原 著 論 文

連結固定が歯牙の変位様相に及ぼす影響

古木 讓

The Effect of Splinting on the Tooth Displacement

Yuzuru Furuki

Abstract : Upper second premolar and first and second molars were splinted without any changes of occlusal tooth contacts and interdental proximal contact relations. Each of 4 subjects was instructed to clench, bite 4 or 8 articulating papers and masticate a piece of pretzel. The displacement of upper second premolar and first molar was recorded on a horizontal plane at the same point before and after splinting.

As a result, the amount of displacements of upper second premolars of the 4 subjects was changed $-25 \sim +27 \mu\text{m}$ in length and $-22 \sim +8^\circ$ in angle by splinting. That of first molars was changed $1 \sim 29 \mu\text{m}$ in length and $-10 \sim +31^\circ$ in angle. These changes, however, were not remarkable compared with the range of physiological tooth displacement. Thus, splinting of approximately three teeth does not disturb periodontium.

Key words : splinting, tooth displacement

I. 緒 言

歯牙は機能時に咬合力を受けて歯周組織の物性に由来する変位を示す。この歯牙の変位機構は咬合力の顎骨への直接の伝播を緩衝するとともに、歯牙自体が受ける力をも緩衝している。機能時に生ずる歯牙の変位の様相を明らかにすることは、歯の支持機構と咬合との関係の解明あるいは歯の支持組織の病態診断とも関わっており、Mühlemann¹⁾以来、Siebert^{2,3)}、加藤^{4,5)}、三浦^{6,7)}らの研究があって、個々の歯牙の歯周組織の動態はかなりの程度まで明らかとなっている。

一方、補綴学の臨床においては歯牙欠損に対してブリッジによる補綴を行うために歯牙を連結固定することがある。このとき機能時の歯牙の変位がどのような

影響を受けるのかという問題はなお不明のままに残されているが、これはブリッジ補綴の成否とも関連する重要な研究課題である。

そこで、著者は複数の歯牙を連結固定して、連結固定の前後における歯牙の変位、歯周組織の動態を比較検討することとした。

II. 研究方法

上顎右側第2小臼歯、第1大臼歯、第2大臼歯の3歯を連結固定する前後において、機能時の第2小臼歯、第1大臼歯の水平面内での変位を2次元微小変位計 M-r 型を用いて測定する。

1. 被験歯

被験歯は25~27歳の男性4名の上顎右側第2小臼歯および第1大臼歯で、インレーによる修復処置が行われている歯牙もあるが、歯周組織の状態は臨床的に健全である(表1、図1)。

歯牙の変位の測定点は、各被験歯の頬側歯頸部中央

東京医科歯科大学歯学部第2歯科補綴学教室(主任・指導: 田端恒雄教授)

Department of Prosthodontics II, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University (Chief and Director: Prof. Tsuneo Tabata)

平成4年9月7日受付

表 1 被験者

	性別	年齢	修復物などの有無	
			5]	6]
A	♂	25	なし	1級インレー
B	♂	26	なし	なし
C	♂	26	なし	1級インレー
D	♂	27	なし	なし

図 1 咬合接触状態および歯間離開度 (μm)

の天然歯面上に設定した厚さ約 1 mm の標点である。

2. 歯牙の連結固定

1) 連結固定装置の構造

上顎右側第 2 小臼歯, 第 1 大臼歯および第 2 大臼歯を一体として連結固定する連結固定装置は, 歯牙の機能時の咬合接触を妨げないように咬合面を覆わない頬側面と口蓋側面とからなる (図 2)。口蓋側面は各歯牙の口蓋側全体を覆うように作製されているが, 頬側面は第 2 小臼歯, 第 1 大臼歯に設定した歯頸部の標点を避けるような構造となっている (図 3)。また, 頬側面, 口蓋側面とも隣接接触関係を乱さないように各隣接接触点からは十分に離してある。

連結固定装置はシリコンラバー印象材^{*1}で印象採得を行い, 超硬石膏^{*2}を注入した被験者の歯列模型によって間接法で作製する。軟化したワックス^{*3}を歯列模型に圧接して厚さ約 1.5 mm の連結固定装置の蠟型を採得し, 通法に従ってタイプ IV 金合金^{*4}にて鋳造した後硬化熱処理を行う。

図 2 連結固定装置 (咬合面観)

図 3 連結固定装置の頬側面観

図 4 連結固定装置を嵌合した石膏コア

2) 歯牙の連結固定方法

歯牙の連結固定は石膏コア^{*5}を用いて行う。歯列模型上に連結固定装置を試適して, 頬側面と咬合面を覆う石膏コア, 口蓋側面と咬合面を覆う石膏コアを採得する。この石膏コアに連結固定装置を嵌合し (図 4), シアノアクリレート系接着剤^{*6}を固定装置の内

^{*1} (株)ジーシー: ハイドロフィリックエクザフレックス (インジェクションタイプ, パテタイプ)

