

Originalarbeit

© Copyright Carl Hanser Verlag 1987

Autorenfortdruck aus der

# Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift

42. Jahrgang 1987

Carl Hanser Verlag, München



# Die dynamische Darstellung der Kiefergelenke im sagittalen Ultraschallschnittbild (sagittale temporomandibuläre Sonoarthrographie)

E.-P. Hirt und W. H. Knupfer

Abt. für Zahnärztliche Prothetik (Direktor: Prof. Dr. P. Ludwig), Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Ulm

Mit der sagittalen temporomandibulären Sonoarthrographie sind die dorsalen Kiefergelenkstrukturen, wie Pfannendach, retrokondyläres Gefäßpolster, bilaminäre Zone, Pars posterior disci articularis, dorsokranieller und dorsokaudaler Gelenkspalt sowie der dorsokranielle Anteil des Processus condylaris mandibulae dynamisch darstellbar. Eine Interpretation der abgebildeten Echos ist nach Vorversuchen am knöchernen Schädel und anatomischen Präparat möglich. Die klinische Aussagekraft kann jedoch erst nach Untersuchung eines ausreichend großen Patientengutes beurteilt werden.

## Einleitung

Eine bildliche Erfassung der Kiefergelenkstrukturen ist aufgrund der topographischen Gegebenheiten außerordentlich schwierig. Zur statischen Darstellung eignen sich die Computertomographie [3, 5] und die Kernspintomographie [2]. Röntgenologisch ist das Kiefergelenk statisch und dynamisch darstellbar, wobei nur eine Kontrastmitteluntersuchung die Koordination des Bewegungsablaufs von Discus und Condylus wiedergibt [1].

Die Sonoarthrographie als nicht invasives und nicht strahlenbelastendes, jedoch dynamisches, direkt bildgebendes Verfahren, verspricht neue Darstellungsmöglichkeiten der Eu- und Pathofunktion des Kiefergelenkes [4].

Da bisherige Anwendungen im horizontalen und frontalen Ultraschallschnittbild keine befriedigenden Ergebnisse erbrachten (7), wurde in der vorliegenden Arbeit die Darstellung der Gelenkstrukturen im sagittalen Sonogramm untersucht.

## Physikalische Grundlagen

Ein Ultraschallschnittbild kommt dadurch zustande, daß von einem Scanner gepulste Schallwellen ausgesandt und

Echos empfangen werden können. Diese Echos entstehen durch Reflexion an Grenzflächen zwischen Medien mit unterschiedlichem Schallwellenwiderstand (akustische Impedanz).

Die Stärke des Echos wird von folgenden bio-physikalischen Parametern beeinflusst.

1. Je größer der Impedanzunterschied zweier Gewebe, desto größer ist der Anteil der reflektierten Ultraschallwellen. Dies bedeutet, daß an der Grenzfläche zwischen Gewebe und Luft oder zwischen Weichteilen und massiver Compacta nahezu die gesamte Schallenergie reflektiert wird. Vom dahinterliegenden Raum (Schallschatten) entsteht kein Bild. Aus diesem Grund ist auch eine akustische Ankoppelung des Schallkopfes an die Hautoberfläche mittels Kontaktgel erforderlich.
2. Treffen Schallwellen nicht senkrecht, sondern schräg auf eine Grenzfläche, können zwar schwächere, aber trotzdem verwertbare Echos empfangen werden.
3. Schallwellen werden in einem akustisch inhomogenen Medium (Weichteilgewebe) stärker geschwächt als in einem akustisch homogenen (seröse Flüssigkeit). Strukturen hinter Weichteilgewebe werden deshalb relativ schwächer dargestellt, während es hinter Flüssigkeiten zu Überstrahlungseffekten kommen kann.

Die empfangenen Echos werden elektronisch verarbeitet und entsprechend ihrer Intensität in Graustufen auf einem Monitor abgebildet. Es entsteht ein zweidimensionales, flächen- und winkeltreues Ultraschallschnittbild, das wie ein Computer- oder Kernspintomogramm ein Schnittbild der untersuchten Region darstellt. Bei ausreichend schnellem Bildaufbau wird eine zeitlich reale Beobachtung der untersuchten Struktur möglich (Real-time-Verfahren) [6].

