

効果的な刷掃について－電動歯ブラシ1－

A Study on the Effective Toothbrushing – Electric toothbrush 1

田島 睦子

TAJIMA, Mutsuko

1. はじめに

歯科疾患（齲蝕、歯周病）を予防する手段の1つとして、効果的な刷掃が、予防効果を上げることは周知のことである。しかし、用具の種類や形は変化してきたが、この歯をみがくという行為は、紀元前から行われているが、現在でも歯科疾患に悩む人は多い。

歯みがきの目的は、歯科疾患の好発部位である歯と歯の間（隣接面）、歯と歯肉境目（歯頸部）奥歯の噛む面（咬合面）の歯垢をいかに効果的に除去するかである。特に隣接面の清掃は重要である。隣接面専用の清掃用具として、デンタルフロス、歯間ブラシ、糸付き楊枝などの使用が進められている。しかし、歯科医療関係者や歯科医院で予防のために強く勧められた人は、歯ブラシ以外の清掃用具として使用しているが、多くの場合、隣接面専用の清掃用具を継続的に使用している人はまだまだ少ない。

そこで、1つの清掃用具（歯ブラシ）でどこまで効果的な隣接面の歯垢除去が可能なのかを調べるために、平成14年に「効果的な刷掃について－隣接面－」¹⁾で手用歯ブラシの条件（歯ブラシの硬さ、歯みがきストロークの大きさ、歯ブラシの角度、歯みがき力）を替えて隣接面への歯ブラシ毛先の到達度を実験し、報告した。

一方、近年多くの清掃用具が開発され、多くの種類の清掃用具が一般市場で見られるようになった。その1つに電動歯ブラシがある。1930年代に開発された電動歯ブラシは、当初手の動きが十分でない幼児や高齢者を中心に使用が薦められてきた。今は一般の健康な人も多く使用している。毎年、本学歯科衛生学科の学生の中にも数人使用している者がいる。電動歯ブラシは改良され、2,000以降は、歯ブラシの毛先が歯の表面に到達しなくても、音波や超音波の伝播効果を期待した音波や超音波歯ブラシが開発され一般市場に出てきている。

しかし、電動歯ブラシは、市場での電動歯ブラシの統一規格がなく、どれがよいか判断する歯科医学的な、評価基準が決まっていない。電動歯ブラシの毛先部分の動きの激しい物や、ほとんど動かない物、又回転したり、左右に動いたりなど形体も機能もいろいろあり、使用方法を誤ると歯垢除去効果を望むことができないばかりか、歯・歯肉を傷つけることにもなる。

そこで、平成16年に「効果的な刷掃について－隣接面－」²⁾（以降16年実験報告と略す）に一般に市販されている電動歯ブラシ12種類（手用歯ブラシ2種類を含む）を使用して、隣接面の

歯垢除去効果を上げることができるとを検証し、報告した。その結果、歯ブラシ毛先が到達しなくても歯垢除去が可能である音波・超音波歯ブラシの歯垢除去効果を期待していたが思うような効果は見られなかった。音波・超音波の伝播効果が模型上では発揮できなかったと考えられる。

そこで今回は、口腔内で音波・超音波の伝播効果を発揮できるのは唾液の介入であると考え、口腔内を想定した水中での実験を計画した。使用歯ブラシは、12種類の中から歯垢除去効果の高かった4種類の歯ブラシとして、歯垢除去効果を比較検討計画した

2. 研究の目的

隣接面の清掃において物理的な清掃効果では、歯ブラシや電動歯ブラシでは不可能であるが、「音波・超音波の伝播効果は歯ブラシ毛先が直接歯に触れていなくてもプラークコントロールが可能である」ことを期待し、口腔内での唾液を想定した水中で、16年度実験報告で使用した手用歯ブラシ、超音波歯ブラシ、電動歯ブラシ、音波歯ブラシの群で歯垢除去効果の高かった4種類の歯ブラシの隣接面の清掃効果を実験検証した。

3. 実験事前準備

1) 使用歯ブラシ

使用歯ブラシは、16年度実験報告結果から手用、超音波、電動、音波、歯ブラシの群より歯垢除去効果の高かった物から選んだ。歯ブラシ仕様は表1の通りである。

但し、16年度実験報告の結果と一部変更したものがある。それは、電動歯ブラシは、発売が中止になったものや、植毛部が左右に動く物より、回転するほうが多く販売されていることなどからブラウンの電動歯ブラシに変更した。又、音波歯ブラシは、GCのワンタフトブラシのほうが歯垢除去効果は高かったが隣接面のみの特殊な植毛形態であることからソニケア音波歯ブラシを選択した。

