

MRI-Kiefergelenkdiagnostik

Die dynamische MR-Untersuchung des Kiefergelenkes bei Discopathien – eine retrospektive Analyse

Dennis Rohner¹, Claude Jaquiéry¹, Alfred Geissmann²,
Christoph Kunz¹, Beat Hammer¹, Joachim Prein¹

¹ Klinik für Wiederherstellende Chirurgie (Prof. J. Prein),
Universitätskliniken, Kantonsspital Basel, Spitalstrasse 21,
CH-4031 Basel

² Medizinische Bilddiagnostik, Rümelinsbachweg 6,
CH-4054 Basel

Schlüsselwörter: MR-Untersuchung, vordere Diskusluxation,
Translationsdefizit, Kiefergelenkdiagnostik

Korrespondenzadresse:
Dennis Rohner

Klinik für Wiederherstellende Chirurgie
Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Universitätskliniken
Kantonsspital Basel, Spitalstrasse 21
CH-4031 Basel
Tel. 061/265 73 40
E-Mail: drohner@uhbs.ch

(Texte français voir page 45)

und es wurde stattdessen eine Diskusadhäsion erkannt. Gesamthaft wurden mit der MR-Untersuchung in 49 von 86 Gelenken Pathologien erkannt. Die statische MR-Untersuchung sicherte die Diagnose in 36 der 49 Gelenke (73,5%), die zusätzliche dynamische Untersuchung bei den weiteren 13 Gelenken (26,5%).

Schlussfolgerung: Diese Arbeit zeigt, dass ohne MR-Untersuchung die Diagnose einer anterioren Diskusluxation auf Grund der klinischen Befunde bei 70% der Patienten mit Kiefergelenkbeschwerden gestellt werden kann. Die zusätzliche dynamische MR-Untersuchung erlaubt eine Differenzierung der Befunde und führt zu einem besseren Verständnis des Bewegungsablaufes.

Einleitung

Die Verdachtsdiagnose Diskuspathologie wird anhand der Anamnese und der klinischen Untersuchung gestellt. Die Symptome sind Gelenkschmerzen, Muskelschmerzen, eingeschränkte Gelenkbeweglichkeit mit Deviation und fakultativ Gelenkgeräusche. Die weitere Diagnostik wird mit bildgeben-

den Verfahren durchgeführt, wobei konventionelle Röntgenbilder, wie z.B. die Panoramaschichtaufnahme, erste Aufschlüsse über die knöchernen Verhältnisse geben. Die Magnetresonanztomographie (MRI) wird als Methode der Wahl beurteilt, um das Kiefergelenk und insbesondere deren Weichteile differenziert darzustellen. Eine Studie von TASAKI & WESTESSON (1993) weist darauf hin, dass mit der MR-Untersuchung die Diskusposition und -form zu 95% korrekt verifiziert werden kann. Die Bilder werden üblicherweise in geschlossener und maximal geöffneter Gelenkstellung aufgenommen. Sagittale und coronare Schichtaufnahmen gewährleisten die dreidimensionale Gelenkbeurteilung (KAPLAN et al. 1987, TASAKI et al. 1993). Um die Gelenkdynamik besser verstehen zu können, werden zunehmend dynamische Untersuchungsmethoden angewandt. Eine der möglichen Untersuchungsmethoden für die dynamische Untersuchung stellt die Arthrografie dar. Ihre Nachteile sind die diagnostische Wertigkeit von lediglich 83% (WESTESSON & BRONSTEIN 1987), die invasive Untersuchungsmethode und die damit mögliche zusätzliche Gelenkschädigung während der Untersuchung (Diskusperforation). Die Gelenksonografie wird als weitere dynamische Untersuchung in der Literatur erwähnt, wo-

den Verfahren durchgeführt, wobei konventionelle Röntgenbilder, wie z.B. die Panoramaschichtaufnahme, erste Aufschlüsse über die knöchernen Verhältnisse geben. Die Magnetresonanztomographie (MRI) wird als Methode der Wahl beurteilt, um das Kiefergelenk und insbesondere deren Weichteile differenziert darzustellen. Eine Studie von TASAKI & WESTESSON (1993) weist darauf hin, dass mit der MR-Untersuchung die Diskusposition und -form zu 95% korrekt verifiziert werden kann. Die Bilder werden üblicherweise in geschlossener und maximal geöffneter Gelenkstellung aufgenommen. Sagittale und coronare Schichtaufnahmen gewährleisten die dreidimensionale Gelenkbeurteilung (KAPLAN et al. 1987, TASAKI et al. 1993).

