歯ブラシ線維の使用後における寸法変化について

須田 有子 鈴木 さと子

宮 下 元 長谷川 絃 司

昭和大学歯学部歯周治療学教室

(主任：長谷川絃司教授)

(昭和54年12月20日受付)

Dimensional Changes of Filament Taken from the Worn-out Tooth Brush.

Yuko SUDA, Satoko SUZUKI,

Hajime MIYASHITA and Kohji HASEGAWA

Department of Periodontics, Showa University.

School of Dentistry,

(Chief: Prof. Kohji HASEGAWA)

Toothbrushing plays a central role of maintaining a periodontal health so that the design of an adequate tooth-brush has been well established. However, there is no scientific evidence on the durability of the tooth-brush. It is empirically and theoretically accepted that the dimensional changes, especially the decrease in diameter of the filament should result in the decrease in the flexibility of the tufts of tooth-brush and subsequent decrease of efficacy of plaque removal. This study was performed to find the changes in diameter of the filament after the use of given period of weeks.

Thirty-eight dental hygienists and 10 dentists were requested to brush with either roll toothbrushing method or horizontal scrub toothbrushing method, with or without dentifrice for 2, 4, 6, 8 and 10 weeks. Multitufted hard tooth-brush with Dupont nylon 612 filament was used as an experimental tooth-brush.

The results confirmed that the filament worn out as the period of use became longer. It is especially remarkable at the tip of the filament used with horizontal scrub toothbrushing. On the other hand, roll method decrease the side of the filament as expected, but the extent of wear was comparably lower. The use of dentifrice during toothbrushing enhance the tendency of wear drastically.

I. 結 言

ブラッシングは、歯周疾患の予防あるいは治療に、極めて重要な役割を果している。このブラッシングによる歯垢除去効果に影響を与える因子として、大きくは、ブラッシング方法と、歯ブラシの種類が考えられ、これらについて各種の研究が行われている。特に歯垢除去効果における近年の研究では、一般的に歯ブラシ線維の太い

硬い歯ブラシの方が優れていることが報告¹⁻⁴⁾されている。

この様に、歯ブラシ線維の太さが歯垢除去に影響を与えるとすれば、歯ブラシを使用するに従って生じる歯ブラシ線維の寸法ないし形態変化によって、歯垢除去効果が当初のものより変わってくることは容易に想像される。又、この歯ブラシ線維の寸法変化を知ることによって、歯ブラシの使用条件の違いで、どの場所がより多く歯面に接しているかも推察可能である。

従来、未使用あるいは使用後歯ブラシの線維先端の形態変化⁵⁻¹¹⁾、細菌の付着¹²⁾等についての報告は少なくな

本論文の要旨は、第70回日本歯科保存学会、春季学会において発表した。

図 1 実験に用いた歯ブラシ

図 2 試料の取り出し部位(a)と計測部位(b)

表 1 毛束の開き程度の分類

0	: コントロールとほぼ同じ
1	: 軽 度
2	: 中 等 度
3	: 高 度
4	: 非常に高度

4 列目, 6 列目の各 3 束毛部のそれぞれより, 任意の線維 1 本ずつを, プラスチックヘッドに水平な面で, 外科用替刃メスにて切断した。又コントロールには実験に使用した歯ブラシと同一時期に製造された未使用歯ブラシを用いた。

計測部位は, 図 2 (b) の様に, それぞれの線維先端から 0.3 mm, 3.0 mm, 6.0 mm の 3 か所について, 恒温恒湿実験室にて, 日本光学社製プロファイルプロジェクターを用い, 1/1,000 mm 単位まで計測した。測定値については, ファコム U-300 コンピューターを使用し, 危険率 1% 以下のものについて統計的有意差有りと判定した。

本実験では, 3 人の検者が試料の測定を行った。各検者間の一定試料についてのくり返し測定誤差は, 平均値では差はみられなかった。しかし, 各検者間の再現性において, 統計的に差を認めた為, 全試料の計測に当っては, 同一検者が同一グループの試料に片寄らない様, 特に留意した。

又, 歯ブラシの毛束の開きは歯ブラシの消耗を現わすめやすとされている。本実験に用いた全歯ブラシの毛束の開きの程度を表 1 の様な 5 段階のクラス別に分類して, これと線維の寸法変化との関係についても検討を行った。

い。しかし, 線維の寸法変化については, 永沼ら¹³⁾の未使用歯ブラシでの吸湿による線維の膨化についての研究が見られるのみで, 使用後における線維の寸法変化についての報告は見当たらない。

