上顎両側性遊離端義歯の床構成が咬合支持に及ぼす影響について

木 村 稔

東京医科歯科大学大学院歯学研究科生体機能制御歯科学専攻顎顔面機能統合評価学講座（主任・指導：松元 誠教授）

（1999 年 9 月 29 日受付）

A Clinical Evaluation of Masticatory Function in Maxillary Bilateral Free-End-Saddle Removable Partial Denture in Changes of Mucosal Support Area

Minoru Kimura

Department of Maxillofacial Rehabilitation, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief and Director : Prof. Makoto Matsumoto)

The purpose of this study was to elucidate optimal relations between functional load distribution of periodontal supports and mucosal supports from denture bearing area in maxillary bilateral free-end-saddle RPD. Therefore, specially designed, palatal plate changeable RPDs were designed without changing occlusal relation and all other elements. The denture bearing area were measured by the thin foil method, standardized by Cubscraniophor. After wearing RPD, clinically physiological observation in occlusal contacts and loads were carried out by Prescale with an exclusive computer analyzing system. Masticatory muscular EMG and occlusal contacts were recorded with Prescale at IP clenching. Five maxillary bilateral shortened arch-cases were used for this prosthodontic research and studied in periodically at pre- and post-RPD treatments. These data were analyzed and compared with those of the control group. The outlines of these results were as follows :

1. The relation with mucosal denture supporting area and musculature activities were shown as $y = -0.19x^2 + 5.3x + 93.8$, the maximal value : 13.48 cm^2 .
2. The direct proportion was observed in relation with anteroposterior location of masticatory center in dental arch and denture bearing area.
3. The optimal denture bearing area was observed in each shortened arch case.

I. 結 言

従来歯牙欠損症による咬合欠陥を再構成する目的から補綴処置が行われてきた。その場合欠損歯数、歯列内での位置関係、症例の個人的な背景により、可撤性、固定性、あるいは半固定性の義歯が設計製作されてきた^{1,2)}。しかしいずれの手法を適用するにしても原則的には喪失した咬合機能の支持能力を残存歯列に求めうるか、歯牙欠損に伴う実質欠損を人工歯列のみでは形態学的に補償しえない症例であるか、代償性支持能力を欠損部顎堤に求めねばならない症例であるかが基本的な問題とされてきた³⁻⁵⁾。特に歯列弓の最後方から歯牙欠損が生じる片側性、両側性遊離端欠損症例では残存歯列からの歯根膜支持は残存歯列側に隣接する近心側人工歯と遠心側人工歯に適正に支持能力配分を付与することが不可能で、対咬

歯列が有床義歯人工歯あるいは、補綴歯列がきわめて矮小な症例を除いて固定性の橋義歯は禁忌症とされてきた⁵⁾。したがって一般的には歯牙と粘膜の両者から支持能力を求める設計が原則とされてきたが、本来負荷に対する被圧性が異なる歯根膜と顎堤粘膜から相互に協調しう床面積と残存歯列からの歯根膜支持を設定することは、臨床的にはきわめて困難な問題といえる。しかし、一般的に従来補綴学の成書では有床義歯の床面積は可能なかぎり大きいほうが支持能力は大きく、さらに負荷に対する被圧変位量が小さく残存歯列の被圧量に近接し義歯の機能時の動態を最小にしようと考えられてきた⁵⁾。これらの臨床的な診断はすべて長期な経過観察とその検索によっても述べられてきている⁶⁻⁸⁾。特に前述した遊離端欠損の部分床義歯、遊離端義歯においては床外形の設定可能な領域は上顎と下顎で大きく異なり、さらにその

表1 被検者

症例	年齢	性別	欠損様式	
A	62	女性	76	67
B	68	男性	765	67
C	58	男性	765	67
D	53	男性	765	567
E	53	男性	7654	4567

形態と咬合平面に対する近遠心的な走行状態等が単に機能のみならず、患者の感覚的な充足感にも関与してくる⁹⁻¹⁵⁾。一般的に下顎遊離端欠損部の有効床面積の可変性にはあまり自由度が存在しないことから、今回は上顎両側性遊離端義歯の残存歯列に対する歯根膜支持、人工歯列とその咬合関係等の設計条件を一定に保ちながら、床外形および面積のみを変化させ、最小の床面積にした場合には機構的には延長橋義歯に近い状態¹⁶⁾を製作し、各条件下で歯牙支持、粘膜支持要素が咬合機能にどのように協調し関与してくるかを明確にすることを目的とし臨床生理学的検索を行った。その結果臨床的にきわめて有意な結果を得たので報告する。

II. 研究方法

1. 被検症例

被検者は本学外来に平成4年から9年に来院した上顎両側性臼歯部欠損症例で、対咬歯列が天然歯列、あるいはこれに準ずる健常歯列を有する成人女性1名、成人男性4名、計5名(平均年齢58.8歳)を対象とした(表1)。

2. 被検義歯

1) 製作方法

これら各症例に対し、支持歯の近心にレストを設定したメタルフレームを製作し、残存咬合状態に協調するよう咬合調整後、コネクタワックスを用いた咬合機能印象およびFGPテクニックによる咬合採得を行い、義歯完成装着時に咬合調整が最小限となる方法で義歯を製作し装着した⁴⁾。この状態で患者が十分機能を営める状態を基本義歯として検索した。人工歯は、レジン歯(SR-オーソシット PE イボクラール社製)を基本とし選択割合を行い使用した。同義歯を装着してから約1カ月以上経過し、日常的に違和感のない状態となり、咬合状態も完全に安定し義歯による軽度の圧痕が粘膜上に確認された状態で、口蓋床面積と床外形を変えられる検索用義歯を製作した。

可撤性口蓋床は、新たに解剖印象採得した石膏模型上でコバルトクロム板を用いた圧印法にて製作した。金属床の設計は、大連結子が可能な限り床面積を保有しな

図1 検索用義歯

いよう口蓋舌側歯頸部のみとし、他はすべて基本義歯と可能な限り同一とした。義歯の咬合面は基本義歯のものをインレーワックス(ジーシー社製)で複製し、咬合器上で咬合高径、咬頭傾斜を与えた金属に置換した。その金属歯の下部両側に平行なレールを設計製作し、同スライドレールを介して口蓋床の部分のみが水平方向に義歯本体より離脱可能とした(図1)。金属フレームと金属口蓋床との連結は、被検者口腔内で即時重合レジンを用いて固定し口腔外で仕上げた。口蓋床を金属フレームに収めた状態では、垂直方向と側方方向の外力に対して動揺のないように設計した。これを最大床面積の義歯とし、口蓋床を取り外した義歯本体の装着状態を最小床面積の義歯とした。コネクタの部分は、強度を求めた設計で、歯頸部から約5mmの幅で粘膜面と接触しているため、同粘膜面を床面積として考慮に入れた。ただし症例Cに関しては、基本義歯に取り外し可能な口蓋床を接着性レジンで仮着した状態で、最大床面積義歯として装着し、約3週間日常的に違和感のない状態となり、咬合も安定し義歯による軽度の圧痕が粘膜上に確認された状態で資料として処理検索した。

