



Doctoral Thesis

3D-Analyse von Knietomogrammen

Author(s):

Münch, Beat

Publication Date:

1991

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000601700> →

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 Nr. 9459

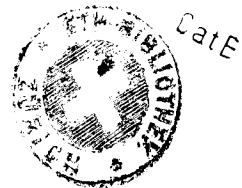
3D-ANALYSE VON KNIETOMOGRAMMEN

ABHANDLUNG
zur Erlangung des Titels
DOKTOR DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von
BEAT MÜNCH
dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 9.Mai 1962
von Zürich (ZH) und Birwinken (TG)

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. M. Anliker, Referent
Prof. Dr. P. Rügsegger, Korreferent

1991



Zusammenfassung

Eine quantitative Beurteilung von Gelenkkrankheiten durch nichtinvasive Methoden ist heute nur mit ungenügender Genauigkeit möglich. Die Bewertung erfolgt im wesentlichen durch visuellen Vergleich radiologischer Untersuchungen und ist damit auswerterabhängig. Unser Ziel ist, mittels quantitativer Computertomographie Krankheiten am Kniegelenk wie Gonarthrose, chronische Polyarthritits oder Osteoporose aufzunehmen und den Krankheitsgrad und dessen Veränderungen anhand objektiver Parameter rechnerisch zu bewerten.

Mit einem für quantitative Auswertungen entwickelten CT-System wird bei über einprozentiger Messgenauigkeit ein lückenloser Stapel aus 61 Schnittbildern über eine Länge von 6 cm aufgenommen und das so erfasste Knochenvolumen in dreidimensionalem Zusammenhang quantitativ bewertet. Den Zerstörungsgrad des Gelenkes durch verschiedene Krankheiten versuchen wir möglichst differenziert zu erfassen und Krankheitsverläufe über kürzere Zeitabstände zu registrieren.

Die vorliegende Arbeit befasst sich hauptsächlich mit neuen Ideen und Softwaretechniken zur dreidimensionalen Bildverarbeitung, welche zu neuartigen Parametern für die Dichte, Oberflächengestalt und Struktur eines Knochens führen. Werkzeuge wie "Constrained Region Growing" oder die Erzeugung sogenannter "Stufenbilder" werden vorgestellt und ihre Anwendung für neue Quantisierungsmethoden präsentiert und bewertet. Das Potential des Auswertsystems wird durch erste Resultate aufgezeigt und als Bezug zur Praxis eine Studie ausgearbeitet und diskutiert.

Aus den gemessenen Bildstapeln werden mit zweidimensionaler Konturdetektion die Oberflächen der auszuwertenden Knochen gefunden. Anschliessend folgt die quantitative Auswertung. Verschiedene Knochendichtemittelwerte werden bestimmt und die Dichteverteilung regionenselektiv analysiert. In den Knochenstrukturen wird nach Usuren, Zysten und Osteophyten gesucht. Ausserdem wird eine Methode zur Triangulation der Oberfläche und damit zur Erzeugung von Wire-Frame Oberflächenstrukturen vorgestellt, welche sich sowohl zur 3D-Darstellung wie auch zur Quantifizierung der Knochenoberflächen eignet. Schlussendlich zeigen wir, wie zwei zeitlich verschiedene Messungen desselben Patienten örtlich in drei Dimensionen repositioniert und wie aus den resultierenden Differenzbildern Gebiete mit Dichteabnahmen parametrisiert werden können. Die Funktionsweise der vorgestellten Auswerttechniken wird anhand von mathematischen oder physikalischen Modellen geprüft und bewertet.

Im Rahmen einer Gonarthrostudie wurden die Auswertmethoden an einem Kollektiv von 27 Gonarthrosepatienten und 12 Osteoporotikerinnen getestet und die Resultate mit jenen aus zwei Gruppen mit 12 gesunden älteren (60 – 75 Jahre alt) und 14 jüngeren (unter 30 Jahren) Probanden verglichen. Es hat sich gezeigt, dass die Kollektive jung/alt und gesund/krank mit den gerechneten Parametern getrennt werden können und dass die in dieser Arbeit entwickelten Verfahren daher für die Früherkennung und Verlaufsuntersuchung von Gonarthrose geeignet sind.

Abstract

The non-invasive procedures used so far to assess joint diseases in an early state are not sensitive enough and also not sufficiently precise to detect a gradual progression of the disease. Based on pseudo three-dimensional imaging with a low dose computed tomography system, new procedures were developed for the quantitation of pathologic changes in the bony tissue of knee joints affected by arthrosis and arthritis.

The raw data set of the knee measurements consists of a stack of 61 sequentially measured computed tomograms. Each tomogram is 1 *mm* thick, the complete stack of tomograms covers an axial range of 6 *cm*. The voxel size is $0.605 \times 0.605 \times 1.0 \text{ mm}^3$. As such, it is sufficiently small for the evaluation of makroscopic lesions, but too coarse to allow for an analysis of trabecular bone structures.

The work presented makes use of new ideas and software techniques for three-dimensional image processing. The methods described lead to new parameters for the quantitation of bone density distribution, surface characterization and bone structure. Validations of the methods as well as first results of patient examinations are documented.

From the stack of tomograms the bone surfaces are determined with the help of a new contour detection algorithm. The set of contours obtained thereby is an essential basis of the quantitative evaluation. Bone density values are calculated at various locations and the density distribution is analyzed. The trabecular bone regions are examined and searched for lesions, cysts and osteophytes. A new method has been developed for the automatic surface triangulation and the generation of wire-frame structures in order to visualize bone surfaces and to quantify surface roughness. Finally, it is shown how a specific volumetric bone region can be identified in two stacks of tomograms acquired at different times from the same bone segment and that the corresponding differential 3D image can be utilized to determine and parameterize the localization of small regions with bone density changes.

In a pilot study, 27 patients with gonarthrosis, 12 patients with osteoporosis, 14 young (less than 30 years old) and 12 old (60-75 years old) healthy volunteers have been examined repeatedly. With the new procedures it can be shown that the groups of young/old and healthy/ diseased subjects are separable, indicating that the selected parameters facilitate an early diagnosis of gonarthrosis.