

原 著

新規歯面着色除去用電動式歯ブラシの開発

本田 康文, 河田 俊嗣*, 原田 未絵*
 大野 茂, 谷本幸太郎, 加来 真人*
 藤田 正, 丹根 一夫

Development of a New Automatic Toothbrush for Removing Tooth Staining

Koubun Honda, Toshitsugu Kawata, Mie Harada, Shigeru Ohno, Kotaro Tanimoto,
 Masato Kaku, Tadashi Fujita and Kazuo Tanne

(平成15年7月8日受付)

緒 言

矯正歯科を受診する患者の多くが、従来の方法、すなわち家庭用の歯ブラシでは除去できない歯の着色を気にしている。歯の色の変化には、歯の表面への沈着物、歯の表面あるいは歯の硬組織内への着色、歯質の色調変化による狭義の変色などがある^{1,2)}。これらの原因は、大きく2つに分けられる。前者は生体外由来、すなわちタバコのヤニやコーヒー、紅茶、緑茶などの飲料に含まれる色素などの外因性因子である²⁻⁶⁾。一方、後者は生体内由来、すなわち歯髄壊死や歯の先天的形成異常あるいは胎児期に母親が摂取したテトラサイクリンなどの抗生物質による内因性因子である²⁻⁶⁾。このような歯の色の変化の中でも、日常的に最も多いのが外因性因子による歯の表面への沈着物や着色であることは臨床現場あるいは市販されている様々な種類の歯磨き剤を見ても明らかである。

歯の最表層部を構成するエナメル質は、基本的にはエナメル象牙境から表面に向かって放射状に走る数百万本の柱状のエナメル小柱から構成されており、さらにエナメル小柱はエナメル芽細胞のトームス突起の出現によって形成される⁷⁾。しかし、小柱の起源となるエナメル芽細胞は、歯の萌出後、咬耗などにより消失するため、

エナメル質表面すなわち歯の表面には外径が平均1 μmの陥凹部が無数に形成され、この陥凹部に色素などが沈着し、それが広範囲に及ぶと目に見える着色となる。

従来、歯の表面の外因性因子による後天的な着色に対しては、歯磨剤を含んだペーストと歯ブラシを用いることによる歯面清掃、歯科医院での歯磨剤を含んだペーストとラバーカップあるいはロビンソンブラシを用いた機械的歯面清掃 (PMTC)、さらには研磨パウダーを水と同時に勢よく吹きかけるエアブラスト処置などにより、ある程度の着色除去効果が得られている。しかしながら、歯面には、歯ブラシの毛先や歯磨剤粒子の大きさよりも小さい陥凹部も無数に存在し、同部に入り込んだ着色を除去することは極めて困難であるという問題点と、この着色を無理に除去しようとするために長時間の歯面清掃を要し、結果としてブラシの毛先や歯磨剤により歯の表面を傷つけてしまうか、あるいは、従来の方法で着色が除去できたとしても歯磨剤や歯ブラシの毛先で陥凹部の底部と同レベルまで歯を削ってしまうという問題点がつきまとう。

本研究は、歯の表面に無数に存在する微細な陥凹部内の沈着物を、その表面を削ることなく除去できるブラシを考案、開発し、実用に供することを目的とするものである。

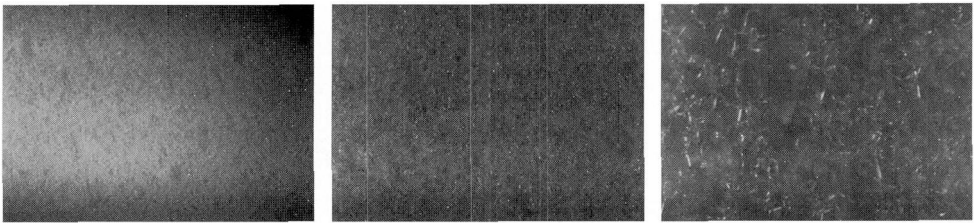
対 象 と 方 法

1. 新規歯面着色除去用電動式歯ブラシの開発

新規歯面着色除去用電動式歯ブラシのブラシ部材として、メラミンフォームブロック (図1) を使用した。

広島大学大学院医歯薬学総合研究科展開医科学専攻顎口腔頸部医科学講座 (歯科矯正学分野) (主任: 丹根一夫教授)