2) 義歯床面積の算出方法

義歯を製作した模型粘膜面上にワセリンを塗布し、これに食品包装用ポリ塩化ビニリデンフィルム(商品名サランラップ)をしわがでかないように圧接し義歯床外形線を転写したのち、この被膜を平坦にして厚さ0.3mmの均等な厚さの鉛箔に転写し、義歯床外形線に沿って切り取り、被膜とワセリンを取り除いたあとで鉛箔の重さを計量し、5×5cmの鉛箔の重さを基準として面積換算(cm²)した。有効義歯床面積(投影床面積;咬合平面に直交する面積)は、頭周形描記装置(Cubscraniophor)を用いて、上顎残存歯列模型床外形を咬合平面上の方眼紙に投影、これを上記と同様の方法にて面積換算した。また、顎堤形態を比較するため有効義歯床面積に対する

表 2 義歯床面積

症例	義歯床種類	床面積	有効床面積	面積比
A	最小床面積	3.46	2.88	1.20
	基本義歯	16.93	13.78	1.23
	最大床面積	28.95	21.49	1.35
B	最小床面積	1.69	1.42	1.19
	基本義歯	16.81	13.89	1.21
	最大床面積	26.27	21.98	1.20
C	最小床面積	—	—	—
	基本義歯	17.98	13.34	1.35
	最大床面積	26.27	19.45	1.35
D	最小床面積	1.83	1.54	1.19
	基本義歯	21.44	16.49	1.30
	最大床面積	26.90	20.93	1.29
E	最小床面積	2.88	2.36	1.22
	基本義歯	20.21	15.23	1.33
	最大床面積	28.30	21.84	1.30
平均	最小床面積	2.47	2.05	1.20
	基本義歯	18.67	14.55	1.28
	最大床面積	27.34	21.14	1.29

(cm²)

実義歯床面積の面積比を求めた (表 2)。

3. 測定方法

すべての症例について臨床的診査問診を行い異常のないことを確認のうえ、左右咬筋、側頭筋前部に表面電極 (45380, ベックマン社製) により筋活動電位を双極電極により導出し、同時に下顎切歯点の運動路を MKG (K 5 型, マイオトロニクス社製) により採取記録した。筋活動電位は Polygraph 361 System (日本電気三栄社製) を介して、データレコーダー (KS-616, ソニー社製) に記録するとともに、Polygraph のサーマルペンレコーダーにより記録紙に描記させた。データ採得にあたり被検者をデンタルチェア上で座位をとらせ、基本義歯、最大床面積義歯、最小床面積義歯それぞれの義歯装着時および残存歯列自体の各条件下において、各 3 回、感圧性フィルム (デンタルプレスケール 50 H タイプ R, 富士写真フイルム社製, 以下プレスケール) を使用し中心咬合位での最大噛みしめ時の筋活動の記録を行った。次に各条件下での、上下歯列の空口時最大噛みしめ、右側、左側、任意側での 2 g のピーナツ咀嚼を行わせ、同状態の筋活動を記録した。記録終了後、被検者にそれぞれの義歯の装着時、噛みしめ時、およびピーナツ咀嚼時における口腔内感覚の相違について問診を行い参考とした。

図 2 歯列模型計測および画像の重ね合わせ
X 軸：口蓋正中縫線に垂直で左右中切歯近心接触点を通る
Y 軸：口蓋正中縫線と平行で左側第二大臼歯遠心頬側咬頭頂を通る

4. データ分析

1) 噛みしめ時の筋活動量

プレスケール噛みしめ時に記録されたデータをシグナルプロセッサー (7 T 18, 日本電気三栄社製) にてサンプリングタイム 1 msec で A/D 変換後、最大噛みしめ時の 4 筋の放電活動を onset, offset を除く 0.5 秒間を選択し、積分処理を行って 4 筋の積分筋電値を算出し、単位時間値 (μVsec) に換算した。

2) 咬合力および重心位置の算出

咬合力は計算上の総咬合力値として、プレスケールを専用評価機器 (オクルーザー FPD 703, 富士写真フイルム社製) にて処理して得られたものをデータとして採用した。重心位置は当教室の基準平面決定装置にセットした被検者の上顎義歯装着模型をデジタルカメラ (FUJIX DS-220 A, 富士写真フイルム社製) にて咬合平面に垂直方向から撮影してパソコン (Power Macintosh 7600/120, アップル社製) に取り込み規格画像とし、オクルーザーで得られた咬合接触部および重心位置を画像処理ソフト (Adobe Photoshop, アドビシステムズ社製) 上に歯列模型上に重ね合わせたものを参考にして、上顎義歯の人工歯を含む上顎歯列内の相対位置関係を座標値 (%) として算出した¹⁷⁻²⁰⁾ (図 2)。

3) 咀嚼時の筋電図分析

ピーナツ咀嚼時に得られた記録をシグナルプロセッサーにより、当教室の補綴処置判定効果装置のロジックソフトを用いて解析を行った。分析区間は咀嚼開始から嚥下前までの全咀嚼ストローク (以下全期) とし、これを初期、中期、終期に 3 等分して分析した。各筋について各期間ごとに 1 ストローク当たりの放電持続時間 (Duration: msec), 放電間隔 (Interval: msec), サイクルタイム (Cycle time: msec), 積分筋電値 (μVsec),

放電持続時間中の平均電位（積分筋電値/放電持続時間）等を算出した。

4) 統計処理

症例間の値を比較するため、症例ごとの各条件で得られた残存歯列における測定計算値を基準値とし、最小床面積の義歯、基本義歯、最大床面積の義歯のそれぞれの測定計算値における相対値を算出した。その上でプレスケール噛みしめ時、およびピーナッツ咀嚼時におけるそれぞれの相対値と義歯床面積の測定値との相関を求めた。ただし筋電図の各相対値は残存歯列の測定計算値に対する百分率とし、重心相対位置の各相対値は残存歯列の測定計算値との差の絶対値とした。また顎堤の形態学的条件との関係を検索するため、有効義歯床面積に対する義歯床面積の面積比とプレスケール噛みしめ時、およびピーナッツ咀嚼時におけるそれぞれの相対値との相関を計算した。それぞれの相関の有意性は、両側 P 値 5% にて判定した。また最小床面積の義歯、基本義歯、最大床面積の義歯のそれぞれの測定計算値間およびそれぞれの相対値間の有意差は、t-検定にて検出した。

