

S. Kopp<sup>1</sup> · A. Friedrichs<sup>1</sup> · G. Pfaff<sup>2</sup> · U. Langbein<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jena · <sup>2</sup>München

# Beeinflussung des funktionellen Bewegungsraumes von Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule durch Aufbissbehelfe

## Eine Pilotstudie

### Zusammenfassung

Der Zusammenbiss der Zähne, die Art und Verteilung der antagonistischen Kontaktbeziehungen, ist vom Funktionszustand der Wirbelsäule abhängig (→ aufsteigende Dysfunktion). Bisher war es nicht „objektiv“ möglich die empirische Tatsache, dass eine Änderung der antagonistischen Kontaktbeziehungen der Zähne direkt funktionelle Veränderungen an der Wirbelsäule nach sich zieht, zu belegen. Mit dem Bewegungsaufzeichnungs- und Bewegungsanalysesystem *sonoSens*<sup>®</sup> kann gezeigt werden, dass der systematische Einsatz von Aufbissbehelfen zur Feinadjustierung der Okklusion die Beweglichkeit der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule beeinflusst. Die Effekte lassen sich in ersten Ansätzen schon nach wenigen Tagen objektiv nachweisen. Eine Verbesserung der Stabilität der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule konnte bisher über einen Zeitraum von 3 Monaten zweifelsfrei dokumentiert werden.

### Schlüsselwörter

Kraniomandibuläres System (CMS) ·  
Kraniozervikales System (CCS) ·  
Kraniosakrales System (CSS) · Kiefergelenk ·  
Funktion · Klinischer Befund ·  
Instrumentelle Funktionsanalyse ·  
Ultraschalldistanzmessung · Haltung

**Z**ahnärzten und Kieferorthopäden, die Patienten nach funktionellen Kriterien behandeln, ist schon seit vielen Jahren bewusst, dass Veränderungen in der Okklusion auch Veränderungen in der Position der Wirbelsäule bewirken [1, 5]. Viele Therapiekonzepte bauen auf dieser empirischen Tatsache auf, wenngleich der „objektive“ Beweis bisher nur unvollständig gelungen ist.

### Problemstellung und Zielsetzung

Während eine funktionelle Beeinflussung der dreidimensionalen Lage des Unterkiefers relativ zum Oberkiefer (→ aufsteigende Funktion/Dysfunktion) bekannt ist [14, 16, 27, 28], war es bisher unmöglich die Beeinflussung der Funktionalität der Wirbelsäule durch den Funktionszustand des Kausystemes objektiv nachzuweisen (→ absteigende Dysfunktion). Ziel der vorliegenden Arbeit ist es eine Methode zu beschreiben, mit der diese Zusammenhänge zweifelsfrei nachgewiesen werden können. Zusätzlich soll an einem Patientenbeispiel erläutert werden, mit welchen Veränderungen der Mobilität in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten durch Tragen eines individuell konstruierten und adjustierten Aufbissbehelfes zu rechnen ist.

### Literaturübersicht

Ziegert [44] beziffert die Anzahl der jedes Jahr durch Verkehrsunfälle verur-

sachten Nackenbeschwerden auf 200.000 Fälle. Im Jahr 1996 waren es nach Angaben der Frankfurter Allgemeinen Zeitung 500.000 Fälle [6]. Thomas et al. [37] betonen, dass es sich bei 95% dieser Verletzungen um Bagatellfälle handelt. Wie Kopp et al. [14] und Plato u. Kopp [27] nachweisen konnten, gelingt die konservative Therapie der Halswirbelsäulensyndrome – im Rahmen eines interdisziplinären orthopädisch-zahnärztlichen Therapieintervalls – schneller und dauerhaft stabiler als in der Vergleichsgruppe. Plato u. Kopp [28] und Kopp et al. [16] konnten darüber hinaus wissenschaftlich belegen, dass eine Veränderung des Funktionszustandes der Halswirbelsäule eine Veränderung der Unterkieferlage nach sich zieht. Schon Krogh-Poulsen [18] berichtete, dass „... dysfunktionsbedingte Leiden nicht nur im Kauorgan, sondern auch an anderen Stellen des Bewegungsapparates vorkommen. Mikrotraumatische Noxen treten bei Fehlbelastung während der Funktion auf, z. B. in der Muskulatur und/oder in Sehnen, Gelenkstrukturen und/oder parodontalen Geweben. Sie treten vor allem bei Aktivitäten auf, die

© Springer-Verlag 2003

Dr. med. dent. S. Kopp  
Poliklinik für Kieferorthopädie,  
Zentrum Zahn-Mund-Kieferheilkunde,  
Friedrich-Schiller-Universität,  
An der alten Post 4, 07743 Jena  
E-Mail: stefan.kopp@med.uni-jena.de

S. Kopp · A. Friedrichs · G. Pfaff  
 U. Langbein

**Influence of occlusion frames on the functional movement area of cervical, thoracic and lumbal vertebrae. A pilot study**

**Abstract**

The occlusion, i.e. the type and distribution of the antagonistic contact relationships of teeth, is dependent on the functional condition of the spinal column (→ increasing dysfunction). Previously it was not objectively possible to demonstrate the empirical fact that alterations in the antagonistic contact relationships of teeth are directly responsible for functional alterations to the spinal column. With the movement plotting and analysis system *sonoSens*® it can be demonstrated that the systematic use of occlusion frames for fine adjustment of occlusion, influences the movement of the cervical, thoracic and lumbal vertebrae. The effects can already be seen a few days after being used. An improvement in stability of each section of the spinal column could be clearly demonstrated over a period of 3 months.

**Keywords**

Craniomandibular system (CMS) ·  
 Craniocervical system (CCS) ·  
 Craniosacral system (CSS) ·  
 Temporomandibular joint · Function ·  
 Clinical findings · Instrumental analysis ·  
 Ultrasonic distance measurement · Posture



Abb. 1 ▲ Das Messgerät: *sonoSens*® mit einer Zentraleinheit (m=120 g, inklusive Batterien). Die Messfrequenz beträgt zwischen 1 und 50 Hz. Es können Messungen sowohl online als auch offline durchgeführt werden. Die beiden Sensorenpaare bestehen jeweils aus einem Sender und einem Empfänger und werden mit handelsüblichen EKG-Kleberingen auf der Haut befestigt [6]

mit großer Kraft und über lange Zeit durchgeführt werden.... die pathologischen Reaktionen in den Geweben, die von der mikrotraumatischen Einwirkung verursacht sind, kommen immer im Bindegewebe oder in anderen vom

Mesoderm derivierten Strukturen vor, und die dysfunktionellen Krankheiten, welche im oromandibulären Bewegungsapparat auftreten, haben infolge dessen ähnlichen Charakter wie im allgemeinen Bewegungsapparat“. In seinem „Funktionskreis“ [18] visualisiert und beschreibt Krogh-Poulsen:“... Die efferenten, motorischen Impulse innervieren genau diejenige muskuläre Aktivität, die notwendig ist, um eine bestimmte Funktion auszuführen. Dabei ist nicht nur die Kaumuskelatur, sondern sind auch das Zungen-Lippen-Wangen-System, das Zungen-Gaumensegel-System, die Pharynx- und Larynxmuskulatur und die Haltungsmuskulatur des Kopfes mitbeteiligt.“ Wenngleich diese klinisch/empirischen Tatsachen für jeden Praktiker die Grundlage seiner zahnärztlich funktionsorientierten Tätigkeit sind, so bleiben sie doch heute – teils scheinbar widerlegt durch Metaanalysen – nicht unwidersprochen [11, 26, 38]. Die neuere Literatur verschiebt die Ätiologie kraniomandibulärer und kraniozervikaler Schmerzen eher zu Gunsten psychosozialer Elemente – ein Ansatz, den schon Krogh-Poulsen [18] erkannt hatte. Er und viele Praktiker kennen die motorische Überaktivität im kraniomandibulären System bei Patienten in Stresssituationen und in einer Reihe anderer Konfliktsituationen. Beide Phänomene – funktionelle und psychosoziale – ergänzen sich, und sie widersprechen sich nur scheinbar. Krogh-Poulsen [18] fasst zusammen, wenn er



Abb. 2 ▲ Die Abbildung zeigt die schematische Darstellung der Funktionsweise des Sender-Empfänger-Prinzips der Ultraschallwellen, welche den Zusammenhang zwischen Zeit und zurückgelegtem Weg der Ultraschallwellen darstellt. Der Ultraschall wird zu einem Zeitpunkt  $t_0$  ausgesandt und zu einem Zeitpunkt  $t_1$  vom Empfänger entgegengenommen. Der zurückgelegte Weg wird dabei berechnet und kann graphisch dargestellt werden. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen unter der Haut beträgt konstant  $v=1500\text{m/s}$  unabhängig von der Dicke der Hautschichten [6]

