

Autor
Wissenschaftler
Status
Aktuell
Kategorie
Übersicht

Bildgebung des Kiefergelenks in der Funktionsdiagnostik

PD Dr. Marc Schmitter

Patienten mit Funktionsstörungen des stomatognathen Systems, sogenannten Craniomandibulären Dysfunktionen (CMD), stellen sich häufig mit unklaren Beschwerden in der zahnärztlichen Praxis vor. Daher muss initial eine klinische Untersuchung die Ursache der Beschwerden ermitteln. Häufig ist jedoch bei Kiefergelenksbeschwerden die Diagnose schwierig – nicht zuletzt, weil sich muskuläre und arthrogene Befunde überlagern können. Der Zahnarzt wünscht sich daher häufig, wie auch in anderen medizinischen Disziplinen üblich, weitergehende Informationen über strukturelle Befunde der betroffenen Regionen. In diesem Zusammenhang spielen bildgebende Untersuchungsverfahren eine zentrale Rolle.

Grundsätzlich stehen zur Bildgebung des Kiefergelenks verschiedene Verfahren zur Auswahl:

- Konventionelles Röntgen
- Panoramaschichtaufnahmen (OPG)
- Arthroskopie
- Computertomographie (CT)
- Sonographie
- Magnetresonanztomografie (MRT).

Aufgrund der ausgezeichneten Hart- und Weichgewebisdarstellung des Kiefergelenks in der MRT-Bildgebung, soll diese im Folgenden etwas näher betrachtet werden.

Bildgebung mittels MRT

Die Magnetresonanztomografie, oder auch Kernspintomografie, wird etwa seit 1985 zur Bewertung der Strukturen des Kiefergelenks angewandt. Mit der MRT steht ein nicht-invasives, bildgebendes Verfahren

zur Verfügung, das eine weitgehend überlagerungsfreie Bildgebung von intraartikulären Gewebsstrukturen ermöglicht, ohne dass es der Anwendung ionisierender Strahlen bedarf.

Die physikalische Grundlage der MRT basiert auf der Rotation von Atomkernen mit ungerader Protonenzahl und / oder Neutronenzahl um die eigene Achse. Durch die Rotation der positiven Ladung des Kerns wird ein elektrischer Ringstrom erzeugt, der sich als magnetisches Feld beschreiben lässt. Durch diesen Drehimpuls, auch als Kernspin bezeichnet, besitzt jeder Atomkern ein kleines Kernmagnetfeld. Die Kernspindichte bezieht sich speziell auf die Wasserstoffatomkerndichte (H1), da dieses Isotop mit Abstand am häufigsten im menschlichen Körper vorkommt. Wird auf diese Atomkerne ein äußeres Magnetfeld gelegt, kommt es zu einer Wechselbeziehung zwischen dem äußeren und dem Kernmagnetfeld. Die Kernspins werden ausgerichtet, wobei die Feldrichtung des äußeren Magnetfeldes vom magnetischen Nordpol zum Südpol gerichtet ist. Die Ausrichtung ist abhängig von der Körpertemperatur und der Magnetfeldstärke. Bei einer Temperatur von 37° C und einer Feldstärke von 0,3 bis 0,5 Tesla werden hauptsächlich die Wasserstoffkerne ausgerichtet. So erklärt sich, dass das Verfahren der Kernspintomografie besonders gut für die Weichteildarstellung geeignet ist.

Wird auf die im Magnetfeld ausgerichteten Kernspins ein Hochfrequenzimpuls gegeben, so wird das Gleichgewicht gestört und die Wasserstoffkerne werden, indem sie Energie aufnehmen, aufgerichtet. Die Kerne besitzen dann eine antiparallele Spinrichtung. Wird der Hochfrequenzimpuls wieder abgeschaltet, kehren die Kernspins in ihre Ausgangsposition zurück. Dabei erzeugen die Kernspins ein Induktionsfeld. Über entsprechende Hochfrequenzspulen (Send- und Empfangsspulen) kann der Spannungsverlauf der

Induktionsfelder gemessen und die elektrischen Signale können digitalisiert und weiterverarbeitet werden.

