コーヌス冠支台歯の挙動に関する実験的研究

九州歯科大学大学院歯学研究科歯科補綴学第1専攻(指導: 豊田静夫教授)

迫 雅 裕

平成元年10月16日受付

Experimental Study on Konus Krone Abutment Teeth Movements

Masahiro Sako

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

In the removable partial denture, especially in the unilateral distal-extension denture, it is very important to minimize the denture movement and to make the occlusal forces appropriately distribute to the abutment teeth and residual ridges.

In this study, the characteristic movements of the Konus Krone partial denture and the abutment teeth were investigated utilizing the mandibular kinesigraph (MKG) on a Kennedy Class II simulation model.

Three types of unilateral distal-extension partial dentures were constructed: Type I, having a single Konus Krone abutment tooth; Type II, having two Konus Krone abutment teeth whose outer crowns were connected; and Type III, having two Konus Krone abutment teeth whose inner and outer crowns were respectively connected.

The results obtained were summarized as follows.

1. The movement of the distal abutment tooth was significantly larger than that of the mesial one when a load was applied to the denture.
2. Type I showed the smallest movement of the distal abutment tooth. The tooth movement was significantly increased by connecting the crowns although the movement of the outer crowns was decreased. Particularly the inclination of the tooth to the distal direction was induced in Type II.
3. The movement of the distal abutment tooth was the smallest in Type III and the largest in Type I.
4. The outer crown movement was larger than the tooth movement. The tendency was marked in the mesial abutment tooth.
5. In Type I, no significant changes in the tooth movement were caused by increasing in the applied load.
6. Type III was effective for reducing the denture movement when the applied load was smaller. However, its superiority was damped as the load was increased.
7. On vertical loading to the denture, the outer crowns and the abutment teeth inclined to the opposite directions each other.

8. The largest tooth movement was found to occur on buccal or vertical loading.
9. There were no significant differences in the abutment tooth movement between the loadings to the second premolar and to the second molar of the denture.
10. It was suggested from the foregoing that Type I might be favorable for protecting the mucous membrane against damages and Type III for ensuring the denture stability.

Key words : *Abutment tooth/Simulation model/MKG/Konus Krone*

緒 言

可撤性義歯、ことに遊離端症例においては、補綴物の構造上からも *fish-tail movement*, *rocking*, ならびに *tipping* などのような多様な動きによって維持歯に水平的なストレスを生じ易く、それに加えて維持歯歯根膜と顎堤粘膜の被圧変位量差により維持歯歯根膜や歯間乳頭部などに種々のトラブルを生じる。したがって、これらの問題に対する対応策が数多く研究され¹⁻³⁾、実際に臨床面に応用されてきた^{4, 5)}。

その対応策として従来では、主として垂直的荷重下における維持歯歯根膜と顎堤粘膜の被圧変位量差を補綴物自体の自発的沈下量によって補償する、いわゆるフレキシブルなスプリット・デンチャーやスプリング、ヒンジあるいはガイドプレーンなどを用いた緩圧機構による方法⁶⁾、印象時にそれら硬軟両組織の被圧変位量差をあらかじめ可及的に小さくして置く方法⁷⁾、咬合力を残存歯と顎堤に均等にかつ広範囲に配分する方法⁸⁾などが主体をなしており、それらを RPD 設計上のベーシックあるいはスタンダードな考え方として、長期にわたって一般的な支持を得てきた^{9, 10)}。

しかしながら、緩圧性を与えた補綴物がしばしば所期の成果を納め得ないことなどから、緩圧性いわゆるフレキシブルな方法が疑問視されるに至り、Gaerny (1969)¹¹⁾や Kratochvil (1963)¹²⁾などにより、理論術式に対する見直しの機運が生じた。以来、緩圧機構により維持歯の水平的ストレスを軽減し、維持歯の保護を図った従来の概念とは全く逆行する考え方が、近年、わが国の補綴学界では主流を占めているように思われる。

従来の考え方からすれば、リジットに維持歯を把持する方法は維持歯から離れた義歯床遠心端に極めて小さな力でも加われば、維持歯を支点として大きな回転トルクを生じ、その維持歯を害するという考え方から禁忌とされていた。しかし、リジット・サポートによる方法を推進させている Körber (1973, 1975)^{13, 14)}は、顎堤の

スパンの長い補綴物ほど、義歯床の沈下が少ないことを生体の骨、粘膜の症状から理論的に説明を加え、緩圧性理論の不備を追究するとともに数多くの臨床例をもとに良好な結果を報告している。しかも、臨床的には維持歯の直接的な保護のみではなく、次のような従来の補綴法に比してすぐれた点を挙げている¹⁵⁾。たとえば、強固で長期的に一定した維持力ならびに支持力が得られ、着脱時、支台歯に不当なストレスを加えず、支台歯と義歯床が非可動的に連結されているために機能性、装着感が良好で、2次スプリント効果があり、破損し難く、さらに単純な内冠形態のために支台歯のプラーク・コントロールが容易で予防歯科学的立場からみても優れているなどである¹⁶⁾。以上の利点から近年とくに臨床的評価が高まっているにもかかわらず、このリジット・サポートを代表するコーヌス・クローネについても基礎的研究は少なく、わずかに維持力発現に関する実験的研究^{17, 18)}ならびに有限要素法による実験的研究^{19, 20)}などの幾つかが散見されるに過ぎない。

また、これまでのクラスプ・デンチャーの研究における計測方法についても、有限要素法、光弾性法、ストレンゲージ法など数多くの方法が用いられてきたが、有限要素法では実験的な裏付けがなかったり、光弾性法では3次元的な動的状態の把握が困難であったり、ストレンゲージ法では限局した部位における応力しか検出できなかったりという欠点があった。

そこで著者は荷重下におけるコーヌス・クローネ支台歯の3次元的な挙動を明らかにする目的で顎運動計測装置(MKG)を計測手段として、シミュレーション・モデルを用い、荷重点、荷重方向、荷重量の違いによる単独冠と連結した場合の相対的な変位量ならびに変位方向の違いを検討したところ従来の方法では得られなかった新しい相見を得たので報告する。

実 験 方 法

I. 実験模型

本実験においてケネディーⅡ級(7 6 5|欠損)の下顎レジン模型をシミュレーション・モデルとして使用した。

支台歯には、天然歯の解剖学的歯根膜厚さ²¹⁻²³⁾ならびに歯根膜の生理学的被圧縮性²⁴⁻³¹⁾を参考にして、歯根膜側壁0.5mm、根尖部0.7mmの厚さにシリコン(エクザフレックス, GC社製)でコーティングした。また顎堤粘膜にも生理的圧縮度³²⁻³⁹⁾を参考にして、1.2mm厚のシリコン(ネガスナッガー, ネオ社製)による偽似粘膜を作製した(Fig. 1)。

Fig. 1 Simulation model of Kennedy class II.

