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—

古 賀 聖 規

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10年6月25日受理

Displacement Analysis of A Distal Extension Removable Partial Prosthesis with Double Crowns —Comparison with A Cantilevered Fixed Partial Prosthesis—

Masami Koga

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

To analyse the mechanical behavior of a cantilevered fixed partial denture (CFPD), Simulation models, Kennedy class II with lower left first and second molar missing had been constructed by Itose, and the displacement of abutment teeth $\overline{5}$, $\overline{4}$ and $\overline{3}$ had been measured by digital type laser displacement sensors with a load placed on a piece of test food put on the lower dental arch including each abutment tooth on the working side, and he already reported the measurements which were reciprocally compared through the statistical analyses.

Under the same conditions, what sort of change in the displacement of the abutment teeth will be revealed if a distal extension removable partial denture instead of a CFPD is designed? The purpose of this study lies in the above theme to be reviewed.

The results obtained were as follows:

1) Four displacement forms: parallel movements, inclinations, twist-like movements and depressions were recognized in individual abutment tooth of the single, the two splinted, and the three splinted abutment casting, but the absolute magnitude of the displacement had a tendency to be slightly smaller except in twist-like movement compared with that of CFPD which Itose have reported.

2) The displacement of abutment teeth as well as that of CFPD increased in company with increasing load in any designs.

3) Parallel movements and inclinations displaced to distolingual direction, and twist-like movements rotated clockwise around the vertical axis in every design and every abutment tooth like that of CFPD.

4) Although it has been reported that greater displacement on the most anterior abutment tooth was recognized than that of the adjacent abutment one to the edentulous region in

CFPD, the displacement of the adjacent abutment in designs used in this experiment was the greatest excepting the twist-like movement.

5) Especially, inclinations and parallel movements in the abutments $\overline{5}$ and $\overline{4}$ of the design T and D had a tendency to increase compared with those of each control, but twist-like movements in the single abutments and the most anterior ones of $\overline{3}$ showed a tendency to decrease.

6) By increasing the number of abutment tooth, twist-like movements in the abutment teeth $\overline{5}$ and $\overline{4}$ decreased significantly, but inclinations in them including abutment $\overline{3}$ showed little change. Splinting the abutment tooth mutually and reducing the dental tooth had scarcely any effects on the displacement magnitude of abutments in the plate denture used in this experiment compared with CFPD.

7) Although the displacement magnitude of abutment teeth in design T-1P were the smallest in all designs, little difference was recognized between those of designs T-1P and T-2P, especially on inclinations.

The foregoing results suggested that expanding the denture plate was more effective for inhibiting the distal tipping of abutment teeth rather than reducing the area of occlusal table even though it was very useful in CFPD.

Key words: Distal extension removable partial prostheses/Displacement of abutments/Number of abutments/Number of dental teeth/Comparison with cantilever fixed partial prostheses

緒 言

上下顎を問わず、遊離端少数歯欠損症例においてはその対応に苦慮することが多い。稀に噛みしめられない、頬が痩けて審美的に気になる、片側咀嚼により顎関節等の変形が心配などの愁訴を聞くこともある。さらに欠損歯以外の歯の全てが存在するので、患者は咀嚼時の痛痒は感じず、したがって患者自身、義歯の必要性を認めようとしなからである。

ところが、残存組織、とくに残存歯を保護してその健康状態を恒久的に維持する生理的な立場からすれば、歯牙欠損に対する何らかの処置が必要である。歯牙欠損を放置しておくことにより、残存歯の挺出や捻転、傾斜等が起こり、正常な歯列状態を破壊し、歯周疾患をはじめ種々の重篤な口腔疾患が発現するためである¹⁻⁴⁾。

したがって、患者に義歯の使用を促すために異物感を最小限に抑え、最も効率的な機能が可能な補綴物として、通常は延長ブリッジが設計されるが、口腔内条件により片側性遊離端義歯で代用せざるを得ないことも多

い。

本研究では、当教室の糸瀬 (1998)⁵⁾ が既に報告している延長ブリッジを有床にしたこと、セメント合着しないこと以外、全く同一条件に設定して、片側性二冠遊離端義歯支台の咬合荷重下での挙動を、同じく高精度半導体レーザ変位計を用いて計測し、分散分析によって同一支台歯における各デザイン間の変位量について有意差を検定し、その変位分析の結果から両義歯支台の変位形態的な差異を明確にすることを試みた。

実験方法

A. シミュレーションモデル

本研究におけるシミュレーションモデルは、片持ちバリ固定性義歯と比較するために糸瀬と同じものを使用した。つまり第1大臼歯および第2大臼歯欠損の Kennedy II級レジン模型 (ニッシン) を用い、解剖学的天然歯に形態および寸法とも類似するように形成されている支台歯 $\overline{3}$, $\overline{4}$, $\overline{5}$ の疑似歯根部は、歯頸部 0.75 mm, 根尖部 1.05 mm の厚径に、また疑似顎堤粘膜は 1.80 mm の

Fig. 1 Simulation model (Left) and "Design T-2P" (Center) of distal extension partial dentures used in this experiment, and the basal seat of the denture plate with screws which the dental teeth were held in place of it repeatedly (Right) were exhibited.

厚径にそれぞれシリコンラバー (エバタッチ, ネオ製薬) により移行的に形成されている⁶⁻¹⁰⁾。この下顎シミュレーションモデルを蝶番運動のみ可能な堅牢な咬合器 (ニッシン) に上顎有歯顎レジン模型と咬頭嵌合位で咬合付着後, 各臼歯に広範な a, b, c コンタクトができるよう咬合調整されている。

B. 各種デザインの設定と製作

デザインも同様に, 3 歯連結支台 (デザイン T と記す), 2 歯連結支台 (D), 単独支台 (M) の 3 つのタイプを設定し, 1 歯人工歯の場合 (糸瀬論文との対応が容易であるよう, 同じく 1P と記す), 2 歯人工歯の場合 (2P) の組み合わせにより, 検討した義歯デザインは T-1P, T-2P, D-1P, D-2P, M-1P, M-2P の 6 種類とした。

