



## Kraniomandibuläre Dysfunktionen und deren periphere Folgen

Schupp, Werner

### Zusammenfassung

Der vorliegende Beitrag über die Dysfunktionen des Kiefergelenks geht näher auf die Fernfolgen einer kraniomandibulären Dysfunktion (CMD) ein. Er verweist auf die Literatur, die sich mit den Zusammenhängen zwischen kraniomandibulärem und kraniovertebralem System und darüber hinaus mit anderen Strukturen sowie Schmerzphänomenen beschäftigt. Darüber hinaus wird ein Einblick in die osteopathische Literatur zu Dysfunktionen des Kiefergelenks gegeben.

### Kraniomandibuläre Dysfunktion und orthopädische Befunde

Die Okklusion dominiert durch das Höckerfurchenrelief die Stellung der Mandibula zum Schädel. Damit ist auch der Einfluss zum gesamten dorsalen und ventralen muskulären Halteapparat offensichtlich. Fehlstellungen der Mandibula können also mitverantwortlich für Probleme im Halte- und Bewegungssystem sein [42]. Lewit konstatiert in seinem Lehrbuch: „Das Temporomandibulargelenk ist zwar ein peripheres Gelenk; klinisch wirkt sich seine Störung jedoch wie ein Kopfgelenk aus.“ Nach seiner Meinung ist die Vernachlässigung des Kiefergelenks und der Kaumuskulatur mit dem Mundboden eine der häufigsten Ursachen therapeutischer Fehlschläge bei Kopf- und Gesichtsschmerzen sowie Schwindel [26]. Lotzmann et. al. kommen in einer Studie zu dem Ergebnis, dass bei Patienten mit der vom Neurologen gestellten Diagnose „Trigeminusneuralgie“ in bis zu 50% der Fälle Okklusionsstörungen die eigentliche Ursache der neuralgiformen Symptomatik waren [31]. Graber untersuchte den psychischen Einfluss bei der Ätiologie der kraniomandibulären Dysfunktion (CMD). Er zeigte, dass seelische Stressoren wie der Tod des Ehepartners oder naher Familienangehöriger, eigene Krankheit oder Behinderung sowie Arbeitslosigkeit und Pensionierungsentscheidende Verstärkungsfaktoren dysfunktionsbedingter Erkrankungen des kraniomandibulären Systems (CMS) sein können [13]. Lotzmann belegte in einer experimentellen orthopädisch ausgerichteten Studie, dass die Kopfhaltung durch okklusale Eingriffe verändert wird [30].

Den Zusammenhang des CMS und der Wirbelsäule untersuchten Fink et al. [11] an 20 Probanden, die keine CMD aufwiesen. Um eine Störung der Okklusion hervorzurufen, wurde im Bereich der Prämolare eine 0,9 mm starke Zinnfolie bilateraleingelegt und die Testpersonen aufgefordert, auf diese Provokation zu beißen. Bei der Untersuchung fand sich bei 16 Probanden ein Vorlaufphänomen positiv, bei 14 Probanden war der Spine-Test positiv.

