



Wolfgang Boisserée / Werner Schupp / Jens Bock

Bildgebung und Kiefergelenk

INDIZES

Bildgebung, Kiefergelenk, radiologische Anatomie des Kiefergelenks

ZUSAMMENFASSUNG

Innerhalb des Beitrags werden die verschiedenen bildgebenden Wiedergabeverfahren zur Diagnostik bei kranio-mandibulären Dysfunktionen übersichtsartig zusammengefasst.

Manuskripteingang: 11.10.2020, Annahme: 20.10.2020

Einleitung

Die Diagnostik von Erkrankungen des Kiefergelenkes umfasst anamnestische, klinische und radiologische Fragestellungen¹. Neben der spezifischen Anamnese zur Symptomatik von Kiefergelenkserkrankung (Schmerzen, Bewegungseinschränkungen, bisherige Behandlungen, Medikation etc.) nimmt die ausführliche klinische Untersuchung zur Okklusion, Palpation und zu den Funktionsabläufen des stomatognathen Systems eine wesentliche Rolle ein. Grundlagen bilden dabei die standardisierten Befundabläufe der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie (DGFD) oder die international validierten Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders^{2,3}. Zu den weiterführenden diagnostischen Methoden gehören neben der instrumentellen Funktionsdiagnostik auch verschiedene bildgebende Verfahren:

- OPG und spezielle Tomographieprogramme
- Dreidimensionale radiologische Verfahren (DVT, CT)
- Magnetresonanztomographie (MRT).

Im Folgenden werden die unterschiedlichen Verfahren vorgestellt, ihre Möglichkeiten und Begrenzungen diskutiert sowie deren klinischer Einsatz kritisch geprüft.

OPG und spezielle Tomographieprogramme

Die Panoramaschichtaufnahme bietet einen Überblick des Ober- und Unterkiefers, der Zähne und angrenzenden Kieferbereiche, sowie aller Strukturen der Kieferregion, der Kieferhöhle und Kiefergelenke (Abb. 1). Das OPG sollte bei orofazialen Schmerzen zur Diagnose zwingend angefertigt werden^{4,5}. Die Strahlenbelastung ist gering, die Detailtreue jedoch nicht ausreichend, um eine exakte Diagnostik im Bereich der Kiefergelenke zu ermöglichen.

So ist das OPG zur Diagnose knöcherner Veränderungen der Kondylen sowie zur Beurteilung der temporalen Anteile der Kiefergelenke nicht geeignet. Ebenso ist die Genauigkeit der Ver-



Abb. 1 Das OPG gilt als radiologisches Standardverfahren in der Zahnmedizin, erscheint aber für die spezifische Beurteilung der Kiefergelenksregion wenig geeignet^{4,6,7}.

messung der Ramus-Höhe zur Ermittlung einer Asymmetrie der Kondylen-/Ramus-Höhe unzureichend und sollte nicht zur Diagnose angewendet werden⁴. Auch konnte in verschiedenen aktuellen Untersuchungen gezeigt werden, dass Spezifität und Sensitivität auch spezieller zweidimensionaler Kiefergelenkprogramme (Abb. 2a bis d) im Vergleich zur digitalen Volumentomographie signifikant ungünstiger ausfielen^{6,7}.

Dreidimensionale radiologische Verfahren (DVT, CT)

Die digitale Volumentomographie (DVT) und die Computertomographie (CT) sind dreidimensionale, zahnärztliche bildgebende Tomographieverfahren, bei denen Röntgenstrahlen zum Einsatz kommen.

Ähnlich wie bei der Computertomographie oder der Magnetresonanztomographie ermöglicht die DVT die Erzeugung von Schnittbildern. Ein digitaler Volumentomograph besitzt eine um 180 oder 360 Grad rotierbare Röntgenröhre und einen CCD-Detektor, der die gemessene Strahlung in Bilder umwandelt. Bei der Bilderstellung rotieren Röntgenröhre und Detektor um den fixierten Patienten. Dabei wird pro Grad je ein zweidimensionales Summations-Einzelbild erstellt und aus den letztlich gewonnenen 360 Bildern ein dreidimensionales Modell errechnet. Daraus werden primär axiale Schichten erzeugt, deren Schichtstärke frei gewählt werden kann. Die Errechnung weiterer Schichtungen (beispielsweise koronal) ist ebenfalls möglich. Die metrische Analyse im DVT ist lediglich mit einem Messfehler unter 0,15 mm möglich und im Vergleich zu einer hochauflösenden CT-Aufnahmenserie kann eine gute dreidimensionale Beurteilung bei geringerer Strahlendosis vorgenommen werden.

Die Leitlinie der DGFDT aus dem Jahr 2013 betonte zwar eine eher untergeordnete Rolle radiologischer Verfahren zur Diagnostik von Kiefergelenkserkrankungen, gab aber bei Verdacht auf ossäre Veränderungen die Anfertigung eines DVT als indiziert an⁸:

