

K. Bongartz<sup>1</sup>, G. Kinzinger<sup>2</sup>, N. Gülden<sup>3</sup>, D. Riediger<sup>4</sup>, A. Ghassemi<sup>5</sup>, M. Gerressen<sup>6</sup>

# **CMD diagnostics: manual structural analysis (MSA) and axiography versus MRI**

## **CMD-Diagnostik: Manuelle Strukturanalyse (MSA) und Axiographie vs. MRT**

- <sup>1</sup> Dr. med. dent. Kathrin Bongartz, niedergelassen in Praxis, Heinsberg
- <sup>2</sup> Prof. Dr. med. dent. Gero Kinzinger, niedergelassen in Praxis, Tönisvorst
- <sup>3</sup> Dr. med. dent. Norbert Gülden, niedergelassen in Praxis, Ratingen
- <sup>4</sup> Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dieter Riediger, Klinikdirektor der Kieferchirurgie, Universitätsklinikum Aachen
- <sup>5</sup> Dr. med. Dr. med. dent. Alireza Ghassemi, Leitender Oberarzt, Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Aachen
- <sup>6</sup> Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Marcus Gerressen, Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Aachen

- <sup>1</sup> Dr. med. dent. Kathrin Bongartz, Practicing Dentist, Heinsberg, Germany
- <sup>2</sup> Prof. Dr. med. dent. Gero Kinzinger, Practicing Dentist, Tönisvorst, Germany
- <sup>3</sup> Dr. med. dent. Norbert Gülden, Practicing Dentist, Ratingen, Germany
- <sup>4</sup> Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dieter Riediger, Clinic Director Maxillofacial Surgery, University Clinic of Aachen, Germany
- <sup>5</sup> Dr. med. Dr. med. dent. Alireza Ghassemi, Leading Chief Physician, Clinic for Oral and Maxillofacial Surgery, University Clinic of Aachen, Germany
- <sup>6</sup> Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Marcus Gerressen, Clinic for Oral and Maxillofacial Surgery, University Clinic of Aachen, Germany

### **Zusammenfassung**

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden im Zeitraum von 2003 bis 2008 insgesamt 21 Patienten untersucht, die im Universitätsklinikum der RWTH Aachen aufgrund kraniomandibulärer Beschwerden vorstellig geworden waren. Bei allen Patienten wurden durch einen funktionsdiagnostisch erfahrenen Behandler jeweils eine manuelle Strukturanalyse (MSA) und eine Axiographie durchgeführt; zusätzlich wurde bei jedem Studienteilnehmer eine MRT der Kiefergelenke angefertigt. Ziel der Untersuchung war es, die Wertigkeit der klinischen Untersuchungsverfahren MSA und Axiographie im Vergleich zur MRT zu evaluieren. Für pathologische Befunde der MSA und Axiographie wurden definierte Punktwerte für jedes Gelenk vergeben, die zu einem Gesamtpunkt看wert, dem CMD-Index, zusammengeführt wurden. Dieser CMD-Index beinhaltet sowohl eine klinisch-symptomatische

### **Abstract**

In this study, a total of 21 patients who had presented for treatment on account of craniomandibular symptoms were examined over a period lasting from 2003 until 2008 at the University Clinic of the RWTH Aachen University, Germany. Manual structural analysis (MSA) and axiography were conducted by a treatment provider experienced in functional diagnostics to record the craniomandibular situation of all patients. In addition to this, magnetic resonance imaging (MRI) of the temporomandibular joints (TMJs) was performed on each study participant. The objective of the study was to evaluate the diagnostic value of MSA and axiography in comparison to MRI. For pathological MSA and axiographical findings, defined point values were assigned to each TMJ; these were combined to form an overall point value, the craniomandibular dysfunction (CMD) index. This CMD index comprises a clinical, symptomatic evaluation

with the aid of manual structural analysis (MSA), as well as a joint function-related evaluation by means of axiography. In this study, a complete concurrence was observed between TMJs with pathological clinical findings and a high CMD index, whereby only patients with dysfunctional clinical symptoms were included in the evaluation. The question as to whether this index also enables a definition of different treatment areas must be investigated in controlled clinical studies.

**Keywords:** *craniomandibular dysfunction (CMD), temporomandibular joint, CMD index, axiography, manual structural analysis*

## Introduction

The prevalence of clinical signs and symptoms of craniomandibular dysfunction (CMD) is continually increasing in the context of everyday clinical practice<sup>1</sup>. For decades now, physicians have been investigating a wide variety of different diagnostic procedures; particularly the intricate morphology of the temporomandibular joint (TMJ) and its position at the base of the skull present a challenge above all with regard to diagnostic imaging procedures<sup>2,3</sup>.

The indication for the use of diagnostic imaging procedures should always be considered very carefully. Only when the imaging procedure can truly guarantee a diagnosis, and conclusions can be drawn with regard to adequate therapy does it make sense to use these. There is otherwise the risk of "overdiagnosis", which is burdensome and expensive for the patient<sup>4</sup>. The American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology even stipulates that magnetic resonance imaging (MRI) examinations in the case of joint-related pain or suspected disc displacement should only be performed when conservative therapeutic measures have not resulted in any improvement of symptoms<sup>5</sup>. On the other hand, thanks to the possibilities for different weighting, a wide range of indications can be seen for magnetic resonance imaging (MRI), since both functional and anatomical conditions can be evaluated<sup>6-8</sup>. However, a clinical examination must precede the MRI as the first step in the series of diagnostic procedures for CMD<sup>9</sup>.

The objective of the current study was to examine the diagnostic value of manual structural analysis (MSA) and axiography each in isolation, to combine these to form the CMD index, and define them in comparison to magnetic resonance imaging with regard to the diagnostics of craniomandibular dysfunctions.

(MSA) als auch eine gelenkfunktionsassoziierte Bewertung mittels Axiographie. In der vorliegenden Studie lag eine gänzliche Übereinstimmung zwischen klinisch auffälligen Gelenken und einem großen CMD-Index vor, wobei in die Auswertung nur Patienten mit funktionellen Beschwerden einbezogen wurden. Ob dieser Index darüber hinaus eine Definition von unterschiedlichen Therapiebereichen ermöglicht, ist in kontrollierten klinischen Studien zu untersuchen.

**Indizes:** *CMD, Kiefergelenk, CMD-Index, Axiographie, manuelle Strukturanalyse*

## Einleitung

Das Krankheitsbild der kraniomandibulären Dysfunktionen (CMD) tritt im Praxisalltag immer mehr in den Vordergrund.<sup>1</sup> Seit Jahrzehnten beschäftigen sich Mediziner mit den verschiedensten Diagnostikverfahren; dabei stellen die grazile Gestaltung und die Lage des Kiefergelenkes an der Schädelbasis vor allem für bildgebende Verfahren eine Herausforderung dar.<sup>2,3</sup>

Die Indikation für die Anwendung bildgebender Verfahren sollte immer sorgfältig überprüft werden. Nur wenn das bildgebende Verfahren eine Diagnose wirklich sichern kann und sich daraus Konsequenzen für eine adäquate Therapie ableiten lassen, ist seine Anwendung sinnvoll. Trifft dies nicht zu, besteht die Gefahr einer den Patienten belastenden, kostspieligen Überdiagnostik.<sup>4</sup> Die American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology verlangt sogar kernspintomografische Untersuchungen bei gelenkbezogenen Schmerzen oder Verdacht auf Diskusverlagerung erst dann durchzuführen, wenn konservative Behandlungsmaßnahmen zu keiner Symptomverbesserung geführt haben.<sup>5</sup> Andererseits wird für die Magnetresonanztomografie (MRT) dank der möglichen unterschiedlichen Gewichtung ein breiter Indikationsbereich gesehen, da sowohl funktionelle als auch anatomische Gegebenheiten bewertet werden können.<sup>6-8</sup> Einem MRT geht jedoch in jedem Fall die klinische Untersuchung als erster Schritt in der Diagnostikkaskade einer CMD voraus.<sup>9</sup>

Das Ziel der aktuellen Studie war es die Wertigkeit von manueller Strukturanalyse (MSA) und Axiographie, jeweils isoliert betrachtet und zum sogenannten CMD-Index zusammengefasst, im Vergleich zur Magnetresonanztomografie in der Diagnostik von kraniomandibulären Dysfunktionen zu definieren.

