



Doctoral Thesis

Quantitative Computertomographie ein risikoarmes Verfahren zur Identifikation der osteoporosegefährdeten Frau

Author(s):

Müller, Armin Beda

Publication Date:

1986

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000413672> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH 8102

Quantitative Computertomographie: Ein risikoarmes Verfahren zur Identifikation der osteoporosegefährdeten Frau

ABHANDLUNG
zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
ARMIN BEDA MÜLLER
dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 2. April 1953
von Zürich (ZH) und Schmerikon (SG)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. M. Anliker, Referent
Prof. Dr. J. Fischer, Korreferent
PD Dr. P. Rügsegger, Korreferent

Lat

Juris Druck + Verlag Zürich
1986

ZUSAMMENFASSUNG

Etwa 25% der Frauen im Alter von über 60 Jahren sind dermassen von der postmenopausalen Osteoporose betroffen, d.h. von einem Knochenabbau, dass ohne adäquates Trauma Wirbelkörperzusammenbrüche und Oberschenkelhalsfrakturen auftreten können. Eine wirksame Therapie der fortgeschrittenen Osteoporose ist noch nicht verfügbar. Es sind aber Medikamente bekannt, die den Knochenabbau in einem frühen Stadium aufzuhalten vermögen. Eine Osteoporoseprophylaxe scheint somit möglich, falls sich die Risikofälle frühzeitig identifizieren lassen.

Wir gehen von der Hypothese aus, dass bei der osteoporosegefährdeten Frau nach der Menopause ein übermässiger Knochenabbau einsetzt, und stellen uns die Aufgabe, ein risikoarmes Verfahren zu entwickeln, um diesen Knochenabbau mit genügender Genauigkeit zu quantifizieren. Das eingesetzte Verfahren basiert auf der Methode der quantitativen Computertomographie (QCT). Aus Stapeln von Schnittbildern im Bereich des Unterarmes (Radius) und Unterschenkels (Tibia) werden Parameter bestimmt, welche das kompakte und spongiöse Knochengewebe quantitativ beschreiben.

In der vorliegenden Arbeit wird zuerst der mathematische Zusammenhang zwischen Quantenrauschen, Reproduzierbarkeit der QCT-Parameter und Strahlenbelastung hergeleitet. Davon ausgehend wird die optimale Energie der Röntgenstrahlung bezüglich möglichst geringer Strahlenbelastung bestimmt. Sie liegt für Extremitätenuntersuchungen bei 40 keV. Danach wird das Mess- und Auswertprozedere vorgestellt, mit dem bei Verlaufsuntersuchungen stets dasselbe Knochenvolumen beurteilt werden kann.

Bei optimaler Energie und Evaluierung identischer Knochenvolumina erreichen wir mit dem am IBT speziell für Knochendichteuntersuchungen entwickelten Computertomographiesystem eine Langzeitreproduzierbarkeit für die Spongiosa- und Kompaktaquantifizierung von 0.3% (1 SD) bei einer Strahlenbelastung von nur 0.1 mSv (10 mrem).

Die optimierte Extremitäten-QCT wird in einer Studie an 39 perimenopausalen Frauen eingesetzt. Die zeitseriellen Untersuchungen erfolgen in Intervallen von 4 Monaten über einen Zeitraum von 2 Jahren. Die untersuchten Frauen unterteilen wir in drei Gruppen: in die Gruppe mit einem regelmässigen Menstruationszyklus, die Gruppe mit einem unregelmässigen Zyklus und die Gruppe mit ausbleibendem Zyklus. Für jede der drei Gruppen liegt das mittlere Alter bei etwa 51 Jahren. Noch regelmässig menstruierende Frauen weisen eine stabile Knochendichte auf mit geringen interindividuellen Unterschieden. Bei unregelmässiger Menstruation ist ein bescheidener Knochenabbau erkennbar (Gruppenmittel). Frauen unmittelbar nach der Menopause (0 bis 6 Jahre postmenopausal) zeigen zum Teil einen massiven Knochenabbau, der sämtliche Knochenkompartimente, also Spongiosa und Kompakta, betrifft. Die Korrelationen zwischen den verschiedenen Knochenparametern weisen darauf hin, dass bei anatomisch entsprechenden Knochenkompartimenten ähnliche Abbauverhalten vorliegen.