Ⅱ. 実験義歯ならびに荷重方法

右側犬歯ならびに同第1小白歯を支台歯として、コースス・クローネを維持装置とした片側遊離端義歯を製作し、次の3つのタイプの義歯を設計した。

Type I: 4|のみを支台歯として、内冠、外冠を設定したもの、

Type II: 4 3|を支台歯として、それぞれに内冠を合着し外冠を設置して両外冠のみを連結したもの、

Type III: 4 3|を支台歯として4 3|を連結した内冠を合着したのち、同様に4 3|を連結した外冠を設置したもの、である。

金属は12%金銀パラジウム合金を用い、コースス角は臨床多用される6度に調整した。まず、鏡面仕上げを行った内冠上にパターン用レジン(GC社製)を用い、筆積み法でパターンを形成した後、通法にしたがって埋没、鋳造した。内冠、外冠の維持力は400~600gが臨床的な範囲とされているので、維持力計を用いて、着脱を繰り返すことによって、500±50gに調整して実験に使用した。

義歯床の第2小白歯相当部(以後、近心歯と呼ぶ)ならびに第2大臼歯相当部(以後、遠心歯と呼ぶ)に基底

面に対して近心、遠心、頬側、舌側面が45度の角度に調整した金属ピラミッドの尖頂が、可及的に咬合平面と同じになるよう設置し、尖頂の場合は咬合平面の高さで、斜面の場合は各面の中央に垂直に、3, 5, 7kgの荷重を加えた。ただし、装置の構造上、近心面からの荷重は不可能であった。つまりこれら各荷重が、垂直、遠心、頬、舌側の4方向から、それぞれ近、遠心歯に合計8つの部位で負荷されたことになる(Fig. 2)。

Fig. 2 Loading methods.

Vertical loads were applied on the top of the metal pyramids substituting for the right second premolar and second molar of the denture, and lateral loads on their oblique planes.

Ⅲ. 計測方法

上記のシミュレーション・モデル上に3タイプのコースス・クローネ義歯を設定し、近心歯及び遠心歯に荷重を加え、支台歯(内冠)と外冠の挙動上の違いを変位量、変位方向によって比較、分析した。なお、実験に際し、口腔内状況に類似させるため義歯床と顎堤粘膜間にはグリセリンを滴下して唾液の代用にした。

1. 測定機器

支台歯(内冠)ならびに外冠の挙動を観察する機器としてMKG(K6ダイアグノスティックシステム, マイオトロニクス社製)を用いた。これによれば支台歯の3次元的な挙動が観察できるばかりではなく、スローモーションでの詳細な軌跡の確認が容易であり、3次元の高

倍率での軌跡の記録も可能であった (Fig. 3).

Fig. 3 Schematic diagram of the apparatus.

- a : MKG sensor
- b : MKG magnet
- c : extension rod
- d : simulation model
- e : display
- f : recorder

2. 記録方法

微細な支台歯の挙動を観察、記録するためにまず支台歯咬合面中央部に歯軸と平行に木製ロッドを植立し、その先端部に取り付けた MKG マグネットの動きを記録した。支台歯の回転中心を根尖部から歯根 $\frac{1}{3}$ とした場合、本実験では歯冠頂からの距離が 8.0mm であったので、支台歯の変位量を 30 倍に拡大できるようにロッドの長さを 232.0mm とした。なお、MKG マグネットはロッドの先端部に、模型正中線と直角に、かつ模型基底面と平行になるように設定した。さらに MKG ディスプレイならびにレコーダー上で電氣的に 1~10 倍まで拡大されるために、本装置では最大 300 倍まで拡大が可能であった (Fig. 4)。

ついで、外冠の挙動観察に際しては、内冠に植立してあるロッドをその一部が露出した状態で常温重合レジンで固定し、露出している部分からロッドを切断して、外冠を除去した。そののち、内冠に残されたロッド残存部

Fig. 4 Extension rod for magnifying the movement of Konus Krone.

を平滑に削除した。このようにすることで、内冠計測時と全く同じ条件で外冠の計測が可能になった。

3. 記録処理方法

MKG ディスプレイ上に表示された各荷重下での支台歯の軌跡は MKG 特有の歪を含んでいる。著者は Morikawa ら (1988)⁴⁰⁾の方法にしたがって前後、上下左右に 1 mm 間隔でマグネットを移動させて補正図を作製した。これを用いて各荷重下での軌跡の数点の座標を読み直行座標上にトレースした。この結果補正曲線を得た。

4. 変位方向の表示方法

水平面上での変位方向は Fig. 5 の様に略称する。

実験結果

本実験での支台歯ならびに外冠の変位を示す MKG マグネットの動きは矢状面、前頭面および水平面上に記録し、Morikawa ら (1988, 1989)^{40), 41)}の方法によって補正した。

Fig. 6 は Type I~III に垂直に遠心歯に 5 kg 負荷した場合の「4」の挙動を 3 次元的に例示したものであ

Fig. 5 Abbreviation of the moving directions of the Konus Krone under loads in horizontal plane.

M : mesial direction

B : buccal direction

L : lingual direction

D : distal direction

る。図中の x , y , z はそれぞれ遠心, 舌側, 上方への方向を示している。これらの各断面の動きから内冠ならびに外冠は, 遠心歯に垂直荷重が加えられた場合, 水平面上を平行に移動するのではなく, 近遠心, 頬舌側, 下方へ傾斜していることがわかる。

以後, 図は水平面上での変位のみによって表示するが, いずれも下方への変位を含んだものである。

図中の実線は顔面正中線およびそれと直行する線であり, 水平面観での一点鎖線は模型臼歯部歯槽頂線およびそれと直行する頬舌側方向を示す。

I. 負荷方向の変化ならびに荷重量増加に伴う内冠, 外冠の挙動

A. 垂直荷重時

1. 支台歯 4 の挙動

第2大臼歯ならびに第2小臼歯相当部に 3, 5, 7 kg の垂直荷重を加えた場合の支台歯 4 ならびに 3 における内冠, 外冠の動きを水平面観で Fig. 7 に示している。

支台歯 4 において, 遠心歯に垂直的に 3 kg の荷重が加わった場合, Type I では, 外冠は LD 方向に傾斜した。荷重量の増加にともなって変位量も増加しながら

Fig. 6 MKG records of movement traces of the inner and outer crowns on 4 by 5kg vertical loading to the second molar of the denture.