そこで, 今回, 著者らは, 歯ブラシの使用と線維の寸法変化との関係を知る目的で, ブラッシング方法別の差, 歯磨剤使用の有無などにおける歯ブラシ線維の寸法変化を観察した。

II. 実験材料と方法

被験者には正常歯列を有する昭和大学歯科病院所属の歯科衛生士 38 名 (年齢: 20~32 歳) 及び歯周治療学講座の歯科医師 10 名 (年齢: 25~40 歳, 男: 6 名, 女: 4 名) の合計 48 名を用いた。これらの被験者は, 日常の臨床において, 患者に対し, 口腔衛生指導を自ら行っているものである。

使用した歯ブラシは, K 社製 Dr ハロー, 硬さ (H) のものである (図 1)。歯磨剤は, L 社製 White Lion を用いた。

歯ブラシの使用時間は, 朝食後, 夕食後, 就寝前の 1 日 3 回, 1 回 3 分間, 1 日 9 分間とした。歯磨剤の使用量は歯ブラシの先端から 2 毛束程度とした。歯ブラシの保管方法は, 使用後, 流水洗浄を行うだけとして直射日光をさけることを指示した。

実験グループは, ブラッシング方法に, スクラビング法とローリング法の 2 方法を用い, それぞれの方法の中に, 歯磨剤使用, 不使用のグループを設けた合計 4 グループとした。それぞれのグループの歯ブラシ使用期間は 2, 4, 6, 8, 10 週間とした。

試料の採取は, 図 2 (a) の矢印の様に, 先端植毛部,

図 3 各計測点における線維の太さの変化

図 4 ブラッシング方法別における線維の太さの変化 (0.3 mm)

表 2 ブラッシング方法別による各計測部位の線維の太さ

計 測 部 位	0.3 (mm)	3.0 (mm)	6.0 (mm)
スクラビング法	0.2619 ± 0.0098 (N = 354)	0.2645 ± 0.0084 (N = 357)	0.2660 ± 0.0074 (N = 359)
コントロール (N = 53)	0.2662 ± 0.0045		
ローリング法	0.2643 ± 0.0076 (N = 317)	0.2659 ± 0.0075 (N = 317)	0.2667 ± 0.0070 (N = 317)

平均値 ± S. D. (mm) S : P<0.01 N : 例 数

III. 結 果

1) 使用期間別における線維の太さ

線維先端から 0.3 mm, 3.0 mm の部位では、使用期間が長くなる程、線維が細くなる傾向が見られた。特に、0.3 mm の部位において、その傾向は強く、実験 10 週間では、コントロールと比べるとおよそ 2.5% 細くなっていた。しかし 6.0 mm の部位では、その傾向は、軽度には観察されなかった (図 3)。

2) ブラッシング方法別による比較

0.3 mm の部位において、スクラビング法と、ローリング法の使用期間ごとについて比較した (図 4)。スクラビング法の線維の方がどの期間においてもほぼ細いこ

とが確認された。又、各計測部位別で比較すると、表 2 の様に、スクラビング法においては、0.3 mm の部位でコントロールと有意の差を認めた。更にローリング法と比べても、有意に細くなっていた。又、スクラビング法、ローリング法共に、0.3 mm と 3.0 mm の部位間、及び 0.3 mm と 6.0 mm の部位間にも、それぞれ統計学的に有意の差が認められた。

3) 歯磨剤の有無による比較

歯磨剤使用グループと不使用グループの 0.3 mm の部位について、使用期間ごとに比較すると、使用開始後 2 週間においては、使用、不使用共に、同様の値を示しているが、使用期間が長くなるにつれて、使用グループでは線維が細くなる傾向が見られた。一方、不使用グループでは、実験期間中あまり変化を示さないことが確

図 5 歯磨剤使用の有無における線維の太さの変化 (0.3 mm)

認められた (図 5)。又、各計測部位について比較すると、表 3 の様に、先端から 0.3 mm と 3.0 mm の双方の部位において、使用グループの方が有意に細くなっていた。更に、使用グループでは、0.3 mm と 3.0 mm の部位間に、又、3.0 mm と 6.0 mm の部位、及び 0.3 mm と 6.0 mm の部位間にも有意の差を認めた。