* 広島大学医学部・歯学部附属病院口腔健康発育歯科矯正歯科診療室



弱拡(20倍)

中拡(30倍)

強拡(188倍)

図1 メラミンフォーム

メラミンフォームとは、メラミンをフェノールや尿素などの架橋剤によりブロック化したものである。フォームは発泡体であり、その気泡間の構成壁の径が $0.2\ \mu\text{m}$ 以下と極めて細くなっている。

電動式歯ブラシは、市販の叩き運動するものを用いた(図2)。この電動式歯ブラシは、歯を磨くブラシ部材とそれを支持する支持部および手で持つ把持部から構成され、支持部は着脱可能である。

一方、今回考案した新規歯面着色除去用電動式歯ブラシ(図3, 4)の支持部の先端はアンダーカットを有するものを用い、これを大きき $1.3\ \text{cm} \times 1.3\ \text{cm} \times 3.0\ \text{cm}$ のブラシ部材(メラミンフォーム発泡体)の中央部に形成した直径 $0.6\ \text{cm}$ 、高さ $2.5\ \text{cm}$ の筒状の穴に差し込むように装着した。なお、支持部先端には複

数の段部を形成して表面積を増加させてあるため、ブラシ部材との接着を確実にすることが可能となり、歯面清掃時にこの発泡体が回転したり、抜け出したりせず、ブラシ部材の内部に差し込んだ状態でブラシ部材が接着固定されている。また、本実験における電動式歯ブラシの先端に装着するブラシ部材の形態は、4角柱を横に倒したものとした。

II. 対象

本実験の対象歯としては、唇側面、頬側面あるいは舌側面に外因性の着色を有する抜去下顎前歯あるいは大白歯を用いた。

III. 方法

1. 新規電動式歯ブラシによる歯面着色の除去効果の検討

抜去歯(下顎切歯)の唇側面着色部に対して、ブラシ部材としてメラミンフォーム発泡体を装着した電動式歯ブラシにより、ブラッシング圧を $40\sim 50\ \text{g}$ として、0, 15, 30, 45, 60秒および60秒以上(60秒後より約2分間)歯面清掃を行い、それぞれの時間における着色除去効果を実体顕微鏡(SZX9, OLYMPUS, 東京)にて弱拡(20倍)、中拡(30倍)、強拡(188倍)の3種類の拡大率で写真撮影した。

さらに、着色除去効果をより明らかにするために、0, 15, 30, 45, 60秒および60秒以上のそれぞれの強拡写真を画像スキャナーにて取り込み、画像解析ソフトウェア(NIH image)を用いることにより歯面着色部面積の大きさを数値化した。