^{*2} KERR SYBRON: Vel-Mix Stone

^{*3} (株)ジーシー: プルーインレーワックス

^{*4} (株)ジーシー: キャスティングゴールド M.C.タイプ IV

^{*5} Bayer Dental: XANTHANO

^{*6} 東亜合成化学: ボンドアロンアルファ

図 5 2次元微小変位計 M-r 型ヘッド部

図 6 校正器

面に塗布して、口腔内の歯牙に圧接、接着し、石膏コアを除去して、頬側面板と口蓋側面板とで右側上顎第2小臼歯、第1大臼歯、第2大臼歯の3歯の連結固定を行う。

3. 歯牙の変位の測定

1) 2次元微小変位計 M-r 型

歯牙の水平面内での変位の測定には三浦の2次元微小変位計M型^{*)}を改変して、新たに作製した2次元微小変位計 M-r 型を用いる。本変位計の基本構造、トランスデューサなどはM型に準じたものであるが、口腔内定位装置の固定板には右側臼歯部での歯牙の変位の測定に適するような変更を加えてある(図5)。

2) 測定精度

変位計のキャリブレーションは水平面において互いに直角なX軸、Y軸方向に最小目盛10 μm 、送り精度 $\pm 1\mu\text{m}$ の校正器^{*)}を用いて行った(図6)。本変位計は近遠心、頬舌方向ともに相互干渉はほとんどな

図 7 M-r 型変位計の特性 (近遠心方向変位時)

図 8 M-r 型変位計の特性 (頬舌方向変位時)

図 9 M-r 型変位計の2次元特性

^{*)} (有)共和理研: マニピュレーター K-20-M 2

図 10 原点および変位量の求め方

く、それぞれの方向で $\pm 400 \mu\text{m}$ の範囲内において $\pm 2\%$ の精度でリニアな出力を示した (図 7~9)。

4. 測定項目

歯牙の連結固定の前後に以下の項目について変位の測定を行う。

- 1) 噛みしめ時
 - (1) 咬頭嵌合位
 - (2) 咬合紙^{*8}

被験側臼歯部で約 2 秒間、咬合紙を 4 枚あるいは 8 枚噛みしめる。

- 2) プリッツ咀嚼時

長さ約 2 cm のプリッツ片^{*9}を下顎右側第 1 大臼歯の中央部に置いて咀嚼を行わせ、初期数ストロークを測定対象とする。

5. データ処理方法

変位計のアンプ部からの出力はレクチグラフ^{*10}により確認しながら、すべてデータレコーダ^{*11}に $10 \text{ mv}/\mu\text{m}$ で収録する。

データレコーダからの出力は X-Y レコーダ^{*12}に入力して変位経路を 2 次元表示するとともに、シグナルプロセッサ^{*13}にサンプリングクロック 2.5 msec で取り込み、歯牙の変位の原点、変位量と変位方向を求める。

図 11 変位方向の計測方法

1) 変位の原点

噛みしめ直前で歯牙が負荷を受けていない安定した標点の位置を歯牙の原点とする。この条件に該当する 250 msec, すなわち 100 ポイントの区間を CRT 上で検出し、その区間の平均電位をもって原点とする (図 10)。

2) 変位量および変位方向

原点と変位経路上の各点との直線距離をすべて求め、その中で最大値を示す点を終末点とし、この点の座標から変位量と変位方向を算出する。変位方向は図 11 に示すように、原点と変位の終末点とを結ぶ直線が、原点において歯牙の頬側面に対して引いた接線の法線と近心方向になす角度によって表し、変位量は原点から変位の終末点までの直線距離で表す。

III. 結 果

上顎右側第 2 小臼歯、第 1 大臼歯、第 2 大臼歯の 3 歯を連結固定装置で連結固定する前後での第 2 小臼歯、第 1 大臼歯の 2 歯の噛みしめ時およびプリッツ咀嚼時の水平面内における変位の測定を行い、変位量、変位方向および変位経路の分布範囲について以下の結果を得た (図 12~15, 表 2~5)。なお、変位量と変位方向は、噛みしめ時には各 2 回の平均値で、プリッツ咀嚼時には初期数ストロークの中での最大の変位量を示した経路の変位量と変位方向で表した。

^{*8} (株)ジーシー：アーティキュレーティングペーパー (赤)

^{*9} 江崎グリコ(株)：プリッツ サラダ

^{*10} 三栄測器(株)：RECTI-HORIZ-8 K 21

^{*11} ソニーマグネスケール(株)：エルカセットデータレコーダ FE-39 A

^{*12} 渡辺測器(株)：X-Y レコーダ WX 4401

^{*13} 三栄測器(株)：シグナルプロセッサ 7 T-17

図 12 連結固定前の機能時の変位経路 (上顎右側第 2 小臼歯)

図 13 連結固定前の機能時の変位経路 (上顎右側第 1 大臼歯)

図 14 連結固定後の機能時の変位経路 (上顎右側第 2 小臼歯)

図 15 連結固定後の機能時の変位経路 (上顎右側第 1 大臼歯)