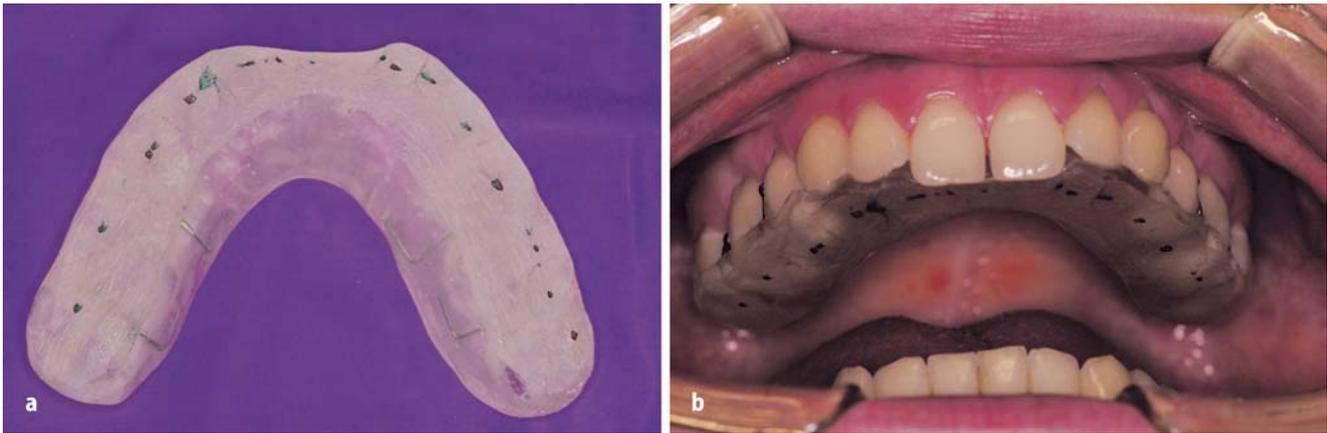


Abb. 3 ▲ Der flache Aufbissbehelf

schreibt: „Alle Methoden, die zu diesem Ziel führen [Dämpfung psychomotorischer Aktivität, Anm. d. Verf.], sind an sich akzeptabel, und es ist mehr oder weniger eine Geschmacksache, welcher man sich bedient.“

Kraus [17], McLaughlin [22], Olschowski [25], Ricketts [29] und Roth [30, 31] sehen Zusammenhänge zwischen der Okklusion und der Funktion des Bewegungssystems. Ulrici et al. [41] weisen darüber hinaus im Tierversuch nach, dass Okklusionsstörungen zu morphologischen Veränderungen im Kiefergelenk führen können. Öberg u. Carlsson [24] belegten diese Tatsache am histologischen Präparat des Menschen. Baume u. Derichsweiler [2] sowie McNamara u. Carlsson [23] fanden einen Zusammenhang zwischen exogener Reizeinwirkung und erhöhter Gewebereaktion innerhalb der kondylären Basal- und Proliferationszone, den sie als adaptative Gewebeantwort werteten. Es kommt zum Aufbau eines neuen Reflexmusters der Kaubewegung und damit zu einer Veränderung der Muskelfunktion der am Mastikationsvorgang beteiligten Muskulatur. Dieser veränderte Funktionszustand des „orofazialen Organs“ bewirkt als permanenter Reiz neben Anpassungserscheinungen der Kaumuskulatur [40] Alterationen und adaptative Gewebereaktionen des Kondylenknorpels der „druckbelasteten“ Kiefergelenke [41]. Janda [9] beschreibt eine „Spiegelung“ von Dysfunktionen im kranio-mandibulären und kraniozervikalen System sowie in der gesamten Haltung und bestätigt damit Lewit [19]. Goldstein et al. [7] beschrieben die Veränderung der Bewegungen des Unter-

kiefers in Abhängigkeit von der (Körper-) Haltung. Esposito et al. [4] untersuchten eine Patientengruppe mit Nackenbeschwerden ( $n=10$ ) und eine Gruppe ohne Nackenbeschwerden ( $n=70$ ) neurologisch und fanden in dieser Patientengruppe – wenngleich statistisch nicht signifikant – vermehrt Balance- und Koordinationsprobleme in der Körperstatik. Olschowski [25] stellte fest, dass Patienten mit kraniozervikaler Dysfunktion ein um 500% höheres Risiko – relativ zur Vergleichsgruppe – haben gleichzeitig an einer kranio-mandibulären Dysfunktion zu leiden.

Dieses Wissen um Zusammenhänge bei Haltungs- und Dyskoordinationsproblemen haben für viele Patienten aus unterschiedlichen Berufsgruppen eine hohe therapeutische Relevanz. Stellvertretend für alle werden Musiker und Musikstudenten erwähnt, die in 70–80% Haltungsschmerz bzw. muskuläre Dyskoordination angeben [8, 15, 21, 32, 33, 43].

## Material und Methoden

### Aufbau des Messsystems

Das System *sonoSens*<sup>®</sup> besteht aus einer zentralen Einheit, deren Abmessung 120×60×12 mm beträgt und ein Gewicht von etwa 120 g besitzt (Abb. 1). Die Energieversorgung wird über 2-mal 1,5 V Batterien Typ AAAA gewährleistet, die sich neben den Steuerungselementen und einem Datenspeicher (16 Mbit) sowie einem Display und einem Bedienfeld in einer Einheit befinden. Die RS-232-Schnittstelle am Gerät ermöglicht eine Datenübertragung zum PC, und eine weitere Schnittstelle kann bei einigen

Geräten das Setzen eines externen Triggers gewährleisten.

Die Messung erfolgt mit insgesamt 8 Ultraschallsendern/Ultraschallempfängern. Die Sensoren mit einem Durchmesser von 20 mm und einer Höhe von 5 mm werden in typischer Weise (s. unten) paravertebral mit handelsüblichen EKG-Kleberingen und Elektrodengel auf der Haut angebracht und können so problemlos wieder entfernt werden.

### Prinzip der Ultraschall-Distanzmessung

Der Ultraschall wird vom Sensor mit einer Frequenz von 300 kHz ausgesandt und kann nur von einem oder zwei weiteren vorgegebenen Sensoren empfangen werden. Die Ausbreitung der Ultraschallwellen erfolgt in Weichteilen, wie Haut-, Fett- und Muskelgewebe (subkutan) mit einer konstanten Geschwindigkeit von 1500 m/s in Form einer Kugelwelle. Hierbei entspricht die Vorzugsrichtung eher einer Keilform von 10°. Die Wellen breiten sich in einem Winkel von 20–30° von der abgeflachten Seite des Sensors aus; einige verlaufen parallel zur Oberfläche. Für die Laufzeitmessung werden nur die ersten Wellenberge der Longitudinalwellen benutzt, um andere, vom Körper reflektierte Signale, nicht irrtümlicherweise in die Rechnung einzubeziehen. Knöchernen Strukturen innerhalb der Messdistanz wirken störend auf die konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit der Ultraschallwellen. Die Ausbreitung erfolgt hier mit einer 3-mal höheren Geschwindigkeit [6]. Die maximale Messdistanz zwischen 2 Sensoren beträgt 70 cm, und der Mindestabstand darf 3,25 cm nicht unterschreiten. Es wird eine Genauigkeit von weniger als 0,5 mm erreicht (Abb. 2).

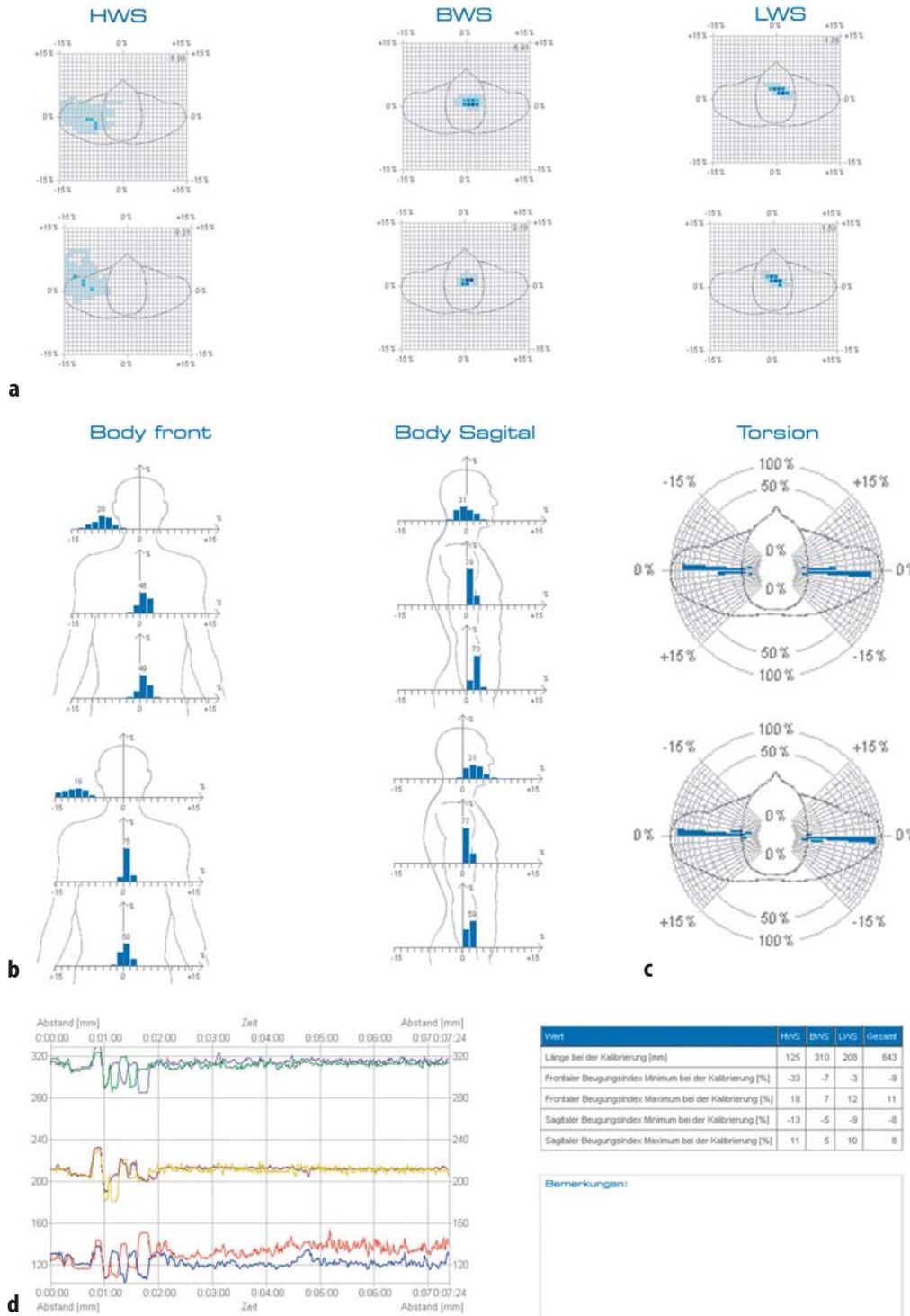


Abb. 4 ◀ **Auswertung einer Ganganalyse: (a) transversale Darstellung, (b) sagittale und frontale Darstellung, (c) Torsion, (d) Zeit-/Abstandsdiagramm und Beugungsindex**