**Fig 1** Overview of the Cadiax® Compact unit. A: Girschbach® facebow; B: sensor flags; C: measuring styli; D: recording bow; E: (hinge) axis locators; F: bite registration tray; G: CPU with monitor (downscaled).

**Abb.1** Cadiax®-Compact-Gerät im Überblick. A: Girschbach®-Gesichtsbogen; B: Messflaggen; C: Messstyli; D: Schreibbogen; E: Achslokalisatoren; F: Registrierlöffel; G: Rechereinheit mit Display (verkleinert).



## Material und Methoden

Hierzu wurden im Zeitraum von 2003 bis 2008 insgesamt 21 Patienten, die in der Klinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums der RWTH Aachen aufgrund einer CMD-Symptomatik vorstellig geworden waren, eingehend klinisch und magnetresonanztomografisch untersucht. Die Probanden waren zwischen elf und 51 Jahren alt, drei von ihnen waren männlich und 18 weiblich.

Bei allen Patienten wurden eine manuelle Strukturanalyse gemäß Bumann und Lotzmann<sup>10</sup>, eine elektronische Axiographie sowie eine MRT-Untersuchung der Kiefergelenke durchgeführt. Dabei erfolgte die klinische Funktionsuntersuchung (Axiographie und MSA) in allen Fällen durch denselben erfahrenen Untersucher.

Die entsprechenden Befundungen wurden bei allen Untersuchungen verblindet durchgeführt, d. h. weder dem Behandler noch dem Patienten waren die Ergebnisse der anderen Diagnostikverfahren bekannt.

Die Axiographie wurde mit dem Cadiax®-Compact-System (nach Herstellerangaben kalibriert; 2001 Gamma, Klosterneuburg, Österreich) am aufrecht und entspannt im Behandlungsstuhl platzierten Patienten durchgeführt (Abb. 1). Zur Übertragung der Unterkieferbewegung auf die Axiographieeinheit wurde in allen Fällen ein parakklusaler Registrierlöffel, der mit dem Zwei-Komponenten-Hartsilikon Memoreg 2® (Heraeus Kulzer, Hanau) an der Unterkieferzahnreihe befestigt wurde, verwendet.<sup>9</sup>

Nach der Übertragung der registrierten Daten auf einen PC konnte mithilfe der Gamma-Dental-Software® eine genaue Analyse der einzelnen Gelenkbahnen durchgeführt werden, wobei sowohl die Bahnlängen als auch

## Material and methods

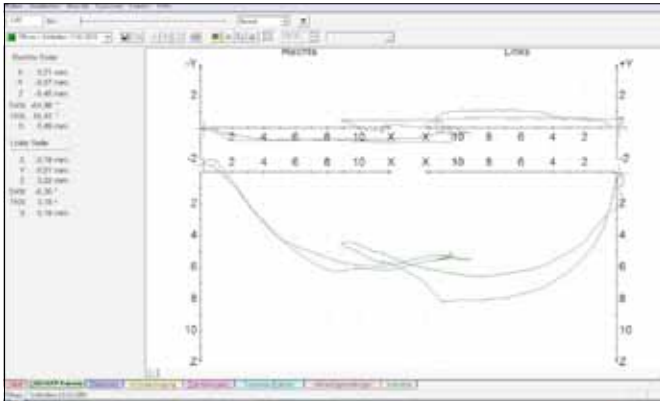
To this purpose, a total of 21 patients who had presented for treatment on account of CMD symptoms were examined over a period lasting from 2003 until 2008, and were subjected to thorough clinical and MRI examination at the University Clinic of the RWTH Aachen, Germany. The study participants were between 11 and 51 years of age, with 3 male and 18 female test subjects.

MSA, according to Bumann and Lotzmann<sup>10</sup>, computerized axiography and an MRI examination of the temporomandibular joints were carried out on all patients. The clinical functional examination (axiography and MSA) was performed in all cases by the same experienced examiner.

In all studies, the respective diagnostics were carried out blinded, ie neither the treatment provider nor the patient was aware of the results of the other diagnostic procedures.

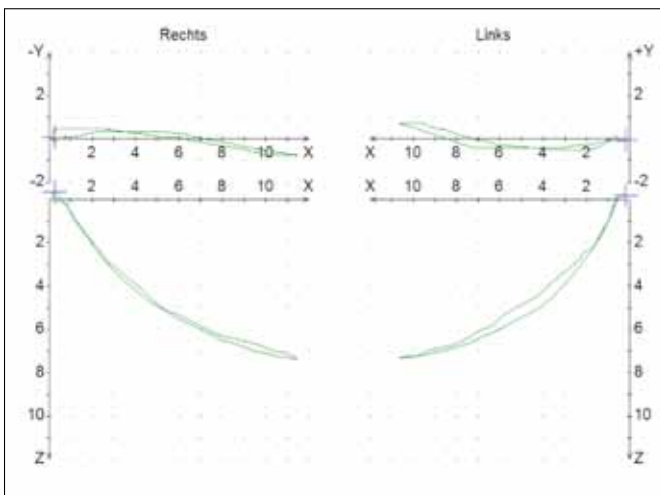
The axiography was calibrated (according to the information given by the manufacturer; 2001 Gamma, Klosterneuburg, Austria) using the Cadiax® Compact System with the patient in an upright and relaxed position on the treatment chair (Fig 1). In order to transfer the mandibular movement to the axiography unit, a para-occlusal registration tray was used in all cases; this was secured to the mandibular teeth row with the two-component hard silicone Memoreg 2® (Heraeus Kulzer, Hanau, Germany)<sup>9</sup>.

After transferring the recorded data to a computer, an exact analysis of the individual joint paths was performed with the aid of the Gamma Dental Software®, in which the length of the condylar paths, as well as the sagittal and transversal condylar inclination paths (SCI and TCI respectively) were exactly determined (Figs 2 and 3). It was



**Fig 2** Depiction of opening/closing movements with the Gamma Dental Software® for Windows. The list of values on the left of the screen show the length of the movement path (S), the sagittal condylar path inclination (SCI) and the transversal condylar path inclination (TCI) at the points marked by crosshairs.

**Abb. 2** Darstellung von „Öffnen/Schließen“ mit der Gamma-Dental-Software® für Windows. In der Werteausgabe auf der linken Seite können Bahnlänge (S), sagittale Kondylenbahnneigung (SKN) und transversale Kondylenbahnneigung (TKN) an den durch die Fadenkreuze markierten Stellen abgelesen werden.



**Fig 3** Axiographic tracing showing the physiological movement path during jaw opening/closing.

**Abb. 3** Physiologische Axiographiebahn beim Öffnen/Schließen.

likewise possible to reproduce and evaluate the movement of the TMJs in a three-dimensional simulation.

