

A. Scholz<sup>1</sup>, M. Alai-Omid<sup>2</sup>, I. Kirsch<sup>2</sup>, H. Seedorf<sup>2</sup>, G. Heydecke<sup>2</sup>

# Kommt es durch den Einsatz eines Hypomochlions zu einer Kiefergelenks-Distraktion?

*Pivot appliances – is there a distractive effect on the temporomandibular joint?*



A. Scholz

Das Ziel dieser Studie war, den distrahierenden Einfluss eines posterioren Hypomochlions auf das Kiefergelenk zu untersuchen. Alle 23 Probanden waren gesund, mit Ausnahme des dritten Molaren vollbezahnt und wiesen keine Zahnlockerungen auf. Im Rahmen des Versuches bissen die Probanden zunächst auf eine 1 mm starke Zinnfolie, die bilateral zwischen 17/47 und 27/37 platziert wurde. Im zweiten Teil der Untersuchung wurde ein 1 mm starker okklusal adjustierter Aufbiss aus einem starren Bissregistrierungsmaterial bilateral zwischen 16/46 und 26/36 positioniert. Dieser verhinderte aufgrund seines okklusalen Reliefs eine Protrusion. Die horizontale und die vertikale Kondylenposition wurde mit einem Ultraschall-Bewegungs-Sensor (JMA) mit sechs Freiheitsgraden aufgezeichnet. Das Beißen mit maximaler Kraft auf die Zinnfolie führte zu einer messbaren Kondylenverlagerung nach anterior und kaudal. Das Beißen auf den adjustierten Aufbiss verursachte eine statistisch signifikante Kondylenverlagerung nach kranial um ca. 0,3 mm (ANOVA, Dunn'sche Methode  $p < 0,05$ ). Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass okklusale Hypomochlions keinen distraktiven Einfluss auf das Kiefergelenk ausüben, sondern bei Verhinderung einer Protrusion sogar zu einer unerwünschten Kompression des Gelenkes führen können.

*Schlüsselwörter: Kiefergelenksbelastung, Hypomochlion, Schiene, Gelenkdistraktion, Kondylenposition*

The purpose of this study was to investigate the distractive effect of a posterior occlusal pivot on the temporomandibular joint. The study comprised 23 healthy subjects. None of them had a third molar and none of them had a missing tooth or showed tooth mobility. All subjects first clenched on 1 mm tin foil positioned bilaterally between teeth 17/47 and 27/37 and secondly on a stiff bite registration material of 1 mm thickness positioned bilaterally between teeth 16/46 and 26/36. Due to its bold occlusal relief this pivot prevented protrusion. During clenching on the tin foil and on the bite registration material, the vertical and horizontal condylar position was measured using an ultrasonic motion analyser (JMA) with six degrees of freedom. Clenching with maximum force on the tin foil led to noticeable anterior and downward movement of the condyle. Clenching on the anti-protrusion pivot, however, caused a statistically significant upward condylar movement of about 0.3 mm (ANOVA, Dunn's t-test  $p < 0,05$ ). These results indicate that occlusal pivots have no distractive effect on the temporomandibular joint but can lead to unwanted joint compression, if they are designed to prevent protrusion.

*Keywords: TMJ load, pivot, splint, joint distraction, condylar position*

<sup>1</sup> Pferdemarkt 1, 21682 Stade

<sup>2</sup> Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

<sup>1</sup> Pferdemarkt 1, 21682 Stade

<sup>2</sup> Department of Prosthetic Dentistry, University Medical Center Hamburg-Eppendorf

Übersetzung: LinguaDent

## 1 Einleitung

Schmerzen im Kiefergelenk werden häufig durch die Eingliederung intraoraler Aufbisschienen therapiert. Die aktuelle Literatur vergleicht unterschiedliche Schienendesigns [18]. Viele Autoren machen die Okklusion dieser Schienen verantwortlich für den therapeutischen Erfolg. In kontrollierten randomisierten Studien, die adjustierte und nicht adjustierte Aufbisschienen verglichen, sind keine [1, 20] geringe, [15] oder auch signifikante Vorteile von okklusal adjustierten Schienen beschrieben worden [3]. Eine aktuelle Untersuchung kam, basierend auf einer ausführlichen Literaturrecherche (Medline, Embase) zu dem Ergebnis, dass eine Veränderung der Okklusion eine Craniomandibuläre Dysfunktion (CMD) weder verhindert, noch die Symptome einer CMD verringern kann [7]. Während in der Literatur die Bedeutung des okklusalen Schienendesigns also kontrovers diskutiert wird, ist unstrittig, dass mechanische Belastungen zu einer Ermüdung des Discus alveolaris [13] und ungeachtet seiner druckabsorbierenden Fähigkeit [12], sogar zu einer Arthritis führen können [4]. Deshalb wird die Vermeidung mechanischer Überbelastungen des Kiefergelenkes als einer der Schwerpunkte bei der Behandlung von CMD beschrieben [10]. In der aktuellen Literatur werden dazu Aufbisschienen vorgeschlagen, die mit Unterstützung durch Ultraschall [10], oder durch ein posteriores Hypomochlion eine Kaudalverlagerung des Kondylus bewirken sollen [6, 11].

In der vorliegenden Studie wurde der Effekt bilateraler posteriorer Hypomochlien auf die Kondylenposition unter Zuhilfenahme von planer Zinnfolie und, zur Vermeidung einer Protrusionsbewegung, okklusal adjustierter Aufbissbehelfe untersucht.

Die Nullhypothese war, dass kein signifikanter Zusammenhang ( $p < 0,05$ ) zwischen einer der verglichenen Datengruppen besteht und somit die Kondylenverlagerung unabhängig von A) der Kraft bei Kieferschluss und B) der Art des Hypomochlions ist (Hypomochlion plan oder protrusionsverhindernd).

## 2 Material und Methoden

23 Probanden, sechs weiblich und 17 männlich, mit einem Alter zwischen 21 und 53 Jahren, 27,5 Jahre im Durchschnitt, nahmen an der vorliegenden Untersuchung mit ihrem Einverständnis teil. Bei den Probanden handelte es sich um Studierende und Angestellte der Klinik.

Einschlusskriterien waren: 1.) guter gesundheitlicher Allgemeinzustand; 2.) insgesamt 28 intakte, suffizient restaurierte Zähne, jedoch keine dritten Molaren vorhanden; 3.) stabile Okklusion; 4.) keine prothetische Versorgung, weder festsitzend noch herausnehmbar.