2. メラミンフォーム発泡体の歯の表面への影響

メラミンフォーム発泡体の使用による歯の表面へのダメージを検討するために、歯面清掃後の歯の表面を実体顕微鏡にて、強拡大率で写真撮影し、処置前後の変化を評価した。

さらに、別の抜去歯を用い、メラミンフォーム発泡体の歯の表面への影響を検討するために、その使用前

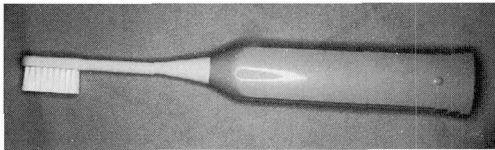


図2 電動歯ブラシ

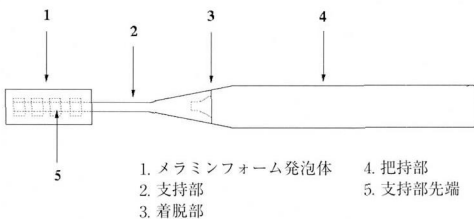


図3 新規歯面着色除去用ブラシの模式図

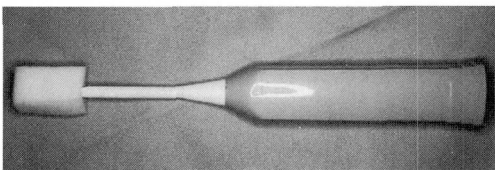


図4 新規歯面着色除去用ブラシ

図 5

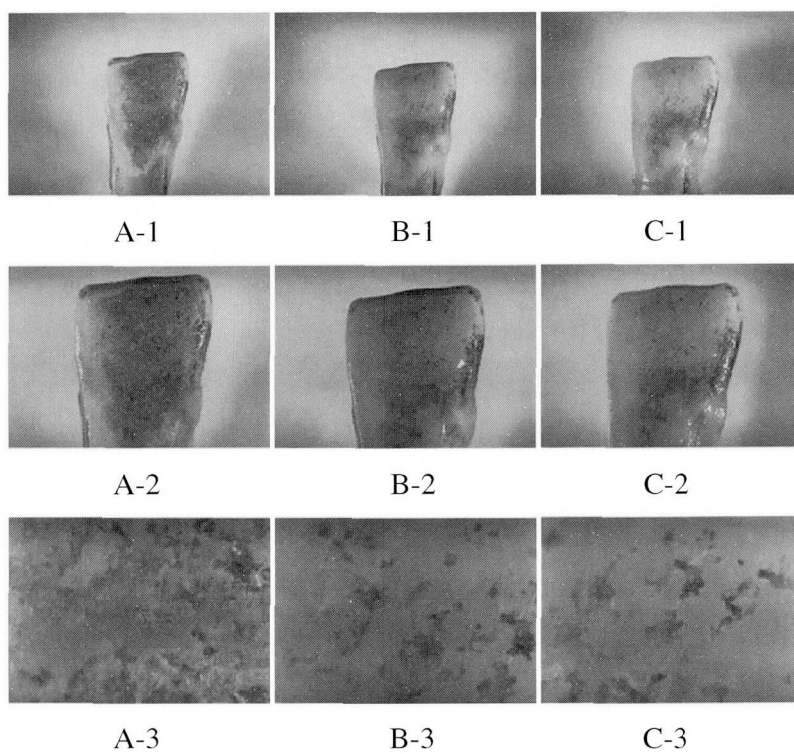


図 6

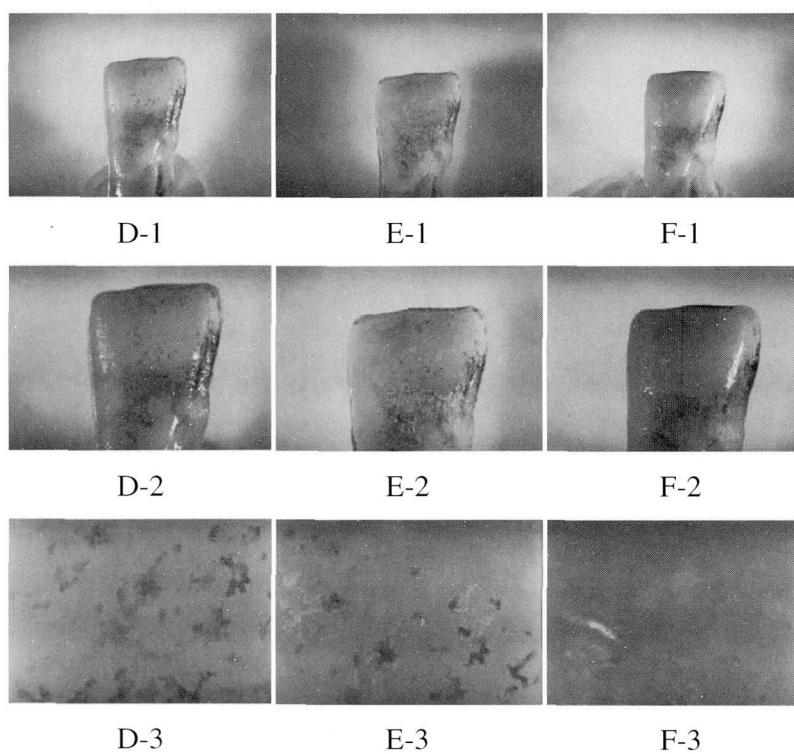


図 5, 6 新規歯面着色除去用ブラシの着色除去効果
 A : 0 秒, B : 15 秒, C : 30 秒, D : 45 秒, E : 60 秒, F : 60 秒以上
 1 : 弱拡 (20 倍), 2 : 中拡 (30 倍), 3 : 強拡 (188 倍)