Um die Gelenkdynamik besser verstehen zu können, werden zunehmend dynamische Untersuchungsmethoden angewandt. Eine der möglichen Untersuchungsmethoden für die dynamische Untersuchung stellt die Arthrografie dar. Ihre Nachteile sind die diagnostische Wertigkeit von lediglich 83% (WESTESSON & BRONSTEIN 1987), die invasive Untersuchungsmethode und die damit mögliche zusätzliche Gelenkschädigung während der Untersuchung (Diskusperforation). Die Gelenksonografie wird als weitere dynamische Untersuchung in der Literatur erwähnt, wo-

bei die diagnostische Wertigkeit ungenügend ist (EMSHOFF et al. 1997). Die dritte Möglichkeit stellt die dynamische MR-Untersuchung dar. Dank der technischen Möglichkeit computergesteuerter dynamischer Bildaufnahmen und deren Verarbeitung in Videoqualität kann die Gelenkdynamik mit der dynamischen MR-Untersuchung beschrieben und besser verstanden werden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Daten von 43 Patienten ausgewertet, bei welchen die klinische Diagnose «anteriore Diskusluxation» gestellt und deshalb eine statische und dynamische MR-Untersuchung durchgeführt worden war. Die klinischen Befunde wurden mit den MR-Befunden verglichen. Die statischen und dynamischen MR-Bilder wurden einzeln ausgewertet und deren Bedeutung diskutiert.

Patienten und Methode

Im Zeitraum zwischen Juli 1998 bis Juli 1999 wurde bei 43 Patienten mit klinischer Verdachtsdiagnose Diskuspathologie, welche wegen Kiefergelenkschmerzen die Klinik für Wiederherstellende Chirurgie im Universitätsspital Basel konsultiert hatten, MR-Untersuchungen beider Kiefergelenke durchgeführt. Die klinischen Kriterien waren chronische Gelenkschmerzen, Muskelschmerzen, schmerzhafte Mundöffnungseinschränkung mit Translationsdefizit des betroffenen Gelenkkopfes und Abweichen des Kiefers auf die erkrankte Seite. Das Vorhandensein eines Gelenkgeräusches war nicht massgebend. Die klinische Untersuchung beinhaltete standardmässig die Beurteilung der Okklusion/Artikulation, die Messung der Mundöffnung (Schneidekantenabstand), die Beschreibung der Öffnungs- und Schliessbewegung, die Palpation der Kiefergelenke und der Kaumuskulatur und die Beurteilung der Translation des Kondylus. Die MR-Untersuchungen wurden in einem privaten Röntgeninstitut für Medizinische Bild Diagnostik in Basel mit einem 1,5 Tesla Magnetom (General Electric, Fairfield, Connecticut, USA) durchgeführt. Die Schnittebenen wurden in der sagittalen Richtung senkrecht zur Kondylusachse und in der coronaren Richtung parallel zur Kondylusachse gewählt (KATZBERG et al. 1993, MUSGRAVE et al. 1991). Die Parameter für die Geräteeinstellung für die T1-gewichteten Sequenzen waren die folgenden: TR (repetition time) 1100 ms; TE (echo time) 10–20 ms; number of excitation, 2; FOV (field of view) 103 10 cm oder 123 12 cm; slice thickness, 2 mm, skip 0,2 mm; 6–8 Schnitte pro Seite in geschlossener und in maximal geöffneter Mundstellung; 10–12 dynamische Bilder pro Seite; matrix 256 x 160.

Die zu beurteilenden Bildprotokolle beinhalteten 5 Bildserien:

1. Kiefergelenk rechts, T1 geschlossen und offen sagittal;
2. Kiefergelenk rechts, T2 geschlossen sagittal, T1 dynamisch sagittal;
3. Kiefergelenk links, T1 geschlossen und offen sagittal;
4. Kiefergelenk links, T2 geschlossen sagittal, T1 dynamisch sagittal;
5. Kiefergelenke beidseits, T1 geschlossen coronal.

Die erste Untersuchung beinhaltete die statische Aufnahme beider Gelenke geschlossen und offen in sagittaler Schnittführung 90° zur Achse des Kondylus (T1 und T2 gewichtete Bilder). In der zweiten Untersuchung wurden die coronaren Schichten parallel zur Achse des Kondylus bei geschlossener und geöffneter Gelenkstellung aufgenommen. Die letzte Untersuchung galt der dynamischen Wiedergabe der Öffnungsbewegung in sagittaler Richtung. Ein Mundstück wurde eingesetzt und in 3-mm-Schritten gedehnt, ohne dass der Patient die Kopfhaltung ändern musste. Pro Gelenkseite wurden 10–12 dynamische Bilder aufgenommen. Die Bilder wurden als Einzelsequenzen und als Videofilm zur Beurteilung der Gelenkdynamik betrachtet. Die Videosequenzen wurden vom Computer erstellt, indem die Pha-

sen zwischen den einzelnen Bildern als statistische Mittelwerte errechnet wurden. Die gesamte Untersuchung wurde ohne Kontrastmittel durchgeführt und dauerte ca. 50 Minuten.