表1 各電動歯ブラシ・手用歯ブラシの仕様

電動歯ブラシ		動き	総重量	備考
手用 A	DENT EX	柄の材質ポリプロピレン	本体	細くしなやかな Super tapered 毛は、歯間部や歯周ポケットに届き、プラークを除去する。
	Systema	毛の材質ポリブチレンテ レフタレート 耐熱温度 80 度 毛の硬さふつう	50g	
超 音 波 B	DENT EX	震動数 17,000 ストローク / 分	本体 98g	毛先を歯面に軽く触れる程度にして1箇所5～10秒間当てておくか、小さな往復運動でみがく。超音波の発生で毛先の触れていない部分でのプラークコントロールも可能
	Systema Ultrasonic	電源 AC90～110V 電圧 50/60 Hz 消費電力 1W		

電動 C	ブラウン オラ ルー B ブ ラ ー ク コ ン ト ロ ー ル Ultra D9011	回転角度中心角 60 度 振動数約 3600 回 / 分 電源 AC100 ~ 120V 電圧 50-60Hz 消費電力 1W	本体 120g	ブラシの毛が白と緑色の 2 色あり、適切 なブラッシング力で 4 か月位使用すると 緑色の毛束が半分位白くなりチップ の取 替え時期を表示する 歯ブラシヘッドが理想的な高速反復回転 運動を行う。
音波 d	ソニックアー Elite 7000 シリーズ	振動数約 31,000 ストローク / 分 電源 AC100V 電圧 50-60 Hz 消費電力 1.5W	本体 202g	スマートタイマー機能:ブラッシング時 間 2 分を経過すると自動的に停止する カードペーサー機能 :30 秒ごとに短い ビープと共に、ブラシの振動が一瞬止ま り、口の中をみがける様にしてある。 スピード切り替え機能:2 通りのスピード を選べる。

2) 刷掃時間、歯ブラシの動かし方

16 年度実験で、各々の使用説明書を検討し、予備実験を実施し、検討した結果

- ・刷掃除時間：各使用説明書の時間を計算すると 1 部位あたり 2 ~ 10 秒である。しかし、予備実験で 10 秒でも 100% 除去できた歯ブラシがなかったことから 10 秒と設定した。
- ・歯ブラシの動かし方：各使用説明書によると歯ブラシの動かし方は、動かさない、ゆっくり動かす、手用歯ブラシのように動かすと色々であった。電動歯ブラシは、高齢者や子供が上手に歯ブラシを動かすことができない人に薦めることが多い、又、電動歯ブラシは動かしたほうが歯垢除去効果は高かった。³⁾ などを考慮し、予備実験の結果から、歯ブラシはゆっくりと動かして実験を実施することとした。但し、手用歯ブラシは、通常通り 1 秒間に 2 回程度動かして実施した。

以上を踏まえて、今回の実験も 16 年度実験条件を踏襲した

3) 人工歯垢

人工歯垢に関しては、5. 今後の課題の中で述べるが、今回は、音波・超音波の伝播効果を考え特性不易糊工業株式会社製フエキ糊 1 g にライオン株式会社製の歯垢染色液デントリキッドブランクテスター N を 1 滴滴下し、混和したものを使用した。歯牙隣接面に塗布し 10 分の乾燥後実験に使用した。

4. 実験方法

1). 実験手順

実験手順は、顎模型の下顎左側第二小臼歯遠心面と第一大臼歯近心面の両隣接面に人工歯垢を塗り、約 10 分の乾燥後、実験前の状態をデジタルカメラで写真撮影した。歯科衛生士が、実験歯を植え込んだ顎模型〔下顎のみ〕を水中に入れ、実験部位の頬・舌側を 10 秒間ずつ、ゆっ

くり歯ブラシを動かす方法で、4回刷掃実験した。又、手用歯ブラシは、同様に処理を行った歯牙に、刷掃法は1秒間に2回小刻みに動かす方法で、歯みがき力200gで刷掃実験をした。実験後も最初と同様に隣接面をデジタルカメラで写真撮影した。

