

Interdisziplinäre Behandlung von Patienten mit kranio- mandibulärer Dysfunktion

Kraniomandibuläre Dysfunktion

Viele Menschen leiden heutzutage stressbedingt täglich unter starken Schmerzen, die in direktem Zusammenhang mit dem Kiefergelenk und den benachbarten Strukturen stehen. Das Kiefergelenk ist eines der komplexesten Gelenksysteme im ganzen Körper, da das rechte und das linke Kiefergelenk zusammenspielen und sie die Koordination der Unterkieferbewegung in allen Dimensionen gewährleisten müssen. Dysfunktionen des Kiefergelenks werden auf viele verschiedene Weisen definiert, wie z. B. als TMD („temporomandibular disorder“), basierend auf deren Herkunft, klinischen Symptomen oder anatomischen Begebenheiten [1, 2, 3], oder heute als kranio-
mandibuläre Dysfunktion oder CMD („craniomandibular disorder“), basierend auf den physischen Funktionsstörungen außerhalb des Gelenkes, die in Kiefergelenksdysfunktionen resultieren [4, 5, 6].

Kiefergelenksdysfunktionen sind eine häufige Krankheit, aber die Symptome und Probleme können sich bei jedem unterschiedlich manifestieren [7, 8, 9], kommen jedoch bei Frauen häufiger als bei Männern vor [10, 11].

Weiterführende Informationen

Liebe Leserinnen, liebe Leser, weitere Abbildungen (2, 5, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17), die die Behandlungsverläufe der hier präsentierten Fallberichte dokumentieren, finden Sie online unter www.springerlink.com/content/100523

Die am häufigsten anzutreffenden Symptome von CMD sind Palpationsbefunde, limitierte Unterkieferbewegungen und Schmerzen in den Kaumuskeln, den präaurikularen Gebieten und der Kiefergelenke selbst. Die Patienten leiden unter anderem an Kopfschmerzen, Kiefergelenkgeräuschen, Bruxismus, Öffnungs-limitationen des Unterkiefers sowie Kiefer- und Gesichtsschmerz [12], die in kranio-
mandibulären und kraniovertebralen Dysfunktionen resultieren können [13, 14]. CMD können deswegen mit Depressionen und anderen mentalen Symptomen in verschiedenen Schweregraden [15, 16] assoziiert sein. Da die anatomischen und funktionalen Bereiche des kranio-
mandibulären Systems eng mit der oberen Halswirbelsäule verbunden sind, ist die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Zahnarzt, Kieferorthopäden und Manu-
almedizinern ein unerlässlicher Faktor in der Behandlung von Patienten mit CMD [17, 18, 19, 20].

Obwohl die Ursache in vielen CMD-Fällen unklar bleibt [21, 22, 23, 24, 25], wird ein größerer uni- oder bilateraler Verlust der posterioren okklusalen Abstützung in direktem Zusammenhang mit einem verringertem Kondylenspalt beider Gelenke gesehen [26, 27]. Um posteriore vertikale Höhe zu gewinnen, haben Kieferorthopäden bis heute oft eine Kombination von Aufbissen mit festsitzender Multibracket-Technik und intermaxillären Gummizügen verwendet, bei der die Molaren und Prämolaren extrudiert und dadurch in eine neue vertikale Position gebracht wurden [28, 29, 30].

Die Invisalign-Technik, die seit 1999 auf den Markt gekommen ist, ist inzwischen eine weit verbreitete kieferorthopädische Behandlungsmethode mit durchsichtigen herausnehmbaren Schienen. Die Serien der klaren herausnehmbaren Schienen ermöglichen dem Patienten einen hohen Tragekomfort, kombiniert mit Ästhetik sowie optimaler Reinigungs-



Abb. 1 ► Herausnehmbare Aufbiss-schiene



Abb. 3 ▲ Fallbeispiel 1. 50-jährige weibliche Patientin mit festsitzenden Splints auf den unteren Molaren und zweiten Prämolaren (35–37 und 45–47) vor Behandlungsbeginn