Die Bilder wurden im Rahmen dieser retrospektiven Untersuchung ohne Wissen der klinischen Diagnose von den drei erstgenannten Autoren gemeinsam beurteilt. Für die Befundung wurden zuerst die statischen Bilder, danach die dynamischen Bilder und zuletzt der Videofilm herbeigezogen. Die Position des Diskus articularis wurde in den sagittalen Bildern bei geschlossener Gelenkstellung bestimmt (ORSINI et al. 1998, SHANNON et al. 1990, SILVERSTEIN et al. 1994, DRACE et al. 1990). Die posteriore Diskusbegrenzung in 12-Uhr-Stellung zur Gelenkpfanne wurde als Normalbefund bewertet (Abb.1 und 2). Die

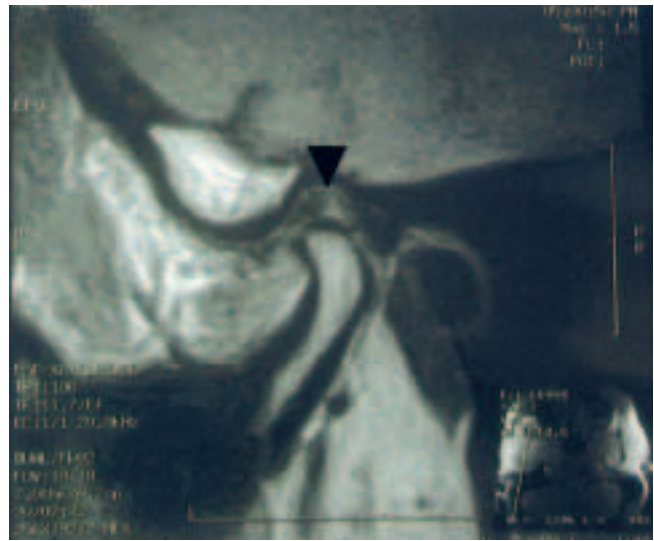


Abb. 1 Die hintere Begrenzung des Diskus articularis (siehe ▼) liegt in 12-Uhr-Richtung und beschreibt damit die Normallage des Diskus.

Fig. 1 Le bord postérieur du disque articulaire (flèche ▼) est situé en direction 12 heures; cette position du disque est considérée comme étant normale.

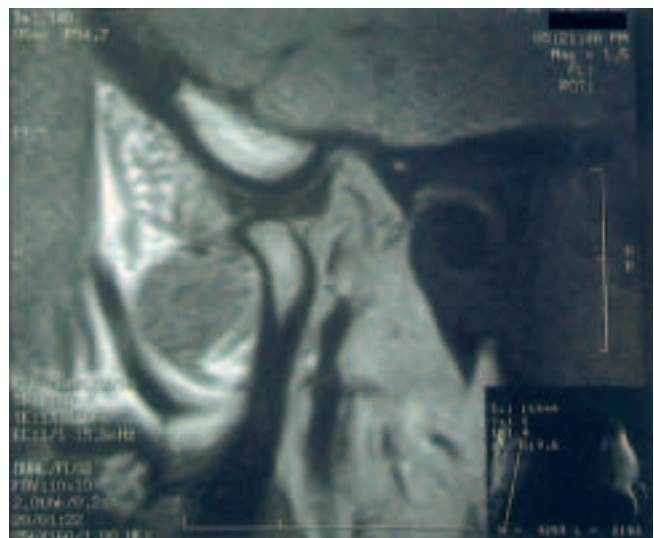


Abb. 2 Bei maximal geöffnetem Mund steht der Kondylus über der Eminentia. Der Diskus articularis liegt in zentrierter Position zwischen der Eminentia und dem Kondylus.

Fig. 2 En position d'ouverture buccale maximale la tête du condyle se situe au niveau de l'eminencia. Le disque articulaire se situe en position centrée entre l'eminencia et le condyle.

vordere Diskusverlagerung wurde unterteilt in leichtgradig, mittelschwer und schwer. Als leichtgradige Diskusluxation galt die Stellung des hinteren Diskusrandes zwischen 10–11 Uhr, als mittelschwere Luxation eine solche zwischen 10 Uhr und der Eminentia und als schwere Luxation eine Diskuslage unterhalb der Eminentia.

Der MR-Befund wurde danach mit der klinischen Diagnose verglichen. Auf eine statistische Auswertung wurde wegen der geringen Patientenzahl verzichtet.