後における歯の表面像を S-3000N 型走査電子顕微鏡を用い、加速電圧 15 kV、低真空モード (30 Pa)、反射電子像倍率×500、×1000にて観察した。なお、ブラッシング時間は3分間とした。

3. 歯磨剤入りペーストと従来の電動式歯ブラシを用いた歯面清掃とメラミンフォーム発泡体を用いた歯面清掃との着色除去効果の比較について

抜去歯 (下顎大白歯) の頬側面着色部に対して、歯磨剤入りペースト (クリアクリーン、花王) と従来の電動式歯ブラシ (ハビカ、ロッキーマウンテンモリタ (株)、ミニマム (株)) を用いたブラッシングとブラシ部材としてメラミンフォーム発泡体を用いた歯面清掃との着色除去効果の違いについて検討を行った。

まず、電動式歯ブラシのブラシ部には従来のブラシがついたものを装着し、毛先に小豆大の歯磨剤入りペーストを盛った。前実験と同様に、ブラッシング圧は 40~50 g とし、0、15、30、45、60秒および60秒以上 (60秒後より約2分間) 歯面清掃を行った。それぞれの時間における着色除去効果は、実体顕微鏡を用いて、弱拵、中拵、強拵の3種類の拵大率で写真撮影し、観察した。

次いで、電動式歯ブラシの支持部 (ブラシ部を含む) を、メラミンフォーム発泡体を装着したものに交換し、前実験で用いたものと同じ歯、同じ部位に対して歯面清掃を60秒以上 (約3分間) 行い、着色除去効果は、実体顕微鏡を用いて、弱拵、中拵、強拵の3種類の拵大率で写真撮影し、観察した。なお、メラミンフォーム発泡体には歯磨剤入りペーストは用いず、水を含ませただけである。

結 果

1. ブラシ部材としてメラミンフォーム発泡体を装着した新規電動式歯ブラシによる歯面着色の除去効果

メラミンフォーム発泡体を装着した電動式歯ブラシで、唇側面に着色を有する抜去下顎前歯の歯面清掃を行ったところ、15秒でほぼ着色は除去され時間とともにその効果も増大した。180秒の歯面清掃でほぼ完全に着色は除去された (図5、6)。しかし、実質欠損部、すなわち初期カリエス部にはエナメル質に局限した大きな凹凸が存在し、同部位において着色を十分に除去することは困難であった (図7)。使用後のメラミンフォーム発泡体にはわずかに茶褐色の着色物が付着しており、消しゴムのようにメラミンフォーム発泡体が小さくなっていることが認められた。

メラミンフォーム発泡体による下顎前歯の着色除去効果を図8に示した。処置前の歯面の着色度を100%と

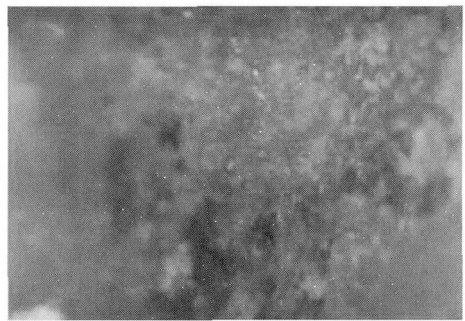


図7 実質欠損部の像 強拵 (188倍)