In order to be able to diagnose an anterior disc displacement with reduction (ADDR), the axiographic index according to Rammelsberg et al<sup>11</sup> was calculated for each condyle on the basis of the axiography data of the opening/closing path, in view of the fact that according to Rammelsberg, this is best suited for the detection of an ADDR, in addition to the purely metrical analysis of the condylar path. For deviations of the axiographic path, for instance in the form of an abnormal speed profile with a slight degree of unexpected, abrupt acceleration and deceleration, one point was assigned per criteria. For strong deviations on the other hand, two points were assigned per criteria. Furthermore, one point continued to be assigned for small distances between the excursive and incursive path, whereas for large distances, two points were assigned. Three points were assigned for a slight intersection of the excursive and incursive paths, and for a large intersection of the paths, even four points were assigned (Table 1). The sum of the points assigned finally resulted in the axiography index

die sagittalen (SKN) und transversalen (TKN) Kondylenbahnneigungen exakt bestimmt werden konnten (Abb. 2 und 3). Ebenfalls war es möglich, die Bewegung der Kiefergelenke in einer dreidimensionalen Simulation nachzuvollziehen und zu begutachten.

Um neben der rein metrischen Gelenkbahnanalyse auch eine anteriore Diskusvorverlagerung (ADV) mit Reposition diagnostizieren zu können, wurde der Axiographieindex nach Rammelsberg et al.<sup>11</sup> für jedes Gelenk anhand der Axiographiedaten der Öffnen-/Schließbahn berechnet, da diese gemäß Rammelsberg für die Detektion einer ADV am besten geeignet ist. Für Abweichungen der Axiographiebahn, beispielsweise in Form eines abnormen Geschwindigkeitsprofils mit unerwarteten abrupten Beschleunigungen und Abbremsungen in geringer Ausprägung, wurde ein Punkt je Kriterium vergeben. Für starke Abweichungen wurden hingegen zwei Punkte pro Kriterium vergeben. Weiterhin wurden kleine Abstände zwischen der Ex- und Inkursivbahn mit einem Punkt, große Abstände mit zwei Punkten bewertet. Bei geringfügigem Kreuzen von Ex- und Inkursivbahn wurden drei Punkte

**Table 1** Axiography index according to Rammelsberg.

Tab. 1 Axiographie-Index nach Rammelsberg.

Characteristic	Merkmal	Axiography index points Axiographie-Index-Punkte
Ideal condyle path	ideale Gelenkbahn	0
Slight deviations (per criteria)	geringe Abweichungen (je Kriterium)	1
Strong deviations (per criteria)	starke Abweichungen (je Kriterium)	2
Small distance (excursive/incursive path)	kleiner Abstand Ex-/Inkursivbahn	1
Large distance (excursive/incursive path)	großer Abstand Ex-/Inkursivbahn	2
Small intersection (excursive/incursive path)	leichtes Kreuzen Ex-/Inkursivbahn	3
Large intersection (excursive/incursive path)	starkes Kreuzen Ex-/Inkursivbahn	4

berechnet, bei starkem Kreuzen der Bahnen sogar vier Punkte (Tab. 1). Die Summe der veranschlagten Punkte ergab schließlich den Axiographieindex nach Rammelsberg. Bei Punktwerten  $\leq 3$  lag definitionsgemäß keine anteriore Diskusverlagerung mit Reposition vor. Lag der Punktwert hingegen über drei, wurde dies mit einer anterioren Diskusverlagerung mit Reposition gleichgesetzt.<sup>11</sup>

Unabhängig davon erfolgte außerdem eine Klassifizierung in physiologische und pathologische Axiographien und auf dieser Grundlage eine Einteilung in physiologische und pathologische Gelenke, wobei die Bewertung der Bahnen in allen Fällen durch denselben erfahrenen Untersucher vorgenommen wurde. Geringfügige Abweichungen der Bahnverläufe wie kleinere Zacken oder Schleifenbildungen wurden als physiologische Normvarianten gewertet.

Die MSA gemäß Bumann und Lotzmann<sup>10</sup> liefert klinische Informationen über Funktionsweise, anatomische Gegebenheiten und pathologische Veränderungen des stomatognathen Systems und wird mit einer ausführlichen Anamnese kombiniert, die unter anderem die Vulnerabilität, also die psychische Unausgeglichenheit, testet, welche oftmals Ursache für Kiefergelenkbeschwerden sein kann.<sup>12</sup> Die Ergebnisse der Untersuchung wurden in einem standardisierten Befundbogen nach einem definierten Schema schriftlich festgehalten.

Die Empfindungen der Probanden während der Untersuchung wurden mit drei Symbolen dokumentiert. So wurde zwischen anamnestisch unbekanntem Schmerz, der nur im Rahmen der Untersuchung auftrat (blaues „+“ im Befundbogen), und anamnestisch bekanntem Schmerz, der durch die manuellen Untersuchungstechniken provoziert werden konnten (rotes „+“ im Befundbogen), unterschieden. Schmerzfreie Zustände wurden als „grüner Befund“ dokumentiert (grünes „Ø“).<sup>10</sup>

according to Rammelsberg. For point values  $\leq 3$ , there was, by definition, no ADDR. If the point value, however, was over three, this was equated with an ADDR<sup>11</sup>.

Independently of this, the data were additionally classified according to physiological and pathological axiographic results, and, on the basis of this, further classified according to physiological and pathological TMJs, whereby the evaluation of the condylar paths was carried out in all cases by the same experienced examiner. Slight deviations from the routes taken by the condylar paths – shown, for instance, as small spikes or loops – were classed as physiological normal variants.

MSA according to Bumann and Lotzmann<sup>10</sup> provides clinical information with regard to the function, anatomical characteristics and pathological alterations of the stomatognathic system, and is combined with a detailed anamnesis, which, among other things, tests the vulnerability, ie the susceptibility to psychological imbalance, which can often play a part in the etiology of temporomandibular joint problems<sup>12</sup>. The results of the study were recorded in writing according to a defined system using a standardized diagnosis sheet.

The subjective sensations of the test subjects during the examination were documented using three different symbols. Thus a distinction was made between pain that was not known from the patient's case history, and which occurred only in the context of the examination (denoted by a blue plus sign „+“ on the diagnosis sheet), and pain known from the patient's case history, which was provoked by the manual examination techniques (denoted by a red plus sign „+“ on the diagnosis sheet). Pain-free states were recorded as „green findings“ (denoted by a green diameter symbol „Ø“ on the diagnosis sheet)<sup>10</sup>.

In the case of the jaw clicking noises, a distinction was made between four different groups (I–IV), which gave us

**Table 2** Evaluation scheme for pathological findings in manual functional analysis.

Pathological findings		Specification		Point value
Pain		Blue findings		1
		Red findings		2
Abnormally long paths (s) during active movements (standard values <sup>2</sup> )	Mouth opening: 53–58 mm protrusion: 9–10 mm Laterotrusion: 9–10.5 mm	hypomobility/ distance too short	50% d. N. < s ≤ 70% d. N.	1
			S ≤ 50% d. N.	2
		hypermobility/ distance too long	130% d. N. ≤ s < 150% d. N.	0.5
			S ≥ 150% d. N.	1
Abnormal condyle translation (standard <sup>2</sup> )	Mouth opening: lateral condyle pole up to the zenith of the articular eminence Protrusion: lateral condyle pole up to just before the zenith of the articular eminence	Normal length of path	hypermobility	0.5
			hypomobility	0.5
		Pathological length of path	hyper-/ hypomobility	0
Pathological end feel		In the case of passive continuation, passive compression, traction and translation		0.5
Joint clicking		Soft clicking noise		1
		Loud clicking noise		2
Pathological dynamic compression		Joint rubbing		1
		Pain		1
		Limitation		0.5

**Table 3** Evaluation criteria for the axiography score.

Condyle path	Criteria	Reference range	Deviant findings (points)
Protrusion	Length of path	10 ± 3 mm	1
	SCI 3 mm	53 ± 15 degrees	1
	Overall impression	Normal findings	0.25–1
Opening/closing	Length of path	14 ± 5 mm	1
	SCI 3 mm	53 ± 15 degrees	1
	Overall impression	Normal findings	0.25–1
Mediotrusion	Length of path	11 ± 4 mm	1
	SCI 3 mm	60 ± 15 degrees	1
	TCl max	7 ± 4 degrees	1

information on the anatomical conditions in the TMJ. A first broad categorization was made according to the point in time at which the jaw clicking sound occurred – during active mouth opening or protrusion – and served as a reference value. If the clicking could be heard during the terminal movement, it was, according to the definition, a case of group IV clicking. If the clicking occurred initially or intermediately, it belonged

Bei den Knackgeräuschen unterscheidet man vier verschiedene Gruppen (I–IV), die uns Hinweise über die anatomischen Gegebenheiten im Kiefergelenk liefern. Eine erste grobe Einteilung besteht im Zeitpunkt des Knackgeräusches bei aktiver Mundöffnung oder Protrusion und dient als Referenz. Nimmt man das Knacken während der terminalen Bewegung wahr, liegt definitionsgemäß

Tab. 2 Bewertungsschema für pathologische Befunde bei der manuellen Funktionsanalyse.