The chain lines denote the alveolar ridge line and the bucco-lingual line perpendicular to the ridge.

Fig. 7 Changes in the maximum movement on the horizontal view by increasing in the applied vertical load from 3 to 7kg to the second premolar of the denture: (P), and to the second molar: (M).

傾斜方向は LD から LDD へと遠心寄りに変化していく傾向がみられた。内冠は原点に対して外冠とほぼ対称的に MBB 方向に傾斜し、荷重量の増加によって変位方向は近心寄りへと変化した。変位量の増加は外冠と比較して少なかった。

近心歯に垂直的に負荷した場合も原点に対してほぼ対称的に傾斜する傾向は変わらず、外冠は舌側遠心へ、内冠は頬側近心へ傾斜した。しかし、遠心歯荷重時の場合とは異なり、外冠は舌側寄りへ、内冠は頬側寄りへ変位方向が変わる傾向が認められた。

外冠のみを連結した Type II においては、遠心歯荷重時には外冠、内冠ともに頬側遠心へ傾斜し、外冠は

BD 方向であり、内冠はやや舌側寄りの BDD 方向であった。荷重が 3 kg から 7 kg まで増加するにつれて変位量も大きくなったが、変位方向には変化はみられなかった。

近心歯に 3 kg の荷重を加えた場合には、遠心歯の場合とは逆に内冠が BD 方向、外冠がやや舌側寄りの BDD 方向へ傾斜した。荷重が増加するにつれて、外冠は頬側寄りに、内冠は舌側寄りに変位方向を変えながら大きな変位を示すようになった。

変位量は外冠、内冠ともに近心歯荷重時の方が大きかった。また、遠心歯、近心歯のいずれに負荷した場合においても外冠が内冠のほぼ 2 倍の変位を示した。

外冠, 内冠ともにそれぞれを連結した Type III では, 外冠は近心歯, 遠心歯荷重時とも, ほとんど類似した挙動を示した. 変位方向もともに BD から BDD の範囲内であり, 遠心歯荷重時にはやや頬側寄りで変位量も小さく, 近心歯荷重時にはやや舌側寄りで変位量も大きかった.

しかし, 内冠は本実験の最大荷重時においてもその軌跡は点状に描記されただけでほとんど変位は認められなかった.

2. 支台歯 3 の挙動

外冠のみ連結した Type II においては, 遠心歯荷重により支台歯 3 の外冠は, BDD 方向に傾斜し, 荷重量増加によってほぼ歯槽頂線に沿って変位量が増加して

いった. 内冠はわずかに遠心舌側に動いた程度でほとんど変位は認められなかった.

近心歯荷重時には外冠は遠心歯荷重時の軌跡のやや頬側を遠心方向へほぼそれと等しい変位量を示したのに対して, 内冠は近心頬側に変位したが変位量は極めて小さかった.

Type III では, 近心歯, 遠心歯荷重時とも内冠はほとんど変位せず, 外冠のみの変位が著しかった. 外冠の変位量は近心歯荷重時では Type II の場合とほぼ同程度であったが, 遠心歯荷重時では Type II の場合の約半分程度に小さくなった.

また, Type III の変位方向は Type II の場合とほぼ同様であった.

Fig. 8 Changes in the maximum movement on the horizontal view by increasing in the applied buccal load from 3 to 7kg to the second premolar of the denture: (P), and to the second molar: (M).

The marks are the same as those of Fig. 8.

Fig. 9 Changes in the maximum movement on the horizontal view by increasing in the applied lingual load from 3 to 7kg to the second premolar of the denture: (P), and to the second molar: (M).

The marks are the same as those of Fig. 8.

B. 頬側荷重時

1. 支台歯 4] の挙動

遠心歯および近心歯に頬側から舌側方向へ荷重を加えた場合の挙動を Fig. 8 に示す。

支台歯 4] において, Type I に頬側から負荷した場合, 遠心歯荷重時には外冠は遠心舌側にきわめて大きな傾斜を示した。荷重量増加により LLD から LDD へと変位方向は変化していったが, 変位量には著しい違いはみられなかった。

外冠が LLD から LDD の範囲内を大きく変位したのに対して, 内冠はやや近心よりの舌側方向へわずかに変位するにすぎなかった。近心歯荷重時においても外冠は歯槽頂線に直角に遠心舌側方向へ大きな変位を示したのに対し, 内冠は近心舌側方向へ小さく傾斜したのみであった。

このように, Type I の場合, 頬側からの荷重によ

て外冠はきわめて大きな変位量を示したにもかかわらず, 内冠の動きは極端に小さく, かつその変位方向も外冠が遠心舌側, 内冠が近心舌側となり, 互いに近・遠心的に逆方向に傾斜する方向が認められた。

Type II においては, 遠心歯に負荷した場合, 外冠, 内冠がともに遠心舌側方向へ傾斜するようになった。Type I に比較して外冠の変位量は著しく減少したのに対して, 内冠の変位量はほぼ 2 倍になった。また, 荷重量の増加に伴って変位量も増加したが, 変位方向にはほとんど変化はみられなかった。このような内冠, 外冠の挙動上の特徴は近心歯荷重時においても遠心歯荷重時と大差なかった。

Type III においては, 遠心歯荷重時, 最初外冠はほとんど動かなかったが荷重量増加により近心寄りの方へ傾斜し, さらに増加することによって MLL 方向へと変位した。これに対し内冠は LD 方向へ傾斜し, 荷重

Fig. 10 Changes in the maximum movement on the horizontal view by increasing in the applied distal load from 3 to 7kg to the second premolar of the denture : (P), and to the second molar : (M).

The marks are the same as those of Fig. 8.