Das Zurückkehren der Kernspins in ihre Ausgangssituation wird Relaxation genannt. Dabei ist die Zeitkonstante T1 (Spingitter-Relaxationszeit) die charakteristische Relaxationszeit: Sie stellt das Maß für die Wechselbeziehung der Kernspins zu ihrer unmittelbaren physikalischen Umgebung dar und liegt im Organismus bei etwa 100 bis 1000 ms. Die Zeitkonstante T2 (Spin-Spin-Relaxationszeit) ist eine zweite Relaxationszeit und stellt das Maß für die Wechselwirkung (Energieaustausch) der Spins untereinander dar. Die T2 Relaxationszeit liegt etwa zwischen 10 und 100 ms. Durch Änderung der zeitlichen Abstände TR (Repetitionszeit) der eingestrahlten Impulse sowie der Zeitspanne bis zum Auftreten eines Signalmaximums innerhalb einer Hochfrequenzimpulssequenz TE (Echozeit), lassen sich die Atomkerne unterschiedlich stark auslenken. Dadurch erfolgt eine Änderung der emittierten elektromagnetischen Strahlung. Der Radiologe kann somit MRTs darstellen, die mehr T1- oder aber T2-Charakteristika zeigen. Zur Erzielung einer guten topografischen Auflösung der Gelenkstrukturen werden T1-gewichtete Sequenzen angewandt. T1-gewichtete Bilder werden durch eine kurze TR (< 900-600 ms) und eine kurze TE (80-120 ms) erzeugt.

Die Magnetresonanztomografie weist gegenüber anderen bildgebenden Verfahren einige bedeutende Vorteile auf. Sie

- ist nicht invasiv.
- benötigt keine ionisierende Strahlung.
- ist zur Darstellung der Weichgewebe geeignet.
- erlaubt die Abbildung in beliebigen Ebenen, ohne Umlagerung des Patienten.
- verfügt über eine hohe Kontrastauflösung, welche die Anwendung von Kontrastmitteln in ausgewählten Fällen erübrigt.

Bei Patienten mit Herzschrittmachern ist die MRT-Untersuchung kontraindiziert, da das Magnetfeld elektronische Geräte erheblich beeinflussen kann. Eine weitere Kontraindikation sind Metallgegenstände (Fremdkörper, mechanische Clips im Zentralen Nervensystem und Ähnliches), da diese

im Magnetfeld bewegt werden können. Dagegen sind zahnärztliche Brücken und Implantate in der Regel ausreichend verankert und haben keinen erheblichen Einfluss auf die Bildentstehung. Leidet der Patient unter Klaustrophobie, kann dies jedoch bei der Untersuchung ein Problem darstellen.

Mithilfe von Autopsiematerial konnte gezeigt werden, dass die MRT unter bestimmten Voraussetzungen ein valides Verfahren zur Beurteilung der Kiefergelenke ist. Folglich ist die MRT heute das Mittel der Wahl zur bildgebenden, funktionsdiagnostischen Untersuchung des Kiefergelenks.

Übersichtsaufnahme beim MRT

Um eine adäquate Schichtpositionierung bei der Bildgebung der Kiefergelenke zu gewährleisten, muss die Position der Gelenkköpfchen initial sowohl bei geschlossenem als auch bei geöffnetem Kiefer erfolgen. Hierzu wird eine Übersichtsaufnahme (localizer, scout) angefertigt (Abb. 1). Die Kreise in Abbildung 1 markieren die Kondylen. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Kondylen bei geöffnetem Kiefer weiter anterior positioniert sind (grüne Linie), als bei geschlossenem.

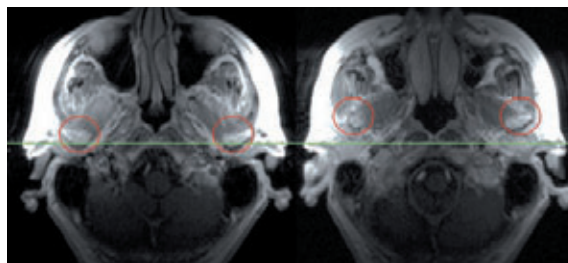


Abb. 1: Übersichtsaufnahme bei geschlossenem (links) und bei geöffnetem (rechts) Kiefer.

Nachdem die Kondylen lokalisiert wurden, werden rechtwinklig zur Kondylenachse (rote Linie) die sagittalen Schnitte (grüne Linien) geplant (Abb. 2).

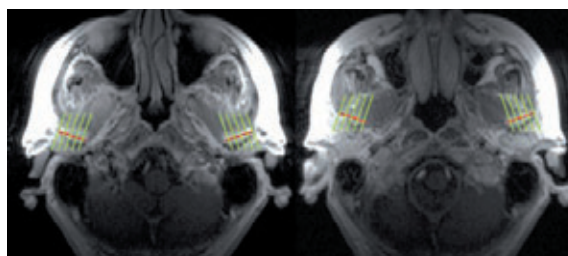


Abb. 2: Planung der sagittalen Schnitte.