尚、実験に使用した顎模型は、正常な歯並びの顎模型 D15D-500H (ニッシン社製) を使用した。

2) 評価方法

歯垢除去効果の判断は、第二小白歯遠心面と第一大臼歯近心面の両隣接面に、塗った人工歯垢が除去できたかどうかで歯垢除去効果の評価とした。評価は、デジタルカメラで撮影した刷掃後の状態の写真を所定の大きさにプリントアウトし、5mm方眼紙を使用し、第二小白歯は14分割、第一大臼歯は20分割し、分割部位ごとに人工歯垢の有無を判定した。2人の評価者が個々に判定した。

3) 実験結果

(1) 解析

因子と水準は表2に示す通りである。

表2 因子と水準

因子	水準1	水準2	水準3	水準4
A：歯ブラシの種類	手用歯ブラシ	超音波歯ブラシ (システム)	電動歯ブラシ (ブラウン)	音波歯ブラシ (ソニケア)
B：実験回数	1回目	2回目	3回目	4回目
C：評価者	評価者A	評価者B		

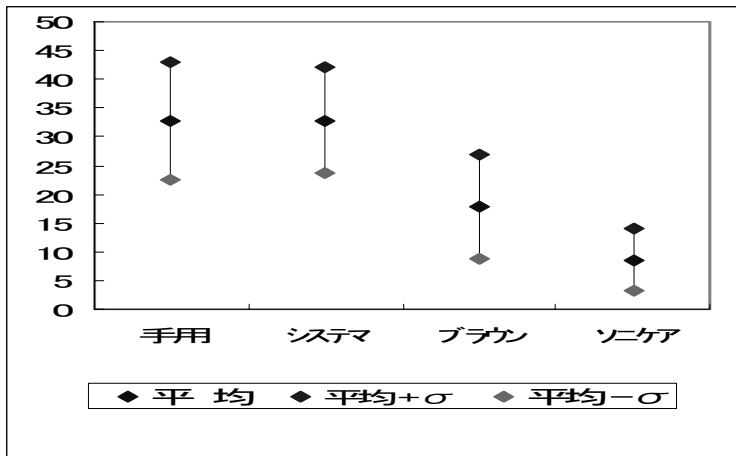
解析は三元配置分散分析と母平均の差の検定：最小有意差法である。

(2) 基本統計量

第一大臼歯と第二小白歯の基本統計量は表3と表4に示す通りである。また平均歯垢除去は図1と図2に示す通りである。

表3 第一大臼歯の基本統計量

水準	合計	平均	標準偏差	+ σ	- σ
手用	262.5	32.81	10.25	43.06	22.57
超音波	262.5	32.81	9.24	42.06	23.57
電動	143.8	17.97	9.08	27.05	8.89
音波	68.8	8.59	5.36	13.95	3.24

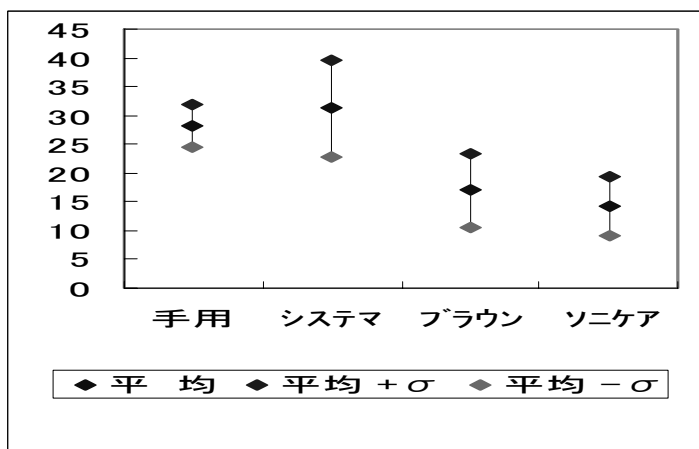


※※ $P < 0.01$

図1. 第一大臼歯における異なる歯ブラシの平均歯垢除去率

表4 第二小白歯の基本統計量

水準	合計	平均	標準偏差	+ σ	- σ
手用	225	28.13	3.76	31.89	24.36
超音波	250	31.25	8.33	39.58	22.92
電動	145.7	16.96	6.38	23.34	10.59
音波	114.3	14.29	5.05	19.34	9.23