またこれらデザインにおける各支台歯の変位量をそれぞれのコントロール, すなわち各支台歯の自然形態での動きと対比させ, 補綴物を装着しない自然な状態での支台歯の変位量との比較を行った。このコントロール支台歯の変位特性は糸瀬の行った片持ちバリ固定性義歯支台の場合と全く同一であるので, その結果との比較も行った。

なお歯科鑄造用 12 % 金銀パラジウム合金が用いられているクラウンと支台歯間の維持力は, 400 g とし, また人工歯には硬質レジン歯 30° (エンデュラポステリオ, 松風), 義歯床には加熱重合レジン (Acron, ジーシー) を用い, 通法に従って埋没, 鑄造, 研磨, 咬合調整等に

より完成した¹⁹⁻²²⁾。

また人工歯は繰返し定位置に着脱, 交換できるようにネジ止めした (Fig. 1)。

C. 計測方法

Fig. 2 に変位量の計測装置を示す。これまでに高尾 (1996)²³⁾ をはじめ, 当教室で行ってきた計測法^{5, 24-26)}と同じ方法であるため, 詳細は省略する。

第 1 計測点と第 2 計測点に前頭面, 矢状面からレーザー光を当てることにより, それぞれ近遠心的な動き, 頬舌的な動きが計測される。また上下的な動きを観察するため第 2 計測点の下方に第 3 計測点を設定した。さらに歯の水平的な回転を観察するために第 1 計測点から直角に頬側方向へ延長ロットを延ばして第 4 計測点とし, 補綴物の水平的な動きをみるため補綴物遠心端に第 5 計測点を設定した。

荷重装置にはトーチ式簡易型デジタル引張圧縮試験機 (PS-10, 東京試験機) を用い, 上下歯列間に板状試験食片 (ジャガイモ); 12×35×2 mm を介在させた状態で, 上顎レジン模型基底面中切歯間相当部に垂直的な 0.5 mm/秒の定速荷重を加え, 3, 5, 7 kg 加重時の支台歯の変位量を求めた。なお引張試験機デジタル上に表示された荷重量は人工歯 6 領域の実際の荷重量とは異なっていたため, 上記荷重量が当該部試験食片上加わるよう人工歯 6 領域に非接触型圧力センサを置いて計測した。その計測値を用いることにより 6 相当部の食片上に

Fig. 2 Schematic diagram of the abutment tooth and the setting points of digital type laser displacement sensors.

正確に所期の荷重量が加わるよう前準備を行った点も糸瀬 (1998)³⁾ の場合と同様である。

支台歯変位量の計測には、分解能は $2\mu\text{m}$ の高精度半導体レーザ変位計 (LB-62, キーエンス) を用いた。

このようにして得られた計測値は城下 (1997)²⁴⁾、梶田 (1998)²⁶⁾ らの式を適用して、三次元的に歯体移動量、傾斜角および傾斜量、捻転角および捻転量、沈下量を求め、分散分析によって同一支台歯における各デザイン間の変位量について有意差を検定した。また補綴物を装着しない場合と比べて、装着した場合、支台歯にはどのような変化が生じるかを知るために、各支台歯のコントロールに対する比率ならびにその標準偏差は糸瀬 (1998)³⁾ の方法にしたがった。

つまり偏差 Δx と Δy を持つ $\bar{x}$ と $\bar{y}$ で除したとき、

$(\bar{x} \pm \Delta x, \bar{y} \pm \Delta y)$, $\frac{\bar{y}}{\bar{x}}$ の偏差は、間接誤差の評価式

$z = f(x, y)$ のとき

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 (\Delta x)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 (\Delta y)^2}$$

によって、次のように与えられる。

$$\Delta\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right) = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}}\right)^2 (\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$

結 果

I. 同一支台歯の変位形態別比較

Fig. 3 Parallel movement of the abutment tooth 5.

A: Totalized magnitude of displacement

B: Mesiodistal movement (+ : distal direction)

C: Buccolingual movement (+ : lingual direction)

Fig. 4 Parallel movement of the abutment tooth 4.

A: Totalized magnitude of displacement

B: Mesiodistal movement (+ : distal direction)

C: Buccolingual movement (+ : lingual direction)

Fig. 5 Parallel movement of the abutment tooth $\bar{3}$.

A: Totalized magnitude of displacement

B: Mesiodistal movement (+: distal direction)

C: Buccolingual movement (+: lingual direction)

本研究に用いた各種デザインそれぞれの支台歯にも歯体移動、傾斜、捻転および沈下の4形態が認められ、各デザインの変位量をそれら4つの変位形態別に比較したものがFig. 3～14である。左から順に単独支台(デザインM)、2歯連結支台(デザインD)、3歯連結支台(デザインT)の場合の左から3 kg 荷重下でのコントロール(3-C)、1歯人工歯(3-1P)、2歯人工歯(3-2P)、同様に5 kg 荷重下、7 kg 荷重下の順で各支台歯の変位量および方向を表す。いずれの変位形態においても荷重量の増加に伴って変位量も増大した。しかし、支台歯によっても異なるが概ね傾斜と歯体移動はコントロールよりも有意に大きく、沈下は小さくなる傾向がみられた。また人工歯が1歯の場合と2歯の場合にはほとんどその支台歯の変位量に差異は認められなかった。

歯体移動に関しては、Fig. 3～5それぞれのB、Cのグラフから総合的に判断できるように、全て遠心舌側方向へ変位した。

またFig. 6～8は傾斜を表すが、全ての支台歯には遠心舌側への傾斜が認められた。

舌側咬頭頂が元の位置から円弧状に変位する捻転

(Fig. 9～11)は、全て時計まわりの動きを示し、荷重量の増加に伴ってわずかではあるがその量も大きくなる傾向があった。しかし全体的にきわめて小さな捻転量しか認められなかった。

沈下に関しては、Fig. 12～14に示すが、いずれのデザインにおいてもコントロールよりも小さくなる傾向が認められた。

各デザインにおけるそれぞれの支台歯の変位を義歯を装着せず、天然歯本来の状態では個々の支台歯歯列上に試験食片を載せ、7 kg 荷重下で咬合させた場合の変位量であるコントロールと比較したものがFig. 15である。全般的にみて、コントロールに対して最も有意に大きな変位量を示したものは支台歯 $\bar{5}$ では傾斜、 $\bar{4}$ では傾斜と歯体移動、 $\bar{3}$ では捻転であった。