4) ブラッシング方法と歯磨剤との関係

スクラビング法で、歯磨剤使用グループと不使用グループを比較すると (表 4)、0.3 mm, 3.0 mm の双方の部位において、使用グループの方が有意に細くなっていた。又、使用グループのみでは、コントロールと 0.3 mm の部位、コントロールと 3.0 mm の部位間にも有意の差が認められた。同様に 0.3 mm と 3.0 mm の部位間、

表 3 歯磨剤の有無による各計測部位の線維の太さ

計 測 部 位	0.3 (mm)	3.0 (mm)	6.0 (mm)
S			
歯 磨 剤(+)	0.2607 ± 0.0097 (N = 314)	0.2642 ± 0.0086 (N = 319)	0.2665 ± 0.0073 (N = 321)
0.2662 ± 0.0045 コントロール (N = 53)	S	S	
歯 磨 剤(-)	0.2651 ± 0.0076 (N = 357)	0.2660 ± 0.0073 (N = 355)	0.2662 ± 0.0071 (N = 355)
S			
平均値 ± S. D. (mm) S : P<0.01 N : 例 数			

表 4 スクラビング法における歯磨剤の有無での各計測部位の線維の太さ

計 測 部 位	0.3 (mm)	3.0 (mm)	6.0 (mm)
S			
スクラビング法- 歯磨剤(+)	0.2584 ± 0.0106 (N = 140)	0.2627 ± 0.0088 (N = 141)	0.2657 ± 0.0075 (N = 176)
0.2662 ± 0.0045 コントロール (N = 53)	S	S	
スクラビング法- 歯磨剤(-)	0.2653 ± 0.0077 (N = 177)	0.2662 ± 0.0075 (N = 176)	0.2660 ± 0.0070 (N = 176)
S			
平均値 ± S. D. (mm) S : P<0.01 N : 例 数			

表 5 ローリング法における歯磨剤の有無での各計測部位の線維の太さ

計 測 部 位	0.3 (mm)	3.0 (mm)	6.0 (mm)
ローリング法 - 歯磨剤(+)	S		
	S		
	0.2635 ± 0.0078 (N = 140)	0.2660 ± 0.0080 (N = 141)	0.2660 ± 0.0070 (N = 176)
0.2662 ± 0.0045 コントロール (N = 53)			
ローリング法 - 歯磨剤(-)	0.2649 ± 0.0074 (N = 177)	0.2659 ± 0.0070 (N = 176)	0.2660 ± 0.0070 (N = 176)
平均値 ± S. D. (mm)			S : P<0.01 N : 例 数

図 6 毛束の開き程度
(0～4：表 1 による分類, Co：コントロール)

図 7 毛束の開き程度と線維の太さの変化

3.0 mm と 6.0 mm の部位間, 及び 0.3 mm と 6.0 mm の部位間でも同様に統計学的な有意差が認められた。

ローリング法においては, 使用グループにおいて, 0.3 mm と 3.0 mm の部位間に有意差を認めたが, 使用グループと不使用グループ間に有意の差は認められなかった (表 5)。

5) 歯ブラシの毛束の開き具合の比較

全歯ブラシを表 1 のように分類したのが図 6 (a), (b) である。

この様に各程度に開いた線維を各計測部位ごとに計測してみると図 7 のグラフの様になり, 開き具合が大きいの程, 線維が細くなるという傾向を示した。

歯ブラシの毛束の開き具合を各ブラッシング方法別で比較すると, 平均においてローリング法の方がわずかに

図 8 ブラッシング方法別における線維の開き具合の分布

開きが大きい結果が得られたが、これらブラッシング方法別の間には統計学的な有意の差は認められなかった(図8)。

IV. 考 察

1) 実験方法について

今回の実験では、線維先端の寸法変化を観察することを目的とした為、線維の形態がある程度規格化されていることが必要であった。この点から材料として均一であり、寸法の規格化もはかられているナイロン製線維を実験材料として選んだ。又、線維の太さ、あるいはブラシの形態が、スクラビング法とローリング法、共に行なえることが必要であった。これらを理由に、実験用歯ブラシとしてK社製 Dr ハロー (H) を選んだ。この歯ブラシに用いられているナイロン線維は、米国 Dupon 社製 Nylon # 612 タイネック (設計太さ 0.010 inch, 加工精度 0.010 inch $\pm$ 5 %, 吸水膨張 + 2 % 以内) と呼ばれているものである。

ブラッシング方法として、Rodda¹⁴⁾, Mc Clure¹⁵⁾, Bay¹⁶⁾, 木下ら¹⁾の報告を参考にして、毛先を使うブラッシング法の代表としてスクラビング法を、また、歯ブラシの脇腹を用いるブラッシング法の代表としてローリング法を選択した。これらの2方法は比較的一般的に行われている方法である。