Abb. 4 ◀ Fallbeispiel 1. Patientin nach der Extraktion des Zahnes 24 und Eingliederung der festsitzenden Teilbehandlung für die Distalisierung 23, Verankerung durch einen Palatinalbogen

möglichkeit, und bieten dadurch erheblich weniger Nachteile im Vergleich zu den herkömmlichen festsitzenden Zahnspangen [31, 32, 33, 34, 35]. Die Nebenwirkungen der festen Zahnspangen, wie z. B. „white spots“ und Schmelzabrasionen durch Bracketkontakt, Schmelzläsionen beim Abnehmen der Brackets und parodontale Risiken, sind bei Invisalign durch adäquate Mundhygienemöglichkeiten minimiert. Eine permanente Verblockung skelettaler Strukturen unterbleibt, da die Aligner zum Essen herausgenommen werden. Bis vor Kurzem wurde die Invisalign-Technik als erfolgreiches Behandlungsmittel bei leichtem bis mode-

ratem Engstand, Lückenschluss im natürlichen Lückengebiss und bei kippenden Bewegungen [36, 37, 38, 39, 40] beschrieben. Nach jahrelanger Erfahrung mit dem System wurden ebenfalls komplexere Fälle, wie z. B. Extraktionen, offene Bisse und Klasse-II-Behandlungen mit Invisalign, veröffentlicht [41, 42, 43].

Dieser Beitrag zeigt mehrere unterschiedliche Behandlungen von CMD-Patienten, die interdisziplinär erfolgreich therapiert werden konnten.

„Okklusion“ wurde lange Zeit rein statisch betrachtet. Heute ist es für den Zahnarzt und den Kieferorthopäden unerlässlich, die „dynamische Okklusion“ zu un-

tersuchen, die die Okklusion im Zusammenspiel mit den benachbarten Strukturen beschreibt. Die dynamische Okklusion beinhaltet:

- physiologische zentrische Kondylenposition im neuromuskulären Gleichgewicht [44],
- biomechanisches Aufwachskonzept nach M.H. Polz,
- sequenzielle Laterotrusion mit Eckzahnführung,
- Schutz der Frontzähne durch die Molaren in Bezug auf vertikale Höhe,
- posteriore bilaterale ausbalancierte Abstützung für reduzierte Kraftparameter im Kiefergelenk.

Das Ziel der zentrischen okklusalen Relation ist eine definierte, stabile Interkuspitation mit einer tiefen Verzahnung der posterioren Zähne, ebenso wie eine Schutzfunktion für die Frontzähne und das Kiefergelenk durch die posterioren Zähne in neuromuskulärer Balance und dadurch in einer stabilen Position. Grundvoraussetzung ist eine maxillomandibuläre Relation in physiologischer Kondylenposition, die durch das zentrische Bissregistrat vorgegeben ist.

Das Konzept der „Point Centric“ ist für gewöhnlich auf gesunde Kiefergelenke und eine Front-/Eckzahnführung beschränkt. Um diese Beschränkung zu umgehen, verwenden wir heutzutage das „dynamische Konzept der Okklusion“, das Freiheit für die dynamischen Bewegungen des Unterkiefers erlaubt. Die exakte Einstellung der physiologischen Okklusion minimiert somit die Risikofaktoren bei Patienten mit Parafunktionen.

Für die Planung und Organisation des dynamischen Okklusionskonzeptes ist die exakte Montage der Gipsmodelle in einen Mittelwertartikulator eine sine qua non.

COPA und COPA-Onlays

Kraniomandibuläre Dysfunktionen erfordern eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Orthopädie, Manualmedizin, Kieferorthopädie und Zahnheilkunde. Aufbisse als therapeutisches Behandlungsmittel sind generell anerkannt [45, 46, 47, 48, 49, 50]. Wir benutzen herausnehmbare Aufbisschienen (COPA; **Abb. 1**) und festsitzende Aufbisse (COPA-Onlays; **Abb. 2a–c**).