II. 連結支台歯数による影響

本研究における最大荷重7 kgを加えた時、それぞれのコントロールに対する支台歯 $\bar{5}$ および $\bar{4}$ の変位の比率を連結支台歯数により表示したものがFig. 16である。

支台歯 $\bar{5}$ においては、デザインMからデザインD、Tへと支台歯数を増加した場合、通常の義歯形態(2P)で

Fig. 6 Inclination of the abutment tooth 5.
 A: Totalized magnitude of displacement
 B: Mesiodistal movement (+ : distal direction)
 C: Buccolingual movement (+ : lingual direction)

Fig. 7 Inclination of the abutment tooth 4.
 A: Totalized magnitude of displacement
 B: Mesiodistal movement (+ : distal direction)
 C: Buccolingual movement (+ : lingual direction)

Fig. 8 Inclination of the abutment tooth 3
 A: Totalized magnitude of displacement
 B: Mesiodistal movement (+: distal direction)
 C: Buccolingual movement (+: lingual direction)

は捻転と傾斜が漸次減少して、捻転ではコントロールのそれよりもかえって小さくなったが、歯体移動量と沈下量はほとんど変化がないか、むしろ増大する傾向がみられた。

この最後臼歯を削除した 1P では、捻転量がほぼ直線的に減少し、コントロールのそれよりも小さくなり、傾斜量、沈下量および歯体移動量も減少あるいは減少傾向がみられたが、捻転ほど大きな変化は認められなかった。

支台歯 4 においては、沈下を除いて全て支台歯数の増加によって変位量の減少がみられた。とくに 2P における捻転量および傾斜量、1P における捻転量の減少が著明であった。

III. 人工歯数による影響

それぞれのコントロールに対する支台歯 5 および 4 の変位の比率を義歯床の上に排列した人工歯数により表示したものが Fig. 17 である。

デザイン T でコントロールよりも大きかったものは、支台歯 5 および 4 では傾斜と歯体移動、3 では捻転のみであったが、最後臼歯を削除すると支台歯 4 では傾斜、歯体移動を含め、全ての変位量が減少したがその傾向は同じであった。支台歯 4 では傾斜と沈下は逆に大きくな

る傾向がみられた。ところが支台歯 3 では大きな変化はほとんどみられなかった。

デザイン D でコントロールよりも大きかったものは支台歯 5 では傾斜と歯体移動、支台歯 4 では歯体移動、傾斜および捻転であり、それぞれデザイン T の場合よりも大きかった。1P においてもその傾向はほとんど変わらなかったが、支台歯 5 では傾斜と沈下の減少、捻転および歯体移動の増大がみられた。また支台歯 4 では傾斜に減少傾向がみられたが、ほとんど大きな変化はなかった。デザイン M では全ての変位形態がコントロールのそれよりも大きく、かつその比率もデザイン D の場合よりもさらに大きかったが、人工歯を 1 歯を削除した 1P では捻転と沈下は増大し、傾斜と歯体移動は減少した。

IV. 変位からみた各デザインの特徴

本研究で支台歯にみられた 4 つの変位形態の中、比較的為害性が強いと考えられている傾斜と捻転を縦軸上に、為害性は少ないであろうと考えられている沈下と歯体移動を横軸上にとって、各デザインの特徴をみたものが Fig. 18 である。いずれも支台歯に対して最も影響が大きいであろうと考えられる本研究における最大荷重 7 kg 加重時のコントロールに対する比率で表示されている。

Fig. 9 Twist-like movement of the abutment tooth $\overline{5}$.
(+ : Clockwise)

Fig. 10 Twist-like movement of the abutment tooth $\overline{4}$.
(+ : Clockwise)

Fig.11 Twist-like movement of the abutment tooth $\overline{3}$.
(+ : Clockwise)

Fig.12 Depression of the abutment tooth $\overline{5}$.

Fig. 13 Depression of the abutment tooth 4.

Fig. 14 Depression of the abutment tooth 3.

Fig. 15 Displacement rate to the control of each abutment tooth.
 Top : Design T
 Middle : Design D
 Bottom : Design M
 Left : One dental tooth
 Right : Two dental teeth

Fig. 16 Effect of the number of splinted abutment teeth (Load: 7 kg).

Upper: Abutment tooth $\overline{5}$ Lower: Abutment tooth $\overline{4}$

Left : Two dental teeth

Right : One dental tooth

Fig. 17 Effect of the number of dental teeth (P) on the free-end plate (Load: 7 kg).

Upper : Design T

Lower left : Design D

Lower right: Design M

Fig. 18 Displacement characteristic of each design in the abutment tooth $\overline{5}$.
Left: Two dental teeth Right: One dental tooth

Fig. 19 Comparison of the displacement rate to the control of the abutment tooth $\overline{5}$.
Upper: Two dental teeth Lower: One dental tooth

Fig. 20 Displacement characteristic of each abutment tooth in designs T and D.
Left: Two dental teeth Right: One dental tooth

デザイン T-2P の支台歯 $\overline{5}$ では、捻転がやや短縮し、傾斜および歯体移動がそれに比べて幾分大きかったが、それら各変位形態を結ぶ線によって形成される四角形はほぼ正四角形であった。それが人工歯数はそのまま支台歯数を減少させデザイン D および M にすると支台歯 $\overline{5}$ では、横軸方向よりも縦軸方向へ拡大する傾向がみられた (Fig. 18)。

その時の各荷重量における動向を詳細に図示したものが Fig. 19 である。デザイン T-2P を人工歯数はそのま

まで、支台歯数を減少してデザイン D および M にするにしたがって、支台歯 $\overline{5}$ では漸次、Fig. 18 における横軸方向、つまり沈下および歯体移動量が減少して、縦軸方向の変位量、捻転と傾斜が増大している状態がわかる。人工歯数を 1 歯に削減した場合は、さらにその傾向が強くなり、縦軸方向の変位量の一つであり、最も為害性が強いとされている傾斜・捻転量の総和が増大する傾向が認められた。

