

マルチブラケット装置装着患者におけるリチウム電池内蔵
電子歯ブラシの歯垢除去効果

Effects of an electric toothbrush with lithium battery on plaque
control in patients with multibracket appliances

新道 佳代 石田真奈美 天野 有希
進来 亜希 永金 則子 八塚 尋子
下田 美和 丹根 一夫

Kayo SHINDO, Manami ISHIDA, Yuki AMANO, Aki SUZUKI, Noriko NAGAKANE,
Hiroko YATSUZUKA, Miwa SHIMODA and Kazuo TANNE

中・四国矯正歯科学会雑誌 第8巻 第1号
平成8年7月発行

Vol. 8, No. 1, July 1996

マルチブラケット装置装着患者におけるリチウム電池内蔵電子歯ブラシの歯垢除去効果

Effects of an electric toothbrush with lithium battery on plaque control in patients with multibracket appliances

新道佳代, 石田真奈美, 天野有希, 進来亜希, 永金則子, 八塚尋子, 下田美和, 丹根一夫

Kayo SHINDO, Manami ISHIDA, Yuki AMANO, Aki SUZUKI, Noriko NAGAKANE, Hiroko YATSUZUKA, Miwa SHIMODA and Kazuo TANNE

キーワード: 電子歯ブラシ, 矯正治療, 歯垢除去効果

緒 言

齲蝕や歯周疾患の原因となるプラークを取り除き, その付着の抑制を目的とするプラークコントロールを徹底させることは, 歯科矯正治療中の齲蝕および歯周疾患を予防する上できわめて重要である. プラークコントロールの主たる手段には, 各種歯ブラシ, デンタルフロスなどによる機械的清掃がある. プラークコントロールの徹底は, 一般の患者にとっても容易なことではないが, 年単位の治療期間を要するマルチブラケット装置による歯科矯正治療を受ける患者にとっては, プラークコントロールの良否が治療の目標を決定する大きな要因のひとつとなる.

プラークコントロールを行う上での有効な手段として, 近年開発されてきた電子歯ブラシが挙げられる. 本歯ブラシは, 1889年に Pratt¹⁾ が生体との間に直流回路を形成して歯ブラシの毛先に電子を供給することにより, プラークを毛先に引きつけることを目的に創案したものである. その後わが国でも, 1950年代より歯へのフッ素イオン導入を目的としたものも含めて, 乾電池式の電子歯ブラシの効果が報告されてきた^{2,3)}. また, 毛先への電子供給源として半導体を用いたものも考案されて, その効果についても様々な報告⁴⁻¹⁷⁾ がなされている. しかし, 従来の報告の多くは一般患者に対するものであって, 歯科矯正治療中の患者に対する効果を検討した

ものはほとんどない.

本研究では, マルチブラケット装置を用いた歯科矯正治療を受けている患者におけるリチウム電池内蔵の電子歯ブラシの歯垢除去効果について, その有効性を明らかにするとともに臨床応用の可能性を検討することを目的とした.

対象および方法

1. 被験者

叢生の改善を主訴として広島大学歯学部附属病院矯正科に来院した18歳から30歳(平均年齢23歳5か月)までの不正咬合患者14名(男子2名, 女子12名)を本研究の被験者とした. 実験は, 1994年10月から1995年4月までの7か月間のうち1被験者につき15週間にわたり行われた. 歯科矯正治療の段階としては, マルチブラケット装置によるレベリング後, 抜歯空隙の閉鎖を行っている時期で, 著しい歯の位置異常はすでに改善されていた. すべての被験者に対して, 治療開始前に歯科医師あるいは歯科衛生士が, スクラッピング法によるブラッシング法を含む口腔衛生指導を行った.

