; 28: 736–45.

# 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](#)