Patientenbeispiele

Fallbeispiel 1

Die 50-jährige Patientin litt unter starker Migräne sowie Trigeminusneuralgie und war deswegen auf die tägliche Einnahme von Schmerzmitteln angewiesen (Tramadol®). Der intraorale Befund zeigte eine Klasse-II-Verzahnung links, Eng- und Drehstände im Ober- und Unterkiefer mit vergrößertem Overjet und Overbite. Die Patientin wies gingivale Rezessionen an mehreren Zähnen auf, das OPG

zeigte Parodontitis apicalis an Zahn 24 (**Abb. 3**).

Die Therapie beinhaltete manuelle Therapie ebenso wie die internistische Behandlung zur Ausleitung der Medikamente.

Die kieferorthopädische Behandlung begann mit einer herausnehmbaren Aufbisschiene im Unterkiefer. Die Patientin erschien regelmäßig zur Kontrolle, und die Aufbisschiene wurde parallel zur manuellen Therapie eingeschliffen. Nachdem eine schmerzfreie Unterkieferposition durch die Aufbisschiene erreicht werden konnte, wurde diese Situation durch festsitzende COPA-Onlays auf den Zähnen 35–37 und 45–47 übertragen. Die Patientin war zu dieser Zeit schmerzfrei. Nach der Extraktion der nicht erhaltungswürdigen Zähne 24 und 17 begann die kieferorthopädische Behandlung mit einer festsitzenden Multibracket-Teilsequenz. Der Zahn 23 wurde zum Erreichen einer besseren Eckzahnführung auf der linken Seite distalisiert (**Abb. 4**). Nach einer 3-monatigen Vorbehandlung wurden die Brackets und Bänder entfernt, und die Behandlung konnte mit Invisalign fortgeführt werden (**Abb. 5**).

Die Invisalign-Behandlung beinhaltete 36 obere und 16 untere Aligner, ebenso wie 7 obere und 13 untere Aligner im „Case Refinement“. Die Zähne 12, 13, 14, 23, 33 (**Abb. 6**) wurden mit „Direct Bonded Attachments“ (DBA) beklebt. Das Behandlungsziel war die Distalisierung des Zahnes 23 und der oberen Front in die Extraktionslücke des Zahnes 24 mit dem Ziel einer physiologischen Eckzahnverzahnung links und eines reduzierten Überbisses. Während der kieferorthopädischen Behandlung erfolgte keine Extrusion der Molaren, da die Höhe der Aufbisse anschließend durch die prothetische Versorgung und die neuen Kronen umgesetzt wurde [51, 52].

Die intraoralen Bilder bei Behandlungsende zeigen einen kompletten Lückenschluss und korrekte Eckzahnführung links und rechts mit regulärem Overjet und Overbite durch Extrusion der Frontzähne mittels der Aligner (**Abb. 7, 8, 9**).

Nach der kieferorthopädischen Behandlung stellte sich die Patientin in der zahnärztlichen Praxis für die anschlie-

Manuelle Medizin 2008
DOI 10.1007/s00337-008-0656-8
© Springer Medizin Verlag 2008

W. Schupp · J. Haubrich · W. Boisserée ·
M. Läkamp · K. Schuppan

Interdisziplinäre Behandlung von Patienten mit kraniomandibulärer Dysfunktion

Zusammenfassung

Immer mehr Patienten, die zahnärztlich versorgt werden müssen, benötigen ein interdisziplinäres Behandlungskonzept. Zahnarzt, Kieferorthopäde und Implantatchirurg sollten bei funktionsgestörten Patienten eng mit Manualmedizinern und Physiotherapeuten zusammenarbeiten. Häufig werden der Endodontologe und der Parodontologe in dieses Konzept mit einbezogen.