これを各支台歯に焦点を当ててみた場合 (Fig. 20),

デザイン M から T へとデザインを変化させるにつれて、欠損部隣接支台歯 $\overline{5}$ では、2P の場合はデザイン M に比べればデザイン D および T では小さくなる傾向があったが、デザイン D と T 間には大きな差異は認められなかった。しかし 1P の場合、漸次、その四角形が縮小する傾向があり、とくに捻転の縮小が著明に認められた。

支台歯 $\overline{4}$ ではデザイン T の場合は 1P および 2P ともに中間支台歯である場合のデザイン T の方が欠損部隣接支台歯の場合のデザイン D よりも縮小する傾向は認められたが、大きな差異は認められなかった。

最も近心にある支台歯 $\overline{3}$ は、1P および 2P とも沈下や歯体移動よりも傾斜と捻転に変位上の特徴が認められた。

考 察

内外二重の冠よりなる二重金冠は、内冠を固定部、外冠を可撤部として密接に嵌合し、内外冠側壁の摩擦により維持力を発揮する。また従来のクラスプと比較して、咬合円錐の全てを被覆するため、強力な支持力を発揮できる。また通常のクラスプと比較して外観は金属冠であるので単純かつスムーズであり、装着感に優れている。さらにクラスプと異なり、維持装置自体も咬合咀嚼に関与して、支台歯の負担能力を最大限に活用できるとともに一次スプリントに類似した比較的強力な固定効果が得られるため、とくに最遠心支台歯の為害性を抑制できると考えられている。Lindhe ら (1974, 1984)^{27, 28)}, Lindhe (1989)²⁹⁾ によれば、一般的に天然歯に見られる動きには tipping movement と bodily movement があり、前者は水平的な力が作用したとき圧迫域と緊張域が歯周組織辺縁と根尖部に限局して現れるのに対して、後者では力による圧迫域と緊張域が歯根表面全体に広範囲に出現するため、このような状況下で jiggling force が作用すると、前者の方が後者に比べて、歯周組織の破壊を促す強い刺激として働きやすく、歯牙を損傷しやすいと実験を基に述べている。

上記の tipping movement に当たるものには傾斜と捻転があり、bodily movement に当たるものには歯体移動と沈下が挙げられるが、二重冠義歯では通常のクラスプ義歯に比べてこの傾斜と捻転が抑制されるのではないかと考えられる。

これらの事項を念頭におき、また片持ちバリ固定性義歯支台の変形をみた糸瀬 (1998)⁵⁾ の結果と対応させて、主としてコントロール—義歯無装着状態の支台歯の動き

—と比較検討する。

I. 同一支台歯の変位形態別比較

本研究においても歯体移動、傾斜、沈下、捻転の4つの変位形態が観察されたが、コントロールにもみられるように、その変位量の絶対値は歯体移動量が最も大きく、傾斜と沈下量はその $1/2 \sim 1/3$ 、捻転量はさらにその $1/2 \sim 1/3$ であった。この差が支台歯本来の動き易さの順序を表しており、解剖形態に準じて製作された模型であるので、天然歯においても比率はともかく、この順序には大きな違いはないのではないかと考えられる。

同一支台歯について概観した Fig. 3～Fig. 14 においても支台歯 $\overline{5}$ のその絶対値は歯体移動量が最も大きく、次の傾斜および沈下量はその約半分程度、捻転量はさらにその $1/4$ 程度であった。支台歯 $\overline{4}$ や $\overline{3}$ においてもその比率には多少の差異は認められたがほぼ同じ傾向が認められた。延長ブリッジ支台の挙動を観察した糸瀬 (1998)⁵⁾ は支台歯数やポンティック数により各デザインにおける変位量にかなり大きな差異を報告しているが、本研究の場合、支台歯数やポンティックに相当する人工歯数による影響は絶対量でみる限り非常に小さく、少なくとも固定性義歯支台にみられたような差異は認められなかった。ポンティック数によって近遠心径の異なる固定性義歯の場合と違って、遊離端義歯の場合は支台歯数や人工歯数の増減に関係なく同じ床下粘膜を被覆する同等面積の義歯床を伴っているためであろうと考える。

このように絶対量を表示することは、全体的な動向を知る上では必要なことであり、本研究のように前頭面と矢状面から計測した変位量を総合的に判断してその方向を決定する場合には不可欠であるが、上記のように変位形態の異なる変位量の絶対値の大小を比較しても無意味である。支台歯本来の動きに対して、義歯を装着した場合、その変位量がどのように変化するかをみるのが重要である。

ところで、通常、第1大臼歯および第2大臼歯が欠如している Kennedy II 級における補綴処置法の選択肢としては、(1)義歯を使用しなくても著明な機能障害を伴わないため適切なブラッシングを実行して何ら義歯類は装着しない、(2)種々デザインの延長ブリッジを装着する、(3)同じく遊離端義歯を装着するの3つの方法に大別できる。

補綴物を装着することにより、カリエス、歯周疾患、維持歯の動揺、あるいは顎堤粘膜や歯頸部歯肉の剥離性歯肉炎、骨吸収の増大等の発現頻度の増加は Carlsson

ら (1962, 1965, 1976)¹⁻³⁾ の指摘を待つまでもなく臨床
上しばしば経験することである。義歯を装着する最大の
目的は残存組織を健康な状態で保持するためであるとし
て、歯牙欠損が生じた場合においても可及的に補綴物は
装着すべきではないとされている³⁰⁾。

したがって、補綴物を全く装着することなく、支台歯
が自然な状態にある時 (コントロール) の変位量に対し
て装着した場合には機械的変位量にどのような違いがあ
るかを知ることは意義あることと考えられるため、各支
台歯のそれぞれのコントロールに対する比率を示したも
のが Fig. 15 である。

