



Doctoral Thesis

On the relationship between functional properties and anatomical structure of the temporomandibular joint

Author(s):

Gössi, Dominik Benedikt

Publication Date:

2004

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004847943> →

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 No. 15705

On the Relationship between Functional Properties and Anatomical Structure of the Temporomandibular Joint

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
Dominik Benedikt Gössi
Dipl. Phys. ETH
born September 13th, 1972
citizen of Emmen LU and Küsnacht am Rigi SZ

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. P. Niederer, examiner
Prof. Dr. S. Palla, co-examiner
PD Dr. L. M. Gallo, co-examiner

2004

Abstract

This thesis presents studies on the relationship between anatomy and kinematics of the temporomandibular joint (TMJ). The studies have been performed by means of dynamic stereometry, which enables a non-invasive *in vivo* view into the joint.

Dynamic stereometry is based on the combination of three-dimensional anatomical data and motion data. The anatomical data were obtained by magnetic resonance imaging. The recording protocols were optimized for TMJ images. An opto-electronic tracking system recorded the motion data by measuring the movements of light emitting diodes. A newly developed system optimized these recordings. The combination of all these data and the analysis of the resulting animation was made with a self-developed program.

The studies were performed in order to verify existing previously non-validated theories and to more closely investigate less known aspects of TMJ kinematics. They cover three parts:

- 1 the comparison of the form of the trajectories depicted by different condylar points during mandibular movements;
- 2 the analysis of the variation of the minimum intra-articular distance and its paths during mandibular movements;
- 3 the three-dimensional visualization of the mechanics of the soft tissues during a movement of the temporomandibular joint.

The first part investigates the relation between condylar trajectories and the shape of the fossa. It was examined whether or not the shape of the fossa can be inferred from the trajectory of the condylar pole. Usually, this is not the case.

The kinematic center was proposed as a standardized reference for the description of condylar movements. A study assesses now for the first time the geometric relation between the kinematic center and the condylar

anatomy. The location of the kinematic center appeared to be unpredictable. Therefore, the kinematic center does not seem to correspond to a real anatomical point.

Furthermore, the trajectory of the kinematic center is compared with the path of the minimum intra-articular distance. During the closing phase, the trajectory of the kinematic center is closer to the fossa, which is consistent with the paths of the minimum intra-articular distance, but is in contradiction to findings of other authors.

The second part examines the paths of the minimum intra-articular distance, at which the highest loads on the soft tissues of the joint are assumed. The results agree with other studies, which examined the discs of human cadavers. In these studies most perforations (i.e. the highest load) were found on the lateral side.

A further study compares the paths of the minimum intra-articular distances of asymptomatic volunteers with those of patients with a clicking joint without pain. The opening and closing paths coincide for asymptomatic volunteers, but for symptomatic joints the paths during the opening phase differ quite strongly from the paths during the closing phase.

The third part covers the three-dimensional visualization of the disc deformation during an opening/closing movement. At present it is possible to obtain real-time MR images of a TMJ movement but only in one single sagittal plane, at a low geometric resolution and low frame rate. For this reason, the joints are fixed in different positions corresponding to the positions during a spontaneous movement and the whole anatomy is recorded statically by means of magnetic resonance imaging. The joints are reconstructed three-dimensionally and registered by means of a special algorithm. A movie sequence showing TMJ mechanics is generated by a sequential display of the different joint positions.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit präsentiert Studien über den Zusammenhang zwischen der Anatomie und der Kinematik des Kiefergelenkes. Als Hilfsmittel hierfür wurde die dynamische Stereometrie verwendet, welche einen nicht invasiven *in vivo* Einblick in das Kiefergelenk erlaubt.

Die dynamische Stereometrie basiert auf der Kombination von dreidimensionalen anatomischen Daten mit Bewegungsdaten. Die anatomischen Daten werden mit Hilfe von Magnetresonanztomographie aufgezeichnet, deren Protokolle speziell für das Kiefergelenk optimiert worden sind. Die kinematischen Daten werden mit Hilfe eines opto-elektronischen Messgerätes aufgezeichnet, welches die Bewegung von Leuchtdioden verfolgt. Ein neu entwickeltes System trägt zur Optimierung dieser Aufnahmen bei. Die Kombination all dieser Daten sowie die Auswertung der erhaltenen Animationen erfolgt in einem selbst geschriebenen Programm.

Die Studien wurden durchgeführt, um bestehende, nicht validierte Theorien zu überprüfen und um wenig bekannte Aspekte der Kiefergelenkskinematik genauer zu untersuchen. Sie umfassen drei Bereiche:

- 1 der Vergleich der Trajektorienform einzelner kondylarer Punkte während einer Bewegung in Bezug auf andere Objekte oder Trajektorien
- 2 die Analyse des minimalen Gelenksspalt und dessen Trajektorie während einer Bewegung
- 3 die dreidimensionale Darstellung der Mechanik der Weichteile des Kiefergelenkes während einer Bewegung

Im ersten Bereich wurde der Zusammenhang zwischen kondylaren Pfaden und der Form der Fossa untersucht. Man überprüfte dabei, ob vom Pfad des kondylaren Pols auf die Form der Fossa geschlossen werden kann. Dies scheint nicht der Fall zu sein.

Das kinematische Zentrum wurde als standardisierte Referenz für die Beschreibung kondylarer Bewegungen vorgeschlagen. Eine Studie verband nun zum ersten Mal das kinematische Zentrum mit der realen Anatomie des Kiefergelenkes. Der Ort des kinematischen Zentrums erwies sich dabei als unvorhersagbar. Das kinematische Zentrum dürfte daher kaum einem realen, anatomischen Punkt entsprechen.

Des Weiteren wurde der Pfad des kinematischen Zentrums mit dem Pfad des minimalen Gelenkspaltes verglichen. Während der Schliessphase befand sich dabei der Pfad des kinematischen Zentrums näher bei der Fossa, was mit dem Pfad des minimalen Gelenkspaltes übereinstimmte, jedoch den Veröffentlichungen anderer Autoren widersprach.

Im zweiten Bereich wurde die Trajektorie des minimalen Gelenkspaltes untersucht, bei welchem die grösste Belastung der Weichteile des Gelenkes vermutet wird. Die Resultate stimmen mit anderen Studien überein, welche die Disken von Leichen untersuchten. Auch dort fand man die meisten Perforationen (und somit die grössten Belastungen) im lateralen Bereich. Eine weitere Studie befasste sich mit der Frage, wie die Pfade des minimalen Gelenkspaltes für Öffnen/Schliessbewegungen bei Patienten mit Knacken ohne Schmerzen und asymptomatischen Probanden verlaufen. Während die Pfade bei asymptomatischen Probanden gut übereinstimmten, unterschieden sich bei symptomatischen Gelenken die Pfade für das Öffnen doch recht stark von jenen für das Schliessen.

Der dritte Bereich widmete sich der dreidimensionalen Darstellung der Mechanik des Diskus während einer Öffnen/Schliess-Bewegung. Zur Zeit kann man mit einem MR Gerät bei Echtzeit-Messungen von Kiefergelenksbewegungen leider nur einen Schnitt durch das Gelenk bei tiefer Frequenz und niedriger geometrischer Auflösung aufnehmen. Aus diesem Grunde wurden die Gelenke in verschiedenen Positionen einer natürlichen Bewegung fixiert und anschliessend statisch die ganze Anatomie im MR Gerät aufgenommen. Die dreidimensional rekonstruierten Gelenke wurden mittels eines speziellen Algorithmus exakt übereinander gelegt und anschliessend sequentiell in Form eines Films animiert.