

Aus der kieferorthopädischen Abteilung (Leiter: Doz. Dr. E. Witt) der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Würzburg (Direktor: Prof. Dr. R. Naujoks)

Intermaxilläre Kraftwirkung bimaxillärer Geräte¹

Von E. Witt und G. Komposch, Würzburg

Mit 7 Abbildungen

Herrn Professor Dr. E. Hausser zum 60. Geburtstag

Beim Tragen bimaxillärer Geräte kann der Unterkiefer seine Ruhelage und seine Schlußbißstellung nicht einnehmen; durch den Apparat wird der Unterkiefer zum Oberkiefer vielmehr in eine andere durch den Konstruktionsbiß bestimmte Lagebeziehung gezwungen. Die Wirkung der bimaxillären Apparate hängt, wie klinische Beobachtungen zeigen, wesentlich von der im Konstruktionsbiß (Einbiß) festgelegten Lagebeziehung Unterkiefer-Oberkiefer ab.

Der Konstruktionsbiß wird für den Aktivator und die anderen funktionskieferorthopädischen Geräte nach bestimmten Regeln hergestellt.

Im wesentlichen wird dabei durch den Einbiß folgendes erreicht:

1. Die mandibuläre Dysgnathie scheint momentan mehr oder weniger beseitigt und es entsteht eine neue dentale Dysgnathie, die sogenannte Einbißdysgnathie. Diese ist für das Vorgehen beim Einschleifen für die dentalen Bewegungen maßgebend.

2. Durch das Verschieben des Unterkiefers in therapeutischer Richtung nimmt der Unterkiefer eine neue Lage ein, in der Anpassungsreaktionen begünstigt werden.

3. Die mimische Muskulatur kann in der Einbißstellung weitgehend normal tätig werden. So ist z. B. der Lippenschluß bei einer Angle Klasse II/1 erst nach der sagittalen Verlagerung des Unterkiefers im Konstruktionsbiß möglich.

4. Die reflektorische Nasenatmung wird wieder möglich, da der Mundschluß und die regelrechte Zungenlage erreicht wird.

5. Alle Muskeln, die den Unterkiefer halten und bewegen, sind mehr oder weniger stark gedehnt (Eschler). Dadurch entstehen Kräfte die sich auf den Unterkiefer und den Oberkiefer auswirken und durch geeignetes Einschleifen therapeutisch genutzt werden können.

Unsere experimentellen Untersuchungen galten den in Punkt 5 angesprochenen Problemen. Es interessierte vor allem wie groß und welcher Art die Kräfte sind, die durch den Unterkiefer auf das bimaxilläre Gerät z. B. den Aktivator und somit reziprok auf den Oberkiefer in dorsaler und kranialer Richtung ausgeübt werden,

¹ Wesentliche Teile dieser Arbeit sind den Dissertationen von M. Hildenbrand und G. Komposch (Freiburg i. Br. 1969) entnommen.

und welche Wirkung die verschiedene Einstellung des Unterkiefers im Einbiß für die Kraftgröße hat. Im weiteren wurde die zeitliche Veränderung dieser Kräfte analysiert.

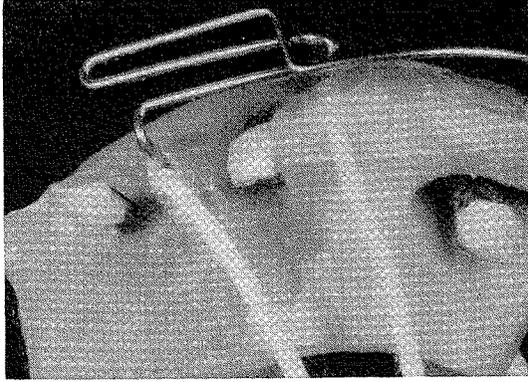


Abb. 1. Aktivator mit 3 Aufnehmern zur Kraftmessung

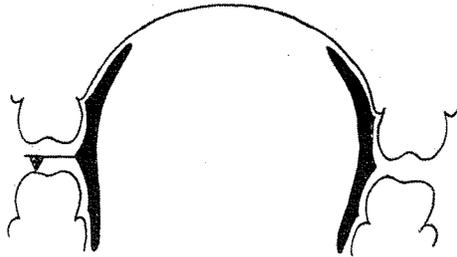


Abb. 2. Schematische Darstellung der Lage des Aufnehmers für die Messung der Kräfte in kranialer Richtung

1. Versuchsanordnung

Die Untersuchungen wurden mit einem speziellen elektronischen Meßverfahren durchgeführt.

