

# Vertikale und horizontale Kieferrelation in der rekonstruktiven Zahnmedizin

Eine kritische Literaturübersicht

Jens Christoph Türp<sup>1</sup>, Hans Jürgen Schindler<sup>2</sup>,  
Oliver Rodiger<sup>1</sup>, Sjoerd Smeekens<sup>1</sup>, Carlo Paolo Marinello<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien, Universitätskliniken für Zahnmedizin Basel, Schweiz

<sup>2</sup> Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Projektgruppe Sensorik, Karlsruhe, Deutschland

Schlüsselwörter:

Okklusale vertikale Dimension, habituelle Unterkieferlage, zentrische Kondylenposition, Grifftechniken

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. dent. Jens C. Türp  
Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien,  
Universitätskliniken für Zahnmedizin Basel  
Hebelstrasse 3, CH-4056 Basel  
Tel. +41/61/267 26 36, Fax +41/61/267 26 60  
E-Mail: jens.tuerp@unibas.ch

(Texte français voir page 412)

## Einleitung

Die dreidimensionale Zuordnung des Unterkiefers zum Gesichtsschädel (Kieferrelationsbestimmung) ist eine der wichtigsten Massnahmen der praktischen zahnärztlich-rekonstruktiven Tätigkeit. Eine Bestimmung der vertikalen und horizontalen Kieferrelation erfolgt zum Zwecke der Versorgung von

- zahnlosen Kiefern;
- teilbezahnten Kiefern mit Stützonenverlust;
- teilbezahnten Kiefern mit starker Verringerung der Vertikaldistanz aufgrund von Attrition/Abrasion/Erosion;
- bezahnten Kiefern mit funktionell ungünstigen okklusalen Verhältnissen.

Obwohl die Bestimmung der vertikalen und horizontalen Kieferrelation zu den täglichen Aufgaben der zahnärztlich-rekonstruktiven Tätigkeit zählt, sind die für diesen Zweck angewandten Methoden durch eine beachtliche Variationsbreite gekennzeichnet. Dennoch scheinen sich die in der Klinikroutine üblicherweise angewandten Verfahren für die übergrosse Zahl der Patienten bewährt zu haben, selbst wenn sich keine Methode gegenüber den anderen als deutlich überlegen erwiesen hat. Unter den verschiedenen Techniken zur Ermittlung der horizontalen Kieferrelation erwies sich die bimanuelle Kiefermanipulation als besonders zuverlässig. Unabhängig von der gewählten Methode ist das entscheidende Kriterium, dass sowohl Behandler als auch Patient in der Lage sind, die gewählte therapeutische Unterkieferlage reproduzierbar zu bestimmen bzw. einzunehmen.

«It is therefore suggested that the TMJ is not a precision-engineered tool. Like any other living tissue it does present anatomic variations over time and will not allow absolute duplication of repeated measurements» (WISKOTT & BELSER 1995).

Therapeutische Kieferpositionen, die im Rahmen einer Behandlung mit Okklusionsschienen eingestellt werden, gehorchen anderen Gesetzmässigkeiten und sind nicht Gegenstand der folgenden Betrachtungen.

Innerhalb der Zahnärzteschaft wird für die Durchführung der Kieferrelationsbestimmung seit vielen Jahrzehnten eine grosse Zahl von Methoden angewandt (MCKEE 1997; KESHVAD & WINS-TANLEY 2000a, b; WILSON & BANERJEE 2004). Dennoch herrscht bis heute Uneinigkeit sowohl bezüglich der «optimalen» Unterkieferlage als auch hinsichtlich der geeignetsten Technik, um die gewünschte Kondylus- bzw. Unterkieferposition zu erreichen (BAKER et al. 2005). Die vorhandene Heterogenität deutet darauf hin, dass sich bislang keine Philosophie und kein Verfahren als

deutlich überlegen erwiesen haben. Daher gilt bei der Anwendung der jeweils gewählten Methode – wie bei vielen klinischen Therapien – die Erfahrung des Behandlers als wichtigster Faktor (ASH 1995).

Unabhängig davon muss sich jedes für eine Kieferrelationsbestimmung brauchbare Verfahren durch eine zufriedenstellende Reproduzierbarkeit der Unterkieferposition (u. a. für intra- und extraorale Korrekturen), einen annehmbaren Zeitaufwand und vertretbare Kosten auszeichnen. Dabei wird dem erstgenannten Punkt traditionell eine entscheidende Bedeutung zugemessen. Zu beachten ist aber, dass eine hohe Reproduzierbarkeit keine Aussage zur Validität des Verfahrens gestattet, also beispielsweise darüber, ob die Unterkiefer- bzw. Kondylusposition, deren Bestimmung sich als reliabel erwiesen hat, auch wirklich eine physiologische und für den Patienten komfortable Position ist (WODA et al. 2001).

Ziel des vorliegenden Beitrags ist es, eine Übersicht über den derzeitigen wissenschaftlichen Stand zum Thema vertikale und horizontale Kieferrelationsbestimmung zu geben.

### Vertikale Kieferrelationsbestimmung

Die vertikale Kieferrelationsbestimmung dient der Festlegung einer (therapeutischen) okklusalen vertikalen Dimension (OVD). OKESON (2003) definiert die OVD als Abstand zwischen zwei festgelegten Punkten (z. B. den Zahnbögen des Ober- und Unterkiefers) bei Okklusion der Zähne, KLINEBERG (2004) als vertikale Höhe des unteren Gesichtsdrittels bei okkludierenden Zähnen.

In der Praxis lassen sich drei Unterkieferpositionen unterscheiden, die als Referenzpositionen des Unterkiefers zum Gesichtsschädel dienen können (POSSELT 1958; MCNEILL 1997):

– *Maximale Interkuspitation* (maximaler Vielpunktkontakt). Die Lage des Unterkiefers in Bezug zum Oberkiefer wird von der Okklusion bestimmt.

– *Zentrische Kondylenposition*, d. h. kranio-ventrale, nicht seitengeschobene Position beider Kondylen. Die Lage des Unterkiefers in Bezug zum Oberkiefer wird von den Kiefergelenken bzw. von der Lage der Kondylen relativ zu den temporalen Gelenkstrukturen (Fossa mandibularis, Tuberculum articulare) bestimmt.

– *Habituelle Unterkieferlage* («Ruhelage»), d. h. unbewusste Abstandshaltung des Unterkiefers vom Oberkiefer bei aufrechter Kopf- und Körperhaltung. Die Lage des Unterkiefers in Bezug zum Oberkiefer wird hierbei neuromuskulär sowie von der Schwerkraft bestimmt. Die habituelle Unterkieferlage ist eine Kieferposition, in der sich der Unterkiefer quasi in Ruhe befindet, da er sich nicht sichtlich bewegt (ruhender Körper). Allerdings liegt eine – wenn auch geringe – Muskelaktivität vor (ORMENO et al. 1997; RILO et al. 1997; PALLA 2000; WODA et al. 2001). Da in der Kiefermuskulatur keine elektromyografische Ruhe vorliegt, ist der im deutschen Sprachraum übliche, im Jahre 1909 von dem Wiener Zahnmediziner WILHELM WALLISCH in die zahnärztliche Fachsprache eingeführte Begriff «Ruhelage» ungenau und sollte daher vermieden werden (RUGH & DRAGO 1981).