Der Derbolowski-Test war während der Testphase bei 15 Probanden positiv. Die Unterschiede waren statistisch signifikant. Die Autoren ziehen daraus die Schlussfolgerung, dass eine Störung der Okklusion nicht nur isoliert das kraniomandibuläre System beeinflusst, sondern auch Auswirkung weit darüber hinaus besitzt. Die wesentliche Bedeutung dieses Zusammenhanges könnte ein pathogenetischer Einfluss von kraniomandibulären Störungen auf die Wirbelsäule sein. Deshalb erscheint es den Autoren sinnvoll, eine Beurteilung der HWS, der LWS und der Beckenregion in die Untersuchung von Patienten mit CMD aufzunehmen und umgekehrt auch das kraniomandibuläre System bei Patienten mit Nacken- und Rückenschmerzen zu untersuchen [11]. Plato u. Kopp [39] fanden in ihrer Untersuchung bei 85% der Patienten mit Schmerzen im Bereich des Nackens und bei 50% der Patienten mit tiefem Kreuzschmerz Dysfunktionen im CMS. Alle chronischen Schmerzpatienten mit den Diagnosen „atypischer Gesichtsschmerz“ und „chronischer Kopfschmerz“ wiesen Dysfunktionen im Bereich der Okklusion und der Kiefergelenke auf. Kopp u. Plato [21] untersuchten die Änderung der dreidimensionalen Lage des Unterkiefers durch Atlasimpulstherapie und kommen in ihrer Studie zu dem Fazit, dass die Atlasimpulstherapie nach Arlen die dreidimensionale Lage des Unterkiefers relativ zum Oberkiefer in allen Fällen verändert. Kopp et al. [23] untersuchten die Beeinflussung des funktionellen Bewegungsraumes von Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule durch Aufbissbehelfe mit dem Bewegungsaufzeichnungs- und Bewegungsanalysesystem sonoSens®. In dieser Pilotstudie konnte objektiv die eindeutige positive Beeinflussung einer kraniozervikalen Dysfunktion durch die Therapie im kraniomandibulären System mithilfe von Aufbissbehelfen nachgewiesen werden. Gresham u. Smithells [14] untersuchten 61 Kinder mit vermehrter Lordose der Halswirbelsäule und fanden damit verbunden ein Long-Face-Syndrom und eine Angle-Klasse II (Unterkiefernücklage) im Vergleich zur Kontrollgruppe. Mertensmeier u. Diedrich [34] entdeckten bei einem frontal offenen Biss und einer vergrößerten sagittalen Stufe (Unterkiefernücklage) eine Atlasfehllage.

Mit der kieferorthopädischen Therapie ergab sich eine statistisch signifikante Aufrichtung des Dens axis bei den Distalbispatienten (Unterkieferrücklage). Die Autoren heben hervor, dass ein wichtiger Aspekt dabei die Umstellung von der Mund- zur Nasenatmung und die damit zu erwartende Neuorientierung der Kopfhaltung, Halswirbelstellung und Muskulatur ist. Nicht zu verifizieren war die von Balters angenommene gerade bis kyphotische Stellung der Halswirbelsäule bei Klasse-III-Fällen (Progenie). Rocabado [41] fand in seiner Untersuchung eine Korrelation zwischen einer Angle-Klasse-II (Unterkieferrücklage) und der anterioren Kopfhaltung von 70%. Kritsineli u. Shim [25] zeigten eine Korrelation zwischen anteriorer Kopfhaltung und kranio-mandibulärer Dysfunktion bei Kindern im Wechselgebissstadium auf. Solow u. Siersbak-Nielsen [44] fanden eine Reduktion des Kraniozervikalwinkels bei einer anterioren Rotation des Unterkiefers und eine Zunahme des Kraniozervikalwinkels bei einer posterioren Rotation des Unterkiefers. Huggare et al. [17] stellten in ihrer Untersuchung einen deutlichen Zusammenhang zwischen einer Skoliose und einem lateralen Kreuzbiss fest. Pirttiniemi et al. [38] entdeckten eine Korrelation zwischen muskulär bedingtem Tortikollis und einem Kreuzbiss. Nicolakis et al. [35] fanden einen signifikant vergrößerten Schulterblattabstand von der Mittellinie mit einem kontralateralen Hypertonus des M. masseter und Beckenhochstand mit einem ipsilateralen Hypertonus des M. masseter vergesellschaftet. Festa et al. [10] erhöhten einseitig die Okklusion mit Komposite bei Ratten. Eine Woche später stellte sich eine Deviation der Wirbelsäule ein. Danach wurde die Gegenseite mit Komposite auf gleichen vertikalen Abstand ebenso erhöht. Hierdurch kam es zu einem Ausgleich der durch die einseitige Erhöhung ausgelösten Deviation. Poikela et al. [40] verminderten die Okklusion einseitig in der vertikalen Dimension durch Beschleifen der Zähne von Kaninchen. Im Vergleich zur Kontrollgruppe ergab sich dadurch eine Position der Fossa glenoidalis mehr anterior und inferior.