Schlüsselwörter

Interdisziplinäre Zahnheilkunde · Invisalign · Kiefergelenk · Kieferorthopädie · CMS · CMD

Interdisciplinary treatment of patients with craniomandibular dysfunctions

Abstract

More and more patients undergoing dental treatment require interdisciplinary treatment concepts. The dentist, orthodontist and implant surgeon should collaborate with the chiropractor and the physiotherapist when treating patients with dysfunctions. The endodontist and periodontist often need to be involved as well.

Keywords

Interdisciplinary dentistry · Invisalign® · Temporomandibular joint · Orthodontics · CMS · CMD



Abb. 10 ◀ Fallbeispiel 1. Intraoraler Befund nach dem Einsetzen der definitiven prothetischen Arbeiten



Abb. 11 ◀ Fallbeispiel 2. 30-jährige Patientin mit frontal offenem Biss bei Behandlungsbeginn mit Invisalign



Abb. 12 ◀ Fallbeispiel 2. Intraoraler Befund bei Behandlungsende



Abb. 13 ◀ Fallbeispiel 3. 26-jähriger Patient mit festsitzenden Aufbissen 34–37 und 44–47 und Lingualretainer nach kieferorthopädischer Vorbehandlung



Abb. 14 ◀ Fallbeispiel 3. Intraoraler Befund mit festsitzenden Aufbissen auf den Zähnen 36, 37, 46, 47 und DBA auf den Zähnen 13–15, 23–25, 34, 35 und 44, 45

ßende prothetische Versorgung vor. Die zahnärztliche Behandlung beinhaltete die Kronenversorgung auf den Zähnen 14–17, 25–27, 34–37 und 44–47, durch die die exakte vertikale Höhe der festsitzenden Aufbisse nach der kieferorthopädischen Behandlung übertragen wird. Um ein besseres ästhetisches Resultat zu erzielen, wurden die Zähne 17 und 46 als Brückenanhänger ohne okklusalen Kontakt gestaltet (▣ **Abb. 10**).

Die Überführung der vertikalen Abstützung, vorgegeben durch die Aufbisse, erfolgte zunächst über Langzeitprovisoren. Eine direkte Umsetzung in die defini-

tive prothetische Versorgung kann aus unserer Erfahrung nicht empfohlen werden.

Fallbeispiel 2

Das 2. Fallbeispiel zeigt eine 30-jährige Patientin mit frontal offenem Biss und fehlender Eckzahnführung (▣ **Abb. 11**). Die Patientin litt seit mehreren Jahren an Kiefergelenksbeschwerden und wurde durch den behandelnden Zahnarzt mit einer herausnehmbaren Aufbisschiene therapiert. Nach Vorstellung in unserer kieferorthopädischen Praxis wurde die Patientin vor Beginn der kieferorthopädischen Behand-

lung zur myofunktionellen Therapie überwiesen, da sie neben einer Zungendyskinesie und infantilem Schluckmuster ebenfalls Sigmatismus aufwies. Die myofunktionelle Therapie erfolgte in einem Therapiezeitraum über 8 Monate in 12 Sitzungen.

Die Invisalign-Behandlung beinhaltete DBA auf den oberen und unteren Frontzähnen und Prämolaren im Bereich 15 zu 25 und 35 zu 45. Die erste Behandlungsphase beinhaltete 22 obere Aligner und 19 Aligner im Unterkiefer, um die Front zu extrudieren und die Molaren zu intrudieren, sowie 10 Aligner im Ober- und Un-



Abb. 18 ▲ Fallbeispiel 3. Intraoraler Befund bei Behandlungsende nach Extrusion der oberen und unteren Molaren in okklusalem Kontakt

