原 著 論 文

支台装置と側方偏心咬合接触が支台歯負担と義歯変位に及ぼす影響

第2報 3歯残存

三浦 美文 齋藤 正恭 野谷 健治 深沢 亨
高橋 典弘 佐橋 祐美 川崎 貴生

Influence of Retainers and Occlusal Contact of Lateral Eccentric Relation on
Load Distribution of Abutment Teeth and Displacement of Denture

Part 2 The Case of 3 Remaining Teeth

Yoshifumi Miura, Masayasu Saito, Kenji Notani, Tohru Hukazawa,
Norihiro Takahashi, Hiromi Sahashi and Takao Kawasaki

Abstract : For the stability of removable partial dentures, both the occlusal relationship and the design of the denture are important.

A mandibular simulation model with three remaining teeth (Nos. 22, 27, and 31 or Nos. 22, 27 and 31 ; universal tooth numbering system) was used in this study.

Occlusal contact in the lateral eccentric jaw relation was varied, and the stress distribution of abutment teeth and displacement of the denture base were examined.

The results were as follows :

The occlusal contact in the lateral eccentric jaw relation rather than kind of retainer seemed to influence the stress distribution of abutment teeth and displacement of the denture base.

In the case of bilateral balanced occlusion, there was no obvious difference between an Akers clasp and a cone-telescopic crown.

Denture stability could be maintained by group functioned occlusion as well as by bilateral balanced occlusion, depending on the pattern of the remaining teeth.

The results suggested that in the case of an asymmetrical pattern of the remaining teeth, occlusal contact in the right and left lateral eccentric jaw relation must be changed.

Key words : few remaining teeth, lateral eccentric jaw relation, bilateral balanced occlusion, group functioned occlusion, simulation model

I. 緒 言

部分床義歯を用いた欠損補綴において、いわゆるリジッ

ドサポートを図った義歯の良好な予後が数多く報告されている¹⁻⁴⁾。しかし、すべての症例においてリジッドサポートを図った義歯が最良とは限らない。特に、少数歯残存症例では、機能力を残存歯だけに支持させることは適当でなく、顎堤による負担が必須となる。さらに機能時の義歯の動きを抑制するには、設計のみならず支台歯および人工歯に付与する咬合様式に十分な配慮を要すると考えられる。法花堂⁵⁾は、多数歯欠損症例で支台装置の歯周組織への荷

重伝達を調べ、剛節伝達様式の支台歯の回転力負担量は滑節伝達様式に比較して小さくなるとしながらも、支台歯の位置的条件によっては支台歯に大きなねじり負担を与えると考えられ、支台装置の連結強度の向上のみでは、支台歯に過重負担となることを示している。

三浦ら⁹⁾は、少数歯残存症例における付与すべき咬合様式と支台装置の適正化を求めて、第1報で下顎4歯残存症例を想定したシミュレーションモデルを使用した模型実験で、側方偏心位における両側性平衡咬合の有効性と支台装置の連結強度より付与すべき咬合接触関係が重要であることを報告した。

そこで、本論文ではさらに残存歯の少ない、下顎3歯残存症例を想定し、左右非対称の残存形態として、第1報⁶⁾同様シミュレーションモデル上で支持様式の異なる支台装置で構成される実験義歯から、側方偏心位における支台歯歯根部の負担圧および義歯床部の変位量を測定、分析することとした。

II. 研究方法

1. 実験模型について

第1報⁶⁾同様に、下顎少数歯残存を想定したシミュレーションモデルを用いた。残存歯部は顎堤部と交換が可能であり、本実験では両側犬歯と右側第二大臼歯残存および右側犬歯と両側第二大臼歯残存の2種類の3歯残存形態を使用した。

残存歯は有根型の単純形態で、クラスプ装着のための前処置を施した歯冠をネジ止め固定することにより、コーヌステレスコープとクラスプの両支台装置の装着を可能とした。

擬似歯根膜は、付加型シリコンラバー印象材（松風社製デントシリコンV）で厚さ1mmとし、歯槽骨部は常温重合レジン（松風社製トレレジン）、擬似粘膜は付加型シリコン印象材（デンタウラム社製レマジル）で製作した。擬似粘膜は部位による被圧変位性の違いを考慮し、前歯部で1.4mm、小、大臼歯部で1.7mm、臼後隆起部で2.8mmの厚みに設定した。

2. 実験義歯について

支台装置には連結強度の高いコーヌステレスコープ（以下コーヌス）とコーヌスより連結強度が低いエーカースクラスプ（以下エーカース）の2種類を選択し、各支台装置とも3組作製した。支台装置は白金加金（タイプIV金合金）、連結装置と人工歯部は剛性を得るために一体化し、コバルト・クロム合金で鋳造製作した。各支台装置と連結装置はネジにより連結固定できる構造とし、義歯床部は即時重合レジン（ジーシー社製ユニファストII）で作製した。支台歯および人工歯相当部咬合面の頬舌的中央部に、

表1 Load condition
荷重条件

CO	中心荷重（両側の犬歯から第二大臼歯までの10点接触）
C	犬歯誘導（作業側犬歯のみの接触）
G1	グループファンクション（作業側犬歯から第二小臼歯までの接触）
G2	グループファンクション（作業側犬歯から第二大臼歯までの接触）
B1	両側性平衡咬合（G2+非作業側の接触は第二小臼歯まで）
B2	両側性平衡咬合（G2+非作業側の接触は第二大臼歯まで）