量の増加によっても方向を変えることなく変位し、外冠に比べて変位量も約 $\frac{1}{2}$ と小さかった。

近心歯に負荷した場合、内冠の変位量は遠心歯荷重時とほとんど同じであったが、外冠の変位量は遠心歯荷重時の場合に比べて小さく約 $\frac{1}{2}$ に減少し、変位方向も内冠は LLD 方向であったが、外冠は LD 方向へと遠心歯に負荷した場合に比べて大きく変化した。

2. 支台歯 3 の挙動

遠心歯に荷重を加えた場合、Type II, III のいずれにおいても外冠、内冠ともに舌側方向へ傾斜する傾向がみられた。しかし、Type II では外冠が遠心側、内冠が近心側、Type III では外冠が近心側、内冠が遠心側となっており、Type II と III では変位方向が近遠心的に逆であった。

変位量は Type II と Type III の間でほとんど差はなく、外冠の大きな変位に対し、内冠の変位はわずかで

あった。

近心歯荷重時には Type II の外冠の変位は LD への傾斜となったが、変位量は遠心歯荷重時と同程度であった。Type III においても Type II と同じ方向への傾斜がみられたが、その変位量は Type II の場合のほぼ $\frac{1}{2}$ であった。内冠には Type II, III とともに遠心歯荷重の場合と同様にわずかな変位しか認められなかった。

C. 舌側荷重時

1. 支台歯 4 の挙動

義歯床の近心歯および遠心歯に舌側から頬側方向へ荷重を加えた場合の挙動を Fig. 9 に示す。

支台歯 4 において Type I における遠心歯荷重時には、内冠、外冠ともにほぼ同じ方向の遠心頬側方向に動き、荷重量の増加によって内冠は近心頬側方向に変位したのに対して、外冠では低荷重時の方向を保ったまま直線的に変位量が増大した。

Fig. 11 Horizontal maximum areas surrounded by the movement traces on $\overline{4}$ under various directions of loads in Type I.

upper : inner crown

lower : outer crown

近心歯に負荷した場合、内冠は頰側方向へ傾斜し荷重量の増加によっても、方向性に変化はみられなかったが、外冠はまずB方向に変位し、それからBBD方向へと傾斜方向が変化した。3kg荷重時には内冠は外冠よりもわずかに遠心寄りであったが、荷重が増加すると外冠よりも近心寄りに変位する傾向があった。

Type IIでは、遠心歯荷重時、外冠の変位量はType Iよりも小さく、変位方向もType Iよりも遠心寄りの方向であった。内冠はType Iの場合よりも近心方向に変位したが、変位量には差はなかった。

近心歯荷重時においても内冠が外冠より近心に変位するという特徴は観察され、外冠はBD方向、内冠はMBBからB方向へ変位し、変位量も遠心歯荷重時の場合よりも減少した。

Type IIIでも、内冠が外冠よりも近心寄りに軌跡を描く特徴が認められた。遠心歯荷重時には外冠、内冠ともB方向へ変位し、近心歯荷重時には、それぞれBBD、

B方向に変位した。変位量は外冠は減少傾向、内冠は逆に増大傾向にあった。

2. 支台歯 $\overline{3}$ の挙動

内冠の動きは近、遠心歯荷重時においても極めてわずかであったが、外冠ではかなり大きな変位量が認められた。

遠心歯荷重時には外冠のみ連結したType IIの内冠、外冠の変位方向はともにB方向であったが、近心歯荷重時には内冠はMB方向、外冠はBD方向であった。

内冠、外冠のそれぞれを連結したType IIIになると、遠心歯荷重時に内冠がMBB、外冠がBDDに変位し、近心歯荷重時には内・外冠ともにBDDに変位するようになった。

このように支台歯 $\overline{3}$ の外冠は常に遠心頰側方向に傾斜したのに対し、内冠ではきわめて小さな変位量ではあったが、Type IIとType IIIで変位方向が近遠心的に異なる傾向にあった。

Fig. 12 Horizontal maximum areas surrounded by the movement traces on $\overline{4}$ under various directions of loads in Type II.
upper : inner crown
lower : outer crown

D. 遠心側荷重時

義歯床の近心歯および遠心歯に遠心から近心方向へ荷重を加えた場合の挙動を Fig. 10 に示す。

1. 支台歯 $\overline{4}$ の挙動

Type I では、内冠と外冠の変位量に大差がなく、遠心歯荷重時にはむしろ内冠の方が大きな変位量を示し、近遠心的に相反する方向に変位した。つまり、遠心歯に負荷した場合、内冠と外冠はそれぞれ MB と BDD と近心および遠心に相反する変位を示し、荷重量の増加によってそれぞれ MMB, BD に方向が変化した。

近心歯荷重時、荷重量を増加させた場合にも内冠、外冠はそれぞれ MB, および BDD 方向に変位したが変位量そのものは小さかった。

Type II では、外冠の変位方向は **Type I** の場合と同じく遠心側方向であったが、内冠は **Type I** の場合よりも舌側に寄った変位を示し、内冠に対して外冠の変位量の方が大きくなった。

遠心歯荷重時、外冠は BD 方向にかなり大きく変位したのに対して内冠はほぼ歯槽頂線上を近心舌側方向に変位し、近心歯荷重時、外冠は BDD 方向から BD 方向に変位したのに対して、内冠はほぼ原点に対して対称の ML 方向に変位した。

このように内冠が舌側寄りに変位したことが、および内冠と比べて外冠に大きな変位が生じたことが **Type I** との相違点であった。

しかし、**Type III** になると **Type I** の場合と同様、内冠は再び近心側方向に変位するようになったが、外冠の変位方向は **Type II** と比較してほとんど変わらず、遠心歯荷重時に **Type II** の場合より減少する傾向があった。

2. 支台歯 $\overline{3}$ の挙動

Type II, **III** はほぼ同様の挙動を示した。ともに内冠はほとんど変位せず、外冠は遠心歯荷重時に **Type III** では **Type II** よりもやや近心方向に動くようになり、

Fig. 13 Horizontal maximum areas surrounded by the movement traces on 4 under various directions of loads in Type III.