表 2 連結固定前の上顎右側第 2 小臼歯の機能時の変位量と変位方向
〔変位量: μm , 方向: 度〕

測定項目	SUB. A		SUB. B		SUB. C		SUB. D	
	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向
咬頭嵌合位	36	198	60	196	82	235	50	212
咬合紙 4 枚	52	191	76	224	90	248	65	233
8 枚	65	203	77	230	95	254	80	246
ブリッツ咀嚼	32	227	63	209	87	226	70	229

表 3 連結固定前の上顎右側第 1 大臼歯の機能時の変位量と変位方向
〔変位量: μm , 方向: 度〕

測定項目	SUB. A		SUB. B		SUB. C		SUB. D	
	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向
咬頭嵌合位	57	225	57	171	76	222	27	200
咬合紙 4 枚	34	207	47	162	78	221	60	208
8 枚	39	207	63	200	78	224	81	208
ブリッツ咀嚼	92	205	44	213	83	224	77	207

表 4 連結固定後の上顎右側第 2 小臼歯の機能時の変位量と変位方向
〔変位量: μm , 方向: 度〕

測定項目	SUB. A		SUB. B		SUB. C		SUB. D	
	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向
咬頭嵌合位	41	192	60	180	87	236	41	214
咬合紙 4 枚	49	189	77	214	84	246	53	223
8 枚	66	190	71	212	86	251	55	227
ブリッツ咀嚼	59	205	80	208	73	234	63	224

1. 連結固定前の歯牙の変位

1) 上顎第 2 小臼歯

咬頭嵌合位での噛みしめ時に上顎第 2 小臼歯の測定点の変位量は 36~82 μm であった。変位方向は被験者 A, B で口蓋側方向を、被験者 C, D では遠心口蓋側方向を示した。変位経路はいずれの被験者においても 1 相性であった。

咬合紙 4 枚, 8 枚の噛みしめ時に測定点の変位量は 52~95 μm を示し、咬頭嵌合位での噛みしめ時よりやや大きかった。変位方向は被験者 A で口蓋側方向を、被験者 B, C, D で遠心口蓋側方向を示したが、いずれも咬頭嵌合位での噛みしめ時より遠心へ向かう傾向にあった。変位経路は被験者 B を除いては 1 相性であった。

ブリッツ咀嚼時の測定点の変位量は 32~87 μm で、咬頭嵌合位での噛みしめ時とほぼ同様の結果となった。変位方向はいずれの被験者にあっても遠心口蓋側方向を示し、咬頭嵌合位での噛みしめ時より遠心へ向かう傾向にあった。各被験者の変位量はいずれの機能時においても被験者 B, C で比較的大きく、被験者 A, D で小さかった。

2) 上顎第 1 大臼歯

咬頭嵌合位での噛みしめ時に、上顎第 1 大臼歯の測

表 5 連結固定後の上顎右側第 1 大臼歯の機能時の変位量と変位方向
〔変位量: μm , 方向: 度〕

測定項目	SUB. A		SUB. B		SUB. C		SUB. D	
	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向
咬頭嵌合位	62	215	72	169	77	220	56	217
咬合紙 4 枚	51	212	75	193	86	218	74	218
8 枚	53	205	66	198	106	216	86	217
ブリッツ咀嚼	99	210	69	203	96	223	94	219

表 6 連結固定による上顎右側第 2 小臼歯の機能時の変位量と変位方向の変化
〔変位量: μm , 方向: 度〕

測定項目	SUB. A		SUB. B		SUB. C		SUB. D	
	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向
咬頭嵌合位	+ 5	- 6	0	-16	+ 5	+ 1	- 9	+ 2
咬合紙 4 枚	- 3	- 2	+ 1	-10	- 6	- 2	-12	-10
8 枚	+ 1	-13	- 6	-18	- 9	- 3	-25	-19
ブリッツ咀嚼	+27	-22	+17	- 1	-14	+ 8	- 7	- 5

定点の変位量は 27~76 μm であった。変位方向は被験者 A, C, D で遠心口蓋側方向を示し、被験者 B で口蓋側方向を示した。変位経路はすべて 1 相性であった。

咬合紙 4 枚, 8 枚の噛みしめ時に測定点の変位量は 34~81 μm を示し、被験者 A では咬頭嵌合位での噛みしめ時より小さくなったが、被験者 B, C, D では咬頭嵌合位での噛みしめ時より大きくなる傾向にあった。変位方向はいずれも遠心口蓋側方向を示したが、被験者 B の咬合紙 4 枚の噛みしめ時だけは口蓋側方向を示した。また、咬頭嵌合位での噛みしめ時に比べると、被験者 A では近心方向となったが、被験者 B, C, D ではいずれも遠心方向への傾向を示した。

ブリッツ咀嚼時の測定点の変位量は 44~92 μm を示し、被験者 A, C, D では咬頭嵌合位での噛みしめ時より大きくなったが、被験者 B では逆に小さくなった。変位方向はすべての被験者で遠心口蓋側方向を示したが、被験者 A では咬頭嵌合位での噛みしめ時より近心へ、被験者 B, C, D ではやや遠心へ向かう傾向を示した。