Die bei tiefer Entspannung auftretende Unterkieferlage (relativ weit geöffnete Unterkiefer, z. B. im Schlaf) – sie entspricht der elektromyografisch bestimmten, wahren Ruhelage (elektromyografische Stille) – ist im Vergleich zur habituellen Unterkieferlage durch einen deutlich größeren Interokklusalabstand (engl.: freeway space) gekennzeichnet (ca. 5–12 mm) (WODA et al. 2001) (Abb. 1, 2). Auf ihre Registrierung kann im Rahmen einer zahnärztlichen Behandlung verzichtet werden (WODA et al. 2001).

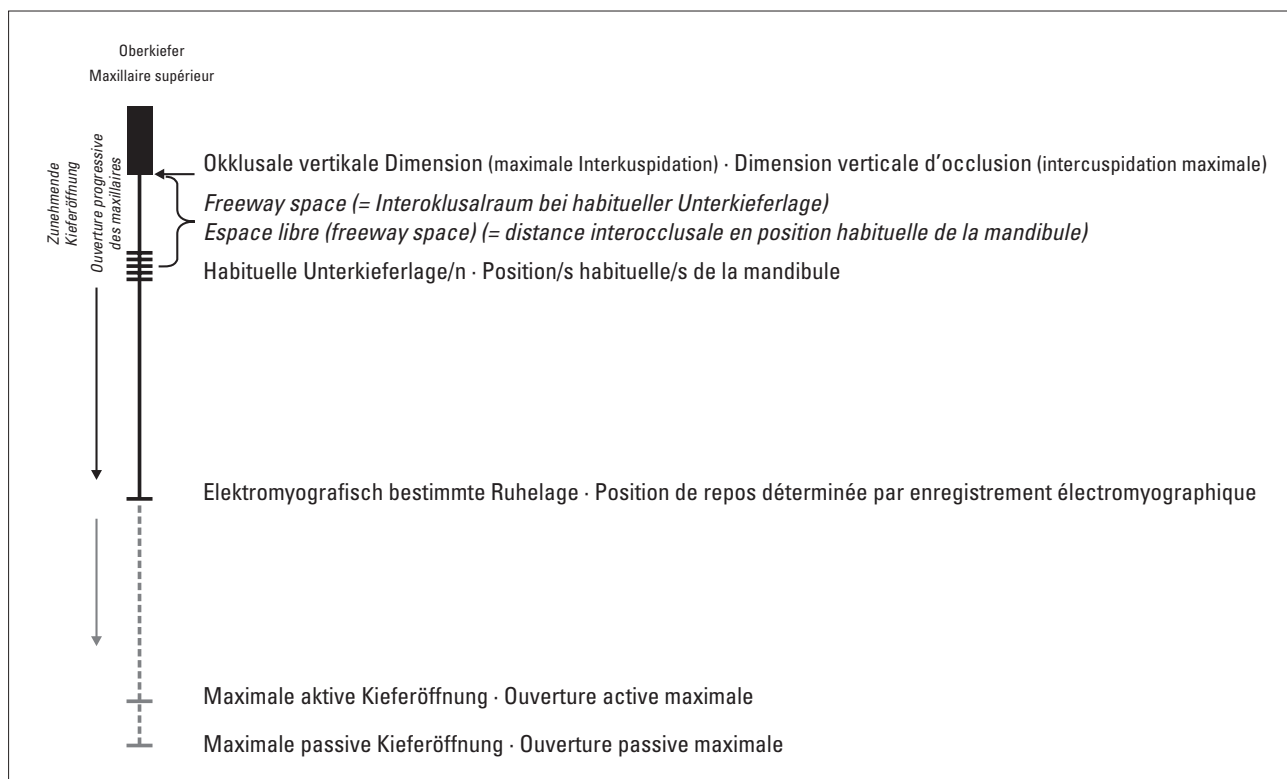


Abb. 1 Schematische Darstellung der Lage des Inzisalpunkts bei definierten Unterkieferlagen (Frontalansicht).

Fig. 1 Représentation schématique de la localisation du point incisif dans différentes positions de la mandibule (vue frontale).

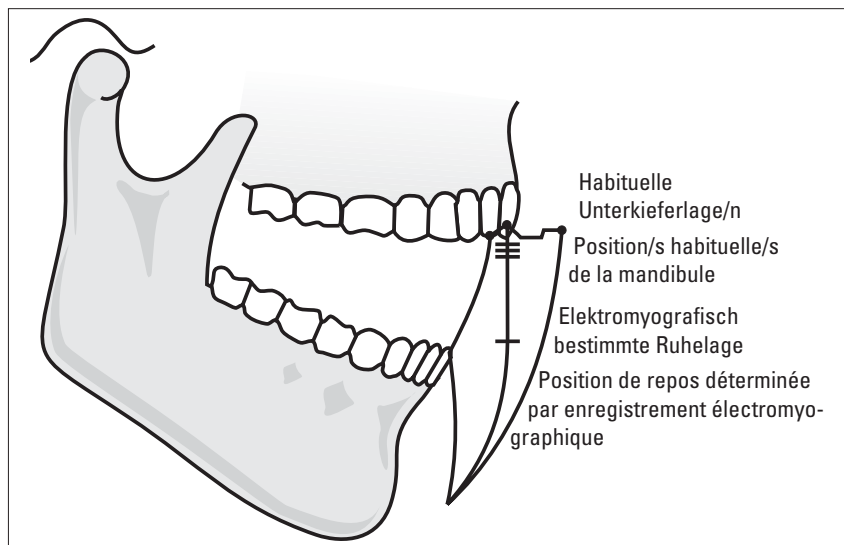


Abb.2 Schematische Darstellung der Lage des Inzisalpunkts bei definierten Unterkieferlagen (Seitensicht).

Fig.2 Représentation schématique de la localisation du point incisif dans différentes positions de la mandibule (vue sagittale).

