

— 原 著 —

リチウム電池内蔵電子歯ブラシの歯口清掃効果

眞木 吉信 杉原 直樹 池田 康子

高江洲 義矩

東京歯科大学衛生学講座

磯部 秀一

東京歯科大学歯科保存学第二講座

渋谷 仁志

東京歯科大学歯科放射線学講座

下津 昭洋

鹿児島大学歯学部歯科保存学講座(2)

(1993年2月3日受付)

(1993年2月9日受理)

Plaque Removal Effectiveness of the Toothbrush Employing Lithium battery

Yoshinobu MAKI, Naoki SUGIHARA, Yasuko IKEDA, Yoshinori TAKAESU

Department of Hygiene and Community Dentistry, Tokyo Dental College

Shuichi ISOBE

Department of Periodontics, Tokyo Dental College

Hitoshi SHIBUYA

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Tokyo Dental College

Akihiro SHIMOTU

Department of Periodontology, Kagoshima University School of Dentistry

東京歯科大学学会

P561~574

— 原 著 —

リチウム電池内蔵電子歯ブラシの歯口清掃効果

眞木吉信 杉原直樹 池田康子
高江洲 義 矩

東京歯科大学衛生学講座

磯 部 秀 一

東京歯科大学歯科保存学第二講座

渋谷 仁 志

東京歯科大学歯科放射線学講座

下 津 昭 洋

鹿児島大学歯学部歯科保存学講座(2)

(1993年2月3日受付)

(1993年2月9日受理)

Plaque Removal Effectiveness of the Toothbrush Employing Lithium battery

Yoshinobu MAKI, Naoki SUGIHARA, Yasuko IKEDA, Yoshinori TAKAESU

Department of Hygiene and Community Dentistry, Tokyo Dental College

Shuichi ISOBE

Department of Periodontics, Tokyo Dental College

Hitoshi SHIBUYA

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Tokyo Dental College

Akihiro SHIMOTU

Department of Periodontology, Kagoshima University School of Dentistry

緒 言

電子歯ブラシの歴史としては、1889年 Pratt¹⁾の創案と考えられる電子式歯ブラシが最初であり、これは、歯ブラシに内蔵した電池により人体との間に直流回路を構成することによって、通常の歯ブラシよりも高い刷掃効果を期待したものであった。我が国では1956年小守²⁾が“弗素を歯牙に浸透する方法としての電気歯刷牙につ

いて”の中で、1.5V乾電池内蔵の電子歯ブラシの効果を報告し、それ以降幾つか新しい電子歯ブラシの開発が試みられてきた³⁾。

電子歯ブラシの応用については現在までに大別すると、①歯齦炎などの歯周疾患に対する治療効果⁴⁻⁷⁾、②象牙質知覚過敏症に対する効果⁸⁻¹²⁾、③齲蝕予防を目的としたフッ素イオン導入への応用²⁾、④歯口清掃効果の

向上^{4,7,13)}, 以上の4つの項目についての研究が行われてきている。また, 電子歯ブラシ以外の微小電流によるイオン導入法については, ①微小電流による骨欠損部の骨形成¹⁴⁻¹⁷⁾, ②象牙質及び歯髄に対する影響¹⁸⁻²¹⁾, ③フッ素イオン導入法への応用²²⁻²⁷⁾, ④歯齦に対する影響²⁸⁾, ⑤ *mutans streptococci* の電極への吸着の仕方^{29, 30)}, 以上のような項目について研究が行われている。

本研究は, リチウム電池内蔵の電子歯ブラシを成人に応用し, (1)歯垢除去効果, (2)歯齦炎の改善, (3)口腔内細菌数の推移, (4)口腔内細菌の菌数レベルの高低による歯口清掃効果の比較, 以上の4項目より電子歯ブラシの有効性を検討することを目的とした。

対象および方法

1. 被験対象と実験期間

18歳から23歳までの歯科大学学生, 男子9名女子1名の合計10名を本研究の被験者とした。実験期間は1990年11月より1991年1月までの3か月間であった。

2. 使用歯ブラシ

今回実験に使用した電子歯ブラシは, 図1に示したように, 把持部に3.0Vのリチウム電池を内蔵し, 歯口清掃応用時には, 把持部が正(+), 植毛部が負(-)に帯電するしくみになっている(フクバhyG®, フクバデンタル, 千葉)。従って, ブラッシング時は植毛部が唾液でコーティングされ歯牙または歯齦に接触すると一定の回路が形成されることとなる。更に対照として, この歯ブラシからリチウム電池を除去した placebo を用意した。植毛部は毛先の直径が0.23mm, 長さ10.5mmで普通の硬さのものを用いた。

3. 実験方法

実験に先立って, 被験者の口腔内状況を判定するために, 唾液中および臼歯部隣接面歯垢の *mutans streptococci* のレベルをそれぞれ Mucount® (昭和薬

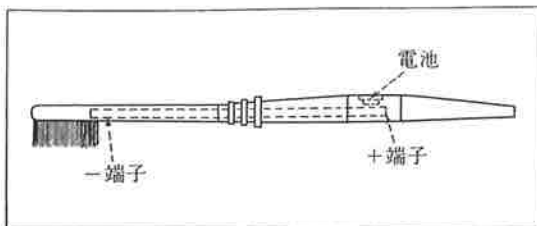


図1 リチウム電池内蔵電子歯ブラシ(フクバ hy-G®)の構造

品化工, 東京)³¹⁾と tooth pick method³²⁾によって測定した。また, 唾液中のグラム陽性菌の菌数レベルを調べる目的で RDtest®³³⁻³⁶⁾ (昭和薬品化工, 東京)を実施した。更に, 被験者の齶蝕経験の背景を把握する目的で DMF の記録を中心とした口腔内診査を実施した。

歯口清掃実験は, 表1に示したような3週間のブラッシング期間に基づく総計7週間にわたる次の計画を作成した。

- ① 通常の状態では上下顎前歯部の写真撮影による PMA index に基づく歯齦炎の広がり判定
- ② 歯垢染色剤塗布によるブラッシング期間前 Plaque score の記録
- ③ PMTC (Professional Mechanical Tooth Cleaning) による歯垢の完全除去
- ④ 歯垢染色剤の応用による歯垢の完全除去の確認
- ⑤ 3週間の歯口清掃実験の開始

この時の使用する歯ブラシはリチウム電池内蔵歯ブラシと Placebo 歯ブラシのどちらか一方を使用し, その分配は被験者以外の1名がコントロールする完全な二重盲検法を採用した。ブラッシングは朝食後と就寝前の1日2回, 約3分間とし, ブラッシング法はスクラビング法を基本とした。ブラッシングに際しては植毛部を水に浸すのみで, 歯磨剤および洗口剤の使用は禁止した。

- ⑥ 3週間後の歯口清掃効果の判定

再び表1に示した①~⑥の操作と評価を実施した。その後の1週間は通常の歯ブラシによる普段のブラッシングを行った。

- ⑦ 3週間の歯口清掃実験の再開

実験開始後5週目に再び表1の①~⑥までの操作を行った。但し, 使用歯ブラシは前回と逆のもの, つまり前回リチウム電池内蔵歯ブラシを使用したものは placebo 歯ブラシを使用した。以上2回の刷掃実験後の歯ブラシはすべて回収し, 植毛部の乱れの程度の測定から使用の有無を判定した。更に, 口腔内の細菌濃の変化を比較するために, 3週間の実験前後にガムベースによる刺激唾液と歯垢のサンプリングを行い, 実験開始前と同様な細菌数測定を実施した。