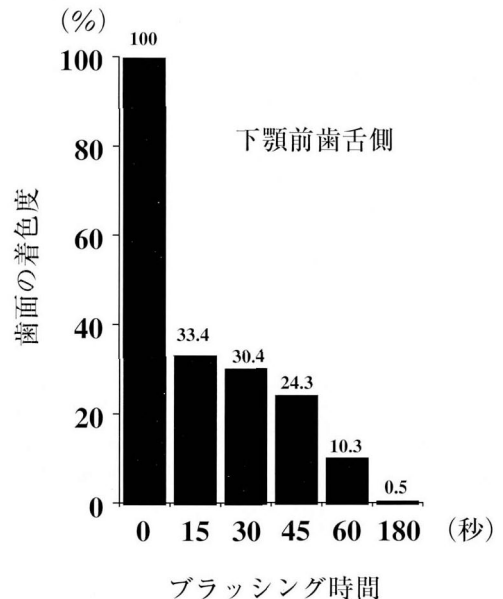


図8 新規歯面着色除去用ブラシの着色除去効果

したとき、15秒では33.4%、30秒で30.4%、45秒で24.3%、60秒で10.3%、180秒で0.5%となった。15秒で半分以下に着色は除去され、時間とともに除去効果も増大した。180秒の歯面清掃で着色はほぼ完全に除去された (図8)。

2. メラミンフォーム発泡体の歯の表面への影響

メラミンフォーム発泡体による歯面清掃後に実体顕微鏡で歯の表面の着色を観察していた際、一部に傷のようなものが認められた。しかし、元々ついていたものか、メラミンフォーム発泡体を使用したことによりできたものかは明らかではなかった。実験時は、横磨きを行っており、これによりできたものかも知れないため、縦磨きも同様に3分間行った後、実体顕微鏡で観察したが縦の傷は認められなかった (図9)。

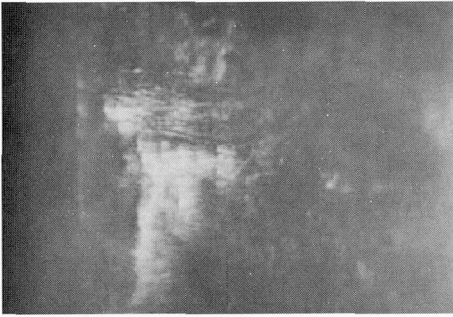


図9 新規歯面着色除去用ブラシ使用後の歯の表面像
強拡大 (188倍)

電子顕微鏡像により、歯には元々、ある程度の傷が存在することが改めて明らかとなった。さらに、表面像は、メラミンフォーム発泡体による3分間のブラッシング後も処置前とほとんど変化がなく、メラミンフォーム発泡体が歯の表面に及ぼす影響はほとんどないことが明らかになった。(図10)

3. 歯磨剤ペーストと従来の電動式歯ブラシを用いた歯面清掃とブラシ部材としてメラミンフォーム発泡体を用いた歯面清掃との着色除去効果の比較
従来のブラシ部材を装着した電動式歯ブラシに歯磨剤入りのペーストを盛り、頬側面に着色を有する抜去下顎大臼歯の歯面清掃を行ったところ、30秒まではほ

とんど変化が認められなかったが、45秒でわずかに着色が除去され、それ以降はほとんど変化がなかった。引き続き、電動歯ブラシのブラシ部を、メラミンフォーム発泡体を装着したものに交換して3分間歯面清掃を行ったところ、完全除去には至らなかったが明らかな着色除去効果が認められた(図11, 12)。

下顎大臼歯における歯磨剤入りペーストを用いた電動歯ブラシによる着色除去効果およびメラミンフォーム発泡体による着色除去効果をグラフにて示す。15秒、30秒ではそれぞれそれぞれ85.3%、84.0%とわずかに低下した。45秒で64.1%、60秒で59.9%、180秒でも47.5% (約1/2) までにとどまった。しかしながら、その後メラミンフォーム発泡体を用いて歯面清掃することにより、180秒の歯面清掃では着色度は16.4% (約1/6) にまで減少した(図13)。

考 察

メラミンフォーム発泡体を装着した新規電動式歯ブラシを用いた本実験において、歯面の外因性着色に関しては短時間のブラッシングでもかなりの除去効果が確認された。この効果は、従来の歯ブラシと歯磨剤入りペーストとの組み合わせとは比較にならないほど顕著であると考えられる。