各被験者の変位量はいずれの機能時においても被験者 C で比較的大きかった。

2. 連結固定後の歯牙の変位

1) 上顎第 2 小臼歯

咬頭嵌合位での噛みしめ時に上顎第 2 小臼歯の測定点の変位量は 41~87 μm を示し、連結固定前と比べてほぼ同様の結果となった (表 6)。変位方向は被験者 A, B で口蓋側方向を、また被験者 C, D で遠心口蓋側方向を示し、被験者 B では連結固定前よりも 16°

表 7 連結固定による上顎右側第 1 大臼歯の機能時の変位量と変位方向の変化 (変位量: μm , 方向: 度)

測定項目	SUB. A		SUB. B		SUB. C		SUB. D	
	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向	変位量	方向
咬頭嵌合位	+7	-10	+15	-2	+1	-2	+29	+17
咬合紙 4 枚	+17	+5	+28	+31	+8	-3	+14	+10
8 枚	+14	-2	+3	-2	+28	-8	+5	+9
ブリッツ咀嚼	+7	+5	+25	-10	+13	-1	+17	+12

近心方向へ変化した, 被験者 A, C, D では大きな変化はみられなかった。

咬合紙 4 枚, 8 枚の噛みしめ時に測定点の変位量は $49\sim 86\mu\text{m}$ を示し, 連結固定前に比べて被験者 D では $12\sim 25\mu\text{m}$ ほど小さくなったが, 被験者 A, B, C では大きな変化はみられなかった。変位方向は被験者 A では口蓋側方向を, 被験者 B, C, D では遠心口蓋側方向を示し, 被験者 A, B, D で連結固定前より $2\sim 19^\circ$ 近心へ向かう変化を示したが, 被験者 C で変化はほとんど認められなかった。

ブリッツ咀嚼時の測定点の変位量は $59\sim 80\mu\text{m}$ を示し, 被験者 A, B では連結固定前に比べて $17\sim 27\mu\text{m}$ 大きくなったが, 被験者 C, D では $7\sim 14\mu\text{m}$ 小さくなった。変位方向はすべて遠心口蓋側方向を示し, 被験者 A では連結固定前より 22° の近心への変化を示したが, 被験者 B, C, D ではほとんど変化は認められなかった。

各被験者の変位量は連結固定後も連結固定前と同様に被験者 B, C では比較的大きく被験者 A, D では小さかった。また, 変位方向は連結固定前と同様に咬頭嵌合位での噛みしめ時より咬合紙の噛みしめ時, 咀嚼時に遠心へ向かう傾向を示した。

2) 上顎第 1 大臼歯

咬頭嵌合位での噛みしめ時に上顎第 1 大臼歯の測定点の変位量は $56\sim 77\mu\text{m}$ を示し, 連結固定前に比べて被験者 B, D では $15\sim 29\mu\text{m}$ 大きくなったが, 被験者 A, C ではほとんど変化はなかった (表 7)。変位方向は被験者 A, C, D で遠心口蓋側方向を, 被験者 B で近心口蓋側方向を示し, 被験者 D では連結固定前と比べて 17° 遠心方向へ変化した, 被験者 A, B, C では大きな変化はみられなかった。

咬合紙 4 枚, 8 枚の噛みしめ時に測定点の変位量は $51\sim 106\mu\text{m}$ を示し, 連結固定前に比べて全被験者とも大きくなり, 被験者 B, C は被験者 A, D より大きく $3\sim 28\mu\text{m}$ の変化を示した。変位方向はすべて遠心口蓋側方向を示し, 連結固定前に比べて被験者 B は咬

合紙 4 枚の噛みしめ時に 31° の遠心への変化を示したが, 被験者 A, C, D で変化はほとんどみられなかった。

ブリッツ咀嚼時の測定点の変位量は $69\sim 99\mu\text{m}$ を示し, 連結固定前に比べて全被験者とも大きくなり, 被験者 B, C, D では $13\sim 25\mu\text{m}$ の変化を示した。変位方向はすべて遠心口蓋側方向を示し, 被験者 D は連結固定前に比べて 12° 遠心方向への変化を示した。

各被験者の変位量はいずれの機能時においても被験者 C で比較的大きかった。また, 変位方向は連結固定前と同様に咬頭嵌合位での噛みしめ時より, 咬合紙の噛みしめ時, 咀嚼時にわずかに遠心へ向かう傾向を示した。

IV. 考 察

ブリッジ補綴は歯牙への固定性から機能回復の程度が高く, また装着感がよいことから, 重要な補綴方法として位置づけられている。

ブリッジ補綴に際しては固定性, 半固定性にかかわらず, 複数の歯牙を何らかのかたちで連結固定するのが常である。したがって, ブリッジ補綴による歯牙の連結固定が正常な歯周組織の機能時の動態にいかなる影響を及ぼしているのかという問題は, ブリッジを設計, 作製していくうえで知らねばならない重要な研究課題となっている。和賀ら⁹⁾は下顎臼歯部に実際にブリッジを装着して, 前頭面方向からの支台歯の変位の測定を行い, 変位量は減少し, 変位方向は変化すると報告している。