Früher ging man davon aus, dass die habituelle Unterkieferlage eine fixe Grösse sei. Thompson äusserte beispielsweise im Jahre 1946: «These findings are offered as proof that the rest position is stable and unalterable...» In Wirklichkeit zeigt die habituelle Unterkieferlage – und damit auch der zwischen habitueller Unterkieferlage und OVD (bzw. maximaler Interkuspidation) vorhandene Interokklusalraum – eine beträchtliche intra- und interindividuelle Variabilität. Infolgedessen sollte man besser von «habituellen Unterkieferlagen» (Plural) sprechen (Abb. 1, 2). Bereits im Jahre 1957 fasste COHEN diesen Sachverhalt wie folgt zusammen: «Because of these results, I feel that any dogmatic statements about the constancy of the resting vertical dimension is unjustified. Rather, it seems that the rest position is more likely an individual phenomenon. In some people, it may be remarkably constant; in others, one may find wide variations, just as is the case with many other physiologic processes. It would seem that since rest position is a physiologic state, just as blood pH and body temperature are, we would expect there to be a range of normality of the position of the mandible varying with age, health, emotional state, etc.»

Aus diesem Grunde ist die in der Fachliteratur (ASH & NELSON 2003) angegebene Grösse von 1 bis 3 mm für den Interokklusalabstand lediglich ein Richtwert (WODA et al. 2001). REICHENBACH (1970) machte schon vor 35 Jahren darauf aufmerksam, dass «zwar eine free-way-space von 1 bis 3 mm als regelrecht gilt, dass aber auch vergrösserte interokklusale Abstände von 6 bis 8 mm biologisch «normal» sein können».

Habituelle Unterkieferlage und Interokklusalraum werden bei gegebener OVD durch die Schwerkraft, durch Veränderungen der neuromuskulären Aktivität (Muskeltonus, d.h. EMG-Aktivität der Kieferschliesser) sowie durch Erkrankungen (POSSELT 1968) beeinflusst. So wirken Änderungen der Stellung des Kopfes zu Hals und Rumpf (SCHWARZ 1926), der Körperhaltung, der Atmung und des Wachheitsgrads (z.B. geschlossene vs. geöffnete Augen) ebenso auf die Unterkieferlage ein wie die individuelle psychisch-emotionale Verfassung (Entspannung, Müdigkeit; Disstress), propriozeptive Einflüsse vor allem aus Desmodont und Kaumuskulatur, Schmerzen (LUND et al. 1991), okklusale und alveoläre Veränderungen (Wachstum; Attrition; Zahneruption/-egression; Zahnlosigkeit), Zahnersatz (vorhanden vs. nicht vorhanden) (GATTOZZI et al. 1976), Kaumuskelerkrankungen sowie systemische Faktoren (Hypokalzämie; M. Parkinson, Myasthenia gravis, Tetanus; Strychnin-Vergiftung u.a.).

Die «korrekte», d.h. «physiologische» OVD ist daher nicht eine ganz bestimmte Position, sondern sie stellt einen Bereich dar, eine «Komfortzone» (TRYDE et al. 1974; TRYDE et al. 1976; TRYDE et al. 1977a; TRYDE et al. 1977b). Die Breite dieser «Komfortzone» variiert intra- und interindividuell (RIVERA-MORALES & MOHL 1991), und sie ist von verschiedenen Faktoren abhängig (individuelle Anpassungsfähigkeit, Zahnbestand, etc.).

## Klinik

Zur Bestimmung der OVD stehen verschiedene Methoden zur Auswahl (Tab. I).

Dabei sollte man sich vergegenwärtigen, dass alle Massnahmen der vertikalen Kieferrelationsbestimmung subjektiver Natur sind. Sie beruhen auf ästhetischen, morphologischen oder funktionellen Parametern und werden ausnahmslos von extraoral bestimmt (WODA et al. 2001; vgl. Übersicht in TURRELL 1972; CARLSSON 1997). Kein Verfahren hat sich bislang den anderen gegenüber als überlegen gezeigt. Zudem fehlt ein Goldstandard, anhand dessen man die mit den verschiedenen Techniken gewonnenen Ergebnisse vergleichen kann (WODA et al. 2001). Die bisher in der Klinikroutine üblichen Verfahren zur Festlegung einer therapeutischen OVD scheinen sich jedoch für die über-

Tab. I Möglichkeiten zur Bestimmung der okklusalen vertikalen Dimension (OVD)

- Geometrisch-ästhetische Methode: Bestimmung der Gesichtsproportionen.
- Phonetische Methode: Bestimmung des engsten Sprechabstands (habituelle Unterkieferlage).
- Neuromuskuläre Methode: Beurteilung der unbewussten Abstandshaltung zwischen Ober- und Unterkiefer bei entspannter Kiefermuskulatur (habituelle Unterkieferlage): «OVD = habituelle Unterkieferlage minus 2–4 mm» (GILLIS 1941; THOMPSON 1946).
- Schluckmethode: Nach dem Schluckvorgang wird eine habituelle Unterkieferlage eingenommen.
- Patientenbasierte Selbstbestimmungsmethode mit intermaxillären Schrauben (TRYDE et al. 1974).
- Myozentrische Methode (JANKELSON 1979).
- Kephalometrische Methode: Bestimmung von skelettalen Messpunkten im Fernröntgenseitenbild und Vergleich der Istwerte mit Normwerten.

grosse Zahl der Patienten bewährt zu haben. Für die Klinik kann man zudem festhalten, dass die Festlegung eines präzisen, «optimalen» Werts für die OVD nicht notwendig ist (WODA et al. 2001). Die Suche nach einer «noch besseren» Methode erscheint daher nicht sinnvoll: «*Why search for an optimal, i.e., punctate value, since most patients are comfortable within a range of mandibular positions that can be determined by the application of current clinical knowledge?*» (WODA et al. 2001).

Allerdings sind bei der vertikalen Kieferrelationsbestimmung fünf Schlüsselfaktoren zu berücksichtigen:

1. Ausreichender Interokklusalraum in der habituellen Unterkieferlage.
2. Ausreichend interokklusaler Abstand für die technische Herstellung der Rekonstruktion.
3. Keine Zahnkontakte beim Sprechen.
4. Akzeptanz durch den Patienten.
5. Ästhetisch ansprechendes Profil.

Die meisten Methoden zur Neubestimmung der OVD gehen von der Annahme aus, dass die OVD, die ein natürlich bezahnter Patient in einem bestimmten Lebensabschnitt aufweist oder aufwies, auch die «beste» therapeutische OVD darstellt. Diese Vermutung ist wissenschaftlich nicht belegt (RIVERA-MORALES & MOHL 1991). Dessen ungeachtet ist es oft kaum möglich, die ehemalige (und inzwischen verloren gegangene) vertikale Dimension wieder herzustellen (PALLA 2000).