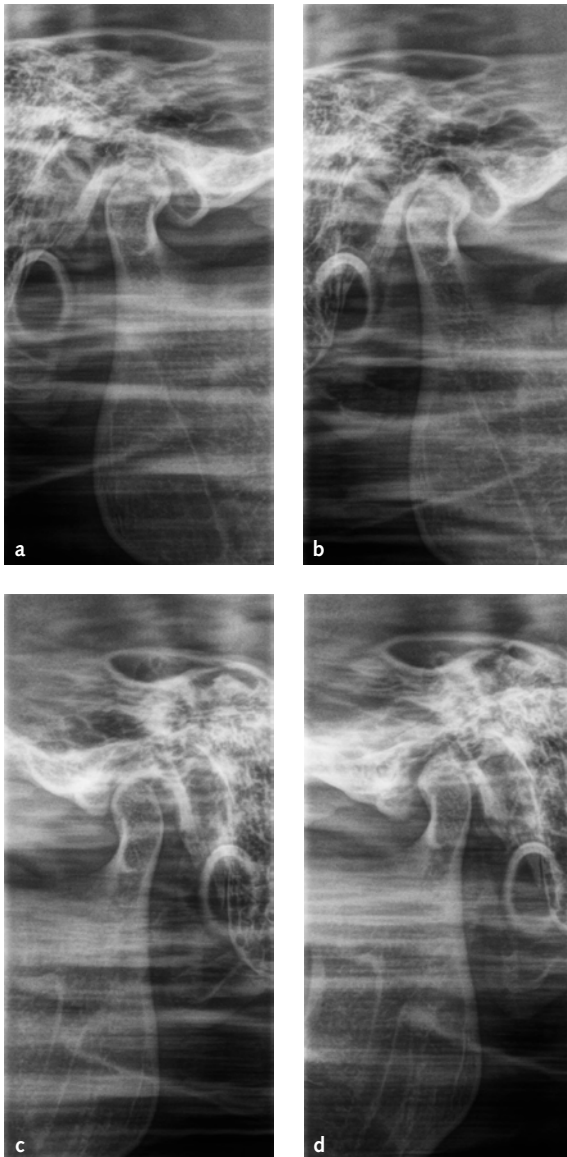


Abb. 2a bis d Zweidimensionale radiologische Darstellung beider Kiefergelenke in je zwei sagittalen Schnitten bei einer 45-jährigen Patientin (Programm P1, Orthophos SL, Fa. Sirona Dentsply, Bensheim). Eine differenzierte Auswertung ist durch die fehlende achsen-gerechte Einstellung nicht gegeben.

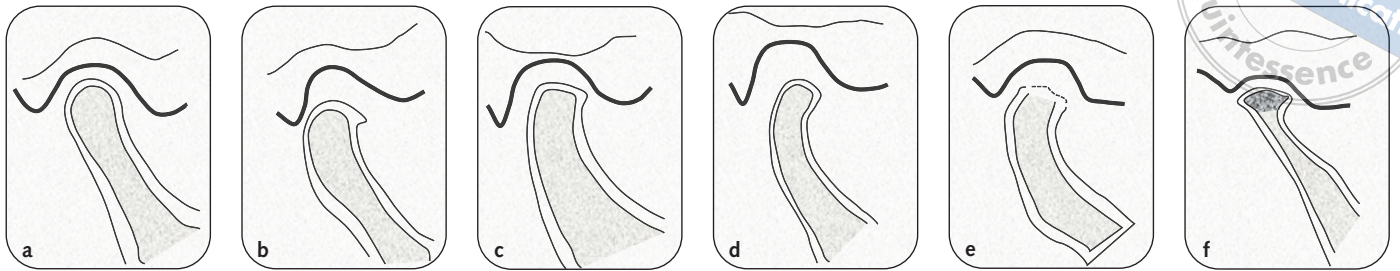


Abb. 3a bis f Anfertigung der DVT-Aufnahme in maximaler Interkuspitation. Schematisierte Sagittalschnitte und Diagnosen nach Pontual et al.⁹. Normale Relationen (a), Osteophyt (b), Abflachung (c), Sklerose (d), Erosion (e), Pseudozyste (f).

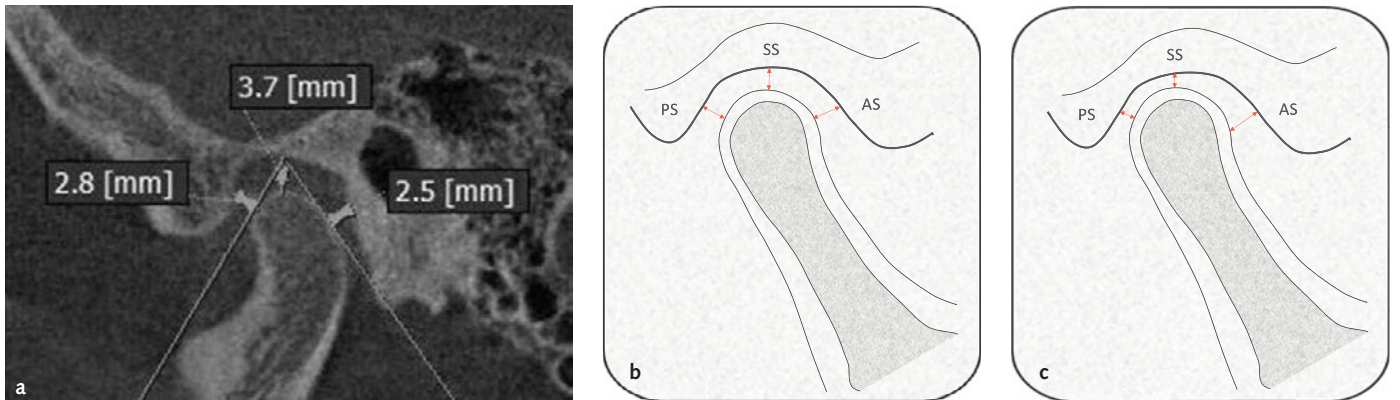


Abb. 4a bis c Zum Vergleich ist eine physiologische Kiefergelenksituation dargestellt. Der Kondylus ist mittig in der Fossa positioniert. Nach anterior und posterior besteht ein Freiraum von 2,8 mm, nach posterior 2,5 mm und nach kranial von 3,7 mm (a; Durchschnittswerte nach Schnabel et al.¹⁰). Schematisierte Durchzeichnung (b und c) eines Sagittalschnitts (DVT bei maximaler Interkuspitation). Bei im MRT nachgewiesener anteriorer Diskusverlagerung ergab sich eine signifikante Veränderung der Messwerte in Relation zu asymptotischen Kiefergelenken. Umzeichnung nach Schnabel et al.¹⁰. PS = posterior space, SS = superior space, AS = anterior space.

- Chronisch degenerative Arthritis,
- Entzündliche Arthritis (rheumatoid; juvenil idiopathisch; Psoriasisarthritis),
- Abnorme Position des Kondylus in der Gelenkpfanne,
- Frakturen und Ankylosen,
- Entwicklungsanomalien,
- Hyperplasien,
- Tumoren der Gelenkregionen.

Schulze⁸ wies außerdem darauf hin, dass die dreidimensionale Darstellung im DVT bei deutlich geringerer Strahlenbelastung eine gleichwertige Beurteilung der Kiefergelenksregion im Vergleich zur Computertomographie erlaubt. Pontual et al.⁹ klassifizierten anhand von DVT-Aufnahmen die möglichen ossären Veränderungen im Kondylusbereich (Abb. 3a bis f). Als wichtige Voraussetzung für eine gesicherte Diagnostik zeigte sich in

Tab. 1 DVT-Messwerte in Relation zu MRT-Befunden¹⁰.

	ohne Diskusverlagerung	anteriore Diskusverlagerung
posterior space in mm	2,45 + 0,63	2,05 + 0,49
superior space in mm	3,23 + 0,80	2,68 + 0,90
anterior space in mm	2,48 + 0,47	2,68 + 0,90

dieser Untersuchung die Einstellung des Patienten während der Aufnahme in maximaler Interkuspitation. Die Abbildungen 3 bis 10 zeigen sowohl die physiologischen als auch einige typische pathologische Relationen im Kiefergelenksbereich.