Pirttiniemi [37] zieht die Schlussfolgerung, dass eine okklusale Disharmonie ein Grund für die Entwicklung einer kraniofazialen Asymmetrie sein kann. Nach Kraus [24] kann eine falsche Relation des Unterkiefers zum Oberkiefer zu einer falschen Stellung der Kopfgelenke führen.

Weiterberichtet er den Zusammenhang zu Fehlstellungen der Wirbelsäule, des Beckens und des Schultergürtels. Hierbei können Symptome in Mund, Ohr, Gesicht, Brust- und Bauchhöhle auftreten. Kobayashi u. Hansson [20] erhöhten bei gesunden Probanden die Okklusion an einem Zahnumo, 1 mm und fanden daraufhin schmerzhafte Kaumuskulatur, Kiefergelenkknacken, verlängerte Apnoephasen im Schlaf und signifikant erhöhte Adrenalin-, Noradrenalin- und Hydroxykortikosteroidspiegel. Kopp et al. [22] beschreiben die Zusammenhänge zwischen pathologischer Schneidezahnstufe, Endgefühl bei passiver Bewegung, Palpationsbefund und veränderter Mundöffnung. Eser staunt, so die Autoren, dass in der Altersgruppe der 5- bis 9-jährigen Kinder häufig über Schmerz geklagt wird, jedoch strukturelle Veränderungen der Kiefergelenke, die sich durch Knacken und Reiben äußern könnten, noch fehlen. Daraus leitet sich ab, dass neben morphologischen Parametern auch funktionelle Gesichtspunkte im Alter des Milch- und frühen Wechselgebisses zu diagnostizieren und dann zu behandeln sind, um eine sinnvolle Prävention von Funktionsstörungen *meist struktureller Art* im späteren Lebensalter zu gewährleisten. Nach Sonnese et al. [45] kann eine kranio-mandibuläre Dysfunktion durch eine verstärkte Lordose der Halswirbelsäule und erhöhter kraniozervikaler Angulation bedingt sein. Bei einer Gruppe gesunder Versuchspersonen konnte Davies [6] während verschiedener Aktivitäten des Unterkiefers deutlich simultane Aktivität im M. semispinalis capitis, M. temporalis und im M. sternohyoideus nachweisen.

Die Kaumuskulatur, die supra- und infrahyoidale Muskulatur haben jeweils eine eigene und spezifische Funktion. In Ruheposition sind es vor allem die postzervikalen Muskeln, welche die Haltung des Kopfes sichern. Während der verschiedenen Bewegungen des Unterkiefers wird der Kopf auch von Muskeln stabilisiert, die ihre Ansatzstelle nicht am Unterkiefer haben. Dieses Zusammenwirken verstärkt die Annahme, dass die Halswirbelsäule und ihre Muskulatur, das atlantookzipitale Gelenk und der Bewegungsapparat des Kausystems als funktionelle Einheit betrachtet werden müssen [15]. Weiterhin betonen Hansson et al. [15], dass die Haltung des Kopfes in Beziehung zum Rumpf nicht nur Einfluss auf das Funktionieren der Halswirbelsäule, sondern auch auf die vielseitigen Funktionen des Bewegungsapparates des Kausystems hat. Funktionsstörungen innerhalb dieses Bewegungsapparates sollen deshalb einzeln, aber auch in gegenseitigem Zusammenhang beurteilt werden. In seiner Dissertationsarbeit beschäftigt sich Lippold [28] mit den Beziehungen zwischen physiotherapeutischen und kieferorthopädischen Befunden.

Mithilfe Fishersexaktem Test wurden statistisch gesicherte Zusammenhänge zwischen thorakaler Hyperkyphosierung und Beckenschiefstand, Skoliosierung der Wirbelsäule und Beckenschiefstand, Beckenschiefstand und Asymmetrie und zwischen funktioneller Beinlängendifferenz und Asymmetrie offensichtlich. Bei der Diagnose von Asymmetrien im stomatognathen Bereich ist mit dem Vorliegen von Haltungsauffälligkeiten und Symmetriestörungen des übrigen Körpers zu rechnen. Daher sollte bei Patienten mit Asymmetrien im stomatognathen Bereich die Überweisung an einen Physiotherapeuten erfolgen, damit ganzkörperliche Haltungsauffälligkeiten und Funktionsstörungen diagnostiziert und behandelt werden können [28].