Dank der Anpassungsfähigkeit der Kiefermuskeln kann die OVD bei nicht funktionsgestörten Personen (natürlich Bezahnte; Prothesenträger) ohne negative Folgen für das stomatognathe System verändert (meist: angehoben) werden (MCNEILL 1997; SPEAR 1997; PALLA 2000). Entgegen früheren Annahmen ist bei nicht funktionsgestörten Personen bei geringer oder moderater Anhebung der OVD nicht mit Hyperaktivität der Kaumuskulatur oder mit Myoarthropathie-Symptomen zu rechnen (RIVERA-MORALES & MOHL 1991; PALLA 2000). Bei Hebung der OVD über die habituelle Unterkieferlage hinaus können zwar in Einzelfällen Symptome auftreten (Kopfweg; Kieferpressen; Zahnweg; Muskelermüdung; Palpationsempfindlichkeit der Kiefermuskulatur; Schwierigkeiten beim Sprechen); diese verschwinden aber meist innert weniger Tage. Eine deutliche Anhebung der OVD jenseits der habituellen Unterkieferlage (d. h. extremer, als es unter klinischen Bedingungen beim Menschen der Fall ist) kann im Tierexperiment (Ratten; Affen) während der ersten Tage zu Irritationen und zu (geringen) Beeinträchtigungen beim Fressen führen. Die Anpassung des Kausystems an die neue Situation setzt aber rasch ein. Starke okklusale, skelettale und muskuläre Anpassungen (Zahnlockerung; In- und Extrusionen; Remodellierungen im Kiefergelenkbereich) sind erst bei extremen Erhöhungen der OVD zu erwarten. Aber auch hier ist bei Versuchstieren in den meisten Fällen eine Adaptation zu erwarten (RIVERA-MORALES & MOHL 1991).

Nach Veränderungen der OVD erfolgt die Anpassung der habituellen Unterkieferlage (mehr kaudal bzw. kranial) an die neue Situation unmittelbar (HELLSING 1984). Der Interokklusalraum passt sich (physiologischen oder therapeutischen) Vergrößerungen oder Erniedrigungen der OVD an und bleibt in seinem Ausmass weitgehend konstant (PALLA 2000). Bei Vergrößerung der OVD sinkt der Muskeltonus der Kieferschliesser, sodass sich der Unterkiefer in habitueller Unterkieferlage senken und der Interokklusalraum gleich gross bleiben kann (HELLSING 1984). Änderungen der OVD (und damit der Länge der betroffenen Kiefermuskeln) gehen mit Umbauvorgängen in der Muskulatur und ihrer Sehnen einher (PALLA 2000). Jedoch führt eine Anhebung der OVD nicht zu einer vermehrten Knochenresorption an den Kieferkämme von Zahnprothesenträgern (PALLA 2000).

Beachten sollte man, dass nach erfolgter therapeutischer Erhöhung der OVD mit einer gewissen Verringerung derselben zu rechnen ist. Gründe für diese Veränderungen sind Knochenumbauvorgänge und eine oftmals erfolgende Zahnintrusion (PALLA 2000).

## Horizontale Kieferrelationsbestimmung

Die wichtigste Frage bei der Bestimmung der horizontalen Unterkieferposition ist, wo sich die Unterkieferkondylen in antero-posteriorer Richtung befinden sollen. Während zu therapeutischen Zwecken (z. B. neue Rekonstruktionen) traditionell über ein halbes Jahrhundert lang nach dem Motto «*the more retruded the better*» (KESHVAD & WINSTANLEY 2000a) die am weitesten retrudierte Lage der Kondylen bevorzugt wurde (Glossary of Prosthodontic Terms 1956; ASH 1995) – MCCOLLUM und STUART (1955) sprachen von «*rearmost, upmost, midmost*» –, liegt nach Beginn einer allmählichen Umkehr in den 1970er-Jahren (ASH 1995) seit Mitte der 1980er-Jahre die für therapeutische Zwecke als wünschenswert angesehene zentrische Kondylenposition (engl.: *centric relation*, CR) deutlich weiter anterior («*anterosuperior position*») (vgl. KESHVAD & WINSTANLEY 2000a, b). Die Kondylen sollen sich demnach nicht seitenverschoben in der kranio-ventralsten Position gegenüber dem hinteren Abhang des Tuberculum articulare in der Fossa mandibularis befinden (ASH & NELSON 2003). «*This retruded contact position should not be confused with the most retruded condyle position, which is not considered to be a physiological position*» (MCNEILL 1985).

Interessanterweise wurde diese heute (wieder) als erstrebenswert angesehene Kondylenposition bereits vor 100 Jahren als die «physiologische» Lage angesehen. So bemerkte WALLISCH im Jahre 1903, dass bei maximaler Interkuspidation «*der Condylus angelehnt an das Tuberculum vor der Gelenkspfanne*» zu liegen habe. Der Innsbrucker Anatom RUDOLF FICK (1911) wies darauf hin, dass «*das Kieferköpfchen [...] auch in der Normalstellung nicht eigentlich in der sogenannten «Pfanne» des Schläfenbeines ruht, sondern [...] nur dem vorderen Teil der Pfanne, d. h. dem hinteren Abhang des «Gelenkhöckers» anliegt*». Und ein Jahr später bemerkte ANDRESEN (1912): «*Okklusionsstellung oder Ruhestellung. Die Condyliliegen etwa in der Höhe der Mitte der hinteren Gelenkfläche des Tuberculum articulare unter Zwischenschaltung des Meniskus an die Gelenkfläche angelehnt.*»

Für Missverständnisse Anlass geben kann allerdings die Tatsache, dass sich der Inhalt des im englischsprachigen Raum verwendeten Begriffs *centric relation* im Laufe der vergangenen 50 Jahre einige Male geändert hat und *centric relation* heute eine andere Bedeutung zugemessen wird als zum Beispiel vor 30 Jahren. In der aktuellen (8.) Auflage des «Glossary of Prosthodontic Terms» (THE ACADEMY OF PROSTHODONTICS 2005) finden sich weiterhin sieben Definitionen von «*centric relation*». So nimmt es nicht wunder, dass selbst an Universitäten noch immer unterschiedliche Auffassungen bezüglich der therapeutisch erstrebten zentrischen Kondylenposition bestehen (JASINEVICIUS et al. 2000). KESHVAD und WINSTANLEY (2000a) kommentieren diese Entwicklung wie folgt: «*Research for more than 50 years in the field of CR has been controversial. Nowhere else in dentistry can one see so much debate and opposing ideas among scientists and clinicians. [...] Also unusual is the change that CR definitions have undergone in the past 50 years.*», und fügen mit subtil-britischer Ironie hinzu: «*Perhaps it is the TMJ that adapts itself to the scientists' definition each time it changes, or is the TMJ accepting any position?*» OKESON (2003) schliesslich bemerkt: «*The controversy regarding the most physiologic position of the condyles will continue until conclusive evidence exists that one position is more physiologic than the others.*»

Bei den meisten Menschen können die Lage des Unterkiefers in zentrischer Kondylenposition und die habituelle Unterkieferlage als zwei geringfügig verschiedene Variationen derselben Unterkieferposition angesehen werden (WODA et al. 2001). Bislang stehen allerdings keine Techniken zur Verfügung, diese Unterkieferlage in einer Sitzung zu bestimmen.