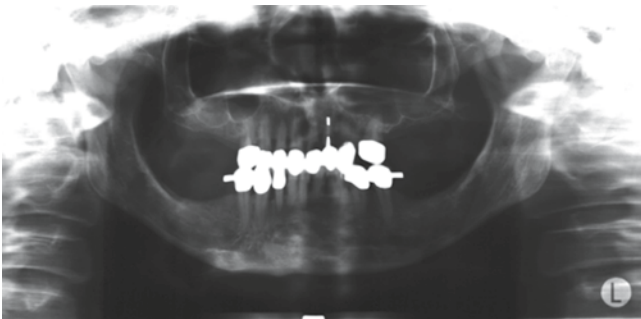


Abb. 19 ◀ Fallbeispiel 4. OPG, röntgenologische Ausgangssituation



Abb. 20 ▲ Fallbeispiel 4. Klinische Ausgangssituation

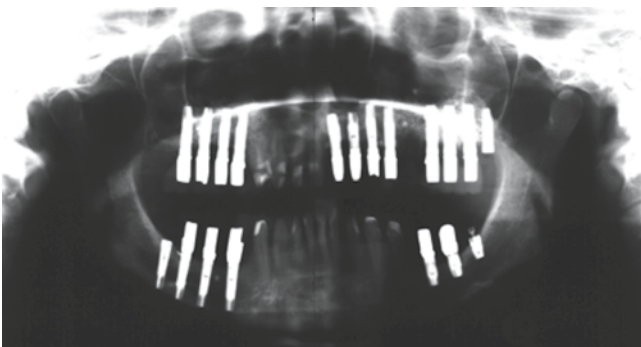


Abb. 21 ◀ Fallbeispiel 4. OPG: Abschluss der implantologischen Maßnahmen

terkiefer für das „case refinement“ (Feineinstellung).

Nach 17 Monaten Behandlungszeit war der offene Biss geschlossen und eine korrekte Eckzahnführung auf beiden Seiten mit physiologischen Overjet und Overbite erreicht (■ Abb. 12).

Fallbeispiel 3

Der 26-jährige Patient litt unter rezidivierenden Rückenschmerzen und befand sich seit 2 Jahren in manueller und osteopathischer Behandlung. Nach Beendigung der festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung alio loco zeigte die Kernspintomographie der Kiefergelenke eine beidseitige Diskusverlagerung mit Reposition bei Mundöffnung.

Der intraorale Befund zeigt ein kieferorthopädisch vorbehandeltes adultes Gebiss (■ Abb. 13).

Nach Erreichen einer schmerzfreien Position durch die festsitzenden Aufbisse auf den unteren Prämolaren und Molaren wurden diese bis zur mesialen Hälfte der ersten Molaren gekürzt.

Unser Behandlungsplan beinhaltete die Umsetzung der durch die festsitzenden Aufbisse erreichten schmerzfreien Unterkieferposition durch Extrusion der Molaren und Prämolaren mit der Invisalign-Methode in 2 Behandlungsschritten wie in unserem Behandlungsprotokoll beschrieben.

Die 1. Phase der Behandlung beinhaltete die Extrusion der Prämolaren und Eckzähne in okklusalem Kontakt und korrekte Eckzahnführung, wofür auf die Zähne 13, 14, 15, 23, 24, 25, 34, 35 sowie auf 44, 45 DBA geklebt wurden.

Nachdem eine okklusale Abstützung im vorderen Segment erreicht wurde, konnte mit der 2. Behandlungsphase begonnen werden. Dafür wurden erneut Abdrücke genommen und mit der „mid-course correction“ begonnen. Der Behandlungsplan beinhaltete die Extrusion aller Molaren, um okklusalen Kontakt und dadurch die vorgegebene neue Position zu erreichen. Für diese extrusive Bewegung wurden vertikale rechteckige Attachments zusätzlich auf die unteren und oberen Molaren befestigt (■ Abb. 16, 17). Die ■ Abb. 18 zeigt den intraoralen Befund bei Behandlungsende.

Fallbeispiel 4

Die 42-jährige Patientin wurde vom Orthopäden zur Abklärung überwiesen, ob eine deszendente, also vom CMS ausgehende Störung vorlag. Die Patientin litt seit Jahren unter rezidivierenden Rückenschmerzen, die auch durch manuelle Therapie nicht dauerhaft erfolgreich therapierbar waren. Die Patientin konnte ihren Beruf nur noch teilweise, ihren früheren Leistungssport gar nicht mehr ausüben.

