ワイヤーエーカーズ鉤の舌面形態の違いが 犬歯支台の挙動に及ぼす影響

曾 根 崎 壽

九州歯科大学歯科補綴学第1講座 (指導: 守川雅男教授)

平成14年2月25日受理

Effect of Lingual Component of Wrought Wire Akers Clasp System on Canine Abutment Displacement

Hisashi Sonezaki

First Department of Prosthetic Dentistry (Director: Prof. Masao Morikawa)
Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

On a case of distal extension removable partial prostheses with only six frontal teeth remaining, the wrought wire Akers clasp system has been usually used in expectation of the stress breaking action of flexible components because of an unfavorable prognosis. No practical availability of this system, however, has been confirmed in vivo and in vitro too.

The measurement device in six degree of freedom was utilized for revealing the effect of five types' lingual components of wrought wire Akers clasp system on the canine abutment movement, especially tipping movement.

From this in vitro study the following conclusions could be drawn:

1) On comparing the tipping movement of each design with the design 1 as the control, no significant difference was found between any two designs regarding inclination of the abutment tooth.

2) The tipping direction of designs 2 and 4 with an ordinary lingual rest was mostly towards labial direction, but the inclination of designs 3 and 5 without an ordinary lingual rest, and design 1 considered as a specific type without an ordinary lingual rest and a reciprocal component such as a hook also was all towards lingual direction.

3) No significant difference was also recognized between the magnitude of inclination of the abutment tooth in crushing short type test food and that of the abutment tooth in crushing long type test food, although the latter inclination tended to be greater than the former one.

4) In comparing the magnitude of inclination of the working side abutment with that of the balancing side abutment tooth the former had a tendency to be greater excepting that of design 1, but there was no significant difference between the magnitude of inclination of either side.

5) Significant difference of ninety nine per cent confidence levels was recognized between

tipping magnitude in unilateral loading and one in bilateral loading, and the latter was larger than the former.

On the basis of the foregoing findings, the lingual component shapes of the wrought wire clasp systems has influence upon the canine abutment movement but the influence was found to be very small, especially on the magnitude of inclination. However, on tipping direction of the abutment tooth, the indication was that it was influenced considerably in the same manner as that of cast Akers clasp systems.

Key words: Canine abutment with wrought wire clasp / Cingulum rest and hook / Six degrees of freedom analysing system

緒 言

現在、パーシャルデンチャーでは強力な「維持」よりも確実な「支持」に重点が置かれて設計されている。6前歯のみが残存した下顎 Kennedy I 級症例では犬歯を支台歯として選択することが多いが、犬歯舌面には中央小窩も辺縁隆線もなく、舌面自体も傾斜しているため、十分な支持を確保することは非常に難しい。この状況下で確実な支持を得ることができなければ、斜面上に加わった力は歯に側方力として作動し、変位させ、歯槽骨を破壊し、補綴物を所定の位置に保持できないため周囲組織を損傷し、咬合関係まで崩壊させる¹⁾ことになる。

このような現象は臨床上しばしば目にされるが、天然歯の場合、とくに下顎犬歯の場合はエナメル質の厚さが非常に薄いため、象牙質を露出させることなく十分な深さのレストシートを形成することは困難である。そこで犬歯基底結節部を人工物で修復して十分な支持を得る方法が、多くの成書で推奨されている²⁻⁷⁾。中島 (2001)⁸⁾は、この方法の可否を検証するために、キャストエーカース鉤と対応する犬歯舌面形態が支台歯の挙動に及ぼす影響について報告した。リジットサポート主導の現在では、多数歯欠損症例においても鑄造鉤が用いられることも多くなったが、犬歯支台の場合は審美性と緩圧性両面の配慮が必要であり、この点から唇側には線鉤を好んで用いる傾向がある。

したがって、本研究では、ワイヤーエーカース鉤における各種舌面形態の支台歯の挙動に及ぼす影響、とくに支台歯に最も強い為害性を及ぼすとされている傾斜⁹⁻¹⁷⁾とその方向性について検討した。なお、支台歯の挙動解析には、中島の場合同様、今村 (1999)¹⁸⁾が開発した3次元6自由度計測装置を使用した。

実験方法

本実験には、ワイヤーエーカース鉤に対応する舌面形態の支台歯の挙動に与える影響を検討する目的に加えて、キャストエーカース鉤システムの場合と比較する目的もあった。したがって、そのため、中島 (2001)⁸⁾と同じシミュレーションモデルを使用する必要があった。ところがその場合、シミュレーションモデルの疑似歯根膜や粘膜に使用したシリコン系軟性裏装材であるエバタッチの耐久性が問題になる。しかし、伴ら (1991)¹⁹⁾の報告によれば、荷重の繰返しにより、弾性ひずみ、永久ひずみは少し低下するが、無負荷状態で放置することにより容易に回復するとされている。また、500回と5000回の繰返し負荷時における差異はまったく見られなかったと述べていることから、中島の実験ではせいぜい450~480回程度の繰返し荷重が加えられるに過ぎなかったため、直ちに同一模型を使用するのであれば何ら問題ないと判断し、これを使用することにした。

I. 計測用模型

A. シミュレーションモデル

模型には、上顎有歯顎、下顎は前歯部のみが残存した Kennedy I 級 (D50-500AU/550AL, ニッシン) を用い、咬合平面を床面と平行に堅牢な咬合器上にセットした。この症例は日常臨床上、最も高頻度に発現し、補綴物装着後のトラブルも多い症例のひとつである。次に、疑似歯根膜および疑似粘膜は上記の理由から中島 (2001)⁸⁾のものを併用したが、その製法は、古閑 (1996) ら²⁰⁻²⁷⁾の方法に準じて、歯頸部厚さ: 0.75 mm, 根尖部厚さ: 1.05 mm, 疑似粘膜厚さ: 1.80 mm のシリコンラバー (エバタッチ, ネオ製薬) を填入したものである。なお、支台歯の自由な動きを妨げないように、下顎両側犬歯々根はもとより、側切歯々根とも天然歯の類似形態

Fig. 1 Simulation model of Kennedy class I with only six remaining frontal teeth used: Abutment teeth, both side canines have been prepared the lingual surface in order to screw the lingual plate equipped with a restseat of peculiar to each design.

Fig. 2 Canine abutments which were equipped with the lingual plates.

とし、可動性を付与した (Fig. 1).