※※ $P < 0.01$

図2. 第二小白歯における異なる歯ブラシの平均歯垢除去率

(3) 分散分析

第一大臼歯と第二小白歯の分散分析は表5と表6に示す通りである。

表5. 第一大臼歯の分散分析表

※※：1%有意

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
因子A	3403.3	3	1134.4	18.504	0.0003	※※
因子B	434.57	3	144.86	2.363	0.139	
因子C	4.883	1	4.883	0.080	0.784	
A×B	1157.2	9	128.58	2.097	0.143	
A×C	122.07	3	40.69	0.664	0.595	
B×C	141.60	3	47.201	0.770	0.539	
誤差	551.76	9	61.306			
全体	5815.4	31				
全体	2847.2	31				

表6. 第二小白歯の分散分析表

※※：1%有意

要因	偏差平方和	自由度	平均平方	F 値	P 値	判定
因子A	1649.8	3	549.93	22.78	0.0002	※※
因子B	144.69	3	48.23	1.998	0.1849	
因子C	3.587	1	3.587	0.149	0.7088	
A×B	548.87	9	60.985	2.527	0.0918	
A×C	195.71	3	65.237	2.703	0.1082	
B×C	87.293	3	29.098	1.206	0.3623	
誤差	217.24	9	24.137			
全体	2847.2	31				

(4) 平均値の差の検定：最小有意差法

第一大臼歯と第二小臼歯での歯ブラシ間の平均値の差の検定は表7と表8に示す通りである。

表7. 第一大臼歯での歯ブラシ間の平均値の差の検定 ※※：1%有意、※：5%有意

因子	水準1	水準2	平均値1	平均値2	差	P値	判定
因子A	手用	超音波	32.81	32.81	0	1.000	
		電動	32.81	17.97	14.84	0.004	※※
		音波	32.81	8.593	24.84	0.0002	※※
	超音波	電動	32.81	17.97	14.84	0.0043	※※
		音波	32.81	8.594	24.22	0.0002	※※
	電動	音波	17.97	8.594	9.375	0.040	※

表8 第二小臼歯での歯ブラシ間の平均値の差の検定 ※※：1%有意、※：5%有意

因子	水準1	水準2	平均値1	平均値2	差	P値	判定
因子A	手用	超音波	28.13	31.25	-3.13	0.235	
		電動	28.13	16.96	11.16	0.001	※※
		音波	28.13	14.29	13.84	0.0003	※※
	超音波	電動	31.25	16.96	14.29	0.0003	※※
		音波	31.25	14.28	16.96	0.0001	※※
	電動	音波	16.96	14.28	2.679	0.304	

4) 実験結果

- (1) 実験は、分散分析表に示したように因子A歯ブラシ>で有意の差が認められた。因子B（実験回数）と因子C（評価者）では有意の差が認められなかった。
- (2) 歯ブラシ間の差を、第一大臼歯と第二乳臼歯を別々に検定した。いずれの歯においても手用歯ブラシと超音波歯ブラシでは有意の差が認められなかった。また、第二小臼歯では、電動歯ブラシと音波歯ブラシで有意の差が認められた。
- (3) 第一大臼歯では電動歯ブラシと音波歯ブラシでは5%の有意の差が認められた。
- (4) いずれの歯においても手用歯ブラシと電動歯ブラシ、手用歯ブラシと音波歯ブラシ、超音波歯ブラシと電動歯ブラシ、超音波歯ブラシと音波歯ブラシでは1%の有意の差が認められた。

5) 実験考察

- (1) 顎模型上での歯垢除去効果の研究は多くなされているが、口腔内を想定した水中モデル実験報告は少ない。今回、人工歯垢の問題などこれから研究を深めなければならないことはあったが、より口腔内の状態に近づけるため水中で実験したことは大きな意味があると考ええる。
- (2) 16年度実験では、超音波歯ブラシの歯垢除去効果が12種類中最下位であったが、今回の水中での実験では2番目の歯垢除去効果であったことは、実験条件が口腔内を想定した水中で実験をしたことで歯垢除去率が上がったと考える。しかし、音波歯ブラシには、それが見られなかった。今後も条件などを考慮して効果的な音波歯ブラシの使用方法に繋がる研究が必要と思われる。
- (3) 手用歯ブラシの歯垢除去効果が高かったことを考えると、今後も電動歯ブラシの使用は、自分で効果的に歯みがきができない高齢者、又小児などの歯みがきの動機付けとして勧めることが良いと考える。

4. まとめ

最近アメリカの、「これなしでは日常生活ができない」⁴⁾ という発明についての調査によると歯ブラシは、自動車、パソコン、携帯電話及び電子レンジより重要に評価されたと報告されていた。文明社会では生活の必需品として、日本でも殆どの人が歯ブラシを毎日使用している。現在国民1人当たりの年間使用量は約4本といわれている。