Die gemessenen Distanzen können am Display abgelesen werden und sowohl online während der Messung als auch offline nach der Messung an den PC übertragen werden. Bei einer Messung mit 8 Kanälen und einer Frequenz von 1 Hz wird eine Dauer von über 42 h gewährleistet [6, 42].

### Wirkungsprinzip

Die meisten organischen Strukturen weisen eine mehr oder weniger elastische Struktur auf. Die Haut besitzt diese Eigenschaft v. a. an Gelenken und großflächigen Arealen [3, 36]. Besonders deutlich wird dies bei der Bauchdecke einer Schwangeren, die im Laufe der

Schwangerschaft eine hohe Nachgiebigkeit aufweisen muss, insbesondere bei Bewegungen des Kindes oder Kontraktionen des Uterus. Die Änderung der Länge der Haut steht im direkten Zusammenhang zu der Winkeländerung zwischen den darunter liegenden Strukturen [20].

## Flexion transversal

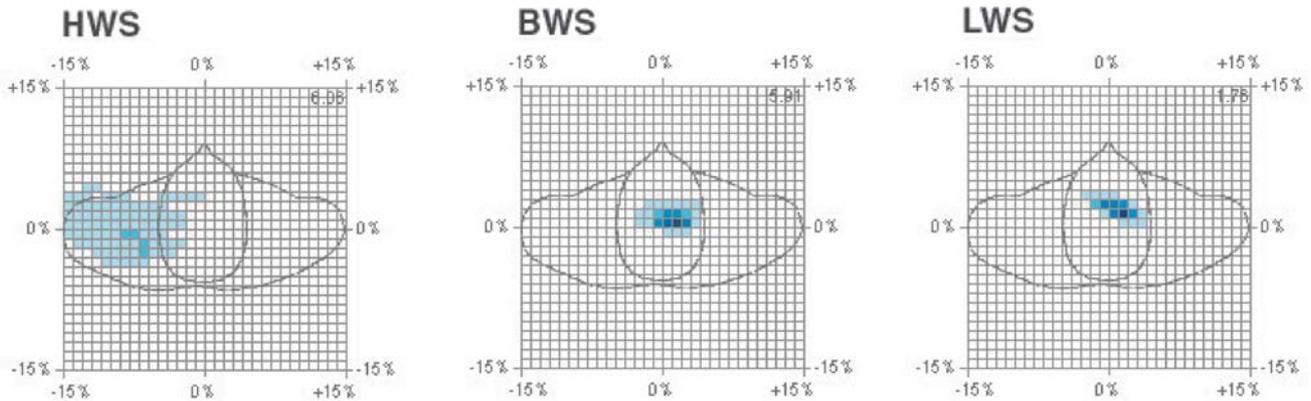


Abb. 5 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>0</sub>. Patient ohne Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebel. Darstellung der transversalen Projektion

### Untersuchung des kranio-mandibulären Systems

Die „Funktionsanalyse“ ist Teil des zahnärztlichen Diagnostikinventars [16]. Dabei wird neben einer klinisch manuellen Untersuchung des kranio-mandibulären Systems auch ein Screening des kranio-zervikalen Systems durchgeführt [12,13]. Auf dieser Basis wird dann eine differenzierende Untersuchung durchgeführt, wenn sich der Verdacht auf eine kranio-mandibuläre Dysfunktion bestätigt hat. Die Ergebnisse der Funktionsanalyse werden in alle weiteren therapeutischen Überlegungen einbezogen.

Ein Teil der systematischen Untersuchungskaskade – aus zahnärztlich/kieferorthopädischer Sicht – beschäftigt sich darüber hinaus mit instrumentellen Verfahren. In der funktionsorientierten Zahnheilkunde wird vorausgesetzt, dass eine Okklusionsanalyse an artikulator-montierten Modellen vorgenommen wird, um Störungen bei Zusammenbeißen der Zähne und bei Kaubewegungen zweifelsfrei – mit wissenschaftlicher Genauigkeit und reproduzierbar – diagnostizieren zu können. Zur instrumentellen Funktionsanalyse wird ferner das Aufzeichnen der Bewegungsbahnen des Unterkiefers („Achsio-graphie“) gezählt. In der vorliegenden Abhandlung wird auf die Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchung nicht eingegangen. In der zahnärztlichen Funktionsanalyse wird im Regelfall die dreidimensionale Beweglichkeit des kranio-zervikalen Systems nicht berücksichtigt.

Die manuelle Untersuchung des kranio-zervikalen, kraniothorakalen, kranio-lumbalen und kranio-sakralen Systems der Patienten erfolgte durch den Orthopäden im Team. Bei Vorliegen sicherer Befunde im kranio-zervikalen System lag die Indikation zur Bewegungsanalyse (der Wirbelsäule) vor (→ Einschlusskriterium).

### Manuelle orthopädische Untersuchung

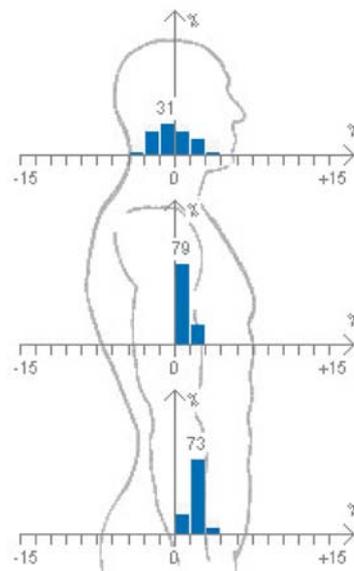
Die orthopädische Untersuchung integriert funktionelle Konzepte der Osteo-

pathie, Kraniosakraltherapie und manuellen Medizin. Unter Zuhilfenahme von sensomotorischen Koordinationstests wird die Verschaltung von Faszien, Muskelketten und Gelenkfunktionen analysiert. Zusätzlich werden Gleichgewichtsuntersuchung (Einbeinstand und Unterberger-Tretversuch) sowie Untersuchungen des binokularen Sehens (Testung auf Konvergenz und konsensuelles Verhalten sowie die Abklärung von Sehachsenabweichungen) durchgeführt.

### Bewegungsanalyse und Aufbissbehelf

Alle bisher in unserer Klinik mit dem vorgestellten Verfahren untersuchten Patienten wurden zunächst mit einem flachen

### Flexion sagittal



### Flexion frontal

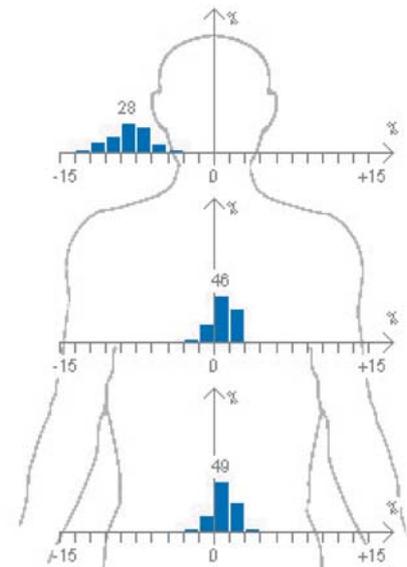


Abb. 6 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>0</sub>. Patient ohne Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebel. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

## Flexion transversal

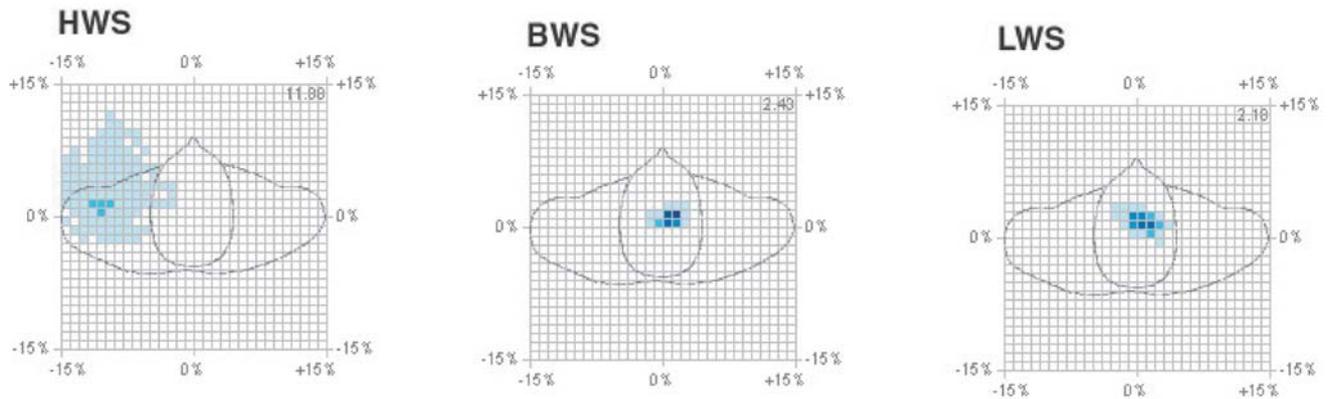


Abb. 7 ▲ Analyse zum Zeitpunkt  $T_0$ . Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der transversalen Projektion

chen Aufbissbehelf (Abb. 3) versorgt. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen den Aufbissbehelf im Artikulator herzustellen. Dazu wird die Rotationsachsen-/Oberkieferrelation mit einem Übertragungsbogen in den Artikulator transferiert und dann das Oberkiefermodell in den Artikulator montiert. Das Unterkiefermodell wird mit einem Registrat der zentrischen Relation dem Oberkiefer zugeordnet und in den Artikulator montiert. Die zahn-technische Herstellung und die okklusale Adjustierung des Aufbissbehelfes erfolgt in typischer Weise [34].