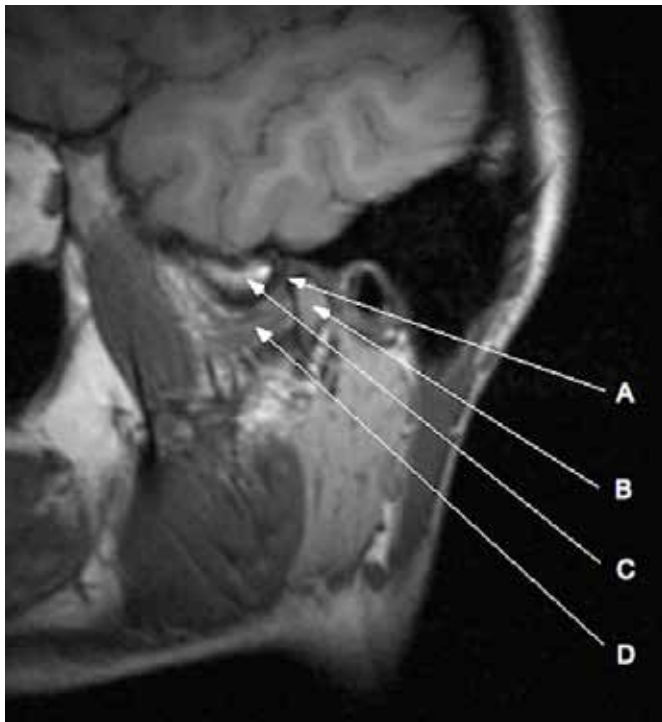
Pathologische Befunde		Spezifizierung		Punktwert
Schmerzen		blaue Befunde		1
		rote Befunde		2
abnorme Streckenlängen (s) bei aktiven Bewegungen (Normwerte <sup>2</sup> )	Mundöffnung: 53–58 mm Protrusion: 9–10 mm Laterotrusion: 9–10,5 mm	Hypomobilität/ Strecke zu kurz	50% d. N. < s ≤ 70% d. N.	1
			S ≤ 50% d. N.	2
		Hypermobilität/ Strecke zu lang	130% d. N. ≤ s < 150% d. N.	0,5
			S ≥ 150% d. N.	1
abnorme Kondylentranslation (Norm <sup>2</sup> )	Mundöffnung: laterale Kondylenpole bis zum Zenit der Eminentia articularis Protrusion: laterale Kondylenpole bis kurz vor Zenit der Eminentia articularis	normale Streckenlängen	Hypermobilität	0,5
			Hypomobilität	0,5
		pathologische Streckenlängen	Hyper-/ Hypomobilität	0
pathologisches Endgefühl		bei pass. Weiterführung, pass. Kompression, Traktion + Translation		0,5
Gelenkknacken		leises Knackgeräusch		1
		lautes Knackgeräusch		2
pathologische dynamische Kompression		Gelenkreiben		1
		Schmerzen		1
		Limitation		0,5

Tab. 3 Bewertungskriterien für den Axiographie-Score.

Gelenkbahn	Kriterien	Referenzbereich	abweichende Befunde (Punkte)
Protrusion	Bahnlänge	10 ± 3 mm	1
	SKN 3 mm	53 ± 15°	1
	Gesamteindruck	regelrecht	0,25–1
Öffnen/Schließen	Bahnlänge	14 ± 5 mm	1
	SKN 3 mm	53 ± 15°	1
	Gesamteindruck	regelrecht	0,25–1
Mediotrusion	Bahnlänge	11 ± 4 mm	1
	SKN 3 mm	60 ± 15°	1
	TKN max	7 ± 4°	1

ein Gruppe-IV-Knacken vor. Ist das Knacken initial oder intermediär vorhanden, gehört es zu den Gruppen I, II oder III. Zur weiteren Differenzierung wird eine dynamische Kompression bei Exkursivbewegung durchgeführt. Wird das Knackgeräusch dabei leiser, handelt es sich um ein Gruppe-I-Knacken. Ist es lauter und etwas später, liegt ein Gruppe-II-Knacken und ist es lauter und etwa an der

to group I, II or III. For the purpose of further differentiation, a dynamic compression was performed during an excursive movement. If the clicking noise became less audible, this was a group I jaw clicking. If the clicking was louder, and occurred slightly later, it was a case of group II clicking, and if it was louder, and approximately at the same position as during active movement, this was a case of group III clicking.<sup>10</sup>



**Fig 4** MRI in the closed-mouth position with T1 weighting and physiological disc position. A: articular disc; B: mandibular head (condyle); C: articular eminence; D: lateral pterygoid muscle.

**Abb. 4** MRT bei geschlossenem Mund in T1-Gewichtung mit physiologischer Diskusposition. A: Discus articularis; B: Caput (Condylus) mandibulae; C: Tuberculum articulare; D: M. pterygoideus lateralis.

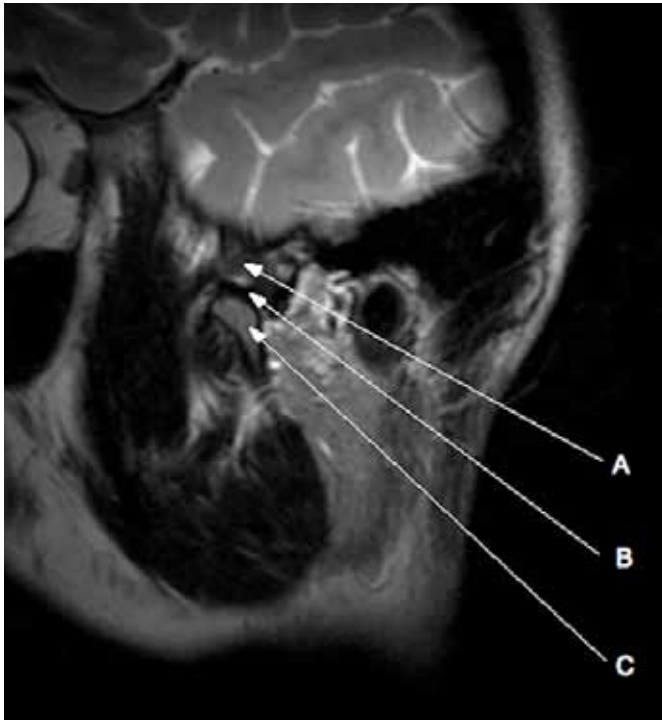
For the calculation and evaluation of the clinical examination procedures, the so-called Craniomandibular Dysfunction index (CMD index) (which corresponds to the Myoarthropathy Index [MAP-Index] according to Gerressen<sup>13</sup>) was determined, which in turn was composed of the MSA score and the axiography score. In the MSA score, all pathological findings from the manual structure analysis were evaluated according to a defined evaluation system (Table 2), while the axiography score took into account specific measured values of the axiography data in the form of corresponding values expressed as points (Table 3). The CMD index thus includes a clinical/symptomatic component (tendentially subjective) and a functional component (tendentially objective). In order to better assess the result and determine areas of treatment, three different states of the TMJ were defined on the basis of the point scores according to Gerressen et al<sup>13</sup>. A point score of 0 to 4 points was equated with physiological conditions. TMJs with point scores of 5 to 9 points, on the other hand, corresponded to a

gleichen Stelle wie bei der aktiven Bewegung, liegt ein Gruppe-III-Knacken vor.<sup>10</sup>