4. 評価方法

- (1) 歯垢除去率に基づく歯口清掃効果

2種類の歯ブラシの歯口清掃効果を判定するために, 本研究では O'Leary ら³⁷⁾の Plaque Control Record と Podshadley & Haley³⁸⁾による PHP (Patient Hygiene Performance) の2つの指標を採用した。但し, PHP は原法と異なり, 全歯牙の頬舌面を5分割し

表1 電子歯ブラシの歯口清掃効果, 歯齦炎指数の変化および細菌学的な口腔内環境の推移に関する実験過程

〈Caries Risk のスクリーニング〉	
①	Mucount® — 混合唾液中の <i>mutans streptococci</i> レベルの測定
②	RD test® — 混合唾液中のグラム陽性菌の測定
③	Tooth pick method — 隣接面歯垢中の <i>mutans streptococci</i> レベルの測定
〈DMF の記録を主とする口腔内診査〉	
〈歯ブラシ実験開始前〉	
④	PMA index のための前歯部写真撮影
⑤	歯垢染色と前歯部歯垢付着状態の写真撮影
⑥	歯垢指数のカウント
⑦	P. M. T. C. による専門的歯口清掃
⑧	歯垢染色による歯垢付着状態の確認
〈歯ブラシ実験開始 I〉	
3 週 間	3 週間の歯口清掃期間 — リチウム電池内蔵歯ブラシ または placebo 歯ブラシ
〈歯ブラシ実験終了〉	
①~③	の唾液中と歯垢中細菌レベルの測定
④~⑥	による歯垢付着状態と歯齦炎の評価
〈通常の歯口清掃期間〉	
1 週 間	1 週間の歯口清掃期間 — 通常の歯ブラシ
〈歯ブラシの実験開始前〉	
1st term の①~③による細菌レベルの測定と④~⑧による歯垢付着状態, 歯齦炎の評価および専門的口腔内清掃	
〈歯ブラシ実験開始 II〉	
3 週 間	前回と逆の歯ブラシによる 3 週間の歯口清掃期間
〈歯ブラシ実験終了〉	
1st term の①~③による細菌レベルの測定と④~⑥による歯垢付着状態と歯齦炎の評価	

て score を集計した。さらに, 刷掃前後の *mutans streptococci* レベルを主とする口腔内環境の評価を基に, Caries Risk の高い者と低い者とのそれぞれの歯垢除去効果を判定した。

(2) 歯齦炎

ブラッシング前後の歯齦炎の変化を見るために, Schour & Massler³⁹⁾の PMA Index (前歯部)を用い

た。PMA Index の評価は 3 週間にわたるブラッシング実験前後に歯垢染色前に撮影した口腔内写真から歯科医師 3 名の合意によって score を記録した。

(3) 口腔内細菌数の推移

ブラッシング実験期間前後の口腔内細菌数の推移は, ガムベースによる刺激唾液および臼歯部隣接面歯垢を用いた RDtest®, Mucount®, および tooth pick method の score を基に評価した。

(4) Caries Risk のスクリーニング

Caries Risk のスクリーニングについては, 歯口清掃実験の前後に実施した 3 種類の細菌学的試験の成績を総合して評価を下すこととした。評価方法として RDtest®では, score が Low に 1 点, Middle に 2 点, High に 3 点与え, Mucount®では score が(-)に 0 点, (+)に 1 点, (++)に 2 点, (+++)に 3 点を与え, tooth pick method では, 上顎と下顎に分けて *mutans streptococci* のコロニー数が, 片顎の 4 部位で最も多い部分をその顎での代表値として, コロニー数が, 0 個を(-)として 0 点, 1~20 個を(+)として 1 点, 21~100 個を(++)として 2 点, 100 個を越えるものを(+++)として 3 点を与えることとした。この 3 つの細菌学的試験項目の点数の 2 回の実験期間の前後の合計値の総計が 34 点を越える被験者を High risk group とし, 34 点未満のグループを Low risk group とした。次に, RDtest®と Mucount®のそれぞれについても, RDtest®では score がブラッシング前後で 4 回とも "high" つまり 3 点で総計 12 点とそれ未満に, Mucount® は 2 回のブラッシング前後 4 回の score の平均が 2 点以上つまり総計 8 点以上と未満に分け, High risk group と Low risk group として評価を下すこととした。

5. 解析方法

刷掃効果並びに歯齦炎の変化に関する統計学的な分析は J R I 統計分析システム V. 3, 2 (日本能率協会総合研究所, 東京)を用いて行った。

結 果

1. 歯垢付着からみた歯口清掃効果

O'Leary の PCR に基づく歯口清掃効果を示したものが図 2 である。リチウム電池内蔵歯ブラシを使用したブラッシングの歯垢除去効果は著しく, ブラッシング前後の歯垢付着率は 91.6% と 70.7% で両者の間には統計学的に有意な差が認められた ($p < 0.01$)。しかしながら対照の placebo 群ではブラッシング前後に大きな差はな

かった。また、歯垢除去率は実験群22.9%に対して placebo 群は4.5%と平均値では実験群の値が高かったが、統計学的な違いはなかった。図3は同様のデータを全歯の頬舌面を対象とした PHP score で示したものである。この結果もまた、O'Leary の PCR と類似したもので、placebo 群のブラッシング前後は52.4%と52.6%とほとんど差がなかったが、実験群のブラッシング前の歯垢付着が55.9%に対してブラッシング後では42.0%であり、この差も統計学的に有意であった(p < 0.05)。両者の歯垢除去率も実験群23.5%と placebo 群-2.2%と平均値で見ると大きな開きが見られたが、偏差が大きいため統計学的な有意差は認められなかった。

次に PHP score を用いて上下顎別に歯垢付着を分析すると、図4-a, b に図示したように、上顎では実験群のブラッシング前後と実験群および placebo 群のブラッシング後の値に統計学的な有意差が認められた(p < 0.01, p < 0.05)。これに対して下顎ではいずれの対

応する値にも有意差はなかった。また、PHP score により頬舌的な歯口清掃効果をみると頬側の実験群のブラッシング前後には明かな相違が認められた(p < 0.05)が、舌側では有意差はなかった(図5-a, b)。

図6-a, b は前歯部と臼歯部の歯口清掃効果を図示したものであるが、両者とも実験群のブラッシング前後には有意差が認められた(p < 0.05, p < 0.01)。

2. 唾液および歯垢中細菌数の推移

歯口清掃にともなう口腔環境の変化を測定するために、それぞれの歯口清掃期間前後に RD test®(昭和薬品化工, 東京)による唾液中の細菌数の測定, Mucount®(昭和薬品化工, 東京)による唾液中 *mutans streptococci* レベルの測定および tooth pick method による歯垢中 *mutans streptococci* レベルの測定を行いその結果を表2に示した。RD test score はリチウム電池内蔵歯ブラシによる歯口清掃期間前後ではすべての被験者において変化が認められなかった。placebo 歯ブラシに