Ausschlusskriterien waren: 1.) Zeichen von CMD (Überprüfung mit dem Erhebungsbogen der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie [DGFDT]); 2.) Zahnbeweglichkeit von Molaren, Prämolaren oder Eckzähnen  $> 0$  (keine fühlbare Beweglichkeit); 3.) Zahnbeweglichkeit der Schneidezähne  $> 1$  (fühlbare, jedoch nicht sichtbare Beweglichkeit).

Jeder Teilnehmer bekam die Anweisungen „Bitte mit normaler Kraft zusammenbeißen / Bitte den Mund öffnen / Bitte mit maximaler Kraft zusammenbeißen“ (Abb. 1a.). Danach wurden die Anweisungen mit einer 1 mm starken Zinnfolie beidseitig jeweils zwischen den Zähnen 17/47 und 27/37 wie-

## 1 Introduction

Pain in the temporomandibular joint is often treated by fitting an intraoral splint. Different splint designs have been compared in the recent literature [18]. Many authors regard the occlusion provided by these splints as responsible for the success of the treatment. In controlled randomized studies that compared adjusted and non-adjusted bite guards, no [1, 20], minor, [15] or significant advantages were described for occlusally adjusted splints [3]. A recent study, based on a detailed literature search (MEDLINE, EMBASE), came to the conclusion that altering occlusion neither prevents craniomandibular dysfunction (CMD) nor can it diminish the symptoms of CMD [7]. While the significance of the occlusal splint design is therefore controversial in the literature, it is undisputed that mechanical stresses can lead to fatigue of the articular disc [13] and even to arthritis, regardless of its pressure-absorbing capacity [4]. Avoidance of mechanical overstressing of the temporomandibular joint is therefore described as one of the cornerstones of treatment of CMD [10]. In the recent literature, occlusal splints are proposed that are intended to produce downward movement of the condyle with the assistance of ultrasound [10] or by means of a posterior pivot [6, 11].

In the present study, the effect of bilateral posterior pivots on condyle position was investigated with the aid of flat tin foil and, to avoid protrusive movement, with occlusally adjusted bite guides.

The null hypothesis was that there is no significant association ( $p < 0.05$ ) between one of the compared data groups and therefore condyle movement is independent of A) the force on clenching and B) the type of pivot (flat or anti-protrusion pivot).

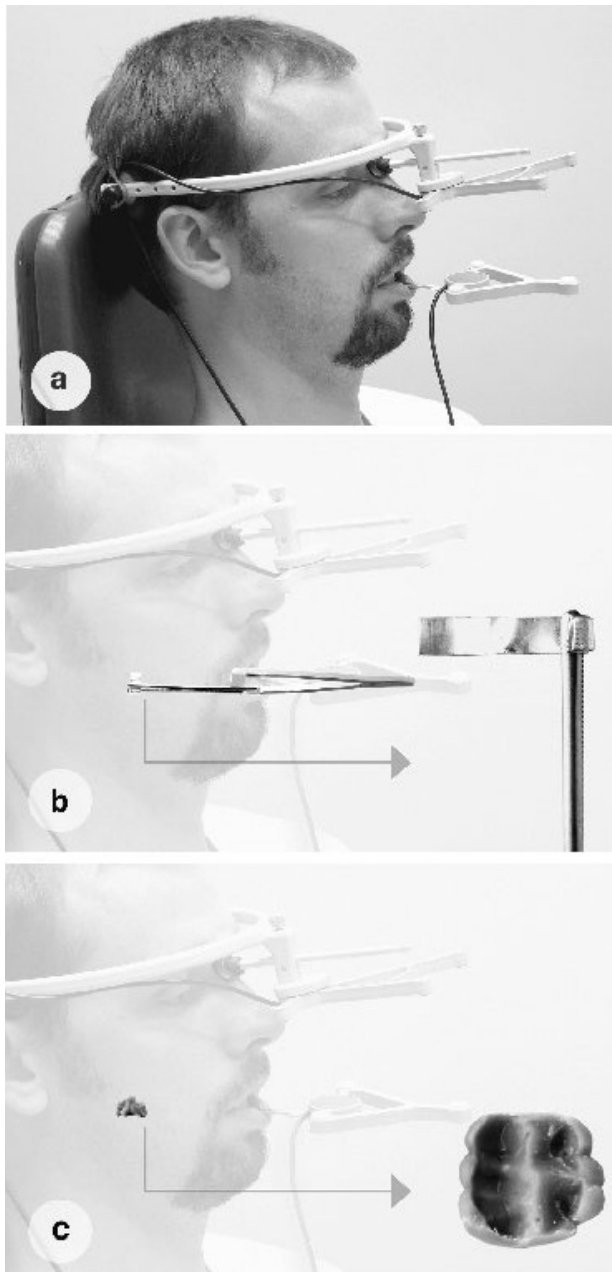
## 2 Material and methods

23 volunteers, six female and 17 male, aged between 21 and 53 years with an average age of 27.5 years, gave their consent to take part in this study. The subjects were students and clinic employees.

The inclusion criteria were as follows: 1.) good general health; 2.) 28 intact, sufficiently restored teeth, but third molars absent; 3.) stable occlusion; 4.) no prosthetic restoration, either fixed or removable.

The exclusion criteria were: 1.) signs of CMD (evaluated using the questionnaire of the Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie [German Society for Functional Diagnostics and Therapy, DGFDT]); 2.) mobility of molars, premolars or canines  $> 0$  (no palpable mobility); 3.) mobility of the incisors  $> 1$  (palpable but not visible mobility).

Each participant was given the instructions: “Please clench your teeth using normal force / Please open your mouth / Please clench your teeth with maximum force“ (Fig. 1a.). The instructions were then repeated with tin foil 1 mm thick bilaterally between teeth 17/47 and 27/37 (Fig. 1b). We then positioned a stiff bite registration material (Luxatemp, DMG Ham-



**Abbildung 1** Ultraschall-Messgerät ohne Hypomochlion (a), mit 1 mm Zinn-Folie (b) und Protrusion verhinderndem Aufbiss (c).