従来、歯磨剤は、歯面に付着した着色物を除去するためには不可欠なものであり、その付着物除去力は、

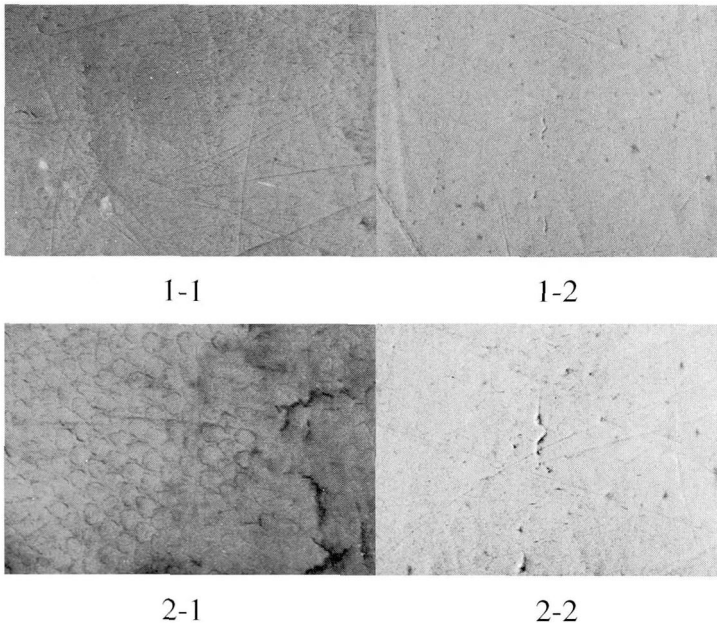


図10 新規歯面着色除去用ブラシ使用前後の歯の表面の電子顕微鏡像
1-1: 処置前 (500倍), 1-2: 処置後 (500倍)
2-1: 処置前 (1000倍), 2-2: 処置後 (1000倍)

