



Doctoral Thesis

Kombinierte 3D-Analyse von CT und MR Datensätzen des Kniegelenks

Author(s):

Koller, Bruno

Publication Date:

1993

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000945025> →

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. 10271

**KOMBINIERTE 3D-ANALYSE
VON
CT UND MR DATENSÄTZEN
DES KnieGELENKS**

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

vorgelegt von
BRUNO KOLLER
dipl. El.-Ing. ETH
geboren am 6. September 1961
von Appenzell (AI)

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

1993

Zusammenfassung

Bisherige nichtinvasive diagnostische Verfahren im Bereiche der Gelenkserkrankungen konzentrieren sich weitgehend auf die Bestimmung von Knochenveränderungen. Knochenmark- und andere Weichteilveränderungen können mit diesen Verfahren selten erfasst oder nur ungenügend genau untersucht werden.

Die Ätiologie der chronischen Polyarthrits ist heute noch weitgehend ungeklärt. Weichteile, vor allem der hyaline Gelenkknorpel sind sehr häufig betroffen, teils sogar Auslöser für entzündliche Gelenkserkrankungen. Auch bei der Arthrose wird sehr häufig der Knorpel zuerst zerstört, was sekundär zur Zerstörung des Knochens führt.

Die konventionelle Röntgendiagnostik zusammen mit der Computertomographie erlaubt die Bestimmung des Zustandes und eine Verlaufskontrolle von Gelenkserkrankungen für den Knochen. Die vorliegende Arbeit stützt sich auf CT-Untersuchungen und MR-Messungen, welche auch die Knorpel der Gelenke erfassen. Zusammen erbringen die beiden bildgebenden Verfahren eine wesentlich umfassendere Information hinsichtlich pathologischer Veränderungen der Gewebestrukturen. Mit beiden Messmethoden werden Stapel von Schichtbildern aufgenommen, welche danach dreidimensional konform überlagert und ausgewertet werden.

Durch eine schichtweise Konturdetektion wird die Oberfläche eines Objektes wie Femur oder hyaliner Gelenkknorpel bestimmt. Anschliessend können globale Parameter wie Volumen, Dicke oder Oberfläche berechnet werden. Die Knochendichte (nur aus CT) kann ebenfalls als globaler Parameter berechnet werden, auch lässt sich diese regional oder lokal bestimmen oder in Spongiosa- und Kompaktanteile trennen.

Für eine kombinierte Auswertung können globale Parameter aus beiden Datensätzen direkt miteinander verglichen werden. So zeigte sich zum Beispiel, dass die Resultate der Knochenabstandsberechnungen mit beiden Messverfahren sehr gut korrelieren. Um aber lokale Parameter miteinander zu korrelieren, ist vorerst eine dreidimensionale Repositionierung eines Objektes aus beiden Datensätzen erforderlich.

Die Segmentierung der Datensätze in einzelne Objekte erlaubt auch eine dreidimensionale Visualisierung. Es wurden zwei Verfahren implementiert, das erste mit Hilfe von Ray-Tracing und das zweite als Darstellung einer Objektfläche als Gouraud-shaded polygons. Die Darstellung von Objekten erfolgt dabei sowohl einzeln als auch aus beiden Untersuchungsarten kombiniert. Für letztere ist wiederum die 3D-Repositionierung erforderlich.

Die entwickelten Methoden wurden anhand von künstlichen Objekten (Modellen) auf ihre Genauigkeit untersucht. Sie wurden auch an einer kleinen Probanden- und Patienten-gruppe getestet. Einzelne Parameter wurden sowohl aus CT- und MR-Daten bestimmt und zeigen eine gute Übereinstimmung. Knochenabstandsmessungen und eine differenzierte Bestimmung der Knorpeldicke ergeben frühe Hinweise auf Gelenkserkrankungen. Auch zeigte sich eine Korrelation der Knorpeldicke zum Verhältnis Kompakta- / Spongiosadichte. Die 3D-Visualisierung der Knorpeloberflächen erlaubt es zudem, Knorpeldefekte gegenüber 2D- Schichtaufnahmen sehr gut zu erkennen.

Abstract

So far, non-invasive diagnostic procedures were mainly used to detect changes of bone mineral content in joint diseases. Bone marrow changes and other changes of soft tissue cannot be determined with help of these diagnostic procedures or are not sensitive or accurate enough.

The etiology of arthrosis is still uncertain. Soft tissues, especially the hyaline cartilage of the joint, are very often affected, sometimes even the source for inflammatory joint diseases. Joint cartilage very often is destroyed first leading to further destruction of the bony tissue underneath.

Conventional Radiography together with quantitative computerized tomography allows to assess the state of the disease and to quantitate pathological changes as the disease progresses. The work presented uses computed tomography as well as magnetic resonance imaging, which additionally allows the evaluation of cartilage in the joints. Together, both imaging procedures enable the assessment of comprehensive information on pathological changes of hard and soft tissues. With both measurement procedures, stacks of more than 60 slices are taken. The whole dataset is then evaluated in 3D.

A slicewise contour detection algorithm extracts the surface of an object like the femur or the hyaline cartilage. Global parameters such as volume, surface or thickness can be calculated. Bone mineral content (from CT data only) also can be calculated as a global parameter. This value further can be calculated for regions or even for small spots (locally), or it can be split into trabecular and cortical bone values.

For a combined analysis global parameters of both measurements can be correlated directly. For example, the evaluation of joint space calculations from both CT and MR shows well correlated results. To compare local parameters, a three-dimensional repositioning of an object must be done first.

The segmentation of the dataset also allows a 3D-visualization, in two ways. First, with the help of ray-tracing, second, with Gouraud-shading of the polygonal surface structure. Visualization can be done on one dataset or on both combined, again needing the same repositioning procedure as mentioned above.

The new methods developed were validated and tested for their accuracy with different models. They were further tested with a small group of volunteers and patients. Some parameters were determined out of CT and MR-datasets and show a good correlation. Joint space calculations and the evaluation of local cartilage thickness show signs of joint diseases in an early state. The 3D-Visualization of the cartilage surface allows to see cartilage defects more easily than in 2D-slices.