ブリッジの装着に伴う支台歯の変位経路の変化には歯牙の連結固定, 支台歯の咬合面形態の変化, 隣接歯間関係の変化, ポンティックの咬合面形態そしてブリッジ自体の精度などの影響が錯綜して現れるものと考えられる。したがって, これらの各要因をそれぞれに分離, 分析することによってブリッジ補綴の歯周組織, 顎口腔系における機能的意義が解明されていくことになる。

そこで, 著者は咬合接触関係を妨げない連結固定装置を考案, 作製して歯牙に適用し, 2 次元微小変位計 M-r 型で歯牙の変位経路を測定して, 歯牙の連結固定の前後における歯周組織の動態を比較検討することとした。

図 16 連結固定装置装着時の変位出力
(被験者 C 上顎右側第 1 大臼歯)

1. 研究方法

1) 連結固定装置

本実験の目的はブリッジ補綴などに伴う歯牙の連結固定が歯牙の変位に及ぼす影響を検討することにあるので、連結固定時に起こり得る歯牙の咬合接触状態や隣接歯間関係の変化を排除しなければならない。また、歯牙の変位を測定する標点は、歯牙の連結固定の前後において同一位置にあることが必要である。

今回作製した連結固定装置は咬合面を覆うことなく、また隣接接触点からも十分に離れた頬側面板と口蓋側面板とからなる構造となっていて、頬側面、口蓋側面から上顎第 2 小臼歯、第 1 大臼歯、第 2 大臼歯の 3 歯の連結固定を行う。また、頬側面板、口蓋側面板は厚さ約 1.5 mm のタイプ IV 金合金製で実験中にたわむこともなく、各実験後に離脱していたこともなかったため、強固に歯牙を連結固定できていたものと考えられる。

歯牙の変位を測定する標点は上顎第 2 小臼歯、第 1 大臼歯の頬側歯頸部中央に設定したが、連結固定装置の頬側面板はこれらの標点を避けるように作製してあるので、歯牙の連結固定の前後に同じ標点について変位の測定が行える。

連結固定装置の口蓋側面板および頬側面板の歯牙への装着時に各歯牙の標点は変位を示した (図 16)。この変位を測定した結果が表 8 で、標点の変位は歯牙の連結固定の前後で 3~22 μm であった。これは連結固定装置の寸法精度、装着操作などに原因するものと考えられるが、変位距離は最大でも 22 μm 、多くの場合に 10 μm 前後ということから、歯牙は連結固定装置によってほとんど動かされることはなかったものと考えられる。また、歯牙の連結固定後に採得したシリコーン・ブラック法による咬合接触状態も連結固定前の状態 (図 1) に比べてほとんど変化していなかった。以上のことから、この連結固定装置の開発、作製

表 8 連結固定装置装着時にみられる標点の変位量
(被験者 B については 2 回の測定結果である)
(μm)

被験者	A	B	C	D
5]	12	11, 22	7	5
6]	3	4, 8	13	4

によって、本研究の目的である歯牙の変位への歯牙の連結固定に限った影響を検討できるといえよう。

2) 歯牙の変位の測定

歯牙の変位の測定は上顎第 2 小臼歯ならびに第 1 大臼歯について、水平面内で行った。上顎第 2 小臼歯、第 1 大臼歯の変位量は、加藤^{4,5)}の前頭面内での測定で 63~123 μm 、三浦⁶⁾の水平面内での測定で 10~146 μm と報告されていて、下顎の 40~95 μm 、16~91 μm に比べて大きく、連結固定による歯牙の変位量の変化の測定に適している。また、歯牙の変位はいうまでもなく 3 次元的に起こるが、歯牙の連結固定による変化は、ブリッジなどの連結固定法の性質から水平面内に大きく現れるものと考えられる。

歯牙の変位の測定は三浦⁶⁾の 2 次元微小変位計 M 型を改変して、新たに作製した 2 次元微小変位計 M-r 型を使用した。変位計の近遠心、頬舌両方向の出力は相互に干渉することなく、 $\pm 400 \mu\text{m}$ の範囲内において $\pm 2\%$ 以下の高精度で感度方向の変位に対してリニアな出力を示すことから (図 7~9)、歯牙の水平面内での変位の測定に対しては十分な精度をもつものと考えられる。

変位計は総重量が 51 g と軽量かつ小型であることに加えて、歯牙に加わる測定圧も 3 g 以下となるので、変位計が歯牙本来の動きを妨げることはほとんどない。

以上のことから、本測定装置は本研究の目的にとって十分なものといえよう。

2. 連結固定前の歯牙の変位

上顎第 2 小臼歯、第 1 大臼歯の測定点は噛みしめ時に 27~95 μm 、ブリッツ咀嚼時に 32~92 μm の変位量を示した (表 2, 3)。変位量は被験歯ごとに異なっていたが、いずれも三浦⁶⁾が被験者 7 名について水平面内で測定した変位量とほぼ同等の結果となっていた。

