原著論文

下顎片側遊離端義歯の片側性設計における 維持装置の効果に関する研究 —第2報—

岡崎 光正

Studies on Retainer's Effect on Unilateral Designs of Mandibular Unilateral Distal Extension Dentures — Part 2 —

Mitsumasa Okazaki

Abstract : Distal extension denture has intrinsic characteristics of cantilever and inevitably rotates around abutment tooth due to the difference of force transmissive characteristics between abutment tooth and alveolar mucosa. This study was undertaken to figure out the possible forms of advanced unilateral clasp denture and the principle to design them in the co-operation of direct and indirect retainer, and telescope retainer.

The results were as follows ;

1. Splinting of abutment resulted in much more efficient dispersion of load and in reduction displacement of abutment and denture base.
2. Generally the distal extension denture without indirect retainer exhibited considerable amount of displacement of abutment and denture base. Therefore this type of denture could not be an option upon designing unilateral denture.
3. Adequate organization of splinting of abutment, guide plane, and retainer with milled abutment on clasp design denture was shown to improve retaining power as high as that of telescopic design denture.
4. Telescopic design denture with multiple abutment was much more preferable than that with single abutment. The amount of displacement of abutment and denture base could be greatly reduced by addition of positive-type indirect retainer to telescopic design denture with multiple abutment.

Key words : removable partial denture, unilateral design, retainers, rigid support, splint

I. 緒 言

歯牙喪失に対する補綴処置の中で、遊離端義歯は一端

北海道大学歯学部歯科補綴学第一講座(指導:三木敬一教授)
The 1st Department of Prosthetic Dentistry, Hokkaido
University School of Dentistry (Chief and Director: Prof.
Keiichi Miki)

平成元年6月25日受付

のみの支台歯に維持を託さなければならない片持ち梁の形態であるため、歯牙と床下粘膜の両構成組織に被圧変位の差などから義歯床の変位が起こりやすく、支台歯や顎粘膜に過重負担になりやすい性質を持っている。このような背景のため、加圧印象を施すことで顎粘膜と良好な適合を得、咬合力や圧負担能を増大させ^{1~4)}、人工歯幅径を狭めるとともに歯槽上に排列することなど、鉤歯の過重負担を減少させる方法が数々報告されている^{5~9)}。ま

た同じ理由から連結子においても、各種金属に対する必要強度を得るための寸法も検討されている¹⁰⁻¹²⁾。こうした多くの報告の中でも直接維持装置の設計・配置と、床の動き、支台歯の動揺に関連した報告は多く¹³⁻³⁸⁾、近心レストの有効性²²⁾、遠心レストの為害性²⁷⁾、緩圧機構をとり入れた義歯設計³⁹⁾やリジッドサポートによる設計⁴⁰⁻⁴³⁾などがみられる。一方、維持装置の中でも遊離端義歯に対する間接維持装置の効果を取りあげた研究は決して多くなく⁴⁴⁻⁵³⁾榎本⁴⁸⁾、関根⁴⁹⁾、斎藤⁵³⁾にみられるのみである。

片側遊離端症例は、片側の欠損ゆえに両側性遊離端症例とは異なった特徴ある問題をかかえている。一般に維持装置を片側のみでまとめた遊離端義歯（以下片側義歯と略す）を設計する場合、機能時の義歯の動揺から支台歯歯周組織への影響が過大になるおそれがあり、予後的に不安が残るといわれている。

近年リジッドサポートの考え方から、テレスコープを維持装置とした片側義歯設計が用いられつつあり^{54,55)}一応の評価を受けている。しかしながら片側義歯についてクラスプによる設計に関し、詳細に述べた報告はほとんどみられないように思われる。

著者は片側義歯に対し、支台歯や義歯床に過大な外力を与えない設計を検索する目的でシミュレーションモデルによる力学的研究を行っており、第1報として片側義歯に対するガイドプレーンと間接維持装置の効果を調べ、直接維持装置のガイドプレーンは単独では顕著な効果を示さないが、補助的維持装置を設置することで義歯床の変位を幾分定率化でき、保定効果が高い形態ほど荷重分散が良好で変位量が減少するなどの結果を得、報告した。そこで第2報では、欠損側前方に設ける補助的装置は前報の結果から保定効果の高い補助的維持装置を選択し、テレスコープを含めた各種直接維持装置や支台歯のスプリントの影響について調べ、片側義歯設計上の要点を示したいと考えた^{56,57)}。

II. 実験方法

片側遊離端症例の義歯設計において、前方歯に保定効果の高い補助的維持装置（以下 I.R. と略す）を設定し、種々なる直接維持装置の形態に対して、床部荷重による鉤歯および床部の動きを観察した。また I.R. の有無と支台歯の連結固定（以下スプリントと表す）による効果についても検討した。

図1 金属歯

1・2・3: 解剖学的外冠 4・5・6: 金属歯冠 7: 連結用装置
1: 3部 2: 4部 3: 5部

1. シミュレーションモデルの作製

第1報に準じた76欠損の片側遊離端モデルは、残存歯を有根歯型の54321|1234567とし、金銀パラジウム合金にて鑄造し解剖学的傾斜度にて植立したものである。543の歯冠部をテーパ 12°のコースステレスコープの内冠形態とし、クラスプ装着のための前処置を施した解剖学的歯冠を持った外冠とテレスコープ用外冠を作製し、適宜交換できるようにした(図1)。外冠のうち解剖学的歯冠はスクリューポストで固定して用い、支台歯54には、幅 3.0mm、長さ 2.5mm、深さ 1.0mmのスプーン状形態のレスト座を近遠心咬合面に設け、さらにスプリントするための連結用装置を金銀パラジウム合金で鑄造、作製し、支台歯同士を固定できるようにした。歯根膜のシミュレーションは、前報同様 Tosi-con 付加型印象材を用い歯頸部 1.5mm、根尖部 3.0mmの厚さとした。