B. 義歯のデザイン

基本的には、唇側がキャストエーカーズ鉤の場合とワイヤーエーカーズ鉤の場合を比較することが目的であったために、この部分以外は両者とも同一条件にする必要があった。したがって、義歯床部分や人工歯部分は中島 (2001)⁹⁾ のものと同様にした。

1) 義歯床および人工歯部

下顎人工歯には硬質レジン歯 (エンデュラポステリオ, 松風) を用い、義歯床部は加熱重合型レジン (アクロン, ジーシー) によって通法にしたがって重合, 研磨し, 十分な咬合調整を行った。

2) 維持装置

(1) レストシートの形成

キャストおよびワイヤー鉤いずれの形態にも対応でき

Fig. 3 Five type rest designs used.

A: Design 1 or Control; Wrought wire Akers clasp without either a rest and a hook.

B: Design 2; Wrought wire Akers clasp with a distal lingual rest.

C: Design 3; Wrought wire Akers clasp with a mesial hook.

D: Design 4; Wrought wire Akers clasp with a mesial hook and a distal rest.

E: Design 5; Wrought wire Akers clasp with a cingulum rest restored by metal.

Fig. 4 Illustration of mesial, labial and lingual views of each rest design.

A: Design 1

B: Design 2

C: Design 3

D: Design 4

E: Design 5

るように、舌面板に各種レストシートを形成し、その舌面板をネジで固定して、各種デザインに応じて適宜、着脱・交換が可能である (Fig. 2).

(2) 各種デザイン

唇面はすべてワイヤーエーカーズ鉤で、舌面形態のみを次の5種類に換えて支台歯の挙動に及ぼす影響をみた。

①レストもフックも有しないワイヤー鉤（以下、Design 1と呼び、Controlとする）、②遠心レストのみを有するもの（以下、Design 2）、③フックのみを有するもの（Design 3）、④フックと遠心レストを有するもの（Design 4）、⑤基底結節部に金属突起をつけ、それに嵌合するレストを有するもの（Design 5）である (Fig. 3, 4).

これら維持装置のみを簡単に着脱・交換できるよう、ネジ止めた。

また、ワイヤー鉤には0.9 mmのサンコバルトクラスプ線（三金工業）を使用し、鉤の維持力はコーヌスクラウン維持力計（Koni-meter, KRUPP）を用いて250±50 gに調整した。なお、両側の義歯床は鋳造リングバー（ハイリュウム3, ハイデンタルジャパン）により連

Fig. 5 Experimental removable partial denture placed on the model.

結した (Fig. 5).

II. 計測方法

A. 試験食片および荷重方法

1) 試験食片

試験食片としては、2タイプのものを使用した。

Short 食片：咬合時に負荷が人工歯上のみかかる場合を想定して、35×10×2 mmの板状のもの。Long 食片：人工歯および犬歯までかかる場合を想定して、44×10×2 mm、それぞれシリコンラバー印象材（エグザ

ファイン・レギュラータイプ、ジーシー）にて製作し、咬合時に、前者では全人工臼歯部に、後者ではそれに犬歯を含めて、すべての歯にほぼ均等に負荷がかかるようにした。

2) 荷重方法

次の7つの条件における支台歯³の挙動を解析した。

①試験食片を介在させずに負荷をかけた場合（以下、

Fig. 6 Laser oscillator unit which has a beam splitter as shown in Fig. 7 (A), and photosensor unit consist of positional sensitive detector (B) and signal processing circuit (C).

Fig. 7 Illustration of the beam splitter.

PLB: Primary laser beam out of the oscillator.

DB: Distobuccal laser beam reflected by the half mirror

MB: Mesio Buccal laser beam penetrated through the two half mirrors

ML: Mesiolingual laser beam reflected three times by the three half mirrors

M: Half mirror

Fig. 8 Schematic diagram on three-dimensional configuration of sensors to abutment tooth.
P: Datum point at a half of canine crown on the tooth axis.

D-1: Positional sensitive detector (PSD) (mesial)

D-2: PSD (labial)

D-3: PSD (distal)

Dense solid line: Laser beam and its irradiation direction

x: Mesiodistal direction

y: Labiolingual direction

z: Up and down direction

Fig. 9 Laser oscillator unit fixed to the abutment tooth (3).

NF 時と呼ぶ), ②③左右両側に Short 食片および Long 食片を介在して負荷をかけた場合 (それぞれ ES 時, EL 時), ④⑤右側臼歯部に Short 食片および Long 食片を介在させて負荷をかけた場合 (それぞれ WS 時, WL

Fig. 10 Right lower canine, which has no laser oscillator unit. Only left canine movement was analysed when occluding on the same side, on the opposite side, or on the both sides simultaneously.

時), ⑥⑦左側臼歯部に Short 食片および Long 食片を介在させて負荷をかけた場合 (それぞれ BS 時, BL 時) である。

荷重は咬合器中央部に圧縮試験器 (歯型圧縮試験器, 松下) により, 1 mm/min の等速荷重で 100N までの垂直荷重を加えた。なお, 各維持装置, 各条件下でそれぞれ 3 回ずつ行った。

B. 挙動解析

支台歯 3 の挙動は, 今村 (1999)¹⁸⁾ が開発した 3 次元 6 自由度支台歯挙動解析装置により計測し, 解析した (Fig. 6-10)。

計測方法は中島 (2001)⁹⁾ の場合と同様である。センサ部と信号処理部があり, センサ部は発振器ユニットと受光部ユニットからなっている。発振器ユニットのレーザー発振器から出力されたレーザー光 (波長 680 nm, 出力 20 mW) はビームスプリッターユニット部で T 字型に 3 つの方向に別れ (Fig. 7), それぞれ同一平面上で受光部である位置検出素子 (S1880, 浜松ホトニクス, 位置分解能: 6.0×10^{-3} mm, 角度分解能: 8.6×10^{-4} 度, 応答速度: 0.5 マイクロ秒, 以下, この素子を PSD と呼ぶ) へと入力されていく。このようにして信号処理回路 (C4674, 浜松ホトニクス) により受光点の座標と比例した電圧へと変換され, それぞれの座標を合成することで支台歯の 3 次元 6 自由度解析^{28, 29)}が可能になる。なお, 本実験では中島 (2001)⁹⁾ 同様, 支台歯歯冠頂下 5 mm の点に T 字形レーザー光の交点がかかるよう設定したが, この交点はいずれの位置にでも設定可能である。また, 今村 (1999)¹⁸⁾ が開発したソフトウェアを用いることに

