テレメトリーシステムを用いたブラッシング圧測定装置 によるブラッシング圧に関する研究

—ブラッシング圧とプラーク除去効果との関係について—

渡 辺 孝 章

鶴見大学歯学部第2 歯科保存学教室

(指導：中村治郎教授)

(昭和60年9月20日受付)

A Study of Toothbrushing Pressures by the Specifically Designed Intraoral Telemetry System

— Relationship between Brushing Pressures and Plaque Removal by Toothbrushing —

Takaaki WATANABE

Department of Periodontics and Endodontics, Tsurumi University School of Dental Medicine

(Director : Prof. Jiro NAKAMURA)

This study was performed to develop a intraoral telemetry system of measuring toothbrushing pressure applied to tooth surface and to investigate relationship between toothbrushing pressure and plaque removal. Two sequential experiments were carried out in this study as follows.

In the first experiment, a microtransducer constructed in a pontic of temporary resin bridge was used to determine the brushing pressure exerted on the buccal surface of the upper pontic of first molar.

Five different kinds of toothbrushing method (Scrubbing, Rolling, Fones, Horizontal and Vertical) were carried out using soft, medium and hard toothbrushes. The buccal surface of pontic of maxillary first molar of the plastic jaw model was brushed by ten subjects, and then the toothbrushing pressures were measured. Next, the toothbrushing pressures applied to the buccal surface of pontic of maxillary

first molar were determined for three subjects. Significantly greater mean brushing pressures were obtained during every brushing procedure as increasing a diameter of toothbrush bristle for Scrubbing (mean 1243 g/cm^2) and Fones (846 g/cm^2).

In the second experiment the relationship between toothbrushing pressure and plaque removal was investigated on Scrubbing and Rolling. A micro transducer was constructed within an acrylic stent suitable for placement between the subjects teeth, maxillary right second premolar and first molar. Three kinds of toothbrushes which differ in diameter were used twelve subjects participated in this experiment. It was revealed that hard brush was more effective for plaque removal and that brushing pressure had a tendency to show higher value for Scrubbing (74%) and Rolling (70%).

Key words : Transducer, Telemetry system, Tooth brushing pressure, Plaque removal

要旨：本研究では、ブラッシング圧とプラーク除去効果との関係を解明する目的で Transducer を利用した圧測定装置に種々の改良を加え、FM radio 発信装置を連動させた Telemetry system による新しいブラッシング圧測定装置を開発し一連の2つの実験を行なった。

実験1では Transducer をブリッジの Pontic 部に取り付け、軟、中、硬毛の3種類の歯ブラシと5通り（スクラッピング法、ローリング法、フォーンズ法、横みがき法、縦みがき法）のブラッシング方法を用い、顎模型上での圧の測定には10人、口腔内での測定には3人の被験者を用いた。

その結果、歯ブラシ別による圧の変化に関しては、軟毛から硬毛になるに従い圧が高く、ブラッシング方法別では、スクラッピング法 (1243 g/cm^2)、フォーンズ法 (846 g/cm^2) で高い圧の値を示した。

実験2では Acrylic stent を利用した圧測定装置を用いブラッシング圧とプラーク除去効果について比較検討した。ブラッシング方法はスクラッピング法とローリング法で各々、軟、中、硬毛の歯ブラシを用い、被験者12人を用いて口腔内で実験を行なった。

その結果、スクラッピング法 (74%) の硬毛で圧が高く、プラーク除去効果も高い値を示した。また、ローリング法 (70%) でも同様の結果が得られ、歯ブラシの毛先が硬くなるに従い歯面が直接受ける圧が高くなり、プラーク除去率も高くなることが明らかになった。

索引用語：圧力変換器、遠隔記録装置、ブラッシング圧、プラーク除去

緒 言

ブラッシング時に歯面や歯の隣接歯肉に加わるブラッシング圧（歯磨き圧）の強弱は歯肉の退縮、歯や充填物の磨耗など、ブラッシングの副作用およびプラークの除去効果などと関係が深く従来から多くの研究がなされている¹⁻⁷⁾。

ブラッシング圧の測定に関しては Strain gauge を用いた代表的研究として Frauleigh¹⁾、島ら²⁾の報告があるが、彼らのブラッシング圧の測定方法は歯ブラシの柄や植毛部に Strain gauge を付着させ、それらの部分に加わった圧をブラッシング圧とし、実際に歯面に加わった圧力を調べた研究ではない。

歯面が直接受けるブラッシング圧を測定した報告は、一般に装置を口腔内に装着することの困難さや再現性の問題などの点から、今まで Burgett ら³⁾ や、牧田⁸⁾ および著者ら⁹⁾ の研究があるにすぎない。Burgett ら³⁾ は、本研究と同じように口腔内に FM radio transmitter を装着し測定した実験方法であるが、その欠点として装置自体の大きさがブラッシング動作を妨げること、またプラーク除去効果を見る上でブラッシングの方法を規定していない点など、いくつかの問題点がある。

そこで本研究では、以前に著者ら^{8,9)}が考案した超小型圧力変換器 (Transducer) を利用し、ブラッシング圧測定装置に種々の改良を加え、FM radio 発信装置を連動させた Telemetry system による新しいブラッシング圧測定装置を開発し、また、ブラッシング条件も種々規定

しブラッシング圧とプラーク除去効果との関係を解明するために以下の2つの実験を行なった。

実験1として、歯面に直接加わるブラッシング圧を検討するために、感圧部である Transducer を、ブリッジの Pontic 部に取り付け、歯ブラシとブラッシング方法を種々変えて、歯科基礎実習用マネキンと人においてブラッシングを行なった時の「ブリッジの Pontic 部表面に加わるブラッシング圧」を測定した。

実験2として、欠損部位のない人にも応用できるように、Acrylic stent を利用した装置を考案し、できるだけ歯面と等高になるように Transducer を取り付けて、歯ブラシとブラッシング方法を種々変えて「ブラッシング圧とブラッシングのプラーク除去効果との関係」について検討した。

材料および方法

実験1「ブリッジの Pontic 部表面に加わるブラッシング圧」の材料と方法

1) 被験者および被験歯

マネキンに取り付けた顎模型上の測定では、種々のブラッシング法に習熟している鶴見大学保存科医局員10人（男性7人、女性3人、年齢24～27才、平均25才）を用いた。実際の口腔内の測定には同じくブラッシング方法に習熟した男性医局員3人（年齢24～26才、平均25才）を用いた。