最近歯科学的な研究による種々の仕様の歯ブラシが市場で見られるが、その中に電動歯ブラシも見られる。電動歯ブラシは開発当初は、高齢者、幼児など自分で歯みがきが上手にできない人を対象とした口腔清掃用具として薦められていた。しかし、電動歯ブラシの開発と改良が進むにつれて、又安価な商品もあり、一般の人にも普及し現在では年間約800万台⁴⁾の市場サイズになっている。そして、電動歯ブラシの種類も増え、また、植毛部の動きも多様になってきている。JADAにコ克蘭グループが行った30年以上の「電動と手用歯ブラシの4週間以上にわたる臨床データの総括的な調査報告」⁴⁾が掲載された。それによると調査比較を行った5種類の電動歯ブラシの中で唯一回転振動運動の電動歯ブラシが手用歯ブラシより統計的に有意なことが認められた。しかし、将来の研究として齶蝕と歯周病の発症と罹患率の減少することを電動歯ブラシの能力として立証することが必要と報告されている。電動歯ブラシの使用についてだけで一冊の本⁶⁾も発行されている。また、新しく出てきた音波や超音波歯ブラシの特性として細菌との関係も研究されている。⁷⁾

歯科疾患の予防に効果的な隣接面の清掃について、手用歯ブラシ、電動歯ブラシ、音波歯ブラシ、超音波歯ブラシを用いて歯垢除去を実験調査したが、歯垢除去効果として高い除去率を示した電動歯ブラシでも、約1/3の34%の歯垢除去であることを考えると今のところ、隣接面の歯垢除去効果をターゲットにしている補助的清掃用具のデンタルフロスや歯間ブラシ、糸付楊枝等との併用での刷掃が必要であると思われる。これらの清掃用具を含めた効果的な刷掃について研究を進めることが必要と考える。

新しく開発された音波や超音波歯ブラシの歯垢除去効果を期待したのであったが超音波には少し認められたが、音波歯ブラシでは認められなかった。今後も効果的な使用方法の追求は必要と考える。

5. 今後の課題

各種歯ブラシでの隣接面の歯垢除去効果についてまとめてみると、実験は、歯科疾患の状態や歯垢の堆積状態が均一ではないなどの理由で、人間の口腔内で実施することが難しく、顎模型上で実施することになる。そのため歯垢除去効果の実験では実際に歯ブラシを当てて取れる歯垢が問題となる。歯みがき指導における歯垢染色剤は、口腔での使用のため発癌性や味などの面から殆どが食品色素を使用している商品で、使い勝手の良い商品が研究され市販もされている。しかし、実験用の人工歯垢の研究は、銀蒸着、文房具のマーカーや鉛筆の使用など試行錯誤を繰り返しているが、自然に近い人口歯垢はなかなか手に入れることができない。今後もよりよい実験用の人工歯垢の開発が望まれる。

音波・超音波の伝播効果での歯垢除去効果を期待し、口腔内を想定した水中で実験したが、超音波歯ブラシは手用と同じ位の効果が見られたが音波歯ブラシでは見られなかった。この点も追求することが今後も必要と考える。

一般の人が高い歯垢除去効果を期待しての清掃用具（電動歯ブラシなど）の使用であることから、効果的な刷掃を研究し、今後も歯科疾患予防に貢献したいと考える。

参考文献

- 1) 田島睦子他：効果的な刷掃について－隣接面1－、研究紀要16、2002.
- 2) 田島睦子他：効果的な刷掃について－隣接面－、研究紀要18－W、2004.
- 3) 村上邦子他：電動歯ブラシ、手用歯ブラシの歯垢除去効果の比較、日本歯科衛生士会学術誌、212、11～19、1992.
- 4) Lemelson-MIT Invention Index Survey (Jan, 21, 2003). Available at "mit.edu/invent/n-press-03index.html" へ Accessed、Vol-12、2004.
- 5) 橘川氏：富士経済、2004
- 6) R. Niederman; Manual versus powered toothbrushes. JADA、Vol-134、1240～1244、2003.
- 7) 新井高：電動歯ブラシで歯を守る－だれにでもわかる選び方、使い方－、医学情報社、1～23、2003.
- 8) 畠山知子：音波歯ブラシの使用による歯周ポケット内細菌量の変化、日本歯科衛生学会雑誌、Vol-1、No.1、2006、128から129.

(2007年12月27日受理)