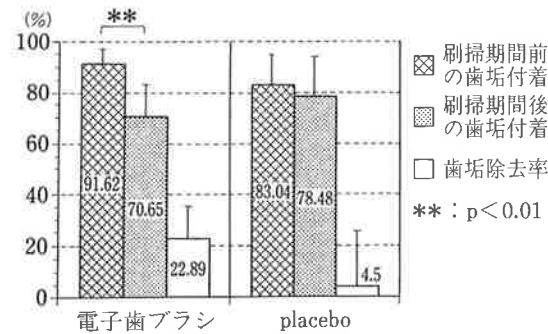


図2 O'Leary の PCR に基づく歯口清掃効果

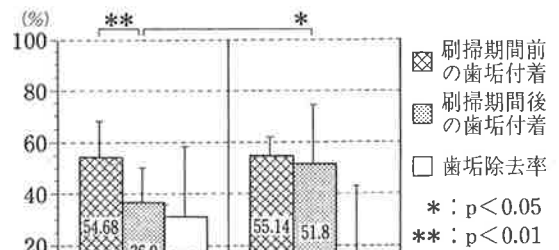


図4-a PHP score に基づく上顎歯列の歯口清掃効果

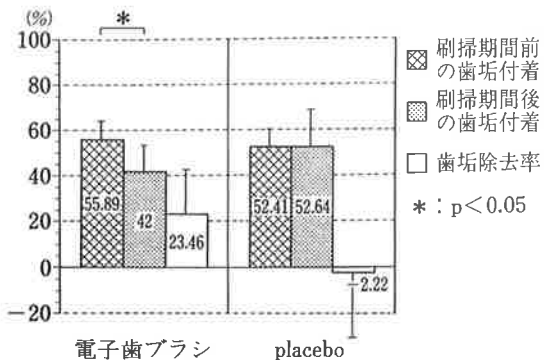


図3 PHP score に基づく歯口清掃効果

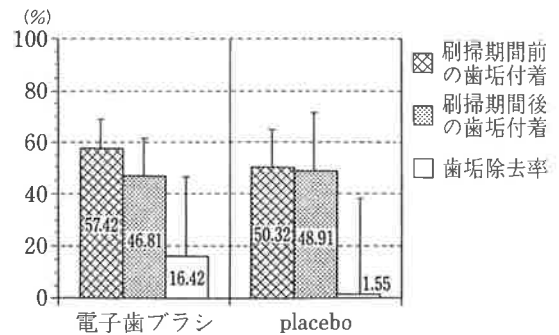


図4-b PHP score に基づく下顎歯列の歯口清掃効果

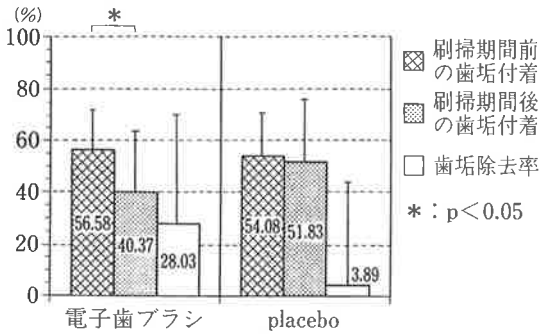


図 5 - a PHP score に基づく頬側歯面の歯口清掃効果

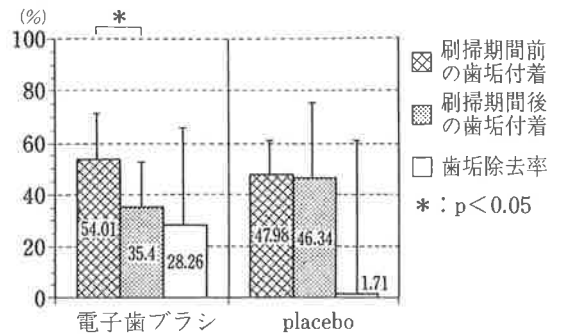


図 6 - a PHP score に基づく前歯部の歯口清掃効果

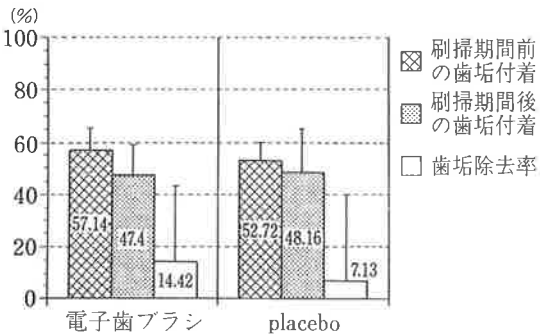


図 5 - b PHP score に基づく舌側歯面の歯口清掃効果

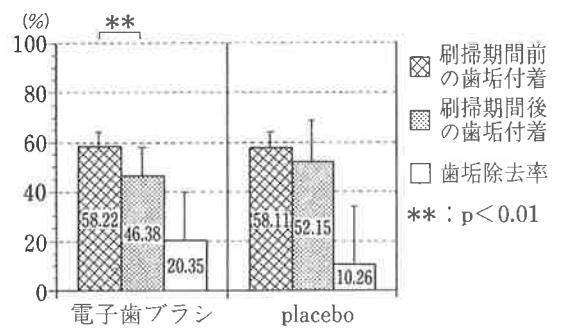


図 6 - b PHP score に基づく臼歯部の歯口清掃効果

においても刷掃前後で変化のあったのは低スコアの被験者 2 名のみであった。Mucount score についても刷掃前後で変化のあった者はリチウム電池内蔵歯ブラシの場合 2 名、placebo 歯ブラシも 3 名であり、high score にシフトした者と low score にシフトした者はそれぞれ 2 名と 3 名であり、いずれの歯ブラシにおいてもスコアの低下傾向は認められなかった。更に、歯垢中の *mutans streptococci* レベルも、両歯ブラシによる刷掃前後に著大な変化はなかった。

3. 細菌学的な Caries Risk の違いによる歯口清掃効果

電子歯ブラシで刷掃を行った実験期間の前後および placebo 期間の前後において、これらの test score および細菌数の変化が殆ど認められなかったことから、これらの test score および colony 数の点数の合計より、被検者 A~E の High risk group と被検者 F~J の Low risk group の 2 群(表 3)に分けて歯口清掃効果を分析した。その結果は図 7 - a, b, c, d に示すよう

に High risk group の電子歯ブラシ使用前は PHP score で見ると歯垢付着率が 58.6% に対して使用後が 37.9% と統計学的に有意に低い付着率を示した ($p < 0.01$)。しかしながら、placebo 群は使用前 50.3% に対して、使用後が 60.9% で付着率の減少は認められなかった。また、実験群と placebo 群の使用後の付着率についても統計学的な有意差が認められた ($p < 0.01$)。さらに、歯垢除去率についても、両者間には有意差があった ($p < 0.01$, 図 7 - a)。この結果は、O'Leary の PCR で評価しても PHP で観察された成績と同様であった(図 7 - b)。これに対して、Low risk group では PHP でも PCR でも電子歯ブラシおよび placebo 歯ブラシの使用前後における歯垢付着率には統計学的な有意差はなかった(図 7 - c, d)。なお、実験群でも placebo 群でも歯ブラシ使用前の歯垢付着は High risk group とほとんど同じで、両者に統計学的な有意差はなかった。