III. 結 果

1. 噛みしめ時の筋活動量

1) 空口時とプレスケール噛みしめ時の比較

表 3 には空口時での噛みしめ (IP Clenching)、表 4 にはプレスケール挿入時での噛みしめ (IP Clenching) について、各条件下の咀嚼筋 4 筋の積分筋電値を示した。総積分筋電値 (Total) の全症例の平均値で両者を比較すると、各条件下ともプレスケールを挿入したときのほうが空口時よりも約 40~60 μ Vsec 高かったが、両者に有意差はみられなかった。

2) 活動比率

表 4 から各条件下での 4 筋の活動比率を計算し、図 3 にグラフで表した。各条件下とも咬筋のほうが側頭筋よりも約 14~19% 大きかった。左右総量で咬筋と側頭筋の差をみると、最小床面積の義歯が 36.1% で最も大きく、次いで最大床面積の義歯が 33.4%、残存歯列が 31.4%、基本義歯が 28.3% であった。有意差は、最大床面積の義歯の右側を除いて咬筋と側頭筋との間にあった。

3) 義歯床面積との相関

4 筋の総積分筋電値 (Total) について表 4 から、プレスケール噛みしめ時における残存歯列に対する相対値と義歯床面積との関係を図 4 にグラフで示した。両者の相関係数は $r = -0.13$ であったが、二次式回帰で求めると、 $Y = -0.1931 X^2 + 5.303 X + 93.83$ ($R = 0.51$, $P = 0.20$) という上に凸の二次曲線が得られ、頂点の X 座標は 13.48 cm^2 を示していた。

2. 噛みしめ時の咬合力

1) 各条件下での比較

表 5 に各症例についての各条件下でのプレスケール噛みしめ時の咬合力を示した。全体の平均値において、基本義歯の咬合力が 725.59 N と最も大きく、他の条件との差は約 160~260 N であった。

2) 義歯床面積との相関

図 5 にプレスケール噛みしめ時における残存歯列に対する相対値と義歯床面積との関係をグラフで表した。両者の相関係数は $r = 0.07$ であったが、二次式回帰で求めると、 $Y = -0.2871 X^2 + 8.664 X + 89.99$ ($R = 0.53$, $P = 0.16$) という上に凸の二次曲線が得られ、頂点の X 座標は 15.00 cm^2 となった。

3) 総積分筋電値との相関

図 6 にプレスケール噛み締め時における総積分筋電値の相対値と咬合力の相対値との関係をグラフで表した。相関係数は $r = 0.76$ ($P < 0.01$) と、比較的高い有意な正の相関を示した。

3. 咬合力の重心位置

1) 各条件下での比較

図 7 に義歯装着時を含めた歯列内での相対的重心位置分布を図表化した。全体の平均値において、前後の相対位置は、最大床面積の義歯が 56.51% と最も遠心位に存在した。その差は残存歯列で 26.8%、最小床面積の義歯で 14.6%、基本義歯で 1.3% であった。側方的相対位置は約 47~51% で、歯牙計測位置の正中は $50.6 \pm 1.6\%$ の付近にあった。

2) 義歯床面積との相関

義歯床面積と前後の相対重心位置の残存歯列に対する相対値との関係と側方的相対重心位置の残存歯列に対する相対値との関係を図 8 にグラフで表した。前後の重心位置の相対値との相関係数は $r = 0.57$ ($P < 0.05$) と、有意な正の相関を示した。一方、側方的重心位置の相対値との相関係数は $r = -0.14$ で、有意な相関は示さなかった。

3) 床面積比との相関

前後の相対重心位置の残存歯列に対する相対値と床面積比との関係を図 9 にグラフで表した。相関係数は $r = 0.84$ ($P < 0.01$) と、高い有意な正の相関を示した。一方、側方的相対重心位置の相対値との相関係数は $r = 0.07$ で、有意な相関は示さなかった。

4. 咀嚼時の積分筋電値

1) 各条件下での比較

図 10 に任意側咀嚼時の積分筋電値をグラフで表した。全体の平均値において、基本義歯が約 10~12 μ Vsec と他の条件よりも大きな値を示し、その差は残存歯列で約 4.1~5.4 μ Vsec、最小床面積の義歯で約 1.0~3.0

表 3 空口時における噛み締めの積分筋電値

症 例		R-Ta		R-Mm		L-Mm		L-Ta		Total	
残存歯列	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	30	26.76	5.61	35.21	6.94	48.52	8.12	24.47	5.24	134.95	14.56
B	20	65.89	10.26	92.96	14.58	85.47	15.27	62.57	9.60	306.89	35.84
C	20	13.86	7.14	24.91	3.49	26.40	6.40	13.18	8.34	78.35	22.21
D	10	44.98	10.25	101.90	24.01	79.84	14.63	45.56	8.53	272.28	41.75
E	30	51.73	9.41	125.46	18.77	76.18	13.62	59.84	11.73	316.62	35.70
平均		40.64		76.09		63.28		41.12		221.82	
標準偏差		20.55		43.81		25.06		21.73		108.28	
最小床面積	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	20	28.87	4.30	37.35	8.00	58.37	9.61	28.14	3.94	152.73	17.98
B	20	70.64	12.49	107.52	31.01	109.75	16.03	71.32	12.06	353.85	59.14
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D	10	57.08	9.98	137.88	14.64	111.44	21.62	54.22	8.32	360.62	30.87
E	30	28.94	7.06	147.47	33.26	76.74	13.00	33.35	10.64	275.83	54.34
平均		46.38		107.55		89.08		46.76		285.76	
標準偏差		20.93		49.80		25.97		19.88		96.67	
基本義歯	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	30	28.19	6.48	40.69	7.42	62.12	12.63	27.57	5.70	158.56	24.57
B	20	57.23	6.42	71.78	14.85	73.96	10.24	55.88	9.99	258.85	29.48
C	20	26.10	3.65	21.93	3.15	31.57	7.19	23.78	2.86	103.38	11.32
D	20	83.14	18.85	160.16	33.18	156.09	27.97	62.62	7.21	462.01	57.21
E	30	68.59	15.17	212.89	44.73	110.01	25.22	60.94	12.81	439.50	78.96
平均		52.65		101.49		86.75		46.16		284.46	
標準偏差		25.04		81.79		47.86		18.91		161.91	
最大床面積	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	30	23.26	4.36	32.34	6.04	48.27	5.82	21.01	2.94	124.87	13.43
B	20	24.71	5.88	52.68	9.92	40.22	10.74	25.31	7.43	142.92	25.43
C	30	21.89	5.18	18.99	4.07	30.05	5.94	22.19	6.10	93.12	17.70
D	20	63.84	11.83	131.76	19.84	124.33	22.67	50.83	11.46	370.76	43.55
E	30	17.74	6.44	82.12	33.77	57.24	17.69	14.61	5.81	174.99	53.31
平均		30.29		63.58		60.02		26.79		181.33	
標準偏差		18.94		44.93		37.32		13.99		109.96	