Neben einer kategorialen Beurteilung wurde auch die Bestimmung von DVT-Messwerten vorgeschlagen. Schnabel et al.¹⁰ stellten in einer Untersuchungsgruppe von 13 Patienten mit einer klinisch gesicherten Arthralgie (RDC-Diagnosegruppe III) drei DVT-Parameter in Korrelation zu Befunden aus dem zeitgleich angefertigten MRT (Abb. 4a bis c, Tab. 1).



Abb. 5 DVT eines physiologischen Kiefergelenks links (Picasso, Fa. Orangedental, Biberach a. d. Riß). Die Kompakta ist in der koronalen Ansicht (oben links) und in der sagittalen Ansicht (oben rechts) deutlich durchgängig und gleichmäßig dargestellt. Der kraniale Kopf des Kondylus ist in der axialen Ansicht (unten links) ebenfalls durchgängig homogen dargestellt. Gleiches gilt für die Protuberantia articularis. Die Form des Kondylus zeigt keine Abflachungen.

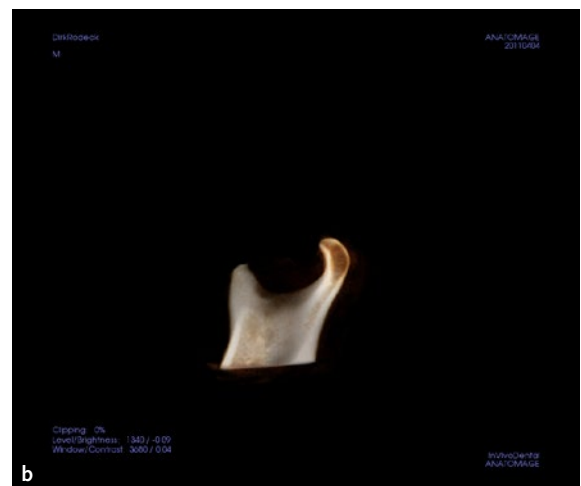
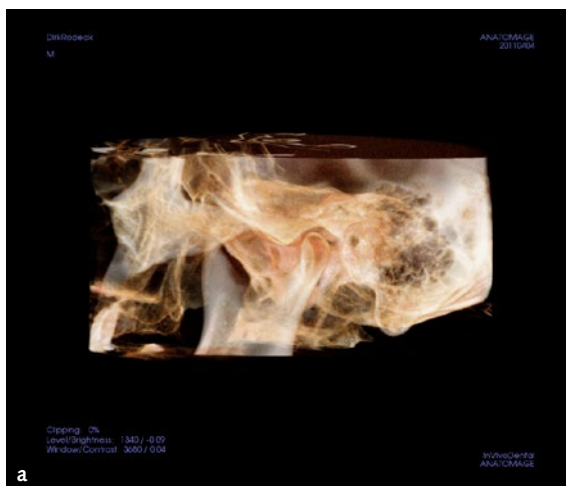


Abb. 6a und b 3-D-Darstellung desselben Kiefergelenks wie in Abbildung 4. Die Bilder wurden mit der Invivo-Software (Fa. Anatomage, Santa Clara, CA, USA) umgerechnet, welche dann ein solches plastisches Bild ergibt. Auch hier zeigt sich ein physiologisches Kiefergelenk, sowohl in der Form als auch in der Position rechts und links (a). Der mittels der Invivo-Software herausgeschnittene Ramus ascendens zeigt einen Kondylus mit korrekter Form und durchgehender, gleichmäßiger Kortikalis (b).

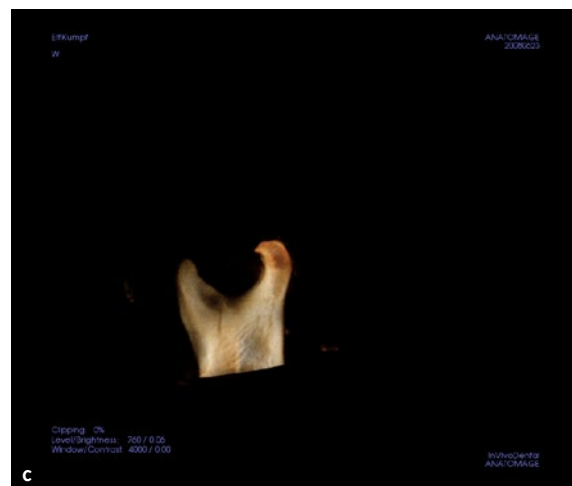
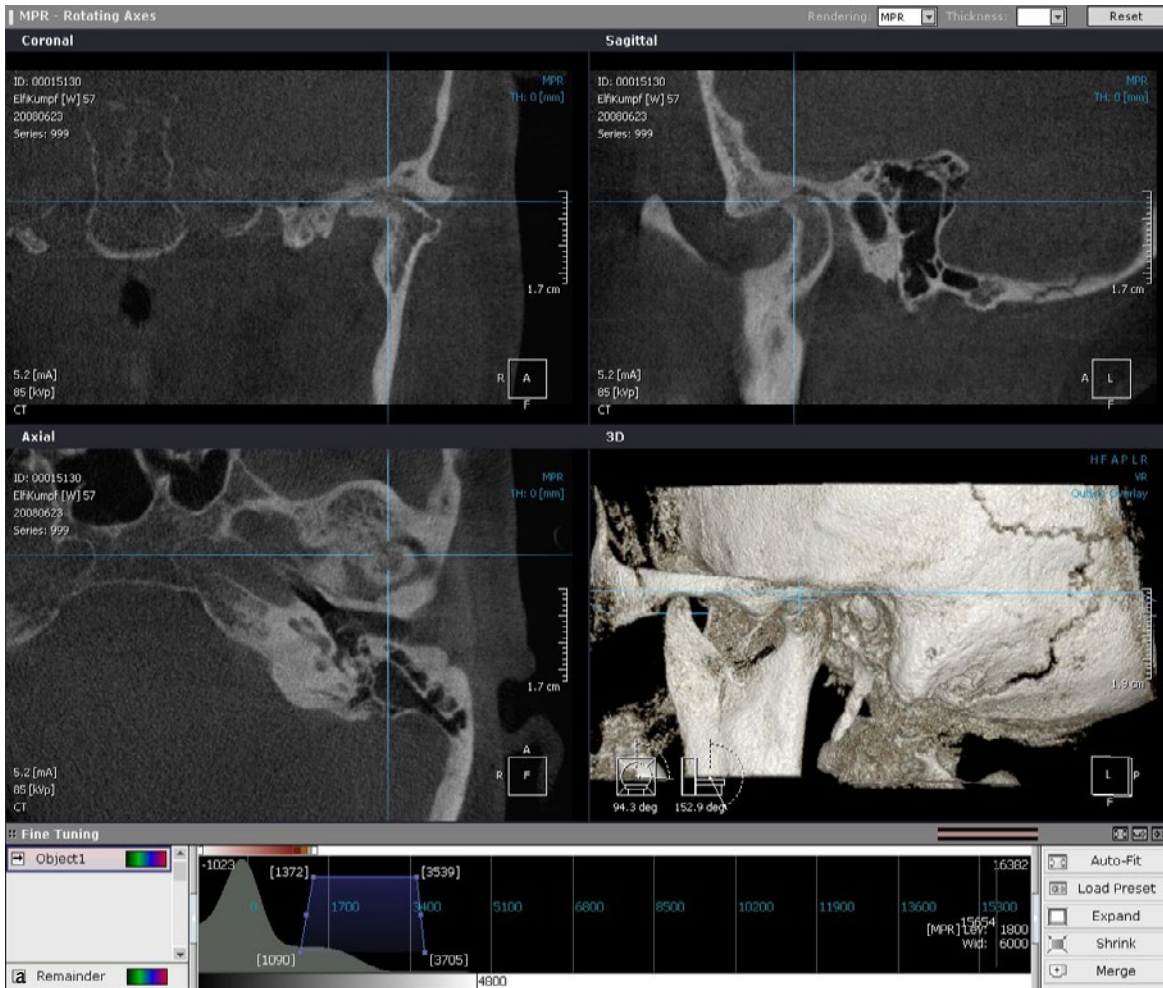