被験歯は、顎模型上、口腔内とも上顎右側5番、7番を支台とする、6番 Pontic 部とし、口腔内の実験には

図 1 実験装置

図 3 圧測定装置

図 2 テレメトリーシステムの構成

上顎右側 5 番, 7 番に歯肉の退縮や歯の動揺のない健全歯で 6 番が欠損している歯列であった。

2) ブラッシング圧測定装置

ブラッシング圧の測定は、本実験のために作製した、ST 研究所社製の等尺性超小型 Transducer P.M 3 V-5 を用いた。これは元来、医用工学 (ME) の分野で体腔内圧や血管内圧の測定用に開発された半導体を使用した Transducer で、特に今回の実験用に作製し直した。先端の感圧部分は、直径約 3 mm、高さ約 4 mm の円筒形であり、上部の感圧面はブラッシング操作に耐えられるように、従来の合成ゴムによるコーティングを除き、金属面を露出させた。この Transducer は定格容量 5 kg/cm² で最大出力電圧は 100 mV、非直線性は 1% 以内である。この Transducer を発信装置と連結し口蓋部に装

図 4 顎模型に装着した圧測定装置

着、発信装置からの電波を FM アンテナ TA 101 で受信、TAKUMA. T-110 Telemetry receiver を通して日本光電社製 8 ch ペンレコーダー WT 683 G で記録した (図 1, 2)。発信装置は、縦、横、高さ約 22 mm のサイコロ型であり、内部に直径約 7.5 mm の酸化銀電池 1.55 V 2 個を内蔵し、送信周波数は 76~90 MHz である。顎模型上へのブラッシング圧測定装置の装着には図 3 のような Resin plate を作製し、上顎右側 5 番, 7 番を支台とする 6 番欠損のブリッジ暫間被覆冠と連結、反対側 6 番に単純鉤を設置、維持することにより固定をはかった。尚、実験に用いたブリッジ暫間被覆冠は本来の歯冠の形態になるよう考慮した (図 4)。発信装置自体の固定には口蓋 Resin plate のほぼ中央に直径約 12 mm の Plastic 製 Attachment を利用し両者を固定した (図 5)。Transducer の感圧面は顎模型、口腔内とも上顎右側第 1 大臼歯 Pontic 部頬側面中央部に暫間被覆冠の表面と

図 5 圧測定装置（発信装置の固定）

図 6 口腔内に装着した圧測定装置

等高になるようにした（図 6）。さらに口腔内での実験に際しては、FM radio 発信装置の短絡を防止する目的でポリ塩化ビニルのフィルムで防湿した。

圧測定装置の簡単な原理は、Transducer からの歪電圧をアンプで増幅し、FM 方式による発信器からの電波を FM アンテナで受信し、FM チューナー出力をアンプを通してペンレコーダーで記録するものである。校正は、水銀柱を利用した空気圧中で行ない、測定誤差は 3 % 以内で十分な直線性を得た。測定時の校正は、この実験のために特別に作製した校正器（Cal box）を用い電気的に行なった。

3) 実験に使用した歯ブラシ

歯ブラシは、以下のようなサンスター社製の 3 種類であった。

(A) ペリオ S® (Perio S) ストレートカット, 3 列

20 毛束, 毛の直径: 0.25 mm, 植毛部の長さ 27 mm, 高さ 14 mm, ナイロン毛

(B) ペリオ M® (Perio M) ストレートカット, 3 列 20 毛束, 毛の直径: 0.33 mm, 植毛部の長さ 27 mm, 高さ 14 mm, ナイロン毛

(C) ペリオ H® (Perio H) ストレートカット, 3 列 20 毛束, 毛の直径: 0.40 mm, 植毛部の長さ 27 mm, 高さ 14 mm, ナイロン毛

4) ブラッシング方法

本実験には、次のような方法を用いた¹²⁻¹⁷⁾。

- (1) スクラッピング法 (Scrubbing method...Sc. m)
- (2) ローリング法 (Rolling method...Ro. m)
- (3) フォーンズ法 (Fones method...Fo. m)
- (4) 横みがき法 (Horizontal method...Ho. m)
- (5) 縦みがき法 (Vertical method...Ve. m)

5) 測定方法

顎模型および実際の口腔内で、Transducer を上顎右側第 1 大臼歯 Pontic 頬側面中央部最大豊隆部に埋め込んだ。顎模型は歯科基礎実習用マネキンに取り付け、実際の口腔内ではブリッジ暫間被覆冠をプロパック® (GC 社製) により仮着した。被験者には自由な姿勢を取らせ、各自が通常行なっていると同様の力でブラッシングを行なわせ、ブラッシング圧を測定した。尚、ブラッシング速度は各被験者のブラッシング速度の平均値から標準の速度を定めておき、その速度でメトロノームに合わせて、5 通りのブラッシング法を通法に従い行なわせた。ブラッシング速度はスクラッピング法 200 strokes/min, ローリング法 60 st./min, フォーンズ法 160 st./min, 横みがき法 200 st./min, 縦みがき法 120 st./min であった。被験者には新しい歯ブラシを与えて実験前に各ブラッシング法を練習させた後、1 方法で被験部位（上顎右側臼歯部）を刷掃させたペンレコーダーの記録で最も安定した時期を測定値とした。そして次のブラッシング法を指示し練習させた後、また同様の測定を行ない、順次これを繰り返した。尚、歯磨剤は使用しなかった。記録の典型的な波形の中から 20 ストロークについて、同一の計測者がノギスを用いて、各ストロークの最大値を 1 g/cm² 単位まで読み取り、その平均値を各歯ブラシのブラッシング圧とした。

実験 2 「ブラッシング圧とブラッシングのブランク除去効果との関係」の材料と方法

1) 被験者および被験歯

被験者は同じくブラッシング法に習熟し、上顎右側臼歯部に欠損のない天然歯列を有する男性医局員 12 人

図 7 被験者研究用模型に装着した圧測定装置

(年齢 24~28 才で、平均 26 才)を用いた。被験者の口腔状態は、歯肉退縮や歯の動揺のない健全天然歯列であった。

2) ブラッシング圧測定装置

本実験に使用した Transducer は主に工業的に使用されている共和電業社製の PS 型超小型 Transducer 5 KA で、先端の感圧面は直径約 6 mm、厚さ約 0.6 mm の扁平な円筒型で、定格容量は 5 kg/cm²、非直線性は 1% 以内である。これを図 7 のように Acrylic stent 上の 6 番と 5 番の間に装着し FM radio 発信装置と連結させ、Acrylic stent の口蓋部のほぼ中央に接着させた直径約 12 mm の Plastic 製 Attachment を利用し固定した(図 8)。

FM radio 発信装置は内部に直径約 7.5 mm の酸化銀電池 1.55 V 4 個を内蔵、送信周波数は 70~90 MHz である。

3) 歯ブラシとブラッシング方法

本実験に使用した歯ブラシとブラッシング法は以下のようである。

スクラッピング法には次の歯ブラシを用いた。

(A) Py. Co. Pay-Softex-3® (Softex-3) BLOCK DRUG 社製、ストレートカット 3 列 34 毛束、毛の直径: 0.15 mm、植毛部の長さ 29 mm、高さ 11 mm ナイロン毛。