Unsere Daten zeigen einen besonders ausgeprägten postmenopausalen Knochenabbau am gelenknahen Radius. Wird die Häufigkeitsverteilung der Abbauraten analysiert, so ergibt sich eine bimodale Verteilung: die postmenopausalen Frauen lassen sich in "slow losers" und "fast losers" separieren. Bei den "slow losers" beträgt die mittlere Abbaurate der Spongiosa am gelenknahen Radius 0.8%/Jahr und bei den "fast losers" 5.1%/Jahr.

Wir zeigen mit dieser Arbeit, dass unser risikoarmes Verfahren der optimierten Extremitäten-QCT eine genügend hohe Präzision aufweist, um selbst den normalen perimenopausalen Knochendichteverlauf individuell zu dokumentieren und jene Frauen zu identifizieren, die übermässig Knochensubstanz verlieren.

ABSTRACT

Postmenopausal osteoporosis affects about 25% of the women age 60 and older. It is characterized by decreased bone mass and increased susceptibility to fractures (vertebral, hip, distal forearm). So far no successful treatment for an advanced osteoporosis is known. However, postmenopausal osteoporosis may be preventable provided that risk patients can be identified in an early stage.

Our work is based on the hypothesis that risk patients experience an excessive bone loss immediately after menopause. Hence we have to develop a low risk procedure for the quantitation of postmenopausal bone loss. The precision of the procedure has to be such that an excessive bone loss can be detected rapidly after onset. The method used is based on quantitative computed tomography (QCT). Stacks of tomograms are measured at the distal end of the forearm and at the distal end of the lower leg. Then parameters are calculated describing trabecular and cortical bone of radius and tibia.

We start by describing the mathematical relationship between photon noise, reproducibility of the QCT-parameters and radiation dose. Then the optimal energy of the photons used for the projection measurements is determined such that the radiation dose is minimal. For examinations at peripheral measuring sites the optimal energy is 40 keV. Further, a procedure is presented that enables the evaluation of identical bone samples in follow-up examinations. Matching stacks of tomograms according to the cross-sectional area of the bone allows to calculate bone density in a sample volume that is common for all examinations.

With a special purpose CT-system working at optimal energy and an evaluation procedure based on the quantitation of identical bone samples we get a reproducibility of 0.3% (1 SD). The radiation dose is 0.1 mSv (10 mrem).

Optimized QCT is applied to detect perimenopausal bone loss in a group of 39 women. Duration of the study is 2 years. Individual bone loss is monitored in intervals of 4 months. The group is divided in three subgroups: regular menstruation, irregular menstruation and ceased menstruation. Average age in each subgroup is approximately 51 years. In regularly menstruating women bone density is constant with small interindividual differences. Irregularly menstruating women lose little bone. After menopause (0 to 6 years postmenopausal), however, some women lose bone excessively. In these cases all bone parameters are affected, trabecular bone as well as cortical bone. The correlations between different bone parameters indicate that anatomically corresponding bone samples are likely to react similarly throughout the skeleton.

The distal radius is very sensitive to postmenopausal bone loss. An analysis of our data shows a bimodal frequency distribution with regard to rate of bone loss. Thus slow losers and fast losers can be identified. Mean trabecular bone loss at the distal radius is 0.8%/year for the slow losers and 5.1%/year for the fast losers.

With the present work we document that precision of optimized QCT for bonedensitometry at the peripheral skeleton is such that healthy postmenopausal women can be monitored with neglectable risk to single out those women with excessive bone loss.