Abb. 7a bis c Osteoarthrotische Anpassungsprozesse, Remodelling. DVT (Picasso, Fa. Orangedental) eines osteoarthrotisch stark veränderten Gelenkes, bei dem ein Gelenkspalt nicht mehr dargestellt und nicht mehr vorhanden ist (koronale und sagittale Ansicht). In der Dynamik bewegt sich Knochen an Knochen, ein Discus articularis oder Anteile des Discus articularis können hier nicht mehr vorhanden sein. Auch in der Darstellung mittels Invivo-Software zeigt sich ein in der Form stark veränderter, anterior und kranial abgeflachter Kondylus (b und c).

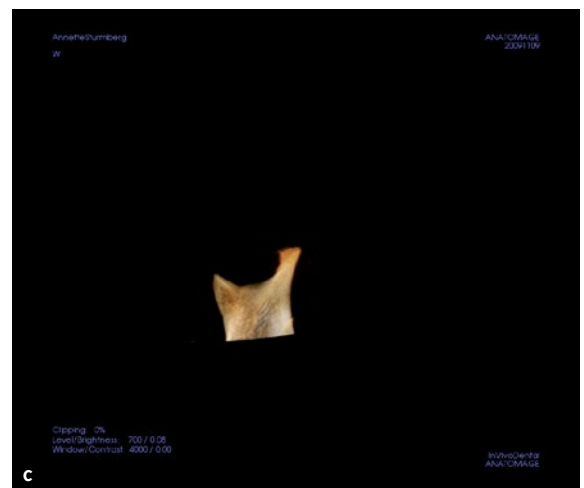
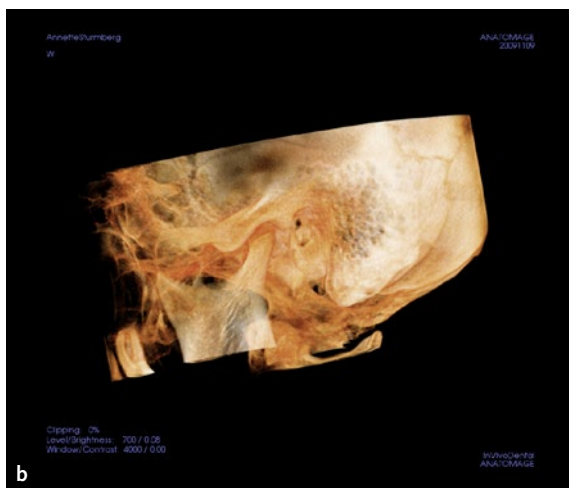


Abb. 8a bis c Bei dieser Patientin zeigt sich eine noch ausgeprägtere Osteoarthritis als in Abbildung 7 zu sehen (vor allem des Kondylus, in Anteilen auch an der Protuberantia articularis). Der Kondylus erscheint in der sagittalen Aufnahme sowie in der isolierten dreidimensionalen Darstellung mittels Invivo-Software im oberen Anteil wie abgeschnitten. (Picasso, Fa. Orangedental, 3-D-Darstellung mit Invivo, Fa. Anatomage).