2. 被験歯ブラシ

今回使用した電子歯ブラシ(フクバ HyG, フクバデンタル, 千葉)は把持部に3.0Vのリチウム電池を内蔵しているため, 把持部が正(+), 植毛部

が負(−)に帯電する。すなわち、ブラッシング時には植毛部が唾液によってコーティングされることにより、歯肉や歯に接触すると体内を通る一定の回路が形成されることになる。対照としては、同じ歯ブラシからリチウム電池のみを除去したものと、電池の正負極を逆にしたものを使用した。植毛部の大きさは縦18.5ミリ、横8.7ミリ、毛先の直径は0.23ミリ、長さ9.5ミリで、中程度の硬さのものを使用した(図1)。

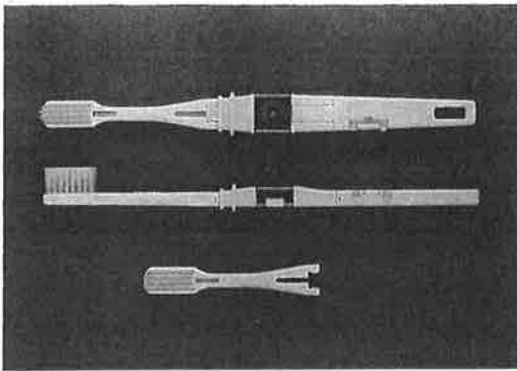


図1 使用した歯ブラシ

3. 実験方法

実験は以下の手順に従って行った。

- ①被験者が通常のブラッシングを行った後、アーチワイヤーを撤去し、上下顎全歯面に歯垢染色剤を塗布する。
- ②実験開始前のプラークスコアを記録する。
- ③歯科医師が機械的清掃を行い、歯垢を完全に除去する。また、必要に応じてスケーリングなどの処置を行う。
- ④再度上下顎全歯面に歯垢染色剤を塗布し、歯垢が完全に除去されていることを確認する。
- ⑤調整したアーチワイヤーを口腔内に装着し、3週間の口腔清掃実験を開始する。

この時使用する歯ブラシは、リチウム電池内蔵歯ブラシ、電池を抜いてあるプラセボ歯ブラシ、電池のプラス極とマイナス極を逆にして装着してある歯ブラシの3種類で、これら歯ブラシの1本を3週間連続で使用させた。植毛部分は1週間ごとに交換し、使用後は植毛部、把持部とも完全に回収した。実験用の歯ブラシを使用しているか否かについては、植毛部の毛先の開き具合と患者本人からの申告によって判定した。また3種類の歯ブ

ラシの分配に関しては、検者以外の1名の矯正歯科医がコントロールし完全なダブルブラインドとした。なお、当科における患者については、歯科矯正治療開始時にスクラッピング法による徹底したブラッシング指導を行っているため、実験開始に際して特別な指示は与えず、歯ブラシの金属部分を必ず握ってブラッシングするということと、歯磨剤、洗口剤は使用しないことを徹底した。

- ⑥3週間後にアーチワイヤーを撤去して歯垢の再付着状況の評価
- ⑦調整したアーチワイヤーを口腔内に再装着
- ⑧3週間、各自が通常使用している歯ブラシを用い、通常のブラッシング方法にてブラッシングを行わせる。この時、特別な指示は与えなかった。
- ⑨①～⑧の手順を、上記の3種類の歯ブラシについて繰り返す。

なお、対象歯は上下顎とも抜歯した小白歯を除く第二大臼歯までとした。

4. 評価ならびにデータ処理

歯垢の再付着状況は、Podshadley と Haley による PHP (Patient Hygiene Performance) 法¹³⁾ に準じて行った。ただし、原法とは異なり、唇(頬)側、舌側の各歯面を近遠心的に3等分し、近心部、歯冠中心部、遠心部とした。歯冠中心部についてはさらに歯頸部、中央部、切端部に3等分することにより、すべての歯の唇(頬)舌面を5部位に分割した。すべての歯の歯面を歯垢染色液(プロスペック;而至,東京)にて染色し、歯面の各部位が赤く染色されれば1点を、染色されなければ0点を与える。すなわち、唇(頬)側、舌側のいずれかの5部位全体に赤染部が存在すれば5点となり、まったくなければ0点となる。この点数の集計結果を各被験者個人のスコアとし、これより PHP インデックスを求めた。

各被験者ごとに実験開始時の PHP インデックスとそれぞれの歯ブラシを使用した後の PHP インデックスより歯垢付着の減少率を求め、3種類の歯ブラシ間での比較を行った。また結果の統計処理には Student の t-test を用いた。