ブラッシング圧とストロークは、歯ブラシ線維の寸法変化に影響を与える要因として考えられるが、今回はこれらについて特別の規定は行なわなかった。しかし、被験者としてブラッシングに熟達した歯科医師と、歯科衛生

図 9 温水中に浸漬した後の線維の太さの変化

士を用いたことによって、ブラッシング方法に関しての個体間のばらつきは最少であると考えられる。だが、被験者が指示された期間、全く規則的に1回も欠かさずブラッシングを行ったとは考えられず、この点から幾分かの個体差が生じたと推察される。

2) ナイロン線維の吸湿膨化について

未使用歯ブラシにおけるナイロン線維の吸湿膨化については、永沼ら¹³⁾によって報告されている。本研究においても、実験に先だって、ナイロン線維の吸水による寸法変化を想定して、パイロットスタディーを行った。すなわち実験用歯ブラシから得た線維を 37℃ の温水中に、実験期間における歯ブラシ使用積算総時間とほぼ同時時間連続して浸漬させた後、取り出し直後、6 時間後、24 時間後に同一線維の一定部位をくり返し計測した。

その結果、吸水による寸法変化に一定の傾向は見られなかった(図9)。これらのことから、本実験では、吸水による影響は無視できるものと判断した。これらは永沼らの研究と本研究で使われたナイロン線維の特性の違いによるものと思われる。しかしながら、コントロールより明らかに太く吸湿膨化したと考えさせられる線維が一部に見られた。

3) 実験結果について

各種歯ブラシの使用によって線維のどの場所が歯面に接しているかを知ることは重要である。

ブラッシング方法別では、スクラビング法でコントロールと線維先端から 0.3 mm の部位での値の間において、有意の差を認めた。しかしローリング法では認められなかった。このことにより、スクラビング法が、ローリング法に比べて、毛先の先端をより強く使うブラッシング法であることがあらためて確認できた。

歯磨剤使用と不使用グループで比較すると、歯磨剤使用グループの線維の方が、明らかに細くなっていた。歯磨剤の影響について、大内ら¹⁷⁾は、象牙質が損耗したこと、エナメル質に接する歯ブラシ線維の毛先は象牙質に接する毛先よりも損耗すること等を報告している。

本実験では、スクラビング法で、線維先端から0.3 mmの部位と、3.0 mmの部位間において、歯磨剤使用と不使用の間に統計学的な有意の差を認めた。この結果から歯質とナイロン線維の間に、歯磨剤（研磨剤）が介在することによって、歯質の磨耗と共にナイロン線維も磨耗することは、明らかであろう。

歯ブラシを、どのような状況下で、いつ交換したら良いかについては明らかでない。榊原¹⁸⁾は、歯ブラシが使用不可となる判定基準として、①臨床的歯冠の高径より著しく刷毛が短く消耗したもの。②植毛部の脱落、磨耗、及び屈曲等の為、隣接面腔に刷毛が到達できないと思われるもの。③磨耗及び屈曲が著しく、歯の清掃ならびに歯肉に対して効果がないと考えられる程度のもの。④著しく不潔で口腔内に使用することに躊躇を感じる程度のもの等をあげ、いずれか1つ以上に該当するものを使用不可とした。又、Mckendrick¹⁹⁾は、平均すると10.5週（SD±5.7）で歯ブラシを取り換えていると報告している。その他、歯ブラシのいたみに関して、岡本¹¹⁾、原²⁰⁾の報告がある。また歯ブラシ毛束のいたみに関してRobertson¹⁾は、歯ブラシ線維の太さと毛束の密度との関係で、2週間使用後の毛束のいたみ具合を観察している。彼らはその中で、歯ブラシのいたみ具合を4段階に分けた。そして線維が細く（0.14 mm）、毛束の密なもの、毛束が多いにいたんだ状態にランクされたものが55%あったが、線維が太く（0.28 mm）、毛束の粗いものではほとんどいたみの示さないものが60%であったと報告している。しかし、歯ブラシ線維の寸法変化を歯ブラシの交換基準の中に取り入れている研究は見当たらない。