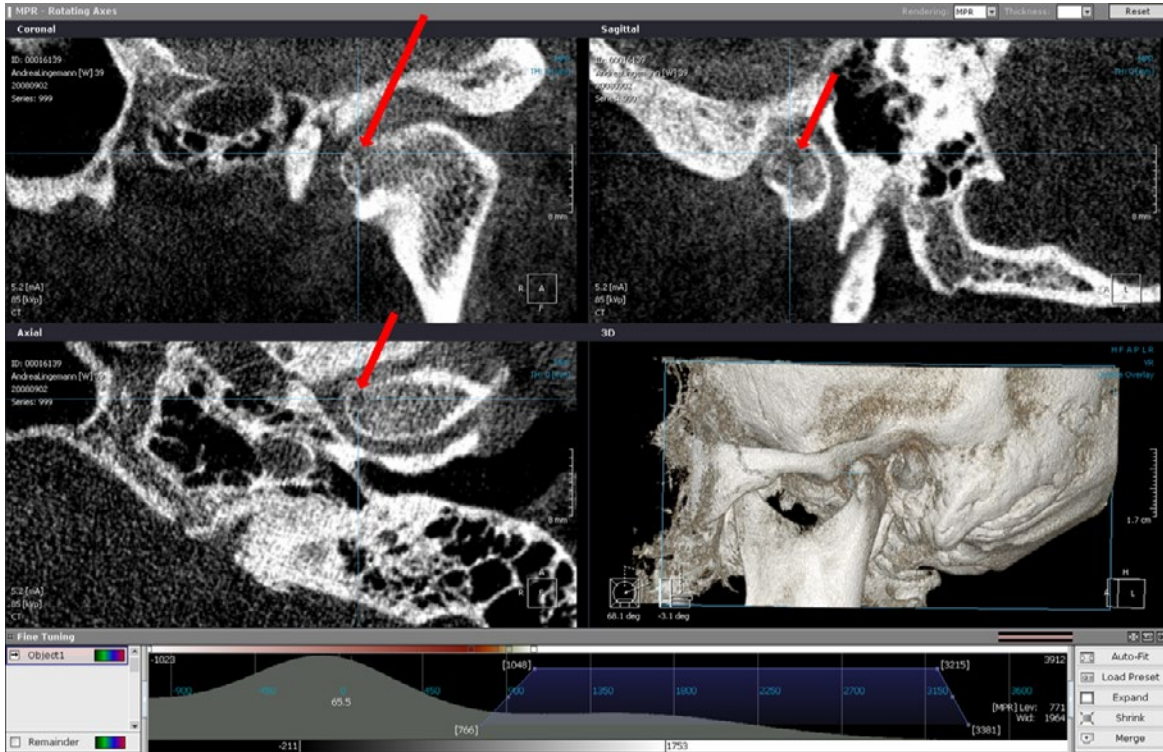


Abb. 9 Intraossäre Anpassungsprozesse. DVT des linken Kiefergelenks einer Patientin mit erheblichen, immer wiederkehrenden Schmerzen im Kiefergelenk, die mit Unterbrechungen seit Jahren bestehen. In der vergrößerten koronalen, sagittalen und axialen Ansicht sind Zysten (roter Pfeil), sogenannte „Geröllzysten“ erkennbar. Diese verursachen zum Zeitpunkt des Durchbruchs erhebliche Schmerzen (Picasso, Fa. Orangedental).

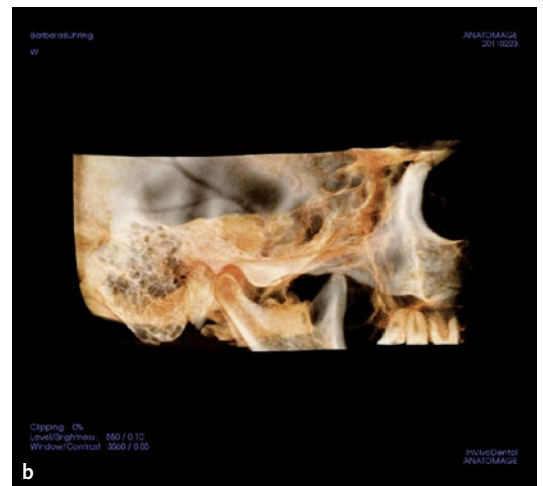
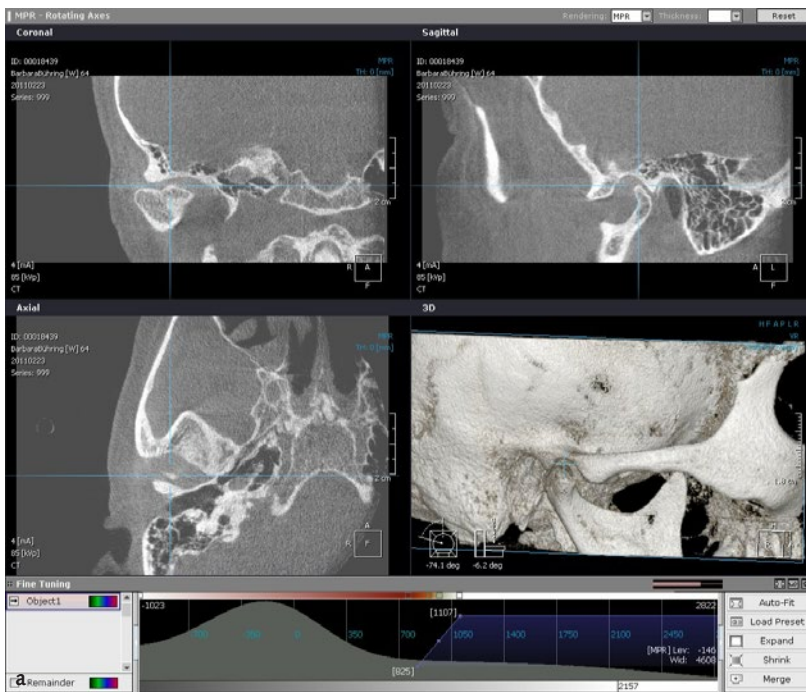


Abb. 10a und b Darstellung der Kondylenposition in habitueller Interkuspitation (HIKP) bei klinischem Verdacht und radiologischen Zeichen einer anterioren Diskusverlagerung. Das DVT in der habitueller HIKP einer Patientin mit starken ausstrahlenden Schmerzen vom Kiefergelenk rechts ausgehend, zeigt sowohl in der Originaldarstellung (sagittale Ebene [a]) als auch in der plastischen Darstellung (b) eine extreme posteriore Verlagerung des Kondylus. In der koronalen Ansicht ist eine Formveränderung im kranialen Bereich auffällig (Picasso, Fa. Orangedental, 3-D-Darstellung: Invivo, Fa. Anatomage).