(B) Perio S

(C) Perio M

ローリング法には次の歯ブラシを用いた。

(A) Perio S

(B) Perio M

(C) Perio H

4) 測定方法

実験開始 1 週間前にブラッシング方法を指導し、その後、全歯列をスクーリング、およびブラシコーンに研磨剤(ネオクリナー®)を付けて研磨し、プラークのスコアを 0 にした。6 日間の練習期間を設け、測定日

図 8 Acrylic stent 上に固定した発信装置

図 9 実験期間

前日にすべての口腔清掃を中止させた(図 9)。被験者 12 人を 2 人ずつ 6 グループに分け、各グループ内の配列はラテン方格を組んで 6 週間の実験を行なった。

プラーク付着量の客観的評価および測定については多くの報告^{18~25)}があるが、プラーク付着量を視覚的および客観的に評価するために今回 0.5 g 中性紅に蒸留水 100 ml を加えた中性紅液を用い、綿球で全歯面に塗布し、O'Leary の Plaque index¹⁸⁾を測定した。さらに上顎右側 4 番に関しては頬側面の歯頸部プラーク量の高さを Volpe^{19,20)}方法を参考にした鈴木ら²¹⁾の方法により、1 mm 刻みの目盛りが付いている測定器を用いて、近遠心隅角部および中央部の 3 点について 0.5 mm 単位まで術前、術後の数値を測定し、プラークの除去効果を判定した。尚、術前術後の測定位置については図 10 に示す様に、4 番切縁部の Acrylic stent に 3 点(近遠心隅角部および中央部)の刻み目を入れることにより確認した。

ブラッシング圧の測定については、上下顎の歯列を各

々、唇頬側を6ブロック、舌口蓋側を5ブロックに分けてブラッシングを行なわせ、最初に上顎右側小臼歯部頬側を磨いた時のブラッシング圧を測定した。その後に圧測定装置を取りはずし、残りの各ブロックについて決められたブラッシング方法と歯ブラシでブラッシングを行なわせた。尚、スクラッピング法は3振動を1ストロークとした。圧の計測は同一の計測者がノギスを用いて最も波形の安定した20ストロークについて1g/cm²単位まで読み取り、その平均をブラッシング圧とした。

図 10 口腔内に装着した圧測定装置とプラーク付着量の計測

成 績

実験 1 「ブリッジの Pontic 部表面に加わるブラッシング圧」の成績

1) 顎模型上でのブラッシング圧

3種類の歯ブラシと5通りのブラッシング方法を用いて、10人の被験者にマネキンに装着した顎模型の上顎右側第1大臼歯をブラッシングさせた時のブラッシング圧を表1に示す。この10人の各測定値を平均して、ブラッシング方法別、歯ブラシ別に図11, 12に示す。各ブラッシング方法別に見ると、全体的に歯ブラシが硬くなるに従い圧の値が高くなる傾向が見られた。すなわち、各々の平均値を見ると、スクラッピング法では最低値はPerio Sで594 g/cm²、最高値はPerio Hで1243 g/cm²であった。ローリング法では最低値はPerio Sで213 g/cm²、最高値はPerio Hで347 g/cm²であった。フォーンズ法では最低値はPerio Sで481 g/cm²、最高値はPerio Hで846 g/cm²であった。横みがき法では最低値はPerio Sで569 g/cm²、最高値はPerio Hで836 g/cm²であった。縦みがき法では最低値はPerio Sで310 g/cm²、最高値はPerio Hで406 g/cm²であった。

表 1 顎模型上で得られたブラッシング圧

Brushing method	Tooth-brushes	Subjects										g/cm ²	
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	M	S.D.
A ₁ Scrubbing method	B ₁ Perio.S	605	475	628	728	755	426	778	412	625	508	594	128
	B ₂ Perio.M	1310	650	675	749	1073	802	1073	890	763	983	897	199
	B ₃ Perio.H	1700	950	934	1282	2067	1431	1195	896	885	1085	1243	372
A ₂ Rolling method	B ₁ Perio.S	125	146	239	317	347	343	273	189	245	256	213	73
	B ₂ Perio.M	175	189	385	450	323	478	292	214	247	213	297	104
	B ₃ Perio.H	197	219	463	402	610	385	345	300	285	266	347	118
A ₃ Fones method	B ₁ Perio.S	445	419	525	406	852	375	475	313	540	459	481	139
	B ₂ Perio.M	667	402	515	542	1195	435	661	600	761	662	644	212
	B ₃ Perio.H	881	814	769	709	1754	398	646	781	862	850	846	331
A ₄ Horizontal method	B ₁ Perio.S	680	553	503	573	546	654	517	392	609	663	569	83
	B ₂ Perio.M	1050	505	600	737	845	729	620	530	712	468	680	31
	B ₃ Perio.H	1445	856	772	679	839	668	659	856	730	854	836	217
A ₅ Vertical method	B ₁ Perio.S	370	350	240	511	484	228	219	192	318	192	310	111
	B ₂ Perio.M	368	255	270	497	478	349	222	270	285	220	321	95
	B ₃ Perio.H	379	445	349	365	789	399	394	302	362	272	406	134

表 2 分散分析表

Source		SS	df	V	F
A	Toothbrushing methods	5707874	2	2853937	182.38**
B	Toothbrushes	2069296	2	1034648	66.12**
C	Subjects	1690353	9	187817	12.00**
A*B		756267	4	189067	
A*C		1129789	18	627067	
B*C		600033	18	33335	
E		563356	36	15648	
Total		1251697	89		

** P<0.01

表 3 ノイマンコールの検定（ブラッシング方法）

A = 5 B = 3 C = 10	A ₂ Rolling method	A ₅ Vertical method	A ₃ Fones method	A ₄ Horizontal method	A ₁ Scrubbing method	r	Critical values	
							$q_{.99}(r,30)\sqrt{MSe/n}$	$q_{.95}(r,30)\sqrt{MSe/n}$
g/cm ²	286	346	657	695	911			
A ₂ 286	—	60	371*	409*	625*	-5	115.3	93.6
A ₅ 346		—	311*	349*	565*	-4	109.6	88.8
A ₃ 657			—	38	254*	-3	101.6	79.7
A ₄ 695				—	216*	-2	88.8	66.0
A ₁ 911					—			

* P<0.01

図 11 ブラッシング圧（ブラッシング方法別）

図 12 ブラッシング圧（歯ブラシ別）

次に、上記の得られたブラッシング圧の結果を、A：方法別、B：歯ブラシ別、C：被験者別の3つの要因に分けた三元配置による分散分析の値を表2に示す。推計学

的にブラッシング方法、歯ブラシの種類、被験者の3つの水準には共に1%以下の危険率で有意差が見られた。従って、ブラッシング方法別、歯ブラシ別の各々の水準

表 4 ノイマンコールの検定 (歯ブラシ)