図11

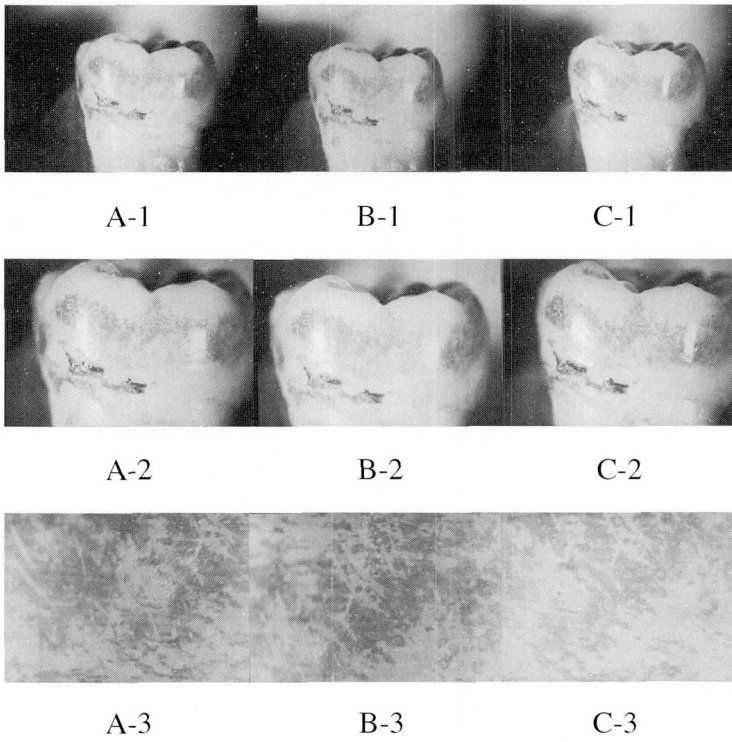


図12

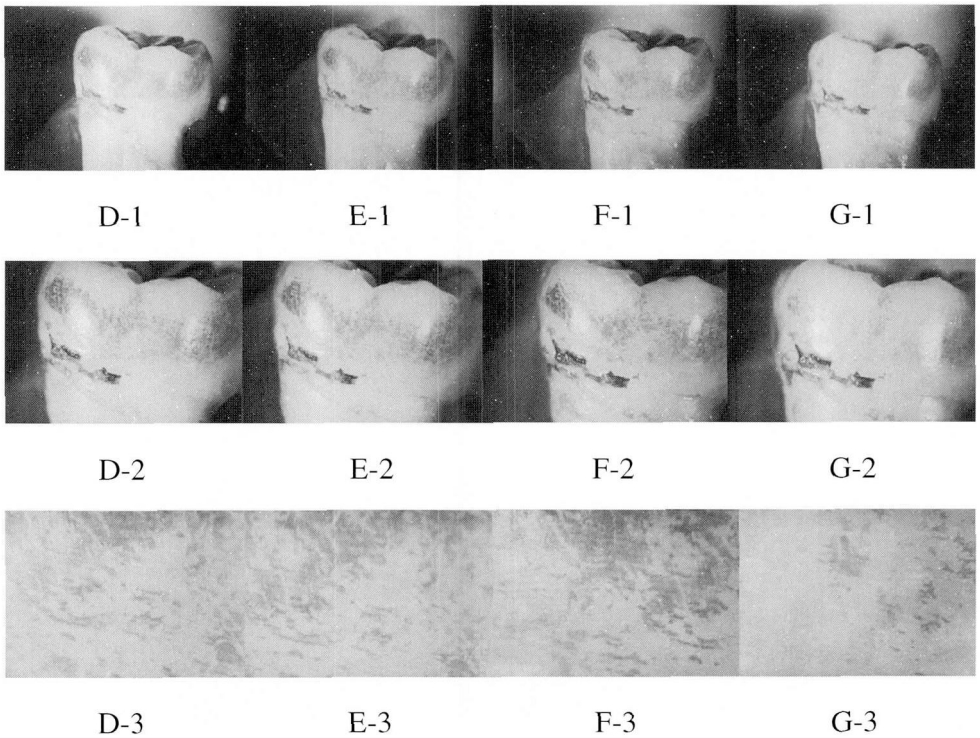


図11, 12 従来の電動歯ブラシと歯磨剤との組み合わせと新規歯面着色除去用ブラシの着色除去効果
 A : 0秒, B : 15秒, C : 30秒, D : 45秒, E : 60秒, F : 60秒以上, G : 3分
 A~Fは, 従来の電動歯ブラシと歯磨剤との組み合わせ. Gは, 新型歯面着色除去用ブラシ.
 1 : 弱拡 (20倍), 2 : 中拡 (30倍), 3 : 強拡 (188倍)