研究結果

使用した3本の歯ブラシについて、特に使用感に

関して差異はなく、微小電流を生体内に流したことによるものと見られる悪影響は、歯牙硬組織や口腔粘膜、歯肉などの軟組織のいずれにおいても認められず、本歯ブラシの安全性が確認された。

歯垢の再付着状況は、それぞれの歯ブラシを使用した場合について、唇（頬）側、舌側の減少率を上下顎ごとに求め、さらに唇（頬）側については、近心部、切端部、中央部、歯頸部、遠心部の5部位それぞれの減少率を上下顎ごとに求めて、基準値（減少率0）と比較した。

すべての歯の歯垢付着の減少率は、電池を正しく入れて使用している場合、および電池の正負を逆に使用している場合のいずれにおいても基準値（減少率0）に比べて有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。また、部位別に見ると下顎の舌側を除いてほぼ同様の傾向がみられたが、上顎の舌側では電池の正負を逆に使用している歯ブラシの場合のみに有意に高い値が認められた（ $p < 0.05$ ）。さらに、下顎の舌側ではどの歯ブラシ間においても有意な差は認められなかった（図2）。

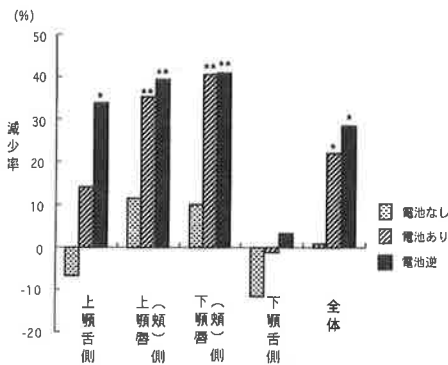


図2 上下顎唇（頬）側、舌側における歯垢再付着の減少率

* 5%レベルで減少率0との有意差有り
 ** 1%レベルで減少率0との有意差有り

次に、矯正装置装着付近となる、歯の唇（頬）側面において、近心部、切端部、中央部、歯頸部、遠心部の部位別に歯垢再付着の減少率を比較した。その結果、上顎では、電池を正しく入れて使用している場合、および電池の正負を逆に使用している場合のいずれでも基準値（減少率0）に比べてその減少率は有意に高い値を示した（ $p < 0.05$, $p < 0.01$ ）（図3）。下顎では、近心部、中央部と遠心部で上顎とほぼ同様の結果が得られたが、歯頸部では電池を

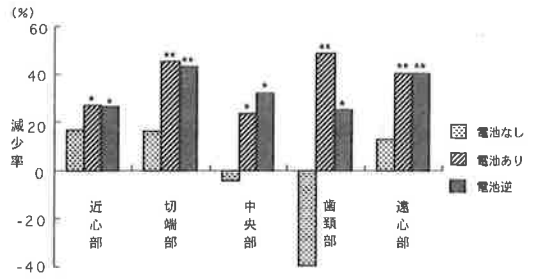


図3 上顎唇（頬）側面における各部位ごとの歯垢再付着の減少率

* 5%レベルで減少率0との有意差有り
 ** 1%レベルで減少率0との有意差有り

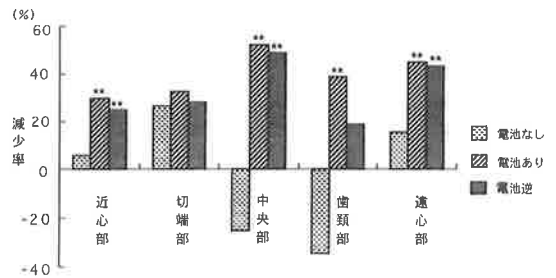


図4 下顎唇（頬）側面における各部位ごとの歯垢再付着の減少率

* 5%レベルで減少率0との有意差有り
 ** 1%レベルで減少率0との有意差有り

正しく入れて使用した場合にのみ有意に高い減少率を示し（ $p < 0.01$ ），切端部では各歯ブラシ間に有意な差は見られなかった（図4）。

考 察

一般的に歯科矯正治療は年単位の治療期間を必要とし、その治療に際しては、マルチブラケットシステムをはじめとした複雑な装置が口腔内に装着されることが多い。そのため患者自身のプラークコントロールの良否により治療目標を変えざるをえない場合もあり、治療の良否が決定されることも少なくない。現在、一般的にプラークコントロールは様々な種類の歯ブラシによる機械的な方法で行われている。歯ブラシは種々の型が開発されているが、近年プラークに対する微小電流の効果を応用した電子歯ブラシが考案されてきた。