Unter elektronischen Meßverfahren versteht man Versuchsanordnungen, die es ermöglichen, mechanische Größen in entsprechende elektrische Werte umzuwandeln, die elektronisch verstärkt einem Registriergerät zugeführt werden. Für die Umwandlung der mechanischen in elektrische Größen sind besondere Meßwertwandler notwendig. Die bei unseren Versuchen verwendeten Aufnehmer sind auf dem Prinzip der Dehnungsmeßstreifen (DMS) aufgebaut.

Zur Messung der Kräfte mußten kleine Aufnehmer konstruiert und in die Aktivatoren eingebaut werden (Abb. 1). Als Träger der DMS dienten Stahlmembranen auf deren Ober- und Unterseite je ein Miniatur-Dehnungsmeßstreifen mit einem Spezialkleber befestigt wurde. Die Aufnehmer waren im Aktivator im linken Seitenzahnbereich in Höhe des ersten Molaren für die Messung der Kraft in kranialer Richtung (Abb. 2) und lingual der unteren Front zur Messung

der Kräfte in dorsaler Richtung (Abb. 3) angebracht. Am Ende der Stahlmembran wurde im Mund des Probanden mit schnellhärtendem Kunststoff eine möglichst kleine, aber genau an den betreffenden Zähnen anliegende Kontaktfläche hergestellt, so daß jede durch die Muskulatur auf den Unterkiefer ausgeübte Kraft in dorsaler Richtung über die untere Front und in kranialer Richtung über den ersten unteren Molaren die Aufnehmer belastete. Damit die gesamte Kraft auf die Aufnehmer einwirken konnte, mußte der Aktivator so eingeschliffen sein, daß der Unterkiefer nur durch die Aufnehmer in dorsaler und kranialer Richtung abgestützt war.

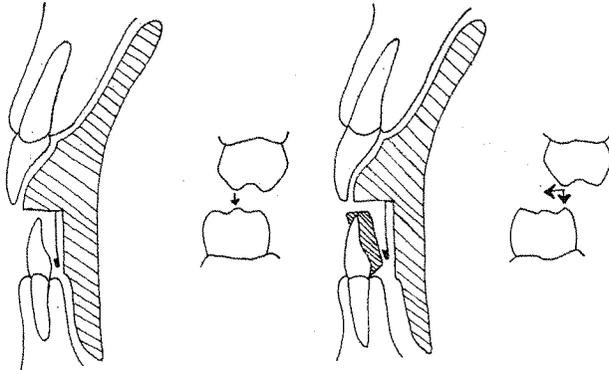


Abb. 3. Schematische Darstellung der Lage des Aufnehmers zur Messung der Kräfte in dorsaler Richtung. Rechts im Bild ist durch das Aufsetzen einer Kunststoffschiene auf die unteren Frontzähne der Unterkiefer nach ventral verlagert (2. Versuchsreihe)

Die Konstruktionsbisse zur Herstellung der Aktivatoren wurden nach einem einheitlichen Schema hergestellt. Im Seitenzahngelände wurde etwa 4 bis 6mm gesperrt. In einer ersten Versuchsreihe war der Unterkiefer nur gesenkt, in sagittaler Richtung jedoch nicht verlagert. In einer zweiten Versuchsreihe wurde zusätzlich zur Senkung eine Ventralverlagerung um eine $\frac{1}{2}$ Prämolarenbreite vorgenommen (Abb. 3 rechts).

Die Untersuchungen wurden insgesamt an mehr als 30 Probanden durchgeführt, von denen sich mehrere zu Doppelversuchen zur Verfügung stellten. Die Versuche, die ausschließlich mit Erwachsenen durchgeführt wurden, fanden während der Nachtzeit statt und erstreckten sich über mehrere Stunden, von denen in der Regel je zwei Stunden ausgewertet wurden. In der ersten Versuchshälfte war der Unterkiefer nur gesenkt; im zweiten Teil trugen die Probanden eine kleine Schiene auf den unteren Frontzähnen, wodurch der Unterkiefer beim Tragen des Aktivators nach ventral verschoben wurde.

2. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in Tabellen und Kurven dargestellt.