**Figure 1** Ultrasonic analyzer without pivot (a), with 1 mm tin foil (b) and anti-protrusion stop (c).  
(Abb. 1-4: A. Scholz)

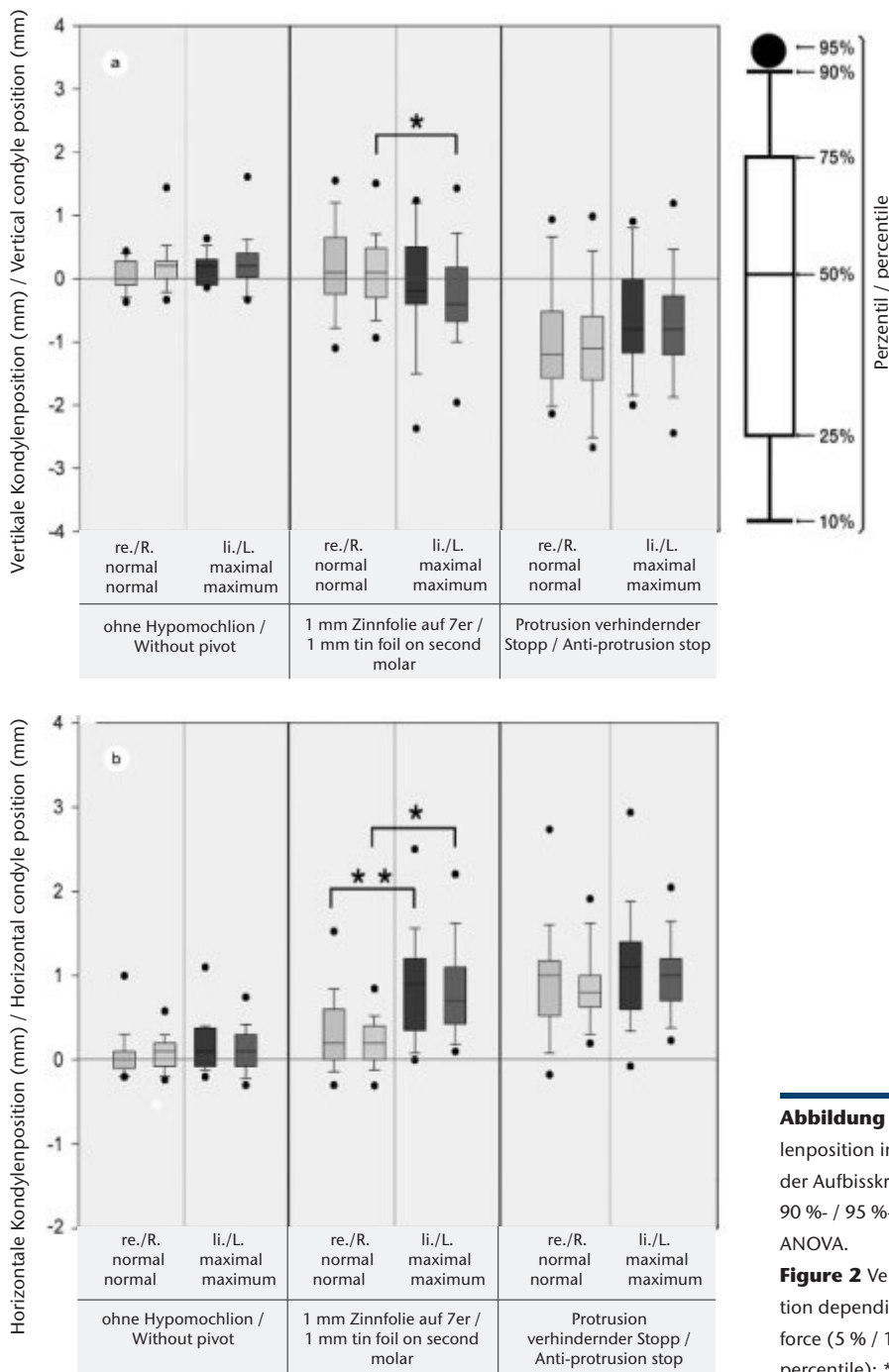
derholt (Abb. 1b). Abschließend brachten wir ein starres Bissregistrierungsmaterial (Luxatemp, DMG Hamburg, Deutschland) zwischen die Zähne 16/46 und 26/36, während die Zinnfolien in ihrer Position belassen wurden. Anschließend schlossen die Probanden ihre Kiefer, um die Höhe zu behalten und eine Protrusion bei der Herstellung zu vermeiden bis zum ersten Kontakt auf der Zinnfolie. Nach der Aushärtung des Bissregistrierungsmaterials wurden die Zinnfolie und der Aufbiss entfernt, der Aufbiss wurde auf die Breite des Molaren gekürzt, und das okklusale Relief belassen. Anschließend bissen die Probanden auf den bilateral eingesetzten Stopp locker und fest zusammen (Abb. 1c). Diese okklusalen Stopps sollten eine Verlagerung der Kondylen nach anterior-kaudal verhindern, die fälschlicherweise als Distraktion angesehen werden könnte.

Die Kieferöffnung zwischen den Versuchen wurde zur Trennung der Daten vom „normalen“ und „maximalen“ Zubeißen eingefügt. Jedes Zusammenbeißen dauerte drei Sekunden.

burg, Germany) between teeth 16/46 and 26/36, while the tin foil was left in place. The subjects then clenched their jaws to maintain the height and avoid protrusion during registration until the first contact with the tin foil. After the bite registration material had set, the tin foil and bite guide were removed, the bite guide was shortened to the width of the molars and the occlusal relief was left. The subjects then clenched loosely and tightly on the bilaterally positioned stops (Fig. 1c). These occlusal stops were intended to prevent anterior and downward movement of the condyles, which might be regarded incorrectly as distraction.

The subjects opened their mouths between the tests to separate the “normal” and “maximum” clenching data. Each clenching lasted three seconds.

Movement of the condyles was measured with an ultrasonic 3D movement analyzer that includes six degrees of freedom (CMS20JMA, Zebris, Isny, Germany) (Fig. 1a–c). The ana-



**Abbildung 2** Vertikale (a) und horizontale (b) Kondylenposition in Abhängigkeit der Art des Aufbisses und der Aufbisskraft (5 %- / 10 %- / 25 %- / Median / 75 %- / 90 %- / 95 %-Perzentile). \*p < 0,05 ANOVA; \*\*p < 0,001 ANOVA.

**Figure 2** Vertical (a) and horizontal (b) condyle position depending on the type of pivot and the occlusal force (5 % / 10 % / 25 % / median / 75 % / 90 % / 95 % percentile); \*p < 0.05 ANOVA; \*\*p < 0.001 ANOVA.

Die Verlagerung der Kondylen wurde mit einem ultraschallgestützten 3D-Bewegungsanalyse-Gerät untersucht, das sechs Freiheitsgrade erfasst (CMS20JMA, Zebis, Isny, Deutschland) (Abb. 1a-c). Das Messgerät ist in der Literatur detailliert beschrieben [17]. Zur Ermittlung des anfänglichen Drehzentrums für die initiale Mundöffnung führten die Probanden aus der Zentrik kleine Mundöffnungs- und Schließbewegungen durch. Die Bewegung des Unterkiefers ist somit als Bewegung dieses anfänglichen Drehzentrums beschrieben; eines Punktes also, der nicht anatomisch, sondern funktionell definiert ist und der nicht zwingend, aber häufig, im Kondylenbereich liegt [19].