微小電流は歯や口腔粘膜上への細菌の吸着に影響を及ぼすことが知られているため¹⁸⁾、歯ブラシを介して生体内に微小電流を流すことにより、細菌の吸

着を抑制するという目的で電子歯ブラシが考案された¹⁾。微小電流を発生させる方法として当初は直流電流を流したが、その後半導体を歯ブラシに組み込んだものが考案された。半導体歯ブラシに組み込まれた半導体は、光エネルギーを電子エネルギーに変換することにより生体内に約 10 nA の微小電流を流すことになるといわれている¹³⁾。しかしその使用については有効な波長の光量が十分得られる場所が望ましいとされるなど⁷⁾、その能力を十分発揮させるためには、解決しなければならない条件も多い。今回用いたリチウム電池内蔵電子歯ブラシ内に流れる微小電流は約 0.15 mA となり（生体内の抵抗を約 20 k Ω とする）、その電流の発生は歯ブラシに内蔵されたリチウム電池によっているので、半導体歯ブラシより電流量が大きい分、細菌の吸着に対しての抑制効果が高いと予想されている¹³⁾。電子歯ブラシの細菌の吸着抑制効果に関しては、すでに齲蝕や辺縁性歯肉炎等の予防や治療効果について様々な検討が加えられている⁴⁻¹⁷⁾が、それらはすべて一般の患者に対するもので、歯科矯正患者におけるものは未だ検討されていない。また、一般歯科領域における歯の不潔域とマルチブラケット装置による治療中の矯正患者のそれとは、多少違いがある。すなわち、歯科矯正治療中患者では歯冠のほぼ中央にブラケット、アーチワイヤー、アタッチメントなどが装着されているため、歯面の不潔域は歯頸部および装置周辺部となることが多い。そこで今回、マルチブラケット装置にて治療中の患者を被験者として、リチウム電池内蔵歯ブラシの効果を検討した。検討部位については歯面ごと、また矯正装置の装着部位である唇（頬）側面については近心部、切端部、中央部、歯頸部、遠心部の5部位についてそれぞれ行った。なお、ブラッシング法については実験開始直前には特に規定せず、実験前に実験の目的や方法、あるいはその意義などについての説明は一切被験者に行わなかった。プラーク付着量の評価には、指数を用いる方法や規格写真から、その付着面積を算出する方法など様々なものがあるが、今回は検者も複数であるので、判定が簡便で、かつ再現性の高い PHP 法¹⁹⁾を用いた。

電子歯ブラシの効果については、歯垢の付着状態の変化⁵⁾、出血指数やポケットの深さの変化¹²⁾、口腔内細菌数の変化、歯肉炎の改善の程度などから、普通歯ブラシよりも歯垢除去および細菌の吸着抑制

に効果があるとするもの^{16,17)}と、口腔内細菌の菌数レベルが高いグループにおいてのみ効果がみられるとするもの⁴⁾、歯肉の炎症指数や歯肉溝浸出液量の改善においては効果があるとするもの¹⁰⁾、まったく効果は見られず⁷⁾、仮に効果が現れたとしても確率的なものとするもの¹³⁾など、これまでにさまざまな報告が見られる。今回、マルチブラケット装置装着の患者についてリチウム電池内蔵電子歯ブラシの歯垢除去効果を観察したところ、全体平均では、電池の内蔵されていないプラセボ歯ブラシには見られない有効性が見られた。部位別では下顎の舌側においてはどの歯ブラシ間にも違いが見られなかったが、これは当科で指導している矯正用の歯ブラシより、今回用いた歯ブラシのヘッド部分が大きく、特に下顎前歯舌側部分では操作性の問題による結果と考えられる。また、上下顎唇側部分では、電池内蔵の歯ブラシにおいて歯垢再付着の大幅な減少が見られ、さらに各部位ごとに観察したところ、プラセボ歯ブラシには見られない有効性が電池内蔵歯ブラシには見られた。このことから、矯正装置が装着されている部位付近で、リチウム電池内蔵電子歯ブラシは特に効果的であることが強く示唆された。