(μVsec)

μVsec, 最大床面積の義歯で約 1.1~2.5 μVsec であった。有意差は, 残存歯列の初期と基本義歯の初期との間, および残存歯列の中期と基本義歯の中期との間にあった。

2) 変動係数

積分筋電値の標準偏差を平均値で除した変動係数を計算し, 変動係数の百分率を図 11 にグラフで表した。各条件下とも中期の変動係数%が約 17~22%で最も低く, 初期が約 23~33%, 終期が約 25~30%であった。

3) 活動比率

咀嚼中期における右側, 左側, 任意側咀嚼時の活動比率のグラフを図 12 に表した。右側と左側の咀嚼において, 作業側咬筋の活動比率が約 40~43%と各条件下とも最も高く, 次いで非作業側咬筋が約 23~27%, 作業側側頭筋が約 18~24%, 非作業側側頭筋が約 9~18%であった。

4) 義歯床面積との相関

図 13 に任意側での咀嚼中期における積分筋電値の相対値と義歯床面積との関係をグラフで表した。両者の相

表4 プレスケール挿入時における噛み縮めの積分筋電値

症 例		R-Ta		R-Mm		L-Mm		L-Ta		Total	
残存歯列	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	30	32.35	5.45	46.24	10.54	63.69	9.62	28.92	5.72	171.20	17.61
B	30	69.19	11.99	103.72	14.68	110.14	21.09	72.87	14.17	355.92	47.34
C	30	16.23	8.86	26.18	4.52	34.12	8.00	17.38	8.58	95.79	25.41
D	30	58.06	9.85	140.41	19.27	120.20	18.40	55.34	8.66	374.01	32.30
E	30	61.04	9.74	175.09	32.21	99.66	14.32	70.24	14.18	406.03	52.80
平均		47.37		98.33		85.56		48.95		280.59	
標準偏差		22.21		62.47		35.80		24.82		138.07	
最小床面積	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	30	35.93	7.76	47.91	10.86	86.71	20.98	30.45	4.82	201.01	36.52
B	30	73.35	11.57	116.68	19.19	119.81	16.66	78.76	10.15	388.59	34.84
C	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
D	30	66.78	12.35	162.26	29.43	134.81	20.48	59.59	12.22	423.44	52.14
E	30	36.53	9.10	157.15	21.42	96.01	12.89	49.05	9.44	338.73	31.98
平均		53.15		121.00		109.33		54.46		337.94	
標準偏差		19.72		52.82		21.97		20.19		97.69	
基本義歯	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	30	39.83	7.18	54.37	12.99	95.47	21.22	36.29	7.21	225.96	32.39
B	30	62.71	9.34	103.11	15.53	102.66	21.30	70.75	10.40	339.23	35.92
C	30	28.61	5.76	31.18	4.88	52.02	8.23	37.27	7.27	149.08	14.90
D	30	80.97	13.59	174.73	22.31	165.19	21.80	65.69	10.60	486.58	39.61
E	30	54.35	9.42	206.10	35.99	105.25	20.16	61.61	10.97	427.32	58.70
平均		53.29		113.90		104.12		54.32		325.63	
標準偏差		20.28		75.34		40.38		16.34		139.23	
最大床面積	n	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	30	28.10	4.75	33.66	5.78	56.98	11.18	26.63	3.99	145.37	14.75
B	30	55.65	8.28	83.78	11.77	75.78	12.18	40.66	8.94	255.87	24.91
C	30	32.27	5.60	30.49	5.12	47.99	8.66	36.73	7.80	147.47	17.17
D	30	62.55	8.75	137.89	21.23	139.19	22.04	52.51	9.90	392.14	43.06
E	30	15.18	3.17	133.38	21.95	78.11	13.63	20.67	4.93	247.34	28.50
平均		38.75		83.84		79.61		35.44		237.64	
標準偏差		19.77		51.82		35.63		12.41		101.17	

(μVsec)

関係数は $r=0.24$ であったが、二次式回帰で求めると、 $Y=-0.2966 X^2+9.472 X+110.4$ ($R=0.67$, $P=0.04$) という上に凸の有意な二次曲線が得られ、頂点のX座標は床面積 17.78 cm^2 を示していた。

5. 咀嚼時の放電持続時間

1) 各条件下での比較

図14に任意側咀嚼時の放電持続時間をグラフで表した。全体の平均値において、最大床面積の義歯の放電持続時間が約 $210\sim 230 \text{ msec}$ で最も長く、その差は残存歯列で約 $40\sim 72 \text{ msec}$ 、最小床面積の義歯で約 $10\sim 24$

msec、基本義歯で約 $11\sim 21 \text{ msec}$ であった。有意差は、残存歯列の初期と最大床面積の義歯の初期との間および残存歯列の終期と最大床面積の義歯の終期との間にあった。

2) 変動係数

放電持続時間の変動係数を図15にグラフで表した。各条件下とも中期の変動係数%が約 $16\sim 20\%$ で最も低く、初期が約 $20\sim 32\%$ 、終期が約 $20\sim 24\%$ であった。有意差は、最小床面積の義歯の初期と基本義歯の初期との間および基本義歯での初期と中期との間にみられた。

図3 プレスケール噛みしめ時の筋活動比率

図4 義歯床面積と噛みしめ時の総積分筋電値との相関

表5 咬合力

症 例		残存歯列	最小床面積	基本義歯	最大床面積
A	平 均	238.38	331.28	379.20	246.64
	標準偏差	18.61	22.28	46.32	19.01
B	平 均	1,125.18	1,129.20	1,263.05	693.73
	標準偏差	78.07	77.48	34.32	79.01
C	平 均	323.05	—	458.56	485.18
	標準偏差	92.27	—	37.75	52.88
D	平 均	289.19	394.56	557.53	424.22
	標準偏差	25.34	25.87	49.28	19.27
E	平 均	592.98	386.05	969.60	463.46
	標準偏差	35.36	54.12	176.00	88.81
全 体	平 均	513.75	560.27	725.59	462.65
	標準偏差	368.36	380.32	376.81	159.72
健常有歯顎者 N=7	平 均	1,070.5			
	標準偏差	375.2			

(N)