変位方向は噛みしめ時、咀嚼時に口蓋側方向から、口蓋側遠心方向へ向かい (図 12, 13)、臼歯部は全体

図 17 上顎右側第2小臼歯で咬合紙8枚を噛みしめたときの第1大臼歯の変位経路(被験者B)

図 18 上顎右側第2大臼歯で咬合紙8枚を噛みしめたときの第1大臼歯の変位経路(被験者B)

として遠心口蓋側へ向かうとする三浦⁹⁾の知見とほぼ一致していた。

以上のことから、本実験のすべての被験歯は、連結固定されていない1歯、1歯として機能時に正常な歯周組織の動態を示していたものと考えられる。

3. 連結固定による歯牙の変位様相の変化

歯牙の連結固定後の変位量は、歯牙の固定前に比べて上顎第2小臼歯では被験者A, Bで咀嚼時に17~27 μm の増加を示したが、噛みしめ時にはほとんど変化をみせなかった。また、被験者C, Dは歯牙の連結固定後に逆に変位量の減少傾向を示した(表6)。第1大臼歯では歯牙の連結固定前に比べて、変位量は全被験者で1~29 μm の増加を示した(表7)。

変位方向は歯牙の連結固定前に比べて上顎第2小臼歯では被験者Cはほとんど変化を示さなかったが、被験者A, B, Dは+2~-22°の近心方向への変化傾向をみせた(表6)。第1大臼歯では歯牙の連結固定前に比べて被験者A, Cはほとんど変化をみせなかったが、被験者Dは9~17°の遠心方向への変化を、被験者Bは-10~+31°と方向の定まらない変化を示した(表7)。したがって、歯牙の連結固定前の変位経路は歯牙の連結固定によって、変位量、変位方向あるいはその双方に何らかの変化が起こるといえる。

歯牙は機能時には歯槽骨の中へ押し込まれながら歯列弓の幅径を狭める方向へ変位するとともに、安静時

に空隙があった隣接歯間は緊密な接触状態となることは三浦⁷⁾の研究結果などから知られている。歯牙の連結固定は各歯牙の安静時に行われるので、歯牙は機能時に隣接歯間距離を決めることができず、連結固定前とは異なる変位経路をとることになる。そして、この歯牙の変位経路の変化に伴って、連結固定された歯牙と隣接する歯牙との歯間関係にも何らかの影響が及んでいるものと考えられる。

また、歯牙は通常その咬合面で受ける咬合力だけではなく隣接歯に加わる咬合力からの影響も受けて変位を示している。図17, 18は被験者Bについて上顎第2小臼歯および第2大臼歯で咬合紙8枚の噛みしめを行ったときの上顎第1大臼歯の測定点が示す変位経路を歯牙の連結固定の前後に測定した結果である。連結固定前の第1大臼歯は第2小臼歯、第2大臼歯のいずれでの咬合紙の噛みしめ時にも40 μm 程度の変位量を示し、第2大臼歯での噛みしめ時にはより近心に向かう変位方向となった。ここで、噛ませた咬合紙は8枚と厚く、最大に噛みしめても第1大臼歯自体が咬合接触したとは考えにくい。したがって、第1大臼歯の変位は隣接接点および歯周組織を通じての咬合力の伝達に⁹⁾よるものといえよう。歯牙の連結固定後に第1大臼歯の変位経路は変化を示し、変位量は7~13 μm 増加して、変位方向は約10°近心へ向かう傾向を示した。

以上のことから、歯牙の連結固定による変位経路の

図 19 上顎右側第 2 小臼歯と第 1 大臼歯を連結固定したときの第 1 大臼歯の変位経路 (被験者 A)

変化は、連結固定によって本来の機能時に各歯牙が示す歯間距離を狭める、近遠心方向の変位を妨げられること、隣接歯に加わった咬合力が隣接接触点および歯槽骨を含む歯周組織を介して伝達される機序を抑えられることなどに起因しているものと考えられる。

各被験歯の変位経路は連結固定後にさまざまな変化を示したが、これは上顎第 2 小臼歯、第 1 大臼歯、第 2 大臼歯の 3 歯を連結したためと考えられる。図 19 は被験者 A について上顎第 2 小臼歯と第 1 大臼歯の 2 歯だけを連結固定して、その前後に噛みしめ時の第 1 大臼歯の測定点の変位経路を測定した結果である。連結固定の前後で変位量は $3\sim 10\ \mu\text{m}$ の減少を、変位方向は $-2\sim +6^\circ$ の変化を示した (表 9)。連結固定による歯牙の変位経路の変化は、3 歯の連結固定の際 (表 7) に比べてやや小さいが、これは隣接する変位経路が類似した 2 歯を連結固定したことによるものと考えられる。したがって、連結固定する歯牙を 3 歯から 4 歯と増加したり、あるいは離れた位置にある、隣接していない歯牙を連結固定すれば、歯牙の変位経路はさらに複雑な連結固定による変化を示すことになろう。