A = 5 B = 3 C = 10	B ₁ B ₂ B ₃			r	Critical values	
	Perio. S	Perio. M	Perio. H		q _{.99} (r, ₃₀)√MSe/n	q _{.95} (r, ₃₀)√MSe/n
	g/cm ²					
	433	568	736			
B ₁ 433	—	135*	303*	3	78.7	61.7
B ₂ 568		—	168*	2	68.8	51.1
B ₃ 736			—			

* P < 0.01

表 5 口腔内で得られたブラッシング圧

Brushing method Tooth-brushes		Subjects	g/cm ²			M
			C ₁	C ₂	C ₃	
A ₁	Scrubbing method	B ₁ Perio.S	800	610	763	724
		B ₂ Perio.M	923	780	817	840
		B ₃ Perio.H	1305	1065	938	1103
A ₂	Rolling method	B ₁ Perio.S	194	288	192	225
		B ₂ Perio.M	204	341	236	260
		B ₃ Perio.H	241	350	245	279
A ₃	Fones method	B ₁ Perio.S	580	872	663	705
		B ₂ Perio.M	686	812	708	735
		B ₃ Perio.H	707	1010	950	889
A ₄	Horizontal method	B ₁ Perio.S	827	662	617	702
		B ₂ Perio.M	933	866	812	870
		B ₃ Perio.H	1136	1372	1000	1169
A ₅	Vertical method	B ₁ Perio.S	212	233	112	186
		B ₂ Perio.M	258	290	193	247
		B ₃ Perio.H	459	364	238	354

間の有意差を検定するため、ノイマンコールの検定 (Neuman-Keuls test)²⁶⁾を行なった。表 3, 4 より明らかなように、ブラッシング方法間には、縦みがき法とローリング法間、横みがき法とフォーンズ法間以外には危険率 1% 以下で推計学的に有意差が認められた。また歯ブラシ別による圧の変化では、全ての歯ブラシ間に危険率 1% 以下で推計学的に有意差が認められた。

2) 口腔内のブラッシング圧

3 種類の歯ブラシと 5 通りのブラッシング方法を用いて、被験者 3 人の口腔内上顎右側第 1 大臼歯 Pontic 部に Transducer を実際に取り付け、ブラッシングを行なわせた時のブラッシング圧を表 5 に示す。ブラッシング圧は軟毛から硬毛になるに従い、顎模型上の実験とはほぼ同

様の傾向を示した。図 13 に口腔内の実験で得られた Perio M による典型的原波形を示す。

実験 2 「ブラッシング圧とブラッシングのプラーク除去効果との関係」の成績

1) 口腔内でのブラッシング圧

各々 3 種類の歯ブラシを用いて、スクラッピング法とローリング法を行なった時のブラッシング圧を表 6 に示す。

被験者 12 人による各歯ブラシのブラッシング方法別のブラッシング圧を図 14 に示す。

スクラッピング法では、最低値は Softex-3 で 277 g/cm²、最高値は Perio M で 591 g/cm²、推計学的に 3 種類の歯ブラシ間に危険率 1% 以下の有意差を認めた。ロ

図 13 ペリオMによる原波形

表 6 口腔内で得られたブラッシング圧

Brushing method	Subjects Tooth-brushes	g/cm ²												M	S.D.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Scrubbing method	Softex-3	275	267	288	330	367	313	240	215	220	268	313	228	277	97
	Perio.S	233	288	350	550	545	383	457	255	328	403	367	360	377	45
	Perio.M	482	497	586	540	533	673	730	820	672	530	493	539	591	103
Rolling method	Perio.S	221	237	400	223	299	267	306	242	450	340	294	311	299	68
	Perio.M	357	478	374	254	350	358	270	369	450	350	440	387	370	63
	Perio.H	391	480	690	406	473	451	418	393	458	374	495	563	466	85

図 14 ブラッシング圧

ーリング法では最低値が Perio S で 299 g/cm², 最高値は Perio H で 466 g/cm². 推計学的に 3 種類の歯ブラシ間に危険率 1% 以下で有意差を認めた。

2) プラーク除去率

上顎右側 4 番歯頸部のプラーク除去率については表 7 および図 15 で示すように、最低値は Softex-3 で平均 80%, 最高値が Perio M で平均 92% であった。ローリング法では最低値が Perio S で平均 83%, 最高値が

図 15 上顎右側 4 番歯側面のプラーク除去率

Perio H で平均 96% であった。推計学的に両ブラッシング方法とも歯ブラシ間に有意差は認められなかった。しかし、硬い歯ブラシの方がプラーク除去効果が高い傾向を示した。

O'Leary の Plaque index¹⁸⁾を用いての歯列全体のプラーク除去率を表 8 および図 16 に示す。スクラッピング法では最低値が Softex-3 で平均 58%, 最高値が Perio

表 7 上顎右側 4 番頬側面のプラーク量測定値と除去率

Brushing method	Tooth-brushes	Subjects A : Before brushing (mm) B : After brushing (mm) C : Plaque removal (%)													M	S.D.
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Scrubbing method	Softex-3	A	10.5	11.5	9.5	0.5	6.5	7.0	5.0	10.0	3.0	8.0	12.5	6.0	7.5	
		B	4.5	1.0	1.5	0.0	0.0	2.0	1.0	3.5	0.0	0.0	5.5	2.0	1.8	
		C	57	91	84	100	100	71	80	65	100	100	56	58	80	17
	Perio.S	A	6.5	9.0	5.5	1.0	3.0	7.0	10.0	15.0	2.5	5.5	15.0	11.0	7.6	
		B	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	3.0	4.5	0.0	0.0	0.0	4.5	4.5	1.5	
		C	100	100	82	100	100	57	55	100	100	100	70	59	85	19
	Perio.M	A	8.0	4.5	8.5	1.5	8.0	6.5	6.0	12.5	4.0	7.5	18.0	9.5	8.3	
		B	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	1.5	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.5	
		C	100	100	100	100	81	77	75	100	100	73	100	100	92	11
Rolling method	Perio.S	A	8.0	15.0	17.0	3.5	6.0	10.0	5.0	10.0	3.5	5.5	12.5	12.5	9.0	
		B	0.0	1.0	6.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.5	0.0	0.0	7.0	4.0	1.9	
		C	100	93	65	100	100	100	40	85	100	100	44	68	83	22
	Perio.M	A	12.0	7.0	13.0	2.0	3.0	6.5	3.0	15.5	4.5	6.5	10.0	10.0	7.8	
		B	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.5	1.0	1.5	0.0	2.5	1.2	
		C	100	100	62	100	100	69	100	97	78	77	100	75	88	14
	Perio.H	A	8.5	15.0	11.0	0.5	7.5	9.5	4.5	14.5	6.0	5.0	11.0	7.0	7.2	
		B	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.3	
		C	100	100	82	100	100	100	100	100	100	100	100	79	96	7