Lippold u. van den Bos [29] beschreiben die Beziehungen zwischen kieferorthopädischen und orthopädischen Befunden. In dieser Studie ergab sich statistisch signifikante Korrelationen zwischen thorakaler Hyperkyphosierung und Kopfvorhaltung, thorakaler Hyperkyphosierung und Beckenschiefstand sowie Beckenschiefstand und Skoliose der Wirbelsäule. Bei Patienten mit Asymmetrien im Zahn- und Kieferbereich war eine statistisch signifikante Korrelation zu Beckenschiefständen und funktioneller Beinlängendifferenz zu finden. Funktionelle Einschränkungen im Bereich

der Bewegungssegmente der Wirbelsäule fand sich häufig im Bereich der Halswirbelsäule. Dieser Wirbelsäulenabschnitt war am häufigsten von Funktionseinschränkungen betroffen. 54% der Patienten wiesen druckdolente Muskeln im Kopf- und Halsbereich auf. Der M. masseter war am häufigsten druckschmerzhaft, gefolgt vom M. pterygoideus medialis und der suprahyoidalen Muskulatur. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei Patienten mit Angle-Klasse I, II und III keine generelle Notwendigkeit für eine interdisziplinäre physiotherapeutische und kieferorthopädische Behandlung besteht. Bei Patienten mit Kieferasymmetrien ließ sich in dieser Studie statistisch signifikante Korrelationen zu den untersuchten physiotherapeutischen Befunden nachweisen. Bei diesen Patienten besteht eine generelle Notwendigkeit für einen interdisziplinären Ansatz in Diagnostik und Therapie [29]. Zu einem anderen Resultat kommen Dußler et al. [7], die weder in der Gruppe der Patienten ohne noch in der mit Mittellinienverschiebungen Häufungen von orthopädischen Störungen feststellen konnten. Auch fand sich keine Korrelation zwischen den einzelnen kieferorthopädischen Befunden und orthopädischen Auffälligkeiten, die jedoch zu einem hohen Prozentsatz auftraten. Lange Zeit herrschte die Lehrmeinung, dass das Kiefergelenk während jedweder Funktion nicht belastet („loaded“) ist. Durch mathematische Modelle, experimentelle Studien und In-vivo-Studien ist heute akzeptiert, dass das Kiefergelenk belastet wird. Kondylus und Kiefergelenk insgesamt sind sowohl bei unilateraler als auch bei bilateraler Okklusion belastet. Eine optimale Belastung des artikulären Gewebes ist zur Erhaltung der Form und Funktion notwendig [16, 18, 43, 46].

### **Kraniomandibuläre Dysfunktion, Kopf- und Gesichtsschmerzen**

Für die kieferorthopädische Praxis ist es wichtig, wie häufig Kopfschmerzen und Migräne bereits im Kindesalter auftreten. In den Ländern der Europäischen Union (Stand 2000) liegt die Prävalenz von Migräne, der häufigsten neurologischen Erkrankung im Kindesalter, bei 10%. In Ergänzung dazu ergab eine aktuelle Studie, dass knapp 90% der Kinder und Jugendlichen im Alter von 8–16 Jahren Kopfschmerzerfahrung haben [36]. Nach Bumann u. Lotzmann [5] sollte jeder Patient mit Kopf- und Gesichtsschmerzen zahnmedizinisch untersucht werden, um folgende Punkte abzuklären:

- stammen die Symptome von einer Struktur im Kausystem,
- ist der Belastungsvektor okklusal bedingt,
- ist eine Reduktion des okklusal bedingten Anteils am Gesamtbelastungsvektor mit einem verhältnismäßigen Aufwand möglich oder
- ist eine symptomatische Therapie in der zahnärztlichen Praxis sinnvoll?