Wie bereits an anderer Stelle beschrieben sind die Kräfte unmittelbar nach Einsetzen des Apparates sehr groß. Während der Einschlafphase ist der Kurvenverlauf sehr unruhig und die Kraftgröße schwankt stark. Mit dem Einschlafen

der Versuchsperson wird der Kurvenverlauf ruhiger und es stellt sich eine Grundkraft ein, die sich während der Versuchsdauer öfter ändert (Tab. I).

Die Größe der Kräfte ist abhängig vom Ausmaß der Unterkieferverstellung im Einbiß, d. h. vom Grad der Dehnung bestimmter Muskeln (Tonuserhöhung und Elastizität). Auf Grund der vielfältigen Einflußnahme bzw. Beeinflußbarkeit des Aktivators werden die Krafthöhe und die Dauer der Kraft jedoch durch wei-

Tabelle I. Die Auswertung eines 2stündigen Versuches zeigt das Verhalten der Kräfte. Versuchsperson: E. A., Unterkiefersenkung im Seitenzahnggebiet etwa 4 bis 6 mm

Zeit	Grundkraft		Kurzfristige Kraftänderungen					
	1-1 (dorsal)	-6 (kranial)	gr.	mi.	kl.	gr.	mi.	kl.
			1-1			-6		
23 ³⁰ —23 ⁴⁰	560—500	45	—	—	2	—	—	—
23 ⁴⁰ —23 ⁵⁰	500—470/440	50	—	1	—	—	—	—
23 ⁵⁰ —24 ⁰⁰	440/180/480	50/20	1	1	—	—	—	1
0 ⁰⁰ —0 ¹⁰	480/430	20—30	—	1	—	—	—	—
0 ¹⁰ —0 ²⁰	430/200	30	1	—	—	—	—	—
0 ²⁰ —0 ³⁰	200/310/200	30/210—150	2	3	—	—	—	5
0 ³⁰ —0 ⁴⁰	200	150/40/240/50	—	1	2	1	2	1
0 ⁴⁰ —0 ⁵⁰	200/160—700—540	50/500—75	2	3	—	2	6	17
0 ⁵⁰ —1 ⁰⁰	540—500	75	—	—	3	—	—	1
1 ⁰⁰ —1 ¹⁰	500	75	—	—	4	—	—	—
1 ¹⁰ —1 ²⁰	500/450	75/100—80	—	—	2	—	—	1
1 ²⁰ —1 ³⁰	450/280/240	100/145—65	1	1	1	—	—	5
			7	11	14	3	8	31

gr. = große
mi. = mittlere Kraftänderungen
kl. = kleine

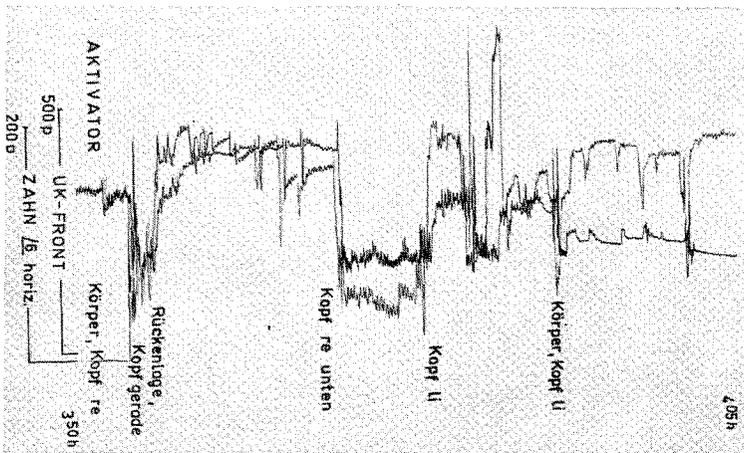


Abb. 4. Fotografie eines 15minütigen Kurvenabschnittes. Der Proband schläft unruhig und verändert seine Körperlage. Die Kraftgröße wird durch die Schlaflage beeinflusst

tere Faktoren bestimmt. Der Einfluß der Körperlage auf die Kraft, die der Aktivator erfährt und auf den Oberkiefer ausübt, wird in Abb. 4 deutlich.