Resultate

Von 43 Patienten (35 Frauen, 8 Männer) im Durchschnittsalter von 35 Jahren (18–63 Jahre) konnten bei 30 Patienten (69,8%) übereinstimmende Resultate zwischen der klinischen Diagnose

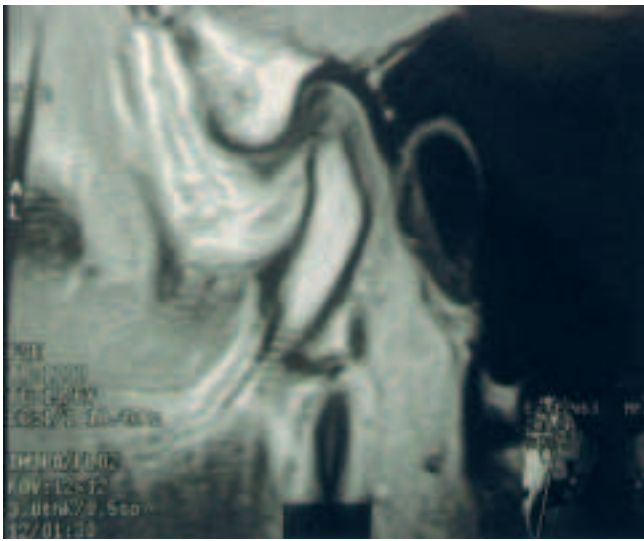


Abb. 3 Anchored disc phenomenon: hintere Begrenzung des Diskus bei 12 Uhr, geschlossener Mund.

Fig. 3 Anchored disc phenomenon: bord postérieur du disque à 12 heures, bouche fermée.

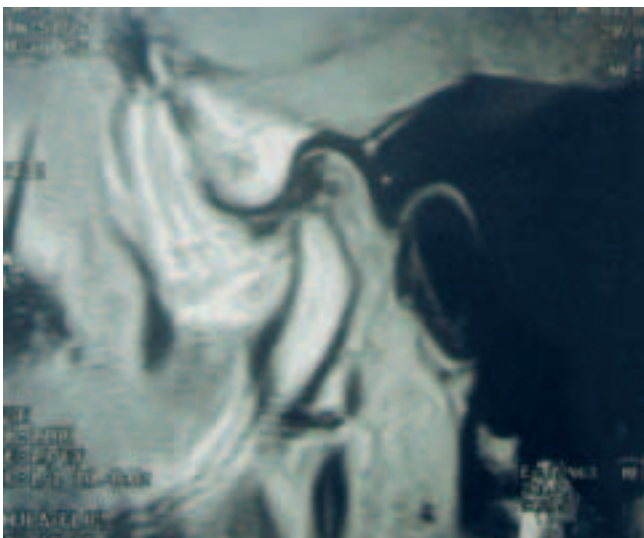


Abb. 4 Anchored disc phenomenon: Öffnungsphase mit Translation des Kondylus. Position des Diskus bleibt unverändert.

Fig. 4 Anchored disc phenomenon: phase d'ouverture buccale avec translation du condyle. La position du disque reste inchangée.

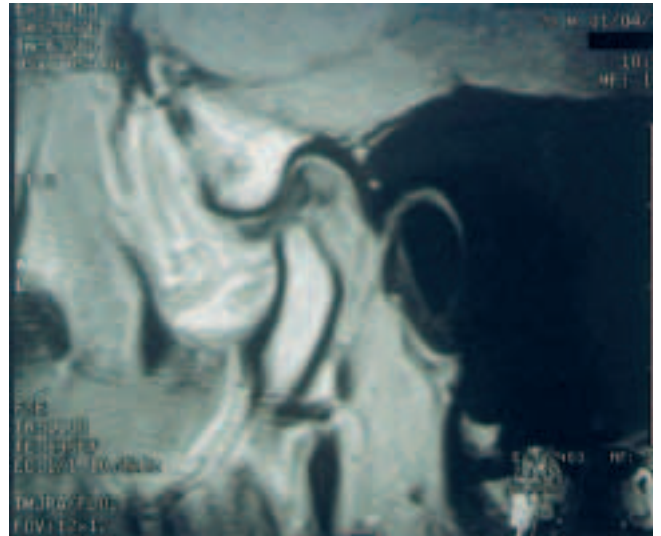


Abb. 5 Anchored disc phenomenon: maximale Öffnung des Mundes. Der Kondylus erreicht den anterioren Rand des Diskus, welcher weiterhin in der ursprünglichen Position verharren und keine Translation nach anterior zeigt.

Fig. 5 Anchored disc phenomenon: ouverture buccale maximale. Le condyle atteint le bord antérieur du disque, lequel demeure dans sa position initiale et ne décrit aucune translation en direction antérieure.

und dem MR-Befund gefunden werden. Bei 6 Patienten (14,0%) wurde auf den MR-Bildern eine zusätzliche asymptotische Diskusluxation auf der Gegenseite diagnostiziert. Bei 7 Patienten (16,2%) konnte auf der symptomatischen Gelenkseite die Diagnose «anteriore Diskusluxation» widerlegt werden. Stattdessen wurde eine Diskusadhäsion (anchored disc phenomenon) diagnostiziert (Abb. 3–5). Insgesamt wurden bei 43 Patienten in 49 von 86 untersuchten Gelenken pathologische Veränderungen gefunden (Tab. I).