Zur Aus- und Bewertung der klinischen Untersuchungsverfahren wurde dann der sogenannte Craniomandibuläre Dysfunktions-Index (welcher dem Myoarthropathie-Index [MAP-Index] nach Gerressen entspricht)<sup>13</sup> bestimmt, der sich wiederum aus dem MSA-Score und dem Axiographie-Score zusammensetzt. In den MSA-Score fließen dabei alle pathologischen Befunde der manuellen Strukturanalyse nach einem definierten Bewertungsschema ein (Tab. 2), während der Axiographie-Score spezifische Kennwerte der Axiographiedaten in Form entsprechender Punktwerte berücksichtigt (Tab. 3). Der CMD-Index enthält somit eine klinisch-symptomatische Komponente (tendenzial subjektiv) und eine funktionelle Komponente (tendenzial objektiv). Um das Ergebnis besser einschätzen und Therapiebereiche festlegen zu können, wurden auf der Grundlage der Punktwerte von Gerressen et al. drei Zustandsformen des Kiefergelenks definiert.<sup>13</sup> Ein Punkte-Score von 0 bis 4 Punkten wurde mit physiologischen Verhältnissen gleichgesetzt. Kiefergelenke mit einem Wert von 5 bis 9 Punkten hingegen entsprachen dem Zustand einer kompensierten/latenten CMD, während Kiefergelenke mit einem CMD-Index höher als 9 eine manifeste CMD aufwiesen. Allgemein wurden Kiefergelenke mit einem CMD-Index  $\geq 5$  als pathologisch klassifiziert. Bei einer manifesten CMD (nach Gerressen) ist definitionsgemäß eine weitere Therapie in jedem Fall erforderlich, während die kompensierte Form auch ein expektatives Vorgehen zulässt.

Um auf der anderen Seite auch eine morphologische Beurteilung der Kiefergelenke zu ermöglichen, wurden bei allen Patienten Magnetresonanztomogramme der Kiefergelenkregion in sagittaler und koronarer Schichtung mit einem Philips Gyroscan NT Compact Plus, 1,5 Tesla (Philips, Hamburg) angefertigt. Die MRT-Untersuchungen wurden in jeweils zwei beziehungsweise drei verschiedenen Kiefergelenkpositionen durchgeführt. Die erste zeigt die Kiefergelenke bei habitueller Okklusion in T1-Gewichtung (Abb. 4), wobei die Patienten dazu angehalten wurden, die Zahnreihen während der Untersuchung fest zusammenzupressen. Die zweite Aufnahme wurde bei maximaler Mundöffnung in T2-Gewichtung (Abb. 5) unter Zuhilfenahme eines Beißeils erstellt und die letzte fakultative Aufnahme in therapeutischer Unterkieferposition mit einem zuvor angefertigten Registrat aus Wachs in T1-Gewichtung. In der Sagittalebene wurde jedes Kiefergelenk in drei Schichten dargestellt (lateral, zentral, medial), während in der Koronarebene die Schichtung parallel zur jeweiligen Kondylarachse ausgerichtet





**Fig 5** Physiological MRI with T2 weighting of the TMJ in the open-mouth position. A: articular eminence; B: articular disc; C: mandibular head (condyle).

**Abb. 5** Physiologisches MRT des Kiefergelenks bei Mundöffnung in T2-Gewichtung. A: Tuberculum articulare; B: Discus articularis; C: Caput (Condylus) mandibulae.



**Fig 6** MRI with T1 weighting of the TMJ on the sagittal plane with visible anterior disc displacement. A: bilaminar zone; B: mandibular head (condyle); C: articular disc.

**Abb. 6** MRT des Kiefergelenks in der Sagittalebene in T1-Gewichtung mit deutlicher Diskusvorverlagerung. A: Bilaminäre Zone; B: Caput (Condylus) mandibulae; C: Discus articularis.

wurde mit Schichtdicken von 3–6 mm. Die MRT-Untersuchung diente uns beim weiteren Vergleich der Methoden als morphologische Referenz.

Neben einer deskriptiven Datenanalyse wurden Sensitivität und Spezifität für den Axiographieindex nach Rammelsberg (Diskusverlagerung mit Reposition) und für die MSA hinsichtlich der Diagnostik einer Diskusverlagerung (mit oder ohne Reposition) berechnet, wobei die tatsächlich richtige Diagnose jeweils anhand des MRT (Referenzmethode) ermittelt wurde.

## Ergebnisse

Die Auswertungsalgorithmen der manuellen Strukturanalyse erbrachten, nach Differenzierung entweder eines „zurückfedernden Endgefühls“ oder der Knackgeräusche-Gruppen IV und II, bei zwölf Kiefergelenken eine Diskusverlagerung mit Reposition.

state of compensated/latent CMD, while TMJs with a CMD index of above 9 were indicative of manifest CMD. TMJs with a CMD index  $\geq 5$  were generally classified as pathological. In the case of manifest CMD (according to Gerressen), further treatment is required in every case by definition, while the compensated form also permits expectant management („watchful waiting“).

On the other hand, in order to also permit a morphological assessment of the TMJs, MRI imaging of the TMJ region of all patients was performed in sagittal and coronal sections with a Philips Gyroscan NT Compact Plus, 1.5 Tesla (Philips, Hamburg, Germany). The MRI examinations were each performed in two or three different TMJ positions. The first is a T1 weighed image of the TMJ in habitual occlusion (Fig 4); the patients were requested to press the teeth rows together firmly during the examination. The second image with T2 weighting was generated under maximum mouth opening (Fig 5) with the aid of a bite fork, and the final, optional T1 weighted image is in therapeutic mandibular position with a

wax bite record, which had been taken beforehand. On the sagittal plane, each temporomandibular joint was depicted in three layers (lateral, central and medial), while on the coronal plane the section images with thicknesses of 3 to 6 mm were aligned parallel to the respective condylar axis. The MRI examination served as a morphological reference in the further comparison of the different methods.

In addition to a descriptive data analysis, the sensitivity and specificity were calculated for the axiography index according to Rammelsberg (disc displacement with reduction) and for the MSA with regard to the diagnostics of a disc displacement (with or without reduction); the actual correct diagnosis was determined on the basis of the MRI examination (reference method).

## Results

The evaluation algorithms of the manual structural analysis, after differentiation of either a springy "end feel" or the clicking noise groups IV and II, resulted in the diagnosis of a disc displacement with reduction in the case of 12 TMJs.

On the basis of the axiographic findings, 35 joints (83.3%) were considered to be pathological, and 7 (16.7%) as physiological. As characteristics relevant for differential diagnosis, particularly shortened condylar paths, noticeably flat or steep condylar path inclinations as well as the intersection and large distances of the incursion and excursion paths, were also taken into account in the evaluations. It became evident that in the case of 20 patients, both TMJs were identical, ie they were classed either as physiological or as pathological.

Out of the 21 TMJs diagnosed with disc displacement by means of an MRI scan (Fig 6), 18 TMJs (85.7%) were found to have pathological, and 3 TMJs (14.3 %) to have physiological condylar paths in the axiography. In the MRI examination, five patients were diagnosed with a unilateral disc displacement. In the case of four of these patients, the contralateral – and presumably healthy – TMJ was shown in the axiography to be pathological.