2. 実験義歯のデザイン

直接維持装置は、形態および支台歯のスプリント効果を検討するため、維持装置を交換できるようにした。大連結子には、図2の如く固定用ボルトのためのホールと回転防止用のグループを設け、維持装置の固定を確実にした。1の I.R. は、第1報の結果を参考に副ガイドプレーン、レスト、フックを持つ把持性の高い positive タイプにした。維持装置の種類は、I.R. を持つものと持たないものの2群に分け、図3および表1に示すように各種直接維持装置を対応させて設定した。デザイン1~5まではクラスプデザイン、デザイン6, 7は54の舌側を長さ 3.0mm にわたるミリングを施したもので、デザイン8~10はテレスコープデザインである。クラスプは白

図 2 実験義歯

図 3 維持装置の種類

金加金，コーヌステレスコープは金銀パラジウム合金にて鑄造・作製した（図 4，5）。クラスプ鉤腕は形状を一定にするため，クラスプパターン No. 2（GC 工業社製）を使用した。これら維持装置は，維持装置の鉤脚および小連結子と大連結子間で，固定用ボルトおよびワッシャーを介して確実に連結した。

各維持装置の適合性は，研磨用ルージュをクロロホルムに溶解させたクロロホルムルージュにて入念に調べ，テレスコープの維持力は 1 歯約 1.0 kg となるよう調整した。また外冠装着時の外圧が疑似歯根膜を不当に加圧することを回避するため，金属製顎模型上で金属歯の歯頸部にストッパーを付与し，装着時圧力が疑似歯根膜に伝達しないよう配慮した。

表 1 維持装置の種類

Design	D.R.		Splint	I.R.
1	54 extended Akers clasp		+ or —	+ and —
2	54 Akers clasp			
3	54 double Akers clasp			
4	5 R.P.I.+4 mesial rest			
5	5 R.P.I.+54 two rests		S	
6	54 milling			
7	54 milling+5 I-ber			
8	Konuskron Telescope	one abutment		
9		two abutments		
10		three abutments

図 4 義歯設計例（クラスプデザイン）

図 5 義歯設計例（テレスコープデザイン）

3. 荷重および荷重負荷装置

荷重は，実験義歯歯槽頂線上の 6 遠心相当部に設けた荷重台座に，中央垂直荷重，頰側 45° からの斜め荷重，遠心端のフックによる牽引荷重の計 3 種とした^{6,56)}（図 6）。荷重量は，予備実験において義歯が離脱しない 500 g に選択した。荷重負荷装置は早坂理工製コイルスプリング型荷重負荷装置を用い，圧迫荷重とテコ型牽引装置

を介した牽引荷重を加えた。

4. 測定点および測定方法

測定点は、 $\overline{541}$ の金属歯の頬側咬頭頂および切端近心隅角部、荷重板上の近心頬舌側中央部と遠心頬舌側隅角部の計6点とし、長さ2.0mm、直径1.0mmの金属製の測定棒を等長で咬合平面に垂直に植立し、 $\overline{1}$ 部を点a、 $\overline{4}$ 部を点b、 $\overline{5}$ 部を点c、荷重板近心端を点d、遠心頬側端を点e、遠心舌側端を点fとした。変位量の測定は第1報に準じ、東京精密社製3次元座標測定機XYZAX S 400 A と2台のマチダ社製ファイバーテレスコープ付きのテレビカメラを用い、モニターテレビ上に70倍に拡大し1/1,000mm単位で3次元座標で読み取り、データ分析のため NEC パーソナルコンピューター PC 9801 VM 4 に入力した。

図6 荷重点および測定点

III. 結 果

図表において、I.R. のあるものを(+), ないものを(-), 支台歯をスプリントしているものを(S), していないもの(N)として表し、各デザイン種をD1~D10と称する。

1) I.R. を持つ中央垂直荷重時

6荷重時の変位量のグラフを図7, 8に示す。

歯台歯測定点で点aは、D1~D7が近心舌側への変位を示し、スプリントによって変位量が減少する。D8~D10は遠心舌側への変位を示し、支台増加に伴い変位量が減少している。頬舌的には各デザイン共に舌側へ変位しており3変位方向中最大で、D4の非スプリントでは98 μ mの変位量を表している。上下的には浮上の変位を示し、D4~D10はスプリントおよび支台の増加に伴い変位量の減少を示す。D4, 5, 8の舌側への変位量が大きくD4の非スプリントは100 μ mを示す。点bは点aとは逆に遠心への変位を示し、頬舌的な変位量ではD3, 4の非スプリント群で大きい値を示すが、スプリントにより明らかに減少する。またD9の舌側変位およびD9, 10の遠心変位量も大きい。点cでは遠心舌側沈下の変位を示し、遠心への変位はD6からD10においてスプリントや支台増加によって減少を示す。D6では点b同様、他デザインとは異なり頬側へわずかな変位を示している。テレスコープ支台のグループでも、D8は極端な遠心変位を示す。点cにおける変位中、3次元の変位量が比較的小さく、しかも偏っていないものにD3(S), D6, D10が挙げられる。上下的にはスプリントおよび支台増