二重冠義歯支台をコントロールと比較した場合、欠損
部隣接支台 $\overline{5}$ に発現する傾斜およびデザインにより中間
支台や最近心支台になる $\overline{4}$ に発現する傾斜と歯体移動は
全てコントロールのそれよりも大きく、最近心支台 $\overline{3}$ で
は捻転のみがコントロールのそれよりも大きくなる傾向
があった。しかしコントロールに対する比率もせいぜい
1.2~1.3 倍程度で、糸瀬 (1998)⁵⁾ の延長ブリッジ支台
にみられたような 1.4~1.8 倍もの著明な変位比はみら
れず、後者ではデザインによる差異が顕著に認められた
が、当デザインでは認められなかった。

当デザインの場合、コントロールと比べて歯体移動や
傾斜が増大し、沈下が減少しているのも義歯床により滑
走しやすくなり、沈下しにくくなったためであろうと考
えられる。とくに傾斜については、Krol の RPI 維持装
置³¹⁾に代表されるように、遊離端義歯支台を保護するた
め、咬合咀嚼により義歯床部分のみが沈下して支台歯の
遠心傾斜を抑制する方法が最大の関心事とされてきた^{4, 32-37)}。ところが本研究結果にみられるように、傾
斜はコントロールに対してさえわずか 1.2~1.3 倍程度
にしか過ぎなかった。また歯体移動について言及した報
告は見かけられないことから、従来の研究では歯冠部の
一部を観察するか、歯冠・歯根部側壁に圧力センサを設
置した計測がなされたため傾斜と歯体移動の区別ができ
なかった。そのため傾斜に比べて比較的支台歯への為害
性は少ないと考えられる歯体移動を伴った傾斜を全て傾
斜と判断し、必要以上に傾斜に対する警戒感が強め過ぎ
られた傾向のあったことが本研究結果によっても感じら
れた。

II. 連結支台歯数による影響

義歯のデザインを考える場合、固定性の場合には支台歯
が咬合力に耐え得るか否か、支台歯への為害性を重視し
て決定されるが、可撤性の場合には支台歯への為害性も不
可欠な条件ながら、患者の満足度、機能性から義歯の安

定性を重視して決定される傾向がある。いずれにしても
咬合力の配分が最も重要であり、支台歯の選択ならびに
連結する適切な数が問題になる³⁸⁻⁶⁶⁾。

固定性義歯の場合、この必要最小限の支台歯数の目安
として、Ante の法則 (1926)^{67, 68)} があり、Vest, Duchan-
ge, Manlock ならびに関根らによって抵抗指数値が設
定されているが、各抵抗指数値より Ante の法則に基づ
いて計算すると、正常な骨支持を有し第 1・2 大臼歯が欠
損している症例を支台歯 $\overline{5}$ ~ $\overline{3}$ の 3 支台連結で修復する
場合、Vest 法では可能、Duchange 旧法では不可能、
Duchange 修正法では可能であると判断される。同じく
2 歯欠損中、第 1 大臼歯のみのポンティックで修復する場
合、Vest 法、Duchange の旧法および修正法のいずれに
おいても可能であると算定される^{4, 69)}。

事実、糸瀬 (1998)⁵⁾ も延長ブリッジ支台において、1
歯単独支台 1 ポンティックあるいは 2 ポンティックはも
とより、2 歯連結支台においても、さらに 3 歯連結支台 2
ポンティックにおいても欠損部隣接歯や最も近心にある
支台歯にコントロールに比べて非常に大きな変位、とく
に傾斜がみられ、3 歯連結支台 1 ポンティックに設計す
ることにより、はじめて支台歯損傷に最も影響力の大き
いと考えられる傾斜と捻転を抑制でき、義歯を装着しな
い状態の支台歯の動きと比較しても支台歯に与える影響
はかなり小さく抑え得ることが示唆されたと記してい
る。これには延長ブリッジの場合は支台歯の強固な連結
固定が有効に作用していることも一因として考えられ
る。

ところが同じ遊離端欠損症例でも可撤性義歯支台と固
定性義歯支台では同一デザインの場合においても異なっ
た動きが見られた。可撤性義歯支台の場合には、支台歯
数の増加により傾斜および捻転抑制効果が固定性義歯支
台ほど顕著には認められず、捻転以外の抑制効果は非常
に小さかった。

さらに糸瀬 (1998)⁵⁾ は延長ブリッジ支台の支台歯数
の影響は支台歯 $\overline{5}$ では傾斜、 $\overline{4}$ では沈下となって最も発
現しやすく、為害性が強いと考えられる傾斜や捻転を減
少するために 2 歯連結支台を 3 歯連結支台に変えた場
合、支台歯 $\overline{4}$ よりも支台歯 $\overline{5}$ に為害性軽減の有効性が高
いと報告しているが、可撤性義歯支台の場合には支台歯
による差異もほとんどなく、支台歯 $\overline{5}$ への影響も傾斜よ
りも捻転抑制により効果的であるように思われる。

糸瀬 (1998)⁵⁾ と本研究における義歯デザインの最大
の違いは前者が義歯床を有さず、強固に支台歯とセメン
ティングされている点である。本研究の可撤性義歯では

維持装置である二重冠外冠と支台歯内冠はセメンティングこそされていないが、かなり強力な維持力が内外冠相互間に付与されていた。したがって両研究結果にみられたこの差異は専ら義歯床の有無によるものと考えられる。すなわち義歯床を付与することにより、支台歯数による影響も小さく、欠損部隣接支台歯に与える影響も傾斜よりもむしろ捻転抑制に有効であることが示唆されているように思われる。

Ⅲ. 人工歯数による影響

通常、対合歯が存在すれば欠損歯数はそのまま修復されて、第1・2大臼歯欠損症例に対しては2本の人工臼歯が排列されて欠損部は補われる。しかし対合歯も欠如している場合や頬粘膜の異常発育により咬頬が頻発する場合、また支台歯の骨植や顎堤が不良な場合には、支台歯の遠心牽引運動を抑制するため咬合受圧面積の縮小も含めて最後臼歯を小臼歯で代用したり、最後臼歯を完全に削除して対処する方法がしばしば臨床上行われている⁴⁾。