Die statischen MR-Bilder erlaubten bei 36 der 49 pathologisch beurteilten Gelenke (73,5%) eine sichere und vollständige Diagnose. Bei 13 von 49 Gelenken (26,5%) konnten die dynamischen Bilder sowohl in den einzelnen Bildsequenzen als auch vor allem im Verlauf der Filmsequenz im Vergleich zu den statischen Bildern die pathologischen Veränderungen aufzeigen (Tab. II). Bei 6 von diesen 13 Gelenken (12,2%) wurde mit den statischen MR-Bildern zwar eine leichtgradige vordere Diskusluxation vermutet. Dies konnte aber nur in den dynamischen Bildern verifiziert werden. Die dynamischen Bilder zeigten in der Videosequenz die inhomogene Bewegung des Kondylus mit

Tab. I Vergleich von klinischem und radiologischem Befund

Klinische Diagnose		MRI-Befund	
43 Patienten	30 Patienten	6 Patienten	7 Patienten
einseitige	einseitige	beidseitige	einseitige
Diskusluxation	Diskusluxation	Diskusluxation	Diskusadhäsion

Tab. II Gelenkbezogene Diagnostik: Vergleich statisch-dynamisch

Gelenke	MRI statisch		MRI dynamisch	
	Diskusluxation	Diskusluxation	Diskusadhäsion	Diskusadhäsion
49	36	6	7	
100%	73,5%	12,2%	14,3%	

Aufspringen auf den Diskus (Abb. 6–10). Damit war die Diagnose der leichtgradigen Diskusluxation mit Reduktion bestätigt. Bei 7 von den 13 Gelenken (14,3%) wurde in den statischen Bildern kein pathologischer Befund gefunden. Die dynamischen Bilder zeigten die Diskusadhäsion mit deutlich verminderter Translation des Diskus bei nur leicht eingeschränkter Beweglichkeit des Kondylus während der Öffnung.

Diskussion

Für die Beurteilung der Diskuspathologie hat die MR-Untersuchung in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen und das früher gebräuchliche CT verdrängt (GIBBS & SIMMONS 1998, WESTESSON et al. 1987). Vor allem durch die bessere

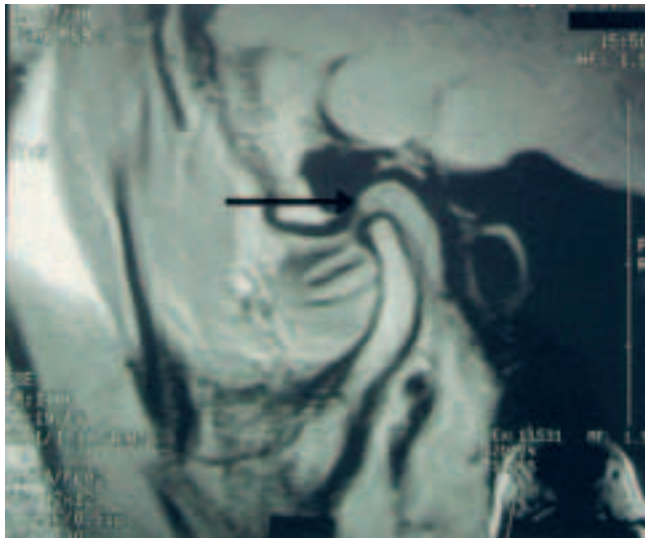


Abb. 6 Mittelschwere anteriore Diskusluxation bei geschlossenem Mund. Die hintere Begrenzung des Diskus liegt bei 9 Uhr (siehe →).

Fig. 6 Luxation discale antérieure moyennement grave; position de fermeture buccale. Le bord postérieur du disque est situé vers 9 heures (flèche →).

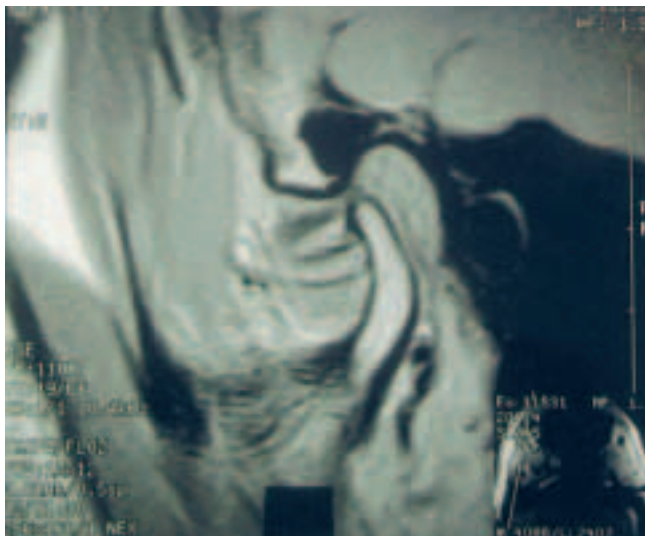


Abb. 7 Der Kondylus beginnt auf den hinteren Rand des Diskus aufzuspringen.