Als Nullhypothese ( $H_0$ ) wurde formuliert: Die dreidimensionale Änderung der Okklusion über einen individuell hergestellten Aufbissbehelf ändert die Funktionalität der HWS bzw. der BWS und der LWS nicht.

Die Bewegungsanalyse der Wirbelsäule erfolgte immer in stereotyper Weise:

A. erste Analyse ( $T_0$ ):

1. Kalibrierung des Gerätes, Zähne sind nicht in Okklusion.
2. Zirka 5 min Gehen ohne Aufbissbehelf im Mund.
4. Zirka 5 min Gehen mit Aufbissbehelf im Mund, Zähne sind in Kontakt mit dem Aufbissbehelf.

B. Alle weiteren Termine ( $T_1, T_2, T_3$ ):

1. Kalibrierung des Gerätes, Zähne sind nicht in Okklusion.

Während der Therapie und Kontrolle wurde bewusst darauf verzichtet eine orthopädische bzw. physiotherapeutische

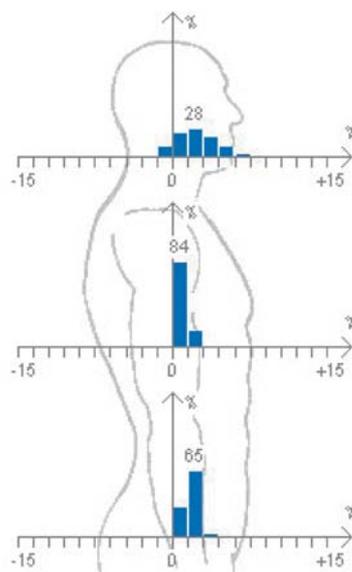
Behandlung durchführen zu lassen. Es wurden keine Eigenübungen gelehrt oder durchgeführt.

Darüber hinaus wurde der Patient aufgefordert—wie er aus der Funktionsuntersuchung beim Erheben der Einzelbefunde gewohnt war—eine Einschätzung seines (Gesamt-)Schmerzbildes anhand der visuellen Analogskala (VAS) nach Huskisson et al. [10] vorzunehmen. In einer Ganzkörperzeichnung wurden alle Schmerzbereiche, nicht nur die, die der Wirbelsäule zugeordnet werden konnten, dokumentiert.

## Applikation der Sensoren

Zur Datenerfassung wurden die Sensoren des *sonoSens*<sup>®</sup> mit Klebevlies paravertebral an der Wirbelsäule angeordnet. Zum Monitoring der Wirbelsäulenbewegung wurden im Abstand von ca. 2–5 cm links und rechts der Wirbelsäule insgesamt 8 Sensoren platziert. Pro Wirbelsäulenabschnitt wurde mit jeweils 2 Kanälen gemessen. Die genauen Klebestellen der Sensoren befanden sich am Hals bei C<sub>3</sub>/C<sub>4</sub>, an der BWS bei TH<sub>2</sub>/TH<sub>3</sub> sowie TH<sub>11</sub>/TH<sub>12</sub> und an der LWS etwa bei L<sub>4</sub>/L<sub>5</sub>.

## Flexion sagittal



## Flexion frontal

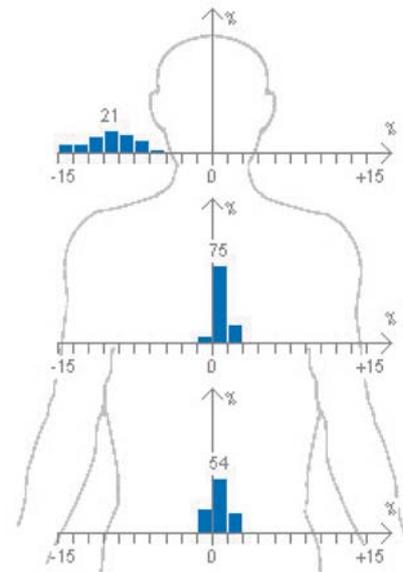


Abb. 8 ▲ Analyse zum Zeitpunkt  $T_0$ . Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

## Flexion transversal

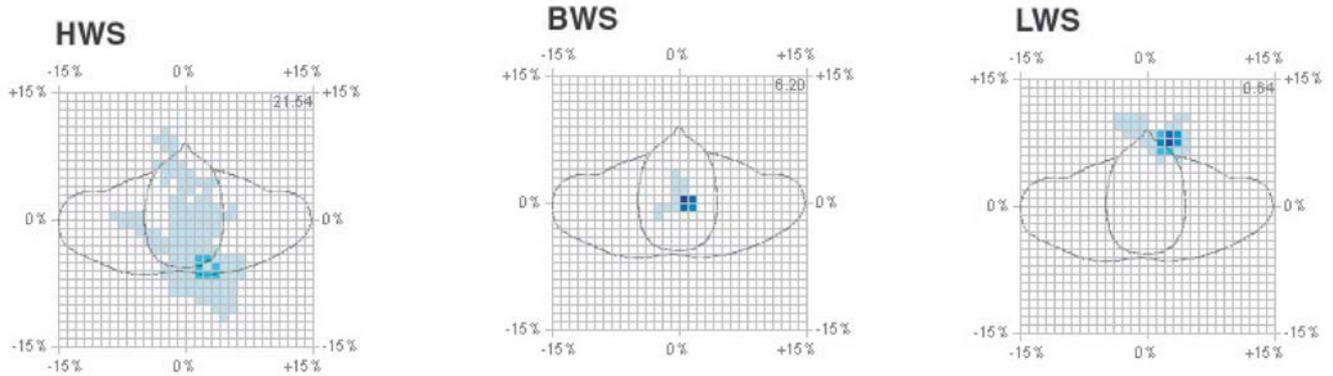


Abb. 9 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>1</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebel. Darstellung der transversalen Projektion

### Kalibrierung

In der Kalibrierung wurden die maximalen Bewegungen der Wirbelsäule in folgenden Bereichen erfasst: (1) Flexion/Extension, (2) Lateralflexion und (3) Torsion. Die Kalibrierung wurde in folgender Ablaufroutine durchgeführt:

- ▶ Der Proband stellte sich mit dem Rücken an eine Wand und verharrte in dieser Position.
- ▶ Danach beugte sich die Testperson maximal nach vorn, dabei blieben die Beine gestreckt, das Kinn wurde

auf das Brustbein gelegt. Nachfolgend wurde die Bewegung umgekehrt und die maximale Extension durchgeführt.

- ▶ Zur Bestimmung der Bewegungsamplituden in der Frontalebene hatte die Testperson den Oberkörper, beginnend mit links, maximal zu beiden Seiten geneigt. Dabei blieb das Becken fixiert.
- ▶ Zur Erfassung der Torsionsbewegung wurde das Becken fixiert und der Oberkörper maximal nach links und rechts um die Körperlängsachse verdreht.

- ▶ Den Abschluss der Kalibrierung bildete eine kurzes Verharren im aufrechten Stand.

### Ergebnisprotokoll

Die gesamten Diagramme des Ergebnisprotokolls sind beispielhaft in Abb. 4 dargestellt.

### Flexionsdiagramme

Diese Darstellung ermöglicht die Visualisierung der Gesamtkörperhaltung. Für die 3 Wirbelsäulenabschnitte (HWS, BWS, LWS) werden jeweils (1) die Flexion, (2) die Extension und (3) die Lateralflexion in Histogrammform dargestellt. Die Häufigkeit der Einnahme der einzelnen Körperhaltungen ist farblich kodiert. Größere Häufigkeiten werden durch höhere Farbsättigung dargestellt.

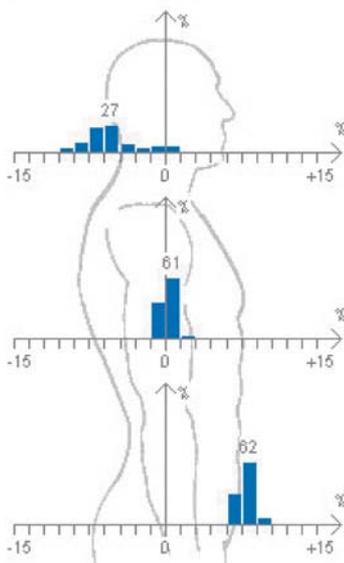
### Bodygramm

Es werden Sagittal- und Frontalbodygramme unterschieden. Dazu wird eine Histogrammdarstellung erzeugt, die die Häufigkeitsverteilung für die Flexion/Extension (Sagittalbodygramm) bzw. für die Lateralflexion (Frontalbodygramm) wiedergibt. Die höhere Häufigkeit wird durch längere Balken gezeigt.