表 9 上顎右側第 2 小臼歯、第 1 大臼歯の 2 歯を連結固定した前後の変位量、変位方向およびその間の変化量 (被験者 A、上顎右側第 1 大臼歯)

[変位量: μm , 方向: 度]					
測定項目	連結前		連結後		変化量
	変位量	方向	変位量	方向	変位量 方向
咬頭嵌合位	39	207	36	205	-3 -2
咬合紙 4 枚	46	210	38	216	-8 +6
8 枚	54	205	44	210	-10 +5

4. 歯牙の連結固定と歯周組織の動態

歯牙は咬頭嵌合位での噛みしめ時、咬合紙の噛みしめ時など同一の機能時あるいはまた異なる機能時に同じ変位経路を示すことはまれである (図 12, 13)。これは機能時に発揮される咬合力の差異あるいは咬合接触関係のわずかな変化によって生ずることで^{5,6,10)}、非生理的な現象ではない。むしろ、正常な歯周組織をもつ歯牙は各種の機能時にある一定の範囲内、生理的な範囲内に変位経路を描くものと考えられる。

そこで、生理的な機能を代表して咬頭嵌合位での噛みしめ時、咬合紙 4 枚、8 枚を介しての噛みしめ時の各 2 回の歯牙の変位経路、そしてブリッツ咀嚼時の初期 4~5 ストロークに対応する歯牙の連結固定前の変位経路を原点で重ね合せ、その外側を連ねた輪郭を歯牙の変位経路の分布範囲、生理的分布範囲とした (図 20)。この生理的な分布範囲に対して歯牙の連結固定後の変位経路の分布範囲を比較検討する。

上顎第 2 小臼歯の変位経路の生理的な分布範囲は被験者 A では口蓋側方向へ長さ約 $70\ \mu\text{m}$ の紡錘形を、被験者 B, C, D では遠心口蓋側方向へ高さ約 $80\sim 95\ \mu\text{m}$ の原点を頂点とする類三角形となった。第 1 大臼歯の生理的分布範囲は被験者 A, C, D では遠心口蓋側方向へ長さ約 $80\sim 90\ \mu\text{m}$ の紡錘形を、被験者 B では口蓋側方向へ高さ約 $60\ \mu\text{m}$ のほぼ原点を頂点とする類三角形となった。被験者 B で第 2 小臼歯、第 1 大臼歯とも近遠心方向に比較的幅の広い生理的分布範囲を示したが、これは歯間離開度が関係してのことと考えられる (図 1)。

変位経路の生理的分布範囲に歯牙の連結固定後の変位経路の分布範囲を重ね合わせると (図 20)、第 2 小臼歯では全被験者で連結固定後の分布範囲は生理的分布範囲内にほとんど包含された。一方、第 1 大臼歯では被験者 A を除いて、連結固定後の変位経路の分布は生理的分布範囲外にまで及び、被験者 B, C では口蓋側方向へ約 $15\sim 25\ \mu\text{m}$ ほど拡大した。そして、被験者

図 20 変位経路の分布範囲

Dでは約 10° 遠心方向に全体として回転したような範囲となった。この被験者Dでの 10° の回転は、距離という観点からは約 $20\mu\text{m}$ に相当し、被験者Dでの歯牙の連結固定後の変位経路の分布は生理的分布範囲に対して被験者B, Cとほぼ同等の状況にあることになる。

被験者B, C, Dの第1大臼歯にみられた生理的分布範囲に対する歯牙の連結固定後の変位経路の分布範囲の差異である $20\mu\text{m}$ は、 $20\sim 50\mu\text{m}^{11)}$ あるいは $8\sim 30\mu\text{m}^{12)}$ といわれる歯根膜の判別閾、また顎口腔系での機能状況から導かれた $30\mu\text{m}$ といわれる咬合の精度^{10,13)} などから考えると、歯周組織が許容できる範囲内の数値であるとしても大過なからう。

歯牙の個々の機能時の変位経路に対する歯牙の連結固定の影響を検討していくと、変位量で $29\mu\text{m}$ 、変位方向で 31° と比較的大きい変化を示すものもある(表6, 7)。しかし、各変位経路を全体的に比較すると変位量の大きい歯牙は連結固定後にも変位量は大きく、咬頭嵌合位での噛みしめ時より咬合紙あるいはブリッツ咀嚼時に遠心へ向かうという変位方向での傾向も歯牙の連結固定後にまたみられる(表2~5)。したがって、歯牙の変位経路は、歯牙の連結固定後にも大きく変貌することはなく、連結固定前の性状を保っていることになる。

また、歯牙の変位経路に対して生理的分布範囲というものを考えれば、歯牙の連結固定が歯周組織の動態に対して大きな影響は及ぼしていないことが分かる。

以上のことから、ブリッジ補綴などによる3歯程度の歯牙の連結固定が支台歯の歯周組織に障害を与える

ことは少ないものと考えられる。

V. 結 論

歯牙の連結固定が機能時の歯牙の変位にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする目的で、上顎第2小臼歯、第1大臼歯、第2大臼歯の3歯を連結固定して、第2小臼歯、第1大臼歯の2歯について水平面内における変位を連結固定の前後に測定し、以下の結論を得た。