さらに、RD test® による Caries risk screening の

表 2 電子歯ブラシ使用前後の唾液中及び歯垢中細菌数の推移

被験者	性別	電子歯ブラシ								placebo							
		前				後				前				後			
		RD ¹⁾	Mucount ²⁾	MSB L ³⁾	MSB F ³⁾	RD ¹⁾	Mucount ²⁾	MSB L ³⁾	MSB F ³⁾	RD ¹⁾	Mucount ²⁾	MSB L ³⁾	MSB F ³⁾	RD ¹⁾	Mucount ²⁾	MSB L ³⁾	MSB F ³⁾
A46	♂	H ⁴⁾ 3	+++ 3	+++ 3	+++ 3	H 3	+++ 3	+++ 3	++ 2	H 3	+++ 3	+++ 3	+++ 3	H 3	+++ 3	+++ 3	++ 2
B44	♂	H 3	+++ 3	+++ 3	+++ 3	H 3	+++ 3	++ 2	+++ 3	H 3	+++ 3	++ 2	+++ 3	H 3	+++ 3	++ 2	++ 2
C40	♂	H 3	+++ 3	++ 2	++ 2	H 3	+++ 3	++ 2	+ 1	H 3	+++ 3	++ 2	+++ 3	H 3	+++ 3	++ 2	++ 2
D38	♂	H 3	+++ 3	++ 2	++ 2	H 3	+++ 3	++ 2	- 0	H 3	+++ 3	++ 2	++ 2	H 3	+++ 3	++ 2	++ 2
E34	♂	H 3	+++ 3	+ 1	- 0	H 3	+++ 3	+ 1	+ 1	H 3	+++ 3	+ 1	+ 1	H 3	++ 2	+++ 3	+++ 3
F32	♂	H 3	+++ 3	+ 1	++ 2	H 3	+ 1	++ 2	++ 2	M 2	++ 2	++ 2	++ 2	M 2	+++ 3	- 0	++ 2
G28	♂	H 3	- 0	++ 2	+ 1	H 3	+++ 3	+ 1	+ 1	H 3	++ 2	+ 1	++ 2	H 3	- 0	++ 2	+ 1
H28	♂	L 1	- 0	+++ 3	+++ 3	L 1	- 0	+++ 3	+++ 3	L 1	+ 1	++ 2	+++ 3	L 1	+ 1	++ 2	+++ 3
I22	♂	M 2	+ 1	++ 2	++ 2	M 2	+ 1	++ 2	++ 2	H 3	- 0	+ 1	- 0	M 2	- 0	+ 1	+ 1
J20	♀	M 2	- 0	++ 2	+++ 3	M 2	- 0	- 0	++ 2	M 2	- 0	+ 1	+ 1	L 1	- 0	++ 2	++ 2

1) RD test score とその配点
 L ; 1
 M ; 2
 H ; 3

2) Mucount test score とその配点
 - ; 0
 + ; 1
 ++ ; 2
 +++ ; 3

3) Tooth pick methodによる *mutans streptococci* colony 数とその配点
 - : 0 ; 0
 + : 1 ~ 20 ; 1
 ++ : 21 ~ 100 ; 2
 +++ : > 100 ; 3

4) 上段は test score
 下段は点数

結果(表 4)より, High risk group と Low risk group の歯口清掃効果を電子歯ブラシと placebo 歯ブラシで比較した成績が図 8 - a, b と図 9 - a, b である。PHP score に基づいた歯口清掃状況は High risk group では前述した 3 種類の細菌学的評価による総合的な screening と同様に 3 つの項目で統計学的な有意差(p < 0.05, p < 0.01)が認められ, 電子歯ブラシの効果が明確であったが, Low risk group ではいずれの値にも明確な差異はなかった(図 8 - a, b)。O'Leary

の PCR で観察した場合にも, High risk group の電子歯ブラシによる清掃前後に有意差が認められた(p < 0.01, 図 9 - a, b)。

次に唾液中 *mutans streptococci* の screening test である Mucount® によって screening された High risk および Low risk group の歯口清掃効果を示したものが図 10 - a, b と図 11 - a, b である。唾液中 *mutans streptococci* level の高低で電子歯ブラシと placebo 歯ブラシを比較しても, *mutans streptococci*

表3 High risk groupとLow risk groupの screening

	電子歯ブラシ		placebo		総合
	前	後	前	後	
A	12	11	12	11	46H ¹⁾
B	12	11	11	10	44H
C	10	9	11	10	40H
D	10	8	10	10	38H
E	7	8	8	11	34H
F	9	8	8	7	32L ²⁾
G	6	8	8	6	28L
H	7	7	7	7	28L
I	7	7	4	4	22L
J	7	4	4	5	20L

1) H : High risk group

2) L : Low risk group

levelの高い group では PHP score でも O'Leary の PCR による評価によっても電子歯ブラシの歯口清掃効果は明らかに認められた ($p < 0.05$, $p < 0.01$)。

4. 歯齦炎指数(PMA index)の推移

表5はリチウム電池内蔵歯ブラシと placebo 歯ブラシによる刷掃前後の PMA index の値を示したものである。リチウム電池内蔵歯ブラシは刷掃前後で統計学的に有意な差が認められ ($p < 0.05$)、歯齦炎の改善が見られたが、placebo 歯ブラシでは歯齦の状態はほとんど変わらなかった。

5. 被験者の齶蝕経験

本研究の被験者の齶蝕経験状況を示したものが表6である。High risk ならびに Low risk group における DMFT 指数, DMFS 指数, DT (未処置歯数) および DS (未処置歯面数) のいずれの値も統計学的に有意な差は認められなかった。