Für die Festlegung einer horizontalen Unterkieferposition am Patienten sind einige Grundsätze zu beachten. Die zentrische Kondylenlage zeigt bei mehrfacher Registrierung eine grosse intra- und interindividuelle Variabilität (SHAFAGH et al. 1975; MONGINI 1977; KÖRBER & LANDT 1979; SCHUBERT 1985; PIEHSLINGER et al. 1993). Es handelt sich daher nicht um eine fixe Position, sondern um einen Bereich mit mehreren möglichen Positionen (CELENZA 1973; PIEHSLINGER et al. 1993; WODA et al. 2001; UTZ et al. 2002). Dabei wird die zentrische Kondylenlage unter anderem beeinflusst durch die Stellung des Kopfes zum Rumpf, die psychisch-emotionale Verfassung, den Muskeltonus (Distress; Müdigkeit), die Tageszeit (SHAFAGH et al. 1975; LATA 1992), propriozeptive Einflüsse (Desmodont, Kaumuskulatur) und vorhandene Schmerzen (OBREZ & STOHLER 1996; OBREZ & TÜRP 1998). Aus diesen Erkenntnissen heraus erscheint das Okklusionskonzept «Freiheit in der Zentrik» (*freedom in centric*) [SCHUYLER 1961; SCHUYLER 1969] bzw. *wide centric/broad centric/long centric* [RAMFJORD & ASH 1995]) wohl begründet.

Das Problem bei der zentrischen Kondylenposition ist, dass man nicht genau weiss, in welcher Position sich der Kondylus-Diskus-Komplex relativ zu den temporalen Gelenkstrukturen genau befindet (KESHVAD & WINSTANLEY 2001, 2003; WALTON 2004). Aus der klinischen Erfahrung scheint dies jedoch nicht notwendig zu sein. Es scheint zu genügen, dass die Kondylen «in einer retralen Lage» liegen.

## Klinik

Möglichkeiten zur Bestimmung der zentrischen Kondylenposition sind in Tabelle II zusammengefasst. Die bisher in der Kli-

Tab. II Möglichkeiten zur Bestimmung der zentrischen Kondylenposition (Auswahl; vgl. HELKIMO et al. 1973; MYERS 1982; UTZ et al. 2002; WILSON & BANERJEE 2004)

- Ungeführtes Schliessen.
- Deprogrammierender anteriorer Aufbiss (anteriorer Jig, z. B. aus thermoplastischer Kompositionsmasse oder Kunststoff) (LUCIA 1964; LUCIA 1991; ASH & RAMFJORD 1995; LENTNER et al. 1997).
- Einhändige, mit mässigem Druck nach retral erfolgende Führung des Unterkiefers mittels Daumenspitze (LAURITZEN 1974) (Abb. 3) oder Daumenknöchel (Abb. 4, 5) (Zeigefinger stützt jeweils am Kinn ab) (LUCIA 1960; LAURITZEN 1974).
- Einhändige, mit mässigem Druck (~ 25 N) nach retral erfolgende 3-Finger-Führung am Kinn («LAURITZEN-Griff») (MCCOLLUM 1927), bei Bezahnten ohne/mit anteriorem Aufbiss.
- Bimanuelle Unterkiefermanipulation («DAWSON-Griff») (DAWSON 1973, 1979, 1995, 1998) (Abb. 6), bei Bezahnten ohne/mit anteriorem Aufbiss.
- Pfeilwinkelregistrierung («GERBER-Registrierung») (GYSI 1908; McGRANE 1946; ANGYAL & KESZTHELYI 1996).
- Schnelle, ballistische Schliessbewegungen des Unterkiefers auf anterioren Aufbiss (SCHINDLER 2002).
- Myozentrik (Lage des Unterkiefers in Bezug zum Oberkiefer wird mittels transkutaner elektrischer Nervenstimulation [Myo-Monitor®] von der Kieferschliessmuskulatur bestimmt) (JANKELSON 1979).



Abb. 3 Klassische Grifftechnik nach ARNE LAURITZEN: Patientin sitzt im Stuhl, Untersucher neben der Patientin. Zeige- und Mittelfinger der rechten Hand des Untersuchers am Untergrund des Unterkiefers zur Vermeidung eines seitlichen Verschiebens des Unterkiefers. Daumen intraoral an den Labialflächen der unteren Schneidezähne, Kiefer leicht geöffnet. Untersucher drückt Unterkiefer mit dem Daumen leicht nach posterior und mit Zeige- und Mittelfinger leicht nach kranial. Patientin öffnet und schliesst in Scharnierbewegungen mit Führung durch den Untersucher.

Fig. 3 Technique classique de la prise selon ARNE LAURITZEN: patient assis sur le fauteuil, l'examineur à côté du patient. Index et majeur de la main droite sur le rebord inférieur de la mandibule pour éviter une déviation latérale du maxillaire inférieur. Pouce en appui sur les faces vestibulaires des incisives inférieures. Maxillaires légèrement entrouverts. Par le pouce, l'examineur pousse légèrement la mandibule en direction postérieure et par l'index et majeur légèrement en direction crânienne. La patiente ouvre et ferme par des mouvements de charnière sous le guidage de l'examineur.



Abb. 4 Alternative Grifftechnik nach ARNE LAURITZEN.

Fig. 4 Technique alternative de la prise selon ARNE LAURITZEN.

nikroutine üblichen Verfahren zur Festlegung der zentrischen Kondylenposition scheinen sich für die übergrosse Zahl der Patienten bewährt zu haben (z. B. bimanuelle oder einhändige Führung des Unterkiefers; Pfeilwinkelregistrierung; Materialien: Platte aus Wachs, Zinn oder chemisch oder lichtgehärtetem Kunststoff, beschichtet mit ZnO-Eu-Paste, Aluminiumwachs, Silikonmasse oder Polyvinylsiloxan). Gleichwohl ist hinsichtlich der Qualität (Genauigkeit) der zentrischen Bissnahmen in den Praxen eine auffällige Variabilität vorhanden: «Although the recording of centric relation is taught in dental school curriculum, it appears that there is an extremely wide variation in the ability of dentists to accurately record a repeatable centric relation condylar position» (McKEE 1997). Eine Schwierigkeit ergibt sich dabei sicherlich in



Abb. 5 Fingerknöchel-Grifftechnik nach ARNE LAURITZEN.

Fig. 5 Technique de prise selon ARNE LAURITZEN avec appui des joints articulaires des doigts.

der Tatsache, dass beim Führen des Unterkiefers unterschiedliche Behandler verschieden starke Kräfte ausüben (WALTON 2004), denn zu starker nach posterior gerichteter Druck führt zu einer Kaudalverlagerung der Kondylen (LONG 1970).