遊離端症例において人工歯を1歯のみとするよりも2歯にした方が支台歯への負荷は大きく、より大きな為害性を与えるであろうことはてこ作用の原理から考えても自明のことであり、Yangら(1996)⁷⁰⁾も光弾性実験により、片持ちバリの長いポンティックを有するブリッジでは遠心傾斜とストレスの著明な増加が生じたと述べている。また糸瀬も延長ブリッジ支台の場合には傾斜や捻転をはじめ1歯ポンティックの場合と2歯ポンティックの場合にはかなり大きな差異が認められたと報告している。しかし当義歯デザインでは同じ遊離端症例であっても人工歯数による支台歯に与える影響はほとんど認められなかった。

延長ブリッジの場合と違って当デザイン義歯支台の変位量、とくに為害性が最も強いと考えられている傾斜に大きな差異がみられず、その変位量自体も小さかった理由のひとつに前者がポンティック数によって欠損部を修復する補綴物の近遠心径まで異なったのに対して、後者では1・2歯の場合とも同じ近遠心径の義歯床長を有していたことも挙げられるであろう。

五十嵐ら(1983)⁷¹⁾は義歯床の長さを変えたときの支台歯の動揺を調べて、長い義歯床を有する義歯とその1/2の長さの義歯床を有する義歯では、支台歯の動きに大きな差異がみられたと報告している。Körber(1975)⁷²⁾も顎堤粘膜の被圧縮性が一定であれば欠損部近遠心径が長くなれば長いほど支台歯の沈下量は減少すると述べているが、延長ブリッジでは前者は2ポンティックに、後者は1ポンティックに相当するのに対し

て、当デザイン義歯では人工歯1本の場合も2本の場合も咬合接触面積が変化するだけで補綴物の近遠心径は変わらず、常に前者“長い義歯床を有する義歯”に相当する。その結果、人工歯数による当デザイン義歯支台の変位量には差異が認められなかったものと考えられる。

この事実は、補綴物の近遠心径あるいは補綴物の顎堤被覆面積を拡張する方が咬合面積を縮小するよりも支台歯変位量、とくに傾斜抑制に有効であることを示唆しているように思われる。

Ⅳ. 変位からみた各デザインの特徴

支台歯5を含め、最大荷重時の各支台歯の変位形態上の特徴を表示したものがFig. 18であるが、傾斜、捻転、沈下および歯体移動の各変位形態で囲まれた四角形が延長ブリッジ支台と比較して、各支台歯とも非常に類似し、それぞれの変位形態が小さく、ほとんど均衡した状態で発現していた。また1歯および2歯人工歯の場合を比較しても著明な差異は見いだせなかった。これらのことから二重冠を維持装置とする3歯連結有床義歯は非常に安定したデザインであろうと考えられる。

またコントロールに対する各変位形態の比率の総和を100として、それぞれの変位形態の占める割合を表示したFig. 19において、Lindhe(1974, 1984)^{27, 28)}らの考えから比較的支台歯に及ぼす為害性が小さい沈下および歯体移動と大きい傾斜と捻転の割合を最も影響が大きいと考えられる支台歯5についてみると、延長ブリッジで観察した糸瀬は1Pおよび2PともにデザインMでは傾斜と捻転が全体の60%であったものが、デザインTでは50%前後に減少したと述べ、さらに傾斜と捻転の中で為害性が最も大きいと思われる傾斜が最も小さいことから、全てのデザイン中、デザインT-1Pが最も優れたデザインであろうと推論している。しかし当デザインではデザインMからD、Tと変化するにしたがって傾斜と捻転量の総和は幾分小さくなる傾向はあったが数%にも満たない小さな差異しかなく、またデザインT-1Pおよび2P間にも延長ブリッジ支台にみられたような著明な差異はみられず、幾分デザインT-1Pの方が傾斜と捻転の総和量が小さい程度に過ぎなかった。このことから通常の症例における咬合力のみに対応した処置としては、最後臼歯の削除や小臼歯の代用はほとんど意味がなく、とくに口腔内に問題がある難しい症例に限れば、デザインT-2PよりもデザインT-1Pの方が望ましいと言えるであろう。

しかしながら、口腔内の補綴物には常に垂直的な力とともに水平的な力が作用している。垂直的な力、つまり

咬合力への対応処置としては1本あるいは2本の人工臼歯でもほとんど差異は認められなかったが、水平的な力、舌運動などによる側方力に対しては、最後臼歯を削除した場合の支台歯の方が、力を受けても変位する危険性も小さいであろうと考えられる。正規の人工臼歯を排列して、支台歯への為害性を最小限に抑えるためには、さらに筋のバランスの重要性に配慮する必要があるであろう。

結 論

临床上、必要性に迫られる機会の多い延長ブリッジ支台については当教室の糸瀬がその機械的挙動を分析した。本研究ではそれと同一の第1・2大臼歯欠損の Kennedy II級シミュレーションモデルにより、作業側上下歯列間に試験食品を介在させた状態での片側性二重冠義歯支台の動きを矢状面、前頭面および下方から高精度半導体レーザ変位計を用いて計測し、分散分析によって同一支台歯における各デザイン間の変位量について有意差を検定するとともに延長ブリッジ支台の挙動との比較を行った。

その結果、次の結論を得た。

1) 単独支台、2歯連結支台、3歯連結支台における各支台歯の変位形態には、歯体移動、傾斜、捻転および沈下が認められたが、その絶対量には延長ブリッジのようなデザインによる差はほとんど認められなかった。

2) その絶対量は延長ブリッジ支台同様、歯体移動が最も大きく、捻転が最も小さかった。

3) 同一デザインでは各変位形態とも荷重量の増加に伴って変位量も増大した。

4) 歯体移動および傾斜は、延長ブリッジ支台同様、全てのデザインおよび支台歯で遠心舌側方向へ変位し、全て時計回りに回転した。

5) 延長ブリッジ支台では最も近心にある支台歯にも欠損歯隣接支台歯以上の変位が認められたと報告されているが、本デザインでは捻転を除き欠損歯隣接支台歯の変位が最も大きかった。

6) デザイン T, D の支台歯 5 および 4 では、コントロールと比較してとくに傾斜と歯体移動が増大する傾向があったが、単独支台や最近心支台では捻転が大きくなる傾向がみられた。