upper : inner crown

lower : outer crown

変位量も小さくなった。近心歯荷重時には BD に変位し、変位量も同じであった。

支台歯 4 に比較して近心支台歯 3 における変位量は、外冠ではほとんど差はみられなかったが、内冠では 3 の場合の方が著しく小さくなった。

Fig. 11-15 に全ての荷重成分を含む、荷重によって生じた変位の範囲を内冠、外冠別に水平面観で示している。

支台歯 4 においては、各タイプの内・外冠の変位領域は面積的な差異はあったが、非常に類似した形態をしていた。

Type I での外冠が舌側寄りに遠心方向に大きな変位領域を示したのに対し、内冠は近心にやや頬側寄りの変位領域が認められた。

Type II では外冠は頬・舌側に片寄ることはなく遠心に大きな変位領域を示したのに対して、内冠は近心にも変位領域は認められたが、大部分の変位領域は遠心に存

在していた。

内冠、外冠のそれぞれを連結した Type III では、外冠も近心への変位傾向を持つようになり、内冠、外冠ともに変位領域の近心方向に占める割合が多くなった。

各 Type ごとの変位領域を比較すると外冠の変位領域は Type I が最大で、外冠のみを連結した Type II、内冠、外冠それぞれを連結した Type III の順に小さくなり、内冠の変位領域では逆に Type I が最小で、Type III、Type II の順で大きくなった。

支台歯 3 においては、Fig. 14, 15 に見られるように、内冠は Type II、Type III とともにきわめて小さな変位領域しか示さなかったが外冠は Type III でやや近心への変位傾向もみられたものの、両者とも遠心になりに大きな変位領域が認められた。

近心支台歯 3 と遠心支台歯 4 を比較すると、内冠の変位領域は Type II、Type III とともに近心支台歯の方が著しく小さく、外冠の変位領域も Type II、III と

Fig. 14 Horizontal maximum areas surrounded by the movement traces on 3 under various directions of loads in Type II.
upper : inner crown
lower : outer crown

も近心支台歯の方が小さかったが、内冠の近心、遠心支台歯間にみられたほどの大きな差異は認められなかった。

Fig. 16—19 は近心歯および遠心歯に 5 kg 荷重時の内冠、外冠の挙動の違いを示したものである。

これらからわかるように近心歯あるいは遠心歯荷重時の変位量差はほとんどなく、むしろ近心歯荷重時の変位量の方が全般的には大きい傾向が認められた。

Fig. 20 は Fig. 11—15 よりすべての荷重成分を含む 7 kg 荷重による各支台歯の水平面上での変位領域を遠心方向と近心方向に分け、プランメーターによって求めた面積を示したものである。近・遠心方向を含めた総変位領域を各支台歯、各 Type 別に比較すると、内冠の総変位領域では、Type II の近心支台歯が最小で、順に Type III の近心支台歯、Type I の支台歯と大きくなり、Type II と III の遠心支台歯ではほぼ同程度で最も大きかった。外冠の総変位領域では、Type III の近心支台

歯が最小で Type II の近心支台歯、次いで Type III, II, I の遠心支台歯の順に大きかった。しかし、遠心方向への内冠の変位領域では Type II の近心支台歯が最小で、順次 Type I の支台歯、Type III の近心支台歯、Type III, II の遠心支台歯の順に大きくなる傾向が認められた。

外冠の遠心方向の変位領域では Type III の遠心支台歯、Type III の近心支台歯、Type II の近心支台歯、遠心支台歯、Type I の支台歯の順に大きくなった。

Fig. 21 は荷重量の増加による変位領域の変化を近・遠心方向に分けずに、総変位領域で表したものである。支台歯 4 において、Type I では、外冠は荷重量の増加によって変位領域も著しく増大したが、内冠には荷重量が増加してもほとんど変化は認められなかった。

外冠のみ連結した Type II では、小荷重下での外冠の変位量は Type I と比較して激減したが荷重量が増加すると内冠、外冠ともに変位領域は著しく増大し、

Fig. 15 Horizontal maximum areas surrounded by the movement traces on $\overline{3}$ under various directions of loads in Type III.

upper : inner crown

lower : outer crown

5 kg 荷重では Type I を上回る変位領域を示した。しかし内冠では 5 kg から 7 kg の間では変化はなかった。

Type III の外冠では、小荷重下での変位領域が他の 2 つの Type に比べて小さく、荷重量を増加しても変位領域の増大もわずかであった。Type III の内冠は 5 kg 荷重時まではほとんど変化せず最大荷重時の 7 kg で急激に大きくなった。

一方支台歯 $\overline{3}$ では、Type II, Type III とともに外冠の変位領域のみの増大が顕著で、しかも Type II の増大が Type III に比べて大きかったが、内冠は荷重量が増加してもほとんど変わらず小さい変位領域しか示さなかった。

Fig. 22-a は近心支台歯 $\overline{3}$ の内冠、外冠それぞれの変位領域を 1 として遠心支台歯 $\overline{4}$ のそれぞれの総変位領域を比率で示したものであり、Fig. 22-b はそれを近・遠心的に分けて表示したものである。Fig. 22-a における Type II, III を総合的にみると外冠では、近心支

台歯に対して遠心支台歯の変位領域は 1.5—2 倍程度であったが、内冠では遠心支台歯の変位領域は近心支台歯の動きよりも約 9 倍から 16 倍の著しく大きな動きが認められた。

また Fig. 22-b において、Type II の遠心支台歯の外冠は遠心のみに変位している状態が認められたが Type II の内冠および Type III の内冠、外冠は近心支台歯と比較して近心方向に変位している割合が高いことがわかった。

考 察

まず支台歯 $\overline{4}$ について、単独支台歯 (Type I) が 2 歯支台歯連結タイプ (Type II および III) と違う最も大きな特徴は、外冠は遠心に、支台歯 (内冠) は近心に傾斜する傾向がみられた点であろう。この Type I にみられた特徴的な挙動は、垂直荷重時ならびに遠心荷重時において最も著明に認められた。

Fig. 16 Movements of the inner and outer crowns on the horizontal view when a 5kg vertical load was applied to the second premolar of the denture : (P), and to the second molar : (M).