図5 義歯床面積と噛みしめ時の咬合力比率との相関

図6 総積分筋電値比率と咬合力比率との相関

図7 相対的重心位置分布

図8 義歯床面積と前後のおよび側方の相対重心位置との相関

図9 床面積比と前後の相対重心位置との相関

3) 義歯床面積との相関

図16に任意側での咀嚼中期における放電持続時間の相対値と義歯床面積との関係をグラフで表した。相関係数は $r=0.17$ で有意な相関は示さなかった。

図10 咀嚼時の積分筋電値

6. 咀嚼時の放電間隔

1) 各条件下の比較

図17に任意側咀嚼時の放電間隔をグラフで表した。各条件下とも終期の放電間隔が約630～670 msecで最も長く、次いで中期が約500～570 msec, 初期が約430～450 msecであった。最小床面積の義歯を除く各条件下で初期と終期との間に有意差がみられた。

2) 変動係数

放電間隔の変動係数を図18にグラフで表した。各条件下とも終期の変動係数%が約36～47%で最も高く、初期が約14～38%, 中期が約16～36%であった。有意差は、残存歯列の中期と基本義歯の中期との間および基本義歯の初期と終期との間および基本義歯の初期と終期との間に検出された。

3) 義歯床面積との相関

図19に任意側での咀嚼中期における放電間隔の相対値と義歯床面積との関係をグラフで表した。相関係数は $r=0.03$ で有意な相関を示さなかった。

7. 咀嚼時のサイクルタイム

1) 各条件下での比較

図20に任意側咀嚼時のサイクルタイムをグラフで表した。各条件下とも終期のサイクルタイムが約810～890 msecで最も長く、次いで中期が約700～790 msec, 初期が約620～660 msecであった。有意差は、残存歯列の初期と終期との間および最小床面積の義歯の初期と終期との間にみられた。

2) 変動係数

サイクルタイムの変動係数を図21にグラフで表した。各条件下とも終期の変動係数%が約27～37%で最も高く、初期が約11～27%, 中期が約14～27%であった。有意差は、最小床面積の義歯の初期と最大床面積の義歯の初期との間および残存歯列の中期と基本義歯の中期との間にみられた。

図 11 積分筋電値の変動係数

図 14 咀嚼時の放電持続時間

図 12 右側, 左側, 任意側での咀嚼時の活動比率

図 15 放電持続時間の変動係数

図 13 義歯床面積と咀嚼時の積分筋電値比率との相関

図 16 義歯床面積と放電持続時間比率との相関

3) 義歯床面積との相関

図 22 に任意側での咀嚼中期におけるサイクルタイムの相対値と義歯床面積との関係をグラフで表した。相関係数は $r=0.07$ で有意な相関は示さなかった。

図 17 咀嚼時の放電間隔

図 20 咀嚼時のサイクルタイム

図 18 放電間隔の変動係数

図 21 サイクルタイムの変動係数

図 19 義歯床面積と放電間隔比率(対残存歯列値)との相関

図 22 義歯床面積とサイクルタイム比率との相関

8. 咀嚼時の平均電位

1) 各条件下での比較

図 23 に任意側咀嚼時の平均電位をグラフで表した。全体の平均値において、基本義歯が約 $49 \sim 56 \mu V$ と他の条件よりも大きな値を示し、その差は残存歯列で約 $18 \sim 23$

μV 、最小床面積の義歯で約 $8 \sim 14 \mu V$ 、最大床面積の義歯で約 $11 \sim 16 \mu V$ であった。

2) 変動係数

平均電位の変動係数を図 24 にグラフで表した。残存歯列を除いて中期が約 $9 \sim 16\%$ と最も低く、初期が約

図 23 咀嚼時の平均電位

図 24 平均電位の変動係数

図 25 義歯床面積と平均電位比率との相関

15～23%，終期が約 15～20%であった。有意差は，最大床面積の義歯の初期と中期との間および残存歯列の中期と最大床面積の義歯と中期との間にみられた。

3) 義歯床面積との相関

図 25 に任意側での咀嚼中期における平均電位の相対

値と義歯床面積との関係をグラフで表した。両者の相関係数は $r=0.11$ であったが，二次式回帰で求めると， $Y=-0.233 X^2+7.173 X+105.5$ ($R=0.51$, $P=0.19$) という上に凸の二次曲線が得られ，頂点の X 座標は 15.39 cm^2 を示していた。

IV. 考 察

これまでの有床義歯の設計に関して咬合機能欠陥に対する代償性支持能力源としての床面積，床外形，さらに歯根膜支持機構との連結様式等について，歯牙粘膜負担性義歯としての原則論的には欠損歯数が多くなれば床面積は大きくすべきとした成書，臨床論文がみられる¹⁻⁵⁾。Watt 等は解剖学的に歯根膜面積と同抜歯後に構成される顎堤面積を Periodontal and mucosal deficit ratio: P/M ratio として示している²¹⁾が，これらは単に生物物理学的な要因を除外した面積のみで推定した数値であり，教育上の指標として客観性は認められるが臨床的にはあくまで参考資料である。しかし患者にとって床自体は本質的に異物を口腔内に設定することになるため，発音，味覚等，口腔内本来の感覚を阻害する要因になる²¹⁻³¹⁾。そのため一方では可能な限り床面積は小さな外形と面積にとどめるべきこととされる。したがっていずれの成書においても症例により口腔内感覚の感受性が異なるため臨床的に一概に決定できないとしている³⁾。そこで本研究においては従来から原則とされてきた鉤歯，支台歯，歯種，歯列内の位置的関係，骨植状態，さらに支持装置の種類，人工歯に付与する咬合接触関係等のパラメーターを同一条件とし義歯の床面積と外形のみを可変性にした上顎両側性遊離端義歯を外来患者に設計制作し，プレスケールによる中心咬合におけるクレンチング時の咬合接触部位の分布，咬合力重心，総咬合力等の測定，機能筋群（両側咬筋，側頭筋）の筋電図学的活動性の検索，さらに咀嚼状態等，患者の主観的感覚等の問診をも加味して総合的な解析を行い，適正な床外形と面積の決定要因を明確にすることを試みた。

特に遊離端欠損部の床面積は咬合の支持域を構成することを主目的とすることから，機能力の負荷に対する顎堤粘膜の可変性と被圧変化をいかに臨床上に的確に把握するか，機能印象の採得の手法が問題になる。従来遊離端義歯の機能印象法として種々の臨床的手法が提唱されてきているが，欠損部顎堤が有床義歯の経験の有する症例と，初めてあるいは抜歯後の時間的な経過が比較的短い症例では粘膜組織のコンディショニング等，何らかの手法で被圧性を把握する必要性がある。当教室においては，これらの手法のなかから O. C. Applegate の推奨してきたコレクタワックスによる咬合印象法を使用しきわめて安定した咬合の付与とその良好な臨床経過を得てい