図7 I.R. (+) 6中央垂直荷重時の鉤歯の変位

図 8 I.R. (+) 6 中央垂直荷重時の床の変位

図 9 I.R. (-) 6 中央垂直荷重時の鉤歯の変位

加による変位量の減少が認められている。

床部測定点は、支台歯に比較して相当大きな変位量を示している。点 d は遠心舌側沈下の変位を示し、スプリントおよび支台増加により変位量の減少を示す。3 方向中沈下の変位量が最も大きい、スプリントすることで著明に減少している。D 3 の非スプリントは 152 μm の変位量を示し、D 10 の約 5 倍を示している。点 e は遠心へ変位し、頬舌的には D 1~D 6 は頬側への変位を、D 7~D 10 では舌側への変位を示し、維持装置によって相違が明らかである。沈下程度は、D 1~D 4 までのスプリント群、非スプリント群はほぼ同じで約 300 μm となり、テレスコープの D 8~D 10 は支台増加に伴う変位量の減少が認められる。点 f は点 e と同じ傾向を示すが、沈下では D 1~D 4 でデザイン間での変位量の差が認められ、非スプリントでの変位量が点 e に比べ増加し D 4 では約 600 μm の変位を示す。

2) I.R. を持たない中央垂直荷重時

6 荷重時の変位量のグラフを図 9, 10 に示す。

D 1 はフレームの離脱により測定不能となり、維持装置としての役割を果たせないことが示された。

支台歯測定点について、総じて I.R. (+) より変位量が多い。点 b は I.R. (+) と比較すると、頬舌および上下的に逆転した遠心頬側浮上の変位を示し D 6, 7 および D 9, 10 は大きく、頬舌の変位量ではスプリントおよび支台増加により減少の傾向を示している。上下的には D 9, 10 で減少することを除けば、スプリントおよび支台増加による変位量の差はほとんど認められない。点 c では I.R. (+) の場合とは頬舌的に逆な遠心頬側沈下の変位を示し、特に D 3 (S), D 8, 9 で遠心変化が著明であり、D 8 は遠心へ 232 μm という大きな変位量を示し、上下的には点 b と逆転した変位方向を示す。スプリントおよび支台増加に伴う変位量は一般に減少を示す

図 10 I.R. (-) 6 中央垂直荷重時の床の変位

図 11 I.R. (+) 6 頬側 45° 荷重時の鉤歯の変位

が、D 6, 7 はほとんど変化しない。

床部測定点では、支台歯同様 I.R. (+) より大きな変位がみられ、点 d は I.R. (+) とは異なる遠心頬側沈下の変位を示し、D 3 の沈下の変位量が著しい。しかし多くのデザインが、スプリントおよび支台が増加することで遠心方向の変位量が減少する傾向をもつ。点 e, f も支台歯の変位の影響を受け遠心頬側沈下の変位を示しており、点 d 同様 I.R. (+) とは異なる様相である。沈下ではスプリントと非スプリントの差が点 f で著明に現われ、スプリント群で小さい。このように I.R. の有無により支台歯の変位方向や量に大きな相違がみられ、特に頬舌的に顕著である。

3) I. R. を持つ頬側 45° 荷重時

6 荷重時の変位量のグラフを図 11, 12 に示す。

支台歯測定点において、点 a では一般に浮上を示し、頬舌的には D 1~D 5 までは舌側への変位を、D 6~D 10 は頬側というようにデザインにより変位方向が異なる。D 3 (N) や I-bar デザインの D 4 (N), D 5 などでは変位量が多いことが観察されるが、スプリントおよび支台増加により変位量の減少を示している。点 b は上下的にはデザイン間の差がないものの、点 a に比較し荷重方向に沿った舌側への変位量が増加しており、ほとんどが 50 μ m を超える。水平的には遠心舌側の変位を示し、スプリントおよび支台増加で変位量の減少を示している。

図 12 I.R. (+) 6° 頬側 45° 荷重時の床の変位

図 13 I.R. (-) 6° 頬側 45° 荷重時の鉤歯の変位

る。点 c も同じ変位方向であるが、浮上に関しては、各デザイン間で差があまり認められない。D 1, 2 の非スプリントおよび D 8 では、舌側への変位量が大きく 150 μm を超える。また遠心方向への変位はスプリントにより、むしろ増加していることがうかがわれる。

床部測定点においては、測定点 d, e, f 共に荷重方向に同調した遠心舌側沈下の大きな変化を示し、中央垂直荷重時より顕著な舌側沈下を表している。変位量はスプリントおよび支台増加で 3 方向共に減少するが、舌側沈下はほとんどが 200 μm を超える。

4) I.R. を持たない頬側 45° 荷重時

6° 荷重時の変位量のグラフを図 13, 14 に示す。

支台歯測定点では、点 b が各デザイン遠心への変位を

示し、点 c は各デザイン遠心舌側方向と、わずかな浮上の変位を示す。D 8 の遠心への変位量が著しく大きく、I.R. をもつデザインに対し 2 倍に相当し 208 μm を示す。舌側方向へは、クラスプデザインの非スプリント群で変位量が大きく D 2 で 251 μm となるが、スプリントによって大幅な減少を示す。

床部測定点では、測定点 d, e, f 共に遠心舌側沈下の変位を示し、スプリントにより変位量の減少を示す。沈下量は、D 1 でスプリントの有無にかかわらず突出して大きく他の約 2 倍を表す。しかし、D 9, 10 では非常に少ないことが示されている。