### Torsionsdiagramm

Diese Darstellung ermöglicht die Visualisierung der Torsion. Es wird eine Histogrammdarstellung erzeugt, die die Häufigkeitsverteilung für die einzelnen Torsionswerte wiedergibt. Die höhere Häufigkeit wird durch längere Balken gezeigt.

## Flexion sagittal



## Flexion frontal

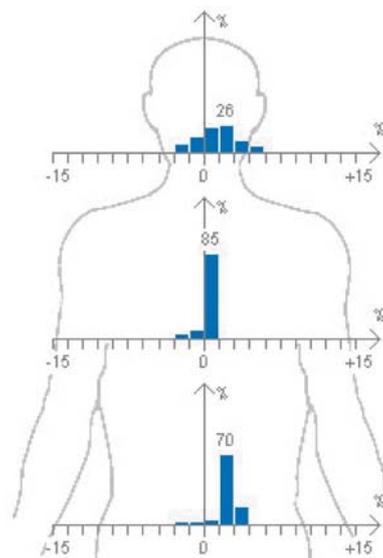


Abb. 10 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>1</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebel. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

Flexion transversal

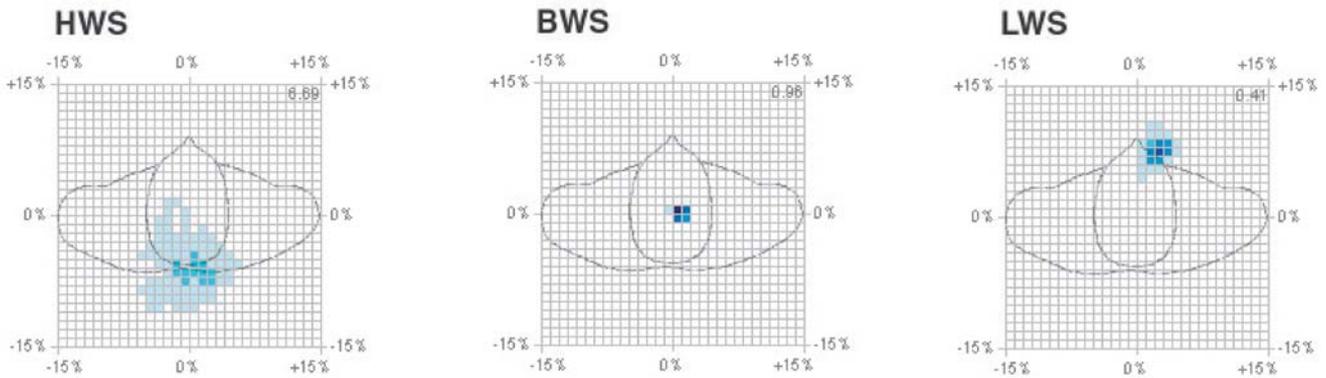


Abb. 11 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>1</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der transversalen Projektion

Tabelle

Die Tabelle ermöglicht die abschnittsweise Listung verschiedener Parameter für die Körperhaltung, wie z. B. den sagittalen Beugungsindex (SBI, entspricht der prozentualen Längenänderung des Flexionskanals bei Flexion bzw. Extension), den frontalen Beugungsindex (FBI, entspricht der prozentualen Längenänderung des Lateralflexionskanals bei Seitbeugung) und die Trends der Wirbelsäulenhaltung.

Ergebnisse

Die Bewegungsanalyse zeichnet den Bewegungsraum, den HWS, BWS und LWS während 5-minütigen Gehens einnehmen, auf. Es werden die Ergebnisse eines Patienten exemplarisch dargestellt.

Erste Analyse

Der im Folgenden exemplarisch dargestellte Patient zeigte Befunde einer myogenen und arthrogenen kranio-mandibulären Dysfunktion. Darüber hinaus konnten kraniozervikale, kranio-lumbale und kranio-sakrale Dysfunktionen diagnostiziert werden.

Die erste Bewegungsanalyse (T<sub>0</sub>) zeigt den Patienten bei 5-minütigem Gehen ohne einen Aufbissbehelf im Munde. Während des Messintervalls waren die Zähne außer Kontakt; der Unterkiefer wurde in „Ruheposition“ (Ruheschwebel) gehalten. Der Patient gab im kranio-mandibulären Bereich einen VAS-Wert von 6 an.

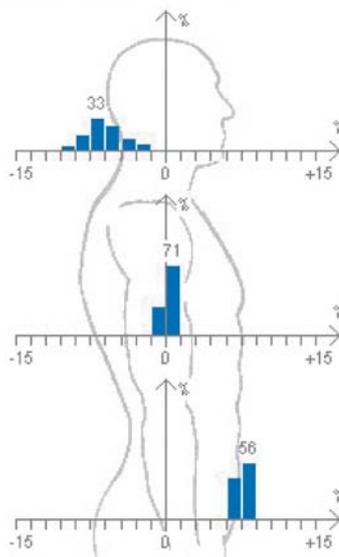
In Abb. 5 sind die Positionen der Wirbelsäule in blauer Farbe dargestellt. Grundsätzlich bedeutet eine dunklere Blau, dass sich die Achse länger in diesem Bereich bewegt/aufgehalten hat (s. „Material und Methoden“). Ohne auf statistische Aspekte einzugehen ist klar erkennbar, dass der von der Halswirbelsäule bei 5-minütigem Gehen eingenommene Bewegungsraum nach links – aus der Körpermitte heraus – verlagert ist und eine relativ große Fläche der Grafik einnimmt. Das bedeutet, dass die Wirbelsäule in diesem Bereich unter Funktion nicht stabil gehalten werden

konnte. Die Bewegungsräume von BWS und LWS sind im Vergleich zum Bereich der HWS relativ gering und vergleichsweise zentriert.

In Abb. 6 ist die Verweildauer in den einzelnen Positionen zum besseren dreidimensionalen Verständnis – dieselben Befunde wie in Abb. 1 – in sagittaler und frontaler Projektion dargestellt.

Anschließend wurde ein individueller „flacher Aufbissbehelf“ eingegliedert (Abb. 3). Die Auswertung des zweiten Messintervall ergab bemerkenswerte Veränderungen. Abbildung 7 zeigt die Arreale mit eingesetztem Aufbissbehelf. Der Patient wurde aufgefordert den Unterkiefer leicht in Kontakt zum Oberkiefer zu bringen. Wie Sebald u. Kopp [35] beschreiben, finden dabei alle Höcker

Flexion sagittal



Flexion frontal

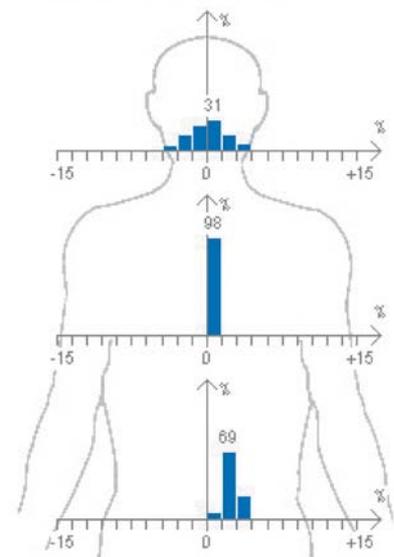


Abb. 12 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>1</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

## Flexion transversal

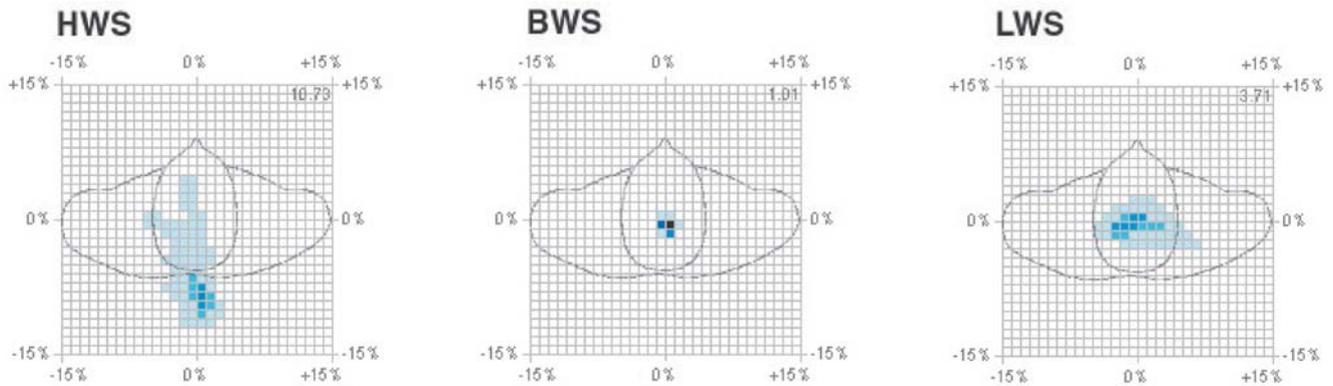


Abb. 13 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>2</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebe. Darstellung der transversalen Projektion

des Gegenkiefers am Aufbissbehelf – in statischer Okklusion – gleichmäßigen Kontakt. Alle Vorkontakte – statisch wie dynamisch – sind damit eliminiert. Die Kraftableitung erfolgt beim Zusammenbeißen auf beiden Seiten gleichmäßig. In Abb. 7 und Abb. 8 sind die Auswertungen dargestellt. Es gab keine „Sofortwirkung“ auf die Stabilisierung der Wirbelsäule. Die Areale hatten sich bei exakter Analyse sogar noch ein wenig vergrößert. Dies kann als initiale – wenn auch geringfügige – Destabilisierung gedeutet werden. Der Patient wurde sofort angewiesen sehr sorgfältig auf seine Bewe-

gungen zu achten und keinesfalls Extrembewegungen durchzuführen.