より、支台歯の任意の点における負荷時の挙動も容易に解析し、随意、再現可能である。

結 果

当支台歯の挙動解析装置によって、歯軸傾斜およびその方向、基準点 p の垂直的、水平的変位ならびに回転運動の全てが計測できた。Fig. 11 に両側臼歯部に Long 食片を介在させ破碎した時の支台歯 3 における上記の各挙動を例示する。

キャストエーカーズ鉤の場合と比較するために、中島 (2001)⁸⁾ が記載しているものと同じ条件下での挙動のものを表示した。

歯軸傾斜 (A) では、荷重の初期段階で急激な立ち上がりを示し、その後は荷重量の増加に伴い漸次増大するものと荷重当初からほぼ均等に増大するものがみられたが、いずれも荷重量の増加に伴って傾斜量も大きくなった。

傾斜方向 (B) では、荷重当初はわずかに唇側傾斜した後に大きく舌側方向へ傾斜するものと最初から唇側傾斜のみで、舌側方向への傾斜は示さなかったものがみられ、後者はすべて舌面レストを有するタイプ (Design 2, 4) であった。

基準点 p 変位 (C) では、まず上下の変位 (z) は、全てが下方変位、つまり沈下であったが、荷重量の増加に伴って単純に沈下量も増大するものと沈下と挙上を繰り返しながら漸次深く沈下するものがみられた。近遠心的変位 (x) は、最初から遠心方向へ変位するものと荷重当初ごくわずかに近心方向へ変位後、遠心方向へ大きく変位するものがみられた。唇舌的変位 (y) は、荷重の初期段階で大きく唇側変位後、漸次復元するものや荷重当初は舌側変位し、荷重量の増加に伴って唇側変位するもの、逆に舌側変位から唇側変位へ変化するもの、舌側変位だけのものなど、唇舌的には様々な様相がみられた。

回転 (D) では、全て時計回りの回転であった。荷重の初期段階で急激な立ち上がりを示した後に、均等な回転を示し、増大するものや逆に荷重当初はほとんど回転を示さなかったもの、荷重量の増加に伴って漸次増大するもの、増大途中から回転量を減少するものがあった。さらには荷重当初はごくわずかな時計回りの回転が、反時計回りになり、その後非常に大きな時計回りの回転になったものなどもあり、デザインにより変化に富んだ複雑な動きをするものもみられた。

本稿では支台歯および歯周組織に最も強い為害性を及ぼすとされている歯軸傾斜とその方向を主体に検討し

た。

Fig. 12 は、各デザインにおける荷重量の増加とそれぞれの変位量との関係を示したものである。また、上記諸条件を一括にした各デザインの荷重量増加に伴う変化を Fig. 13 に表示した。これらの図にみられるように、全体的には荷重量の増加に伴って傾斜量も増大したが、個々の条件下では必ずしも単純に増加するものばかりではなかった。Design 1 および Design 5 では、荷重量が増加すると傾斜量も増大する傾向がみられたが、Design 2, 3, 4 では荷重量が増加しても傾斜量には変化がないか、逆に減少する場合もみられた。

Fig. 14 は、10~90N までの傾斜平均値と標準偏差値をデザインおよび各条件ごとに表示したものである。この図にみられる特徴としては、Design 3 と 5 が他のデザインに比べて幾分か大きいこと、NF 時が最も大きいことであろう。そこでその結果を明確にするために、全ての条件下での傾斜量を総合的にデザイン別にまとめたものが Fig. 15 であり、それぞれのデザインを Control (Design 1) と比較したものが Fig. 16 である。また、条件下別にみたものが Fig. 17 および Table 1 である。これにみられるように、Design 3 の傾斜平均値は Control の約 1.17 倍と最も大きく、次が Design 5 の 1.12 倍、Design 4 は 1.01 倍、Design 2 は 0.99 倍と最小であった。しかし、各デザイン間には統計的な有意差は認められなかった。また、条件下別には各デザインとも NF 時の傾斜は他の全ての条件下でのそれよりも、危険率 5% から 0.1% で有意に大きかったが、WS は最小ながら WS と WL、WS と BS 間には有意差はみられなかった。

その時のその傾斜の方向については、歯頸部歯肉の健康状態に、とくに関係が深いと考えられる唇舌的方向性について Fig. 18 に示す。いずれも最大変位時の方向が表示されている。これにみられるように、通常の舌面レストを有する Design 2 と 4 では平衡側負荷時以外では全て唇側傾斜をしているのに対して、通常の舌面レストを持たない Design 5 および Design 3 では全て舌側傾斜であった。また、通常の舌面レストもフックも持たない、いわば特殊タイプと考えられる Design 1 においても、Design 2 および 4 とは逆に、平衡側負荷時のみでは唇側傾斜しているものの、他の条件下では全て舌側傾斜がみられた。

次に、食片形態による支台歯の挙動に及ぼす影響をみたものが Fig. 19 である。わずかに Long 食片破碎時における傾斜が Short 食片破碎時のそれに比べて大きくなる傾向はあったが、有意差はみられなかった。

Fig.11 Continuous movement of abutment tooth (3) with design 1 to design 5 in occluding long test food on both sides simultaneously.

Design 1, 2, 3, 4, 5 from top to bottom in order.

A: Tipping degree of abutment tooth axis.

B: Tipping direction.

C: Displacement of reference point P.

x: Mesiodistal direction (+; distal, -; mesial)

y: Labiolingual direction (+; lingual, -; labial)

z: Vertical displacement (+; upward, -; downward)

D: Rotational degree.

Fig.12 Change of tipping magnitude of each design companied with increasing loads.

A: Design 1
B: Design 2
C: Design 3
D: Design 4
E: Design 5

Fig.13 Relation between the mean values of tipping magnitude and increasing loads.

Fig. 14 Tipping magnitude under various conditions in each rest design.

NF : In occluding at centric occlusion without food.

ES : In occluding short type of test food on both molars

EL : In occluding long type of test food on both molars.

WS : In occluding short type of test food on the same side of abutment tooth.

WL : In occluding long type of test food on the same side of abutment tooth.

BS : In occluding short type of test food on the opposite side of abutment tooth

BL : In occluding long type of test food on the opposite side of abutment tooth.