幅約1mmの水平面と、約20度の頬舌的な傾斜を付与した。

3. 荷重方法について

第1報⁶⁾同様、中心咬合時の咬合接触を想定した荷重方法を中心荷重、側方偏心位における咬合接触を想定した荷重方法を側方偏心荷重と呼ぶことにする。

荷重量は、中心荷重では34.3N、側方荷重では10.78Nの垂直的静荷重とした。中心荷重（COとする）では、両側犬歯から第二大臼歯までの計10点を同時荷重した。また、側方偏心荷重には犬歯誘導を想定したもの（Cとする）、グループファンクションを想定したものとして、作業側犬歯から第二小臼歯まで（G1とする）および作業側犬歯から第二大臼歯まで接触させる型（G2とする）の2種を、さらには両側性平衡咬合として、G2の接触に加え平衡側の接触を第二小臼歯までとしたもの（B1とする）と第二大臼歯までとしたもの（B2とする）を加えた5条件とした（表1）。

側方偏心荷重は、シミュレーションモデルをXYステージ上に正中線がX軸と平行となるように固定し、中心荷重を負荷した位置からY軸方向に2mm移動させて設定した。中心荷重時およびC～B2の接触状態は、上顎残存歯相当部に設定した左右各5個のステンレス製のネジを調節することにより、中心荷重の両側下顎残存歯および人工歯相当部中央の10点接触と、側方偏心荷重での各種接触パターンを設定した。

本実験では、残存形態が左右非対称であるため、2種類の残存形態において左側と右側それぞれを作業側として荷重する、計4パターンについて計測した（図1）。

実験条件は以下のように表示する。つまり、 $\overline{73|3}$ 残存はKennedyのII級のII、 $\overline{73|7}$ 残存はKennedyのIII級のIIIで示し、その後に1歯残存側を作業側とした場合をL、2歯残存側を作業側とした場合をR、さらに荷重条件であるC～B2なる略号をその後ろに並記した（表2）。

4. 測定および測定装置について

第1報⁶⁾同様に歯根部負担圧は、犬歯には支台歯歯根部の根尖、頬側、近心、第二大臼歯には根尖、頬側、遠心の

図1 Experimental condition (Pattern of remaining teeth and working side)
実験条件 (残存形態と作業側)

3部位に、改良型圧力センサー（共和電業社製 PS-2 KB 改良型）を歯根膜に対して垂直に初期接触圧約 7 kPa で設置固定し、測定した。なお、頬側と近遠心側の設定位置は、金属歯の最大径の部位から 4 mm で擬似歯根膜の歯冠側端から 3 mm 歯根側の部位にした。

義歯床部の変位量測定には、非接触型変位計（(株)電子応用社製ギャップテスター AEC-5305 D）を使用した。義歯床部前歯正中唇側および両側第二小臼歯相当部頬側に 10×10 mm² のステンレス製のターゲットを設置し、各ターゲットに対応し 5 mm 離れたシミュレーションモデル上にセンサーを設置した。

非接触型変位計からの信号は、変位アンプを介して圧力センサーからの信号とともにデータロガー（日本電気三栄社製ロガーメイト DL-1200）で変換後に 6 秒間隔で記録した。測定開始 1 分後に荷重の負荷を開始し、測定開始 2 分後からの 10 個のデータの平均を測定値とした。2 種の残存形態で、エーカースとコーヌスで構成される実験義歯を、各々 3 組ずつ製作し測定に供した。1 つの荷重条件について 5 回繰り返し、図 1 に示した 4 つのパターンについて測定した。

5. 統計処理について

分析の要因は、支台装置とはコーヌスとエーカース、荷重条件とは C~B2、残存形態とは中心荷重では II と III、側方偏心荷重では L と R の 2 種類の場合と、II-L、II-R、III-L そして III-R の 4 種類の場合がある。

中心荷重では、歯根部負担圧は $\overline{73|3}$ 残存と $\overline{73|7}$ 残存それぞれに支台装置を要因とする一元配置分散分析を行い、義歯床部変位量は、支台装置と残存形態（II と III）を要因とする二元配置分散分析を行った。その後 Fisher's Protected Least Significant Difference (以下 Fisher's PLSD とする) により多重比較検定を行った。

側方偏心荷重では、歯根部負担圧は $\overline{73|3}$ 残存と $\overline{73|7}$ 残存それぞれについて、支台装置、残存形態（L と R）そして荷重条件を 3 要因とする分散分析を行った。義歯床部変位量は、支台装置、残存形態そして荷重条件を 3 要因とする分散分析を行った。多重比較検定は中心荷重同

表 2 Notation of experimental condition (In the condition of putting the load on the point on canine on working side)
実験条件の表記法 (犬歯誘導の場合)

略号	残存形態と荷重側
II-LC	$\overline{73 3}$ 残存で 1 歯残存側を作業側とした場合
II-RC	$\overline{73 3}$ 残存で 2 歯残存側を作業側とした場合
III-LC	$\overline{73 7}$ 残存で 1 歯残存側を作業側とした場合
III-RC	$\overline{73 7}$ 残存で 2 歯残存側を作業側とした場合

様に Fisher's PLSD により行った。なお、統計処理には StatView-J 4.11 を使用した。

個々の症例におけるグラフは、歯根部負担圧は根尖方向を (+) に、義歯床部変位量は浮上方向を (+) とした。図 2~11 には、支台装置間で有意差が認められた部位のみ、* で記入した。なお、歯根部負担圧は根尖部のみ示した。

III. 結 果

1. 中心荷重について

歯根部負担圧は $\overline{73|3}$ 残存、 $\overline{73|7}$ 残存ともに支台装置を要因とする分散分析で有意差 ($p < 0.05$) は認められなかった。しかし、義歯床部変位量は支台装置間で有意差 ($p < 0.01$) は認められたが、残存形態には有意差 ($p < 0.05$) は認められなかった。

次にそれぞれの残存症例においての結果を示す。

1) $\overline{73|3}$ 残存 (図 2)

歯根部負担圧は $\overline{7|3}$ でコーヌスのほうが有意 ($p < 0.01$) に大きな値を示した。また、両側犬歯を比較すると、両支台装置ともに $\overline{3}$ が有意 ($p < 0.01$) に大きかった。