## Methode

Als bildgebendes Gerät verwendeten wir den Real-time-Scanner Combison 111 S (Kretztechnik, Zipf, Österreich) mit einem modifizierten, rotierenden Intra-vesikalschallkopf, dessen Abstrahlebene senkrecht zur Schaftachse liegt.

Technische Daten: Schwinger: Durchmesser 5 mm, Frequenz 6 MHz, Fokusabstand 19 mm, max. Intensi-



tät  $0,5 \text{ mW/cm}^2$  (SPTA). Schaft: freie Länge 70 mm, Durchmesser 7 mm, Maß Spitze-Schwinger 5 mm.

Zur Herstellung eines sagittalen Kiefergelenkschnittbildes wird die Scannerspitze dorsokaudal des Porus acusticus externus in die Ohrmuschel eingeführt. Der Geräteschaft steht dabei parallel zur Achse des ipsilateralen Condylus.

Um eine sinnvolle Bildinterpretation zu gewährleisten, wurden in Vorversuchen die Schichtdicke der Schnittebene (3 mm), das Axial- und das Lateralauflösungsvermögen (kleiner 1 mm) unter definierten Bedingungen im Wasserbad bestimmt. Wir fertigten Ultraschallbilder der knöchernen Kiefergelenkstrukturen am mazerierten Schädel sowie am anatomischen Vollpräparat im Wasserbad an, wobei die abgebildeten Hart- und Weichteilstrukturen simultan mit einer Metallsonde identifiziert wurden. Die Ergebnisse dieser Voruntersuchungen erlauben eine gesicherte Interpretation der Schallbilder am Lebenden.

## Ergebnisse

Als knöcherne Strukturen kommen die dorsokraniellen Anteile des Processus condylaris mandibulae und Teile des Pfannendaches zur Darstellung. Weiterhin können das retrokondyläre Gefäßpolster, der obere und untere Anteil der bilaminären Zone mit ihrem Übergang zur Pars posterior disci articularis (Bindegewebe-Knorpel-Grenzschicht) sowie der dorsokranielle und dorsokaudale Teil des Gelenkraumes erfaßt werden.

Als statische Bildelemente imponieren nur die dargestellten Pfannendachanteile. Der Übergang zwischen bilaminärer Zone und Discus tritt mit zunehmender Mundöffnung als zunächst punktförmiger, dann strichförmig schräg verlaufender und schließlich senkrechter Reflex ins Bild. Die Pars posterior des Discus wird dabei sowohl durch ihr Heraustreten aus dem Schallschatten des Processus condylaris als auch durch den sich ändernden Schnittwinkel als zunehmend lange, sich relativ zum Condylus bewegende Linie sichtbar. Der dorsale obere und untere Gelenkspalt stellt sich analog arthrographisch gewonnener Abbildungen [8] und dem anatomischen Präparat dar (Abb. 1–3).

## Diskussion

Ungünstige Voraussetzungen, wie Grenzschichten zwischen flüssigkeitsgefüllten Hohlräumen und Compacta sowie ständige Änderung der Reflexionswinkel während der Unterkieferbewe-

gung verursachen Überstrahlungen, Schallschatten und Schwächungen der Echos. Dennoch können die Hart- und Weichgewebestrukturen reproduzierbar dargestellt werden, wobei vor allem auch eine Beurteilung der Bewegungskoordination zwischen Processus condylaris mandibulae und Discus möglich ist.

Gegenüber der bisher beschriebenen frontalen und horizontalen Darstellung der Kiefergelenke im Ultraschallbild [7] bietet die sagittale Sonoarthrographie den Vorteil, daß Condylus und Discus die Schnittebene nicht verlassen [4].