Fig. 15 Synthetic comparison of tipping magnitude of each design.

Fig. 16 Tipping magnitude in comparing each design with design 1 or control.

Fig.17 Comparison of tipping magnitude under various conditions.

Table 1 Analysis of variance on the inclination of abutment tooth under various conditions.

	NF	ES	EL	WS	WL	BS	BL
NF	—						
ES	**	—					
EL	*	—	—				
WS	***	**	***	—			
WL	***	*	***	—	—		
BS	*	—	—	—	—	—	
BL	*	—	—	*	—	—	—

*, **, and ***: 95, 99, and 99.9 per cent confidence levels respectively

Fig. 18 Tipping direction toward labiolingual

Fig. 19 Effect of food shape to tipping magnitude.

Fig. 20 Comparison of tipping magnitude on working side with balancing side.

また、支台歯と同一側に食片を介在させて負荷をかけた場合と反対側に介在させて負荷をかけた場合を比較した Fig. 20 では、Design 1 を除いた全てで後者、非作業側負荷時の傾斜量が大きかった。しかし、この両者間にも有意差は認められなかった。

さらに、両側性負荷時と片側性負荷時の支台歯の傾斜量に及ぼす影響をみたものが Fig. 21 である。これにみられるように、両側性負荷時の方が片側性負荷時のそれに比べて有意に大きかった ($p < 0.01$)。

Fig. 21 Comparison of tipping magnitude in unilateral loading with that in bilateral loading.

考 察

A. 傾斜およびその方向について

本実験と同一条件下でキャストエーカース鉤システムで実験した中島 (2001)⁸⁾ は、支台歯舌面を修復したシンギュラムレストである Design 5 に、他のデザインよりも大きな傾斜量が認められたと述べ、それにも関わらず良好な経過をとる理由として確実な支持力により義歯の沈下、滑走を抑制し、そのために支台歯付着歯肉を剥離、損傷することがないためであろうと推論している。

支台歯、とくに前歯支台に為害性を及ぼす要因として2つの因子が考えられる。1つは支台歯の傾斜であり、他の1つは義歯の沈下、滑走による支台歯周囲組織に対する損傷である。支台歯に生じる傾斜以外の動き、例えば回転運動の支台歯に及ぼす影響については、通常、傾斜を伴ってこの動きは発現するため、局所的な歯周靱帯のみの緊張、緩和が起こると考えられるとして支台歯に為害性を及ぼしやすいとする考え²¹⁾と、逆に比較的良好とする考え³⁰⁾の両方があるが、いずれも実験によって確かめられたものではなく推測の域を出ていないため、この動きに対する為害性の有無については考察しないことにする。

一方、傾斜については、多くの成書²⁻⁷⁾や文献³¹⁻³⁴⁾でこの動きの少ないデザインがパーシャルデンチャー設計原則の重要な条件の一つになっており、支台歯の健康な状態に及ぼす影響が最も大きいとされている。歯根膜は歯と顎骨を強力に連結しているが、途中、血管や神経の通る脈管神経隙を作っている。傾斜により局所的な歯根膜が長時間圧迫されると歯根膜の血管やリンパ管は空虚にな

る。さらに圧迫が続くと血管は鬱血を来とし、リンパ管は鬱滞して多量の浸出液を含むようになると言われている³⁵⁾。このように、長時間続く部分的な歯根膜の圧迫も歯を為害することになるが、歯にとっての最も大きなダメージとなる力は傾斜の繰り返し、つまり、ジグリング作用にあることは動物実験により数多く証明されていることである⁹⁻¹⁷⁾。

ワイヤーエーカース鉤システムによる本研究結果においても、Design 5においては、唇側キャスト鉤の場合同様に大きな傾斜量が認められた。しかしながら、この唇側ワイヤー鉤の場合も比較的良好な臨床経過をとり、補綴前処置の段階で犬歯舌面を修復する方法は多くの成書でも推奨されている。このように成書の多くで推奨され、しかも良好な臨床経過と相反するこのデザインならびにキャストエーカース鉤システムの場合と類似した結果をみると、犬歯支台の予後には傾斜以外の要素も考えざるを得ない。それが、上記のもう一つの要素である義歯床の沈下による付着歯肉の損傷であろうと考える。歯肉辺縁に発生した歯肉炎は歯槽骨まで波及し、刺激の繰り返しによって組織破壊が起こる。やがて組織破壊と修復のバランスが崩れたところに歯槽骨の破壊、歯の動揺、抜歯の転機をとることになるものと考えられる³⁶⁾。この際、問題になる義歯床の沈下そのものについては調べていないが、鉤形態、義歯の構造および多くの成書にある説明からみて、支台歯の傾斜の方向から義歯床の沈下がある程度、推測できるように思われる。Fig. 18にみられるように、本実験結果もほとんどキャストエーカース鉤の場合と同じであった。つまり、通常の舌面レストを持たないDesign 3および5では全ての条件下で支台歯はすべて舌側方向へ傾斜した。また、舌面レストは持たないが、いわば特殊形態と考えられるDesign 1も非作業側支台負荷時を除く全ての条件下で、舌側方向へ傾斜している。それに対して舌面レストを有するDesign 2および4では逆に非作業側支台負荷時を除く全てで唇側方向へ傾斜している。唇側がキャストの場合でもワイヤーの場合でもともに舌面レストの有無により、その支台歯は全く同じ傾斜の方向を示した。このことは、成書記載通りに舌面レストを有するデザインでは、犬歯支台舌面が斜面を形成しているため、義歯部への負荷によりレスト部は支台歯を唇側へ押しながら下方へ滑走し、義歯床は沈下し、その義歯床の沈下により歯周炎が発症する。それに対して、Design 5では舌面の金属突起にレストを引っかける構造になっているため、義歯床の沈下は考えられず、歯周炎も発生しない。そのために、このデ

ザインにおける支台歯は比較的良好な経過が観察できると考えられるのである。

さらに、前歯、とくに犬歯支台の場合には、その舌面が傾斜しているために、強いジグリング作用や直接的な歯肉損傷以外にも、弱い矯正的な力で支台歯が唇側変位することが考えられ、この唇側変位は支台歯の形態から臼歯支台よりも犬歯、あるいは前歯支台に発現し易い現象であろう。そして一旦、唇側変位や傾斜が生じた場合、歯肉退縮や歯槽骨縁の吸収などが起こることは数多くの研究結果から明らかである³⁷⁻⁴²⁾。