コーヌスの義歯床部変位量は、前方部で 28.4 μm 、右側で 8.6 μm 、左側で 65.8 μm であり、エーカースでは前方部で 41.4 μm 、右側で 18.7 μm 、左側で 76.4 μm であった。いずれの部位でも有意 ($p < 0.01$) にコーヌスが小さな値を示した。両支台装置ともに左側の変位量は他の部位に比べ有意 ($p < 0.01$) に大きい結果となった。

2) $\overline{73|7}$ 残存 (図 3)

歯根部負担圧はコーヌスが大きい傾向にあり、 $\overline{3|7}$ ではエーカースに比較して有意 ($p < 0.01$) に大きい値を示した。また、 $\overline{7|7}$ の比較では、どちらの支台装置も $\overline{7}$ が有意 ($p < 0.01$) に大きい値を示した。

義歯床部変位量はコーヌスでは前方部が 44.9 μm 、右側が 15.9 μm 、左側が 34.3 μm であり、エーカースでは前方部が 72 μm 、右側が 13.5 μm 、左側が 37.9 μm であった。前方部ではコーヌスが有意 ($p < 0.01$) に小さな値を示した。また、いずれの支台装置でも左右を比較する

図 2 The case of $\overline{73|3}$ remaining

In the condition of putting the load on the point from canine to second molar on both sides (Left is the stress distribution of abutment teeth and right is the vertical displacement of a denture base)

$\overline{73|3}$ 残存

中心荷重 (左側が支台歯根部負担圧, 右側が義歯床部変位量)

図 3 The case of $\overline{73|7}$ remaining

In the condition of putting the load on the point from canine to second molar on both sides (Left is the stress distribution of abutment teeth and right is the vertical displacement of a denture base)

$\overline{73|7}$ 残存

中心荷重 (左側が支台歯根部負担圧, 右側が義歯床部変位量)

と, 左側の沈下が有意 ($p < 0.01$) に大きな値を示した。

2. 側方偏心荷重について (表 3~6)

歯根部負担圧は, 支台装置, 残存形態そして荷重条件を 3 要因とする分散分析の結果, $\overline{73|3}$ 残存では荷重条件の違いにより有意差 ($p < 0.05$) が, $\overline{73|7}$ 残存では残存形態と荷重条件の違いで有意差 ($p < 0.01$) が認められた。荷重条件の違いによる多重比較検定では $\overline{73|3}$ 残存では, C-G 2, C-B 1, C-B 2 で, $\overline{73|7}$ 残存では C-G 2, C-B 1, C-B 2, G 1-B 2 間で有意差 ($p < 0.05$) が認められた (表 3, 4)。

義歯床部変位量は, 分散分析では支台装置, 残存形態そして荷重条件の 3 要因すべてで有意差 ($p < 0.01$) が認められた (表 5)。残存形態による多重比較検定では, すべての組合せに有意差 ($p < 0.05$) が認められた。荷重条件の違いでは, C-G 1, G 1-B 1, G 2-B 1, G 2-B 2 以外で有意差 ($p < 0.05$) が認められた (表 5)。 $\overline{73|3}$ 残存と $\overline{73|7}$ 残存それぞれ個別では, $\overline{73|3}$ 残存は残存形態 (L

と R) の違いにのみ有意差 ($p < 0.01$) が認められ, $\overline{73|7}$ 残存では 3 要因すべてにおいて有意差 ($p < 0.01$) が認められ, 荷重条件の違いによる多重比較検定では, C-G 2, C-B 1, C-B 2, G 1-G 2, G 1-B 1, G 1-B 2 で有意差 ($p < 0.05$) が認められた (表 6)。

次にさらに個々の結果を示す。

1) $\overline{73|3}$ 残存

(1) 左側を作業側とした場合 (II-L)

a. 歯根部負担圧 (図 4)

エーカースの LC では, $\overline{3}$ に 11.46 kPa と最も大きく負担圧が集中し, コーヌスでも $\overline{3}$ が 9.79 kPa と最大だが, $\overline{3}$ にも 4.18 kPa とエーカースの約 2 倍の負担圧がみられた。両支台装置ともに $\overline{7}$ はエーカースで -0.64 kPa, コーヌスで -1.01 kPa の負の負担圧となった。エーカースは LC から LG 1 になると $\overline{3}$ の負担圧が有意 ($p < 0.01$) に減少するが, コーヌスではエーカースほど減少しなかった。さらに, LG 2 になると両支台装置とも $\overline{3}$ よりも $\overline{3}$ の負担圧が大きく減少していた。LG 1,

表 3 ANOVA and Post hoc test

The stress distribution of abutment teeth on lateral eccentric load

The case of $\overline{73|3}$ remaining teeth

分散分析と多重比較検定

側方偏心荷重時における支台歯の負担圧

$\overline{73|3}$ 残存の場合

分散分析		多重比較検定 (荷重条件)				
支台装置	NS	C	G 1	G 2	B 1	B 2
残存形態	NS	C	NS	*	*	**
荷重条件	*	G 1		NS	NS	NS
		G 2			NS	NS
		B 1				NS
		B 2				

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, NS : 有意差なし

表 4 ANOVA and Post hoc test

The stress distribution of abutment teeth on lateral eccentric load

The case of $\overline{73|7}$ remaining teeth

分散分析と多重比較検定

側方偏心荷重時における支台歯の負担圧

$\overline{73|7}$ 残存の場合

分散分析		多重比較検定				
支台装置	NS	C	G 1	G 2	B 1	B 2
残存形態	**	C	NS	**	**	**
荷重条件	**	G 1		NS	NS	**
		G 2			NS	NS
		B 1				NS
		B 2				