Sagittale Schichtung: Normdarstellung des Kiefergelenks

Die bei der MRT entstandenen sagittalen Bilder zeigen die anatomischen Strukturen recht deutlich. Bei Abbildung 3 handelt es sich um ein sagittales T1-gewichtetes MRT, welches das Kiefergelenk bei geschlossenem Kiefer zeigt. Der Hinterrand des Diskus liegt bezüglich des Gelenkköpfchens bei ungefähr 12.00 Uhr (siehe gelbe Linie). Ist der Hinterrand des Diskus deutlich weiter vorne positioniert, so wird von einer anterioren Diskusverlagerung gesprochen. Bei geöffnetem Kiefer gleitet das Gelenkköpfchen auf dem tuberculum articulare nach vorne und unten, wobei der Diskus hierbei zwischen diesen beiden Strukturen interponiert bleibt (weiße Pfeile) (Abb. 4).



Abb. 3: Sagittales T1-gewichtetes MRT.



Abb. 4: Interponierter Diskus (weiße Pfeile).

Relevante Befunde in der sagittalen Schicht

Anteriore Diskusverlagerung mit Reposition

Abbildung 5 links zeigt, dass der Diskus bei geschlossenem Kiefer vor dem Gelenkköpfchen liegt.

Bei der Kieferöffnung gleitet der Kondylus auf den Diskus auf, das heißt, bei geöffnetem Kiefer liegt eine physiologische Kondylus-Diskus-Relation vor (Abb. 5 rechts). Das Aufgleiten des Kondylus auf den Diskus ist klinisch häufig durch ein Knackgeräusch charakterisiert.

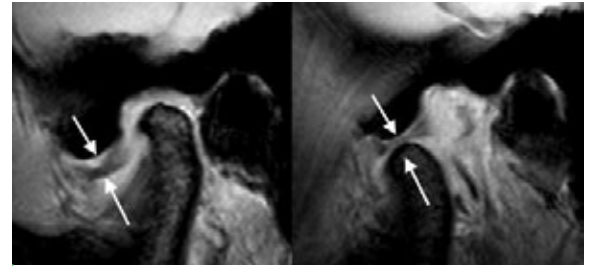


Abb. 5: Links: Geschlossener Kiefer: Diskus liegt vor dem Gelenkköpfchen. Rechts: Geöffneter Kiefer: Entstehen einer physiologischen Kondylus-Diskus-Relation.

Anteriore Diskusverlagerung ohne Reposition

Auch hier liegt der Diskus bei geschlossenem Kiefer vor dem Gelenkköpfchen (Abb. 6 links). Bei der Kieferöffnung bleibt die anteriore Lage des Diskus bestehen, das heißt, auch bei geöffnetem Kiefer liegt der Diskus vor dem Kondylus (Abb. 6 rechts). Insbesondere bei „akuten“ Verlagerungen kann hier die Kieferöffnung beträchtlich limitiert und schmerzhaft sein.

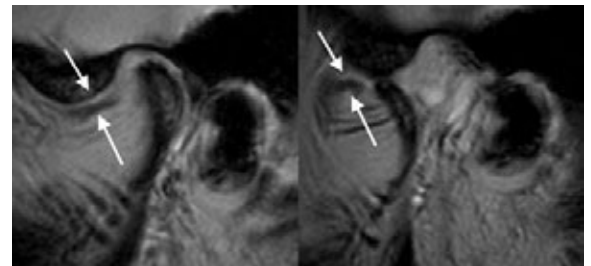


Abb. 6: Sowohl bei geschlossenem (links) als auch bei geöffnetem (rechts) Kiefer liegt der Diskus vor dem Kondylus.

Formveränderungen des Kondylus

Beim gesunden Kiefergelenk weist der Kondylus in der sagittalen Schicht eine glatte Oberfläche und abgerundete Form auf. Die Abbildung 7 zeigt den Unterschied deutlich: Links ist ein „gesunder“ Kondylus abgebildet, rechts ein massiv verformter Kondylus. Die Formveränderung ist jedoch nicht immer so stark ausgeprägt und die Ursachen für

eine Formveränderung können vielfältig sein. Neben Osteoarthrose kommen auch osteochondrale Defekte und Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises in Betracht. Klinisch sind hier häufig „Reibegeräusche“ zu erfassen. Zudem klagen die Patienten über Schmerzen im Kiefergelenk, insbesondere bei Belastungen.