歯垢の歯面への蓄積は、はじめに口腔常在菌が吸着および付着することによって起こると考えられている^{20,21)}。口腔細菌の細胞表面は負に帯電しており、同様に負に帯電したエナメル質表層のペリクルとは唾液中の Ca^{2+} などの2価の陽イオンにより架橋されることで相互吸着を起こすといわれている^{22,23)}。電子歯ブラシは、リチウム電池の効果により歯ブラシの植毛部分が負に帯電しており、その表面に H^+ が引き寄せられることで歯の表面に OH ラジカルが生成される。この OH ラジカルの酸化反応が Ca^{2+} 架橋を仲介とするペリクルと細菌との結合を阻止する方向に働き、歯垢除去効果が生じるものと考えられている^{24,25)}。この OH ラジカル生成過程に金属やセラミックなどの装置の素材の違いが何らかの影響を及ぼすことも考えられたが、今回の調査結果では金属イオンなどの流出によるものと思われる影響は特に観察されなかった。また、電池を逆に入れて使用した場合にも、正しく入れて使用した場合とほぼ同じ結果が得られたが、これは植毛部が正に帯電した場合には、エナメル質表層の負に帯電しているペリクル、およびグラム陽性菌の細胞壁を構成する phosphate により負に帯電している口

腔内細菌を直接歯ブラシの植毛部に引きつけることで歯面への細菌の吸着を阻害し、歯垢除去効果が生じたものと推測される。

結 論

マルチブラケット装置を用いた矯正治療中の患者における歯垢除去効果について15週間にわたり、リチウム電池内蔵電子歯ブラシ、電池の内蔵されていないプラセボ歯ブラシ、電池を正負逆に装着した歯ブラシを用いて調査した結果、以下の結論を得た。

1. 微小電流によると思われる悪影響は歯牙硬組織、軟組織のいずれにおいても主観的にも客観的にも観察されず、本研究に用いた歯ブラシの安全性が確認された。
2. リチウム電池内蔵式歯ブラシの歯垢除去効果について、PHP インデックスの減少率を比較したところ、電池を正しく入れて使用したものと、逆に入れて使用したものでは、使用前後において有意な差が見られた。これに対して、プラセボ歯ブラシでは使用前後において歯垢除去効果に違いは見られなかった。
3. マルチブラケット装置が装着されている歯冠中心部では、電池の正負逆に関係なく、電池内蔵歯ブラシのさらに明瞭な歯垢除去効果が明らかとなった。

文 献

- 1) Pratt, H. P.: Electric Brush, U. S. Patent No. 407, 115, July 16, 1889.
- 2) 小守 昭: 弗素を歯牙に浸透する方法として電子歯刷子について, 口腔科学誌, 5: 390-393, 1956.
- 3) 金井昌邦: 歯牙に弗化物を浸透させる装置, 特許出願公告, 昭31-7793.
- 4) 眞木吉信, 杉原直樹, 池田康子, 高江洲義矩, 磯部秀一, 渋谷仁志, 下津昭洋: リチウム電池内蔵電子歯ブラシの歯口清掃効果, 歯科学報, 93: 561-574, 1993.
- 5) 大谷 宏, 足立正徳, 兼松悦子, 兼松義男: 電子式歯ブラシの清掃効果, 日歯評論, 530: 251-257, 1986.
- 6) 楠 憲治, 奥 忠之, 紺井拡隆, 中矢健二, 森 孝, 平塚靖規, 太口裕弘, 渡部 豊, 三宅達朗: 光エネルギー転換歯ブラシの歯口清掃効果について, 歯科医学, 49: 550-559, 1986.
- 7) 藤川謙次, 増田晴海, 水村裕一, 清水 伸, 江崎真一, 村井正大: 半導体歯ブラシ使用によるプラーク除去効果について, 日大歯学, 61: 751-758, 1987.
- 8) Niwa, M. and Fukuda, M.: Clinical study on the control