Nach der Messung wurde der Patient angewiesen den Aufbissbehelf bis zum Kontrolltermin 24 h täglich zu tragen. Die einzigen Ausnahmen bildeten die Phasen des Zähneputzens, in denen vermieden werden musste, dass die Zähne miteinander Kontakt bekommen.

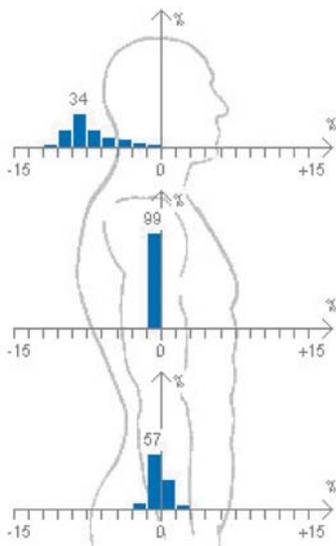
### Erste Kontrolluntersuchung

Anlässlich der ersten Kontrolluntersuchung (T<sub>1</sub>) – 3 Tage später – wurde erneut eine Bewegungsanalyse der Wirbel-

säule durchgeführt. Der VAS-Wert für die allgemeine Schmerzsituation des Patienten wurde mit 5 angegeben. Der Patient wurde aufgefordert, mit dem Aufbissbehelf im Mund, aber ohne Zahnkontakt (Ruheschwebe), 5 min lang zu gehen. Abb. 9 und Abb. 10 zeigen die Auswertung der Ganganalyse. Auch zum Kontrolltermin waren die Bereiche noch symmetrisch um die Achse verteilt, wenngleich jedoch noch große Flächen paraaxial beim Gehen ausgenutzt werden. Insgesamt scheint eine Aufrichtung erfolgt zu sein. Die Hauptareale der Wirbelsäulenpositionen liegen rostral, die Stabilität im BWS-Bereich bleibt – zumindest perimetrisch betrachtet – konstant. Die LWS hat sich im Zuge der Wirbelsäulenaufrichtung immer noch relativ weit ventral gehalten, wenngleich sich die anfängliche transversale Instabilität zum Zeitpunkt der Zweitmessung nur noch wenig vergrößert hat.

Im Anschluss an die Eingangsmessung am Kontrolltermin wurde der Aufbissbehelf in herkömmlicher Weise [13, 35] okklusal adjustiert. Erneut wurden alle störenden (Vor-)Kontakte in statischer und dynamischer Okklusion so lange eingeschliffen, bis auf beiden Seiten gleichmäßiger Kontakt der Oberkieferzähne – mit dem Aufbissbehelf im Unterkiefer – durch leichtes Zusammenbeißen erreicht war. Der Patient wurde danach aufgefordert mit dem Aufbissbehelf im Mund und durch leichtes Zusammenbeißen Kontakt mit der Kunststoffoberfläche des Aufbissbehelfes aufzunehmen und weitere 5 min zu gehen. Die Ergebnisse der Ganganalyse sind in den Abb. 11 und Abb. 12 dargestellt. Die paraaxialen Wirbelsäulenpositionen stellen sich im Vergleich zur Vormessung (wenige Minuten, Unterkiefer in Ruheschwebe) wesent-

## Flexion sagittal



## Flexion frontal

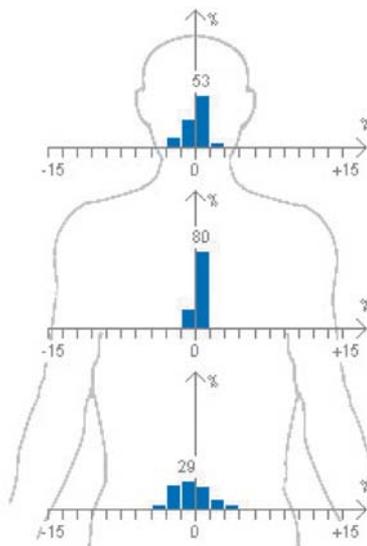


Abb. 14 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>2</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebe. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

Flexion transversal

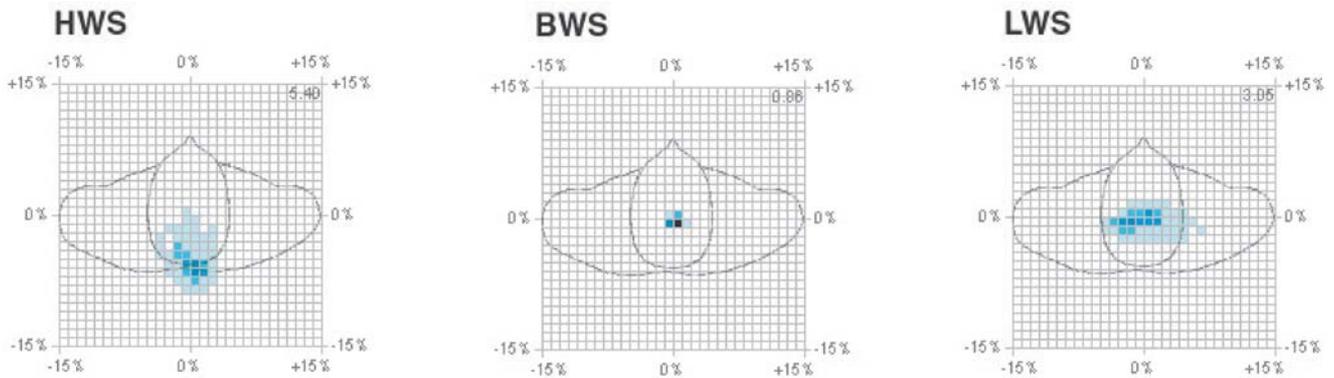


Abb. 15 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>2</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der transversalen Projektion

lich achsennäher dar. Der Aufenthaltsbereich der Funktionsachse – über die Zeit grafisch dargestellt – ist wesentlich kleiner und symmetrischer auf beide Seiten verteilt. Der BWS-Bereich zeigt einen geringen Shift nach rechts. Die benutzten Achspositionen der LWS haben sich im Vergleich zur Vormessung wesentlich verkleinert. Das Areal ist insgesamt, simultan zur Zentrierung der HWS, nach rechts verschoben. Insgesamt ist eine wesentliche Erhöhung der Stabilität im Vergleich zum Anfangsbefund und zur Vergleichsmessung vor dem Einschleifen des Aufbissbehelfes zu erkennen.

Kontrollmessung 6 Wochen nach Eingliedern des Aufbissbehelfes

Anlässlich der Kontrollmessung 6 Wochen nach Eingliedern des Aufbissbehelfes (T<sub>2</sub>) sind die in Abb. 13, 14, 15 und 16 aufgezeichneten Ganganalysen entstanden. Der Patient gab den aktuellen VAS-Wert für die allgemeine Schmerzsituation mit 1 an.

Die Abb. 13 und 14 demonstrieren die Ergebnisse vor dem Einschleifen des Aufbissbehelfes. Erneut wurde der Patient aufgefordert den Unterkiefer in Ruheschwebelage zu halten. Die Achsposi-

tionen der HWS und BWS haben sich erneut verkleinert und sind symmetrischer, obwohl der Unterkiefer in Ruheposition gehalten wurde. Der Bereich der LWS ist nunmehr symmetrisch sowohl in transversaler als auch in sagittaler Projektion.

Nach dem Einschleifen des Aufbissbehelfes wurde der Patient gebeten mit den Zähnen Kontakt mit der Schiene aufzunehmen und 5 min lang zu gehen. Die dazugehörige Ganganalyse ist in Abb. 15 und 16 dargestellt. Alle Bereiche wurden als Zeichen größerer Stabilität kleiner und verteilten sich symmetrischer paraaxial.

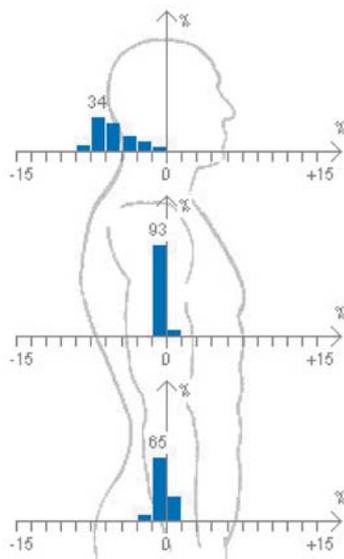
Dritte Kontrolluntersuchung

Dieser Trend setzte sich im Laufe eines Beobachtungszeitraumes von weiteren 2 Wochen fort (Abb. 17, 18, 19 und 20). Der Patient gab zum Zeitpunkt der dritten Kontrolluntersuchung (T<sub>3</sub>) Beschwerdefreiheit an. Ein individuelles Optimum scheint erreicht zu sein.