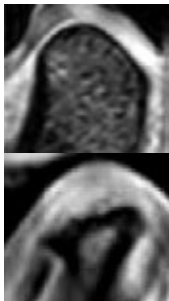


Abb. 7: „Gesunder“ (oben) und massiv verformter (unten) Kondylus.

Coronale Schichtung: Normdarstellung des Kiefergelenks

Neben den sagittalen Bildern sollten auch immer die coronalen Bilder befundet werden. Diese Bilder entstehen, wenn die Schnittführung anhand der Localizer und der sagittalen Aufnahmen geplant wird. Die so entstandenen Bilder zeigen deutlich die medio-laterale Ausdehnung des Kondylus (Abb. 8). Der Diskus bedeckt hier die Oberfläche des Kondylus und liegt diesem bei geschlossenem Kiefer zentral auf. Bei Kieferöffnung gleitet der Diskus meistens leicht nach medial. Häufig ist eine Art „Schleifenbildung“ nach medial zu erkennen. Die Markierungen (*) in Abbildung 10 zeigen die mediale und laterale Begrenzung des Diskus an.

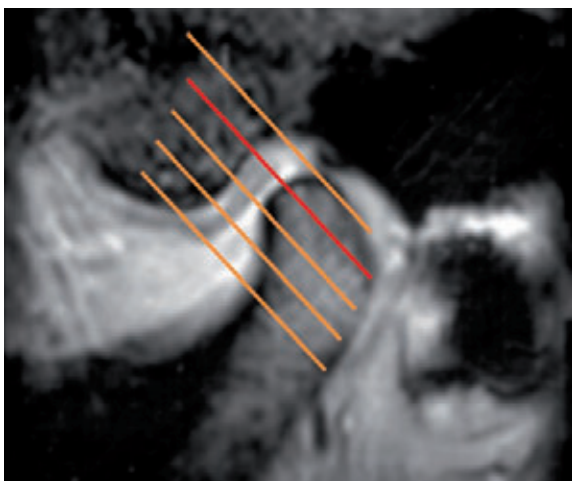
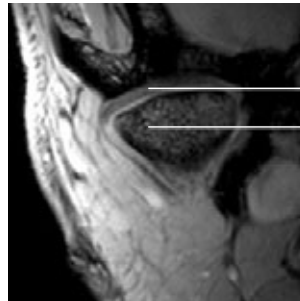


Abb. 8: Medio-laterale Ausdehnung des Kondylus.



Gelenknorpel (discus articularis)
Gelenkköpfchen (Kondylus)

Abb. 9: Bei geschlossenem Kiefer liegt der Diskus dem Kondylus zentral auf.

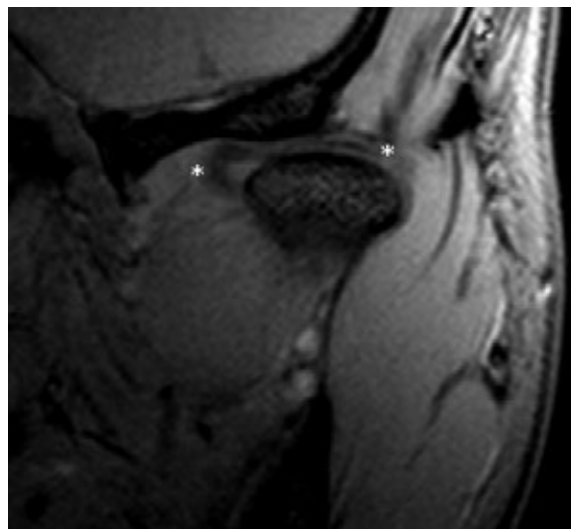
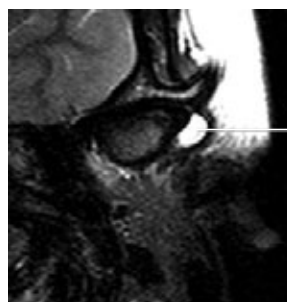


Abb. 10: Die Markierungen zeigen die mediale und laterale Begrenzung des Diskus an.