Pearson (1968)³⁹⁾ は、矯正力を加えて歯を変位させたもの(45症例)では、1.1 mmの歯肉退縮があったが、力を加えず歯の変位もないもの(27症例)では0.04 mmの歯肉退縮しかなかったとCephalometric tracing法による計測結果を報告している。Gorman (1967)⁴⁰⁾ は、著明な唇側変位歯では61% (32/52症例)に歯肉退縮がみられたのに対して、舌側変位歯で15% (4/26症例)にしか見られなかったと述べ、歯の位置異常が最も重要な歯肉退縮要因であると記している。さらに、Batenhorstら(1974)⁴¹⁾ は、中切歯と側切歯を矯正的に54~64日かけて唇側傾斜させ、240日間保定期間をおき、反対側の同名歯をコントロールとして、歯肉辺縁の高さ、および付着歯肉の量を観察した。その結果、コントロール歯では非常に微細であったのに対して、被験歯ではそれぞれ平均3.2 mmの退縮と1.6 mmの肥厚がみられたと報告している。このように前歯の変位や傾斜による歯肉退縮等については多くの報告があるが、さらに、Steinerら(1981)⁴²⁾ は、矯正的に変位、傾斜させた前歯の歯肉辺縁(GM)、粘膜歯肉接合部(MGJ)、角化歯肉の幅(KG)、結合組織の高さ(CTL)、辺縁骨の高さ(MBL)等の変化について詳細に検討している。それによると、コントロールと被験歯では、KGを除いて、それぞれ有意に($p < 0.001$)、後者の変化が大きかったと報告している。そしてその機序のひとつとして、歯が変位したとき、変位歯より唇側にある歯肉が薄くなっているように思われたことから、矯正的な力によって生じた歯肉内の緊張と関係があるのではないかと記している。

しかしながら、それらの変化は歯の変位の大きさの間には、相関関係は認められなかったと述べていることから、例えば小さな変位であっても支台歯への為害性は起こり得ることが示唆されているように思われた。

以上のように、Design 5では、その舌面構造体により、義歯床の沈下抑制による歯肉辺縁部の保護に関しても、また、支台歯の唇側変位に関しても支台歯の傾斜方

向から考えて有効に機能しているように思われた。

ところで、キャストエーカーズ鉤システムでは、全デザイン中、最小の傾斜量を示した Design 3 が、唇側をワイヤーに換えた本実験では最も大きな傾斜量を示した。この Design 3 の両側負荷時および作業側負荷時の支台歯の傾斜量はキャストエーカーズ鉤システムの場合と大きな差異は認められなかったが、平衡側負荷時の傾斜が著明であった。このワイヤー鉤システムではキャスト鉤システムに比べて傾斜の方向性に安定性がなく、唇側傾斜した後に大きく舌側傾斜をするものやその逆のものなど様々であったことから、ワイヤー鉤のフレキシブルさ、歯冠近遠心径 1/2 からアンダーカットに入るための把持力の弱さが起因しているように思われる。その明確な原因についてはわからない。しかし、最も大きな傾斜であったこと、キャスト鉤システムでは全ての条件下で、このデザインの傾斜は小さかったことなどから、粉碎方法や食品を増やして再検討する必要があるものの、少なくとも本研究結果からはフックを使用する場合は唇側にはキャスト鉤を考えるべきであるとは言えるであろう。

B. 食片形態による影響について

支台歯も食片破碎に関与する場合と人工臼歯のみで破碎する場合、後者が支台歯を遠心方向へ牽引、傾斜させるのに対して、前者では支台歯を上から抑えた状態で破碎するため、沈下は増大しても、傾斜や回転は小さくなると考えられる。したがって、臨床的にコーヌスクローネやキャップレストが機能的にも優れ、比較的予後も良好と報告されている⁴³⁻⁴⁷⁾のも、支台歯も食片破碎に関与しているからではないかと考えていた。

この観点から、食片形態による支台歯の傾斜に及ぼす影響をみたところ、Short 食片破碎時に比べて Long 食片破碎時の支台歯の傾斜がやや大きくなる傾向はあったが、唇側キャスト鉤の場合同様、有意差はみられなかった。

C. 作業側および非作業側支台の傾斜についての比較

生体では、片側で食べ物を破碎する場合、作業側の方の機能力が非作業側支台に比べて大きかったとの報告がある⁴⁸⁾。また、シミュレーションモデル上でみたパーシャルデンチャーにおいても傾斜のみに限定しないで全ての運動量をみた場合、作業側支台の動きが大きかったとの報告もある⁴⁹⁻⁵²⁾。生体の場合は、咬合、咀嚼しようとする場合には、無意識的にその方へ偏寄った咬み方をすることもあるであろうし、介在されている食片の抵抗を押して破碎しようとするれば、当然、その方の筋力は大き

く働くであろう。パーシャルデンチャーにおいては作業側支台には咬合力が直接、伝達されるため、一般的には非作業側支台に比べて大きな遠心方向への牽引作用が起これと考えられる。また、遊離端症例であれば、リジットサポートの理論的根拠となっている Körber (1988) ^{43, 53)} の考え方、つまり、支台歯より遠心の欠損部顎堤が長ければ、義歯床最遠心端が早期に粘膜の被圧縮性限界点に達するために、それ以上の支台歯の遠心牽引、傾斜作用は起こらないとする考えから、非作業側負荷時の義歯床の沈下は、同側負荷時のそれよりも早期に終わり、その結果、小さな傾斜に終始すると考えられる。

しかしながら、本研究では、有意差は認められなかったものの、傾斜量は作業側支台に比べて非作業側支台の傾斜量が Design 1 を除いて全て大きくなる傾向があった。

本研究に用いた症例は、6 前歯残存の下顎右側犬歯支台である。この症例では、左側義歯床最遠心端部は同側のいかなる欠損形態の場合よりも支台歯より離れた位置にあるため、他の如何なる症例の場合よりも、非常に早期に沈下の限界点に達する。それ以上、幾ら非作業側に負荷をかけても支台歯の傾斜は起こらない筈である。しかし、同側負荷時には、支台歯と義歯床最遠心端間距離がそれよりも短いため、沈下限界点に達するまでに反対側負荷時の場合よりも時間がかかり、本来なら作業側支台負荷時の傾斜量が大きくなる。