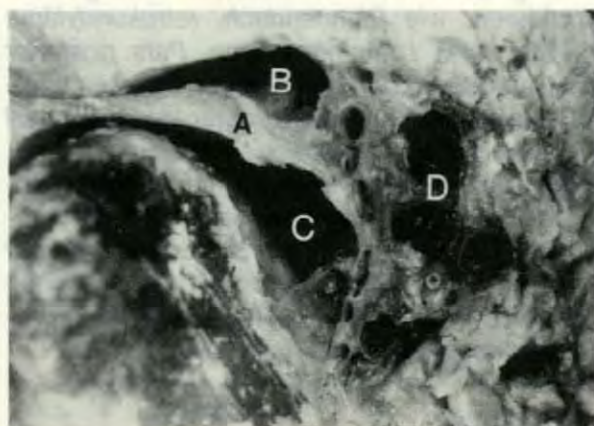
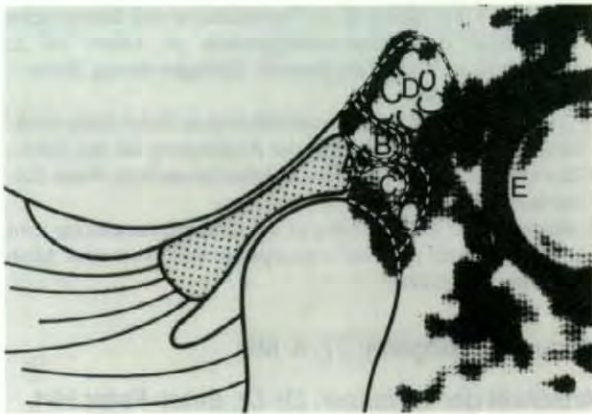


Abb. 1. Anatomisches Präparat eines menschlichen Kiefergelenkes (Öffnungsstellung). A = Übergang der bilaminären Zone zur Pars posterior des Discus; B = dorsokranieller Gelenkspalt; C = dorsokaudaler Gelenkspalt; D = retrokondyläres Gefäßpolster; E = Schallquelle

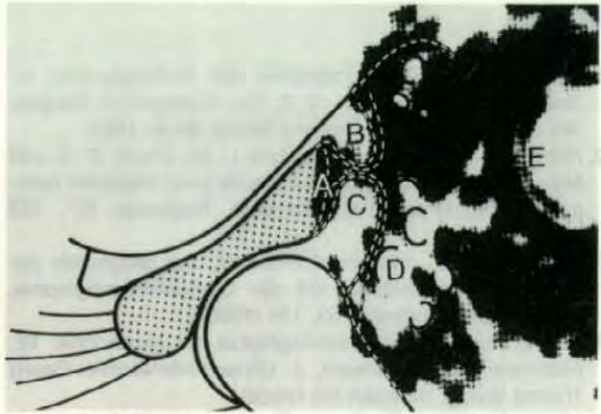


Abb. 2. Sagittales Ultraschallschnittbild des Kiefergelenkes eines beschwerdefreien Probanden. Mund maximal geöffnet. (Erläuterungen siehe Text, Zeichenerklärung siehe Abb. 1)

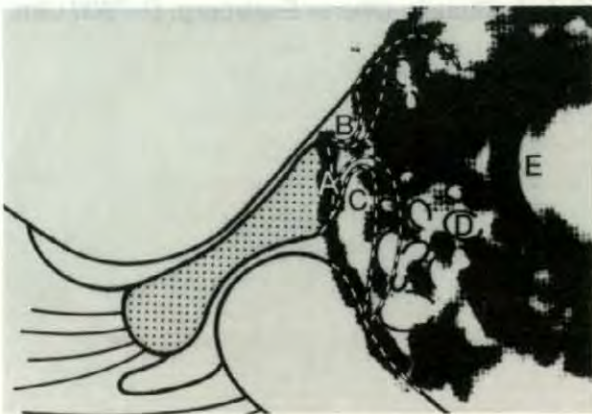




a



c



b

Abb. 3. Sagittale Ultraschallbilder des Kiefergelenkes eines beschwerdefreien Probanden. Zur Verdeutlichung sind die nicht abgebildeten Strukturen schematisch ergänzt, und die Echos schwarz dargestellt (Farbumkehr, vergleiche Abb. 2). A = Übergang der bilaminären Zone zur Pars posterior des Discus; B = dorsokranieller Gelenkspalt; C = dorsokaudaler Gelenkspalt; D = retrokondyläres Gefäßpolster; E = Schallquelle