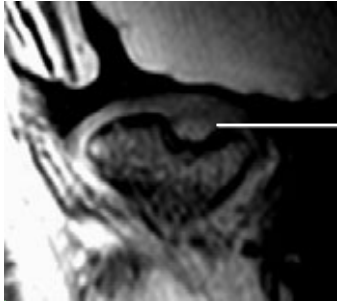
Relevante Befunde in der coronalen Schicht

Insbesondere in der T2-Wichtung lassen sich Flüssigkeitsansammlungen im Gelenk sehr gut darstellen (Abb. 11). Doch auch Formveränderungen sind hier gut zu erkennen. In Abbildung 12 ist deutlich die Unterbrechung der homogenen Oberflächenstruktur des Kondylus zu sehen.



Deutliche Flüssigkeitsansammlung lateral des Kondylus

Abb. 11: Darstellung einer lateralen Gelenkzyste in der T2-Wichtung.



Deutliche erkennbare
Formveränderung des Kondylus

Abb. 12: Die homogene Oberflächenstruktur des Kondylus wird unterbrochen.

Weitere bildgebende Verfahren

Andere bildgebende Verfahren spielen bei funktionsdiagnostisch relevanten Fragestellungen eher eine untergeordnete Rolle. Wenngleich die Orthopantomogramm-Aufnahme in der Praxis häufig zur Beurteilung der Kiefergelenke herangezogen wird, ist deren Sensitivität und Spezifität bei dieser Fragestellung zweifelhaft. Wenn überhaupt, so können auf Basis dieser Aufnahmen nur massive Veränderungen der Kondylusform vermutet werden.

Die knöchernen Anteile des Kiefergelenks werden mittels Computertomografie am besten dargestellt. Somit kann das bildgebende Verfahren der CT für diese Strukturen als „Goldstandard“ bezeichnet werden und kommt in der Frakturdiagnostik regelmäßig zum Einsatz. Da die knöchernen Anteile des Kondylus jedoch auch in der MRT-Aufnahme gut zu erkennen sind, erscheint die MRT für funktionsdiagnostische Fragestellungen bezüglich der knöchernen Anteile des Kiefergelenks ausreichend. Somit kann bei funktionsdiagnostisch relevanten Fragestellungen meist auf die, mit einer erheblichen Strahlenbelastung verbundene CT-Aufnahme verzichtet werden.

Die sonografische Untersuchung der Kiefergelenke stößt aufgrund der Anatomie des Kiefergelenks bald an ihre Grenzen. So können nur die lateralen Gelenkanteile dargestellt werden, die medialen Anteile des Kiefergelenks sind dieser Aufnahmetechnik nicht zugänglich.

Aufgrund der Invasivität der Arthroskopie wird dieses Verfahren mehr und mehr von anderen bildgebenden (nicht-invasiven) Verfahren verdrängt. Lediglich bei der Kombination von diagnostischen und

therapeutischen Verfahren spielt es noch eine Rolle wie beispielsweise bei der Verbindung von Arthroskopie und Lavage.

Fazit

Da sich die Ursachen für Kiefergelenkbeschwerden klinisch häufig nur mit unzureichender Sicherheit (Sensitivität / Spezifität) feststellen lassen, sollten, insbesondere bei therapieresistenten Beschwerden, bildgebende Verfahren zur Diagnosesicherung eingesetzt werden. Aufgrund der sehr guten Darstellung von Hart- und Weichgewebe hat sich bei der Bildgebung des Kiefergelenks die Magnetresonanztomografie bei funktionsdiagnostisch relevanten Fragestellungen als „Goldstandard“ etabliert. Insbesondere Diskusverlagerungen und Flüssigkeitsansammlungen im Gelenk, aber auch Formveränderungen des Kondylus lassen sich sehr gut beurteilen. Bei der Anfertigung der Aufnahmen ist jedoch darauf zu achten, dass geeignete Oberflächenspulen zur Anwendung kommen und sowohl sagittale als auch coronale Aufnahmen akquiriert werden. Auf alternative bildgebende Verfahren sollte vorwiegend bei anderen Fragestellungen wie z. B. der Frakturdiagnostik zurückgegriffen werden. ■

PD Dr. Marc Schmitter
Heidelberg, Deutschland



■ 1992-1997 Studium der Zahnmedizin an der Uni Tübingen ■ 1998 Promotion

■ 1998-2000 Assistenz Zahnarzt bei einem niedergelassenen Zahnarzt in Neumünster
■ 2000-2004 Wissenschaftlicher Mitarbeiter der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik Heidelberg ■ seit 2004 Oberarzt und seit 2006 leitender Oberarzt der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Heidelberg
■ 2006 Kommissarischer Leiter der Sektion Werkstoffkunde ■ 2006 Habilitation

Kontakt

marc.schmitter@med.uni-heidelberg.de