The marks are the same as those of Fig. 8.

upper : 4 and 3 inner crown

lower : 4 and 3 outer crown

Cecconi ら (1971)⁴²⁾ も顎堤形態の異なるクラスプ・デンチャーの実験から、矢状面的な残存顎堤の傾斜角度が鉤歯の変位量ならびに方向を変化させたと述べているが、本実験に用いた模型もやや前傾した顎堤を有していたことから、垂直ならびに遠心荷重が義歯人工歯上加わった場合、義歯はその前傾した顎堤の形態に沿って近心に滑りながら沈下しようとする。その結果、義歯に連結してある外冠には近心への移動と、遠心下方への回転運動が生じ、支台歯を近心へ押しながら遠心方向に牽引、傾斜させることになる。また支台歯と外冠とが完全に一体化していない場合には、義歯の回転によって、支台歯遠心歯頸部に対して外冠マージン部から支台歯を近心へ傾斜させようとする力が作用するであろう。Fig. 6 にみられるように外冠は遠心下方へ傾斜するという結果が得られたことから、人工歯部の沈下によって外冠には

近心への移動量を上回る大きな遠心への傾斜が生じていることがわかる。しかし、支台歯は外冠とは逆に近心下方へ傾斜していた。これは外冠が支台歯を近心へ押しながら遠心へ牽引する一方、義歯の回転運動によって支台歯を近心へ傾斜させようとする力が強く働いたためであろうと思われる。山田ら (1986)^{43,44)} も有限要素法によってこの現象を解析し、応力集中の観点から類似した結果を報告している。

外冠のみ連結する Type II では外冠も支台歯もともに遠心傾斜の傾向を有するようになり、さらに内冠、外冠のそれぞれを連結する Type III では支台歯、外冠ともに近心あるいは遠心方向へ変位するようになった。

Type II ならびに内冠、外冠とも連結した Type III では、維持力の増強、内冠、外冠軸壁との関係などから、内冠、外冠のずれが起こり難くなり、Type I でみ

Fig. 17 Movements of the inner and outer crowns on the horizontal view when a 5kg buccal load was applied to the second molar of the denture : (P), and to the second molar : (M).

The marks are the same as those of Fig. 8.

upper : 4 and 3 inner crown

lower : 4 and 3 outer crown

られた回転による支台歯と外冠の逆方向変位現象が発現し得なくなったものと思われる。したがって支台歯、外冠はほぼ同一変位方向を示す傾向を有するようになったものであろう。また、Type IIで、外冠を連結してあるにもかかわらず、Type Iに比べて支台歯、外冠ともにやや増大した変位量を示すようになったのも、Type Iの外冠が前傾した顎堤形態に従って近心に滑走しながら結果的に遠心に変位し支台歯はその逆になったものが、内冠、外冠を連結したことによって義歯の滑走が起こり難くなるとともに Type I でみられたような、支台歯を一旦押した状態で引くという、いわば相殺現象が減少したためであろう。

Type IIIでも、支台歯、外冠は相付随した方向に変位したが変位量はともに減少している。これた Type IIでは回転時のズレが生じ難くなったとはいえ、まだ内冠は

連結されていなかったために比較的自由であったものが、内冠もリジットに連結したためにさらに回転現象が発現し難くなり、それに加えて内冠、外冠両者の連結固定効果によって、支台歯、外冠の動きは減少したものと考えられる。

遊離端義歯の場合は最後方支台歯を支点とするテコ作用のために、義歯遠心端に近いほど小さい人工歯を用いるべきであることはいわば既成の概念とされ、McCra-cken (1960)⁸⁾や Davenport ら (1988)⁴⁵⁾もそれぞれの著書で、小さい咬合面を有する人工歯は、食物貫通能力が高くそれだけ小さな筋力で粉碎可能なために顎堤に伝達される力も小さいと述べている。しかしながら、Fig. 16-19 にみられるように、同一荷重による近心歯あるいは遠心歯荷重時の変位量にはほとんど差異が認められないばかりか、むしろ近心歯荷重時の方の変位量が

Fig. 18 Movements of the inner and outer crowns on the horizontal view when a 5kg lingual load was applied to the second premolar of the denture : (P), and to the second molar : (M).

The marks are the same as those of Fig. 8.

upper : 4 and 3 inner crown

lower : 4 and 3 outer crown

大きかった。この概念については再検討の必要があると考えられる。

種々の方向からの力が義歯に加わった場合の支台歯、ならびに外冠における変位領域のタイプ間の違いは Fig. 20 にも明瞭にあらわされている。支台歯の動きは、遠心支台歯では Type I で最も小さく、かつ近心方向への変位領域が大きな部分を占めている。Type II と III の総変位領域ではほとんど同じ程度であったが、Type II は近心方向より遠心方向に、Type III では逆に遠心方向より近心方向に大きな部分を占めている。一方、外冠の総変位領域が最も小さいのは Type III で、次いで Type II, I の順であった。維持装置の機能的な目的は、いうまでもなく機能時に義歯を口腔に安定し

た状態で保持するためであるが、歯根膜保全の立場からすれば、支台歯の遠心方向への変位が最も少ない Type I, つまり、単独支台歯の場合が最も有利であろう。しかし、多少の支台歯の変位は犠牲にしても義歯の安定性を確保し、ひいては残存顎堤の吸収を最小限に抑えたいとする立場からすれば、外冠の変位量が著しく抑制された Type III が有利であろう。本実験の結果からすれば、外冠のみを連結した Type II においては、単独支台歯の場合よりも幾分義歯の安定には有利ではあるが、支台歯の動きはかえって増大させることになる。したがってこのタイプを用いる場合には、内冠側壁のテーパの度合いを変えて内・外冠の維持力を増強するなどなんらかの処置が必要であろう。

Fig. 19 Movements of the inner and outer crowns on the horizontal view when a 5kg distal load was applied to the second molar of the denture : (P), and to the second molar : (M).

The marks are the same as those of Fig. 8.

upper : 4 and 3 inner crown

lower : 4 and 3 outer crown

荷重量の増加による連結効果については、Fig. 21にみられるように、Type Iの支台歯、外冠の動きと比べて、Type II、Type IIIともに小荷重下では支台歯はほとんど影響を受けず、外冠の動きのみが減少した。しかし荷重量が増加すると、支台歯の動きはType II、IIIともType Iの場合よりもかえって増大し、外冠の動きはType IIではType Iに比べて有効とは認められなかったが、Type IIIでは減少した。上記のことから遠心支台歯について連結による効果があるように思われたのは、小荷重時の支台歯およびType IIIの外冠の変位抑制のためのみであった。

近心支台歯 3では、支台歯の動きについてはほとんど影響がなく、外冠の動きにのみわずかな影響が現れ

て、Type IIIの方がType IIより幾分小さくなる程度であった。

近心支台歯と遠心支台歯の挙動上の特徴を変位方向および変位領域からみたものがFig. 22-a, bである。外冠にはあまり大きな差異はなかったが、近心支台歯に比較して遠心支台歯では、支台歯はType IIで約15倍、Type IIIで9.5倍の変位量があり、支台歯の傾斜には悪影響を及ぼすといわれている遠心方向への変位量比だけからしてもType IIで8.5倍、Type IIIで7.8倍もの大きな変位量差を示した。コーヌス・クローネ使用に際し2支台歯を連結することによって、遠心支台歯が早期に損傷するという報告⁴⁶⁾がなされているが、本実験によってもその可能性が確かめられた。

Fig. 20 Comparison of maximum movement areas obtained by various directions of 7kg loading.