図 16 歯列全体のプラーク除去率

M で平均 74% であった。推計学的に Softex-3 と Perio M の間に危険率 1% 以下で有意差を認めた。ローリング法では最低値が Perio S で平均 50%, 最高値が Perio H で平均 70% であった。推計学的に Perio S と Perio M, Perio H の間に危険率 1% 以下で有意差を認めた。

考 察

実験 1 「ブリッジの Pontic 部表面に加わるブラッシング圧」の考察

1) 実験方法について

被験者として鶴見大学保存科医局員を用いたが、これは日頃からブラッシング指導を行なっている立場から口腔衛生に関心が深く、正しい方法を修得するのが早いことから各被験者間のばらつきを最少にするためであった。

マネキンに顎模型を取り付けてブラッシングを行なったのは、口腔内での実験に先立ち再現性を確認するためで、ブラッシングを行なう時にできるだけ口腔に近い状態を設定するためであった。

ブラッシング方法は約 11 種類^{12-17), 27-35)}、主に歯ブラシの毛の脇腹を使う方法と毛先を使う方法があるが、今

表 8 Plaque index 値と除去率

<div><div>A : Before brushing (%) B : After brushing (%) C : Plaque removal (%)</div><div>Brushing method</div><div>Tooth-brushes</div></div>		Subjects														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	$\bar{M}$	S.D.
Scrubbing method	Softex-3	A	100	100	97	77	96	96	95	100	91	80	99	92	85	
		B	54	75	44	31	32	28	28	30	52	30	25	42	39	
		C	46	25	55	60	67	71	71	70	43	62	75	54	58	14
	Perio. S	A	95	98	97	87	82	100	93	100	92	98	100	97	95	
		B	20	48	64	66	21	27	37	20	31	22	40	43	37	
		C	79	51	34	24	74	73	60	80	66	78	60	54	61	17
	Perio.M	A	100	97	98	82	99	98	80	96	84	99	100	98	94	
		B	19	20	29	16	54	21	21	11	32	21	22	32	25	
		C	81	79	70	80	45	79	74	89	62	79	78	67	74	11
Rolling method	Perio. S	A	95	100	100	70	96	96	82	96	92	96	100	100	94	
		B	22	38	59	42	40	38	60	87	62	24	33	46	46	
		C	77	62	41	40	58	60	27	9	33	75	67	52	50	20
	Perio.M	A	96	96	100	77	79	99	81	100	87	89	98	100	92	
		B	23	25	44	40	25	45	31	36	78	16	39	54	38	
		C	76	74	56	48	68	55	62	64	10	82	60	46	58	18
	Perio.H	A	100	97	92	78	99	98	98	100	87	97	100	99	95	
		B	14	21	31	30	33	34	19	25	30	46	22	38	27	
		C	86	78	66	62	67	65	80	75	66	53	78	62	70	9

回、日常よく用いられ、かつ方法の習得が容易とされるスクラッピング法、ローリング法、フォーンズ法、横みがき法および縦みがき法の5通りのブラッシング方法を用いた。

歯ブラシは形態、毛の材質、毛先の形、毛の硬さなど色々³³⁻³⁵⁾であるが、今回、毛の硬さの相違による圧の変化について検討するため、形態が同じで¹⁶⁾、³⁶⁾軟、中、硬の区別のある Perio S、M、H の3種類に限定し実験を行なった。

上顎右側第1大臼歯 Pontic 部を被験歯に選んだのは、Transducer 本体の形態上の理由による。しかし、実際の口腔内では上顎右側第1大臼歯の欠損症例が少ないため被験者が3人であった。また今回、右側に限定したのは著者らがこれまで行なって来た“ブラッシング圧”^{8,9)}の一連の実験結果と比較検討するためである。しかし、Burgett³⁾ は利き腕による左右の部位別でブラッシング圧に差が見られると報告しているが、この点について今

後検討の余地があると思われる。今回、ブラッシング圧測定に FM radio 発信装置を連結した Transducer を歯面上に装着したが、この方法は、従来の Fraleigh¹⁾、島²⁾、Phaneuf ら⁷⁾の Strain gauge を用いた方法と比較して、いくつかの点で大きく異なっている。まず第一に、従来の方法は歯ブラシの柄や植毛部に Strain gauge を貼付して、ブラッシング時の柄に加えられた力を Strain gauge の歪として計測する方法である。従って、柄に加えられた力として計測したものであって歯に加わった圧ではない。今回、圧の測定に用いた Transducer は、元来、血圧や腹腔内圧などの生体内圧を計測することを目的として開発された ME 機器^{10,11)}であり、これを歯面上に応用して計測したため歯面に垂直に加わるブラッシング圧を正確に反映しているものと思われる。歯ブラシの毛先は Transducer 面上を運動しているので、ブラッシング圧は時間的に変動しているが、今回はそれぞれのストロークの最大値をとった。したがって今回のブラッシング圧

とは正確に言えば各ストローク最大圧のことである。

ブラッシングの速度は、被験者の各ブラッシング方法の速度の平均値を求めることにより、これを各ブラッシング方法の標準速度とした。著者らのブラッシング速度とブラッシング圧との関係についての研究⁹⁾によれば、ブラッシング速度を有意に増減した場合、今回用いた被験者のストロークの平均の速度が、それよりも遅い場合や速い場合と比較した時に、ブラッシング圧はより高い傾向を示した。このことは、今回規定したストローク数が被験者の日頃の習慣や癖から高い能率が発揮されうる速度であるといえる。

2) 実験結果について

歯ブラシの硬さとブラッシング圧との関係については、顎模型上および口腔内いずれの場合も歯ブラシの硬さが増すに従いブラッシング圧は上昇するという傾向が見られた。

一般に歯ブラシの硬さとブラッシング圧については、これまで軟毛歯ブラシの方が圧が高いという報告²⁾と硬毛歯ブラシの方が圧が高いという報告^{3), 8), 37)}があるが、今回の実験結果からは後者と同様の結果を得た。これは、両者の間で実験方法および計測部位などが異なり、今回の実験方法は、歯面が直接受けた圧を測定した後者と類似した方法であったため、この様な結果を得たと思われる。