ることから、今回も同手法により床下粘膜機能印象および咬合採得を同時に行い義歯を製作し装着完成した。

この時点で義歯装着前の状態、および装着直後の咬合状態（咬合接触、咬合力分布状態、その咬合力、同噛みしめ時の機能筋活動状態）の記録観察、さらに2gのピーナッツ咀嚼（咀嚼開始より嚥下までの咀嚼サイクル、サイクルパターン、同時点の機能筋活動）の記録解析、および患者の咀嚼感覚の問診等を加え臨床生理学的な資料を収録し、さらに同様の手法による経時的観察を行い資料の比較解析を行った。

はじめに被検症例として検索目的以外の複雑な臨床的要因を可能なかぎり排除するため、顎機能に異常なく、残存歯列間にはほぼ正常な咬合高径、咬合平面が保存され、かつ対咬歯列が健康歯列として欠損歯列のみの補綴処置により咬合欠陥の再構成が可能な上顎両側性臼歯列欠損症例を選択した。また上顎症例を選択したのは、欠損部顎堤の形態学的な要因、特に骨の吸収状態、近遠心の走行、対咬歯列との位置的な関係等により同部に配列される人工歯列咬合接触関係、支持能力等に大きな差が生じる下顎症例に比較して、上顎顎堤では症例間にあまり大きな差が存在せず、かつ口蓋床面積を利用することにより可変性が下顎に比較して著しく大きく求められることに着目した。本実験では臨床的症例間の偏差を最小にするため、完成義歯の装着に際して、すべての症例で調整を要しないまでの完成された手法と技術的修練を行い装着と同時に疼痛等がなく咀嚼可能な状態とした。以上のことから技術的な臨床実験誤差を最小にしようと考えられる。

検索方法は従来使用してきた補綴処置効果判定システム（左右咬筋、側頭筋 EMG, MKG による咀嚼サイクル、噛みしめ時の顎位記録解析）を基本とし、新たに近年開発されたプレスケール（感圧性咬合接触記録解析）による術前、術後の咬合接触状態、同咬合力、同歯列内重心の位置的な推移、等を総合的に統計学的解析を行い、加えて臨床的な患者の問診による感覚状態を考慮したことから現在の臨床学的には咀嚼機能解析を除き、きわめて客観性の高い解析と考えられる。

特に今回技術的に義歯構成要素と人工歯列を一体化することにより床面積とその外形の異なった床構造のみを可変性としたことにより患者の感覚的な許容性以外は同構造による生理学的な支持機能の影響を推定しようと考えた。

以下結果について考察を行う：

1. 筋活動量について観察すると（表3、4）空口時の噛みしめとプレスケール（厚さ110ミクロン）を挿入した場合にこれまでの袖山、戸田の報告と同様に筋活動量は増加を示したが両者の間に有意差は認められなかつ

た^{17,18)}。これらを活動比率で観察すると咬筋が側頭筋に比較して14～19%増加を示していた。同様の比率を床面積で観察すると人工歯列部の有効床面積が皆無に近い条件、すなわち人工歯列が鉤歯と連結子を介して小臼歯、犬歯を支台歯とした延長橋義歯に近い状態の症例では咬筋活動量が最大を示していた。これに反し臨床的に患者の感覚的に最適と選択した床面積の義歯（基本義歯）では咬筋と側頭筋の活動比が最も小さな値を示した。さらに床面積を最大に拡張すると咬筋活動比率は増大する。つまり咬筋と側頭筋間の筋活動比率を義歯装着状態で、より天然歯列に近づけようとするためには適正な床面積が存在することがうかがわれた。

総筋活動量と床面積との相関関係について二次相関を求めると凸型の二次曲線 $Y = -0.19 X^2 + 5.30 X + 93.83$ 、床面積 13.48 cm^2 で最大値を示した。これは患者の感覚的に適正な咀嚼感覚を得た床面積にほぼ一致し、臨床的に通常妥当とされる設計でもあった。

2. 感圧紙による噛みしめ時の咬合力についても適正義歯床で最大値を示していた。これらの値と床面積の関係について相関を検索すると筋活動量と同様に相関係数の値は小さかったが負の二次関数を示し、床面積の最大値は筋活動量よりはやや大きい 15.00 cm^2 を示した。

3. 総筋活動量の積分値と感圧紙による咬合力との間には従来一般的に記載されてきた正相関が示され $r = 0.76$ ($p < 0.01$) であった。

4. 咬合力重心について、プレスケールによる咬合接触部位の歯列内配分と同部に負荷される咬合力の力積から算出された歯列内咬合力重心の位置的な推移は、咀嚼機能とその歯列弓内での機能的な様相とその診断にはきわめて有効な示唆を与えてくれる。特に健全歯列と短縮歯列との間には咬合力重心は大きく前後的に変位することが明らかにされている。さらに補綴的な処置効果の判定に際しても判断基準として有意義であることが示されてきた。これらの観点から床面積による影響を観察してみたところ、重心の移動からのみ観察すると最大床面積の場合が最も健康歯列に近い様相を示し、床構造がほとんど存在しない場合にはきわめて効果としては小さな値を示していた。床面積と前後的な重心位置の相関関係は $r = 0.57$ ($p < 0.05$) で有意な正相関を示し、さらに比率では $r = 0.85$ ($p < 0.01$) の高い相関がみられた。つまり代償性支持機能としての床構造は有効と考えられた。

5. 咀嚼時の筋活動（積分筋電）と残存歯列の咬合関係、咀嚼機能等については比較的研究されているが^{21～45)}、床面積との関係についてこれまでにみられない。今回の検索によれば臨床的に適正と考えられた床面積で $10 \sim 12 \mu \text{ Vsec}$ で最も大きく他の場合にはこれよりも著しく低い値を示した。咀嚼リズムに関してもほぼ同

様の様相がみられた。以上のデータについて積分値の比を使用して相関を算出すると $Y = -0.297 X^2 + 9.472 X + 110.4$ ($r = 0.67$, $P = 0.04$) で床面積 17.78 cm^2 で最大値を示していた。また放電持続時間については全部床義歯同様、床面積が大きい場合に最も長く $219 \sim 230 \text{ msec}$ 、残存歯列で $160 \sim 180 \text{ msec}$ で最短であった。特に咀嚼の最終段階での差が明確であった。咀嚼リズム（変動係数）についても上記の結果と同様の様相を示し患者の感覚的な影響が大きいことが推測された。