Die Kräfte setzen sich aus der Überlagerung von drei Einzelkräften zusammen: einer Grundkraft, einer atemsynchronen Kraftschwankung und einer kleinen pulssynchronen Kraftamplitude. Die beiden letzteren dynamischen Kraftanteile werden in dieser Arbeit nicht weiter beschrieben.

Größe und Dauer der Grundkraft waren abhängig von der Schlaftiefe und der Schlafage. Die Phase des tiefen Schlafes war dadurch dokumentiert, daß die Grundkraft durch die Erschlaffung der Muskeln auf individuell niedrigste Werte absank. Weder in dorsaler noch in kranialer Richtung sank die Grundkraft jedoch für längere Zeit bis auf den Nullpunkt ab.

a) Kräfte in kranialer und dorsaler Richtung bei Unterkiefersenkung ohne sagittale Verschiebung

Vor Beginn des Schlafversuches ließen wir die Probanden maximal zubeißen um:

1. Ein Hindernis, das durch falsches Einschleifen des Aktivators die Übertragung der gesamten Kraft verhindert hätte, auszuschließen.

2. Die Größe der im Schlaf unbewußt erzeugten Kräfte mit den bewußt ausgeübten Kräften vergleichen zu können.

Beim willkürlichen Zubeißen registrierten wir Kräfte bis zu 3000 p (Pond) in kranialer Richtung und über 1000 p in dorsaler Richtung. Während des Schlafens waren diese Kräfte wesentlich geringer.

Bei Berechnung der Mittelwerte sämtlicher Kurven ergaben sich für die dorsale Kraftrichtung Durchschnittswerte zwischen 145 p und 270 p und für die Kräfte in kranialer Richtung Werte zwischen 70 p und 150 p.

b) Kräfte in kranialer und dorsaler Richtung in Abhängigkeit der sagittalen Unterkieferverlagerung

Wie sehr die Kräfte von der sagittalen Mandibuladislokation im Einbiß abhängig sind, zeigen die Ergebnisse der zweiten Versuchsreihe. Der Unterkiefer war hierbei im Einbiß nicht nur gesenkt, sondern wie bereits erwähnt, um eine $\frac{1}{2}$ Prämolarenbreite nach ventral verschoben; dadurch sind die Muskeln stärker gedehnt. Wir erwarteten, daß bei einem Konstruktionsbiß mit Senkung und Vorschub des Unterkiefers sowohl in kranialer als auch in dorsaler Richtung größere Kräfte wirksam würden als bei alleiniger Unterkiefersenkung im Einbiß. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen die zeitlich gerauschten Kraftkurven des Probanden E. A. und lassen die Veränderungen der dorsal- und kranialwirkenden Kräfte in Abhängigkeit der Unterkieferstellung erkennen. In dorsaler Richtung registrierten wir nahezu regelmäßig eine deutliche Zunahme der Kräfte in der zweiten Versuchsreihe; hingegen waren die Kräfte in kranialer Richtung nur in etwas mehr als der Hälfte der Fälle mehr oder weniger erhöht. Bei Doppelversuchen traten die erwarteten Kraftverhältnisse in dorsaler Richtung regelmäßig auf; in kranialer Richtung hingegen war die Kraftzunahme nicht immer festzustellen, häufig kam es im zweiten Versuchsabschnitt sogar zu einer Kraftabnahme.

Einen guten Vergleich beider Versuchsreihen ergeben die Mittelwertskurven des Kraftverlaufs aller Versuche (Abb. 7). Die Mittelwertskurven wurden dadurch ermittelt, daß im Abstand von 5 Minuten aus den Gesamtwerten aller Probanden ein Durchschnittswert errechnet wurde. Die aus dem Kraftverlauf aller Probanden

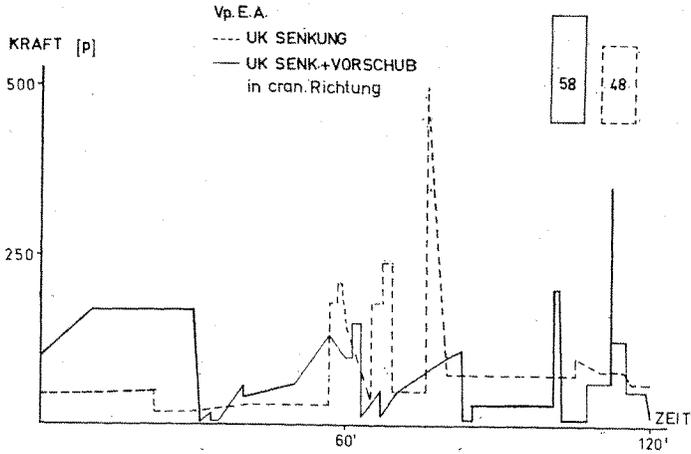


Abb. 5. Zeitlich gerrafte Darstellung der in kranialer Richtung wirkenden Kräfte bei alleiniger Unterkiefersenkung und bei Senkung und Vorverlagerung im Einbiß. Die Integralzahlen rechts oben sind ein Maß für die wirksamen Kräfte