岩切 (2001)⁵⁴⁾ は下顎第一小臼歯を支台とした片側遊離端義歯で試験食片咬合時の支台歯の傾斜量を計算で求めた Körber 値と比較している。それによると、義歯の沈下量は Körber 値の 1/26 に過ぎなかったと述べている。つまり、通常の傾斜では、義歯床最遠心端が粘膜の被圧縮限界に達するよりもはるかに前にその傾斜を終えていることになる。したがって、義歯床にそれ以上に大きな負荷がかかれば、リジットにサポートしている場合、義歯床はさらに沈下して、支台歯を遠心牽引、傾斜させることが考えられる。この傾斜を抑制するためには、従来通りの考え、緩圧性理論が必要であることになる。Körber 理論が適用できるのであれば、支台歯と義歯床最遠心端距離が非常に長い本症例のような場合にこそ適用される得る筈であろう。つまり、作業側負荷時の傾斜量に比べて、支台歯と義歯床最遠心端距離が長い非作業側支台では早期に義歯床沈下が抑止され、支台歯の遠心牽引運動も終わって小さな傾斜量に終始することになっていた筈である。

結局のところ、本症例においても、Körber 理論では

説明できないことになり、一般的にリジットサポートの理論的な根拠とされているこの概念については再検討の必要があるように思われた。

D. 両側および片側破碎時についての傾斜量の比較

Kennedy II級1類のような症例では、中間欠損側を固定性補綴物で修復し、遊離端側のみを可撤性補綴物で修復する方法と中間欠損側、遊離端側含めて可撤性補綴物で修復する方法があり、症例にもよるが議論の分かれるところである。しかし、その議論は一般的にはどちらの方が機能性に優れているかの観点からのみで争われているものであり、残存組織、とくに支台歯の健康面から論じられているものではない。

Cecconi ら (1971)⁵⁵⁾ は、 $\overline{5} \overline{1} \overline{4}$ を支台歯とした両側遊離端義歯支台歯の変位量と変位方向を計測した結果、変位方向は類似していたが、両側で破碎した場合が片側でのそれよりも変位量は小さかったと述べ、両側に加重する方が片側に加重するよりも支台歯の動きに関しては好ましいと記している。つまり、片側性遊離端義歯よりも両側性に設計することを推奨していることになる。しかし、Cecconi ら (1971)⁵⁵⁾ の場合、支台歯に及ぼす影響面から見直している点は評価できるが、傾斜も、沈下も、歯体移動も、回転も全てを含めた支台歯の総変位量で良否を判断しているところに難点があるように思われる。

また、EMG を用いて機能的咬合力を測定した Boever ら (1978)⁴⁸⁾ が片側咬合時において作業側では非作業側に比べて大きな咬合力が発現したということについては

前に触れた。同時に、だからこそ両側性に機能することが重要であるとも記している。このことは為害性のない咬合力であれば、咀嚼能率上、好ましいと考えられるが、強力な咬合力が発現し得るということは、反面、大きな傾斜量になる危険性もあることを示唆しているようにも思われる。

とくに、支台歯への為害性という観点からみた本研究結果では、義歯の両側で食片を破碎した場合と片側で破碎した場合、危険率1%で有意に両側で破碎した場合の傾斜が大きかった。Kennedy II級1類と違って、本症例のように両側性に設計するしか選択肢がない場合には、例えば基底結節レストシートを設けるための修復処置などもその一つであるがパーシャルデンチャー構成要素の細心の設計と適正な咬合ならびに円滑な咬交関係の確立が非常に重要になるものと思う。

E. 唇側キャストエーカーズ鉤の支台歯の挙動との比較

唇側の鉤腕形態のみがキャストかワイヤーかの違いだけで、他の部分は同じであるので、必要に応じてその都度、唇側キャストエーカーズ鉤の場合⁵⁾と比較してきた。両クラスプシステムによる支台歯の挙動は、概観的には非常に類似していたが、細部では異なっていた。

Fig. 22 は、唇側キャスト鉤をワイヤー鉤に換えた場合の傾斜量の変化を一定の荷重量ごとに表示したものである。これにみられるように、Design 2 の一部で唇側のキャスト鉤をワイヤー鉤に換えることにより、幾分、傾斜量も小さくなる傾向もみられるが、Design 1, 3, 4 で

Fig. 22 Change of tipping magnitude due to altering cast clasp to wrought wire clasp on labial surface.

C : Cast clasp system

W : Wrought wire system

は大きく増大している。ところが、Design 5では荷重当初からキャスト鉤の場合よりも傾斜量は小さくなり、最大荷重時までその傾向は続いていた。ちなみに、ワイヤー鉤の場合の傾斜量は、10, 30, 50, 70, 90N 負荷時で、それぞれ、キャスト鉤の場合に比べて、25%, 12%, 8%, 11%, 13%も減少していた。つまり、キャスト鉤をワイヤー鉤にすることにより、Design 5のみはキャスト鉤の場合の8~25%も傾斜量が減少したことになる。

Fig. 23は、各キャスト鉤の支台歯の傾斜量を1として、それに対するワイヤー鉤の各比率を示したものである。

それによると有意差は見られなかったものの、ワイヤー鉤での傾斜量はキャスト鉤の同じデザインの場合と比較して、Design 2, 3, 4で大きく、Design 5においてのみ小さくなる傾向を示した。支台歯の健康に最も大きな影響力のある傾斜量を減少させるためには、Design 5以外のデザインでは、唇側キャスト鉤を用い、Design 5でワイヤー鉤を使用した方が有効であるように思われる。しかしながら、これはキャスト鉤と比較した場合であり、同じワイヤー鉤で比較すると、前者がデザインによりかなり大きな差異が認められたのに対して、ワイヤー鉤の場合は全てのデザインとも非常に似通った傾斜

量を示した (Fig. 16)。つまり、ワイヤー鉤のみを単独にみた場合、舌面形態の違いが支台歯の傾斜の大きさに及ぼす影響はキャスト鉤に比べて非常に小さかったことになる。

Fig. 23 Inclination ratio of each wrought wire clasp design to the same cast clasp design.

Fig. 24 Comparison of tipping direction due to clasp group with a usual lingual rest and without a usual lingual rest.