5) I.R. を持つ牽引荷重時

変位量のグラフを図 15, 16 に示す。

図 14 I.R. (-) 6° 頬側 45° 荷重時の床の変位

図 15 I.R. (+) 6° 牽引荷重時の鉤歯の変位

支台歯測定点 a は、近遠心的にほとんどが近心、頬舌的には頬側、上下的には沈下の変位を示し、明らかに牽引による押し出し作用を認めている。しかしその程度は、デザインによって異なり D 1, 9 で小さい。点 b は各デザイン近心頬側浮上の変位を示すが変位量は小さく、フレームの回転中心となったためと考えられる。点 c は各デザイン近心浮上の変位を示すが、変位量はスプリントにより減少傾向を示す。D 2, 3 の非スプリントおよび D 8 の頬側への変位量が非常に大きく、ことに D 8 では近心へも大きいことが示されている。

床部測定点は、3 測定点共に近心頬側浮上の変位を示し、スプリントにより変位量の減少を示すが、D 8 に関

しては著明に大きい。変位量は概して荷重条件に合致した浮上の変位が大きい、D 9, 10 で小さな変位量であることは特徴的である。

6) I.R. を持たない牽引荷重時

変位量のグラフを図 17, 18 に示す。

支台歯測定点において、点 b で I.R. (+) 時に比べ近心への変位が増大し、点 c では各デザイン近心浮上の変位を示し、D 2 (N), D 3 (N), D 8 で頬側への変位の減少以外 I.R. (+) とほとんど同様である。しかし D 8, 9, 10 のテレスコープデザインは他のクラスプデザインに比べ近心への変位量が大きく、D 10 で 136 μm を示し I.R. を持つものと比べ著しいことがわかる。一方ミリングデ

図 16 I.R. (+) 6 牽引荷重時の床の変位

図 17 I.R. (-) 6 牽引荷重時の鉤歯の変位

デザインの D 6, 7 では, I.R. の有無に関係なく小さいことも特徴的である。

床部測定点では, D 6 で著しく大きいものの I.R. (+) のものと類似しており, 3 測定点共に支台歯同様の変位を示すが, スプリントによる変位量の減少は著明なものではない。

IV. 考 察

1. 中央垂直負荷時

D 1~D 5 および D 7 の点 a は近心舌側, 点 b, c は遠心舌側への変位を示し, テレスコープデザインの D 8~

D 10 は 3 測定点共に遠心舌側への変位を示している。支台歯での舌側変位は, Browning^{36,37)}, 矢代⁵⁸⁾も述べているように, 維持装置および大連結子を含めたフレームの位置的および構造上の関係と, 点 a と点 c を結ぶ回転軸が想定されるためである。テレスコープデザインの D 8~D 10 は, 把持, 維持, 拮抗作用が確実に発揮され, 荷重方向の沈下を主体とした変位として遠心に引かれたものと思われる^{32~34, 59, 60)}。この意味からテレスコープデザインも, 義歯床の沈下対策として顎堤における支持を考慮する意味をもつ。ミリングデザインの D 6 では, 他デザインと異なり点 b, c が頬側への変位を示している。これは舌側にミリングを施してはあるものの頬側には維

図 18 I.R. (—) 6.牽引荷重時の床の変位

持機構を備えていないため、点 b, c にミリング部での舌側からの力が加わることで頬側へ押し出される形になったものと思われる。変位量については、クラスプデザインの D 1～D 5 でスプリントを行い支台を増加することにより、非スプリントに比べ垂直および水平的に点 a での減少、点 b, c での増加という傾向を示しており、Avant⁴⁵⁾, Frechette⁶¹⁾, Frank⁶²⁾ が示すように支台の複根化で荷重が特定の支台歯に偏らず、荷重分散が比較的良好になされたものと考えられる。これらのことは D 7～D 10 においても同様な傾向を示しており、支台増加による効果を表し、床部の変位量で比較しても明らかである。テレスコープではその維持機構から、支台増加に伴う上下の変位量の減少および水平的荷重の分散状態が優れていると考えられる。さらに I.R. の設定によって変位量が少なくなり、テレスコープデザインでも I.R. は効果を示し⁴⁸⁾ 支台歯の水平的変位を抑制するものと思われる。

I-bar デザインの D 4, 5 やテレスコープ単独支台の D 8 では、垂直方向の荷重にもかかわらず頬舌的な水平変位が大きく現われており、リテーナーによる側方力の抑制効果は不十分であると思われ、支台歯に対し為害性を及ぼすことが考えられる。

床部の結果では点 d で遠心舌側沈下の変位を示すのに対し、床後端点 e, f では D 1～D 6 が遠心頬側沈下の変位を示す。これは支台歯の変位様相から考えても、頬舌的な水平的回転中心が点 d 付近に存在すると思われ、逆

方向にねじれた形で現われたものと考えられる。一方 D 7 および D 9, 10 では、支台歯同様頬舌的回転が抑えられフレームが遠心方向のみに変位するようになり、相対的に床部の水平的変位が小さくなったと考えられる。床部変位の結果の中で D 6, 7 および D 9, 10 は著明に小さく、鉤歯のスプリントおよび支台歯増加によって支台歯での荷重分散性が高まり、歯根膜支持要素の増加が床部の変位量を減少させ、特に沈下方向には著明に現われたものと思われる。このことは、維持装置が支台歯と密着し、把持性が高いリジッドコネクションの有効性が現われたものと考えられる。また D 1～D 4 の点 d, f で、デザイン間およびスプリントの有無によって著明な差がみられることは、維持装置の種類による支持、把持の違いが明瞭に現われ^{20, 22, 27)}、非スプリントでは変位量が大きくなることを示している。