次に、ブラッシング方法別に見たブラッシング圧についてであるが、顎模型上でスクラッピング法、横みがき法、フォーンズ法の圧が高く、ローリング法、縦みがき法の圧は低い傾向を示した。口腔内での測定は被験者3人と少なかったため、統計処理は行なわれなかったが、横みがき法、スクラッピング法、フォーンズ法、縦みがき法、ローリング法の順に圧が低くなる傾向を得た。この結果から、スクラッピング法や、横みがき法の様に歯軸に対して直角方向に歯ブラシを動かすブラッシング方法は、他の方法に比べて歯面中央部に對し高い圧を及ぼすと考えられる。それに比べて、歯軸と同じ方向に移動したり、回転運動を行なう方法は低い圧しか及ぼさないと言える。

ブラッシング圧の大きさについては、今回の実験方法と比較的類似した Burgett ら³⁾の報告では、Dr. Butler®の硬毛で約 1,900 g/cm²、同じく軟毛で、約 1,100 g/cm²であった。また、牧田ら⁸⁾の延長コード付きの Transducer での実験ではスクラッピング法で平均 924 g/cm²、ローリング法で 216 g/cm²、フォーンズ法で 580 g/cm²、横みがき法で 972 g/cm²、縦みがき法で 308 g/cm²であっ

た。牧田ら⁸⁾の結果と比較すると、今回の結果は、フォーンズ法でやや高い値を示している他は、ほとんど同様の圧が得られた。これは FM radio 発信装置を用いたため、延長コードによるブラッシング動作の妨げがなくなり、フォーンズ法が行ないやすくなったためと考えられる。また、Burgett³⁾らの報告と比較して低い圧の値を示しているが、この報告では、ブラッシング方法については制限がなく、さらに装置自体の大きさが、ブラッシング動作の妨げになることも考慮され、この点での相違によると思われる。しかしながら、硬毛では圧が高く、軟毛で低いという傾向は一致している。

口腔内での測定値では、フォーンズ法、横みがき法が顎模型上での測定値に比べ、高いブラッシング圧を示したことは、主にわずかな姿勢の違いが腕に及ぼす影響の他に、ブラッシング圧が実際に歯肉や歯に加わる時の生体の Feed back 機構によるものと思われる。

実験 2 「ブラッシング圧とブラッシングのプラーク除去効果との関係」の考察

1) 実験方法について

実験 1 で用いた Transducer は高価であり、上顎 6 番 Pontic 部に装着するという点で実際の患者に応用するには症例が限られてしまうという欠点がある。そこで比較的安価で工業的に用いられている PS 型超小型圧力変換器を本実験用に製作し直し実験を行なった。Acrylic stent はあらゆる歯列に応用することができ、かつ製作も至って容易である。

今回、プラーク染色剤に 0.5% 中性紅液を用い、綿球で塗布したが、これは藤川ら³⁸⁾の DENTAL COLOR ANALYZER を用いた研究で色差の値が大きく、かつ染色剤を舌下に滴下した場合と綿球で塗した場合で、鑑別性、染色性にほとんど差がなかったという報告を参考にした。

実験 2 ではブラッシングの時間を定めなかった。その理由として Birman³⁹⁾が指摘しているように個人によってブラッシング時間は異なり、ブラッシングのストロークが大切であるということなどを参考にした。

4 番頰側プラーク量の測定には歯肉に影響を与える歯頸部からのプラークの高さを測る Velpe^{19, 20)}、鈴木ら²¹⁾の方法を参考にした。4 番頰側のプラークを測定したのは、Transducer を上顎右側 5, 6 番間の Acrylic stent に装着したため、この部分を刷掃した時の圧力とプラーク除去効果を同時に判定することができることによる。歯列全体のプラーク除去率については、O'Leary の Plaque index¹⁸⁾を用いたが、この方法は、歯を頬舌側面

と近遠心面の4面についてのみ歯肉に接しているブラークの有無で判定するため、比較的簡単かつ有用な方法である。1週間ごとにブラークのスコアを0にしたのは、各ブラッシング方法のブラーク堆積に与える影響を1週間ごとに無くし、ブラークの歯面への堆積量を一定にするためであった。

6週間の実験期間中、6日間は指定された方法、指定された歯ブラシでブラッシング法を行なわせたのは被験者をそのブラッシング方法に慣れさせるためであった。

ブラッシング法はスクラッピング法とローリング法の2通りとした。スクラッピング法は歯ブラシの毛先を使う代表的な方法でありかつ清掃効果が良く³⁷⁾、適度なマッサージ効果もあり、方法も簡単である。また、ローリング法¹⁴⁾は歯ブラシの脇腹を使う代表的な方法であり歯肉のマッサージ効果をも期待する方法である。

歯ブラシは、スクラッピング法には Softex-3, Perio S, Perio M, ローリング法には Perio S, Perio M, Perio H を用いたが、Perio H はスクラッピング法には硬すぎ、Softex-3 はローリング法には軟かすぎるという理由による。

2) 実験結果について

上顎右側4番歯頸部のブラーク除去率については、スクラッピング法、ローリング法の両者とも歯ブラシの毛先が硬くなるに従い、その圧力も高くなりブラーク除去率も高くなる傾向を示した。歯ブラシの硬さとブラーク除去効果との関係は Wade⁴⁰⁾、鈴木²¹⁾、新井ら³⁷⁾の報告と一致する。また、歯ブラシ間に推計学的に有意差がなかったのは、上顎4番頰側面は比較的刷掃しやすい部位であったことによるとと思われる。

歯列全体のブラーク除去率についてもスクラッピング法の Perio M, ローリング法では Perio H の除去率が高く、歯ブラシの毛先が硬くなるに従い圧が高くなり、ブラーク除去率も高くなることになった。

スクラッピング法とローリング法の除去率を比較すると、スクラッピング法の除去率が高く Rodda⁴¹⁾、McClure⁴²⁾、新井ら³⁷⁾の報告と一致する。

歯ブラシの硬さは、毛の直径と長さに左右され、Harrington⁴³⁾によれば、歯ブラシの毛の直径の2乗に比例し長さに反比例する。今日使用されている代表的歯ブラシは、毛の直径が 0.18 mm²⁷⁾~0.40 mm³⁷⁾、長さが 12 mm 前後³⁴⁾のものが一般的である。また、アメリカ歯科医師会は歯ブラシの植毛部の長さが 1~1¹/₄ インチ (25.4~31.8 mm)、幅が 5/16~3/8 インチ (7.9~9.5 mm)、2列~4列、1列につき 5~12 の毛束の歯ブラシを推奨し

ている⁴⁴⁾。

日常の臨床で患者への口腔清掃指導に際しては各個人の習慣や癖を十分考慮し、いきなり硬めの歯ブラシを用いるのではなく、疾患の程度が改善され、その方法に慣れるに従って、段階を追って硬い歯ブラシに変えて行くことが重要である。