Während der Untersuchung wurde die Kondylenposition in horizontaler, vertikaler und in lateraler Richtung gemessen.

lyzer has been described in detail in the literature [17]. To determine the initial centre of rotation for initial mouth opening, the subjects performed small opening and closing movements from centric occlusion. The movement of the mandible is therefore described as a movement of this initial center of rotation; this is a point that is defined not anatomically but functionally and that does not have to but often does lie in the region of the condyle [19].

During the investigation, the condyle position was measured in the horizontal, vertical and lateral direction. This resulted in three measurements (one without bite support, one with tin foil and one with the anti-protrusion bite support x 2 ("normal" and "maximum" force) = 6 measurements. Each measurement was repeated once so that we had

Hieraus resultieren drei (eine ohne Aufbiss, eine mit Zinnfolie und eine mit dem protrusionsverhindernden Aufbiss)  $\times$  2 („normaler“ und „maximaler“ Kraft) = 6 Messungen. Jede Messung wurde einmal wiederholt, so dass wir jeweils zwei Ergebnisse für jedes Zusammenbeißen erhielten. Anhand des Mittelwertes wurde aus den Daten der ersten 180 Messungen der „intra-class correlation coefficient (ICC)“ errechnet. Die sechs Daten-Gruppen wurden bei normalverteilten Werten einer einfachen Varianzanalyse (ANOVA), bei nicht normalverteilten Werten dem Rangtest für unabhängige Stichproben nach Kruskal-Wallis unterzogen, um anschließend einen Post hoc-Test (Dunn'sche Methode) durchzuführen.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte mittels Boxplotdiagrammen. Zur Veranschaulichung des Einflusses des Aufbissdesigns (Abb. 3) wurde die Differenz zwischen „normalem“ und „maximalem“ Zusammenbeißen errechnet.

### 3 Ergebnisse

Mittelwerte und Verteilung der Daten für die vertikale (y-Werte) und horizontale (x-Werte) Verlagerung der Kondylen sind in Abbildung 2 dargestellt. Der Mittelwert des ICC der y-Werte betrug 0,863 (95 %-Konfidenzintervall: 0,832, 0,907). Der Mittelwert des ICC der x-Werte betrug 0,863 (95 %-Konfidenzintervall: 0,852, 0,927).

#### 3.1 Vergleich zwischen „normaler“ und „maximaler“ Kraft

Der Vergleich der y-Werte für das „normale“ und „maximale“ Zusammenbeißen zeigt 1.) eine Tendenz zu höheren y-Werten (= kraniale Bewegung oder Kompression), wenn die Probanden ohne Hypomochlion „maximal“ zusammen bissen, 2.) kleinere y-Werte (= Kaudalbewegung oder Distraktion), wenn die Probanden mit „maximaler“ Kraft auf die Zinnfolie bissen und 3.) größere y-Werte (= kraniale Bewegung oder Kompression), wenn die Probanden „maximal“ auf den protrusionsverhindernden Stopp bissen. Gleichwohl zeigt die einfache Varianzanalyse nur für das linke Gelenk einen signifikanten ( $p < 0,05$ ) Unterschied (Abb. 2a).

Die Auswertung der x-Werte zeigt, dass das „maximale“ Zusammenbeißen im Vergleich zum „normalen“ Zusammenbeißen auf den Zinnfolien zu statistisch signifikant höheren x-Werten (= Protrusion) führte (rechts:  $p < 0,05$ ; links  $p < 0,001$ ). Bei den Versuchen ohne Aufbiss und mit einem protrusionsverhindernden Aufbiss hingegen führte das Zusammenbeißen mit „maximaler“ Kraft zu keiner signifikant messbaren Protrusion (Abb. 2b).

#### 3.2 Vergleich der unterschiedlichen Aufbisse

Das Zusammenbeißen der Probanden mit „maximaler“ Kraft auf die protrusionsverhindernden Aufbissbehelfe auf den ersten Molaren bewirkte eine statistisch signifikante ( $p < 0,05$ ) Erhöhung des errechneten y-Differenz-Wertes, führte also zu einer Kranialverlagerung oder Gelenkkompression von 0,31 mm (Abb. 3a: Vergleich von Spalte 1 = „rechts  $\Delta$  normal – maximal ohne Hypomochlion“ mit Spalte 5 = „rechts  $\Delta$  normal – maximal protrusionsverhindernder Aufbissbehelf“ und Spalte 2 mit

two results for each clenching. The “intra-class correlation coefficient (ICC)“ was calculated using the means of the first 180 measurements. The six data groups underwent simple variance analysis (ANOVA) in the case of normally distributed values and the Kruskal-Wallis rank test for independent samples was used if the values were not normally distributed so that a post hoc test (Dunn's method) could then be performed.

The results were shown graphically using boxplot diagrams. To illustrate the influence of the bite support design (Fig. 3), the difference between “normal“ and “maximum“ clenching was calculated.

### 3 Results

The means and distribution of the results for the vertical (y values) and horizontal (x values) movement of the condyles are shown in figure 2. The mean ICC of the y values was 0.863 (95 % confidence interval: 0.832, 0.907). The mean ICC of the x values was 0.863 (95 % confidence interval: 0.852, 0.927).