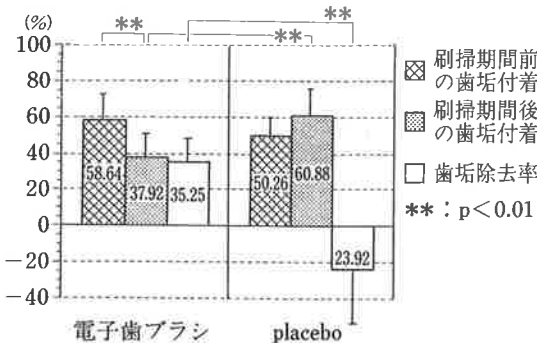


図7-a High risk groupのPHP scoreに基づく歯口清掃効果

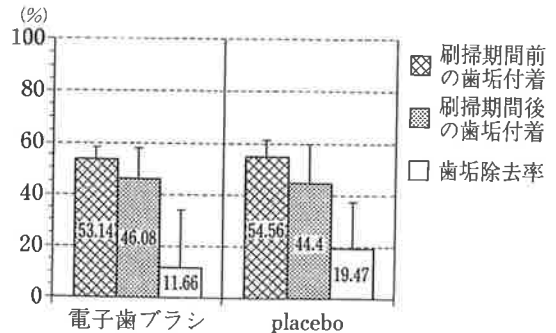


図7-c Low risk groupのPHP scoreに基づく歯口清掃効果

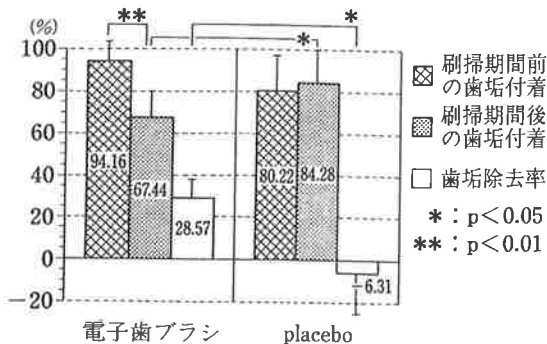


図7-b High risk groupのO'LearyのPCRに基づく歯口清掃効果

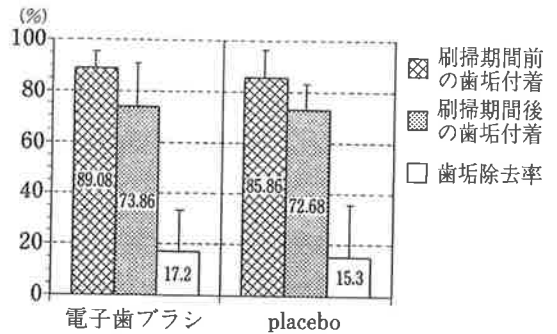


図7-d Low risk groupのO'LearyのPCRに基づく歯口清掃効果

表4 RDtest®および Mucont®による High risk group と Low risk group の screening

RDtest®の評点と screening					Mucont®の評点と screening						
被験者	電子歯ブラシ 前 後		control 前 後		screening の 評 価	被験者	電子歯ブラシ 前 後		control 前 後		screening の 評 価
A	3	3	3	3	12H ¹⁾	A	3	3	3	3	12H
B	3	3	3	3	12H	B	3	3	3	3	12H
C	3	3	3	3	12H	C	3	3	3	3	12H
D	3	3	3	3	12H	D	3	3	3	3	12H
E	3	3	3	3	12H	E	3	3	3	2	11H
F	3	3	2	2	10L ²⁾	F	3	1	2	3	9H
G	3	3	3	3	12H	G	0	3	2	0	5L
H	1	1	1	1	4L	H	0	0	1	1	2L
I	2	2	3	2	9L	I	1	1	0	0	2L
J	2	2	2	1	7L	J	0	0	0	0	0L

1) H : High risk group

2) L : Low risk group

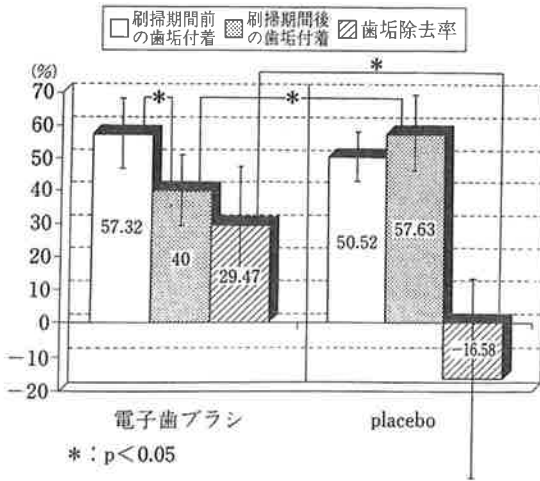


図8-a RD test®による High risk group の歯口清掃効果(PHP)

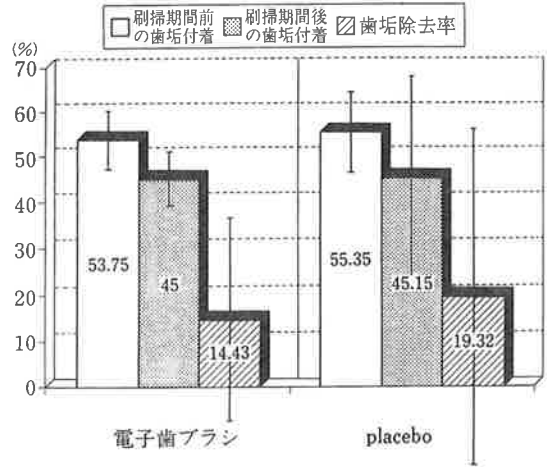
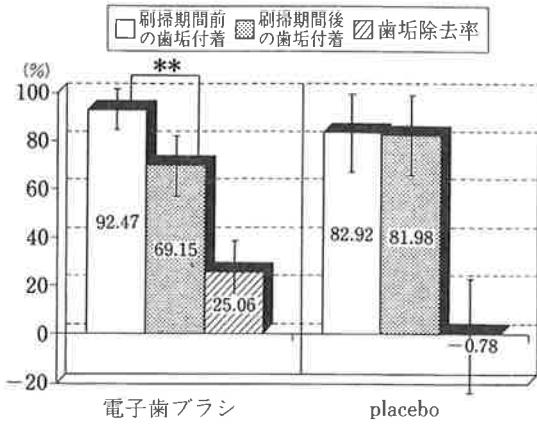


図8-b RD test®による Low risk group の歯口清掃効果(PHP)

考 察

齲蝕, 歯周病および象牙質知覚過敏症の予防と治療を目的とした電子歯ブラシの開発は比較的古くから報告されているが, これまでその評価は十分なものではなかった。歯垢除去効果1つを例に取っていても, 幾つかの研

究報告がなされているが, 歯垢除去率については統計学的な有意差があるとするものと認められないものが混在しているのが現状である^{4,7,13)}。そこで本研究は, 第一に, 歯垢付着状況を評価するために一般的に良く利用されている2つの歯垢指数(O'Leary's PCR と PHP)



** : p < 0.01

図9-a RD test® による High risk group の歯口清掃効果(O'Leary の PCR)

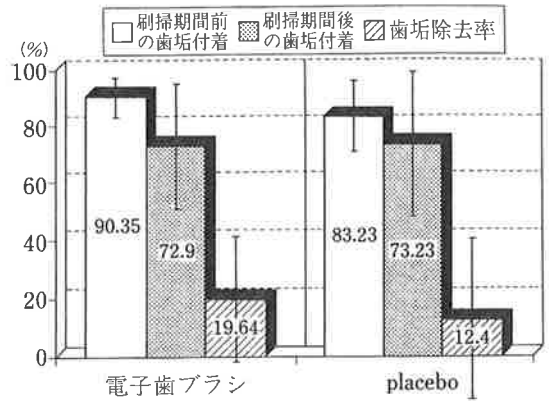
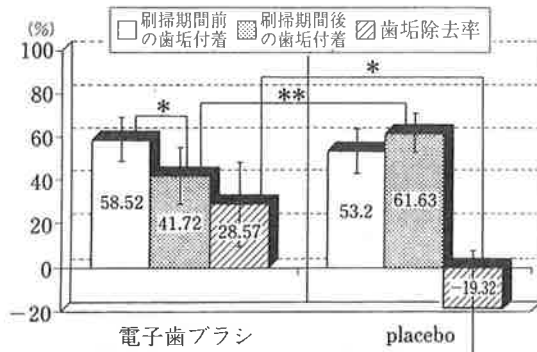


図9-b RD test® による Low risk group の歯口清掃効果(O'Leary の PCR)



* : p < 0.05 ** : p < 0.01

図10-a Muccount® による High risk group の歯口清掃効果(PHP)

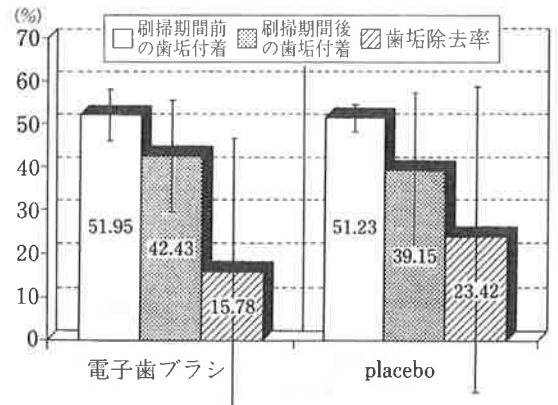
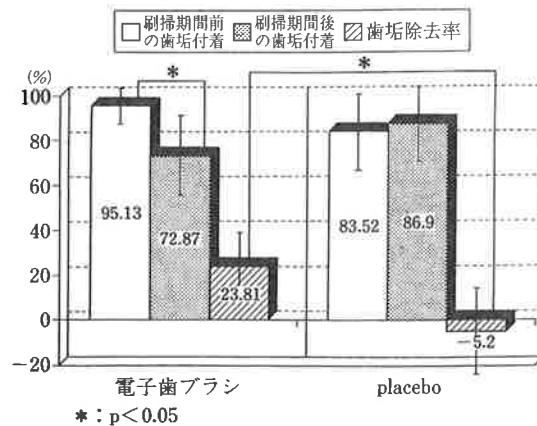