歯ブラシの硬さと歯磨剤との関係については、新井ら⁴⁵⁾の報告により、歯磨剤を使用しない場合には歯の磨耗は起こらず、歯ブラシの硬さによる差は無かったとされている。歯肉の損傷、充填物の磨耗などブラッシングの副作用とブラッシング圧との関係についても今後、検討していく所存である。

実験1と実験2の圧の値を比較すると、実験1の圧が高い傾向を示したが、これは Transducer 自体の感度の違いおよび圧測定装置の違いによる差であると思われる。しかし、ブラッシング圧に対する歯ブラシ間の差、ブラッシング方法の差にはほぼ同様の傾向が認められたので両実験から圧とブラーク除去効果について総合的に判断してよいと思われる。

総括および結論

歯ブラシが歯面に及ぼす圧はブラークの除去、副作用である歯肉の退縮、歯の磨耗などと関係が深い。特にブラークコントロールは歯科治療上、非常に重要である。

そこで本研究では、新しいブラッシング圧測定装置を開発し、歯ブラシと種々のブラッシング方法の相違によるブラーク除去効果をブラッシング圧から解明し比較検討する目的で、実験1として「ブリッジの Pontic 部表面に加わるブラッシング圧」と実験2として「ブラッシング圧とブラッシングのブラーク除去効果」についての一連の2つの実験を行なった。

実験1として、顎模型上の上顎右側6番 Pontic 部頰側面中央部に Transducer を装着し、FM radio 発信装置と連結させ、ブラッシング圧を測定した。

歯ブラシは Perio Soft®, Perio Medium®, Perio Hard® (Perio S, M, H) の3種類の歯ブラシを使い、ブラッシング方法はスクラッピング法、ローリング法、フォーンズ法、横みがき法、縦みがき法であった。被験者には、鶴見大学保存科のブラッシングに習熟した医局員10人を用い、まず歯科基礎実習用マネキンに取り付けた顎模型上で、次に医局員3人を用い、実際の口腔内においてブラッシングを行なわせ、その時のブラッシング圧を測定した。

実験2として、比較的安価で工業的に用いられているPS型超小型圧力変換器(Transducer)を実験用に作製し直し、これをFM radio 発信装置と連結させ、Acrylic stent を利用したブラッシング圧測定装置を新たに考案し、ブラッシング圧とプラーク除去効果について比較検討した。

ブラッシング圧の測定方法は、上顎右側頬側第1大臼歯と第2小臼歯間のAcrylic stent 上にTransducerを装着し、口蓋部に取り付けたFM radio 発信装置からの電波を受信機と連動させたペンレコーダーで記録し測定した。プラークの除去効果に関しては、特にブラッシング圧測定部位に最も近い4番については鈴木ら²¹⁾の方法、全体の歯列についてはO'Leary¹⁸⁾の方法を用い判定した。被験者は、実験1と同様、医局員12人を用いた。ブラッシング方法はスクラッピング法とローリング法の2つの方法、歯ブラシは毛の直径の違う4種類で、スクラッピング法にはPy-Co-Pay Softex-3® (Softex-3)、Perio S, M, ローリング法にはPerio S, M, Hを用いた。実験日前日の口腔清掃を中止させ、術前、術後のプラークの除去率を算出した。

以上から、次の知見および結論を得た。

1. 歯ブラシ別の顎模型上のPontic部表面に加わるブラッシング圧は、軟毛から硬毛になるに従い高く(平均Perio S 433 g/cm², Perio M 568 g/cm², Perio H 736 g/cm²)、全ての歯ブラシ間に危険率1%以下で有意差が認められた。

2. ブラッシング方法別の顎模型上のPontic部表面に加わるブラッシング圧は、ローリング法で平均286 g/cm²、縦みがき法で平均346 g/cm²、フォーンズ法で平均657 g/cm²、横みがき法で平均695 g/cm²およびスクラッピング法で平均911 g/cm²であり、ローリング法と縦みがき法、フォーンズ法と横みがき法の間以外には危険率1%以下で有意差が認められた。すなわち、歯軸に対して直角方向に動かすブラッシング方法で高い圧を示し、歯軸と同じ方向に移動したり回転運動を行なう方法は低い圧の値を示した。

3. Acrylic stent を利用した口腔内の実験におけるブラッシング圧は、スクラッピング法では、軟毛のSoftex-3で平均277 g/cm²、Perio Mで平均591 g/cm²、ローリング法はPerio Sで平均299 g/cm²、Perio Hで平均466 g/cm²であり、両者とも歯ブラシが硬くなるに従い、ブラッシング圧も上昇した。

4. 上顎右側4番頬側のプラーク除去率については、スクラッピング法の最低がSoftex-3で平均80%、最高

がPerio Mで平均92%、ローリング法の最低がPerio Sで平均83%、最高がPerio Hで平均96%であった。

5. 歯列全体のプラーク除去率についても、スクラッピング法の最低がSoftex-3で平均58%、最高がPerio Mで平均74%、ローリング法の最低がPerio Sで平均50%、最高がPerio Hで平均70%であった。すなわち、両者とも、歯ブラシが硬くなるに従い歯面が直接受ける圧が高くなり、プラーク除去率も高くなることが明らかになった。

以上、著者が開発したブラッシング圧測定装置は遠隔的に圧を測定することができるため、臨床的にブラッシング圧を測定するのに他の方法よりも優れていることが判明した。また今後、単にブラッシング圧を測定するばかりでなく、他の歯科医学的分野、例えば咬合圧、舌圧などの測定にも広く臨床応用の可能性のあることが示唆された。

謝 辞

稿を終わるにあたり、始終懇篤なる御校閲を賜りました中村治郎教授、本学第1歯科保存学教室、河野 篤教授ならびに本学生理学教室、柳沢慧二教授、塩沢光一博士に深く感謝の意を表します。

さらに新井 高助教授ならびに本教室の諸兄の御協力に深く御礼申し上げます。

本研究の一部は1983年(昭和58年)文部省科学研究費一般研究C課題番号58570803の補助で行なわれたことを付記する。

文 献

- 1) Fraleigh, C.M., Elhaney, J.H., Heiser, R.A.: Toothbrushing force study. J. Dent. Res., 46: 209, 1967.
- 2) 島 保幸: 歯磨動作の習慣性とくに歯磨圧と歯口清掃効果との関係について. 口腔衛生会誌, 17: 119, 1967.
- 3) Burgett, F.G., Ash, Jr. M.M.: Comparative study of brushing with three types of tooth-brushes. J. Periodontol., 45: 410, 1974.
- 4) 大野 栄, 内橋賢二, 夏村光二, 吉田 洋, 覚道幸男: 歯みがき動作に及ぼす視聴覚利用のブラッシング指導の影響について. 口腔衛生会誌(抄録), 28: 372, 1978.
- 5) 石川 純, 川崎 仁, 大河原紳二, 松江一郎, 浜