可搬性補綴物調製において残存歯を支台歯として用いる場合には、1次固定として使用するか2次固定として用いるか判断に迷うことがある。歯牙それ自体の咬合力に加えて義歯部の咬合力も追加負担しなくてはならないので、支台歯には異常に過度の咬合力が加わる。したがって残存歯は強固に結集して咬合力に対抗させる必要があるとして1次固定が推奨される反面、支台歯を連結固定することによって、倉片流路を変え、生理的な歯頸部歯肉の刺激を妨げるために歯周疾患を来し易いとして2次固定が推奨されることもある。

1次固定の延長ブリッジによる Henderson ら (1967)⁴⁷⁾の実験結果によると、ポンティックに加えられた荷重の50%以上が欠損部に最も隣接した支台歯にかかる

と報告しているが、遊離端義歯の2次固定であるコース・クローネにおいても、以上のような欠点のあることを配慮した義歯デザインの設定が必要であろう。

荷重成分別に支台歯、外冠それぞれの挙動をみると、遠心支台歯の遠心方向の変位は頬側荷重時に最も大きく、次いで垂直荷重時に大きかった。コース冠義歯は、臨床的にはクラウン上にも直接咬合力が加わるので、本実験結果とは幾分違った挙動を示す場合もあると思われるが、咀嚼中あるいは食塊が大きい時点で義歯人工歯上のみで咬合、咀嚼する場合の支台歯の挙動は、本実験結果から類推可能である。このような力に対抗し得るためには、さらに近心歯に支台歯を増やす方法もあるが、上記のコース・クローネの基本的挙動形態からし

Fig. 21 Changes in the maximum movement area by increasing in the applied load.

でも、また福田ら (1988)⁴⁸⁾ の 2 次固定による連結固定の効果は認められなかったという報告からも、対側に間接維持装置を付設するか、義歯床を可及的に拡大するか、あるいは偏心運動時における義歯人工歯による対合歯との接触滑走を避けるなどの考慮が必要であろう。

結 論

ケネディーⅡ級のシミュレーション・モデル上に 4 3 を支台歯として、支台歯 4 のみの単独冠 (Type I)、支台歯 4 3 の外冠のみ連結するもの (Type II)、内冠、外冠のそれぞれを連結するもの (Type III) の 3 種類のタイプのコーヌス・クローネを維持装置とする片側性の 3 種類のタイプの義歯を製作し、MKG によって

各支台歯 (内冠) ならびに外冠の挙動を解析した結果、次の結論を得た。

1. 近心支台歯と遠心支台歯では、遠心支台歯の変位量の方が著しく大きかった。

2. 遠心支台歯の総変位領域は、Type I が最小で、Type II、Type III の場合には Type I の 4 倍程度であった。しかし、遠心方向への変位領域では、Type I が最小で、Type III、Type II の順に大きくなった。

内冠、外冠のそれぞれを連結することによって支台歯の変位量は単独支台歯の約 4 倍に増加したが、外冠は約 1/2 に減少した。そのうち遠心方向への傾斜は支台歯で 7.5 倍に増加し、外冠で 1/4 に減少した。

3. 遠心支台歯外冠の変位領域は、Type III が最小で

Fig. 22 Ratio of the movement areas of $\overline{4}$ to those of $\overline{3}$.

(a) : for total area

(b) : for distal or mesial area

あり、次いで Type II, Type I の順に大きかった。

4. 支台歯と比較して、外冠の変位量は著しく大きかった。

5. Type I の場合、支台歯の変位量は小荷重から荷重量を増加しても大きな変化はなかった。

6. Type III の場合、小荷重時では連結効果は認められたが、荷重量が増加するにつれて、連結による効果は減退した。

7. 垂直荷重時の外冠、支台歯の変位方向は逆方向であった。

8. 支台歯を最も遠心に大きく変位させる荷重成分は頬側荷重および垂直荷重であった。

9. 遠心歯荷重時が近心歯荷重時よりも支台歯を大きく変位させる傾向は、認められなかった。

10. 義歯の不安定さよりも支台歯の歯根膜保護に重点を置けば、単独支台歯として用いるのがよく、歯根膜保護よりも義歯の安定さに重点を置けば、外冠のみ連結するのではなく内冠、外冠のそれぞれを連結すべきであることが示唆された。