** : $p < 0.01$, NS : 有意差なし

表 5 ANOVA and Post hoc test

The vertical displacement of a denture base on lateral eccentric load

分散分析と多重比較検定

側方偏心荷重時における義歯床部変位量

多重比較検定

分散分析		残存形態				荷重条件				
支台装置	**	II-L	II-R	III-L	III-R	C	G 1	G 2	B 1	B 2
残存形態	**	II-L	**	*	**	C	NS	**	**	**
荷重条件	**	II-R		**	**	G 1		**	NS	**
		III-L			**	G 2			NS	NS
		III-R				B 1				*
						B 2				

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, NS : 有意差なし

表 6 ANOVA and Post hoc test

The vertical displacement of a denture base on lateral eccentric load

分散分析と多重比較検定

側方偏心荷重時における義歯床部変位量

$\overline{73|3}$ 残存

$\overline{73|7}$ 残存

分散分析

分散分析

多重比較検定 (荷重条件)

分散分析		多重比較検定 (荷重条件)				
支台装置	NS	C	G 1	G 2	B 1	B 2
残存形態	**	C	NS	**	**	**
荷重条件	NS	G 1		**	*	**
		G 2			NS	NS
		B 1				NS
		B 2				

** : $p < 0.01$, * : $p < 0.05$, NS : 有意差なし

LG 2 の $\overline{3|3}$ の比較では, LC と同様に両支台装置ともに $\overline{3|3}$ が有意 ($p < 0.01$) に小さかった。それが両側性平衡咬合を付与すると, 両支台装置ともに根尖部の負担圧は 3.36~5.53 kPa の間でほぼ均等に分散する傾向にあった。

b. 義歯床部変位量 (図 5)

LC, LG 1, LG 2 の片側のみの荷重条件では両支台装置

ともに前方と左側が沈下, 右側が浮上という義歯の回転様相を示した。LC では左側の沈下がコーヌスでは 49.7 μm , エーカーズでは 39.9 μm とコーヌスが有意 ($p < 0.01$) に大きかった。しかし, LG 1, LG 2 では左側の沈下と右側の浮上は, 逆にエーカーズが有意 ($p < 0.01$) に大きかった。LG 2 では左側の沈下はコーヌスが 55.1 μm

図 4 The case of 7|3|3 remaining

The stress distribution of abutment teeth while left side is working side

7|3|3 残存

左側を作業側とした場合の支台歯根部の負担圧

図 5 The case of 7|3|3 remaining

The vertical displacement of a denture base while left side is working side

7|3|3 残存

左側を作業側とした場合の義歯床部変位量

でエーカースが $64.5 \mu\text{m}$ 、右側の浮上はコーヌスが $18.4 \mu\text{m}$ で、エーカースが $26.3 \mu\text{m}$ と義歯の回転の様相はともに LG 2 が最も大きかった。両側性平衡咬合を付与するとすべての測定部位で沈下を示し、LB 1 の前方部を除いて支台装置間に有意差 ($p < 0.05$) は認められなくなった。

(2) 右側を作業側とした場合 (II-R)

a. 歯根部負担圧 (図 6)

RC では両支台装置ともに 3 に負担が集中しており、コーヌスが 10.74 kPa 、エーカースが 11.21 kPa で、両支台装置間に有意差 ($p < 0.01$) が認められた。RG 1, RG 2 になるにつれて、両支台装置とも 7 が増加し、3 が減少していたが、3 には大きな変動はみられなかった。両側性平衡咬合を付与すると、どちらの支台装置も 3 の負担圧が最も大きな値を示した。しかし、RB 1 と RB 2 ともに根尖部負担圧は $2.27 \sim 5.59 \text{ kPa}$ の範囲におさまった。

b. 義歯床部変位量 (図 7)

RC では、両支台装置ともに右側が沈下し、左側が浮上する回転の様相を呈していた。その浮上はエーカースが $19.3 \mu\text{m}$ 、コーヌスが $23.2 \mu\text{m}$ で、コーヌスが大きかったが有意差 ($p < 0.05$) は認められなかった。両支台装置ともに RG 1, RG 2 になるにつれて程度は減少するものの、同じ回転の様相を呈した。しかし、RG 1 は RC と逆でエーカースが左側の浮上と右側の沈下が大い傾向を示した。両側性平衡咬合を付与すると、エーカースは左側が約 $40 \mu\text{m}$ の沈下、右側が $6 \sim 7 \mu\text{m}$ 浮上する回転の様相を示し、コーヌスは左側が約 $30 \mu\text{m}$ の沈下、右側はほとんど変位しなかった。また、RG 1 と RG 2 では両支台装置間に有意差 ($p < 0.05$) が認められなかったが、両側性平衡咬合を付与すると有意差 ($p < 0.01$) が認められるようになった。左右側ともに変位量はエーカースが有意 ($p < 0.01$) に大きく、エーカースがコーヌスより大きな回転変位を示す傾向にあった。両支台装置とも RB 1 と RB 2 の

図 6 The case of $\overline{7}3|3$ remaining
The stress distribution of abutment teeth while right side is working side
73|3 残存
右側を作業側とした場合の支台歯歯根部の負担圧

図 7 The case of $\overline{7}3|3$ remaining
The vertical displacement of a denture base while right side is working side
73|3 残存
右側を作業側とした場合の義歯床部変位量

間に有意 ($p < 0.05$) な差は認められなかった。

2) $\overline{7}3|7$ 残存

(1) 左側を作業側とした場合 (III-L)

a. 歯根部負担圧 (図 8)