#### 3.1 Comparison between “normal“ and “maximum“ force

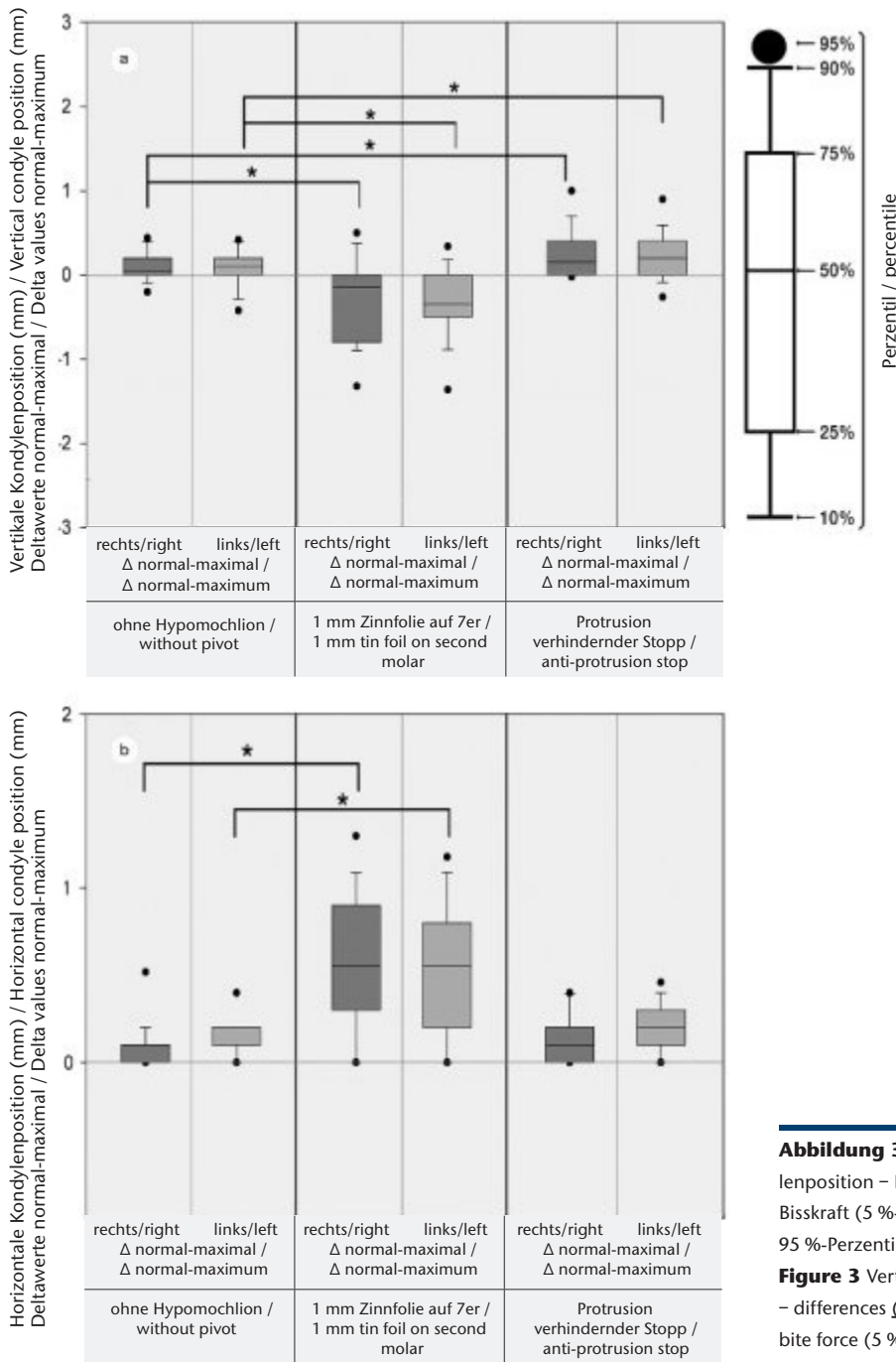
Comparison of the y values for “normal“ and “maximum“ clenching shows: 1.) a tendency to higher y values (= upward movement or compression) when the subjects clenched “maximally“ without a pivot appliance, 2.) lower y values (= downward movement or distraction) when the subjects bit on the tin foil with “maximum“ force and 3.) higher y values (= upward movement or compression) when the subjects clenched “maximally“ on the anti-protrusion stop. Nevertheless, simple variance analysis shows a significant difference ( $p < 0.05$ ) only for the left TMJ (Fig. 2a).

Analysis of the x values shows that “maximum“ clenching led to statistically significantly higher x values (= protrusion) compared with “normal“ clenching on the tin foil (right:  $p < 0.05$ ; left:  $p < 0.001$ ). In contrast, in the tests without a bite guide and with an anti-protrusion stop, clenching with “maximum“ force did not lead to significantly measurable protrusion (Fig. 2b).

#### 3.2 Comparison of the different bite guides

Clenching by the subjects with “maximum“ force on the anti-protrusion bite guides on the first molars produced a statistically significant ( $p < 0.05$ ) increase in the calculated difference in y value, that is, it led to upward movement or joint compression of 0.31 mm (Fig. 3a: Comparison of column 1 = “right  $\Delta$  normal – maximum without pivot“ with column 5 = “right  $\Delta$  normal – maximum anti-protrusion bite guide“ and column 2 with column 6 for the left joint). When the subjects





**Abbildung 3** Vertikale (a) und horizontale (b) Kondylenposition – Differenzwerte ( $\Delta$ ) maximale-normale Bisskraft (5 % - / 10 % - / 25 % - / Median / 75 % - / 90 % - / 95 %-Perzentile); \*p < 0,05 ANOVA.

**Figure 3** Vertical (a) and horizontal (b) condyle position – differences ( $\Delta$ ) between maximum and normal bite force (5 % / 10 % / 25 % / median / 75 % / 90 % / 95 % percentile); \*p < 0.05 ANOVA.

Spalte 6 für das linke Gelenk). Wenn die Probanden mit „maximaler“ Kraft auf die 1 mm starke Zinnfolie bissen, verringerte sich der errechnete y-Differenz-Wert um 0,40 mm und zeigte eine statistisch signifikante Kaudalverlagerung. Zusätzlich verursachte das Beißen auf die Zinnfolie eine Protrusion von 0,62 mm (Erhöhung der errechneten x-Differenz-Werte). Für das maximale Beißen auf den adjustierten Aufbiss ergab ANOVA keine statistisch signifikante Protrusion (Abb. 3b: Vergleich von Spalte 1 mit Spalte 5 und Spalte 2 mit Spalte 6, p > 0,05).

Der Vergleich zwischen „normaler“ und „maximaler“ Bisskraft zeigt bei den verschiedenen Hypomochlien keinen statistisch signifikanten (p < 0,05) Unterschied für die y-Werte, mit Ausnahme des linken Gelenkes bei der Zinnfolien-Versuchsreihe. Die x-Werte hingegen erhöhten (= Protrusion) sich signifi-

clenched with „maximum“ force on the 1 mm thick tin foil, the calculated difference in the y value was 0.40 mm and showed a statistically significant downward movement. In addition, clenching on the tin foil caused protrusion of 0.62 mm (increase in the calculated difference in x values). ANOVA did not result in statistically significant protrusion for maximum clenching on the adjusted bite guide (Fig. 3b: comparison of column 1 with column 5 and column 2 with column 6, p > 0.05).

The comparison between “normal” and “maximum” bite force with the different pivot appliances did not show any statistically significant (p < 0.05) difference for the y values, with the exception of the left TMJ in the tin foil test series. In contrast, the x values (= protrusion) increased significantly

kant (ANOVA  $p < 0,05$  beziehungsweise  $p < 0,001$ ), wenn die Probanden mit „maximaler“ Kraft auf die Zinnfolie bissen.