最後に、両鉤の場合の支台歯の傾斜方向を視覚的に捉えるため、同じ食片を同一条件下で咬合、咀嚼する間の変位を同一デザイン内で凹凸ができないよう配置したものが Fig. 24 である。

キャスト鉤の場合においても、またワイヤー鉤の場合においても、通常の舌面レストを持たない Design 5 と Design 3、それとレストもフックも持たない特殊形態と考えられる Design 1 ではほとんど唇側へは傾斜していないのに対して、舌面レストを有する Design 4 と Design 2 では、舌側方向への傾斜よりも唇側傾斜の頻度が高いように思われた。つまり、この図にみられるように、その方向性については、キャスト鉤の場合同様、ワイヤー鉤においても舌面レストの有無により大きく影響を受けているように思われた。

結 論

リジットサポート主流の現在においても、審美性等の観点から犬歯支台には好んでワイヤーエーカーシステムが応用される傾向がある。

その舌面形態の違いが支台歯の挙動、とくに支台歯への為害性が最も大きいとされている傾斜量ならびにその方向に及ぼす影響を、3次元6自由度支台歯挙動解析装置を用いて5種類のデザインについて比較、検討したところ、以下の結果を得た。

1) Design 1 を Control とした場合、各デザイン間の傾斜量には有意差は認められなかった。

2) 傾斜の方向は、通常の舌面レストを有する Design 2 および 4 では唇側傾斜が多くみられたが、有していない Design 3 および 5 では全てに、また Design 1 では高頻度に舌側方向への傾斜がみられた。

3) Short 食片破砕時に比べて Long 食片破砕時の支台歯の傾斜がやや大きくなる傾向はあったが、両者間に有意差はみられなかった。

4) 作業側支台に比べて非作業側支台の傾斜量が Design 1 を除いて全て大きくなる傾向はあったが、有意差は認められなかった。

5) 片側で咬合した場合、両側で咬合した場合よりも危険率 1% で有意に、傾斜量は小さかった。

6) 十分咬合調整をしているにも関わらず、食片を介在せずに負荷を与えた場合、介在させて負荷を与えた場合よりも有意に大きな傾斜が認められた ($p < 0.05 - 0.001$)。

以上の結果より、ワイヤーエーカーシステムでは、舌面形態の違いが支台歯の傾斜量に及ぼす影響は小さ

く、キャストエーカーシステムの場合と比べても小さいことが判明した。

しかしながら、その方向性については、キャストエーカーシステムの場合同様、舌面形態によって大きな影響を受けることが示唆された。

稿を終えるに当たり、終始、御懇篤なるご指導、ご校閲を賜りました九州歯科大学歯科補綴学第1講座、守川雅男教授に対し、深甚なる謝意を捧げます。また、種々の貴重なご教示を戴きました歯科補綴学第1講座大学院、岩切 幸先生ならびに同門の中島昭爾先生に深く感謝するとともに、ご面倒をお掛けしました医局員ならびに大学院の諸先生方にも厚くお礼を申し上げます。

なお、最後になりましたが、このような機会をお与え下さいましたのは偏に馬場博史先生のお陰です。茲に、改めて心より感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Kratchvil, F. J.: Partial removable prosthodontics. W. B. Saunders, Philadelphia, 1988, 7-24.
- 2) Zarb, G. A., Bergman, B., Clayton, J. A. and MacKay, H. F.: Prosthodontic treatment for partially edentulous patients. The C. V. Mosby, 1978, 482-498.
- 3) Grasso, J. E. and Miller, E. L.: Removable partial prosthodontics, 3rd ed. Mosby Year Book, St. Louis, 1982, 114-133.
- 4) Boucher, L. J. and Renner, R. P.: Treatment of partially edentulous patients. The C. V. Mosby, St. Louis, 1982, 128-160.
- 5) Stewart, K. L., Rudd, K. D. and Kuebker, W. A.: Clinical removable partial prosthodontics. The C. V. Mosby, St. Louis, 1983, 18-55.
- 6) Henderson, D., McGivney, G. P. and Castleberry, D. J.: McCrackene's removable partial prosthodontics. The C. V. Mosby, St. Louis, 1985, 58-75.
- 7) Davenport, J. C. R., Basker, M., Heath, J. R. and Ralph, J. P.: Removable partial dentures. Wolfe Medical Publications, Ipswich, 1988, 140-147.
- 8) 中島昭爾: 3次元6自由度計測装置による前歯部のみ残存症例における犬歯支台の挙動解析—キャストエーカーシステムに対応する舌面形態の影響—. 九州歯会誌 55: 294-313, 2001.
- 9) Macapanpan, L. C. and Weinmann, J. P.: The influence of injury to the periodontal membrane on the spread of gingival inflammation. J. Dent. Res. 33: 263-272, 1954.
- 10) Posselt, U. and Emslie, R. D.: Occlusal disharmonies and their effect on periodontal diseases. Int. Dent. J. 9: 367-381, 1959.