- of dental plaque using a photo energy conversion a toothbrush equipped with a TiO_2 semiconductor, Shigaku, 77: 598-606, 1989.
- 9) Hotta, M. and Aono, M.: A clinical study on the control of plaque using an electronic toothbrush with piezo-electric element, Clin. Prev. Dent., 14: 16-18, 1992.
 - 10) 水村裕一, 古川 清, 清水 紳, 佐藤真一, 八木宏明, 藤川謙次: 半導体歯ブラシ使用効果に対する研究—臨床所見と歯肉縁下プラーク細菌叢の変化について—, 日大歯学, 63: 388-394, 1989.
 - 11) 金井昌邦, 金光秀明, 加藤倉三, 川島 康, 萩原和志: 中学・高校生徒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), 日本学校歯科医学会誌 2: 29-31, 1957.
 - 12) 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, 長谷川絃司, 宮下 元, 三沢一男, 斉藤 衛, 大竹 徹: 歯周疾患に対するイオン導入電気歯刷子使用効果について, 日歯周誌, 27: 651-660, 1985.
 - 13) Van der Weijden G. A., Timmerman M. F., Reijser E., Mantel M. S. and Van der Velden U.: The effectiveness of an electronic toothbrush in the removal of established plaque and treatment of gingivitis, J. Clin. Periodontol., 22: 179-182, 1995.
 - 14) Hoover, J. N., Singer, D. L., Pahwa, P. and Komiyama, K.: Clinical evaluation of a light energy conversion toothbrush, J. Clin. Periodontol., 19: 434-436, 1992.
 - 15) Weiger, R.: Die 'Denta-Solar'-klinische Untersuchung einer neuen Zahnbürste mit intergriertem Halbleiter aus TiO_2 , Oralprophylaxe, 140: 79-83, 1988.
 - 16) 笠井幸子, 安細敏弘, 嶋崎義浩, 邵 仁浩, 榎本千明, 宮崎秀夫: 辺縁性歯周炎に対する電子歯ブラシの効果, 九州歯会誌, 47: 586-589, 1993.
 - 17) 眞木吉信, 杉原直樹, 高江洲義矩: リチウム電池内蔵歯ブラシの歯垢除去効果と唾液中 mutans streptococci level, 口腔衛生学会誌, 42: 709-711, 1992.
 - 18) Yamashita, Y., Kunimori, A., and Takehara, T.: Effect of calcium ions on cell surface electrostatics of Bacteroides gingivalis and other oral bacteria, Zbl. Bakt., 275: 46-53, 1991.
 - 19) Podshadley, A. G. and Haley, J. V.: A method for evaluating oral hygiene performance, Publ. Hlth Rep, 83: 259-264, 1968.
 - 20) Rølla, G.: Formation of dental integuments some basic chemical considerations, Swed Dent J, 1: 241-251, 1977.
 - 21) Rølla, G., Oppermann, R. V., Bowen, W. H., Ciardi, J. E. and Knox, K. W.: High amounts of lipoteichoic acid in sucrose induced plaque in vivo, Caries Res., 14: 235-238, 1980.
 - 22) Bernandi, G. and Kawasaki, T.: Chromatography of polipeptides on hydroxyapatite column, Biochem. Biophys. Acta, 168: 301-310, 1968.
 - 23) Bernandi, G., Giro, M. G., and Gaillard, C.: Chromatography of polypeptides and proteins on hydroxyapatite column, Some new developments, Biophys. Acta, 278:

409-420, 1972.

24) 森崎 弘, 矢沢一彦: 半導体表面における水の光分析, 応用物理, 46: 626-630, 1977.

25) 藤井政俊, 川合知二, 河合七雄: 半導体微粒子による光化学反応とエネルギー変換機能—光触媒作用を中心として—, 応用物理, 53: 916-933, 1984.