Liljestrom et al. [27] fand eine hohe Korrelation der kindlichen Migräne und einer kraniomandibulären Dysfunktion. Bonjardim et al. [4] untersuchten 99 Kinder im Alter von 3–5 Jahren. 34,3% der untersuchten Kinder zeigten Symptome einer CMD. Die dominierenden Befunde waren die Deviation und Kopfschmerzen. Ekberget al. [8] untersuchten Patienten nach einer Schienentherapie, die einen Spannungskopfschmerz aufwies, der länger als 7 Monate bestand. 6–12 Monaten nach der Therapie zeigte die Nachuntersuchung einen signifikanten Rückgang des Spannungskopfschmerzes. Auf spinaler Ebene bestehen Verbindungen mit primären Afferenzen des N. trigeminus, die im Tractus spinalis nervi trigemini auf diese sekundären Neurone umgeschaltet werden. Über das Konvergenzprinzip ist grundsätzlich erklärbar, dass primäre Afferenzen des N. trigeminus im HWS-Bereich wahrgenommen werden können und umgekehrt [9, 19].

### **Kraniomandibuläres System und osteopathische Medizin**

Eine Funktionsstörung des Temporomandibulargelenkes, die nicht auch eine Funktionsstörung der Ossa temporalia zur Folge hat, scheint uns unmöglich. Der Unterkiefer übt auf die Fossa mandibularis des Ossa temporalia eine Kraft aus. Diese nach kranial gerichtete Kraft führt zu einer Kranialbewegung der Ossa temporalia und beginnt, die Suturasquamosa zu entkuppeln [47]. In dem Artikel „The temporal bone: trouble maker in the head“ beschreibt Magoun [32] die Zusammenhänge und Bewegungen zwischen Ossa temporalia und Mandibula. Mit einer externen Rotation der Ossa temporalia bewegt sich die Fossa temporalia etwas posterior-medial. Dieses führt zu einer bilateralen Distalbewegung des Unterkiefers. Mit einer internen Rotation beider Ossa temporalia bewegt sich beide Fossa temporalia anterior-lateral. Dieses führt zu einer Protrusion der Mandibula. Wenn ein Ossa temporalia intern rotiert, das Ossa temporalia der Gegenseite extern rotiert ist, kommt es zu einer Schwenkung der Mandibula zur Seite der externen Ossa temporalia-Rotation. Dieser Typ ist am häufigsten zu beobachten und für die kieferorthopädische Behandlung von großer Bedeutung. Bei einer Fehlpositionierung der Ossa temporalia scheint nach Magoun die osteopathische Behandlung der kranialen Strukturen einfacher und logischer als die reine Bewegung von Zähnen. Eine richtige Positionierung der Ossa temporalia ist übergeordnet [33]. Die Bewegung des Kondylus aus einer Fehlposition in der Fossa temporalis beeinflusst möglicherweise das Foramen jugulare. Dadurch kann es zu einem negativen Input auf den N. glossopharyngeus und den N. vagus kommen, welches sich in pharyngealen Symptomen, Geschmacksveränderung, verstärkte vagale Stimulation, Schwindel oder gastrische Symptome zeigt. Für Magoun gilt daher, dass die Kooperation zwischen Kieferorthopäden und Osteopathen wünschenswert ist. Auch nach Baier-Wolf und Kienle ist die Kombination aus osteopathischer Behandlung und

Okklusionstherapie optimal für eine erfolgreiche Behandlung. Sie vergleicht diese mit einer physiotherapeutischen Nachbehandlung nach einer Operation am Bewegungsapparat [3]. Bei einer Okklusopathie kann selbstverständlich der primäre respiratorische Mechanismus korrigiert werden, aber sobald der Patient zu beißt oder kaut, ist die kraniale Störung wieder vorhanden [49]. Aber umgekehrt gilt nach Walther [48] auch, dass eine unterschiedliche Beinlänge eine Okklusopathie herbeiführen kann. Wir sollten also vom raniomandibulären System absteigende, descendente Probleme von aufsteigenden, ascendente Problemen trennen.