Fig. 7 Le condyle commence à remonter sur le bord postérieur du disque.

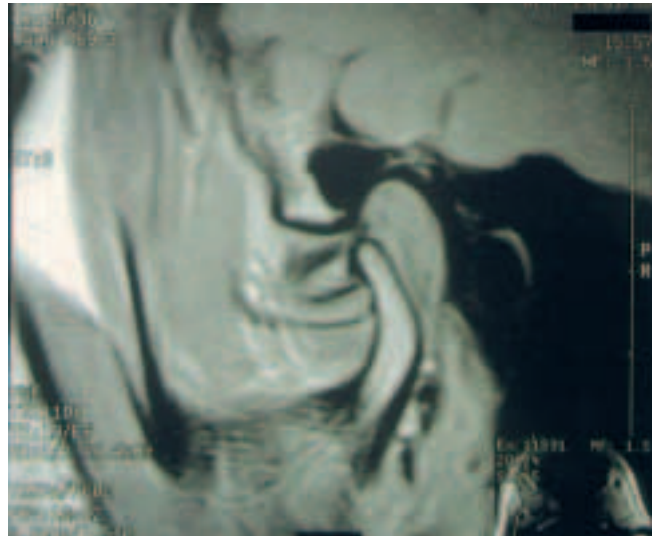


Abb. 8 Während der weiteren Öffnung kommt es vor allem zu einer Translation des Kondylus bei relativem Stillstand des Diskus.

Fig. 8 Durant la phase ultérieure d'ouverture, on observe surtout une translation du condyle, alors que le disque reste pour ainsi dire en place.

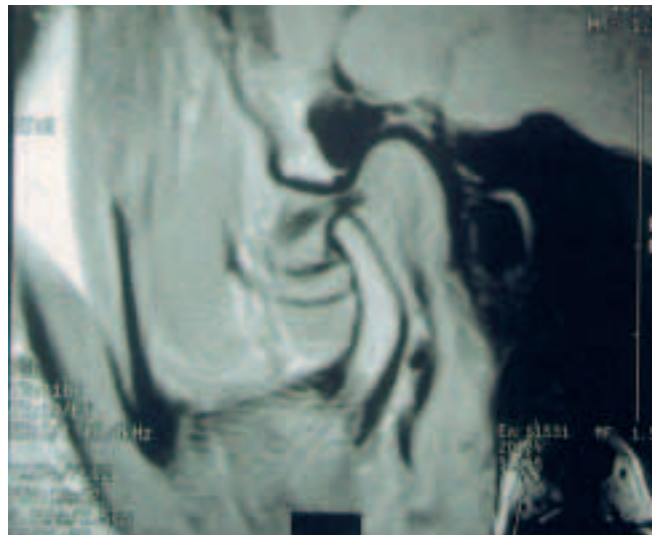


Abb. 9 Der Kondylus bewegt sich Richtung Zentrum des Diskus.

Fig. 9 Le condyle se dirige en direction du centre du disque.

Darstellung der Weichgewebestrukturen und die gute Kontrastdarstellung ist das MRI dem CT deutlich überlegen (KATZBERG 1989). Zwar zeigen Resultate einer Studie von HAYASHI et al. (1999), dass mit neuartigen CT-Geräten bei geöffneter Mundstellung die Diskusdislokation in ähnlicher Sensitivität und Spezifität dargestellt werden kann wie beim MR. Als Nachteil wird aber beschrieben, dass die Weichteilstrukturen wie zum Beispiel das hintere Band weiterhin nicht dargestellt werden können. Das CT hat jedoch bei Verdacht auf Pathologien im knöchernen Bereich weiterhin seine Berechtigung (NICKERSON et al. 1989).

Die Untersuchung mit dem dynamischen MR gibt zusätzliche Informationen über das Verhalten des Diskus während der Bewegung. Die einzelnen Schnittbilder können mit Hilfe moderner Computertechnik als Videofilm aufgezeichnet werden und der Betrachter erhält die Möglichkeit, die Gelenkbewegung zu



Abb. 10 Maximale Öffnung. Der Kondylus ist gegenüber dem Diskus zentriert. Der Diskus hat sich in der Schlussphase der Öffnung weiter nach anterior bewegt und liegt nun über dem höchsten Punkt der Eminentia.

Fig. 10 Ouverture maximale. Le condyle est en position centrée par rapport au disque. Durant la phase finale de l'ouverture, le disque s'est encore dirigé en direction antérieure, pour se situer maintenant au niveau du sommet de l'eminencia.

beobachten. Da jedoch die einzelnen Mundöffnungsphasen nicht aktiv vom Patienten durchgeführt werden, sondern passiv mit dem Mundöffner gehalten werden, ist die Bewegung nicht muskelaktiv. Demzufolge handelt es sich lediglich um eine pseudodynamische Aufzeichnung der Diskus-Kondylus-Bewegung.