I.R. を設定しない場合、点 b では遠心頬側浮上の変位を示し、I.R. をもつ場合と頬舌および上下的に変位方向が逆転しており、第 1 報同様、前歯部に設定した positive な I.R. の喪失により同部でのフレームの舌側への変位の規制がなくなり、フレームの上下および水平的回転中心が容易に点 c に移動したためと考えられる⁶³⁾。床部における I.R. の影響は D 1 で著明で、I.R. をもたない場合には離脱を示し、片側義歯には明らかに不適当である。I.R. のない場合、特に床後端頬側点 e でほとんどのデザインで大きな変位がみられており、片側義歯設計上 I.R. の設定は重要な意味があるものと考えられる。つま

り、クラスプデザインの D3 などでは I.R. の有無により著しい相違があり I.R. 設定の効果を示すものである。I.R. を前方に設定することは、2 個の維持装置の間隔を広くあげ、フレームの回転に対し効率の高い抵抗を示すパターンになるという斉藤⁵³⁾の報告と一致している。このことはテレスコープデザインでも、I.R. を持たないテレスコープ 3 歯支台と I.R. を持つ 2 歯支台との間に変位量の差がほとんどみられないこと、および 3 歯支台であっても I.R. を設定したほうがより変位量が小さいことから、テレスコープデザインでも I.R. を設定した方が好ましく荷重分散が優れたものになることを示唆している。

2. 頰側 45° 荷重時

点 a で D1~D5 は近心舌側浮上、D6, 7 は近心頰側浮上、D8~D10 は遠心頰側浮上の変位を示しデザインで異なるが、点 b, c は全て遠心舌側浮上の変位を示している。これは荷重条件が頰側 45° という水平要素をもつためと、元来、同方向には変位しやすいフレーム構造であるためと考える^{36,37)}。支台歯における変位量はスプリントにより減少する傾向がうかがえるが、単一支台のテレスコープデザイン D8 では変位が過大で支台歯の過重負担を十分に推測させ、前方に I.R. を設定したとしても好ましいとはいえず不適当と考える。床部においても、各点共に荷重方向に沿った変位や回転が起こることも明らかである。よって中央垂直荷重時と同様床の舌側沈下に対する対策として、人工歯排列⁶⁾および義歯床での支持に十分に配慮し、かつ咬合様式等により義歯床の水平的移動に対応する必要性は強調されるべきである⁸⁻¹⁵⁾。D1 および D4 の床部の変位量は著明に大きい。D1 では Thompson²⁷⁾ が述べているように遠心レストによるトルクの発生と、長くフレキシブルな鉤腕形態による把持性の欠如がその原因になっているものと考えられる。このことは D4 でも同様で、R.P.I. 装置では支台歯での維持、把持が弱いためであり、頰側からの荷重に対しほとんど抵抗を示さないという理由と考えられる。I.R. のない群では、スプリントにかかわらず D1 で床部の変位が大きく望ましくない。一般にスプリントおよび支台増加により点 b, c の変位量の差が少なくなる傾向であるが、非スプリント群では支台歯が単独で変位し変位方向が定まらず、点 c を中心として床部が舌側へ点 b が頰側へ変位する現象が観察される。

点 c ではほとんどのデザインで浮上の変位を示すのに対し D10 だけは沈下を示し、本荷重条件で唯一歯根部

での支持性を現わし、かつ床部の変位が十分に小さいことも興味深い。つまり I.R. を設置しないデザインとしては、3 歯支台テレスコープデザインのみが片側義歯設計として評価できると考えられる。

3. 牽引荷重時

点 a では沈下、点 b, c では浮上の変位を示し点 b の変位量が小さいことは、床部牽引荷重により荷重点に近い点 c に荷重方向の浮上力が働き、点 b 付近を中心としたテコ作用によるものである^{52,64)}。第 1 報で述べたごとく、これらのことは床部浮上に対する人工歯排列、義歯床への配慮をすると共に、点 a は変位方向に隣在歯を持たず過重負担になりやすいため、同歯の唇側傾斜に対し十分な対策を施さねばならないことを示している。特に I.R. のない場合点 b, c は、テレスコープを含めた各デザインで近心への変位量が著明に増加しており、I.R. を付与しないことによる近心回転への抵抗源が減少するため、本荷重条件でも I.R. の重要性が少なからず示され支台歯のスプリントと共に考慮すべきことを意味している。