Im Vergleich des Designs der Hypomochlien führte das Zusammenbeißen mit „maximaler“ Kraft bei dem okklusal adjustierten, protrusionsverhindernden Aufbiss zu einer Kranialverlagerung des kondylären Referenzpunktes. Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen führte das „maximale“ Pressen auf die Zinnfolie zu einer kaudal-anterioren Verlagerung des Kondylus (ANOVA  $p < 0,05$ ). Aufgrund dieser Ergebnisse kann die Nullhypothese hinsichtlich der unterschiedlichen Aufbisskräfte und der Art des Hypomochlions zurückgewiesen werden.

Bei Eingliederung der Zinnfolie kommt es in Abhängigkeit der aufgewendeten Bisskraft zu einer Verlagerung der Kondylen nach anterior und kaudal. Ein okklusal adjustierter Aufbiss hingegen bewirkt eine Kranialverlagerung der Kondylen, die unabhängig von der aufgewendeten Kraft zu beobachten ist.

#### 4 Diskussion

Aufgrund des geringen Eigengewichtes der verwendeten Versuchsapparatur konnte eine Beeinflussung der Artikulationsbewegungen des Unterkiefers durch die Apparatur selbst ausgeschlossen werden.

Bei Kieferschluss kann es zu einer elastischen Deformation der Unterkieferspanne kommen [8], die bei unseren Messungen nicht berücksichtigt werden konnte. Diese Verformung ist in der Literatur bereits beschrieben worden. So kommt es bei beidseitiger Belastung der horizontalen Unterkieferäste zu einer kaudal konvexen Wölbung der Mandibula [9]. Die gemessenen Verlagerungen der Kondylen könnten somit verkleinert dargestellt worden sein.

Eine Beeinflussung der Messungen hinsichtlich eines erhöhten Muskeltonus der mimischen Muskulatur (im speziellen durch den *M. orbicularis oris*) konnte durch die starre Fixierung des JMA-Gerätes an den Unterkieferfrontzähnen ausgeschlossen werden.

Durch die Anwendung von Zinnfolie und okklusalen Stopps mit einer Stärke von 1 mm wurde die vertikale Dimension erhöht, was eine größere Beweglichkeit der Kondylen zur Folge hat [14]. Die größere Streuung der Messergebnisse mit Zinnfolie bzw. Stopp bestätigte diesen Effekt (Abb. 2). Die Erhöhung der Vertikalen führte zu einer erhöhten Streuung der Werte, wohingegen der Trend der Kondylenverlagerung nicht beeinflusst wurde.

In der Versuchsdurchführung wurden die Zinnfolie auf den zweiten Molaren und der okklusal adjustierte Aufbiss im Bereich der ersten Molaren angebracht. Diese unterschiedliche Positionierung könnte möglicherweise verfälschte Messung der Kondylenposition nach sich ziehen. In vorausgehenden Untersuchungen [17] wurde jedoch ermittelt, dass eine signifikante Veränderung der Kondylenposition erst bei Verlagerung des Hypomochlions in der Region des zweiten Prämolaren erfolgt. Daher ist die unterschiedliche Positionierung der Hypomochlien bei dieser Untersuchung als unkritisch zu betrachten.

Die Probanden waren mit der Fragestellung der Untersuchung vertraut. Diese Tatsache kann zu einem systematischen Fehler im Sinne eines Hawthorne-Effektes geführt haben. Jedoch konnten die Probanden ihre Messergebnisse während der Versuchsdurchführung nicht einsehen. Die Tatsache, dass jeweils zwei Messreihen durchgeführt wurden und diese gut reproduzierbar waren, macht eine Beeinflussung der Messergebnisse im Sinne eines Hawthorne-Effektes daher eher unwahrscheinlich.

(ANOVA  $p < 0.05$  and  $p < 0.001$  respectively) when the subjects clenched on the tin foil with “maximum” force.

Compared with the design of the pivot appliances, clenching with “maximum” force with the occlusally adjusted anti-pivot bite guide led to upward movement of the condylar reference point. In contrast to these results, “maximum” clenching on the tin foil led to downward and forward movement of the condyle (ANOVA  $p < 0.05$ ). Because of these results, the null hypothesis regarding the different clenching forces and the type of pivot can be rejected.

When fitting the tin foil, there is anterior and downward movement of the condyles depending on the bite force employed. An occlusally adjusted pivot, in contrast, produces upward movement of the condyles, which is observed regardless of the force employed.

#### 4 Discussion

Because of the low intrinsic weight of the employed test appliance, an influence of the appliance itself on the articulation movements of the mandible could be ruled out.

When the jaw is closed, elastic deformation of the mandibular arch can occur [8], which our measurements did not take into account. This deformation has already been described in the literature. On bilateral loading of the horizontal rami, there is a convex downward arching of the mandible [9]. The measured movements of the condyles may therefore have been shown reduced.

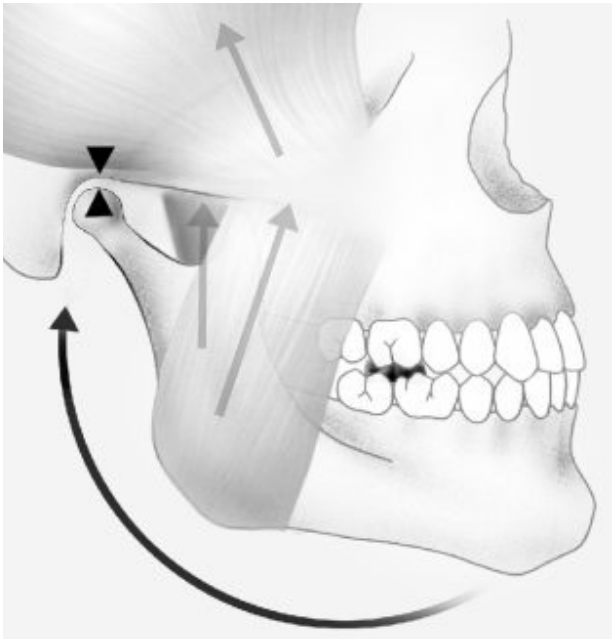
An effect on the measurements of increased muscle tone in the muscles of facial expression (especially due to the *orbicularis oris*) was ruled out by the rigid fixation of the JMA device to the lower front teeth.

The vertical dimension was increased by using tin foil and occlusal stops 1 mm in thickness, which results in greater mobility of the condyles [14]. The greater distribution of the results with tin foil and the stop confirmed this effect (Fig. 2). The increase in the verticals led to increased distribution of the results, whereas the trend to condyle movement was not influenced.