LC では、両支台装置ともに $\overline{3}$ が最大の負担圧を示し、支台装置間の比較では、コーヌスが有意 ($p < 0.01$) に大きかった。コーヌスは $\overline{7}$ で 3.22 kPa, $\overline{7}$ で -3.29 kPa と負の負担圧を示した。しかし、エーカースは $\overline{7}$ で 0.26 kPa とコーヌスに比較してほとんど負担圧がみられず、結果には示していないが、むしろ頬側、近心の負担圧のほうが大きな値を示した。また、 $\overline{7}$ の負の値もコーヌスに比べて有意 ($p < 0.01$) に小さかったが、コーヌス同様図 6 の II-LC の $\overline{7}$ と比較すると負の値は有意 ($p < 0.01$) に大きかった。両支台装置とも、LG 1, LG 2 になるにつれて $\overline{3}$ と $\overline{7}$ の負の負担圧は減少し、 $\overline{7}$ は増加した。両側性平衡咬合を付与すると両支台装置ともに、 $\overline{7}$ の根尖部負担圧は正へ逆転し、LB 2 ではすべての支台歯で均等に

負担する傾向を示した。

b. 義歯床部変位量 (図 9)

エーカースはコーヌスに比べ、LB 2 の右側を除くすべての荷重条件で義歯床の浮上および沈下が有意 ($p < 0.01$) に大きかった。LC のエーカースは前方部で 139 μm, 左側で 61.7 μm の沈下を、右側で 45.5 μm の浮上を示し、すべての残存形態のなかで最も大きな義歯の回転様相がみられた。両支台装置ともに LG 1, LG 2 になるにつれて前方部と左側の沈下は有意 ($p < 0.01$) に減少していた。しかし、エーカースは右側の浮上が LG 1, LG 2 になるにつれて有意 ($p < 0.01$) に減少したが、コーヌスではいずれでも浮上はごくわずかであった。両側性平衡咬合を付与すると、両支台装置ともに左右側より前方部が有意 ($p < 0.01$) に大きい沈下を示した。しかし、義歯床の回転様相はみられず、すべてで沈下を示し、その量は両支台装置ともに LB 2 が小さかった。

図 8 The case of $\overline{73|7}$ remaining
The stress distribution of abutment teeth while left side is working side
 $\overline{73|7}$ 残存
左側を作業側とした場合の支台歯歯根部の負担圧

図 9 The case of $\overline{73|7}$ remaining
The vertical displacement of a denture base while left side is working side
 $\overline{73|7}$ 残存
左側を作業側とした場合の義歯床部変位量

図 10 The case of $\overline{73|7}$ remaining
The stress distribution of abutment teeth while right side is working side
 $\overline{73|7}$ 残存
右側を作業側とした場合の支台歯歯根部の負担圧

(2) 右側を作業側とした場合 (III-R)

a. 歯根部負担圧 (図 10)

RC では両支台装置ともに $\overline{3}$ のみに負担圧が集中して

おり、エーカースが 13.7 kPa, コーヌスが 10.4 kPa で両者間に有意差 ($p < 0.01$) が認められた。 $\overline{7}$ にはわずかながら負の負担圧がみられた。RG 1, RG 2 になるにつ

図 11 The case of $\overline{7}3|\overline{7}$ remaining
The vertical displacement of a denture base while right side is working side
 $\overline{7}3|\overline{7}$ 残存
右側を作業側とした場合の義歯床部変位量

れて、 $\overline{3}|$ のみの集中が弱まり $\overline{7}|$ にも負担圧の分散が認められたが、 $\overline{7}|$ の負担圧はわずかであった。しかし、両側性平衡咬合を付与すると、 $\overline{7}|$ にも圧の分散が認められた。両支台装置間の比較では、RB1、RB2ともに $\overline{7}|\overline{7}$ で有意 ($p < 0.01$) にエーカースが大きな根尖部負担圧を示した。RB1では両支台装置ともに $\overline{3}|$ が最も大きな根尖部負担圧を示したが、RB2ではエーカースは $\overline{7}|$ が $\overline{3}|$ より、コーヌスは $\overline{3}|$ が $\overline{7}|$ より有意 ($p < 0.01$) に大きかった。

b. 義歯床部変位量 (図 11)

RCでは図9のIII-LCでみられたような回転の様相は示さず、両支台装置ともにいずれの部位でも沈下し、なかでも前方部が最も沈下した。前方部と左側には支台装置間に有意差 ($p < 0.05$) はみられなかった。RG1、RG2になっても沈下の様相は同じで、RG1では右側を除いて有意 ($p < 0.05$) にエーカースが沈下していたが、RG2では両支台装置の有意差 ($p < 0.05$) はみられず、その沈下も少なかった。ところが、両側性平衡咬合のRB1になるとRG2と比較して前方部と左側の沈下がエーカースで $46.1 \mu\text{m}$ と $31 \mu\text{m}$ 、コーヌスで $35.5 \mu\text{m}$ と $18.8 \mu\text{m}$ に増加した。両支台装置で比較すると右側を除いて有意 ($p < 0.01$) にエーカースが沈下していた。RB1とRB2の比較では、いずれも前方部での沈下が有意 ($p < 0.01$) にRB2が小さかった。

IV. 考 察

部分床義歯の予後に関して、野谷ら⁷⁾が欠損歯数が3~4歯、11~12歯、アイヒナーの分類のB-1、B-3、上下残存歯による咬合接触部位数が1~2カ所に相当する症例に種々なトラブルが生じやすいと報告している。また、齋藤ら⁸⁾は支台装置の連結強度によりトラブルの発生場所の比率が異なると述べ、高橋ら⁹⁾は支台歯におけるトラブルの発生率について調査し、15~16歯欠損、アイヒナーの分

類のB4、咬合接触数が3~4カ所である症例に高いと述べ、さらに三浦ら¹⁰⁾は支台装置におけるトラブルの発生率では、アイヒナーの分類のB1とB3が高いと報告している。これらは主に、力学的な観点からの分析であるが、いずれにしても残存形態や支台装置の種類、咬合を支持している歯数や配置等によって問題の生じる場所が異なるようである。