さて、以上のことから片側義歯における各維持装置の性質を相互比較してみると以下ようになる。D1~D5 のクラスプデザインは、荷重方向によっては床部をきわめて大きく変位させ、非スプリントでは各々の支台歯の変位方向が逆転するような場合も示された。臨床的に咀嚼などは各方向からの荷重が加わるため、これらのデザインでは変位に対しコントロールできず Shohet¹⁶⁾、Clayton²⁰⁾、Carlsson⁴⁴⁾ が述べるように、床部の動揺過大は結果的に支台歯がゆさぶられ動揺が増加することになると思われる。延長鉤は種々の荷重条件で維持装置の離脱を起こすばかりでなく、支台歯および床部の変位量も大きく残存組織への為害性が大きく、片側義歯の設計に不適当である。D2 の 2 つのエーカースおよび D3 の双歯鉤のデザインは延長鉤よりまだ良好であるが、双歯鉤は垂直荷重でも支台歯に水平的変位を生じさせ、作業側様の頰側 45° 荷重では変位方向の逆転を現わし両支台歯に対して最も好ましくないねじり力が加わってしまう。また対面する 2 つのエーカースクラスプは斉藤⁵³⁾ が示したように、維持装置が互いに離れているため水平的変位は小さいが、床部の変位が大きいことは片側義歯の設計にあたり不安が残るところである。D5 の R.P.I. デザインは、維持装置の把持の不良から支台歯の水平的な変位の抑制には十分でなく、床部の変位を拡大する恐れがある。このように片側義歯設計では、維持装置がフレ

キシブルな性格を有すと義歯床を大きく変位させやすいことをうかがわせ、粘膜負担傾向の高い義歯設計となる。しかしクラスプデザインでも、前方に間接維持装置を設けたり支台歯のスプリントを施すことで荷重に対する抵抗力を幾分増加させ、荷重分散が向上し支台歯の変位量を減少させる傾向を持つが、後述のミリングデザインやテレスコープデザインに比較すると十分であるとはいえない。ミリングデザインは支台歯の軸面を広く覆った形態で維持、把持に優れ、前方に間接維持装置を設けることで一層支台歯および床部の変位が少なくなり荷重に対する抵抗を示す。加えて頬側にリテンションアームを加えることで、片側義歯設計の可能性を十分にもったデザインと考える。

以上のことより、クラスプデザインにより片側義歯設計を行う場合は必ず前方に positive な間接維持装置を設定し⁵⁰⁾、支台歯のスプリントとミリングを施した直接維持装置にすること、および可能ならば維持機構も I-bar などより強固なもので対応させるほうが良いと考える。一方リジッドとされているテレスコープデザインは、クラスプデザインと比較しきわめて変位量が小さく変位方向の規制もなされ、片側義歯にとって最も好ましい維持装置と思われる。しかしテレスコープデザインでも単一支台は例外であり、エーカーズや双歯鉤等を選択するよりも大きな変位量を現わすことが示され不適当である。テレスコープデザインの2歯および3歯支台は、支台歯や床部の変位量が小さいことが注目され優れた設計であるが、2歯支台では義歯床に加わる側方力の抑制を配慮する上で前方に positive な補助的維持装置を付与することが勧められる。テレスコープ3歯支台は、2歯支台のデザイン以上に安全な設計になると考える^{48, 61, 62)}。ただこれらのデザインでも、顎堤からの支持能力を十分に引き出し、義歯床の水平的移動をさせないような咬合接触を考慮することは必須のことと思われる。

V. 結 論

片側のみに維持装置をまとめた片側遊離端義歯設計の要点を得るため、補助的維持装置の有無、直接維持装置の種類、支台歯のスプリント効果等の要素が、種々の荷重下における支台歯および床の変位に与える影響をシミュレーション実験による力学的研究によって行い、次の結論を得た。

1. 支台歯をスプリントすることにより荷重の分散がなされ、支台歯および床の変位を減少させる。

2. 直接維持装置の種類により各荷重に対する支台歯および義歯床の変位の特異性を持つが、一般的に補助的維持装置を持たないクラスプデザインでは共に変位量が大きく、片側義歯の設計には好ましくないものが多い。

3. 支台歯をスプリントしミリングした維持装置を持つデザインでは、その変位量が少なくテレスコープデザインに匹敵し、前方に補助的維持装置を設置することで一層確実となる。しかしながら本デザインは、義歯に加わる側方力軽減化等の対策が必須なものと考えられる。

4. リジッドコネクションであるとされているテレスコープデザインは、クラスプデザインに比べ支台歯や床の変位がきわめて小さいが、単一支台では大きな変位を示し好ましくない。よって2歯以上の支台を必要とする。また2歯支台ではクラスプデザイン同様、補助的維持装置を付与することで支台歯や床部の変位量は一層少なくなる。

5. 前方に補助的維持装置を設置したテレスコープ2歯支台のデザインは、3歯支台のみのテレスコープデザインとほぼ同様な結果を示した。

6. 片側だけでまとめた設計では、テレスコープ3歯支台のデザインは多方向からの荷重に対して安定しており、シンプルでかつ適当なものと考えられる。

本稿の要旨は、昭和62年度北海道歯学会（昭和62年5月）ならびに第77回日本補綴歯科学会学術大会（昭和62年5月）において発表した。

稿を終えるに臨み、終始ご懇篤なご指導とご校閲を賜りました歯科補綴学第一講座 三木敬一教授に深甚なる謝意を表します。また日頃より、種々ご教示をいただきました野谷健治講師に深く感謝の意を表します。併わせて、ご鞭撻を頂きました川崎貴生助教授、ならびにご協力下さった教室員諸兄に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) 古宇田昌：印象法が遊離端義歯の適合性に及ぼす影響について、補綴誌、25：142～153、1981。
- 2) 田中 淳：印象圧の相違が顎粘膜形態および咬合圧に及ぼす影響に関する研究、下顎片側遊離端義歯について、補綴誌、26：455～471、1982。
- 3) 石塚 勇：粘膜負担域の印象方法及義歯の圧負担能との関係についての研究、歯科学報、84：541～567、1984。
- 4) 松津雅道：印象採得法の相違が顎粘膜形態および義歯の適合性に及ぼす影響に関する研究、下顎片側性遊離端欠損症例について、補綴誌、28：341～357、1984。
- 5) Kaires, A.K. : Partial denture design and its relation to