Der intraorale Ausgangsbefund zeigte im Ober- und Unterkiefer eine Restzahnsituation bis in den Prämolarenbereich (■ Abb. 19, 20). Wegen fortgeschrittener kariöser Zerstörung waren im Oberkiefer nur die Zähne 14–11 erhaltungsfähig. Die Unterkieferprothese hatte zu erheblicher Alveolaratrophie in den Molarenbereichen geführt und konnte seit Langem nicht mehr getragen werden. In Okklusion zeigte sich das Bild eines erheblichen vertikalen Höhenverlustes infolge ungenügender Stützonen mit gleichzeitig retrahiertem Unterkiefer. Bei der manuellen Untersuchung ergaben sich eindeutige Hinweise auf eine deszendente Störung. Der funktionelle Beinlängendifferenzunterschied, die positive variable Beinlänge, der Priener Abduktionstest, der „Legturn-In Test“ und die Rumpf- und Halswirbelsäulenrotation verbesserten sich bei der manuellen Untersuchung deutlich durch einen Ausgleich der fehlenden posterioren Abstützung [53].

Eine primäre Okklusionskorrektur durch einen Interimszahnersatz war wegen der reduzierten Restzahnsituation nur eingeschränkt möglich. Entsprechend kam eine teleskopierende Versorgung als definitive prothetische Rehabilitation aus statischen Gründen und wegen der stark vorgeschädigten Pfeiler nicht in Betracht. Folglich stand ein Wiederaufbau der Stützonenbereiche durch Implantate in allen 4 Quadranten im Vordergrund, um anschließend eine Korrektur der Kieferrelation durch einen festsitzenden Zahnersatz realisieren zu können.

Im 1. Schritt erfolgten beidseits Sinuslifts zur Schaffung adäquater Implantatlager im Oberkiefer. Drei Monate später erfolgten die Implantatinsertionen in den Unterkieferseitenzahnbereichen. Während links noch kurze 7-mm-Implantate

oberhalb des N. mandibularis inseriert werden konnten, musste im rechten Unterkiefer eine Verlagerung des N. mandibularis für ausreichend lange Implantate erfolgen. Wiederum 3 Monate später wurden die Insertionen im Oberkiefer durchgeführt (■ Abb. 21).

Sechs Monate nach der chirurgischen Therapie erfolgte eine langzeitprovisorische Versorgung, um die therapeutische Rekonstruktion der statischen und dynamischen Okklusion auszutesten und korrigieren zu können (■ Abb. 22). Aufgrund des jahrelangen Verlustes einer funktionsgerechten Kieferrelation wurde die Patientin vor den Zentriknahmen und während der ersten Monate nach Einsetzen der langzeitprovisorischen Versorgung vom überweisenden Orthopäden, Dr. med. Rainer Heller, manual-medizinisch und osteopathisch behandelt. Innerhalb von 6 Wochen hatte sich die Patientin gut an ihre therapeutische Kieferrelation adaptiert und war nach ca. 4 Monaten völlig schmerzfrei und ist dies nach Jahren immer noch.

Korrespondenzadresse

Dr. W. Schupp



Hauptstr. 50
50996 Köln
schupp@schupp-ortho.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Weele LTH van der, Dibbets JMH (1987) Helkimo's Index: a scale or just a set of symptoms? J Oral Rehabil 14:229–237
2. Gray RJM, Davies SJ, Quayle AA (1994) A clinical approach to temporomandibular joint disorders. 1. Classification and functional anatomy. Br Dent J 176:429–435
3. Celar AG, Bantleon H-P (2004) Craniomandibular dysfunction: Review and analysis. Inf Orthod Kieferorthop 36:1–8
4. Kopp S, Sebald WG, Plato G (2000) Craniomandibuläre Dysfunktion. Man Med 38:335–341
5. Plato G, Kopp S (1996) Das Dysfunktionsmodell. Man Med 34:1–10
6. Plato G, Kopp S (1999) Kiefergelenk und Schmerzsyndrome. Man Med 37:143–151
7. Hirata RH, Heft MW, Hernandez B, King GJ (1992) Longitudinal study of signs of temporomandibular disorders (TMD) in orthodontically treated and non-treated groups. Am J Orthod Dentofac Orthop 101:35–40