Diskussion

Die vorgestellte Pilotstudie nutzt ein einfaches und hoch reliables Verfahren von Friedrichs [6], um die von Balers [1] und Fränkel [5] empirisch postulierten Zusammenhänge zwischen okklusaler bzw. skelettaler Therapie und der funktionellen Reaktion der Wirbelsäule zu objektivieren. Mit der Änderung der dreidimensionalen Lage des Unterkiefers und Optimierung des Zusammenbisses der Zähne kommt es zur funktionell relevanten Verbesserung der Befunde in der Wirbelsäule. Wie Esposito et al. [4], Goldstein et al. [7], Janda [9], Kopp et al. [14], Kraus [17],

Flexion sagittal



Flexion frontal

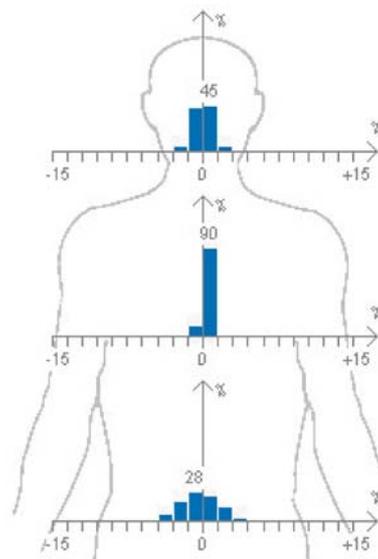


Abb. 16 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>2</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

## Flexion transversal

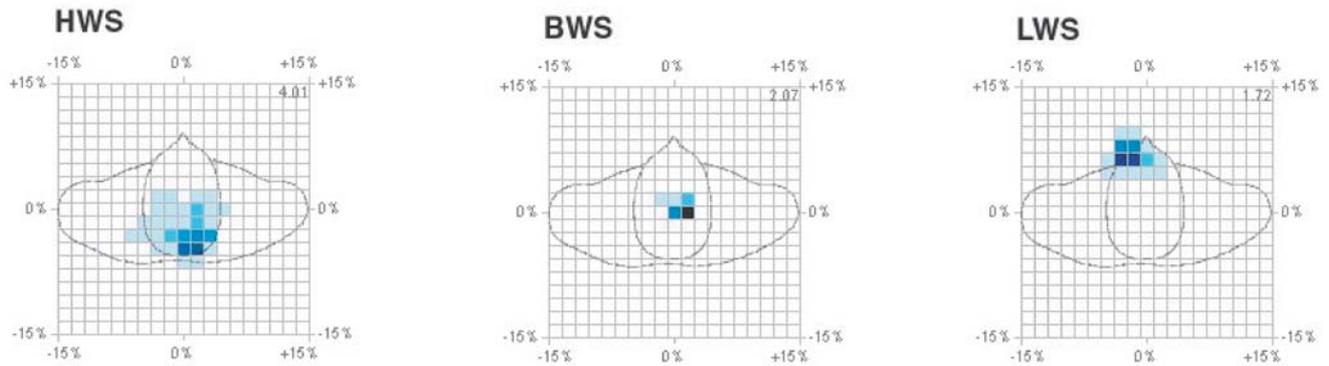


Abb. 17 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>3</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebe. Darstellung der transversalen Projektion

Krogh-Poulsen [18], Lewit [19], Plato u. Kopp [27], McLaughlin [22], Olschowski [25], Ricketts [29] und Roth [30, 31] festgestellt haben, gibt es funktionelle Zusammenhänge zwischen dem kranio-mandibulären und dem kraniozervikalen System. Unter orthopädischen Gesichtspunkten sind die dreidimensionale Lage des Unterkiefers und die damit verbundenen Gelenkverhältnisse im Temporomandibulargelenk sichere Indikatoren für funktionelle Beckenschiefstände und damit verbundene Fehlstellungen des Achsenorgans [14, 19, 27]. Darüber hinaus gibt es Hinweise dafür, dass die ipsilateralen Dysfunktionen des kranio-mandibulären Systems eine ipsilaterale Störung der absteigenden Faszien/Muskelketten bewirkt [27, 28]. Am Fuß findet sich dementsprechend eine Abschwächung der Fußgewölbespannung einschließlich einer Dysfunktion des Os naviculare [27, 28].

Auch wenn die neueren psychosozialen Erkenntnisse [11, 26, 38] helfen das Schmerzgeschehen besser zu verstehen, ergeben sich daraus für die Therapie, auf der Basis der vorgelegten Untersuchungsergebnisse, keine so revolutionären Konsequenzen, dass die bisherige okklusions- und wirbelsäuleorientierte Diagnostik und Therapie – mit simultaner positiver Beeinflussung der Gesamtbeweglichkeit und des Gesamtbeschwerdebildes eines Patienten – obsolet würde.

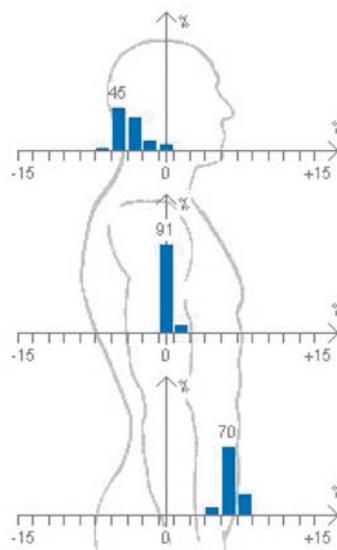
## Zusammenfassung

Fasst man die Veränderung der Ganganalysen unter systematischer Therapie mit Aufbissbehelfen zusammen, so kann man festhalten:

- ▶ Es gibt keine „Sofortwirkung“ des Aufbissbehelfes auf die Stabilität des Bewegungssystems.
- ▶ Das Eingliedern eines Aufbissbehelfes kann unter Umständen zu einer geringen initialen Destabilisierung der einzelnen Arreale der Wirbelsäule führen.

- ▶ Der Aufbissbehelf scheint im kurzen Zeitintervall bei chronischer kraniozervikaler Dysfunktion keine tief greifende Besserung der Beschwerden zu bewirken.
- ▶ Im mittelfristigen Therapiezeitraum zeigen sich in allen Projektionsebenen deutliche Zeichen der Stabilisierung.
- ▶ Mittelfristig kann die Therapie mit Aufbissbehelfen das Maß der Beschwerden bei Patienten mit kraniozervikaler Dysfunktion deutlich verringern.
- ▶ Langfristig kann von einer weitestgehenden Stabilität und Beschwerdefreiheit ausgegangen werden.

## Flexion sagittal



## Flexion frontal

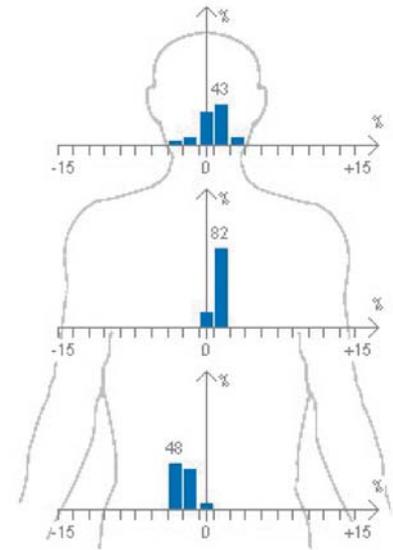


Abb. 18 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>3</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, in Ruheschwebe. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

Flexion transversal

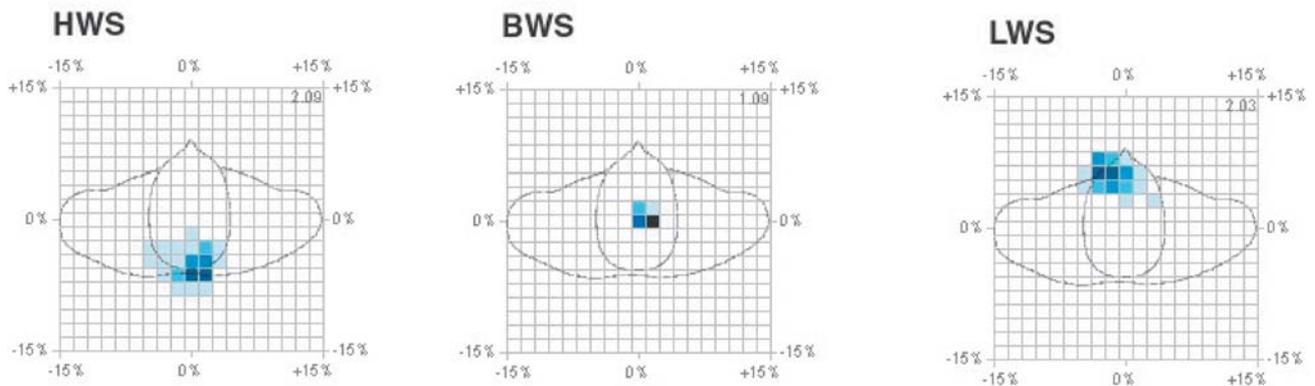
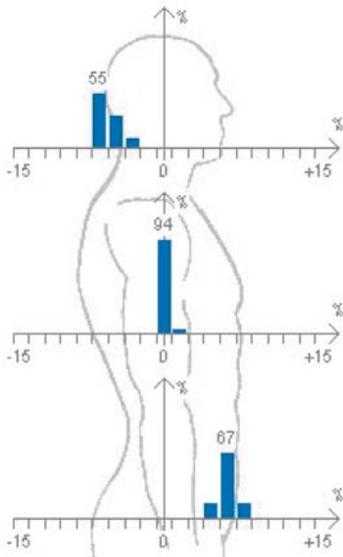