- force distribution and masticatory performance, J Prosthet Dent, 6 : 672~683, 1956.
- 6) Matsumoto, M. : Evaluation of the occlusal table pattern in removable partial denture with unilateral distal extension saddle, Bull Tokyo Med Dent Univ, 18 : 339~351, 1971.
 - 7) 細見洋泰 : 下顎両側性遊離端義歯の人工歯形態が咀嚼時の義歯動態におよぼす影響, 補綴誌, 24 : 284~300, 1980.
 - 8) 五十嵐順正 : 支台歯に強く支持を求めた遊離端義歯 第3報 義歯装着後の経過観察, 補綴誌, 28 : 1134~1146, 1984.
 - 9) 西野和之, 八子誠一郎, 旗手 敏 : 局部床義歯の咬合接触様式に関する実験的研究, 歯学, 73 : 179~225, 1985.
 - 10) 関根 弘, 多田集一, 岸 正孝ほか : 局部床義歯における連結装置の力学的条件に関する研究 第1報 床の頬舌側の回転に対する口蓋部連結装置の強さについて, 歯科学報, 75 : 586~593, 1975.
 - 11) 関根 弘, 岸 正孝, 小宮山彌太郎ほか : 局部床義歯における連結装置の力学的条件に関する研究 第2報 床の近遠心的回転に対する口蓋分布連結装置の強さについて, 歯科学報, 79 : 1875~1880, 1979.
 - 12) 関根 弘, 岸 正孝, 小宮山彌太郎ほか : 局部床義歯における連結装置の力学的条件に関する研究 第3報 床の頬舌の回転に対する舌側部連結装置の強さについて, 歯科学報, 79 : 1881~1887, 1979.
 - 13) Henderson, D. and Seward, T.E. : Design and force distribution with removable partial dentures, A progress report, J Prosthet Dent, 17 : 350~364, 1967.
 - 14) Mensor, M.C. : The rationale of resilient hinge-action stressbreakers, J Prosthet Dent, 20 : 204~215, 1968.
 - 15) Bickley, R.W. : Combined splint stress-breaker removable partial denture, J Prosthet Dent, 21 : 509~512, 1969.
 - 16) Shohet, H. : Relative magnitudes of stress on abutment teeth with different retainers, J Prosthet Dent, 21 : 267~282, 1969.
 - 17) Matsumoto, M. and Goto, T. : Lateral force distribution in partial denture design, J Dent Res, 49 : 359~364, 1970.
 - 18) Matsumoto, M. and Goto, T. : An experimental investigation in design and force distribution with unilateral mandibular distal extension removable partial dentures, Bull Tokyo Med Dent Univ, 17 : 113~121, 1970.
 - 19) Cecconi, B.T., Asgar, K. and Dootz, E. : The effect of partial denture clasp design on abutment tooth movement, J Prosthet Dent, 25 : 44~56, 1971.
 - 20) Clayton, J.A. and Jaslon, C. : A measurement of clasp forces on teeth, J Prosthet Dent, 25 : 21~43, 1971.
 - 21) Cecconi, B.T., Asgar, K. and Dootz, E. : Clasp assembly modifications and their effect on abutment tooth movement, J Prosthet Dent, 27 : 160~167, 1972.
 - 22) Nally, J.N. : Methods of handling abutment teeth in Class I partial dentures, J Prosthet Dent, 30 : 561~566, 1973.
 - 23) Christidou, L., Osborne, J. and Chamberlain, J.B. : The effects of partial denture design on the mobility of abutment teeth, Br Dent J, 135 : 9~18, 1973.
 - 24) Goodkind, R.J. : The effects of removable partial dentures on abutment tooth mobility : A clinical study, J Prosthet Dent, 30 : 139~146, 1973.
 - 25) Shibuya, T. : An analysis of stress distribution in the free-end saddles on the mandibular model, Bull Tokyo Med Dent Univ, 22 : 221~234, 1975.
 - 26) 松元 誠, 水谷 紘, 篠原謙治 : レストをいかに考えるか, 日歯評論, 395 : 31~42, 1975.
 - 27) Thompson, W.D., Kratochvil, F.J. and Caputo, A.A. : Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various designs of bilateral distal extension removable partial dentures, J Prosthet Dent, 38 : 261~273, 1977.
 - 28) Tebrock, O.C., Rohen, R.M., Fenster, R.K. and Pelleu, G.B. : The effect of various clasping systems on the mobility of abutment teeth for distal-extension removable partial dentures, J Prosthet Dent, 41 : 511~516, 1979.
 - 29) Maxfield, J.B., Nicholls, J.I. and Smith, D.E. : The measurement of forces transmitted to abutment teeth of removable partial dentures, J Prosthet Dent, 41 : 134~142, 1979.
 - 30) 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.
 - 31) 山賀 保, 前田芳信, 遠藤泰則ほか : 口蓋部連結装置の力学的考察, 補綴誌, 25 : 715~724, 1981.
 - 32) 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.
 - 33) Körber, K.H. : Konuskronen, 5, Aufl., A. Hüthig, 1983, Heidelberg.
 - 34) 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2報 遊離端部床の長さ, 面積と支台歯の負荷の関係について, 補綴誌, 27 : 244~249, 1983.
 - 35) Firtell, D.N., Grisius, R.J. and Muncheryan, A.M. : Reaction of the anterior abutment of a Kennedy Class II removable partial denture to various clasp arm designs, An in vitro study, J Prosthet Dent, 53 : 77~82, 1985.
 - 36) Browning, J.D., Meadors, L.W. and Eick, J.D. : Move-