### **Die Bedeutung der Funktion in der Kieferorthopädie**

„Form follows function!“ Dieser allgemein gültige Grundsatz in der Medizin führt dazu, möglichst frühzeitig, ab dem dritten Lebensjahr Kinder kieferorthopädisch zu untersuchen. Ab diesem Alter kann in pathologische Funktionsmuster, die unweigerlich zu Dysgnathien führen oder diese in ihrer Progredienz beschleunigen, therapeutisch oder auch nur beratend eingegriffen werden. Es gilt nach Fränkel [12], dass vorrangig die „Behebung funktioneller Abwegigkeiten, die in einen ursächlichen Zusammenhang mit einer dysgnathen Entwicklung gebracht werden können“, im Vordergrund stehen muss und nicht die direkte mechanische Veränderung der abwegigen Morphologie der Kiefer-Gebiss-Fehlentwicklung. Die Kenntnis von der Beziehung zwischen Funktion und Form während der normalen Entwicklung des Kieferskeletts ist für Fränkel die Voraussetzung für die funktionelle Kieferorthopädie. Da die äußerst komplexen Wachstumsprozesse aber bislang nur bruchstückhaft erforscht sind, ist eine ursächliche Therapie nicht möglich. Kieferorthopädische Geräte, welcher Art auch immer, stellen eine mechanische Intervention dar. „Knochengewebe ist nicht mit der Fähigkeit zu interstitiellem Wachstum ausgestattet. Knochengewebe ist das Produkt von Wachstum, das in den osteogenen Matrizen stattfindet.“ Also ist die Veränderung pathologischer Funktionsmuster das erste Ziel in der Kieferorthopädie. Inwieweit periphere Funktionsmuster mit hinzuzuzählen sind, ist umstritten. Zahlreiche Studien belegen aber, dass in der zahnärztlichen/kieferorthopädischen Diagnose und Therapie die Wechselwirkungen beachtet werden müssen. Umgekehrt gilt dieses auch für den Manualmediziner.

### **Dysfunktionen der Kiefergelenke und deren periphere Folgen**

Nach Ahlers u. Jakstat [2] ist die Einbeziehung anderer Fachgebiete notwendig. Die unglückliche Trennung zwischen Medizin und Zahnmedizin hat lange verhindert, dass Zusammenhänge jenseits der einzelnen Fachgebiete in der täglichen Praxis ausreichend Berücksichtigung finden. Angesichts der vorliegenden Literatur ist schon heute unstrittig, dass Veränderungen der Körperhaltung und Dysfunktionen im Kauorgan ätiologisch verknüpft sein können. So wird auch der mittelbare Einfluss von Fehlhaltungen und anderen orthopädischen Problemen auf den Funktionszustand der Kau-muskulatur und damit wiederum auf die okklusale Harmonie verständlich. Nach Slavicek [42] ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit unter Einschluss der Körperhaltung aus der Diagnostik der Strukturen und Funktionen des Kauorgans eine *conditio sine qua non*. Fehlstellungen der Mandibula und dadurch evtl. bedingte Probleme im CMS sind nicht primär therapeutischer Bereich des Physiotherapeuten, sondern des kundigen Zahnarztes. In einem solchen Fall kann eine Korrektur der Okklusion durchaus kausale Therapie der Funktionsstörung sein. „Erstmalserkennt auch die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) nunmehr zudem die konsiliarische Einbeziehung verwandter medizinischer Berufsgruppen ausdrücklich an. Dies schafft den inhaltlichen und rechtlichen Rahmen etwa für Überweisungen an den Arzt für Orthopädie sowie zur mitbehandelnden Physiotherapeutin“ [1].

### **Fazit für die Praxis**

Wie die Literaturrecherche zeigt, können kranio-mandibuläre Dysfunktionen die vielfältigsten Auswirkungen auf das kranio-vertebrale System sowie auf Kopf- und Gesichtsschmerzen haben. Umgekehrt sind manche Fehlhaltungen und andere orthopädische Probleme Ursache einer CMD. Funktionsstörungen innerhalb der Bewegungsapparates sollten deshalb einzeln, aber auch in gegenseitigem Zusammenhang beurteilt werden. Gerade bei Kindern wurde eine enge Korrelation zwischen CMD und Migräne gefunden. Jeder Patient mit Kopf- und Gesichtsschmerzen sollte daher auch zahnmedizinisch untersucht werden. Neben morphologischen Parametern gilt es auch funktionelle Gesichtspunkte rechtzeitig zu erkennen und zu behandeln, um eine sinnvolle Prävention von Funktionsstörungen zu gewährleisten. Dies ist aber nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit möglich.