When performing the test, the tin foil was placed on the second molars and the occlusally adjusted stop was attached in the region of the first molars. This difference in positioning might lead to incorrect measurement of the condyle position. However, it was found in previous investigations [17] that a significant change in condyle position takes place only when movement of the pivot takes place in the region of the second premolar. The difference in the positioning of the pivots can therefore be regarded as non-critical in this investigation.

The subjects were familiar with the objective of the research. This fact may have led to a systematic error in the form of a Hawthorne effect. However, the subjects were not able to see their results while the experiment was being performed. The fact that two series of measurements were performed and that these were readily reproducible makes an influence on the results in the form of a Hawthorne effect rather unlikely.

However, a negative effect on the results due to the long period during which the tests were performed and the associ-



**Abbildung 4** Kranialverlagerung des Kondylus durch ein Hypomochlion.

**Figure 4** Cranial movement of the condyle produced by a pivot.

Eine negative Beeinflussung der Messergebnisse durch den langen Zeitraum der Versuchsdurchführung und eine damit verbundene Ermüdung der Kaumuskulatur (Messreihe ohne Aufbiss, Messreihe mit Zinnfolie, Messreihe mit Bissregistrat) kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Eine Überprüfung, ob das JMA tatsächlich eine Kondylenverlagerung messen kann, erfolgte mit einem halbjustierbaren Artikulator (Artex Girschbach, Pforzheim, Deutschland), an dem eine Distraktion der Kondylen möglich war. Daher kann die Messung als valide angesehen werden.

Der in dieser Untersuchung eingesetzte JMA-Typ führt seine Messung weit anterior der Okklusion durch und kann somit eine Fehlerquelle darstellen. Die Veränderung der Kondylenposition kann somit vergrößert dargestellt worden sein. Zur Minimierung dieses systematischen Messfehlers wurde ein Nachfolgemodell entwickelt. Dieses ermöglicht nun die Messung im Bereich der Okklusion.

Die Meinungen über die Bedeutung von Schienen mit posteriorem Aufbiss werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Einige Autoren sind der Überzeugung, dass ein posteriores Hypomochlion einen distrahierenden Effekt auf das Kiefergelenk hat. Dies soll eine mechanische Entlastung dysfunktionell geschädigter Kiefergelenke bewirken [6]. In der Literatur sind die Auswirkungen der verkürzten Zahnreihe auf das Kiefergelenk beschrieben worden [5]. Aber trotz der verbesserten Untersuchungsmethoden wurden die Auswirkungen von Schienen auf das Kiefergelenk kaum untersucht.

In der vorliegenden Untersuchung wurden sowohl plane als auch okklusal adjustierte Aufbissbehelfe verwendet. Die Verwendung dieser Hypomochlien hatte das Ziel, die prinzipielle Funktionsweise von unterschiedlichen Schienendesigns zu simulieren. Die ermittelten Werte lassen sich jedoch nicht in vollem Umfang auf die Verwendung von Schienen übertragen. Sie stellen jedoch einen Trend dar, den es in weiteren Versuchen mit der Verwendung von Schienen zu bestätigen gilt.

Die Ergebnisse in der vorliegenden Untersuchung ergaben, dass es bei Eingliederung eines nicht adjustierten Aufbissbehel-

ated fatigue of the masticatory muscles (series of measurements without bite guide, series with tine foil, series with bite registration) cannot be ruled out.

Whether the JMA can actually measure condyle movement was checked with a semi-adjustable articulator (Artex Girschbach, Pforzheim, Germany), with which distraction of the condyles was possible. The measurement can therefore be regarded as valid.

The type of JMA employed in this study performs its measurements far anterior to the occlusion and can thus be a source of error. The change in condyle position may thus have been shown enlarged. To minimize this systematic measurement error, a follow-up model was developed. This now enables measurement in the occlusion region.

Opinions differ in the literature on the significance of splints with a posterior pivot. Some authors are convinced that a posterior pivot has a distracting effect on the temporomandibular joint. This is believed to produce mechanical relief of joints damaged by dysfunction [6]. In the literature, the effects of the shortened dental arch on the temporomandibular joint have been described [5]. However, despite the improved investigation methods, the effects of splints on the temporomandibular joint have hardly been studied.

In the present study, both flat and occlusally adjusted bite guides were used. The aim of using these pivots was to simulate the basic mode of function of different splint designs. However, the results obtained cannot be applied fully to the use of splints, but they represent a trend that should be confirmed in further studies on the use of splints.

The results of this study showed that when a non-adjusted bite guide (tin foil) is fitted, there is: 1.) downward movement of the condyles (mean  $-0.40$  mm for both joints;  $p < 0.05$ ) and 2.) protrusion (mean  $-0.62$  mm for both joints;  $p < 0.05$ ). From these results, a correlation between distraction and protrusion can be derived (Pearson Product Moment Correlation =  $-0.37$ ;  $p < 0.05$ ).



fes (Zinnfolie) zu 1.) einer Kaudalverlagerung der Kondylen (Mittelwert  $-0,40$  mm für beide Gelenke;  $p < 0,05$ ) und 2.) zu einer Protrusion (Mittelwert  $-0,62$  mm für beide Gelenke;  $p < 0,05$ ) kommt. Aus diesen Ergebnissen lässt sich eine Korrelation zwischen Distraktion und Protrusion ableiten (Pearson Product Moment Correlation =  $-0,37$ ;  $p < 0,05$ ).


Hieraus wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass die gemessene Distraktion des Kiefergelenkes keine reine translative Kaudalbewegung darstellte. Vielmehr resultierte sie aus einer Anteriorverlagerung entlang des Tuberculum articulare. Die vorliegende Untersuchung bestätigt damit die Ergebnisse von *Moncayo* et al. [11], steht aber im Gegensatz zu der Untersuchung von *Sato* et al. [16].

Weiterhin deuten die Ergebnisse darauf hin, dass das Beißen auf ein protrusionsverhindernden Aufbissbehelf, platziert auf dem ersten Molaren, zu einer Kranialverlagerung des Kondylus führt, also zu einer Kompression des Kiefergelenkes (Mittelwert  $0,31$  mm;  $p < 0,05$ ).

Diese Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Untersuchungen von *Hugger* et al. [6], *dos Santos* et al. [2] und *Moncayo* [11]. Allerdings liegt der Schwerpunkt dieser Untersuchungen zum einen nicht auf dem Gebrauch einer protrusionsverhindernden Schiene [11], noch wurde eine Protrusionsbewegung berücksichtigt [2, 6].

*Sato* et al. [16] hingegen beschrieb eine Gelenkkompression bei Kieferschluss auf einen weit posterior gelegenen, aber okklusal nicht adjustierten Aufbissbehelf. Allerdings fehlen in jener Studie Angaben über eine mögliche Protrusion.