In jüngster Zeit wurden drei kontrollierte Studien zwecks Ermittlung der reliabelsten Methode zur Bestimmung der zentrischen Kondylenposition durchgeführt (McKEE 1997; UTZ et al. 2002; KESHVAD & WINSTANLEY 2003): In einer Untersuchung mit 81 voll bezahnten gesunden Probanden konnte keine Überlegenheit einer bestimmten Methode festgestellt werden (UTZ et al. 2002). In einer anderen Studie, an der 143 Zahnärzte teilnahmen (McKEE 1997), hatte sich die bimanuelle Unterkiefermanipulation gegenüber anderen Verfahren (ungeführtes Schliessen; Kinnführung ohne und mit anteriorem Aufbiss) als reproduzierbarer erwiesen (Toleranz: 0,1 mm); dieses Ergebnis bestätigte den Befund aus einer unkontrollierten Studie mit 39 Zahnärzten aus demselben Jahr (TARANTOLA et al. 1997). In einer weiteren Untersuchung bei 14 voll bezahnten gesunden Probanden (KESHVAD & WINSTANLEY 2003) war die bimanuelle Unterkiefermanipulation mit anteriorem Aufbiss reliabler als die einhändige Führung



Abb. 6 Grifftechnik nach PETER DAWSON: Patientin liegt zurückgelehnt im Stuhl, Untersucher sitzt hinter der Patientin, Kopf der Patientin gegen den Bauch des Untersuchers stabilisiert. Linke Hand des Untersuchers am linken, rechte am rechten Unterkiefer der Patientin (a). 4 Finger jeder Hand liegen am Unterrand des jeweiligen Unterkiefers, kleine Finger hinter dem Kieferwinkel am Knochen (b). Kranialer Druck Richtung Kondylen. Daumen treffen sich am Kinn über der Unterkiefersymphyse (c). Patientin öffnet und schliesst ohne Führung durch den Untersucher. Wenn gleichförmige Bewegungen erfolgen: mit Daumen leichter Druck auf Unterkiefer nach kaudal, Finger am Unterkiefer nach kranial (d).

Fig. 6 Technique de prise selon PETER DAWSON: la patiente est allongée sur le fauteuil en position réclinée, l'examineur est assis derrière la patiente, dont la tête est calée et stabilisée contre le ventre de l'examineur. La main gauche de l'examineur est placée du côté gauche de la mandibule de la patiente, la main droite du côté droit (a). Les quatre doigts de chaque main sont posés sur le rebord inférieur respectif de la mandibule, les petits doigts derrière l'angle entre la partie horizontale et la branche montante de la mandibule (b). Pression sur les condyles en direction crânienne. Les pouces sont joints en-dessus de la symphyse mentonnière (c). La patiente ouvre et ferme sans guidage de la part de l'examineur. Dès que les mouvements deviennent uniformes, légère pression par les pouces en direction caudale et par les doigts sur le rebord mandibulaire en direction crânienne (d).

am Kinn, und letztere war reliabler als die Pfeilwinkelregistrierung. Diese Ergebnisse bestätigen frühere Untersuchungen, in denen sich die bimanuelle Unterkiefermanipulation als verlässlichste Methode erwies (HOB0 & IWATA 1985), obwohl sich bei der Kinnführung die Kondylen weiter retral als bei der bimanuellen Unterkiefermanipulation befinden. Unabhängig von diesen Ergebnissen scheinen die Limitationen hinsichtlich der Genauigkeit der Registrierung weniger in der gewählten Registriermethode oder dem gewählten Registriermaterial zu liegen als vielmehr in den hart- und weichgewebigen Strukturen des stomatognathen Systems (UTZ et al. 2002).

Eine Risikogruppe stellen jene (zahnlosen) Patienten dar (PALLA 1997), (a) die den Unterkiefer nicht frei in lateraler und sagittaler Richtung bewegen können; (b) deren Pfeilwinkel deutlich asymmetrisch oder sehr klein ist; (c) bei denen die bei wiederholten funktionellen Schliessbewegungen auftretenden Punkte einen grösseren Abstand als 1 mm von der Pfeilspitze aufweisen, sich über ein grosses Gebiet verteilen und/oder asymmetrisch angeordnet sind. In diesen Fällen wird eine funktionelle Vorbehandlung empfohlen (PALLA 1997).

## Fazit

Bis heute gibt es zum Zwecke der Kieferrelationsbestimmung nicht «die» allgemein akzeptierte Methode. Verschiedene Techniken stehen mehr oder weniger gleichwertig nebeneinander. So obliegt es in erster Linie der persönlichen Präferenz des Behandlers, welche Methode er bei seinen Patienten verwendet. Die derzeit in der Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien bevorzugte Vorgehensweise bei der Kieferrelationsbestimmung ist in Tabelle III aufgeführt.

Neben den bei der vertikalen Kieferrelationsbestimmung zu berücksichtigenden, oben genannten fünf Schlüsselfaktoren ist bei der Festlegung der Unterkieferlage in der horizontalen Ebene die Reproduzierbarkeit der gewählten Position ausschlaggebend: Behandler und Patient müssen in der Lage sein, den gewählten «Biss» reproduzierbar zu bestimmen bzw. einzunehmen.

Viel bedeutsamer als die jeweils gewählte Registriertechnik ist für eine korrekte Kieferrelationsbestimmung ein beschwerdefreies Kausystem. Falls erforderlich, ist vorgängig eine funktionelle Vorbehandlung durchzuführen (PALLA 1997).

## Abstract

Despite comprising one of the routine duties of dental practitioners, the methods used for the determination of the vertical and horizontal jaw position differ considerably from dentist to dentist. For the overwhelming majority of patients, however, the techniques generally applied for the maxillomandibular relationship record appear to lead to acceptable results. No method seems to be clearly superior to the other. As far as the determination of the horizontal mandibular position (centric relation interocclusal record) is concerned, bimanual manipulation has shown to be particularly reliable. The decisive factor, apart from any preferred method, is that the chosen therapeutic mandibular position be reproducible for both the treatment provider as well as the patient.

## Literatur

- Glossary of Prosthodontic Terms. *J Prosthet Dent* 6: 586 (1956)
- ANDRESEN V: Die Artikulation der Kiefergelenke und der Zahnreihen. *Öst Ung Vierteljahrsschr Zahnheilk* 30: 895–922 (1912)
- ANGYAL J, KESZTHELYI G: Verifiable method for registering the centric relation position in dentulous arches with a central bearing point. *J Prosthet Dent* 75: 579–580 (1996)
- ASH M M, JR.: Philosophy of occlusion: past and present. *Dent Clin North Am* 39: 233–255 (1995)
- ASH M M, NELSON S J: *Wheeler's Dental Anatomy, Physiology, and Occlusion*. 8th ed. Saunders, Philadelphia, 417, 419 (2003)
- ASH M M, RAMFJORD S: *Occlusion*. 4th ed. Saunders, Philadelphia, 70 (1995)
- BAKER P S, PARKER M H, IVANHOE J R, GARDNER F M: Maxillomandibular relationship philosophies for prosthodontic treatment: A survey of dental educators. *J Prosthet Dent* 93: 86–90 (2005)
- CARLSSON G E: Biological and clinical considerations in making jaw relation records. In: Zarb G A, Bolender C L, Carlsson G E (Hrsg.): *Boucher's Prosthodontic Treatment for Edentulous Patients*. 11th ed. Mosby, St. Louis, 197–219 (1997)
- CELENZA F V: The centric position: Replacement and character. *J Prosthet Dent* 30: 591–598 (1973)
- COHEN S: A cephalometric study of rest position in edentulous persons: influence of variations in head positions. *J Prosthet Dent* 7: 467–472 (1957)