図10-b Muccount® による Low risk group の歯口清掃効果(PHP)



* : p < 0.05

図11-a Muccount® による High risk group の歯口清掃効果(O'Leary の PCR)

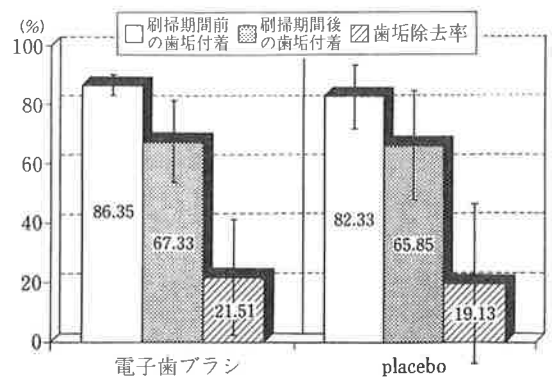


図11-b Muccount® による Low risk group の歯口清掃効果(O'Leary の PCR)

表5 電子歯ブラシの使用による歯齦炎指数 (PMA index)の推移

		PMA Index			
		電子歯ブラシ		placebo	
		前	後	前	後
A	♂	7	3	14	4
B	♂	7	5	4	3
C	♂	18	13	17	18
D	♂	3	2	1	2
E	♂	14	11	14	8
F	♂	21	22	24	24
G	♂	0	2	3	2
H	♂	18	16	16	18
I	♂	8	7	10	9
J	♀	14	13	15	14
平均値		11.00	9.40	11.80	10.20
S D		7.01	6.72	7.24	7.87

* : p < 0.05

表6 被験者の齶蝕経験

		DMFT	DMFS	DT	DS
High Risk Group	A	4	5	4	5
	B	15	22	2	2
	C	1	1	0	0
	D	7	17	0	0
	E	8	8	0	0
平均		7.0	10.6	1.2	1.4
S D		4.7	7.8	1.6	2.0
Low Risk Group	F	5	5	5	5
	G	0	0	0	0
	H	7	7	1	1
	I	10	13	0	0
	J	6	8	2	1
平均		5.6	6.6	1.6	1.6
S D		3.3	4.2	1.9	1.9
全体平均		6.3	8.6	1.4	1.5
S D		4.1	6.6	1.7	1.9

を採用した。第二に、微生物学的な Caries Risk の高低に注目し、被験者を High risk group と Low risk group に分けて歯垢除去効果を分析した。第三に、PMA index による歯齦炎の改善効果は、ブラッシング期間前後に撮影したスライド写真を使用し、実験に係わらない歯科医師3名の合意に基づく評価を行った。

電子歯ブラシの歯垢除去効果については、金井ら⁴⁾が中学生と高校生30名を対象として1カ月間使用後の有効な成績を示しており、最近では、大谷ら¹³⁾が電子歯ブラシは通常の歯ブラシに比べて30%前後の歯垢除去効果があったと報告している。本実験におけるリチウム電池内蔵歯ブラシの歯垢除去効果については、placebo 歯ブラシと比較して、一定の有効性が認められた。さらに、微生物学的な risk screening による High risk group と Low risk group を比較すると、Low risk group では電子歯ブラシの効果が認められないのに対して、Caries risk の高い High risk group では著名な有効性が認められた。

歯面への歯垢の蓄積は、歯垢形成の初期段階における口腔常在菌の吸着現象と付着現象によって始まると考えられている。Rölla et al.⁴⁰⁻⁴³⁾は enamel 表面への pellicle および歯垢の形成を吸着現象としてとらえ、細菌

の吸着現象を菌体、無機イオンおよび歯牙表層間に働く静電氣的結合によって説明している。すなわち、mutans streptococci など口腔細菌の菌体細胞の表面荷電は、陰性に帯電する phosphate を主とする lipoteichoic acid などの重合体の存在によるとしている。また、Bernardi et al.⁴⁴⁻⁴⁵⁾は enamel 表層のペリクルも同様に負に帯電していると述べており、これらの陰性帯電物質を唾液中の2価の陽イオン(Ca²⁺など)が架橋し相互の吸着が起こると説明している。実際、口腔内細菌の表層荷電および電気イオンの影響については、白金などの金属電極を用いた実験において確かめられ、細菌は陽極に多く吸着し、電圧の上昇に伴い吸着菌数も増加する。さらに、溶液中にCa²⁺を加えると吸着菌数が増加することも知られている^{29,30)}。

本研究に使用したリチウム電池内蔵歯ブラシは、歯ブラシの把柄部を陽極、植毛部を陰極としたもので、手指から全身を通じて口腔および歯を通る直流回路を形成しているものと考えられる。従って、口腔内でリチウム電池の陰イオンが作用した場合には、Ca²⁺架橋を仲介とする pellicle と細菌の結合に対して、この陰イオンが細菌とCa²⁺の結合を阻害し細菌の pellicle への吸着を妨げることが推測される。リチウム電池内蔵歯ブラシの歯

垢除去効果のメカニズムはこれまで「全身に直流回路を形成させ、陰性から歯ブラシの毛先に補給する電子でブレードを引きつけてブラッシングの機械的効果を助長させる」¹³⁾と説明されてきたが、本研究結果からは、前述したように電子歯ブラシの植毛部から持続的に発生する陰イオンが、細菌と歯面および細菌相互の緩やかな静電的結合を妨げるために、歯垢の蓄積を減少させる結果になるのではないかとと思われる。従って *mutans streptococci* のように歯面に付着しやすい細菌数のレベルが高いということは、それだけ電子歯ブラシより発生する陰イオンの作用により pellicle に対する細菌の吸着が阻害されて、この細菌付着の遅延が歯口清掃効果に表れるものと考えられる。

村井ら⁷⁾は1.5Vの単4電池を内蔵した歯ブラシによる歯口清掃効果を判定しているが、「イオン歯刷子における通電の有無では両者間に差は認められなかった」と結論している。これは第一に、歯ブラシ内蔵電池の容量が本研究で使用したものの1/2と低いこと、第二に被験者の電子歯ブラシの使用方法の問題、さらには、被験者の口腔内細菌 level の screening に基づいた分析がないことから十分な有効性が示されなかったものと思われる。

また、刷掃期間前後の Mucount® による唾液中 *mutans streptococci* level、隣接面歯垢中の *mutans streptococci* level および RDtest® によるグラム陽性菌の菌数には、電子歯ブラシでも placebo 歯ブラシでも殆ど変動がなかった。このように電子歯ブラシ使用後も菌数の減少が全く認められなかったことは、この歯ブラシは細菌の発育そのものを抑制するような作用はないものと考えられる。よって、本研究でリチウム電池内蔵歯ブラシにより得られた歯垢付着の減少効果は、口腔内細菌に対する直接効果ではなく、これまで説明してきたような静電作用による細菌と enamel 表層の吸着、あるいは細菌の凝集に関連する電子結合に対する脱極作用によるメカニズムを支持している。