Die vorliegenden Ergebnisse lassen sich auf die Geometrie des Kiefergelenkes und der Mundschließer zurückzuführen. Die Muskelansätze von M. masseter, M. temporalis und M. pterygoideus medialis liegen zum größten Teil in der Region des ersten Molaren. Daher verursacht auch ein Hypomochlion in Region der hinteren Molaren einen nach kranial und nicht nach kaudal gerichteten Kraftvektor (Abb. 4), wobei dieses Drehmoment allerdings umso kleiner ist, je weiter posterior der Aufbiss liegt.

Tatsächlich werden im klinischen Alltag Schienen mit distalem okklusalen Aufbiss verwendet, ohne dass dies immer zu einer pathologischen Symptomatik im Sinne einer CMD führt. Möglicherweise liegt dies daran, dass eine Gelenkkompression durch die Verlagerung des Kondylus nach kaudal aber eben auch nach anterior entlang der Gelenkbahn verhindert wird. 


The conclusion was drawn from this that the measured distraction of the temporomandibular joint did not represent a purely translational downward movement. Rather, it resulted from a forward movement along the articular tubercle. The present study thus confirms the results of *Moncayo* et al. [11], but conflicts with the study by *Sato* et al. [16].

Furthermore, the results indicate that biting on an anti-protrusion bite guide placed on the first molars leads to upward movement of the condyle, that is, to compression of the temporomandibular joint (mean  $0.31$  mm;  $p < 0.05$ ).

These results conflict with the investigations of *Hugger* et al. [6], *dos Santos* et al. [2] and *Moncayo* [11]. However, the emphasis in these studies was not on the use of an anti-protrusion splint [11] nor was a protrusion movement taken into account [2, 6].

*Sato* et al. [16], on the other hand, described joint compression when the jaw was closed on a bite guide placed far posteriorly but not occlusally adjusted. However, information on possible protrusion is lacking in this study.

The present results can be attributed to the geometry of the temporomandibular joint and the muscles that close the mouth. The attachments of the masseter, temporalis and medial pterygoid muscles are for the most part in the region of the first molar. A pivot in the region of the posterior molars therefore causes a force vector directed upward and not downward (Fig. 4), though this torque is smaller, the further posterior the stop is positioned.

In fact, splints with a distal occlusive stop are used routinely clinically without this always leading to pathological symptoms in the form of CMD. This is possibly due to prevention of joint compression by movement of the condyle downward but also forward along the path of the joint. 

#### Korrespondenzadresse:

Dr. Arne Scholz  
Pferdemarkt 1  
21682 Stade

**Literatur**

1. Dao TT, Lavigne GJ, Charbonneau A, Feine JS, Lund JP: The efficacy of oral splints in the treatment of myofascial pain of the jaw muscles: a controlled clinical trial. *Pain* 56, 85–94 (1994)
2. dos Santos J Jr, Nowlin TP: The effect of splint therapy on TMJ position measured by the Gerber Resiliency Test. *J Oral Rehabil* 19, 663–670 (1992)
3. Ekberg EC, Vallon D, Nilner M: Occlusal appliance therapy in patients with temporomandibular disorders. A double-blind controlled study in a short-term perspective. *Acta Odontol Scand* 56, 122–128 (1988)
4. Fujimura K, Kobayashi S, Suzuki T, Segami, N: Histologic evaluation of temporomandibular arthritis induced by mild mechanical loading in rabbits. *J Oral Pathol Med* 34, 157–163 (2005)
5. Hattori Y, Satoh C, Seki S, Watanabe Y, Ogino Y, Watanabe M: Occlusal and TMJ loads in subjects with experimentally shortened dental arches. *J Dent Res* 82, 532–536 (2003)
6. Hugger A, Gubensek M, Hugger S, Assheuer J, Bollmann F, Stüttgen U: Veränderungen der Kondylenposition unter Einsatz von Distraktionsschienen – Gibt es einen distraktiven Effekt? *Dtsch Zahnärztl Z* 59, 348–353 (2004)
7. Koh H, Robinson PG: Occlusal adjustment for treating and preventing temporomandibular joint disorders. *J Oral Rehabil* 31, 287–292 (2004)
8. Koriath TW, Hannam AG: Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. *J Dent Res* 73, 56–66 (1994)
9. Ludwig P: Funktionelle Kiefergelenkbelastung und Unterkieferdeformation. *Habilitationschrift* 1976
10. Minagi S, Natsuaki N, Sato T, Akamatsu Y, Shimamura M: Maintenance of condylar position using an occlusal splint after mechanical vibrating-traction of the TMJ. *J Oral Rehabil* 28, 1129–1132 (2001)
11. Moncayo S: Biomechanics of pivoting appliances. *J Orofac Pain* 8, 190–196 (1994)
12. Nickel JC, Iwasaki LR, Beatty MW, Marx DB: Laboratory stresses and tractional forces on the TMJ disc surface. *J Dent Res* 83, 650–654 (2004)
13. Nitzan DW: Friction and adhesive forces – possible underlying causes for temporomandibular joint internal derangement. *Cells Tissues Organs* 174, 6–16 (2003)
14. Okano K, Baba K, Akishige S, Ohyma T: The influence of altered occlusal guidance on condylar displacement. *J Oral Rehabil* 29, 1091–1098 (2002)
15. Rubinoff MS, Gross A, McCall WD: Conventional and nonoccluding splint therapy compared for patients with myofascial pain dysfunction syndrome. *Gen Dent* 35, 502–506 (1987)
16. Sato H, Ukon S, Ishikawa M, Ohki M, Kitamori H: Tomographic evaluation of TMJ loading affected by occlusal pivots. *Int J Prosthodont* 13, 399–404 (2000)
17. Seedorf H, Seetzen F, Scholz A, Sadat-Khonsari MR, Kirsch I, Jüde HD: Impact of posterior occlusal support on the condylar position. *J Oral Rehabil* 31, 759–763 (2004)
18. Tecco S, Festa F, Salini V, Epifania E, D’Attilio M: Treatment of joint pain and joint noises associated with a recent TMJ internal derangement: a comparison of an anterior repositioning splint, a full-arch maxillary stabilization splint, and an untreated control group. *Cranio* 22, 209–219 (2004)
19. van Bosman AE: Hinge axis determination of the mandible. *Utrecht. Habilitationsschrift* 1974
20. Wassel RW, Adams N, Kelly PJ: Treatment of temporomandibular disorders by stabilising splints in general dental practice: results after initial treatment. *Br Dent J* 197, 35–41 (2004)