a) Mund geschlossen, b) Mund halb geöffnet, c) Mund maximal geöffnet

Im Gegensatz zu Computer- und Kernspintomographie werden dynamische Abläufe direkt bildgebend erfaßt. Die Untersuchung kann beliebig oft wiederholt werden, ohne den Patienten den Risiken röntgenologischer oder invasiver Methoden auszusetzen. Die Unterkieferdynamik wird weder durch apparative Hilfsmittel noch durch Anästhesie, wie bei der Kontrastmittelarthrographie, behindert.

Biologische Auswirkungen des Ultraschalls sind nur bei Intensitäten von über  $0,1 \text{ W/cm}^2$  und Dauerbeschallung beobachtet worden. In der vorliegenden Untersuchung lag die maximale Intensität bei  $0,5 \text{ mW/cm}^2$ . Intensitäten dieser Größenordnung gelten als unbedenklich [6]. Eine metrische Auswertung ist zum jetzigen Zeitpunkt kritisch zu betrachten.

Der verwendete Intravesikalscanner ist für Untersuchungen der Harnblase konzipiert. Geeignete Maßnahmen, wie zum Beispiel die Änderung der Schallfrequenz, lassen eine Steigerung

der Bildqualität erwarten. Außerdem ist zur Verbesserung der klinischen Aussagekraft die Untersuchung eines größeren Krankengutes vorgesehen.

### Summary

Sagittal temporomandibular sonoarthrography is a dynamic imaging procedure for the visualization of dorsal temporomandibular joint structures, such as the floor of the glenoid fossa, the retrocondylar vascular pad, the bilaminar zone, the posterior part of the articular disc, the dorsocranial and dorsocaudal joint chambers, as well as the dorsocranial part of the condyloid process. As a result of preliminary experiments on the bony skull and anatomical specimens it is now possible to interpret these echos. The clinical reliability of these interpretations, however, cannot be evaluated without a study on a sufficiently large number of patients.



## Literatur

1. *Blaschke, D.*: Die Arthrographie des Kiefergelenkes. In: *Solberg, W. K. und Clark, G. T.*: Das Kiefergelenk. Diagnostik und Therapie. Quintessenz Verlag, Berlin 1983.
2. *Harms, S. E., Wilk, R. M., Wolford, L. M., Chiles, D. G. and Milam, S. B.*: The temporomandibular joint: magnetic resonance imaging using surface coils. *Radiology* 157, 133 (1985).
3. *Hirschfelder, U. und Hirschfelder, H.*: Zur Diagnostik der Kiefergelenkmorphologie mit der Computertomographie. *Siemens electro medica* 53, 134 (1985).
4. *Hirt, E.-P.*: Kiefergelenkssonographie. In: *Swobodnik, W., Herrmann, M. und Altwein, J.*: Ultraschallanatomie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (im Druck).
5. *Huels, A., Walter, E., Suess, C., Kalender, W. A., Luckenbach, A. und Schulte, W.*: Hochauflösungs-Computertomographie des Kiefergelenks. *Siemens electro medica* 53, 143 (1985).
6. *Pohl, R.-P. und Mann, W. J.*: Physikalische und theoretische Grundlagen der Ultraschall Diagnostik. In: *Mann, W. J.*: Ultraschall im Kopf-Hals-Bereich. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg 1984.
7. *Spranger, H.*: Ultraschall-Impuls-Echo-Diagnostik: Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung für die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Habilitationsschrift, Freie Universität Berlin 1971.
8. *Wilkes, C. H.*: Arthrography of the temporomandibular joint in patients with the TMJ pain-dysfunction syndrome. *Minn Med* 61, 645 (1978).

Manuskripteingang: 27. 4. 86

*Anschrift der Verfasser: Dr. Dr. Ernst-Peter Hirt,  
Dr. Wolfgang Hugo Knupfer, Abt. Zahnärztliche  
Prothetik, Zentrum für Zahn-, Mund- und  
Kieferheilkunde, Oberer Eselsberg, D-7900 Ulm.*