電子歯ブラシの歯齦炎に対する効果については、これまで金井ら^{4,5)}、宇内ら⁶⁾がその有効性を認めており、発赤の改善については村井ら⁷⁾も通電の効果を観察している。本研究でも電子歯ブラシの使用前後における炎症部位の減少は、placebo 歯ブラシと比較して明らかであった ($p < 0.05$)。改善された要因として考えられるのは、まず、歯齦炎の原因となる歯垢の付着の減少によるものと、歯齦に通電することで粘膜組織の活性化が計られたことによると思われる。このような組織の活性化⁶⁾は、

骨の圧電気現象や電氣的化骨といった骨に関する電気現象^{14-17,47)}によっても説明される。

また、今回の実験では確認していないが、村井¹¹⁾、太田ら¹²⁾は象牙質知覚過敏症に対して、電子歯ブラシとともに1000ppmF⁻のフッ化物配合歯磨剤を6週間使用すると60~70%の人々に効果があるとしている。さらに、これまで臨床に応用されてきた電子歯ブラシには、知覚過敏症の処置に対しても安全性が認められており¹⁰⁾、口腔軟組織など生体に対する副作用もないと報告されている¹¹⁾。

結 論

リチウム電池内蔵歯ブラシについて3週間にわたる歯口清掃効果、歯齦炎の変化、口腔内細菌数の推移および細菌学的な Caries Risk に基づく刷掃効果の違いに関する研究を実施した結果次の結論が得られた。

- 1) リチウム電池内蔵歯ブラシの歯口清掃効果を、PH P と O'Leary の PCR の 2 つの plaque index で比較したところ、使用前後の歯垢付着状態において有意差が認められた ($p < 0.01$, $p < 0.05$)。これに対して placebo 歯ブラシでは使用前後で歯口清掃効果の違いは認められなかった。
- 2) 歯齦炎については、PMA Index を用いて評価した結果、電子歯ブラシの使用前後で炎症部位の減少が認められた ($p < 0.05$)。
- 3) 電子歯ブラシ使用前後の口腔内細菌数の推移については、明確な菌数レベルの変動が認められなかった。
- 4) 口腔内細菌数のレベルの高低すなわち細菌学的な Caries Risk の高低による歯垢除去効果の違いについては、RDtest® 並びに Muccount® により screening した場合、いずれにおいても High risk group に高い歯口清掃効果が得られた ($p < 0.01$, $p < 0.05$)。次に、RDtest® と Muccount® の成績に、tooth pick method による歯垢中 *mutans streptococci* レベルの評価を加えて総合的に Risk を判定した場合は、High risk group において、さらに明瞭な歯垢除去効果を認めた ($p < 0.01$)。

謝 辞

稿を終るにあたり、本研究の実施に際してお世話になりました、本学口腔外科学第一講座山内智博大学院生と歯科保存学第三講座牟田具城大学院生に心から感謝申し上げます。

文 献

- 1) Pratt, H. P. (1889) : Electric Brush, U. S.

- Patent No.407, 115, July 16.
- 2) 子守 昭(1956) : 弗素を歯牙に浸透する方法として電子歯刷子について, 日本口腔科学会誌, 5 : 390~393.
 - 3) 大谷広明(1991) : 歯ブラシ事典, 第1版, 23~24, 学建書院, 東京.
 - 4) 金井昌邦, 金光秀明, 加藤倉三, 川島 康, 荻原和志(1957) : 中学・高校生とに見られる歯齦炎の電気歯ブラシによる治療効果(第1報), 日本学校歯科医師会, 2 : 29~31.
 - 5) 金井昌邦, 子守 浩, 平野英男, 加藤倉三, 高橋廉平, 北村悟郎, 金井良雄(1958) : 歯槽膿漏症に対する物理化学療法の成績(1), 歯界展望, 14 : 739~744.
 - 6) 宇内 充, 小林 博, 川島 康, 興水正樹(1976) : 辺縁性歯齦炎に対するイオン歯ブラシの効果について, 口腔衛生会誌, 26 : 120.
 - 7) 村井正大, 伊藤公一, 飯塚哲也, 辻 康雄, 吉沼直人, 鴨井久一, 保母良基, 戸来 徹, 本田 忍, 吉永英司, 長谷川紘司, 宮下 元, 三沢一男, 齊藤 衛, 大竹 徹(1985) : 歯周疾患に対するイオン導入電気歯ブラシの効果について, 日歯周会誌, 27 : 651~660.
 - 8) Collins, E. M. (1962) : Desensitization of hypersensitive teeth, Dent Dig, 68 : 360~363.
 - 9) Jensen, A. L. (1964) : Hypersensitivity Controlled by Iontophoresis. J Amer Dent Ass, 68 : 216~225.
 - 10) Schaeffer, M. L., Bixler, D. and Yu, PaoLo (1971) : The Effectiveness of Iontophoresis in Reducing Cervical Hypersensitivity, J. Periodontol, 42 : 695~699.
 - 11) 村井正大, 伊藤公一, 高野雅行, 折笠広樹, 大屋修治, 牧野勲嗣(1978) : イオン導入電気歯ブラシ使用による歯頸部知覚過敏症治療への効果, 日大歯学, 52 : 760~765.
 - 12) 太田紀雄, 秋田有一, 加藤世一, 芹沢千洋, 平林秀俊, 篠原昭夫(1979) : イオン導入電気歯ブラシ応用による象牙質知覚過敏症への効果, 松本歯学 5 : 191~199.
 - 13) 大谷 宏, 足立正徳, 兼松悦子, 兼松義男(1986) : 電子式歯ブラシの刷掃効果, 日本歯科評論, 530 : 251~257.
 - 14) 唐木良一(1979) : 微小電流による下顎骨の皮質骨内改築・仮骨形成に関する実験的研究, 九州歯会誌, 32 : 590~608.
 - 15) 久保田浩三(1982) : 歯槽骨の人工的欠損に及ぼす微小電流の影響に関する実験的研究, 九州歯会誌, 36 : 64~81.
 - 16) 保健同人社(1987) : 電磁波による骨電気療法, 直流電流による骨電気療法, 暮らしと健康, 2 : 48.
 - 17) 久保田浩三, 日高理智, 安元和雄, 林川貴志, 梅崎良一, 唐木良一, 宗洋一郎, 山本博武(1987) : 微小電流刺激による歯槽骨形成の実験的研究 — 人工的骨欠損部への Tricalcium Phosphate の応用, 九州歯会誌, 41 : 985~993.
 - 18) 鈴木賢素(1951) : 電気麻痺法による新しい象牙質除痛法, 口腔病学会雑誌, 19 : 1~11.
 - 19) Stowell, E. C., Taylor, J. B. and Wainwright, W. W. (1961) : Ion penetration through teeth as influenced by an electrostatic field. J Dent Res, 40 : 739.
 - 20) Lerlcowitz, W. (1962) : Pulp response to ionization, J Pros Dent, 12 : 966~976.
 - 21) Scott, H. M. (1962) : Reduction of sensitivity by electrophoresis, J Dent Child 4 : 225~241.
 - 22) Schlegel, P. L., Stowell, E. C. and Emmer-son, C. C. (1962) : The influence of an electrical potential on topically applied fluorides, J Southern Calif State Dent Asso, 9 : 321~327.
 - 23) 川島 康(1970) : フッ素イオン導入法の臨床, 歯界展望, 36 : 863~868.
 - 24) Holman, D. J. (1982) : Desensitization of dentin by iontophoresis, A review, General Dentistry, 30 : 481~483.
 - 25) Lutins, N. D., Greco, G. W. and MacFall, Jr. W. T. (1984) : Effectiveness of sodium fluoride on tooth hypersensitivity with / without iontophoresis, J Periodontol, 55 : 285~288.
 - 26) Jeske, A. H. (1984) : Reduction of dentin hypersensitivity using fluoride iontophoresis, Ill Dent J, 53 : 179~189.
 - 27) Brough, K. M., Anderson D. M., Love, J. and Overman, P. R. (1985) : The effectiveness of iontophoresis in reducing dentin hypersensitivity, J Am Dent Ass, 111 : 761~765.
 - 28) 井村良一(1963) : 通電が歯肉に及ぼす影響, 日保歯誌, 5 : 77~94.
 - 29) 山本光人(1986) : *St. mutans* の白金電極への吸着に関する研究, 歯基礎誌, 28 : 424~449.
 - 30) 関森麻子, 山下喜久, 竹原直道(1989) : *Bacteroides gingivalis* および他の口腔細菌の表層電荷に及ぼすカルシウムイオンの影響, 口腔衛生会誌, 40 : 558~559.
 - 31) Matsukubo, T., Ohta, K., Maki, Y., Takeuchi, M. and Takazoe, I. (1981) : A semiquantitative determination of *streptococcus mutans* using its adherent ability in a selective medium, Caries Res 15 : 40~45.
 - 32) Kristoffersson, K. and Bratthall, D. (1982) : Transient reduction of *Streptococcus mutans* interdentially by chlorhexidine, Scand. J. Dent. Res., 90 : 417~422.
 - 33) 眞木吉信, 山本秀樹, 松久保隆, 高江洲義矩, 渋谷 睦, 木下雄一, 齊藤 齊, 田中文夫, 浅見邦明(1983) : 唾液による齶蝕活動性迅速判定法としての Resazurin Disc の変色特異性, 口腔衛生会誌, 33 : 61~74.
 - 34) 眞木吉信, 山本秀樹, 松久保隆, 高江洲義矩, 渋谷 睦, 浅見邦明(1984) : Resazurin Disc 法による