- 田征雄：各種の歯ブラシを使ったときの歯や歯周組織に加わる圧力について。口腔衛生会誌（抄録），16：216，1966。
- 6) 島 保幸，天野仁一郎，上羽隆夫，覚道幸男：咬合，咀嚼歯磨時の口腔諸器官に加わる圧について。口腔衛生会誌（抄録），16：217，1966。
 - 7) Phaneuf, E.A., Harrington, J.H., Ashland, A.B., Dale, P.P., and Shklar, G.: Automatic toothbrush; A new reciprocating action. J.A.D.A., 65 : 26, 1962.
 - 8) 牧田 亨，松浦久雄，渡辺孝章，新井 高，中村治郎：ブラッシング圧について一歯ブラシとブラッシング方法の相違によるブラッシング圧について。日歯周誌，22：441-456，1980。
 - 9) 渡辺孝章，牧田 亨，松浦久雄，新井 高，中村治郎：ブラッシング圧について一ブラッシング速度とブラッシング圧との関係。日歯周誌，23：499-508，1981。
 - 10) 塩田 健：新しいトランスデューサー。(M.E. 体育医学，シュミレーション実験等に関する法則)。計測技術。日本工業出版，6. 1978。
 - 11) 塩田 健：新しいトランスデューサー。(M.E. に関する計測)。計測技術日本工業出版，7. 1979。
 - 12) 木下四郎：歯周疾患の予防一主としてブラッシングなど個人の行なうべき事柄について。日本歯科評論，354：1，1972。
 - 13) Fones, A.C.: Home care of the mouth, mouth hygiene. Ed. 4, Lea and Febiger, Philadelphia, 1934, 294.
 - 14) Hirschfeld, I.: The why and how of toothbrushing. Am. Dent. A.J., 38 : 80, 1945.
 - 15) Goldman, H.M.: The effect of single and multiple toothbrushing in the cleansing of the normal periodontally involved dentition. O.S.O.M. O.P., 9 : 203, 1956.
 - 16) Wilkins, E.M.: Clinical Practice of the Dental Hygienist. Ed. 4, Lea and Febiger, Philadelphia, 1976, 308-320.
 - 17) 小野 巖，日本歯科衛生士会，石川 純：歯ブラシの使い方指導の手びき，第5版，医歯薬出版，東京，1967，95-105。
 - 18) O'Leary, T.J., Drake, R.B. and Naylor, J.E.: The plaque control record. J. Periodontol., 43 : 38, 1972.
 - 19) Volpe, A.R., Manhold, J.H. and Hasen, S.P.: In vivo calculus assessment: Part I. A method and its examiner reproducibility. J. Periodontol., 36 : 292, 1965.
 - 20) Manhold, J.H., Volpe, A.R., Parkar, L. and Adams, S.H.: In vivo calculus assessment: Part II. A comparison of scoring techniques. J. Periodontol., 36 : 299, 1965.
 - 21) 鈴木康司，末田 武，木下四郎，他：歯ブラシの型，硬さと口腔清掃効果との関係について。口腔衛生会誌，20：9，1971。
 - 22) Löe, H.: The gingival index, the plaque index and the retention index system. J. Periodontol., 38 : 610-616, 1967.
 - 23) Ramfjord, S.P.: Indices for prevalence and incidence of periodontal disease. J. Periodontol., 30 : 51, 1958.
 - 24) Quigley, G.A. and Hein, J.W.: Comparative cleansing efficiency of manual power brushing. J. Amer. Dent. Ass., 65 : 26, 1962.
 - 25) Löe and Silness: Periodontal disease in pregnancy. I. Prevalence and severity, Acta. Odont. Scand., 25 : 533, 1963.
 - 26) Winer, B.J.: Statistical principles in experimental design. Ed. 2, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1971, 191-195.
 - 27) Bass, C.C.: An effective method of personal hygiene (Part II). J Louisiana M. Soc., 106 : 100-112, March, 1954.
 - 28) Phillips, J.E.: Acquiring and maintaining oral health through the blotting procedure and mouth hygiene. 1972.
 - 29) 木下四郎，新井 高：プラークコントロールについて。日本歯科評論，401：57，1976。
 - 30) Stillman, P.R.: A philosophy of the treatment of periodontal disease. D. Digest., 38 : 314, 1932.
 - 31) Charters, W.J.: Immunizing both hard and soft mouth tissue to infection by correct stimulation with toothbrush. J.A.D.A. 15 : 87, 1928.
 - 32) Smith, T.S.: Anatomic and physiologic conditions governing the use of the toothbrush. J.A.D.A., 27 : 874-878, 1940.
 - 33) Benedict B. Kimmelman and Co-authors: Re-

- serch in toothbrush design. Penn. Dent. J., 25 : 24, 1958.
- 34) 今川与曹, 石川 純, 大河原紳治 : 好ましい歯ブラシの使いかた, 歯周疾患の治療と予防の立場から, 歯界展望, 18 : 1299, 1961.
- 35) Bay, I., Kardel, K.M. and Skougard, M.R. : Quantative evaluation of the plaque removing ability of different types of toothbrushes. J. Periodontol., 38 : 526, 1967.
- 36) McCauley, H.B. : Toothbrush material and design. J.A.D.A., 33 : 283, 1946.
- 37) 新井 高 : 歯ブラシとブラッシング方法の相違による歯垢除去についての比較. 日歯周誌, 18 : 13-31, 1976.
- 38) 藤川謙次, 管井健仁, 鈴木邦治, 春田克典, 岡田彰, 村井正大 : 歯垢染色剤の染色効果に関する研究—とくに主観的および客観的測定値からみた結果について. 日歯周誌, 25 : 399-404, 1983.
- 39) Birman, O., and Kantarowicz, B. : An inxestion of the use of toothbrushes in the Netherland. Dent. Abs., 1 : 366, 1956.
- 40) A. Bryan Wade : Brushing practices of a group with periodontal disease; The prevention of periodontal disease. Edited by Eastan, J.E. et al., Henry Kington, London, 1972, 218.
- 41) Rodda, J.C. : A comparison of four methods of toothbrushing. New Zeal. Dent. J., 64 : 162, 1968.
- 42) McClure, D.B. : A comparison of toothbrushing techniques for the pre-school child. J. Dent. child, 33 : 205, 1966.
- 43) Harrington, J.H., and Terry, I.A. : Automatic and hand toothbrushing studies. J.A.P.A., 68 : 343, 1964.
- 44) Accepted Dental Therapeutics. Ed. 3, American Dental Association, Chicago, 1969-1970, 225.
- 45) 新井 高, 浦口良治, 渡辺 隆, 木下四郎 : 歯磨剤の磨耗性について. 日歯周誌, 18 : 99-124, 1976.