For the axiography index according to Rammelsberg for the diagnosis of a disc displacement with reduction, a sensitivity of 0.8 and a specificity of 0.41 were determined on the basis of the available data; the MRI served as a reference method (see above).

With regard to the diagnostics of disc displacements with or without reduction, MSA was found to have a sensitivity of 0.58 and a specificity of 0.53 – again with regard to the presumed correct MRI diagnosis. Ultimately, the CMD index was indicative of a manifest CMD in the case of 21

Auf der Grundlage des axiographischen Befundes wurden 35 Gelenke (83,3 %) als pathologisch und sieben (16,7 %) als physiologisch beurteilt. Als differentialdiagnostische Merkmale gingen insbesondere Bahnverkürzungen, deutlich flache oder steile Gelenkbahnneigungen sowie Kreuzen und große Abstände der In- und Exkursionsbahnen in die Bewertung ein. Hierbei war auffällig, dass bei 20 Patienten beide Kiefergelenke gleich, d. h. entweder als physiologisch oder als pathologisch eingestuft wurden.

Von den 21 Kiefergelenken, bei denen in der MRT eine Diskusverlagerung diagnostiziert wurde (Abb. 6), besaßen 18 Kiefergelenke (85,7 %) pathologische und drei Kiefergelenke (14,3 %) physiologische Axiographiebahnen. Bei fünf Patienten wurde anhand der MRT eine einseitige Diskusverlagerung diagnostiziert. Bei vier dieser Patienten fiel das kontralaterale, vermeintlich gesunde Gelenk in der Axiographie pathologisch auf.

Für den Axiographieindex nach Rammelsberg zur Diagnose einer Diskusverlagerung mit Reposition konnten auf der Grundlage der vorliegenden Daten eine Sensitivität von 0,8 und eine Spezifität von 0,41 berechnet werden, wobei die MRT als Referenz diente (siehe oben).

Für die MSA ergaben sich bezüglich der Diagnostik von Diskusverlagerungen mit oder ohne Reposition eine Sensitivität von 0,58 und eine Spezifität von 0,53 – wiederum auf die vermeintlich richtige Diagnose im MRT bezogen. Schließlich sprach der CMD-Index bei 21 Gelenken für eine manifeste, in sieben Fällen für eine kompensierte CMD gemäß Gerressen. Keines der Gelenke mit klinischen Schmerzempfindungen wurde nach Auswertung des CMD-Indexes als physiologisch eingestuft. Auf der anderen Seite wurden allerdings elf der 28 Gelenke, die in der MSA durch Schmerzen auffielen, im MRT als physiologisch beurteilt. Schließlich zeigten sechs der sieben Gelenke mit einer kompensierten CMD nach Gerressen keine Schmerzempfindungen, wohingegen sich nur eines der Gelenke, bei denen eine manifeste CMD nach Gerressen vorlag, klinisch schmerzfrei darstellte.

## Diskussion

Unsere Ergebnisse bestätigen, dass die Axiographie alleine keine eindeutige Diagnosestellung ermöglicht; in der Literatur werden Stellenwert und Möglichkeiten der Axiographie kontrovers diskutiert.<sup>14–16</sup> In der vorliegenden Untersuchung fällt die Spezifität des Axiographieindex nach Rammelsberg<sup>11</sup> für eine Diskusverlagerung mit Reposition mit 0,41 so niedrig aus, dass eine beträchtliche Zahl Gesunder als krank fehlklassifiziert wird. Es ist dabei

jedoch zu berücksichtigen, dass in der Originalmethode eine individuelle Festlegung der Scharnierachse erfolgte (kinematische Scharnierachsbestimmung), was mit dem hier verwendeten Cadiax-Compact nicht möglich war. Die wahre Scharnierachse des Patienten muss nicht zwangsläufig mit der hier verwendeten arbiträren Achse übereinstimmen, wodurch es bei rotierenden Bewegungen im Gelenk zu Abweichungen vom wahren Bahnverlauf kommen kann. Dadurch wären etwaige Ergebnisverschiebungen bei Anwendung eines anderen Axiographiesystems mit kinematischer Scharnierachsbestimmung möglich. Es darf aus unserer Sicht allerdings bezweifelt werden, dass die Verwendung eines derartigen Systems grundlegend andere Resultate hervorgebracht hätte.

Darüber hinaus ist es bemerkenswert, dass bei immerhin 20 Patienten die axiographische Beurteilung beider Gelenke übereinstimmte, was verdeutlicht, wie stark sich in der Axiographie ipsi- und kontralaterales Gelenk wechselseitig beeinflussen. Daher ist eine alleine auf der Grundlage der Axiographie gestellte Diagnose als höchst fragwürdig einzustufen. So wurde in der vorliegenden Studie bei fünf Patienten, ausgehend vom MRT-Befund, eine einseitige Diskusverlagerung nachgewiesen. Bei vier dieser Patienten wurden die Axiographiebahnen der jeweils kontralateralen Gelenke, die im MRT durchweg physiologisch erschienen, als pathologisch beurteilt. Es ist also davon auszugehen, dass die Axiographiebahnen dieser Gelenke aufgrund der funktionellen Abhängigkeit von der erkrankten Gegenseite derart verändert waren, dass eine Gelenkpathologie vorgetäuscht wurde, die tatsächlich nicht vorlag. Dieser Sachverhalt wird auch durch eine Untersuchung von Rammelsberg bestätigt, der bei 66 % der Patienten mit einseitiger Diskusvorverlagerung axiographische Abweichungen im kontralateralen gesunden Gelenk feststellte.<sup>11</sup>

Mithilfe der manuellen Strukturanalyse, die als eine Art Screeningmethode die Untersuchung aller Strukturen des stomatognathen Systems ermöglicht, können eine Vielzahl unterschiedlicher Befunde erfasst werden. Insbesondere sind funktionelle Störungen und Schmerzempfindungen mit oder ohne morphologischem Korrelat gut detektierbar. Nachteilig ist, dass man in einem hohen Maße auf die Compliance des Patienten angewiesen ist und gerade die Schmerzwahrnehmung inter-, aber auch intraindividuellen Unterschieden unterliegt und damit immer sehr subjektiv eingefärbt ist. Kiefergelenkknacken ist ein im Rahmen der MSA häufig auftretender Befund. Bei 30 % der untersuchten Probanden stellten Pullinger et al.<sup>17</sup> ein Gelenkknacken fest. Die auf der Grundlage der MSA nach Differenzierung der Knackgeräusche oder durch Vorliegen eines zurückfedernden Endgefühls gestellte Diagnose

TMJs, and in 7 cases of a compensated CMD according to Gerressen. None of the TMJs with clinical pain sensations were classed as physiological after the evaluation of the CMD index. On the other hand, however, 11 of the 28 joints that the MSA revealed as painful were classed as physiological in the MRI examination. Finally, six of the seven joints with a compensated CMD according to Gerressen showed no pain sensations, whereas only one of the joints found to have a manifest CMD according to Gerressen was clinically pain-free.

## Discussion

Our results confirm that axiography alone does not permit a clear-cut diagnosis; the diagnostic value and possibilities of axiography are topics of controversial discussion in literature<sup>14–16</sup>. In this study, the specificity of the axiography index according to Rammelsberg<sup>11</sup> for a disc displacement with reduction is so low at 0.41 that a considerable number of healthy subjects are falsely classified as suffering from joint disorders. However, it should be taken into consideration that in the original method, an individual determination of the hinge axis took place (kinematic hinge axis determination), which was not possible with the Cadiax Compact system used here. The true hinge axis of the patient must not necessarily correspond to the arbitrary axis used here, which can result in deviations from the true path of movement during rotating movements in the TMJ. This could lead to the possibility of shifts of results under the use of another axiography system with kinematic hinge axis determination. In our view, however, it can be seen as doubtful whether the use of such a system would have brought fundamentally different results.