8. Sadowsky C (1992) The risk of orthodontic treatment for producing temporomandibular disorders: a literature overview. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 101:79–83
9. Heikinheimo K, Salmi K, Myllärniemi S, Kirveskari P (1990) A longitudinal study of occlusal interferences and signs of craniomandibular disorders at the ages of 12 and 15 years. *Eur J Orthod* 12:190–197
10. Agerberg G, Carlsson GE (1972) Functional disorders of the masticatory system: Distribution of symptoms according to age and sex as judged from investigation by questionnaire. *Acta Odontol Scand* 30:597–613
11. Magnusson T, Carlsson GE (1978) Comparison between two groups of patients in respect of headache and mandibular dysfunction. *Swed Dent J* 2:85–92
12. Bonjardim LR et al (2005) Signs and symptoms of temporomandibular disorders in adolescents. *Braz Oral Res* 19(2):93–98
13. Schupp W (2000) Schmerz und Kieferorthopädie. Eine interdisziplinäre Betrachtung kybernetischer Zusammenhänge. *Man Med* 38 (6):322–328
14. Bumann A, Kopp S, Ewers R (1989) Compression joint as a differential diagnosis in chronic facial pain. *Dtsch Zahnärztl Z* 44 (12):962–963
15. Celic R, Panduric J, Dulcic N (2006) Psychologic status in patients with temporomandibular disorders. *Int J Prosthodont* 19 (1):28–29
16. John MT, Reissmann DR, Schierz O, Wassell RW (2007) Oral health-related quality of life in patients with temporomandibular disorders. *J Orofac Pain* 21 (1):46–54
17. Korbmacher H, Eggens-Stroeder G, Koch L, Kahl-Nieke B (2004) Correlations between dentition anomalies and diseases of the postural and movement apparatus- a literature review. *J Orofac Orthop* 65(3):190–203
18. Schupp W (2005) Krianiomandibuläre Dysfunktionen und deren periphere Folgen- eine Literaturübersicht. *Man Med* 43:29–33
19. Kopp S, Plato G, Sebald W et al (1999) Interdisziplinäres Management von Patienten mit chronischem Schmerz. *Z Bay* 10:6–10
20. Kopp S, Plato G, Sebald W et al (1997) Interdisziplinäres Management von Patienten mit chronischem Schmerz. *Thüring Zahnärzte B* 17:27–31
21. Mohlin B, Ingervall B, Thilander B (1990) Relation between malocclusion and mandibular dysfunction in Swedish men. *Eur J Orthod* 2:229–238
22. Mohlin B, Thilander B (1984) The importance of the relationship between malocclusion and mandibular dysfunction and some clinical applications in adults. *Eur J Orthod* 6:192–204
23. Hirata RH, Heft MW, Hernandez B, King GJ (1992) Longitudinal study of signs of temporomandibular disorders (TMD) in orthodontically treated and non-treated groups. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 101:35–40
24. Sadowsky C (1992) The risk of orthodontic treatment for producing temporomandibular disorders: a literature overview. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 101:79–83
25. Egermark I, Thilander B (1992) Craniomandibular disorders with special reference to orthodontic treatment: an evaluation from childhood to adulthood. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 101:28–34
26. Droschl H, Permann I, Bantleon HP (1989) Changes in occlusion and condylar positioning during retention with a gnathologic positioner. *Eur J Orthod* 11:221–227
27. Koike H, Yamashita S, Hashii K et al (2007) Relationship between condylar displacement during clenching and condylar inclination. *Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi* 51(3):546–555
28. Kirveskari PA (1995) Präventive und therapeutische Okklusionskorrekturen. *Philip J* 12:337–342