少数歯残存症例においては、支台歯や残存顎堤の保存のために機能時の義歯の安定、機能能力をいかに支台歯と顎堤に適正に分散させるかが重要であり、それらが予後に重大な影響を及ぼすと考えられる。幸阪ら¹¹⁾は部分床義歯の支台歯に関する研究で、咬合支持のないもの、咬合支持のある両側性義歯では、鉤歯の動揺は義歯装着3カ月までに一度増加するがその後減少すると報告している。伊藤ら¹²⁾は、ペリオテスト値は義歯の装着によって減少する傾向にあると述べている。また、遠藤¹³⁾は少数歯残存症例では、鉤歯の動揺の変化は一般の予後調査資料と比較して10%近く動揺度の増加を示すが、下顎では軽減する症例も多いと報告している。つまり適切な義歯の装着によって支台歯の動揺度は短期間のうちに減少し、その後も安定、維持する可能性があり、支台歯の保全につながると考えられる。

第1報⁹⁾において、4歯残存症例では、支台装置の違いより付与すべき咬合関係が義歯床の変位量と支台歯歯根部負担圧にとって有利であるとの示唆が得られたため、さらに残存歯数を減らして非対称な残存形態について、分析を進めた。

1. 実験方法について

実験の評価の基準は第1報⁹⁾に準じて行った。つまり、支台歯歯根部の負担圧では根尖方向により多くの負担圧がみられ、かつ各支台歯にできるだけ均等に分散していること、および義歯床部は傾斜回転浮上などの動揺が少なく、均等に沈下する状態を良好な荷重状態であると評価した。

また、偏心荷重においても中心荷重と支台歯の負担圧方向がほぼ同様なことが望ましいと考えた。そこで義歯の動態を総合的に判断するには、まず義歯全体の動きを示す義歯床部の変位を分析し、その結果これらに關与する支台歯歯根部の負担圧分散状態を照合させながら検討した。

なお、歯根部負担圧は根尖部の負担圧のみの結果を掲載することにした。つまり、頬側部または近遠心部にもセンサーを設定したが、それらから得られた値が根尖部と比較して非常に小さい値であることが多く、すべてにおいて分析する必要性を認めないと判断したため、必要に応じて頬側部、近遠心部の負担圧については論じることとした。

2. 実験結果について

1) 中心荷重について

支台装置を要因とする分散分析の結果、歯根部負担圧には、いずれの残存形態でも有意差 ($p < 0.05$) が認められなかった。義歯床部変位量の分散分析の結果では支台装置の違いに有意差 ($p < 0.01$) はみられるが、残存形態の違いには有意差 ($p < 0.05$) がみられない。ここで、第1報の4歯残存と3歯残存とを比較してみると、義歯床部変位量に有意差 ($p < 0.05$) がみられた。これは、支台歯が1本少なくなったために義歯の安定性の低下が生じた結果と考えられる。

個々の支台歯についてみると、どちらの残存形態においても支台歯負担圧では両支台装置間で有意差 ($p < 0.05$) が認められない部位もあったが、すべての部位でコーヌスが負担圧が大きい傾向を示した。このことは以前から報告されているように¹⁴⁻¹⁸連結強度の違いに起因すると考えられる。義歯床部変位量は、 $\overline{73|3}$ 残存はどの部位でもコーヌスが有意 ($p < 0.01$) に少ないが、沈下のパターンでは両支台装置とも同じ傾向を示した。しかし、 $\overline{73|7}$ 残存では、左右側には有意差 ($p < 0.05$) が認められないが、前方部ではコーヌスが有意 ($p < 0.01$) に小さい沈下を示した。これは、 $\overline{3}$ が欠損しているために前方部が最も沈下するが、連結強度が低いエーカーを支台装置とした義歯はコーヌスに比べ、より回転沈下しやすいことを示唆している。

以上より、中心荷重では、どちらの残存形態においても、連結強度の高いコーヌスが支台歯歯根部での負担圧が高く、義歯床部の変位量が小さかった。これは、支台歯と顎堤粘膜との負担の割合は、連結強度が高くなると支台歯での負担率が大きくなるといういくつかの報告と一致している¹⁵⁻¹⁹。

2) 側方偏心荷重について

歯根部負担圧は、 $\overline{73|3}$ 残存では荷重条件のみ、 $\overline{73|7}$ 残存では残存形態と荷重条件に有意差 ($p < 0.05$) が認められた。これは第1報⁹同様、支台装置よりも付与すべき咬合が大きな影響を与えることを示唆していると考えられ

る。多重比較検定では、いずれの残存形態でも犬歯誘導はG1を除いたすべてに有意差 ($p < 0.05$) がみられることから、犬歯誘導では歯根部の負担圧の分散がG2, B1, B2と異なる可能性が高いと考えられる。また、義歯床部変位量は、支台装置、残存形態、荷重条件の3要因すべてに有意差 ($p < 0.01$) が認められ、多重比較検定では、すべての組合せで有意差 ($p < 0.05$) が認められ、 $\overline{73|3}$ 残存と $\overline{73|7}$ 残存の個別でも残存形態 (LあるいはR) で有意差 ($p < 0.01$) が認められた。これは、作業側が1歯残存側であるか2歯残存側であるかが、支台歯の負担圧の分散や、義歯床部の変位量に影響を与えていると考えられる。つまり、左右非対称の残存形態では、側方偏心位の咬合接触は左右で必ずしも同一ではないことを示唆している。さらに、荷重条件を要因とした場合、 $\overline{73|7}$ 残存には有意差 ($p < 0.01$) がみられたが、 $\overline{73|3}$ 残存には有意差 ($p < 0.05$) はみられなかった。これは $\overline{73|7}$ 残存で荷重条件の影響を強く受ける可能性を示しており、偏心咬合時に付与する咬合が義歯床の安定に与える影響が大きく、咬合様式の決定には注意を要すると考えられる。