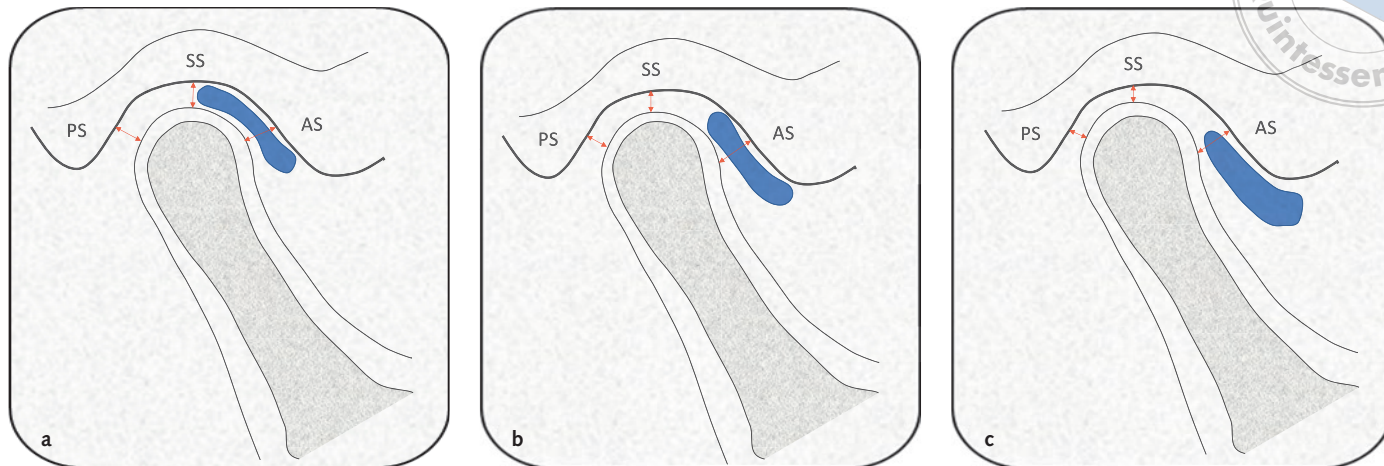


Abb. 11a bis c Schematisierte Durchzeichnung eines Sagittalschnitts (MRT bei maximaler Interkuspitation). Lage des Discus articularis: physiologisch (a), partielle anteriore Verlagerung (b), vollständige anteriore Verlagerung (c). Umzeichnung nach Bumann/Lotzmann¹⁵. PS = posterior space, SS = superior space, AS = anterior space

Die Autoren konnten nachweisen, dass bei 30 % der Patienten eine anteriore Diskusverlagerung im MRT imponierte und zusätzlich eine charakteristische Veränderung der Gelenkrelationen im DVT vorlag.

Magnetresonanztomographie

Die MRT-Aufnahme ist eine zuverlässige Methode zur Detailwiedergabe anatomischer Strukturen, die auf der Herstellung statischer und dynamischer Magnetfelder basiert. Die Magnetresonanztomographie geht dabei von der unterschiedlichen Protonendichte im Gewebe aus. Jedes Wasserstoffatom besitzt wegen seines Spins ein magnetisches Moment. Beim Abtasten mit dem Magnetresonanzabtaster befindet sich der Patient in einem äußeren Magnetfeld, sodass sich die Magnetpole der Wasserstoffprotonen parallel zum äußeren Magnetfeld ausrichten. Mit einer Senderspule wird ein Radiofrequenzimpuls an die ausgerichteten Protonen angelegt. Sie nehmen Energie auf und schwingen sich auf der Achse des Magnetfeldes ein. Nun wird der Radiofrequenzimpuls ausgeschaltet, und die Protonen geben die Energie wieder ab. Diese Radiofrequenzsignale werden vom Computer ausgewertet und ausgeplottet. Dadurch ist auch das Weichgewebe

darstellbar. Die fehlende Strahlenbelastung des Patienten und die ausgezeichnete Detailwiedergabe – besonders von Weichteilstrukturen – machen die MRT-Aufnahme zur Methode der Wahl vor allem bei Darstellungen des Kiefergelenks und den damit verbundenen Formen der Diskusverlagerung. Die Kernspintomographie der Kiefergelenke sollte mit einer hochauflösenden Kiefergelenkspule im Hochfeldmagnetsystem (1,5 Tesla) durchgeführt werden. Hierzu wird der Patient im Kernspintomographen gelagert. Es werden Untersuchungen bei geschlossenem und geöffnetem Mund durchgeführt. Die Untersuchung bei Mundöffnung erfolgt mithilfe einer entsprechenden Schiene.

Die MRT erwies sich in verschiedenen Studien als etablierte Methode zur Bewertung der weichgeweblichen Kiefergelenkstrukturen inklusive des Discus articularis in statischer und dynamischer Okklusion^{11–13}. Es konnte nachgewiesen werden, dass ohne die Anwendung ionisierender Strahlung eine gute dreidimensionale Lagebeurteilung der Kiefergelenkscheibe und eine enge Korrelation mit klinischen Befunden möglich sind¹³. Die Erfassung knöcherner Befunde mittels MRT blieb in der Aussagekraft bisher im Vergleich zu radiologischen Verfahren zurück¹⁴.

Die Abbildungen 11 bis 16 zeigen Beispiele physiologischer und pathologischer Kiefergelenke.

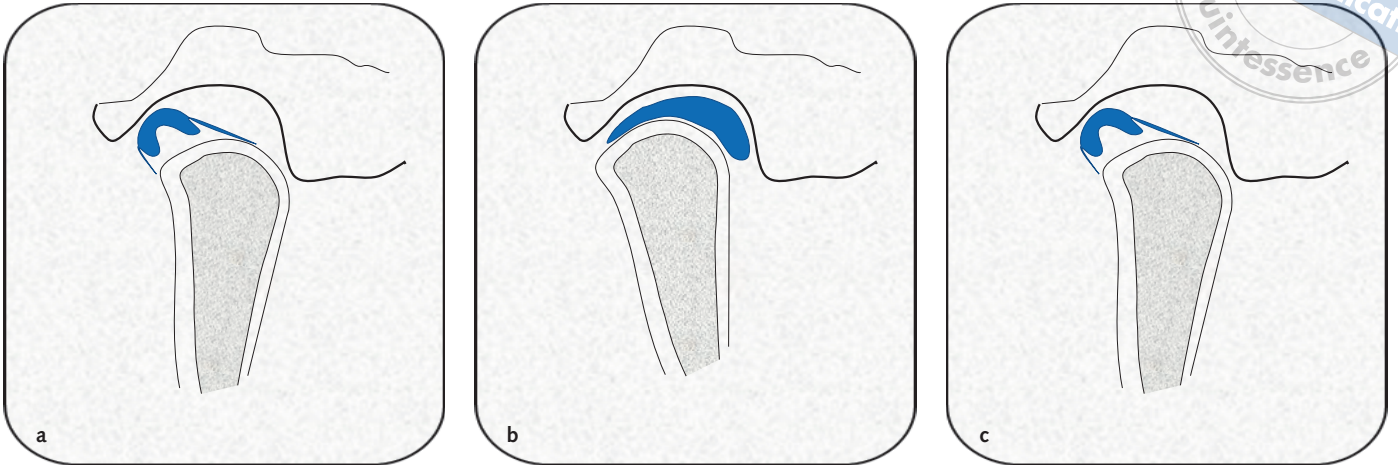


Abb. 12a bis c Schematisierte Durchzeichnung eines Schnitts parallel zur Frontalebene (MRT bei maximaler Interkuspiration). Lage des Discus articularis: physiologisch (a), laterale Verlagerung (b), mediale Verlagerung (c). Umzeichnung nach Bumann/Lotzmann¹⁵.