1. 連結固定装置を作製して、歯牙の連結固定前後で咬合接触状態および隣接歯間関係を変化させることなく、また同一標点についての変位の測定を可能とした。

2. 2次元微小変位計 M-r 型は、近遠心、頬舌方向とともに $\pm 400\mu\text{m}$ の範囲内において $\pm 2\%$ 以下の精度で感度方向の変位に対してリニアな出力を示し、歯牙の変位の測定に対して十分な精度を有していた。

3. 連結固定前の上顎第2小臼歯の噛みしめ時およびブリッツ咀嚼時の変位量は $32\sim 95\mu\text{m}$ で、変位方向は口蓋側方向から遠心口蓋側方向であった。

4. 連結固定前の上顎第1大臼歯の噛みしめ時およびブリッツ咀嚼時の変位量は $27\sim 92\mu\text{m}$ で、変位方向は口蓋側方向から遠心口蓋側方向であった。

5. 連結固定後に上顎第2小臼歯の噛みしめ時およびブリッツ咀嚼時の変位量は $-25\sim +27\mu\text{m}$ の、変位方向は $-22\sim +8^\circ$ の変化を示した。

6. 連結固定後に上顎第1大臼歯の噛みしめ時およ

びブリッツ咀嚼時の変位量は $1\sim 29\mu\text{m}$ の、変位方向は $-10\sim +31^\circ$ の変化を示した。

7. 各種機能時の上顎第 2 小臼歯、第 1 大臼歯の変位経路から生理的分布範囲を想定すると、その範囲は口蓋側方向から遠心口蓋側方向へ向かう長さ約 $60\sim 95\mu\text{m}$ の紡錘形あるいは類三角形を示した。

8. 変位経路の生理的分布範囲に対して歯牙の連結固定後の変位経路を比較した結果、多くは生理的分布範囲内に包含され、最も離れた経路でも $20\mu\text{m}$ 程度の距離を示したに過ぎなかった。

9. ブリッジ補綴などによる 3 歯程度の歯牙の連結固定が歯周組織の動態に影響を及ぼすことはほとんどないものと考えられる。

稿を終わるに臨み、ご指導ならびにご校閲を賜りました田端恒雄教授に謹んで感謝の意をあらわします。また、本研究に種々ご助言頂きました第 2 補綴学教室の諸先生方に厚く御礼申し上げます。併せて本研究にご協力頂いた被験者各位に深謝致します。

本論文の要旨の一部は、平成 4 年 2 月、平成 3 年度日本補綴歯科学会関東支部学術大会において発表した。

文 献

- 1) Mühlemann, H.R.: Periodontometry, A method for measuring tooth mobility, Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 4: 1220~1233, 1951.
- 2) Siebert, G.: Zur physiologischen Auslenkung der Zähne, Dtsch Zahnärztl Z, 35: 362~365, 1980.
- 3) Siebert, G.: Recent results concerning physiological tooth movement and anterior guidance, J Oral Rehabil, 8: 479~493, 1981.
- 4) 加藤 均: 歯周組織の機能状態に関する研究 第 1 報 2 次元微小変位計, 補綴誌, 25: 733~745, 1981.
- 5) 加藤 均: 歯周組織の機能状態に関する研究 第 2 報 臼歯の機能時の変位と安静時の脈動, 補綴誌, 26: 133~147, 1982.
- 6) 三浦宏之: 機能下にある歯牙の水平面内における変位に関する研究, 補綴誌, 29: 735~754, 1985.
- 7) 三浦宏之: 隣接歯間関係の動態に関する研究, 補綴誌, 29: 1134~1142, 1985.
- 8) 和賀浩幸, 古川良俊, 佐藤 克ほか: 橋義歯支台歯における機能時の動態—固定性連結が及ぼす影響—, 補綴誌, 35: 262~268, 1991.
- 9) 三浦宏之, 古木 譲, 長谷川成男ほか: 咬合力による歯周組織の歪が隣接歯に及ぼす影響, 補綴誌, 投稿予定.
- 10) 長谷川成男: 咬合学序説, 1~18, 医歯薬出版, 東京, 1988.
- 11) Tryde, G., Frydenberg, O., and Brill, N.: An assessment of the tactile sensibility in human teeth, Acta Odontol Scand, 20: 233~256, 1962.
- 12) Siirilä, H.S. and Laine, P.: The tactile sensibility of the parodontium to slight axial loadings of the teeth, Acta Odontol Scand, 21: 415~429, 1963.
- 13) 田中伐平: 咬頭嵌合位における補綴物の高さが顎口腔系に及ぼす影響, 補綴誌, 19: 666~692, 1976.

- 1) Mühlemann, H.R.: Periodontometry, A method for measuring tooth mobility, Oral Surg Oral Med Oral