Tab. III In der Klinik für Rekonstruktive Zahnmedizin und Myoarthropathien verwendete Methoden zur Bestimmung der vertikalen und horizontalen Kieferrelation

Dentale Situation	Vertikale Kieferrelation	Horizontale Kieferrelation
Zahnlose Kiefer	Geometrisch-ästhetische M./phonetische Methode/neuromuskuläre Methode/ Schluckmethode	(a) Einfacher Fall: Einhändige Führung des Unterkiefers mittels Daumenspitze (b) Schwieriger Fall*: Pfeilwinkelregistrierung
Teilbezahnte Kiefer mit Stützzonenverlust	Geometrisch-ästhetische M./phonetische Methode/neuromuskuläre Methode/ Schluckmethode	(a) Einfacher Fall: Einhändige Führung des Unterkiefers mittels Daumenspitze (b) Schwieriger Fall*: Pfeilwinkelregistrierung
Teilbezahnte und bezahnte Kiefer ohne Stützzonenverlust	Übernahme der bestehenden Ausgangslage oder gezielte Korrektur der vertikalen Dimension	Übernahme der bestehenden Ausgangslage oder gezielte einhändige Führung des Unterkiefers mittels Daumenspitze

\* Schlechte Kammverhältnisse; unstabiler Registrierschablone; Verspannungen der Kaumuskelatur; schlechte Führbarkeit des Unterkiefers des Patienten; notwendige Diagnostik der Unterkieferbewegungen (z. B. der Weite der Exkursionsbewegungen)

- DAWSON P E: Temporomandibular joint pain-dysfunction problems can be solved. *J Prosthet Dent* 29: 100–112 (1973)
- DAWSON P E: Centric relation. Its effect on occluso-muscle harmony. *Dent Clin North Am* 23: 169–180 (1979)
- DAWSON P E: New definition for relating occlusion to varying conditions of the temporomandibular joint. *J Prosthet Dent* 74: 619–627 (1995)
- DAWSON P E: Evaluation, Diagnosis, and Treatment of Occlusal Problems. 3rd ed. Mosby, St. Louis (1998)
- FICK R: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke unter Berücksichtigung der bewegenden Muskeln. Dritter Teil: Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik. Gustav Fischer, Jena, 2 (1911)
- GATTOZZI J G, NICOL B R, SOMES G W, ELLINGER C W: Variations in mandibular rest positions with and without dentures in place. *J Prosthet Dent* 36: 159–163 (1976)
- GILLIS R R: Establishing vertical dimension in full denture construction. *J Am Dent Assoc* 68: 430–436 (1941)
- GYSI A: Beitrag zum Artikulationsproblem. August Hirschwald, Berlin (1908)
- HELKIMO M, INGERVALL B, CARLSSON G E: Comparison of different methods in active and passive recording of the retruded position of the mandible. *Scand J Dent Res* 81: 265–271 (1973)
- HELLSING G: Functional adaptation to changes in vertical dimension. *J Prosthet Dent* 52: 867–870 (1984)
- HOBO S, IWATA T: Reproducibility of mandibular centricity in three dimensions. *J Prosthet Dent* 53: 649–654 (1985)
- JANKELSON B: Neuromuscular aspects of occlusion. Effects of occlusal position on the physiology and dysfunction of the mandibular musculature. *Dent Clin North Am* 23: 157–168 (1979)
- JASINEVICIUS T R, YELLOWITZ J A, VAUGHAN G G, BROOKS E S, BAUGHAN L W, CLINE N, THEISS L B: Centric relation definitions taught in 7 dental schools: results of faculty and student surveys. *J Prosthodont* 9: 87–94 (2000)
- KESHVAD A, WINSTANLEY R B: An appraisal of the literature on centric relation. Part I. *J Oral Rehabil* 27: 823–833 (2000a)
- KESHVAD A, WINSTANLEY R B: An appraisal of the literature on centric relation. Part II. *J Oral Rehabil* 27: 1013–1023 (2000b)
- KESHVAD A, WINSTANLEY R B: An appraisal of the literature on centric relation. Part III. *J Oral Rehabil* 28: 55–63 (2001)
- KESHVAD A, WINSTANLEY R B: Comparison of the replicability of routinely used centric relation registration techniques. *J Prosthodont* 12: 90–101 (2003)
- KLINEBERG I: Interarch relationships of teeth. In: Klineberg I, Jagger R (Hrsg.): *Occlusion and Clinical Practice – An Evidence-Based Approach*. Wright, Edinburgh, 3–12 (2004)
- KÖRBER E, LANDT H: Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit von Registrierungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 34: 202–205 (1979)
- LATTA G H, JR.: Influence of circadian periodicity on reproducibility of centric relation records for edentulous patients. *J Prosthet Dent* 68: 780–783 (1992)
- LAURITZEN A G: Atlas of Occlusal Analysis. HAH Publications, Colorado Springs, CO, 95–101, 170–174 (1974)
- LENTNER E, RAMELSBERG P, BÖHM A, POSPIECH P, GERNET W: Zum Untersuchungseinfluss und Lage der Reproduzierbarkeit der zentralen Kondylenproduktion. *Dtsch Zahnärztl Z* (1997)
- LONG J H, JR.: Location of the terminal hinge axis by intraoral means. *J Prosthet Dent* 23: 11–24 (1970)
- LUCIA V O: Centric relation – theory and practice. *J Prosthet Dent* 10: 849–856 (1960)
- LUCIA V O: A technique for recording centric relation. *J Prosthet Dent* 14: 492–505 (1964)
- LUCIA V O: Die Jig-Methode. *Quintessenz Zahntech* 17: 701–714 (1991)
- LUND J P, DONGA R, WIDMER C G, STOHLER C S: The pain-adaptation model: a discussion of the relationship between chronic musculoskeletal pain and motor activity. *Can J Physiol Pharmacol* 69: 683–694 (1991)
- MCCOLLUM B B: Function factors that make the mouth and teeth a vital organ. *J Am Dent Assoc* 14: 1261–1271 (1927)
- MCCOLLUM B B, STUART C E: *Gnathology*. California Scientific Press, South Pasadena (1955)
- MCGRANE H F: *Basic Principles of the McGrane Full Denture Procedure for Office Phase*. Selbstverlag des Autors (1946)
- McKEE J R: Comparing condylar position repeatability for standardized versus nonstandardized methods of achieving centric relation. *J Prosthet Dent* 77: 280–284 (1997)
- McNEILL C: The optimum temporomandibular joint condyle position in clinical practice. *Int J Periodontics Restorative Dent* 5: 52–76 (1985)
- McNEILL C: Fundamental treatment goals. In: McNeill C (Hrsg.): *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago, 306–322 (1997)
- MONGINI F: Anatomic and clinical evaluation of the relationship between the temporomandibular joint and occlusion. *J Prosthet Dent* 38: 539–551 (1977)
- MYERS M L: Centric relation records – Historical review. *J Prosthet Dent* 47: 141–145 (1982)
- OBREZ A, STOHLER C S: Jaw muscle pain and its effect on gothic arch tracings. *J Prosthet Dent* 75: 393–398 (1996)
- OBREZ A, TÜRP J C: The effect of musculoskeletal facial pain on registration of maxillomandibular relationships and treatment planning: a synthesis of the literature. *J Prosthet Dent* 79: 439–445 (1998)
- OKESON J P: *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion*. 5th ed. Mosby, St. Louis, 111–113, 287 (2003)
- ORMENO G, MIRALLES R, SANTANDER H, CASASSUS R, FERRER P, PALAZZI C, MOYA H: Body position effects on sternocleidomastoid and masseter EMG pattern activity in patients undergoing occlusal splint therapy. *Cranio* 15: 300–309 (1997)
- PALLA S: Occlusal considerations in complete dentures. In: McNeill C (Hrsg.): *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago, 457–467 (1997)
- PALLA S: The vertical dimension: a prosthodontist's perspective. In: McNamara J A, Jr. (Hrsg.): *The Enigma of the Vertical Dimension*. Center for Human Growth and Development, Ann Arbor, MI, 75–101 (2000)
- PIEHLINGER E, CELAR A, CELAR R, JAGER W, SLAVICEK R: Reproducibility of the condylar reference position. *J Orofacial Pain* 7: 68–75 (1993)
- POSSELT U: Range of movements of the mandible. *J Am Dent Assoc* 56: 10–13 (1958)
- POSSELT U: *Physiology of Occlusion and Rehabilitation*. F. A. Davis, Philadelphia, 32, 34 (1968)
- RAMFJORD S P, ASH M M: *Occlusion*. 4th ed. Saunders, Philadelphia, 166 (1995)
- REICHENBACH E: Das Kiefergelenk als Modell gemeinsamer Aufgabenstellung stomatologischer Fachgebiete. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd* 54: 6–20 (1970)
- RILO B, SANTANA U, MORA M J, CADARSO C M: Myoelectrical activity of clinical rest position and jaw muscle activity in young adults. *J Oral Rehabil* 24: 735–740 (1997)
- RIVERA-MORALES W C, MOHL N D: Relationship of occlusal vertical dimension to the health of the masticatory system. *J Prosthet Dent* 65: 547–553 (1991)
- RUGH J D, DRAGO C J: Vertical dimension: a study of clinical rest position and jaw muscle activity. *J Prosthet Dent* 45: 670–675 (1981)