稿を終わるにあたり、終始御懇篤なる御指導と御校閲を賜りました恩師豊田静夫教授に対し、深甚なる感謝の意を表するとともに、御教示、御校閲をいただいた歯科理工学教室小園凱夫教授に心から厚くお礼申し上げます。また本研究に数多くの御助言、御指導をいただきました守川雅雄助教授をはじめ補綴学教室員ならびに歯科理工学教室員各位に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 後藤健機：歯牙の生理的動揺に関する実験的研究．歯科学報 71：1415，1971．
- 2) 岸 正孝：歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての実験的研究．歯科学報 72(6)：1043—1071，1972．
- 3) 宮下恒太：顎粘膜の局所被圧変位度と咬合力による義歯床の沈下度とに関する研究．歯科学報 70(1)：38—68，1970．
- 4) Henderson, D., McGivney, G.P. and Castleberry, D.J. : *McCracken's removable partial prosthodontics*. 7th ed., CV. Mosby Co., St. Louis, 1985, 165.
- 5) 健石照雄：顎堤形態と部分床義歯の設計に関する研究．補綴誌 20(4)：601—631，1976．
- 6) Osborne, J. and Lammie, G.A. : *Partial dentures*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1954.
- 7) 関根 弘・岸 正孝：力学とパーシャル・デンチャー．日本歯科評論別冊パーシャル・デンチャー，37—53，1981．
- 8) McCracken, W.L. : *Partial denture construction*. The C.V. Mosby Co., Saint Louis, 1960.
- 9) 矢崎正方：局部義歯学．歯科学報社，東京，1927．
- 10) Kennedy, E. : *Partial denture construction*. Dental Items of Int. Pub. Co., New York, 1928.
- 11) Gaerny, A. : *Der abnehmbare Interdentalraum Verschluss*. Quintessenz, Berlin, 1969.
- 12) Kratochvil, F.J. : Influence of occlusal rest position and clasp design on movement of abutment tooth. *J. Prosthet. Dent.* 13：114—124，1963.
- 13) Körber, K.H. : *Konuskronen-Teleskope*. 3., Aufl. A. Hüthig, Heidelberg, 1973.
- 14) Körber, K.H. : *Zahnärztliche Prothetik*. Band I, II., Georg Thieme, Stuttgart, 1975.
- 15) 金子一芳：テレスコープの臨床的評価．日本歯科評論別冊パーシャル・デンチャー，293—307，1981．
- 16) 難波 修：クラウン・ブリッジとプラーク・コントロール—患者の対応別による指導と修復物への配慮—．歯界展望 60(3)：413—432，1982．
- 17) 小岸和澄：コーヌススクローネの維持力に関する実験的研究．鶴見歯学 10(1)：169—182，1984．
- 18) 金子一芳・田中延佳・黒田昌彦・宮地健夫：コーヌススクローネの維持力．日歯評論 466：41—59，1981．
- 19) 川崎貴生・山田 了・星井 守・三木敬一：有限要素法を利用した遊離端欠損症例における応力解析(第1報)維持装置の連結機構の違いによる応力分析．補綴誌 31：287—295，1987．
- 20) 川崎貴生・山田 了・野川哲義・星井 守・三木敬一：有限要素法を利用した遊離端欠損症例における応力解析(第2報)固定法の違いが与える応力分布への影響．補綴誌 31：853—867，1987．
- 21) 今村真作：邦人歯牙歯根膜に関する研究．臨床歯科 12：253—258，1940．
- 22) 黒川 博：成人歯根膜の厚さと線維の走行方向．日本組織学記録 1：227，1950．
- 23) 藤田恒太郎：歯の解剖学．金原出版株式会社，東京，1976，45，55．
- 24) 石橋真澄：歯の動揺に関する実験的研究(第1報)荷重と動揺との関係．口病誌 20：187—191，1953．
- 25) 石橋真澄：歯の動揺に関する実験的研究(第2報)主として歯根膜の性状と動揺との関係．口病誌 24：1—10，1957．
- 26) 石橋真澄：歯の動揺に関する実験的研究(第3報)歯牙動揺の立体的観察．口病誌 25：31—35，1958．
- 27) Picton, D.C.A. : Tilting movement of teeth during biting. *Arch. Oral Biol.* 7：151—159，1962．
- 28) Körber, K.H. : Die elastische Deformierung menschlicher Zähne. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 17：691—698，1962．
- 29) Rehm, H., Körber, E. und Körber, H. : Biophysikalischer Beitrag zur Problematik starr abgestützter Freiland-Prothese. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 17：963—975，1962．
- 30) Körber, K.H. : Elektronisches Messender Zahnbeweglichkeit. *Das Deutsche Zahnärztl. Blatt.*

16 : 605, 1962.

- 31) 倉島晃一：歯周組織の力学的性状に関する研究（特に歯根膜，および歯槽骨について）．口病誌 30 : 361—385, 1963.
- 32) Pendleton, E.C. : The anatomy of the maxilla from the point of view of full denture prosthesis. *J. Amer. Dent. Ass.* 19 : 543—572, 1932.
- 33) Pendleton, E.C. and Glupher, H. : Research on the reaction of tissues supporting full dentures. *J. Amer. Dent. Ass.* 22 : 67—809, 1935.
- 34) Boucher, C.O. : Studies of displacement of tissues under dentures. *J. Amer. Dent. Ass.* 27 : 1476—1478, 1940.
- 35) Kantrowicz, A. : Zur Statik der partiellen Prothese. *Dtch. Zahnärztl. Z.* 4 : 14—162, 1949.
- 36) Uhlig, H. : Über die Kaukraft. *Dtch. Zahnärztl. Z.* 8 : 30—45, 1953.
- 37) 木村一雄・石川信昭・柳沢童治・六川善夫：歯肉の硬度について（口腔病学会講演抄録）．口病誌 21 : 193, 1954.
- 38) Körber, E. : Untersuchungen über die Beziehung von Kaukraft zur Schleimhautesilienz unter Prothesen. *Dtch. Zahnärztl. Z.* 9 : 348—355, 1954.
- 39) 平田幹男：無歯顎粘膜の被圧縮度に関する臨床的研究．口病誌 3 : 14—27, 1959.
- 40) Morikawa, M., Sako, M., Kido, H., Toyoda, S. and Kozono, Y. : Analysis of abutment tooth movement utilizing mandibular kinesiograph (MKG), Part 1, Characteristic aspects and correction of MKG records. *Dent. Mater. J.* 7 : 188—196, 1988.
- 41) Morikawa, M., Masumi, S., Kido, H., Toyoda, S. and Kozono, Y. : Analysis of abutment tooth movement utilizing mandibular kinesiograph (MKG), Part 2, Effects of clasp design in unilateral free-end denture. *Dent. Mater. J.* 8 : 56—64, 1989.
- 42) 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.
- 43) 山田 了：有限要素法によるコーヌスクローネの基礎的研究（第1報）解析方法とその検討．補綴誌 30 : 1339—1352, 1986.
- 44) 山田 了：有限要素法によるコーヌスクローネの基礎的研究（第2報）下顎遊離端欠損症例における応力解析．補綴誌 31 : 186—199, 1987.
- 45) Davenport, J.C., Basker, R.M., Heath, J.R. and Ralph, J.P. : *A colour atlas of removable partial denture*. Wolfe Medical Publications Ltd., London, 1988, 67.
- 46) 野田邦治：リジット・サポート（コーヌスデンチャー）の立場から．福岡県西地区第29回歯科医学会会誌：17—23, 1987.
- 47) Henderson, D. and Seward, T.E. : Design and force distribution with removable partial dentures, Progress report. *J. Prosthet. Dent* 17 : 350—364, 1967.
- 48) 福田紳一・野谷健治・三木敬一：可搬性補綴物のスプリント効果．補綴臨床 21(4) : 479—482, 1988.