これら咀嚼機能時の筋活動についてのリズム、サイクルタイム、持続時間等はすべて臨床的な所見ときわめて高い相関を示した。特に咀嚼に関しての嗜好側での様相からみても明確であった。

以上、結果を臨床所見と併せ考察を行うと、下顎の症例に生じる遊離端義歯に比較し、個体差^{46~50)}による実験条件の制約を受けにくい上顎の遊離端義歯においては、噛みしめや、咀嚼等を基本的に天然歯歯根膜か、代償性支持による人工歯列の感覚制御で行うかによって、その機能運動の制御系が変化すると考えられる。つまり咬合平面を構成する歯列内で、従来咀嚼中心と考えられてきた残存歯列の小白歯上に負荷が加わると基本的には歯根膜による感覚で制御されてきた習慣性運動のパターンを開始しようとするのではなかろうか。また同部が床義歯人工歯列であると、関節や機能筋群からの中枢への情報により前者とは異なった機能運動が開始する。したがって小白歯が残存し同部の咀嚼機能が正常に保存されている短縮歯列においては、有床義歯による補綴処置が行われても人工歯列上では咀嚼を開始せずに残存歯列上で食塊を把握し、その時点での感覚を基調として咀嚼機能を開始して、咀嚼が進行するにつれて人工歯列部では小白歯部で粉碎された食片を頬粘膜圧と舌運動の助けにより食塊形成を主として行っていると考えられる。

したがって人工歯列には臨床的に従来大白歯が有していた大きな支持能力を必要とせず、むしろ天然歯列時の咀嚼感覚による機能運動を妨げない範囲の補助的な支持能力が適していると考えられる。今後小白歯、大白歯等の全く存在しない前歯列のみの有床義歯について床下粘膜からの支持能力の役割、代償性機能について検索を行い以上の仮説を立証することを考えている。

V. 結 論

下顎健常歯列に対咬する上顎両側性短縮歯列症例 5 名について、義歯の床構成が咬合機能に及ぼす影響を検索する目的で咬合接触状態、残存歯列に対する支持、維持等を変化させず床外形、および面積のみ可変性の義歯を製作し、臨床的観察、デンタルプレスケールによる咬合診査、筋電図学的手法を用いて機能状態の解析を臨床生

理学的に行った結果、以下の結論を得た。

1. 噛みしめ時の筋活動量比率および咬合力比率、ピーナツ咀嚼時の筋活動量比率および平均電位比率は、義歯床面積に対してほぼ上に凸の二次曲線の関係にあり、最も効率の高いと考えられる面積は約 13 cm^2 から 18 cm^2 の範囲にあった。
2. 噛みしめ時における筋活動量比率と咬合力比率との相関係数は、 $r = 0.76$ ($P < 0.01$) と、比較的高い有意な正の相関を示した。
3. 前後的咬合力重心の位置は、義歯床面積の増加に従って歯列の後方に推移し、健常有歯顎者の平均値である上顎第一大臼歯部付近に近づいた。
4. 前後的咬合力重心の位置は、義歯床面積と有効義歯床面積（咬合平面に直交する面積）との比に関して相関係数 $r = 0.85$ ($P < 0.01$) と高い有意な正の相関を示した。これは、義歯床内面の起伏度が大きいほど前後の重心位置の推移が大きいことを示唆した。
5. 義歯床の設計においては、義歯床面積の大きさと欠損部顎堤の状態をも考慮すべきことも示唆された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、始終懇切なご指導とご校閲を賜りました本学歯学部顎顔面機能統合評価学講座の松元 誠教授に深甚なる感謝の意を表します。さらに、本研究にご協力いただきました被検者の方々に謹んで感謝の意を表するとともに、技工のご助言を賜りました加賀谷忠樹先生、種々のご援助ご協力をいただきました顎顔面機能統合評価学講座の諸先生方ならびに本学歯学部附属病院看護部、技工部の皆様に厚くお礼申し上げます。

なお、本研究の要旨は、第 97 回日本補綴歯科学会学術大会（1997 年 5 月 30 日、長崎）において発表した。

文 献

- 1) Kennedy, E. : Partial denture construction 2nd ed. Blooklyn, 1942, Dental Items of Interest Publishing Co.
- 2) Applegate, O. C. : Essentials of removable partial denture prosthesis. Philadelphia and London, 1954, W. B. Saunders Co.
- 3) 中澤 勇 : 部分床義歯学. 京都, 1962, 永末書店.
- 4) 松元 誠 : 遊離端義歯-咬合構成の臨床. 東京, 1980, 医歯薬出版.
- 5) Zarb, G. A., Bergman, B., Clayton, J. A., et al. : Prosthodontic treatment for partially edentulous patients. St. Louis, 1978, Mosby.
- 6) Nakazawa, I. : A clinical survey of removable partial dentures. —Analysis of follow-up examinations over a sixteen-year period—. Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 24 : 125-137, 1977.
- 7) Koivumaa, K. K. : Changes in periodontal tissues and