次に個々の残存症例について考察する。

(1) $\overline{73|3}$ 残存

a. 左側を作業側とした場合 (II-L)

義歯床部の変位から作業側のみの接触では、両支台装置ともに作業側が沈下し、平衡側が浮上する回転変位を示しており、作業側のみの接触は好ましくないと考えられる。LCとLG1を比較するとコーヌスとエーカーの変位量が逆転している。これはコーヌスでは外冠に荷重されるが、エーカーは支台歯に直接荷重されること、さらには低い連結強度のため支台歯と支台装置間で滑りが生じ、犬歯誘導では作業側の義歯床部変位量が小さくなったと考えられる。エーカーの犬歯誘導における義歯の回転変位はグループファンクションより小さいが、作業側犬歯の負担圧が他の条件に比較して大きく、必ずしも好ましいとは考えられない。また、LG2の作業側犬歯の負担圧も決して少なくなく、床の回転変位もLC, LG1, LG2のなかで最も大きい。このことは作業側では第二大臼歯までの接触を付与しないほうが良いと考えられ、小出²⁰の報告とも一致している。

一方、両側性平衡咬合を付与すると義歯床部の回転変位がなく、均等沈下する方向に変位し、歯根部の負担圧分散も良好となる。LB2では、両支台装置間で義歯床部変位量に有意差 ($p < 0.05$) が認められないことから、支台装置の連結強度の違いにかかわらず両側性平衡咬合を付与する有効性を示していると考えられる。

b. 右側を作業側とした場合 (II-R)

左側を作業側とした場合と異なる点は、犬歯誘導では平衡側犬歯への負担圧分散が少ない点である。平衡側犬歯の負担圧の分散には、荷重部位の対角線上、つまり平衡側の

第二大臼歯の有無が影響していると考えられ、平衡側の第二大臼歯が義歯の浮上を抑制し、平衡側の犬歯に力が伝達されたと考えられる。また作業側での接触数を増加させることで、義歯床部の回転変位が減少し、歯根部負担圧も作業側で分散状態が良好になることから、この場合には作業側の接触を第二大臼歯まで与えたほうが有利と考えられる。両側性平衡咬合を付与すると義歯床部での回転様相が全く異なり、作業側が浮上し平衡側が沈下する。これは、側方偏心荷重の荷重位置は作業側で舌側内斜面、平衡側で頬側内斜面となる。その結果、義歯床は平衡側方向に偏位しながら沈下する方向へ向かうベクトルが働く。つまりこの残存形態では、荷重時のベクトルの向かう方向から考えると、咬頭傾斜の低い人工歯を選択すべきであり、さらには、平衡側での接触は必要だが、左右側に同等の負荷をかけると、平衡側の沈下が過度になることを示唆しており、作業側より接触圧を弱める配慮も必要であろうと考えられる。

(2) 73|7 残存

a. 左側を作業側とした場合 (III-L)

犬歯誘導では両支台装置ともに義歯床の前部と作業側が沈下し、平衡側が浮上する回転変位がみられた。他の残存形態に比較して沈下が大きく、特にエーカースでは右側を作業側とした場合に比べ、前部と作業側の沈下は約3倍であった。これは誘導部位(荷重部位)直下に残存歯がなく大きな沈下が生じたためと考えられる。コーヌスでは高い連結強度のため平衡側の第二大臼歯の負の負担圧がエーカースより有意 ($p<0.01$) に大きいことから、平衡側の義歯床の浮上に対して第二大臼歯が十分抵抗したと考えられる。この残存形態では、エーカースで義歯の回転変位が大きく、コーヌスでは平衡側の第二大臼歯に牽引力が作用するなど、咬合様式として犬歯誘導は好ましいとは考えられない。

しかし、作業側での接触数を増やすと義歯の回転変位や歯根部負担圧の不均衡の程度が小さくなるものの、その傾向は同様であった。ところが、平衡側の接触を与えその数を増やした両側性の平衡咬合を付与すると、義歯の回転変位はなくなり、沈下も小さくなった。歯根部の負担圧では平衡側第二大臼歯で増加し、作業側第二大臼歯にも負担圧分散が認められ、LB2で最も良好な分散状態であった。つまり、この欠損形態では両側性平衡咬合が必須で、可及的に最後方臼歯までの接触を付与することが望ましい。

b. 右側を作業側にした場合 (III-R)

犬歯誘導では連結強度の低いエーカースで3歯残存中で最も1歯に負担集中がみられることから、犬歯の歯周組織の状態等によっては過重負担となる可能性が高いと考えられる。作業側の接触数を増やしても平衡側の第二大臼歯に負担圧があまり分散されないが、義歯床部の沈下量では両支台装置ともに犬歯誘導より小さく、多重比較でも有意差

($p<0.01$) がみられたことより、作業側第二大臼歯までの接触が有効であると考えられる。

両側性平衡咬合を付与すると作業側より平衡側の沈下が多くなり、作業側で浮上を示すこともあり、望ましいとは考えられない。多重比較検定で、歯根部負担圧も義歯床部変位量もRG2, RB1, RB2間に有意差 ($p<0.05$) がみられないことから、1歯残存側を作業側にした場合とは異なり、両側性平衡咬合の付与だけではなく、作業側で犬歯から第二大臼歯まで接触するグループファンクションも有効であると考えられた。

以上のことより、左右非対象の残存形態の場合には、左右側方偏心位で残存状態により咬合様式(接触状態)を変える必要があることが示唆された。

V. 結 論

下顎3歯残存症例を想定したシミュレーションモデルを用いて、支台歯歯根部の負担圧と義歯床部変位量を比較検討して以下の結論を得た。

1. 中心荷重

1) 73|3 残存と 73|7 残存との間には、義歯床部変位量では支台装置の違いに有意差が認められたが、歯根部負担圧では支台装置の違い、義歯床部変位量では残存形態の違いに有意差は認められなかった。