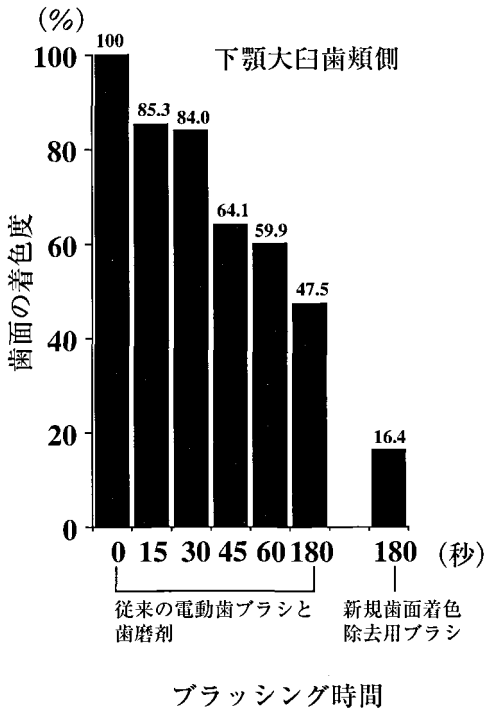


図13 新規歯面着色除去用ブラシの着色除去効果

歯磨剤に含まれる研磨剤の種類と粒径に影響される。現在用いられている研磨剤は主に炭酸カルシウム、リン酸カルシウム、アパタイトなどであり、一般には炭酸カルシウムを配合した歯磨剤が多い。また、炭酸カルシウムの場合、粒径が20 μm 付近まではほぼ粒径が大きくなるに従い研磨力も増してくるが、それ以上ではほぼ一定となる^{8,9)}。市販の歯磨剤に用いられる粒径は20 μm 以下であり、一般には10 μm 前後である。しかしながら、タバコのヤニとりにも有効と思われている歯磨剤は比較的粗い粒子を用いている。研磨力が高ければ着色除去効果も大きいですが、当然、エナメル質や象牙質に与える傷害も大きい。すなわち、歯磨剤とブラシにより、歯を多少なりとも削ってしまうことにより歯面を平滑化し、沈着物を除去しているのである。メラミンフォーム発泡体はその気泡間の構成壁の径が0.2 μm 以下と極めて細くなっている。メラミンフォーム発泡体は、ブラッシング圧に対してこの平滑面を固定源にして、そこに無数に存在する外径が平均約1 μm のわずかな凹部に入り込み外因性着色物を機械的にかき出すとした、研磨剤による着色除去とはまったく異なる機序で達成されるため、エナメル質に対する傷がほとんどないものと考えられる。さらに、このメラミンフォーム発泡体は歯の漂白などとは異なる

り薬品は一切使用していないことと、従来の歯磨剤に含まれているような研磨剤なども一切含まれていない点でも、歯の表面に対する為害作用が極めて少ないものと考えられる。

一方、歯のエナメル質に局限した実質欠損部においても、歯面に大きな凹凸が存在する粗造な面に存在する着色除去は困難であったが、その理由として大きな凹凸の存在により固定源が分散してしまうことが考えられた。

本実験では抜去歯を対象としたが、実際に口腔内で使用する場合にはもう少し小さいものでなければ臼歯部の清掃が困難であると考えられる。メラミンフォーム自体は非常に柔らかい材質であるため、ブラッシング圧は従来よりも強くする必要があり、ある程度の厚さがないとブラッシング圧により支持部が歯面に接触してしまうことになる。そのため、新規歯面着色除去用ブラシのブラシ部の大きさおよび形態については今後の検討が必要であると考えられる。

今回は、ブラシ部材としてメラミンフォームを用いた電動式歯ブラシについて述べてきたが、歯科用コントラングル用のものを開発することでさらに着色除去効果も増大することが予想され、臨床での用途が広がる可能性が確実となった。

結 論

ブラシ部材としてメラミンフォーム発泡体を装着した新規歯面着色除去用電動式歯ブラシを用いることにより、実質欠損部を除く歯面の陥凹部に入り込んだ外因性着色物を、歯の表面を傷つけることなく容易に、かつ効果的に除去できることが明らかとなった。

謝 辞

本ブラシの開発に際し、多大な御助言、御支援を頂きました(株)ミニマムの岡田英二様、(株)ロッキーマウンテンモリタの山崎 裕様、増田道夫様、大川本広介様および特許出願(特願2002-122498)に際し多大な御指導を頂いた発明協会の坂本重道様、吉岡洋治様、広島県産業技術振興機構の秋山 巖様、森下 強様に深謝致します。

文 献

- 1) 石川 悟朗, 秋吉 正豊: 口腔病理学 I, 永末書店, 京都, 58-170, 1984.
- 2) 島 正義: 変色歯・着色歯への対応, 歯界展望別冊. (河野 篤, 福島正義, 田上順次編) 歯薬業出版, 東京, 8-19, 2000.
- 3) 久光 久, 松尾 通 編集: 改訂版 歯の漂泊. デンタルフォーラム, 東京, 1-8, 1997.

- 4) Goldstein, R.E., Garber, D.A. (坂本洋介訳) : 歯科漂泊のすべて. クインテッセンス出版, 東京, 3-11, 1998.
- 5) 須田英明, 戸田忠夫編集 : エンドドンティックス 21. 永末書店, 京都, 375-378, 2000.
- 6) 細矢由美子 : 小児期と青少年期における変色菌の治療, *Dental Diamond* 25 (12), 168-171, 2000.
- 7) A.R. TEN CATE: Oral Histology Development, Structure and Function. The C.V. Mosby Company, Tronto, pp. 198-217, 1985.
- 8) Forward, G.C.: Role of toothpastes in the cleaning of teeth. *Int. Dent. J* 41, 164-170, 1991.
- 9) Baxter, P.M. et al.: Toothpaste abrasive requirements to control naturally stained pellicle. *J. Oral Rehabil* 8, 19-26, 1981.