### **Literatur**

1. Ahlers O (2004) Funktionsdiagnostik — Systematik und Auswertung. ZM 94: 34–43
2. Ahlers O, Jakstat H (2001) Klinische Funktionsanalyse. In: Ahlers O, Jakstat H (Hrsg) Klinische Funktionsanalyse — interdisziplinäres Vorgehen mit optimierten Befundbögen. DentaConcept, Hamburg
3. Baier-Wolf U, Kienle K (2003) Stomatognathes System. In: Baier-Wolf U, Kienle K (Hrsg) Craniale Osteopathie und Applied Kinesiology. AKSE, Oberhaching
4. Bonjardim L, Gavião M, Carmagnani F, Pereira L, Castelo P (2003) Signs and symptoms of temporomandibular joint dysfunction in children with primary dentition. J Clin Pediatr Dent 28: 53–58

5. Bumann A, Lotzmann U (2000) Aufgaben der Zahnmedizin bei Kopf- und Gesichtsschmerzen. In: Bumann A, Lotzmann U (Hrsg) Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. Thieme, Stuttgart
6. Davies PL (1979) Electromyographic study of superficial neck muscles in mandibular function. *J Dent Res* 58: 537
7. Dußler E, Raab P, Kunz B, Kirschner S, Witt E (2002) Mandibuläre Mittellinienverschiebungen und Asymmetrien des Halte- und Bewegungsapparates bei Kindern und Jugendlichen. *Manuelle Medizin* 40: 116–119
8. Ekberg E, Vallon D, Nilner M (2002) Treatment outcome of headache after occlusal appliance therapy: a randomised controlled trial among patients with temporomandibular disorders of mainly arthrogenous origin. *Swed Dent J* 26: 115–124
9. Evers S (2004) Zervikogener Kopfschmerz. *Manuelle Medizin* 42: 99–102
10. Festa F, Dattilio M, Vecchiet F (1997) Effects of horizontal oscillation of the mandible on the spinal column of the rat in vivo using radiographic monitoring. *Ortogntodonzia Ital* 6: 539–550
11. Fink M, Tschernitschek H, Stiesch-Scholz M, Wähling K (2003) Kraniomandibuläres System und Wirbelsäule. *Manuelle Medizin* 41: 476–480
12. Fränkel R (1997) Kieferorthopädie und Orthodontie und die Roux'sche Lehre von der funktionellen Anpassung. *IOK* 29/2: 151–165
13. Graber G (1995) Der Einfluß von Psyche und Stress bei funktionsbedingten Erkrankungen des stomatognathen Systems. In: Koek B (Hrsg) Funktionsstörungen des Kauorgans. Urban & Schwarzenberg, München
14. Gresham H, Smithells PA (1954) Cervical and mandibular posture. *Dent Rec* 74: 261–264
15. Hansson T, Honnéé I, Hesse J (1987) Einige biomechanische Relationen im Kopf-Hals-Gebiet. In: Hansson T (Hrsg) Funktionsstörungen im Kausystem. Hüthig, Heidelberg
16. Hatcher DC, Faulkner MG, Hay A (1986) Development of a mechanical and mathematical model to study temporomandibular joint loading. *J Prosthet Dent* 55: 675–684
17. Huggare J, Pirttiniemie P, Serlo W (1991) Head posture and dentofacial morphology in subjects treated for scoliosis. *Proc Finn Dent Soc* 87: 151–158
18. Hylander W (1979) Mandibular function and temporomandibular joint loading. *Am J Phys Anthropol* 51: 433–456
19. Kerr FW (1972) Central relationships of trigeminal and cervical primary afferents in the spinal cord and medulla. *Brain Res* 43: 561–572
20. Kobayashi Y, Hansson TL (1988) Auswirkung der Okklusion auf den menschlichen Körper. *Phillip J Restaur Zahnmed* 5: 255–261
21. Kopp S, Plato G (2003) Änderung der dreidimensionalen Lage des Unterkiefers durch Atlasimpulstherapie. *Manuelle Medizin* 41: 500–505