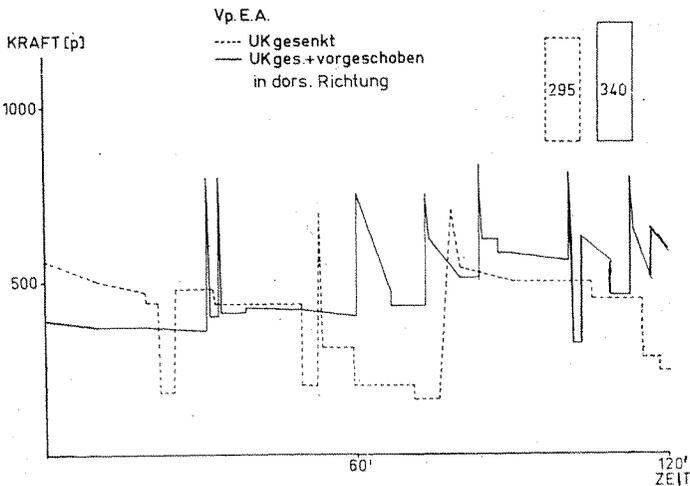


Abb. 6. Zeitlich gerrafte Darstellung der in dorsaler Richtung wirkenden Kräfte bei alleiniger Unterkiefersenkung und bei Senkung und Vorverlagerung im Einbiß. Die Integralzahlen rechts oben sind ein Maß für die wirksamen Kräfte

ermittelten Mittelwerte für die Kräfte in dorsaler Richtung bewegen sich in der ersten Versuchsreihe (Unterkiefer nur gesenkt im Einbiß) zwischen 145 p und 270p; wird der Unterkiefer entsprechend der zweiten Einbißnahme noch um eine 1/2 Prämolarenbreite nach ventral verlagert so liegen die Mittelwerte zwischen 315 p und 395 p. In vertikaler Richtung schwanken die Werte bei ausschließlicher Unterkiefersenkung im Einbiß zwischen 70 p und 150 p und steigen in der zweiten Versuchsreihe nur unbedeutend (120 bis 175 p).

Um einen statistisch signifikanten Unterschied festzustellen, wurde von den Werten der einzelnen Probanden jeweils die Differenz zwischen der ersten und zweiten Versuchsreihe gebildet; die Paardifferenzen wurden auf Signifikanz mit dem t-Test (Student) geprüft. Für die in dorsaler Richtung auftretenden Kräfte ist der Unterschied zwischen erster und zweiter Versuchsreihe hochsignifikant; kein signifikanter Unterschied besteht bei den kranial wirkenden Kräften.

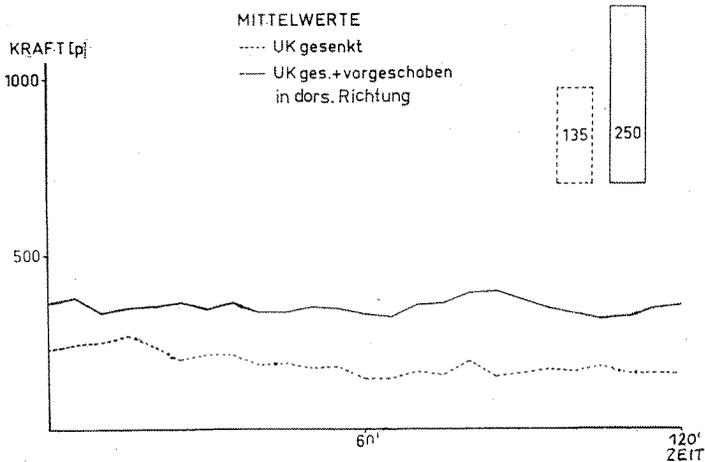


Abb. 7. Zeitlich geraffte Darstellung der Mittelwertkurven der in dorsaler Richtung wirkenden Kräfte. Die Integralzahlen rechts oben sind ein Maß für die wirksamen Kräfte