2) 連結強度の高いコーヌスのほうがエーカースより歯根部負担圧が大きく、義歯床部変位量は小さかった。

2. 側方偏心荷重

1) 73|3 残存、73|7 残存ともに、支台装置による影響より、付与する咬合接触関係の影響が大きかった。

2) 両側性平衡咬合を付与すると、両支台装置間の差は明確でなくなり、エーカースはコーヌスに近い挙動を示すようになった。

3) 73|3 残存の両側性平衡咬合では支台歯負担圧は均等に分散し、義歯床部は均等に沈下したが、1歯残存側が作業側あるいは平衡側いずれの場合も、1歯残存側の第二大臼歯の接触は必要なかった。

4) 73|7 残存では、1歯残存側を作業側にした場合、作業側の第二大臼歯まで接触させる両側性平衡咬合では、歯根部負担圧の分散は均等であり、義歯床部変位量は小さかった。しかし、2歯残存側を作業側にした場合、作業側は第二大臼歯まで接触させ平衡側の接触がない場合と両側性平衡咬合との間には有意差が認められなかった。

5) 左右非対称の残存形態では、側方偏心位で与える咬合様式(接触状態)は左右側で同一ではなく、義歯の安定には咬頭傾斜の低い人工歯の選択や、平衡側の接触圧を弱めることが必要であることが示唆された。

文 献

- 1) Ericson A, Nilsson B, Bergman B. Clinical results in patients provided with conical crown retained dentures. *Int J Prosthodont* 3 : 513-521, 1990.
- 2) Hulten J, Tillstrom B, Nilner K. Long term clinical evaluation of conical crown retained dentures. *Swed Dent J* 17 : 225-234, 1993.
- 3) Bergman B, Ericson A, Molin M. Long-term clinical results after treatment with conical crown-retained dentures. *Int J Prosthodont* 9 : 533-538, 1996.
- 4) Igarashi Y, Goto T. Ten-year follow-up study of conical crown-retained dentures. *Int J Prosthodont* 10 : 149-155, 1997.
- 5) 法花堂 治. 多数歯欠如症例における可撤性局部床義歯の支台装置の咬合力伝達特性が支台歯周組織の圧負担状態に及ぼす影響に関する実験的研究. *歯科学報* 88 : 1013-1068, 1988.
- 6) 三浦美文, 齋藤正恭, 野谷健治ほか. 支台装置と偏心時咬合接触が支台歯負担と義歯変位に及ぼす影響 第1報 4歯残存モデル. *補綴誌* 43 : 440-450, 1999.
- 7) 野谷健治, 齋藤正恭, 三浦美文ほか. 支持様式からみた部分床義歯の予後に関する研究 第1報 概説. *補綴誌* 41 : 945-957, 1997.
- 8) 齋藤正恭, 野谷健治, 三浦美文ほか. 支持様式からみた部分床義歯の予後に関する研究 第2報 トラブル発生部位についての検討. *補綴誌* 41・97 回特別号 : 106, 1997.
- 9) 高橋典弘, 三浦美文, 齋藤正恭ほか. 支持様式区分による部分床義歯の支台歯の予後. *補綴誌* 41・98 回特別号 : 74, 1997.
- 10) 三浦美文, 高橋典弘, 齋藤正恭ほか. 支持様式区分による部分床義歯の支台装置の予後. *補綴誌* 42・99 回特別号 : 179, 1998.
- 11) 幸阪保雄, 加藤光雄, 姜 婷ほか. 部分床義歯装着による咀嚼能力ならびに鉤歯動揺度の経時的変化. *補綴誌* 35 : 681-688, 1991.
- 12) 伊藤 淳, 大澤誠一, 河野正司ほか. 部分床義歯装着後の鉤歯動揺度の短期的な変化. *補綴誌* 40 : 59-64, 1996.
- 13) 遠藤泰生. 少数残存歯症例に対する部分床義歯の予後に関する臨床的研究. *補綴誌* 21 : 127-141, 1977.
- 14) 川崎貴生, 山田 亨, 星井 守ほか. 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布. *補綴誌* 31 : 287-295, 1987.
- 15) 緒方 彰, 五十嵐順正, 芝野 潤ほか. 遊離端義歯における咬合力の配分 第1報 同一の有床部と種々な支台装置を有する実験義歯における観察. *補綴誌* 41 : 423-428, 1997.
- 16) 三浦美文, 齋藤正恭, 野谷健治ほか. コースステレスコープ義歯における支台歯と顎堤の荷重分散および変位に関する実験的研究. *補綴誌* 41 : 680-685, 1997.
- 17) 緒方 彰. 遊離端義歯における咬合力の配分 第2報 連結強度の連続的变化の影響について. *補綴誌* 42 : 393-401, 1998.
- 18) 三浦美文, 齋藤正恭, 野谷健治ほか. クラスプ義歯における支台歯と顎堤の荷重分散に関する実験的研究 コースステレスコープ義歯との比較. *補綴誌* 42 : 597-604, 1998.
- 19) 齋藤正恭, 三浦美文, 野谷健治ほか. クラスプ形態が支台歯と顎堤の荷重分散および義歯床の変位に与える影響. *補綴誌* 42 : 641-648, 1998.
- 20) 小出 馨. リンガライズド・オクルージョンは何故優れているか 鉤歯保全と咀嚼効率を考慮した咬合接触様式の選択. *QDT* 5 : 1637-1649, 1986.

著者連絡先：三浦 美文

〒060-8586 北海道札幌市北区北13条
西7丁目

TEL : 011-706-4270