- 齧蝕活動性迅速判定試験と齧蝕現症, 口腔衛生会誌, 34 : 88~96.
- 35) 眞木吉信, 山本秀樹, 松久保隆, 高江洲義矩, 渋谷 睦(1984) : Resazurin Disc 法による齧蝕活動性迅速判定試験と齧蝕発病の予測性, 口腔衛生会誌, 34 : 208~214.
- 36) Maki, Y., Yamamoto, H., Takaesu, Y., Shibuya, M., Kinoshita, Y. and Asami, K. (1986) : A rapid caries activity test by resazurin disc, Bull Tokyo Dent Coll, 27 : 1~13.
- 37) O'Leary, T. J., Drake, R. B. and Naylor, J. E. (1972) : The plaque control record, J Periodontol, 43 : 38.
- 38) Podshadley, A. G. and Haley, J. V. (1968) : A method for evaluating oral hygiene performance. Publ Hlth Rep, 83 : 259~264.
- 39) Schour, I. and Massler, M. (1948) : Prevalence of gingivitis in young adults, J dent Res, 27 : 733~734.
- 40) Röllä, G. (1977) : Formation of dental integuments some basic chemical considerations, Swed Dent J, 1 : 241~251.
- 41) Röllä, G., Oppermann, R. V., Bowen, W. H., Ciardi, J. E. and Knox, K. W. (1980) : High amounts of lipoteichoic acid in sucrose induced plaque in vivo, Caries Res, 14 : 235~238.
- 42) Röllä, G. (1980) : Role of adherence in the development of dental plaque, In : The borderland between caries and periodontal disease II. (Lehner, T. and Cimasoni, G., ed.), 227~240, Acad Press Inc, London.
- 43) Röllä, G., Iverson, O. J. and Bonsevoll, P. (1978) : Lipoteichoic acid—the key to the adhesiveness of sucrose grown Streptococcus mutans, In. Secretory immunity and infection (McGhee, J. R., Mesteckey, J. L. ed), 607~618, Plenum Publishing Corp., New York.
- 44) Bernardi, G. and Kawasaki, T. (1968) : Chromatography of polypeptides on hydroxyapatite columns, Biochim Biophys Acta, 168 : 301~310.
- 45) Bernardi, G., Giro, M. G. and Gaillard, C. (1972) : Chromatography of polypeptides and proteins on hydroxyapatite columns, Some new developments, Biophys Acta, 278 : 409~420.
- 46) 深山正博(1992) : ブラッシングによるラット切歯部歯槽骨の組織変化に関する実験的研究, 歯科学報, 92 : 1153~1183.
- 47) Bassett, C. A. (1971) : Biophysical principle affecting bone structure, The biochemistry and physiology of bone III, 1-76, Academic Press, New York.

Yoshinobu MAKI, Naoki SUGIHARA, Yasuko IKEDA, Yoshinori TAKAESU, Shuichi ISOBE*, Hitoshi SHIBUYA**, and Akihiro SHIMOTSU*** : **Plaque Removal Effectiveness of Toothbrush Employing Lithium Battery**, *Shikwa Gakuho*, 93 : 561~574, 1993.

(Department of Hygiene and Community Dentistry, Tokyo Dental College.

*Department of Periodontics, Tokyo Dental College. **Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Tokyo Dental College. ***Department of Periodontology, Kagoshima University School of Dentistry)

Key Words : *Electric toothbrush — Plaque removal effectiveness — Caries risk — Mutans streptococci.*

The purpose of this study is to evaluate efficacy of lithium battery tooth brushes in removing plaque, improving gingivitis, and altering bacterial levels. After brushing period, 2 kinds of plaque scores based on caries risk were used to compare plaque accumulations.

The experimental toothbrush had a 3-volt lithium battery installed in the handle. The battery supplied a positive electrical charge to the metal handle and a negative electrical charge to the bristles. The control toothbrush was of the same shape and materials but lacked batteries. For 7 weeks, from November, 1990, till January, 1991, a double blind study was conducted

on 10 dental students.

Clinical parameters were modified PHP and O'Leary's PCR for plaque accumulation and the PMA index for gingivitis. Caries risk was screened on the basis of 3 considerations : levels of *mutans streptococci* in saliva and plaque and numbers of Gram-positive microorganisms in saliva.

Results :

1. Plaque removal

Estimates according to O'Leary's PCR ($p < 0.01$) and PHP scores ($p < 0.05$), the efficacies of the lithium battery toothbrush and the control toothbrush differed significantly. After the experimental period, the control toothbrush was shown to be no more effective in plaque removal than ordinary toothbrushes.

2. Improvements in gingivitis

In terms of the PMA index ($p < 0.05$), the lithium battery toothbrush produced better results than the control toothbrush.

3. Changes in bacterial levels

No changes in oral microorganism levels was observed after the experimental period, no matter which kind of toothbrush was used.

4. Plaque accumulation compared in terms of caries risk group

In the Low risk group, no significant differences were observed between the toothbrushes before and after the experimental period. In the High risk group, however, according to the O'Leary's PCR ($p < 0.01$) and PHP scores ($p < 0.05$), the lithium battery toothbrush removed bacterial plaque more effectively.