Furthermore, it is interesting to note that in the case of as many as 20 patients, the axiographic assessment of both joints matched, which shows to what great extent the ipsilateral and the contralateral joint mutually influence one another in the axiography. For this reason, a diagnosis made solely on the basis of the axiography must be regarded as highly questionable. Thus, in this study, 5 patients were diagnosed with a unilateral disc displacement on the basis of the MRI findings. With 4 of these patients, the movement paths of the respective contralateral joints, which had, without exception, appeared physiological in the MRI examination, were classed on the basis of the axiography as pathological. It must, therefore, be assumed that the representation of the movement paths of these joints in the axiography, on account of the functional dependence on the diseased contralateral side, were altered to such an

extent that this imitated a joint pathology that did not, in fact, exist. This circumstance is also confirmed by a study by Rammelsberg, who, in the case of 66% of the patients with a unilateral disc displacement, diagnosed axiographic deviations in the healthy contralateral jaw<sup>11</sup>.

With the aid of manual structural analysis, which, as a type of screening method, permits the examination of all structures of the stomatognathic system, enables a wide range of different diagnoses to be made. Particularly, functional disorders and sensations of pain can be well detected with or without a morphological correlate. The disadvantage is that one is dependent to a high degree on the compliance of the patient, and especially pain perception is subject to not only interindividual, but also intraindividual differences, and is, therefore, always of a highly subjective nature. TMJ clicking is a frequent diagnosis in the context of MSA. Pullinger et al<sup>17</sup> diagnosed jaw clicking in the case of 30% of the test subjects examined.

The diagnosis made on the basis of MSA after differentiation of the clicking sounds, or identified on the basis of a springy „end feel“ was made in the case of 12 TMJs. Definitive verification of this diagnosis can be obtained only through a direct depiction of the articular disc by means of an exploratory operation of the joint. In the context of avoiding this invasive procedure, MRI is considered as the gold standard for the diagnosis of disc displacement<sup>18</sup>, which is the reason why the sensitivity and specificity of both the MSA and the axiography index according to Rammelsberg were determined with reference to the diagnosis of a disc displacement via MRI<sup>21</sup>. Disc displacements were determined on the basis of MRI, 7 of which were also identified through manual structure analysis. A sensitivity of the MSA of 0.58 with reference to the diagnosis „disc displacement“ means that 58% of disc displacements are also recognized as such. The specificity of 0.53 signifies that somewhat more than half of the healthy TMJs are in fact evaluated as healthy by means of MSA. On the other hand, despite negative findings in the MSA, a disc displacement cannot be ruled out, and nearly half of all healthy joints were wrongly diagnosed as pathological.

All magnetic resonance imaging findings were evaluated by two experienced examiners. The depiction of 10 of the 42 TMJs showed medium to slight inaccuracies, such as movement artefacts, which made accurate diagnosis more difficult. Furthermore, it should be borne in mind that even despite the excellent imaging of the jaw region afforded by MRI imaging, it is not possible to distinguish „painful jaws“ from „pain-free jaws“<sup>5</sup>. In this study, 11 TMJs were evaluated as physiological despite MSA findings indicative of pain. This suggests that with MRI imaging, a diagnosis

einer Diskusverlagerung zeigte sich bei zwölf Kiefergelenken. Eine definitive Verifizierung dieser Diagnose kann dabei nur eine direkte Darstellung des Diskus im Rahmen einer operativen Exploration des Gelenks leisten. Unter Umgehung dieses invasiven Vorgehens gilt das MRT als Goldstandard zur Diagnose einer Diskusverlagerung<sup>18</sup>, weswegen die Sensitivität und Spezifität sowohl der MSA als auch des Axiographieindex nach Rammelsberg bezogen auf die Diagnose einer Diskusverlagerung im MRT bestimmt wurde.<sup>21</sup> Diskusverlagerungen wurden anhand der MRT festgestellt, von denen sieben auch in der manuellen Strukturanalyse erkannt wurden. Eine Sensitivität der MSA von 0,58 bezogen auf die Diagnose „Diskusverlagerung“ bedeutet, dass 58 % der Diskusverlagerungen auch als solche erkannt wurden. Die Spezifität von 0,53 sagt aus, dass etwas mehr als die Hälfte der gesunden Kiefergelenke durch die MSA auch als gesund bewertet wurden. Andererseits ist trotz negativen Befundes in der MSA eine Diskusverlagerung nicht auszuschließen und nahezu der Hälfte aller gesunden Gelenke wurde fälschlicherweise ein pathologischer Befund zugeschrieben.

Alle MRTs wurden von zwei erfahrenen Untersuchern befundet. Dabei wiesen die Darstellungen bei zehn der 42 Kiefergelenken mittlere bis leichte Ungenauigkeiten wie Bewegungsartefakte auf, wodurch eine eindeutige Diagnosestellung erschwert wurde. Des Weiteren gilt zu beachten, dass es trotz noch so guter bildlicher Darstellung der Gelenkregion anhand von MRT-Aufnahmen nicht möglich ist, „schmerzhafte Gelenke“ von „nicht schmerzhaften Gelenken“ zu unterscheiden.<sup>5</sup> In der vorliegenden Studie wurden elf Kiefergelenke im MRT trotz Schmerzbefunden bei der MSA als physiologisch beurteilt. Dies ist ein Indiz dafür, dass mithilfe des MRTs erst dann eine Diagnose gesichert werden kann, wenn bereits eine strukturelle beziehungsweise morphologische Veränderung der anatomischen Hardware eingetreten ist. Dies kann bedeuten, dass die pathologischen Veränderungen mitunter bereits relativ weit fortgeschritten sind.

Nachteilig sind die hohen Kosten und die lange Untersuchungszeit, die vor allem von Patienten mit starken Schmerzen oder einer Klaustrophobie nur schlecht toleriert wird.

In diesem Zusammenhang ist in Erinnerung zu rufen, dass Schmerzen im Kiefergelenk auch ohne den Nachweis einer Diskusverlagerung auftreten können, genau wie eine asymptomatische Diskusverlagerung existieren kann.<sup>19</sup> Schmerzen der Kiefergelenkregion und funktionelle Einschränkungen lassen sich dabei am besten klinisch detektieren. In diesem Zusammenhang bietet der aus den MSA- und Axiographiebefunden generierte CMD-Index

den unserer Meinung nach großen Vorteil, dass er sowohl eine klinisch-symptomatische (MSA) als auch eine objektivierbare gelenkfunktionsassoziierte Bewertung (Axiographie) beinhaltet und darüber hinaus unterschiedliche Stufen zum therapeutischen Vorgehen vorgibt (siehe oben).<sup>28</sup> Kiefergelenke wurden in der MSA durch Schmerzsenationen auffällig, von denen anhand des CMD-Indexes 21 (75 %) als manifeste CMD nach Gerressen und sieben (25 %) als kompensierte CMD nach Gerressen bewertet wurden. Demnach wurde keines der Gelenke mit Schmerzsenation als physiologisch eingestuft. Umgekehrt ist es jedoch auch möglich, dass die anderen bei der MSA und Axiographie ermittelten Funktionsparameter ohne das Vorhandensein von Schmerz zur Diagnose einer kompensierten (sechs Gelenke) oder manifesten (ein Fall) CMD (nach Gerressen) führen.

Schließlich ist zu beachten, dass nur Patienten mit CMD-typischen Beschwerden in die Untersuchung aufgenommen wurden und demzufolge bei der Interpretation der Daten ein Selektionsbias zu berücksichtigen ist. Auf der anderen Seite wurden die Studienteilnehmer aus der Vielzahl von Patienten, die sich mit entsprechender Symptomatik in unserer Klinik vorgestellt hatten, randomisiert und ohne jegliche Auswahlkriterien in die Untersuchung eingeschlossen.