7) 連結支台歯数を増加した場合、最も影響を受けるのは、支台歯 5 および 4 と捻転の減少で、傾斜の減少は軽度であり、また延長ブリッジ支台のそれと比較して連結による効果は小さかった。

8) 人工歯数の増減による支台歯の変位におよぼす影響は、延長ブリッジ支台の場合と比べれば小さかった。

9) デザイン T-1P における支台歯の変位量は、デザイン M, D はもとよりデザイン T-2P と比べて最も小さかったが、デザイン T-2P との差異は小さく、とくに傾斜においてはほとんど認められなかった。

以上の結果より、支台歯の遠心傾斜の抑制処置としては、延長ブリッジの場合と異なり咬合接触面積を縮小するより義歯床面積を拡大することが有効であることが示唆された。

稿を終わるにあたり、本研究に終始御懇切なる御指導と御校閲を賜りました恩師守川雅男教授に対して深甚なる感謝の意を表します。

また今回の研究に際しまして、ご理解とご協力を戴きました九州歯科大学歯科補綴学第1講座の諸先生方に心より厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) Carlsson, G. E., Hedegard, B. and Koivumaa, K. K.: Studies in partial dental prosthesis, III - A longitudinal study of mandibular partial dentures with double extension saddles. *Acta Odont. Scand.* 20: 95-111, 1962.
- 2) Carlsson, G. E., Hedegard, B. and Koivumaa, K. K.: Studies in partial dental prosthesis, IV - A final results of 4-year longitudinal investigation of dentogingivally supported partial dentures. *Acta Odont. Scand.* 23: 443-472, 1965.
- 3) Carlsson, G. E., Hedegard, B. and Koivumaa, K. K.: Late results of treatment with partial dentures. *J. Oral Rehabilitation* 3: 267-272, 1976.
- 4) 守川雅男: パーシャルデンチャーその考え方と臨床. クインテッセンス出版, 東京, 1995, 34-98.
- 5) 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: 331-356, 1998.
- 6) Dymont, M. L. and Synge, J. L.: The elasticity of periodontal membrane. *Oral Health* 25: 105-109, 1935.
- 7) Coolidge, E. D.: The thickness of the human periodontal membrane. *J. Amer. Dent. Assoc.* 24: 1260-1270, 1937.
- 8) 黒川博行: 成人歯根膜の厚さと線維の走行方向. 日組録 1: 227-230, 1950.
- 9) Spreng, M.: *Der Kauabdruck*. Urban und Schwarzenberg, München-Berlin, 1953, 2-20.
- 10) Voss, R.: Über die Abdruckgenauigkeit. *Dtsch. Zahnärztl. Z.* 15: 1066-1072, 1960.
- 11) Picton, D. C. A.: A study of normal tooth mobility and the changes with periodontal disease. *Dent.*

- Practit. Dent. Rec. 12: 167-173, 1962.
- 12) 倉島晃一: 歯周組織の力学的性状に関する研究 (とくに歯根膜および歯槽骨について). 口病誌 30: 361-385, 1963.
 - 13) 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: 38-68, 1970.
 - 14) 後藤建機: 歯牙の生理的動揺に関する実験的研究. 歯科学報 71: 1415-1444, 1971.
 - 15) 黒田昌彦: 義歯床下粘膜の負担圧の分布状態に関する実験的研究. 歯科学報 71: 1445-1474, 1971.
 - 16) 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: 1043-1071, 1972.
 - 17) 上条雅彦: 日本人永久歯解剖学, 5 版. アナトーム社, 東京, 1973, 58-64.
 - 18) 千草隆治: コーヌスクローネ支台歯の挙動に関する基礎的研究—支台歯の咬合力負担形態の違いによる影響—. 九州歯会誌 48: 531-553, 1994.
 - 19) 五十嵐順正: "rigid support" (強支持) の適応と禁忌. 日歯評論 502: 65-69, 1984.
 - 20) 川島 哲: 1 週間でマスターするキャストパーシャル. 医歯薬出版. 東京, 1990, 87-139.
 - 21) 五十嵐順正, 尾形和彦, 宮田孝義, 鈴木恭典, 大久保力廣, 水村竹宏, 久野富雄, 川崎貴生: コーヌステレスコープデンチャーの再考. QDT 16: 1513-1559, 1991.
 - 22) 木山美和子, 芝 燦彦: コーヌスクローネの維持力に関する研究. 補綴誌 38: 1252-1264, 1994.
 - 23) 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.
 - 24) 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.
 - 25) 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.
 - 26) 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.
 - 27) Lindhe, J. and Svanberg, G.: Influences of trauma from occlusion on progression of experimental periodontitis in the Beagle dog. J. Clinic. Periodont. 1: 3-14, 1974.
 - 28) Lindhe, J. and Ericsson, I.: The effect of elimination of jiggling forces on periodontally exposed teeth in the dog. J. Periodont. 53: 562-567, 1982.
 - 29) Lindhe, J.: Textbook of clinical periodontology. 2nd ed. Munksgaard, Copenhagen, 1989, 240-257.
 - 30) DeVan, M. M.: The nature of the partial denture foundation: suggestions for its preservation. J. Prosthet. Dent. 2: 210-218, 1952.
 - 31) Krol, A. J.: Clasp design for extension base removable partial dentures. J. Prosthet. Dent. 29: 408-415, 1973.
 - 32) Osborne, J. and Lammie, G. A.: Partial dentures. 4 ed. Blackwell Scientific Publications, London, 1974, 59-142.
 - 33) 中沢 勇: 部分床義歯学. 永末書店, 京都, 1975, 78-83.
 - 34) Zarb, G. A., Bergman, B. O., Clayton, J. A. and MacKay, H. F.: Prosthodontic treatment for partially edentulous patients. Mosby Co., St. Louis, 1978, 374-381.
 - 35) 三谷春保: 歯学生のためのパーシャルデンチャー. 医歯薬出版, 1979, 103-115.
 - 36) Stewart, K. H., Rudd, K. D. and Kuebker, W. A.: Clinical removable partial prosthodontics. Mosby Co., St. Louis, 1983, 94-112.
 - 37) Henderson, D., McGivney, G. P. and Castleberry, D. J.: McCrachsens's removable partial prosthodontics. Mosby Co., St. Louis, 1985, 148-171.
 - 38) Simring, M. and Brooklyn, N. Y.: Splinting: theory and practice. J. Am. Dent. Assoc. 45: 402-414, 1952.
 - 39) 中沢 勇: 鉤歯 (維持歯) 選択のめやすはどこに置か. 日歯評論 130: 1-4, 1953.
 - 40) Köller, K. C.: Zahnersatz durch Kronen, Brücken und partielle Prothesen. Verlag Wilhelm Mandrich, Wien-Bonn, 1954, 20-22.
 - 41) 石原寿郎, 尾花甚一, 平沼謙二: 橋義歯の予後に関する臨床的考察. 口病誌 23: 75-81, 1956.
 - 42) Applegate, O. C.: The removable partial denture in the practice of tomorrow. J. Prosthet. Dent. 8: 609-622, 1958.
 - 43) Mahley, D. B., and Terkla, L. G.: Analysis of stress in dental structures. Dent. Clin. N. Amer. Nov.: 796-799, 1958.
 - 44) Amsterdam, M., and Fox, L.: Provisional splinting - Principles and technics. Dent. Clin. N. Amer., March: 73-99, 1959.
 - 45) Rooucoules, L.: Fixed prosthetic appliances: basic principles and architectural laws. Rev. Franc. Odontostomat. 13: 1537-1563, 1966.
 - 46) Henderson, D. and Seward, T. E.: Design and force distribution with removable partial denture: A progress report. J. Prosthet. Dent. 17: 350-364, 1967.
 - 47) Ledley, R. S., and Huang, H. K.: Linear model of tooth displacement by applied forces. J. Dent. Res. 46: 427-282, 1968.
 - 48) Schweitzer, J. M., Schweitzer, R. D., and Schweitzer, J.: Free-end pontics used on fixed partial dentures. J. Prosthet. Dent. 20: 120-138, 1968.
 - 49) 関根 弘: 咬合力の負担からみた架工義歯の設計. 日歯評論 303: 18-24, 1968.
 - 50) Short, H.: Relation magnitudes of stress on abutment teeth with different retainers. J. Prosthet. Dent.