- 11) Ewen, S. J. and Stahl, S. S.: The response of the periodontium to chronic gingival irritation and long-term tilting forces in adult dogs. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 15: 1426-1433, 1962.
- 12) Lindhe, J. and Svanberg, G.: Influences of trauma from occlusion on progression of experimental periodontitis in the Beagle dog. *J. Clin. Periodontol.* 1: 3-14, 1974.
- 13) Nyman, S., Lindhe, J. and Ericsson, I.: The effect of progressive tooth mobility on destructive periodontitis in the dog. *J. Clin. Periodontol.* 7: 351-360, 1978.
- 14) Steiner, G. G., Pearson, J. K. and Ainamo, J.: Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. *J. Periodontol.* 56: 314-320, 1981.
- 15) Lindhe, J. and Ericsson, I.: The effect of elimination jiggling forces on periodontally exposed teeth in the dog. *J. Periodontol.* 53: 562-567, 1982.
- 16) Ericsson, I. and Lindhe, J.: The effect of long-standing jiggling on experimental marginal periodontitis in the Beagle dog. *J. Clin. Periodontol.* 9: 497-503, 1982.
- 17) Lindhe, J.: Textbook of clinical periodontology. 2nd ed. Munksgaard, Copenhagen, 1989, 240-257.
- 18) 今村義治: 支台歯の挙動解析のための3次元6自由度計測装置の開発. 九州歯会誌 53: 111-126, 1999.
- 19) 伴 清治, 鶴田昌三, 長谷川二郎: シリコンラバー系弾性裏装材の弾性および接着強さの耐久性. ネオ製薬, 東京, 1991, 1-8.
- 20) 古閑 望: 片側遊離端義歯においてクラスプのデザインが支台歯の挙動に及ぼす影響. 九州歯会誌 50: 532-548, 1996.
- 21) 高尾敏一: 少数歯欠損片側遊離端症例におけるコーヌスクローネ支台の挙動に関する基礎的研究. 九州歯会誌 50: 833-852, 1996.
- 22) 城下 功: 両側性遊離端症例において維持装置のデザインの違いが支台歯の挙動に及ぼす影響—単独腕鉤による作業側・非作業側支台の比較—. 九州歯会誌 51: 114-132, 1997.
- 23) 川上英俊: 両側性遊離端症例において維持装置のデザインの違いが支台歯の挙動に及ぼす影響—連結腕鉤による作業側・非作業側支台の比較—. 九州歯会誌 51: 462-487, 1997.
- 24) 梶田健治: 両側性遊離端症例において維持装置のデザインの違いが支台歯の挙動に及ぼす影響—コーヌス冠と鉤による作業側・非作業側支台の比較—. 九州歯会誌 51: 675-698, 1997.
- 25) 糸瀬秀成: 正常な骨支持を想定した片持ちバリ固定性義歯支台の変位分析. 九州歯会誌 52: 331-355, 1998.
- 26) 古賀聖規: 片側性二重冠遊離端義歯支台の変位分析—片持ちバリ固定性義歯支台との比較—. 九州歯会誌 52: 405-428, 1998.
- 27) 徳丸哲也: 緩圧性を有する人工歯応用義歯支台の変位分析—軟性裏装材応用義歯支台と比較して—. 九州歯会誌 53: 380-398, 1999.
- 28) 石岡 靖, 小林義典, 長谷川成男, 河野正司, 林 豊彦編, 板東永一, 鈴木 温: 顎口腔機能分析の基礎とその応用—ME 機器をいかに臨床に活かすか—, 1-4. 顎運動計測法と計測器. デンタルダイヤモンド社, 東京, 1991, 44-53.
- 29) 長谷川成男, 青柳昭紘: 6 自由度顎運動測定器のこと. 補綴誌 42: 928-931, 1998.
- 30) Gianelly, A. A. and Goldman, H. M.: Biologic basis of orthodontics. Lea & Febiger, Philadelphia, 1971. (桑原洋助, 平下斐雄訳: 矯正の生物学的背景, わかば出版, 東京, 1983, 169-170.)
- 31) DeVan, M. M.: The prosthetic problem — its formulation and suggestions for its solution. *J. Prosthet. Dent.* 6: 291-301, 1956.
- 32) Krol, A. J.: Clasp design for extension—base removable partial dentures. *J. Prosthet. Dent.* 29: 408-415, 1973.
- 33) Levin, B.: Stressbreakers: a practical approach. *Dent. Clin. North Am.* 23: 77-86, 1979.
- 34) Osborne, J. and Lammie, G. A.: Partial dentures, 4th ed. Blackwell Scientific, London, 1974, 178-185.
- 35) 森 優三, 三枝 博: 口腔組織学 永末書店, 京都, 1962, 168-179.
- 36) 関根 弘編集代表: 歯科医学大事典 医歯薬出版, 東京, 1989, 1161, 1162.
- 37) Parfitt, G. J. and Mjor, I. A.: A clinical evaluation of local gingival recession in children. *J. Dent. Child.* 31: 257-262, 1964.
- 38) Trott, J. R. and Love, B.: An analysis of localized gingival recession in 766 Winnipeg high school students. *Dent. Pract. Dent. Record* 16: 209-213, 1967.
- 39) Pearson, L. E.: Gingival height of lower central incisors orthodontically treated and untreated. *Angle. Orthod.* 38: 337-339, 1968.
- 40) Gorman, W. J.: Prevalence and etiology of gingival recession. *J. Periodontol.* 38: 316-322, 1967.
- 41) Batenhorst, K. R., Bowers, G. M. and Williams, Jr. J. E.: Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys. *J. Periodontol.* 45: 660-668, 1974.
- 42) Steiner, J. K., Pearson, J. K. and Ainamo, J.: Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. *J. Periodontol.* 52: 314-320, 1981.
- 43) Körber, K. H.: Zahnärztliche Prothetik Band I, II. Georg Thieme, Stuttgart, 1975.
- 44) 芝 輝彦, 五十嵐順正: コーヌステレスコープデンチャー. 臨床カラーシリーズ 8. 永末書店, 京都, 1984.
- 45) 黒田昌彦: コーヌスクローネ. 医歯薬出版, 東京, 1984.
- 46) 阿部 実, 鈴木達也, 尾花甚一: リジッドタイプ可撤支台装置キャップクラスプの製作. 歯科技工 14: 287-292,

- 1986.
- 47) 後藤忠正: クラスピング—合理的な考え方と臨床—. 医歯薬出版, 東京, 1990, 1-114.
- 48) De Boever, J. A., Jr. McCall, W. D., Holden, S. and Jr. Ash, M. M.: Functional occlusal forces: An investigation by telemetry. *J. Prosthet. Dent.* 40: 326-333, 1978.
- 49) Frechette, A. R.: The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth. *J. Prosthet. Dent.* 16: 195-212, 1956.
- 50) Kaires, A. K.: Effect of partial denture design on bilateral force distribution. *J. Prosthet. Dent.* 6: 373-385, 1956.
- 51) Henderson, D. and Seward, T.: Design and force distribution with removable partial dentures. A progress report. *J. Prosthet. Dent.* 17: 350-364, 1967.
- 52) Cecconi, B. T., Asgar, K. and Dootz, E.: The effect of partial denture clasp design on abutment tooth movement. *J. Prosthet. Dent.* 25: 44-55, 1971.
- 53) Korber, K. H.: Konuskronen – Das rationell Teleskopsystem ein Führung in Klinik und Technik, 6., Aufl., Huthig, Heidelberg, 1988.
- 54) 岩切 幸: 生体計測用に改良した3次元6自由度・支台歯挙動解析装置. 九州歯会誌 55: 331-346, 2001.
- 55) Cecconi, B. T., Asgar, K. and Dootz, E.: Removable partial denture abutment tooth movement as affected by inclination of residual ridges and type of loading. *J. Prosthet. Dent.* 25: 375-381, 1971.