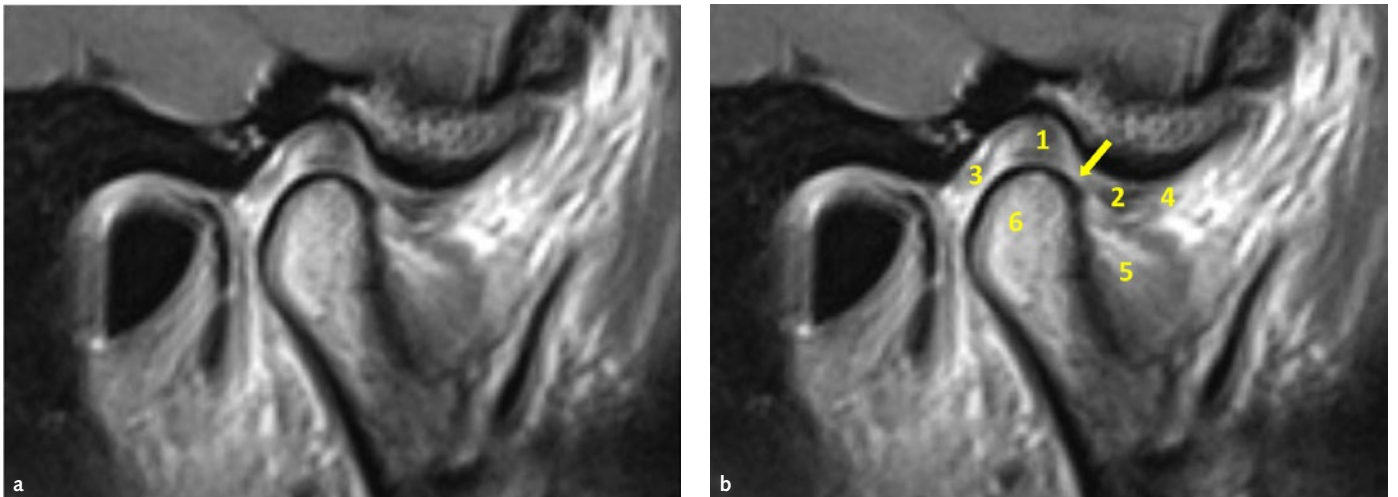


Abb. 13a und b Rechts und links die identische Abbildung eines MRI des rechten Kiefergelenkes in HIKP. Der Discus articularis ist in seiner Lage im Kiefergelenk sowie in seiner Form physiologisch und zeigt eine bikonkave Struktur. Die Pars intermedia (Pfeil) des Diskus liegt zwischen der ventrocranialen Kondylusfläche und der Protuberantia articularis in der korrekten Position. Die Pars posterior (1) ist gut ausgeprägt, ebenfalls die Pars anterior (2) und verleiht dem Diskus die Struktur eines roten Blutkörperchens. Durch die Randverdickung (Pars posterior und anterior) und die dazwischen liegende dünnere Pars intermedia ist die Lage des Diskus im Gelenkspalt mit gesichert. Deutlich dargestellt sind die bilaminäre Zone (3) und der M. pterygoideus lateralis mit Caput superius (4) und inferior (5). Der Kondylus (6) zeigt keine pathologischen Veränderungen.

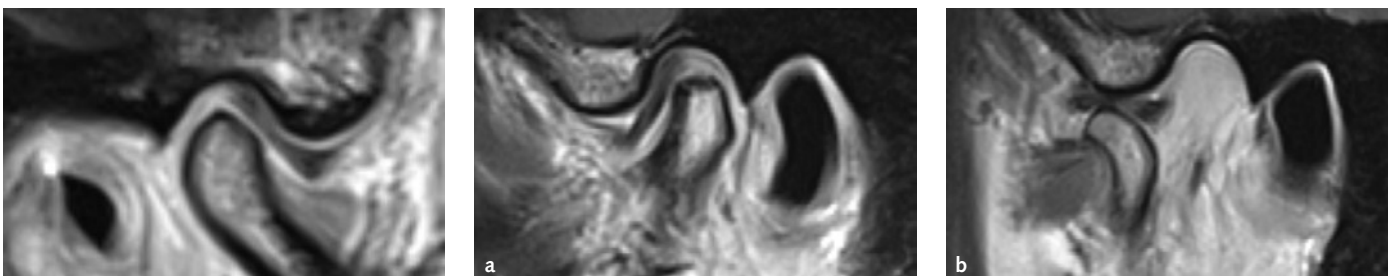


Abb. 14 MRI des rechten Kiefergelenks in HIKP. Der Discus articularis ist partiell nach anterior verlagert. Die Pars posterior ist bereits abgeflacht und im Vergleich zum Discus articularis in Abb. deutlich ausgedünnt. Eine bikonkave Struktur liegt nicht mehr vor. Der Kondylus erscheint medial / cranial deutlich abgeflacht.

Abb. 15a und b In HIKP ist der Discus articularis nach anterior verlagert. Die ausgedünnte Pars posterior liegt noch gerade im anterioren Gelenkspalt. Es besteht keine bikonkave Struktur des Discus articularis. Posterior geht der Diskus deutlich in die bilaminäre Zone über. Cranial ist der Kondylus abgeflacht (a). Bei maximaler Mundöffnung reponiert der Discus articularis komplett. Der obere und der untere Anteil der bilaminären Zone sind deutlich dargestellt und voneinander zu trennen. In dieser Position ist der Discus articularis bikonvex und die Pars posterior und Pars anterior sind deutlich dargestellt (b).