- ment of three removable partial denture clasp assemblies under occlusal loading, *J Prosthet Dent*, 55 : 69~74, 1986.
- 37) Browning, J.D., Jameson, W.E. and Stewart, C.D. et al : Effect of positional loading of three removable partial denture clasp assemblies on movement of abutment teeth, *J Prosthet Dent*, 55 : 347~351, 1986.
- 38) Bazirgan, M., Bates, J.F. : Preliminary study of a method of measuring removable partial denture abutment tooth movement in vitro and in vivo, *J Prosthet Dent*, 56 : 204~207, 1986.
- 39) 高梨薫敏 : 遊離端義歯に用いられる二、三の Precision Attachment の緩圧機構の特性に関する実験的研究, *歯科学報*, 72 : 1724~1772, 1972.
- 40) 後藤忠正, 五十嵐順正, 渋谷隆司ほか : コースステレスコープの臨床, < 2 >, *歯界展望*, 49 (3) : 357~364, 1977.
- 41) 五十嵐順正, 茂木知治 : Konuskronen teleskop 義歯の基礎と臨床Ⅲ, Konuskronen の臨床と技工—その 1. 一般的作製法, *日歯評論*, 487 : 41~65, 1983.
- 42) 関根 弘 : 特集パーシャルデンチャーの設計 Rigit connecting と Non-rigit connecting の適応とその利害, *歯科ジャーナル*, 22 (4) : 367~376, 1985.
- 43) 川崎貴生, 山田 亨 : Konuskronen の維持力発現機構とその臨床的意義, *クインテッセンス/デンタル・テクノロジー別冊現代のテレスコープ・システム* : 131~136, 1987.
- 44) Carlsson, G.E., Hedegard, B. and Koivumaa, K.K. : Studies in partial dental prosthesis, Final results of a 4-year longitudinal investigation of dento gingivally supported partial dentures, *Acta Odontol Scand*, 23 : 443~472, 1965.
- 45) Avant, W.E. : Indirect retention in partial denture design, *J Prosthet Dent*, 16 : 1103~1110, 1966.
- 46) 中沢 勇 : 部分床義歯学, 84~86, 永末書店, 京都, 1966.
- 47) 岡田京子 : 局部床義歯の設計と支台歯歯周組織の咬合圧負担状態との関係についての実験的研究, *歯科学報*, 71 : 42~105, 1971.
- 48) 榎本善保 : 遊離端義歯におけるクラスプの設計条件が支台歯の咬合圧負担状態に及ぼす影響に関する実験的研究, *歯科学報*, 72 : 1072~1106, 1972.
- 49) 関根 弘 : 遊離端義歯における維持装置の設計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.
- 50) Fisher, R.L. and Jaslow, C. : The efficiency of an indirect retainer, *J Prosthet Dent*, 34 : 24~30, 1975.
- 51) Henderson, D., Steffel, V.L. : McCracken's Removable Partial Prosthodontics, 93~101, C.V. Mosby Co., Saint Louis, 1977.
- 52) McDowell, G.C. : Force transmission by indirect retainers during unilateral loading, *J Prosthet Dent*, 39 : 616~621, 1978.
- 53) 斎藤正恭, 服部 正, 中北芳伸ほか : 間接維持装置が義歯床と鉤歯の変位に与える影響 第1報 その形態及び有無について, *補綴誌*, 31 : 200~212, 1987.
- 54) 後藤忠正, 五十嵐順正, 渋谷隆司 : Konuskronen-Teleskope による部分床義歯の臨床例, *補綴誌*, 19 (1) : 1~9, 1975.
- 55) 五十嵐順正 : “rigid support” (強支持) の適応と禁忌, *日歯評論*, 502 : 65~69, 1984.
- 56) 河野修己 : 維持装置の異なる遊離端義歯の咬合力, *日歯評論*, 349 : 27~32, 1971.
- 57) 河野修己 : 局部床義歯の維持装置に関する実験的研究, 維持歯ならびに床支持組織に与える影響, *歯学*, 59 : 578~629, 1972.
- 58) 矢代譲治 : 床下粘膜の負担圧に関する基礎的研究, 下顎両側遊離端局部床義歯における直接維持装置およびレストの影響について, *補綴誌*, 29 : 582~599, 1985.
- 59) Robert, G. Vig. : Splinting bars and maxillary indirect retainers for removable partial dentures, *J Prosthet Dent*, 13 : 125~129, 1963.
- 60) 佐久間重雄 : 遊離端義歯における維持装置の軸面設定条件が支台歯の回転力負担に及ぼす影響に関する実験的研究, *歯科学報*, 79 : 2241~2269, 1979.
- 61) Frechette, A.R. : The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth, *J Prosthet Dent*, 6 : 195~212, 1956.
- 62) Frank, R.P. and Nicholls, J.I. : An investigation of the effectiveness of indirect retainers, *J Prosthet Dent*, 38 : 494~506, 1977.
- 63) 安達 康 : 遊離端義歯における咬合と設計の条件が義歯床の安定性に及ぼす影響に関する実験的研究, *歯科学報*, 82 : 1109~1158, 1982.
- 64) 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現機構の研究, *歯科学報*, 69 : 721~751, 1969.