Die Benützung des Mundöffners erlaubt 3-mm-Schritte. Damit werden pro Seite 10–12 pseudodynamische Bilder angefertigt, welche zu einem Videofilm aufgerechnet werden. In einer Studie von BENITO et al. (1998) wurden MR-Aufnahmen in drei verschiedenen Öffnungspositionen hergestellt. Die Bewegungen wurden von den Patienten aktiv durchgeführt. Damit konnte eine echte Wiedergabe der muskelaktiven Gelenkfunktion erreicht werden. Der Nachteil bestand aber darin, dass nur drei Öffnungsphasen beschrieben wurden und damit nicht die volle Bewegung gezeigt werden konnte. Zudem waren die Öffnungsphasen nicht standardisiert und man konnte den Inzisalkantenabstand nicht beurteilen, bei welchem die entsprechende pathologische Veränderung vorhanden war. Mit dem Mundöffner kann die Untersuchung standardisiert durchgeführt werden. Jedes einzelne Bild kann demzufolge einem bestimmten Inzisalkantenabstand zugeordnet werden.

Der Vergleich der klinischen Diagnose mit den MR-Befunden zeigte eine Übereinstimmung der Resultate bei 30 von 43 Patienten (69,8%). In einer Studie von YATANI et al. (1998) wurden bei 273 Patienten verschiedene klinische Befunde bezüglich Sensitivität und Spezifität für eine Diskusluxation ohne Reduktion mit den MR-Bildern verglichen. Übereinstimmungen wurden bei 70,6–81,0% gefunden. In einer Studie von ROBERTS et al. (1991) waren Übereinstimmungen in 76,8% vorhanden. BARCLAY et al. (1999) zeigten in ihrer Studie, dass mit der klinischen Untersuchung eine Voraussage für eine Diskusluxation mit Reduktion von 65% gemacht werden kann. Es wurde ähnlich wie in unserer Arbeit eine grosse Anzahl von klinisch asymptomatischen Gelenken gefunden, welche in den MR-Bildern eine Diskusluxation zeigten.

Bei der alleinigen Beurteilung der statischen MR-Bilder wäre bei 7 von 43 unserer Patienten die Diskusadhäsion nicht als solche erkannt und damit keine Pathologie diagnostiziert worden. In einer Studie von BEHR et al. (1996) wurden ähnliche Ergebnisse gefunden. In 3 von 21 Patienten konnte nur die dynamische MR-Untersuchung die genaue Pathologie zeigen.

Die dynamische Untersuchung zeigt nicht nur das Bewegungsmuster der knöchernen und knorpeligen Gelenkstrukturen auf, sondern gibt auch Hinweise auf das dynamische Verhalten der Weichgewebe, wie zum Beispiel Veränderungen der Diskusform oder Spannungsänderungen des posterioren Bandapparates. In einer Studie von YOSHIDA et al. (2000) wird mit der dynamischen MR-Untersuchung das Verhalten des anterior luxierten Diskus während der Bewegung beschrieben, wobei zwischen konkaver oder konvexer Diskusverbiegung unterschieden wird. Dabei wird auf die Korrelation der Klinik mit der entsprechenden Verbiegung des Diskus hingewiesen. Bei konvexer Verbiegung wird vermehrt ein schmerzhaftes Gelenk mit Öffnungseinschränkung gefunden, während die konkave Deformierung eher Gelenkgeräusche zeigt. In der vorliegenden Arbeit wurde nicht auf diese Differenzierungen geachtet, sondern das Augenmerk auf das Vorhandensein oder Fehlen einer Gelenkpathologie gerichtet.

Auf Grund der Kostenexplosion im Gesundheitswesen muss die kritische Frage diskutiert werden, inwieweit die MR-Untersuchung der Kiefergelenke bei klinischem Verdacht auf eine Discopathie ihre Berechtigung hat. Es besteht allgemeiner Konsens, dass das MRI unter allen bildgebenden Methoden die Pathologien im Discus articularis mit dessen Bandapparat in feinsten und genauesten Weise darstellen kann. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass diese Krankheit, welche häufig eine Chronifizierung zeigt, frühzeitig prognostisch beurteilt werden kann, um mit geeigneten Anpassungen der Therapie deren Verlauf zu beeinflussen. Deshalb besteht die medizinische Dringlichkeit, dass die klinische Verdachtsdiagnose in gesicherter Weise bestätigt oder korrigiert wird. Andererseits wird die Therapie der Discopathie erst als Pflichtleistung von der Krankenkasse akzeptiert, wenn der MR-Befund eine pathologische Veränderung im Kiefergelenk bestätigt. Und gerade weil die MR-Untersuchung kostenaufwendig ist, sollte deshalb eine zusätzliche dynamische Untersuchung durchgeführt werden um eine möglichst vollständige Diagnostik durchführen zu können. Eine enge Zusammenarbeit zwischen Kliniker und Radiologe ist dabei Voraussetzung, da der Radiologe zwar die Beschreibung des Bildbefundes ausarbeiten kann, häufig aber nicht genügend Informationen über die Symptome des Patienten erhält, um die erhobenen Befunde im Zusammenhang diskutieren zu können (GIBBS & SIMMONS III 1998). Andererseits ist der Kliniker und Zahnarzt zu wenig vertraut mit den neuesten Techniken der MR-Bildgebung oder kann die Möglichkeiten der MR-Diagnostik zu wenig abschätzen und fühlt sich deshalb in der Beurteilung von MR-Bildern unsicher.