29. Cozzani G et al (2003) Kieferorthopädische Maßnahmen bei Kiefergelenkerkrankungen. *Inf Orthod Kieferorthop* 35:129–139
30. Crismani AG, Celar AG, Bantleon HP (2004) Chairside Methoden zur Herstellung okklusaler Minisplints in der Therapie kranio-mandibulärer Dysfunktionen. *Inf Orthod Kieferorthop* 36:31–35
31. Nedwed V, Miethke RR (2005) Motivation, acceptance and problems of Invisalign patients. *J Orofac Orthop* 66:162–173
32. Wheeler T: in preparation
33. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL (1996) Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod* 110:311–320
34. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S (1998) Etiology and sequelae of root resorption. *Semin Orthod* 4:124–131
35. Apajalathi S, Peltola JS (2007) Apical root resorption after orthodontic treatment-a retrospective study. *Eur J Orthod* 29 (4):408–412
36. Boyd RL, Miller RJ, Vlaskalic V (2000) The invisalign system in adult orthodontics: Mild crowding and space closure cases. *J Clin Orthod* 34:203–212
37. Boyd RL, Vlaskalic V (2001) Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex malocclusions with the invisalign appliance. *Semin Orthod* 7:274–293
38. Vlaskalic V, Boyd RL (2001) Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the invisalign system. *Aust Orthod J* 17:41–46
39. Bollen AM, Huang G, King G et al (2003) Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances, Part 1: Ability to complete treatment. *Am J Orthod* 124:496–501
40. Clements KM, Bollen AM, Huang G et al (2003) Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances, part 2: Dental improvements. *Am J Orthod* 124:502–508
41. Womack WR (2006) Four-premolar extraction treatment with invisalign. *J Clin Orthod* 40:493–500
42. Hönn M, Göz G (2006) A premolar extraction case using the Invisalign system. *J Orofac Orthop* 67:385–394
43. Norris RA, Brandt DJ, Crawford CJ, Fallah M (2002) Restorative and invisalign: A new approach. *J Esth Restor Dent* 14:217–224
44. Burckhardt R, Polz M (1986) Neue Wege in der instrumentellen Funktionsdiagnostik. *Dental-Lab* 34:387–390
45. Helms H (1980) Klinische Erfahrungen mit der Aufbisschiene nach Ash (1). *Dtsch Zahnärztl Z* 35:673–676
46. Kopp S (1992a) Aufbissbehelfe- Indikation und Design. Winterfortbildung der Zahnärztekammer Niedersachsen. Braunlage
47. Kopp S (1992b) Therapie mit Aufbissbehelfen. 23. Wissenschaftliche Tagung der Zahnärzte des Heeres, Hörnum/Sylt
48. Kovaleski WC, De Boever J (1975) Influence of occlusal splints on jaw position and musculature in patients with temporomandibular joint dysfunction. *J Prosthet Dent* 33:321–327
49. Ledermann KH, Clayton JA (1983) Patients with restored occlusions, part III. The effect of occlusal splint therapy and occlusal adjustments on TMJ dysfunction. *J Prosthet Dent* 50:95–100
50. Lotzmann U (1996) Occlusal appliances for functional therapy. *J Gnathol* 15:63–71
51. Boisserée W (2003) Zahnärztliche prothetische Maßnahmen nach Therapie einer kranio-mandibulären Dysfunktion. Teil 1: Die Übertragung der Aufbisschiene in die prothetische Erstversorgung. *Man Med* 41:224–229
52. Boisserée W (2003) Zahnärztlich prothetische Maßnahmen nach Therapie einer kranio-mandibulären Dysfunktion. Teil 2: Registrattechniken, Langzeitprovisorien, definitive prothetische Rekonstruktion. *Man Med* 41:386–392
53. Marx G (2000) Über die Zusammenarbeit mit der Kieferorthopädie und Zahnheilkunde in der manuellen Medizin. *Man Med* 38:342–345