Abb. 19 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>3</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der transversalen Projektion

Flexion sagittal



Flexion frontal

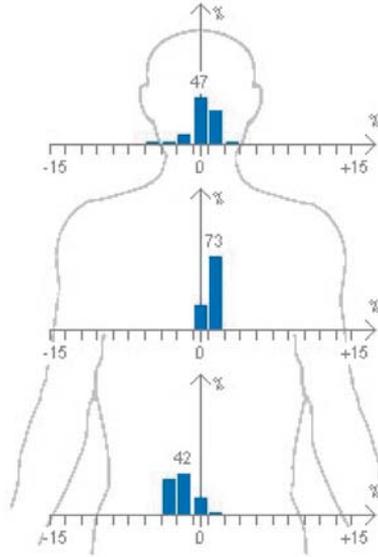


Abb. 20 ▲ Analyse zum Zeitpunkt T<sub>3</sub>. Patient mit Aufbissbehelf im Munde, gleichmäßiger Zahnkontakt. Darstellung der sagittalen und der frontalen Projektion

Im Rahmen der Pilotstudie konnte damit objektiv die eindeutige positive Beeinflussung einer kraniozervikalen Dysfunktion durch die Therapie im kranio-mandibulären System mit Hilfe von Aufbissbehelfen nachgewiesen werden.

Fazit für die Praxis

Die kranio-mandibuläre und die kranio-zervikale Dysfunktion scheinen ein gemeinsames morphologisches und neuro-

physiologisches Korrelat zu haben. Die Therapie mit Aufbissbehelfen und damit die Korrektur der Okklusion verbessert die Funktionalität einzelner Wirbelsäulenareale. Es bleibt zukünftigen Studien vorbehalten mit dem vorgestellten Messsystem *sonoSens*® ein einfaches objektives Screening für die Funktionalität der Wirbelsäule aus (1) diagnostischen, (2) therapiekontrollierenden, aber auch aus (3) präventiven Gesichtspunkten auf breiter Basis zu erarbeiten und (4) weitere therapierelevante Zusammenhänge zu finden.

Literatur

1. Balters W (1953) Die Zahnheilkunde vor einer neuen Epoche. Zahnarztl Mitt 41:184–188
2. Baume LJ, Derichsweiler H (1961) Is the condylar growth centre responsive to orthodontic therapy? An experimental study in macaca mulatta. Oral Surg 14:347–362
3. Derksen JC, Riel MP van, Snijders CJA (1996) New method for continuous recording of trunk postures while playing golf. J Appl Biomech 12:116–129
4. Esposito V, Leismann G, Frankenthal Y (1993) Neuromuscular effects of temporomandibular joint dysfunction. Int J Neurosci 68:205–207
5. Fränkel R (1967) Funktionskieferorthopädie und der Mundvorhof als apparative Basis. VEB Volk und Gesundheit, Berlin
6. Friedrichs A (2000) Neue Diagnoseverfahren für Biomechanik, Sport, Rehabilitation und Fahrzeugentwicklung. Soziol Diss, FSU Jena
7. Goldstein DF, Kraus SL, Williams WB, Glasheen-Wray M (1984) Influence of cervical posture on mandibular movements. J Prosthet Dent 52:421–425
8. Hoppmann RA, Patrone NA (1989) A review of musculoskeletal problems in instrumental musicians. Semin Arthritis Rheum 19:117–126
9. Janda V (1986) Some aspects of extracranial causes of facial pain. J Prosthet Dent 56:484–487
10. Huskisson EC, Jones J, Scott PJ (1976) Application of visual analogue scales to the measurement of functional capacity. Rheumatol Rehabil 15:185–187
11. Kohlmann T (2002) Epidemiologie orofazialer Schmerzen. Schmerz 16:339–345
12. Kopp S, Sebald WG (1999a) Orientierende Untersuchung des craniomandibulären Systems—Teil 1. ZMK 15:532–539
13. Kopp S, Sebald WG (1999b) Orientierende Untersuchung des craniomandibulären Systems—Teil 2. ZMK 15:606–615
14. Kopp S, Plato G, Bumann A (1989) Die Bedeutung der oberen Kopf Gelenke bei der Ätiologie von Schmerzen im Kopf-, Hals-, Nackenbereich. Dtsch Zahnarztl Z 44:966–967

15. Kopp S, Plato G, Sebald WG (2001) Was Musiker und deren Ärzte vom „Kiefergelenk“ des Menschen wissen sollten. In: Seidel EJ, Lange E (Hrsg) Die Wirbelsäule des Musikers, 1. Aufl. GfBB, Bad Kösen, S 56–74
16. Kopp S, Sebald WG, Langbein U (2002) Craniomandibuläre Dysfunktion und Kieferorthopädie. Prakt Kieferorthop (in review)
17. Kraus SL (1988) Cervical spine influences on the temporomandibular region. In: Kraus SL (ed) TMJ disorders: management of the craniomandibular complex. Churchill Livingstone, New York
18. Krogh-Poulsen W (1980) From occlusion theory to oral physiotherapy. In: Solberg W, Clark G (eds) Temporomandibular joint problems. Quintessence, Chicago
19. Lewit K (1975) Functional pathology of the motor system. Proceedings FIMM congress, Rehabilitacia (Suppl)
20. Macrae IF, Wright V (1969) Measurement of forecastle movement. Ann Rheum Dis 29:584–558
21. Mandel S (1990) Overuse syndrome in musicians. When playing an instrument hurts. Postgrad Med 88:111–114
22. McLaughlin RP (1988) Malocclusion and the temporomandibular joint. Angle Orthod 58:185–191
23. McNamara JA, Carlsson D (1979) Qualitative analysis of the temporomandibular joint adaptations to protrusive function. Am J Orthod 76:593–611
24. Öberg T, Carlsson GE (1985) Makroskopische und mikroskopische Anatomie des Kiefergelenkes. In: Zarb GA, Carlsson GE (Hrsg) Physiologie und Pathologie des Kiefergelenkes. Quintessenz, Berlin
25. Olschowski E (2000) Zusammenhang zwischen Kopfgelenkdysfunktionen (CCD=craniocervicale Dysfunktionen) und Kiefergelenkdysfunktionen (CMD=craniomandibuläre Dysfunktion) bei Patienten mit Nackenschmerz (Pain draw nach visueller Analogskala nach Huskisson). Med Diss, Jena
26. Palla S (2002) Grundsätze zur Therapie des myoarthropathischen Schmerzes. Schmerz 16:373–380
27. Plato G, Kopp S (1994) Konservative Therapie der Halswirbelsäulensyndrome. Orthopädischer Arbeitskreis, Lübeck
28. Plato G, Kopp S (1999) Kiefergelenk und Schmerzsyndrome. Man Med 37:143–151
29. Ricketts RM (1953) Laminography in the diagnosis of temporomandibular joint disorders. J Am Dent Assoc 46:620–648
30. Roth R (1970) Gnathologic concepts and orthodontic treatment. Treatment goals. In: Jarabak JR (ed) Technique and treatment with light wire appliances. Mosby, St. Louis
31. Roth R (1973) Temporomandibular pain-dysfunction and occlusal relationships. Angle Orthod 43:136–147
32. Rozmaryn LM (1993) Upper extremity disorders in performing artists. Md Med J 42:255–260
33. Schlaug G, Jäncke L, Huang Y, Staiger JF, Steinmetz H (1995) Increased corpus callosum size in musicians. Neuropsychologia 33:1047–1055
34. Sebald WG (1988) Eine modifizierte Farrar-Schiene. Quintessenz 14:1013–1027
35. Sebald WG, Kopp S (2002) Ist eine Front-Eckzahnführung bei Aufbissbehelfen sinnvoll? Quintessenz (in review)
36. Snijders CJ, Riel MPJM van (1987) Continuous measurements of the spine movements in normal working situations over periods of 8 hours or more. Ergonomics 30:639–653
37. Thomas C, Faverjou G, Hartemann F (1982) Protection against rear-end accidents. International conference on the Biokinetics of impacts. IRCOBI
38. Türp J (2002) Orofazialer Schmerz. Schmerz 16:337–338
39. Ulrici L, Vogel A, Schumacher GH (1984) Okklusionsstörungen zur Funktionsirritation des orofazialen Organs am Miniaturschwein „MINI-LEWE“. Z Versuchstierkd 26:107–109
40. Ulrici L, Pieper KS, Scharschmidt F, Schumacher GH (1985) Veränderungen im feinstrukturellen Aufbau des M. masseter durch unilaterale Okklusionsstörungen. Anat Anz 160:9–15
41. Ulrici L, Händel A, Vogel A, Reissig D (1988) Microscopical-anatomical changes of the temporomandibular joint of miniature pig due to the unilateral occlusal disturbances. Anat Anz 167:329–333
42. Wendrock L (1998) Erfassung der Körperhaltung mit einem Ultraschall-Meßsystem. Staatsexamensarbeit, Institut für Sportwissenschaft, FSU Jena
43. Wilson F, Wagner C, Homberg V (1993) Biomechanical abnormalities in musicians with occupational cramp/focal dystonia. J And Ther 6:290–307
44. Ziegert U (1994) Die medizinische Begutachtung von Verkehrsunfallopfern in Fällen eines HWS-Schleudertraumas und bei Unfallneurosen. DAR 260