- supporting structures connected with partial dentures a clinical histological and roentgenological study. Helsinki Supp. II 52 : 172-175, 1956.
- 8) Koivumaa, K. K., Hedegård, B. and Carlsson, G. E. : Studies in partial dental prosthesis I. An investigation of dentogingivally support dentures : Suomen Hammaslääkäriseuran Toimituksia, Vol. 56, 1960.
 - 9) Witter, D. J., Van Elteren, P., Käyser, A. F., *et al.* : Oral comfort in shortened dental arches. J. Oral Rehabil. 17 : 137-143, 1990.
 - 10) Aukes, J. N., Käyser, A. F. and Felling, A. J. : The subjective experience of mastication in subjects with shortened dental arches. J. Oral Rehabil. 15 : 321-324, 1988.
 - 11) Witter, D. J., Cramwinckel, A. B., van Rossum, G. M., *et al.* : Shortened dental arches and masticatory ability. J. Dent. 18 : 185-189, 1990.
 - 12) Witter, D. J., van Elteren, P., Käyser, A. F., *et al.* : The effect of removable partial dentures on the oral function in shortened dental arches. J. Oral Rehabil. 16 : 27-33, 1989.
 - 13) Käyser, A. F. : How much reduction of the dental arch is functionally acceptable for the aging patient? Int. Dent. J. 40 : 183-188, 1990.
 - 14) Käyser, A. F. : Shortened dental arches and oral function. J. Oral Rehabil. 8 : 457-462, 1981.
 - 15) Gordon, P. H., Murray, J. J. and Todd, J. E. : The shortened dental arch : supplementary analyses from the 1988 adult dental health survey. Community Dental Health 11 : 87-90, 1994.
 - 16) Yi, S. W., Carlsson, G. E., Ericsson, I., *et al.* : Long-term follow-up of cross-arch fixed partial dentures in patients with advanced periodontal destruction : evaluation of occlusion and subjective function. J. Oral Rehabil. 23 : 186-196, 1996.
 - 17) 袖山亜紀 : 短縮歯列の補綴処置効果における咬合力の重心移動. 口病誌 63 : 599-619, 1996.
 - 18) 戸田 聡 : 片側遊離端欠損の咬合再構成とその臨床生理学的, 経時的評価. 口病誌 66 : 170-188, 1999.
 - 19) Shinogaya, T. and Matsumoto, M. : Evaluation of prosthodontic treatment by occlusal force distribution : a methodological study. Eur. J. Prosthodont. Rest. Dent. 6 : 121-125, 1998.
 - 20) Watanabe, M., *et al.* : Bite force distribution on the dental arch in normal dentitions. Brain and Oral Functions Oral motor function and dysfunction, Tokyo, 1995, Elsevier Science.
 - 21) Watt, D. M. and MacGregor, A. R. : Designing partial dentures, Bristol, 1984, John Wright.
 - 22) Elias, A. C. and Sheiham, A. : The relationship between satisfaction with mouth and number and position of teeth. J. Oral Rehabil. 25 : 649-661, 1998.
 - 23) Anderson, G. C., Schulte, J. K. and Aeppli, D. M. : Reliability of the evaluation of occlusal contacts in the intercuspal position. J. Prosthet. Dent. 70 : 320-323, 1993.
 - 24) Maness, W. L. and Podoloff, R. : Distribution of occlusal contacts in maximum intercuspation. J. Prosthet. Dent. 62 : 238-242, 1989.
 - 25) Carlsson, G. E. : Masticatory efficiency : the effect of age, the loss of teeth and prosthetic rehabilitation. Int. Dent. J. 34 : 93-97, 1984.
 - 26) Monteith, B. D. : Management of loading forces on mandibular distal-extension prostheses. Part II : Classification for matching modalities to clinical situations. J. Prosthet. Dent. 52 : 832-836, 1984.
 - 27) Rosenoer, L. M. and Sheiham, A. : Dental impacts on daily life and satisfaction with teeth in relation to dental status in adults. J. Oral Rehabil. 22 : 469-480, 1995.
 - 28) Omar, S. M., McEwen, J. D. and Ogston, S. A. : A test for occlusal function. The value of a masticatory efficiency test in the assessment of occlusal function. Br. J. Orthod. 14 : 85-90, 1987.
 - 29) Spratley, M. H. : Posterior edentulousness and the prescription of partial dentures. Aust. Dent. J. 33 : 43-46, 1988.
 - 30) Oosterhaven, S. P., Westert, G. P., Schaub, R. M., *et al.* : Social and psychologic implications of missing teeth for chewing ability. Community Dent. Oral Epidemiol. 16 : 79-82, 1988.
 - 31) Wood, W. W. : A review of masticatory muscle function. J. Prosthet. Dent. 57 : 222-232, 1987.
 - 32) Manns, A., Miralles, R., Valdivia, J., *et al.* : Influence of variation in anteroposterior occlusal contacts on electromyographic activity. J. Prosthet. Dent. 61 : 617-623, 1989.
 - 33) Helkimo, E., Carlsson, G. E. and Helkimo, M. : Bite force and state of dentition. Acta. Odontol. Scand. 35 : 297-303, 1977.
 - 34) Donegan, S. J., Carr, A. B., Christensen, L. V., *et al.* : An electromyographic study of aspects of 'deprogramming' of human jaw muscles. J. Oral Rehabil. 17 : 509-518, 1990.
 - 35) Kordasz, B. : Okklusale Funktionsmuster bei Kaubewegungen auf der Arbeitsseite. Dtsch. Zahnäzt. Z 53 : 466-469, 1998.
 - 36) Santana, U. and Mora, M. J. : Electromyographic analysis of the masticatory muscles of patients after complete rehabilitation of occlusion with protection by non-working side contacts. J. Oral Rehabil. 22 : 57-66, 1995.
 - 37) Agerberg, G. and Carlsson, G. E. : Chewing ability in relation to dental and general health. Analysis of data obtained from a questionnaire. Acta. Odontol. Scand. 39 : 147-153, 1981.
 - 38) Käyser, A. F. : Minimum number of teeth needed to satisfy functional and social demands. In : Frandsen, A., editor, Public Health Aspects of periodontal Disease 135. Chicago, 1984, Quintessence Publishing Co.
 - 39) Tortopidis, D., Lyons, M. F., Baxendale, R. H., *et al.* : The variability of bite force measurement between sessions, in different positions within the dental arch. J. Oral Rehabil. 25 : 681-686, 1998.
 - 40) Bakke, M., Michler, L., Han, K., *et al.* : Clinical significance of isometric bite force versus electrical activity in temporal and masseter muscles. Scand. J. Dent. Res. 97 : 539-551, 1989.
 - 41) Liedberg, B., Norlen, P. and Öwall, B. : Teeth, tooth spaces, and prosthetic appliances in elderly men in Malmö, Sweden. Community Dent. Oral Epidemiol. 19 : 164-168, 1991.
 - 42) Jooste, C., Geerts, G. and Adams, L. : Comparison of the clinical abrasion resistance of six commercially

- available denture teeth. J. Prosthet. Dent. 77 : 23-27, 1997.
- 43) Yurkstas, A. A. and Emerson, W. H. : Dietary selections of persons with natural and artificial teeth. J. Prosthet. Dent. 14 : 695-697, 1964.
 - 44) Rilo, B., da Silva, J. L., Gude, F., *et al.* : Myoelectric activity during unilateral chewing in healthy subjects : cycle duration and order of muscle activation. J. Prosthet. Dent. 80 : 462-466, 1998.
 - 45) Bates, J. F., Stafford, G. D. and Harrison, A. : Masticatory function—a review of the literature. III. Masticatory performance and efficiency. J. Oral Rehabil. 3 : 57-67, 1976.
 - 46) Matsumoto, M. : Changes in residual ridge of the mandible after extraction and wearing extension saddle type of removable partial dentures. (A longitudinal, clinical and roentgenographic investigation). Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 15 : 67-89, 1968.
 - 47) Matsumoto, M. and Goto, T. : Lateral force distribution in partial denture design. J. Dent. Res. 49 : 359-364, 1970.
 - 48) 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.
 - 49) 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.
 - 50) Matsumoto, M., Goto, T. and Tateishi, T. : Evaluation of the residual ridge and denture design in relation to the lateral force distribution to the abutment teeth. In the case of unilateral extension saddle type removable partial denture prosthesis. Bull. Tokyo Med. Dent. Univ. 19 : 211-235, 1972.