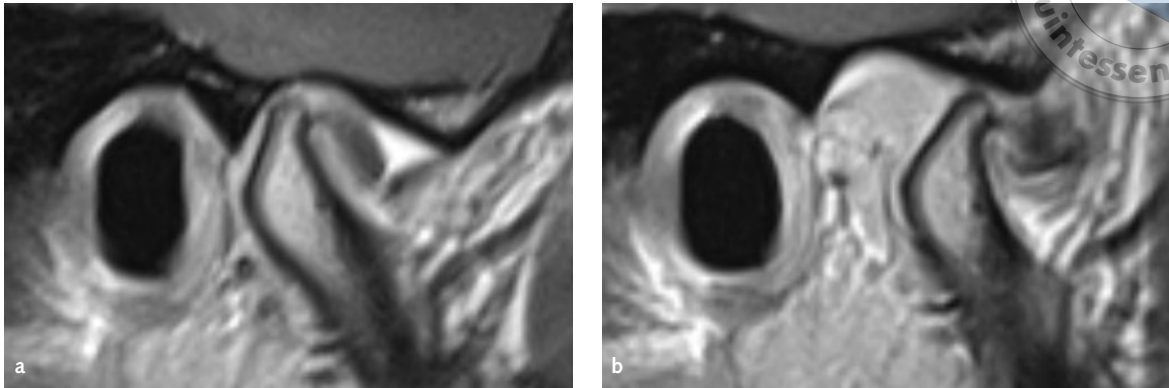


Abb. 16a und b In HIKP ist der Discus articularis komplett nach anterior verlagert und der Kondylus liegt dorsocranial. Die bilaminäre Zone ist nicht darstellbar. Der Kondylus erscheint stark verkleinert (a). Bei maximaler Mundöffnung bleibt der Discus articularis nach anterior verlagert und faltet sich anterior im Gelenkspalt auf. Eine physiologische Form des Discus articularis ist nicht mehr vorhanden (b).

Zusammenfassung

Konventionelle radiologische Verfahren zur Diagnostik im Kiefergelenksbereich erscheinen ohne differenzierte Aussagekraft. Bei einem klinischen Verdacht auf ossäre Veränderungen ist dank neuester Entwicklungen die digitale Volumentomographie der Computertomographie aufgrund der geringeren Strahlenbelastung vorzuziehen. Eine erste Studie und einzelne Patientenbeispiele weisen darauf hin, dass über eine DVT-Auswertung auch indirekt Aufschluss über die Lage des Discus articularis möglich ist. Die Magnetresonanztomographie erlaubt die dreidimensionale Beurteilung vor allem der Weichgewebe, sowohl in statischer als auch dynamischer Okklusion sowie die Lagekontrolle nach Einsetzen eines Aufbissbehelfes.

Danksagung

Die Darstellung physiologischer und pathologischer Kiefergelenke im MRT erfolgte mit freundlicher Genehmigung von M. Andersson und T. Steimel, Mediaparkklinik Köln.

Literatur

1. Boisserée W, Schupp W. Kraniomandibuläres und Muskuloskelettales System. Funktionelle Konzepte in der Zahnmedizin, Kieferorthopädie und Manualmedizin. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH. 1. Auflage 2012.
2. Ottl P, Ahlers MO, Lange M, Utz K-H, Reiber T. Untersuchungsbogen Funktionsanalyse 2012. www.dgfd.de.
3. Schierz O. Untersuchung und Diagnosebildung bei kraniomandibulären Dysfunktionen (CMD). Zahnmedizinupdate 2017;11:59–82
4. Petersson A. What you can see and cannot see in TMJ imaging – an overview to the RDC/TMD diagnostic system. J Oral Rehabil 2010;37:771–778.
5. Klenke D, Quast A, Prelog M, et al. TMJ pathomorphology in patients with JIA-radiographic parameters for early diagnosis. Head Face Med 2018;14:15–19.
6. Im YG, Lee JS, Park JI, Lim HS, Kim BG, Kim JH. Diagnostic accuracy and reliability of panoramic temporomandibular joint (TMJ) radiography to detect bony lesions in patients with TMJ osteoarthritis. J Dent Sci 2018;13:396–404.
7. Oliveira SR, Oliveira RDS, Rodrigues ED, Junqueira JLC, Panzarella FK. Accuracy of Panoramic Radiography for Degenerative Changes of the Temporomandibular Joint. J Int Soc Prev Community Dent 2020;10:96–100.
8. Schulze R. S2K-Leitlinie Dentale Digitale Volumentomographie. <https://www.dgfd.de/aktuelle-leitlinien>, aufgerufen am 5.10.2020.
9. Pontual ML, Freire JSL, Barbosa JMN, Frazza MAG, Pontual A, Fonseca da Silveira MM. Evaluation of bone changes in the temporomandibular joint using cone beam CT. Dentomaxillofac Radiol 2012;41:24–29.
10. Schnabl D, Rottler AK, Schupp W, Boisserée W, Grunert I. CBCT and MRT imaging in patients clinically diagnosed with temporomandibular joint arthralgia. Heliyon 2018; 4–10, e00641.
11. Farina D, Bodin C, Gandolfi S et al. TMJ disorders and pain: assessment by contrast enhanced MRI. Eur J Radiol 2009;70:25–30.



12. Iwasaki H, Kubo H, Harada M, Nishitani H, Ohashi Y. Temporomandibular joint and 3.0 T pseudodynamic magnetic resonance imaging. Part 2: evaluation of articular disc obscuration. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39:486–493.
13. Vogl TJ, Lauer HC, Lehnert Z. The value of MRI in patients with temporomandibular joint dysfunction: Correlation of MRI and clinical findings. *Eur J Radiol* 2016;85:714–719.
14. Al-Saleh MAQ, Alsufyani NA, Saltaji H, Jaremko JL, Major PW. MRI and CBCT image registration of temporomandibular joint: a systematic review. *J Otolaryngol Head Neck Surg* 2016;45:30.
15. Bumann A, Lotzmann U. Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. *Farbatlanten der Zahnmedizin*. Stuttgart: Thieme-Verlag, 2000.

Imaging and temporomandibular joint

KEY WORDS

diagnostic in temporomandibular disorders, radiologic anatomy of temporomandibular joint

ABSTRACT

The different diagnostic possibilities in temporomandibular disorders are presented and critically discussed.



Wolfgang Boisserée

Dr. med. dent.
Heidelweg 4
50999 Köln

Werner Schupp

Dr. med. dent.
Fachpraxis für Kieferorthopädie
Hauptstr. 50
50996 Köln (Rodenkirchen)

Jens Johannes Bock

Dr. med. dent.
Kieferorthopädische Praxis
Am Schlossgarten 1
36037 Fulda

Wolfgang Boisserée

Korrespondenzadresse:

Dr. med. dent. Wolfgang Boisserée, E-Mail: mail@dr-boisseree.de