- 21: 267-282, 1969.
- 51) 竹井正章: 有床義歯の設計および人工歯排列に関する維持力発見機構の研究. 歯科学報 69: 721-751, 1969.
 - 52) Tylman, S. D., Brumfield, R. C., Moulton, G. H. and Tylman, S. G.: Theory and practice of crown and fixed partial prosthodontics. 6 ed. Mosby Co., St. Louis, 1970, 160-194.
 - 53) Avant, W. E.: Fulcrum and retention lines in planning removable partial dentures. J. Prosthet. Dent. 25: 162-166, 1971.
 - 54) Kratochvil, F. J.: Maintaining supporting structures with a removable partial prosthesis. J. Prosthet. Dent. 25: 167-174, 1971.
 - 55) 関根 弘: 遊離端義歯における維持装置の条件と支台歯の咬合圧負担状態との関係について. 歯科学報 73: 977-986, 1973.
 - 56) 田口俊博: 遊離端義歯における増員, 連結された支台歯の咬合圧による動きに関する実験的研究. 歯科学報 76: 1613-1643, 1976.
 - 57) 大草洋志: 下顎両側遊離端義歯の咀嚼時の移動量について. 補綴誌 20: 551-561, 1976.
 - 58) 澤 潤: 遊離端義歯における義歯床の被圧変位による支台歯の回転力負担に関するクラスプの咬合力伝達特性について. 歯科学報 76: 1645-1670, 1976.
 - 59) Maxfield, J. B., Nicholls, J. I. and Smith, D. E.: The measurement of forces transmitted to abutment teeth of removable partial denture. J. Prosthet. Dent. 41: 134-142, 1979.
 - 60) McCartney, J. W.: Motion vector analysis of an abutment for a distal-extension removable partial denture: A pilot study. J. Prosthet. Dent. 43: 15-21, 1980.
 - 61) 五十嵐順正, 藍 稔, 斉藤良一: 非接触微小変位センサによる歯の動態観察. 第3報 加重方向と変位. 補綴誌 25: 365-367, 1981.
 - 62) 五十嵐順正, 藍 稔: 支台歯に強く支持を求めた遊離端義歯. 第1報 支台歯の負荷の状態について. 補綴誌 26: 1014-1020, 1982.
 - 63) Aydinlik, E., Dayangac, B. and Celik, E.: Effect of splinting on abutment tooth movement. J. Prosthet. Dent. 49: 477-480, 1983.
 - 64) Browning, J. D., Jameson, W. E., Stewart, C. D., McGarrah, H. E. and Erick, J. D.: Effect of positional loading of three removable partial denture clasp assemblies on movement of abutment teeth. J. Prosthet. Dent. 55: 347-351, 1986.
 - 65) 桑島修悦: クラスプデザインと鉤歯のストレス. 補綴誌 32: 1050-1055, 1988.
 - 66) Körber, K. H.: Konuskronen—Das rationelle Teleskop-system Einführung in Klinik und Technik—. Hüthig, Heidelberg, 1988, 91-123, 289-317.
 - 67) Ante, I. H.: The fundamental principles of abutment. Michigan D. Soc. Bull. 8: 14-23, 1926.
 - 68) 関根 弘編集: Ante の法則. 歯科医学大事典, 医歯薬出版, 東京, 1989, 105.
 - 69) 多和田泰一: 歯冠補綴架工義歯学. 永末書店, 京都, 1974, 560-599.
 - 70) Yang, H. S., Chung, H. J. and Park, Y. J.: Stress analysis of a cantilevered fixed partial denture with normal and reduced bone support. J. Prosthet. Dent. 76: 424-430, 1996.
 - 71) 五十嵐順正, 藍 稔: 支台歯に強く指示を求めた遊離端義歯. 第2報 遊離端床部の長さ, 面積と支台歯の負荷の関係について. 補綴誌 27: 244-249, 1983.
 - 72) Körber, K. H.: Zahnärztliche Prothetik I. Georg Thieme, Stuttgart, 1975.