3. Diskussion

Die Ergebnisse bestätigen die starke intermaxilläre Kraftwirkung bimaxillärer Apparate und beweisen die Abhängigkeit der Kraftgröße von der Einstellung des Unterkiefers im Konstruktionsbiß. Dabei ergaben sich deutlich Unterschiede zwischen den in dorsaler und kranialer Richtung wirkenden Kräften und große individuelle Unterschiede in den einzelnen Versuchsreihen. Die starke Variabilität der gemessenen Kräfte in kranialer Richtung in beiden Versuchsreihen ist wohl im wesentlichen durch die unterschiedliche Dehnung der Muskeln bedingt, da bei der Einbißnahme ohne genaue Funktionsanalyse und ohne Bestimmung der Ruhelage relativ schematisch vorgegangen wurde. Die Größe der Grundkraft wurde weiterhin von der Schlaftiefe und der Schlafelage beeinflusst. Bei Rückenlage waren die vertikalen Kräfte in beiden Versuchsreihen klein, in einigen Fällen sanken sie für kurze Zeit sogar auf Null ab. Im Gegensatz hierzu waren beim Schlafen in Rückenlage besonders bei zusätzlicher Vorverlagerung des Unterkiefers starke in dorsaler Richtung wirkende Kräfte zu registrieren. Die Zunahme der dorsalen Kräfte bei Unterkieferverlagerung im Einbiß ist einmal auf stärkere Aktivierung der Retraktoren zurückzuführen. Außerdem spielt die Wirkung der Schwerkraft eine nicht unwesentliche Rolle. Graf (1961) bestimmte in seinen Versuchen die Abweichung des Unterkiefers in Rücken-Bauch-Position von der Ruhelage und stellte fest, daß die Lage des Unterkiefers als verschiebbliche Masse

von der Schwerkraft beeinflußt wird. Das Gewicht des Unterkiefers addiert sich somit in Rückenlage zu den in dorsaler Richtung wirkenden Muskelkräfte, für die kraniale Kraftwirkung dürfte sich die Schwerkraft jedoch eher negativ auswirken.

Die verschiedene Kraftwirkung bimaxillärer Apparate ist für die Therapie bedeutungsvoll. Bei Distalbißbehandlung mit dem Aktivator wird nicht nur der Unterkiefer nach ventral verlagert sondern auf Grund der reziproken Abstützung wird die Sagittalentwicklung des Oberkiefers gehemmt. Die starke intermaxilläre reziproke Kraftwirkung in dorsaler Richtung verursacht aber auch alveoläre Bewegungen. Die alveoläre Wirkung der bimaxillären Geräte ist umso ausgeprägter je langsamer die mandibuläre Vorverlagerung auf Grund der funktionellen Umstellung und der artikulären Anpassung erfolgt, dabei spielt das Tragen im Funktionsgeschehen als Trainingseffekt, das Wachstumsgeschehen und das Alter eine Rolle. Hausser hat unlängst auf die verschiedene Auswirkung der Distalbißbehandlung in Abhängigkeit vom Alter hingewiesen.

Die verhältnismäßig kleinen vertikalen Kräfte erklären die Schwierigkeiten, die bei der Behandlung des gnathisch offenen Bisses mit bimaxillären Apparaten bestehen. Es empfiehlt sich hierbei die vertikale Kraftkomponente durch zusätzliche extraorale Hilfsmittel zu verstärken z. B. durch eine Kopfkinnkappe.

Zusammenfassung

Es wird über die Messung der intermaxillären Kraftwirkung des Aktivators mit Hilfe spezieller elektronischer Versuchsanordnungen berichtet. Die Bedeutung der Unterkieferstellung im Einbiß wird hervorgehoben und Rückschlüsse für die Therapie gezogen.

Summary

This is a report about the investigation of intermaxillary pressure of the activator with the help of special electronic measuring devices. The importance of the position of the lower jaw in the construction-bite is stressed and conclusions are taken from this for therapy purposes.

Literatur kann beim Verfasser angefordert werden.

Anschr. d. Verf.: Doz. Dr. E. Witt, BRD-87 Würzburg, Pleichertorstr. 32