Literaturverzeichnis

- BARCLAY P, HOLLENDER L G, MARAVILLA K R, TRUELOVE E L: Comparison of clinical and magnetic resonance imaging diagnosis in patients with disk displacement in the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 88: 37–43 (1999)
- BEHR M, HELD P, LEIBROCK A, FELLNER C, HANDEL G: Diagnostic potential of pseudo-dynamic MRI (CINE mode) for evaluation of internal derangement of the TMJ. *Eur J Radiol* 23: 212–215 (1996)

- DRACE J E, YOUNG S W, ENZMANN D R: TMJ meniscus and bilaminar zone: MR imaging of the substructure-diagnostic landmarks and pitfalls of interpretation. *Radiology* 177: 73–76 (1990)
- EMSHOFF R, BERTRAM S, RUDISCH A, GASSNER R: The diagnostic value of ultrasonography to determine the temporomandibular joint disk position. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 84: 688–696 (1997)
- GIBBS S J, SIMMONS H C III: A protocol for magnetic resonance imaging of the temporomandibular joints. *J Craniomandib Pract* 16: 236–241 (1998)
- HAYASHI T, ITO J, KOYAMA J, HINOKI A, KOBAYASHI F, TORIKAI Y, HIRUMA Y: Detectability of anterior displacement of the articular disk in the temporomandibular joint on helical computed tomography: The value of open mouth position. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 88: 106–111 (1999)
- KAPLAN P A, TU H K, WILLIAM S M, LYDIATT D D: The normal temporomandibular joint: MR and arthrographic correlation. *Radiology* 165: 177–178 (1987)
- KATZBERG R W: Temporomandibular joint imaging. *Radiology* 170: 297–307 (1989)
- KATZBERG R W, WESTESSON P L: Diagnosis of the temporomandibular joint. Philadelphia: W.B. Saunders Co.; 1993
- MUSGRAVE M T, WESTESSON P L, TALLENTS R H, MANZIONE J V, KATZBERG R W: Improved magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint by oblique scanning planes. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 71: 525–528 (1991)
- NICKERSON J W Jr., BOERING G: Natural course of osteoarthritis as it relates to internal derangement of the temporomandibular joint. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 1: 27–45 (1989)
- ORSINI M G, KUBOKI T, TERADA S, MATSUKA Y, YAMASHITA A, CLARK G T: Diagnostic value of 4 criteria to interpret temporomandibular joint normal disk position on magnetic resonance images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 86: 489–497 (1998)
- ROBERTS C, KATZBERG R W, TALLENTS R H, ESPELAND M A, HANDELMAN S L: The clinical predictability of internal derangements of the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 71: 412–414 (1991)
- SHANNON M, PALAICOS E, VALVASSORI G E, REED C F: MR of the normal temporomandibular joint. In: PALAICOS E, VALVASSORI G E, SHANNON M, REED C F (Eds.): *Magnetic resonance of the temporomandibular joint: clinical considerations, radiography, management*. New York: Georg Thieme Verlag Stuttgart, pp. 48–62 (1996)
- SILVERSTEIN R, DUNN S, BINDER R, MAGANZINI A: MRI assessment of the normal temporomandibular joint with the use of projective geometry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 77: 523–530 (1994)
- TASAKI M M, WESTESSON P-L: Temporomandibular joint: diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging. *Radiology* 186: 723–729 (1993)
- WESTESSON P L, BRONSTEIN S L: Temporomandibular joint: comparison of single- and double-contrast arthrography. *Radiology* 164: 65–70 (1987)
- WESTESSON P-L, KATZBERG R W, TALLENTS R H, SANCHEZ-WOODWORTH R E, SVENSSON S A: CT and MR of the temporomandibular joint: comparison with autopsy specimens. *AJR Am J Roentgenol* 148: 1165–1171 (1987)
- YATANI H, SUZUKI K, KUBOKI T, MATSUKA Y, MAEKAWA K, YAMASHITA A: The validity of clinical examination for diagnosing anterior disk displacement without reduction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 85: 654–660 (1998)
- YOSHIDA H, HIROHATA H, ONIZAWA K, NIITSU M, ITAI Y: Flexure deformation of the temporomandibular joint disk in pseudodynamic magnetic resonance images. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 89: 104–111 (2000)