## Schlussfolgerung

Schlussfolgernd lässt sich aufgrund unserer Studienergebnisse sagen, dass eine MRT in vielen Fällen erst dann indiziert ist, wenn die Kombination aus MSA und Axiographie keine eindeutige Diagnose liefert beziehungsweise die aufgrund der MSA und Axiographie eingeleitete konservative Therapie zu keiner Besserung der Symptomatik geführt hat.

Die MRT stellt unter den bildgebenden Verfahren den Goldstandard dar. Subjektive Empfindungen des Patienten und minimale anatomische Veränderungen kann sie nicht detektiert und stößt hier an ihre Grenzen. Genau darin kann der Vorteil der MSA gesehen werden, die Axiographie und CMD-Index kombiniert, und somit ein relativ weites Spektrum unterschiedlicher Diagnosen liefert sowie eventuell auch Therapiebereiche definieren kann, was allerdings in kontrollierten klinischen Studien noch zu bestätigen ist.

Schließlich eignet sich die Axiographie als objektivierbare und damit reproduzierbare Untersuchungsmethode zur Verlaufskontrolle; zur Differentialdiagnostik ist sie jedoch nur eingeschränkt geeignet.

can be made with certainty only when a structural or morphological alteration of the anatomical „hardware“ has already taken place. This can mean that by the time they are discovered, the pathological alterations may have already progressed to a relatively advanced degree.

Disadvantages that are poorly tolerated are the high costs and long duration of the examination, especially by patients suffering from severe pain or claustrophobia.

In this context it should be borne in mind that pain in the TMJ can also occur even without proof of disc displacement, just as an asymptomatic disc displacement can exist<sup>19</sup>. Pain of the jaw region and functional limitations can best be clinically detected. In this context, the CMD index generated from the MSA and axiography findings offers in our opinion the great advantage that it comprises both a clinical/symptomatic evaluation (MSA) and an objectifiable joint function-related evaluation (axiography), and furthermore indicates various therapeutic steps (see above)<sup>28</sup>. Findings with regard to TMJ pain sensations were obtained as a result of MSA; on the basis of the CMD index, 21 (75%) of these cases were evaluated as manifest CMD according to Gerressen, and 7 (25%) as compensated CMD according to Gerressen.

Accordingly, none of the joints with pain sensation were classified as physiological. Conversely, it is also possible, however, that the other functional parameters determined by MSA and axiography lead to the diagnosis of a compensated CMD (6 joints) or a manifest CMD (one case) according to Gerressen without the presence of pain.

Finally, it should be taken into account that only patients with symptoms characteristic of CMD were admitted to the study, and that consequently, a selection bias should be taken into account in the interpretation of the data. On the other hand, the study participants were randomized from the large numbers of patients who had presented in our clinic with corresponding symptoms, and included in the study without selection criteria of any kind.

## Conclusion

In conclusion, it can be said that on the basis of our study results that in many cases an MRI scan is to be recommended only when the combination of MSA and axiography does not lead to a clear diagnosis, or if the conservative therapy initiated on the basis of MSA and axiography has not led to any improvement of symptoms.

MRI represents the gold standard among imaging procedures. It cannot detect subjective sensations on the part of the patient and minimal anatomical changes, and reaches its

limits at this point. And this is precisely where the advantage of MSA comes into play; this combines axiography and the CMD index, and hence offers a relatively wide range of different diagnoses and can possibly also define potential areas of treatment, which, however, still remains to be confirmed in controlled clinical studies.

Ultimately, axiography is suitable as an objectifiable, and hence reproducible examination method for checking the further course in follow-up examinations; for the purpose of differential diagnostics, however, it is only suitable to a limited degree.

## References

1. Dodic S. Prevalence of craniomandibular dysfunction signs and symptoms in students of the school of stomatology in Belgrade. *Srp Arh Celok Lek* 2004;132:294–301.
2. Kaplan PA, Helms CA. Current status of temporomandibular joint imaging for the diagnosis of internal derangements. *Am J Roentgenol* 1989;152:697–705.
3. Kress B, Schmitter M. Temporomandibulargelenk: MRT-Diagnostik. *Radiologe* 2005;45:790–796.
4. Larheim TA. Current trends in temporomandibular joint imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio Endodontol* 1995;80:555–576.
5. Brooks SL, Brand JW, Gibbs SJ, Hollender L, Lurie AG, Omnell KA, Westersson PL, White SC. Imaging of the temporomandibular joint: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radio Endodontol* 1997;83:609–618.
6. Kolk A, Neff A, Schieferstein H, Sader R, Horch HH. Metrischer Vergleich der kondylären Bewegung in Kernspintomographie, Ultraschall und Axiographie, München, TU, Klinik u. Poliklinik für Mand- Kiefer- Gesichtschirurgie, AGF Bad Homburg 24./25.11.2000.
7. Beer A, Kolk A, Neff A, Hof N, Treumann T, Rummeny EJ. Cine MRI of the Temporomandibular Joint in Comparison to Static MRI and Axiography. *Fortschr Röntgenstr* 2004;176:506–512.
8. Vogl TJ, Abolmaali N. Magnetresonanztomographie des Temporomandibulargelenkes: Untersuchungstechnik, Ergebnisse, Indikationsstellung. *Fortschr Röntgenstr* 2001;173:969–979.
9. Ahlers MO, Jakstat HA. Computer-aided examination reports in clinical functional analysis of TMD. *Int J Comput Dent* 2010;13:121–139.
10. Bumann A, Lotzmann U. *Farbatlant der Zahnmedizin: Funktionsdiagnostik and Therapieprinzipien*. Band 12. 1. Auflage. Stuttgart: Thieme, 2000.
11. Rammelsberg P, Pospiech P, May HC, Gernet W. Evaluation of diagnostic criteria from computerized axiography to detect internal derangements of the TMJ. *Cranio* 1996;14:286–295.
12. Nilges P. Weiterführende Anamnese aus psychologischer Sicht. *Atlas der zahnärztlichen Funktionsdiagnostik*, 3. Aufl. München: Hanser 1996, 99-103.
13. Gerressen M, Zadeh MD, Stockbrink G, Riediger D, Ghassemi A. The functional long-term results after bilateral sagittal split osteotomy (BSSO) with and without condylar positioning device. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:1624–1630.
14. Tymofiyeva O, Proff P, Richter EJ, Jakob P, Fanghanel J, Gedrange T, Rottner K. Correlation of MRT imaging with real-time axiography of TMJ-Clicks. *Ann Anat* 2007;189:356–361.
15. Piancino MG, Roberi L, Frongia G, Reverdito M, Slavicek R, Bracco P. Computerized axiography in TMF patients before and after therapy with 'function generating bites'. *J Oral Rehabil* 2008;35:88–94.
16. Rozenzweig G. Comparative evaluation of two means of investigating craniomandibular dysfunction: axiography and magnetic resonance imaging. *Rev Orthop Dento Faciale* 1991;25:205–213.
17. Pullinger AG, Seligman DA, Solberg WK. Temporomandibular disorders. Part I: Functional status, dentomorphologic features, and sex differences in a nonpatient population. *J Prosthet Dent* 1988;59:228–235.
18. Larheim TA, Westesson P, Sano T. Temporomandibular joint disk displacement: comparison in asymptomatic volunteers and patients. *Radiology* 2001;218:428–432.
19. Haley DP, Schiffman EL, Lindgren BR, Anderson Q, Andreasen K. The relationship between clinical and MRI findings in patients with unilateral temporomandibular joint pain. *J Am Dent Assoc* 2001;132:476–481.

### Address/Adresse

Dr. Kathrin Bongartz  
Am Hellenkamp 21  
52525 Heinsberg  
Germany  
Tel: +49-0178-2658355  
E-Mail: kathrinbongartz@gmx.de