- SCHINDLER H J: Die therapeutische Positionierung des Unterkiefers mit ballistischen Schliessbewegungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 57: 368–372 (2002)
- SCHUBERT R: Zur Frage der Reproduzierbarkeit der terminalen Scharnierachsenposition – Eine Jahresstudie. *Dtsch Zahnärztl Z* 40: 96–99 (1985)
- SCHUYLER C H: Factors contributing to traumatic occlusion. *J Prosthet Dent* 11: 708–715 (1961)
- SCHUYLER C H: Freedom in centric. *Dent Clin North Am* 13: 681–686 (1969)
- Schwarz A M: Kopfhaltung und Kiefer. *Z Stomatol* 24: 669–739 (1926)
- SHAFAGH I, YODER J L, THAYER K E: Diurnal variance of centric relation position. *J Prosthet Dent* 34: 574–582 (1975)
- SPEAR F M: Fundamental occlusal therapy considerations. In: McNeill C (Hrsg.): *Science and Practice of Occlusion*. Quintessence, Chicago, 421–434 (1997)
- TARANTOLA G J, BECKER I M, GREMILLION H: The reproducibility of centric relation: a clinical approach. *J Am Dent Assoc* 128: 1245–1251 (1997)
- THE ACADEMY OF PROSTHODONTICS: The Glossary of Prosthodontic Terms, Eighth Edition (GPT-8). *J Prosthet Dent* 94: 10–92 (2005)
- THOMPSON J R: The rest position of the mandible and its significance to dental science. *J Am Dent Assoc* 33: 151–180 (1946)
- TRYDE G, McMILLAN D R, CHRISTENSEN J, BRILL N: The fallacy of facial measurements of occlusal height in edentulous subjects. *J Oral Rehabil* 3: 353–358 (1976)
- TRYDE G, McMILLAN D R, STOLTZE K, MORIMOTO T, SPANNER O, BRILL N: Factors influencing the determination of the occlusal vertical dimension by means of a screw jack. *J Oral Rehabil* 1: 233–244 (1974)
- TRYDE G, STOLTZE K, FUJII H, BRILL N: Short-term changes in the perception of comfortable mandibular occlusal positions. *J Oral Rehabil* 4: 17–21 (1977a)
- TRYDE G, STOLTZE K, MORIMOTO T, SALK D: Long-term changes in the perception of comfortable mandibular occlusal positions. *J Oral Rehabil* 4: 9–15 (1977b)
- TURRELL A J W: Clinical assessment of vertical dimension. *J Prosthet Dent* 28: 238–246 (1972)
- UTZ K H, MÜLLER F, LÜCKERATH W, FUSS E, KOECK B: Accuracy of check-bite registration and centric condylar position. *J Oral Rehabil* 29: 458–466 (2002)
- WALLISCH W: Das Kiefergelenk und der zahnärztliche Artikulator. *Vierteljahrsschr Zahnheilk* 19: 164–182 (1903)
- WALLISCH W: Das Kiefergelenk. *Arch Anat Entwicklungsgesch* [ohne Bandnummer]: 111–116 (1909)
- WALTON T: Occlusion and fixed prosthodontics. In: Klineberg I, Jagger R (Hrsg.): *Occlusion and Clinical Practice – An Evidence-Based Approach*. Wright, Edinburgh, 103–109 (2004)
- WILSON P H R, BANERJEE A: Recording the retruded contact position: a review of clinical techniques. *Br Dent J* 196: 395–402 (2004)
- WISKOTT H W, BELSER U C: A rationale for a simplified occlusal design in restorative dentistry: historical review and clinical guidelines. *J Prosthet Dent* 73: 169–183 (1995)
- WODA A, PIOCHON P, PALLA S: Regulation of mandibular postures: mechanisms and clinical implications. *Crit Rev Oral Biol Med* 12: 166–178 (2001)