歯ブラシの硬さと歯垢除去効果の関係について、鈴木²⁾は、硬い（線維の太い）歯ブラシの方がより高い歯垢除去効果があると報告している。Macfarlane²¹⁾は、歯ブラシ線維は直径と線維の長さにより硬さに変化すること、又、乾燥時の線維の硬さは、36°Cの唾液中では時間と共に柔らかくなることを示し、湿潤と温度がこれらに影響すること等を報告している。我々の計測は、恒温恒湿状態で行ったものであるが、先端部から0.3 mmの部位で、最大およそ2.5%細くなっていた。これによって、その線維が本来持つ硬さを発揮できなくなり、更に、初期の歯垢除去効果が期待できなくなることは容易に想像されることである。

我々の実験での歯ブラシの毛束の開き具合は図8の通りであるが、線維の寸法変化との関係については、開きが大きくなる程線維は細くなるという比例関係が認めら

れた。結果的には、Robertson¹⁾らの報告と表裏の関係の結論が得られたわけであるが、時間的に、どちらが先に表われるかという問題については、今回の実験では明らかではなかった。

V. 結 論

本実験は、日常使用の歯ブラシを用いて、歯ブラシ線維の寸法変化を検討する為に行った。更に、ブラッシング方法、及び歯磨剤の与える影響、毛束の開き程度等の関係についても検討を加えた。

その結果、次の様な結論を得た。

- ①. 歯ブラシ線維は、使用に伴って細くなり、特に先端に近い所で顕著であった。
- ②. スクラビング法とローリング法では、スクラビング法の方が線維が細くなった。
- ③. 歯磨剤の有無で比較すると、歯磨剤使用の方が細くなった。
- ④. スクラビング法で、歯磨剤を使用した場合、線維は著しく細くなった。
- ⑤. 歯ブラシの毛束の開き程度が大きくなる程、線維は細くなった。

稿を終るにあたり、試料計測時に適切なご教示および便宜をいただいた昭和大学歯学部理工学教室の宮地俊幸教授、鈴木暎助教授に深く感謝いたします。また、種々ご協力いただいた昭和大学歯科病院古家総婦長および当歯周治療学教室の各位に感謝いたします。

文 献

- 1) 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: 57~74, 1976.
- 2) 鈴木康司, 末田 武, 告 礼子, 豊田満佐子, 木下四郎: 口腔衛生学会雑誌, 20: 223~230, 1971.
- 3) Robertson, N.A.E. and Wade, A.B.: Effect of filament diameter and density in tooth brushes, J. Periodont. Res., 7: 346~350, 1972.
- 4) 渡辺 隆: ブラッシング方法の差による炎症歯肉辺縁の根尖側移動の程度について, 日歯周誌, 18: 468~485, 1976.
- 5) 真泉平治, 大森 庸, 山本省三, 近藤勝洪, 大塚興次, 宮沢敬吾: 走査型電子顕微鏡による歯刷子線維の観察, 歯学, 62: 824~828, 1974.

- 6) 真泉平治, 光安一夫, 布施淳子, 小林義夫, 大島弘子: 走査型電子顕微鏡による歯刷子線維の観察(予報), 歯学, 60: 606~611, 1972.
- 7) 光安一夫: 走査型電子顕微鏡による歯刷子線維の観察, 歯学, 62: 829~852, 1974.
- 8) 上田雅俊, 三瀬博司, 護邦忠弘, 飯田正人, 高田耕平, 畠山善行, 井上庸三, 寺坂 章: 未使用歯ブラシ線維先端の形態学的研究, 日歯周誌, 19: 53~61, 1977.
- 9) Klima, J.: Scanning electron microscopic investigations of the shape of toothbrush bristles, Quintessence International, 9: 51~57, 1978.
- 10) 小林義夫: 走査型電子顕微鏡による歯刷子線維の観察, 歯学, 62: 176~187, 1974.
- 11) 岡本清纓, 榊原悠紀田郎, 萩こてふ, 山田美穂, 岡本纓二: 常用歯刷子の使用後の観察, 口腔衛生学会雑誌, 9: 402~411, 1959.
- 12) 丸山威夫, 石田一郎, 斎藤雄二, 鳥山美恵: 常用歯刷子の細菌学的研究: 口腔衛生学会雑誌, 7: 23~29, 1967.
- 13) 永沼誠一, 金坂正成, 関 善也, 六川善夫, 大森武: 吸湿による歯刷子線維の軟化に関する研究, 歯学, 55: 43~48, 1967.
- 14) Rodda, J.C.: A comparison of four methods of toothbrushing, New Zeal. Dent. J., 64: 162~167, 1968.
- 15) McClure, D.B.: A comparison of toothbrushing technics for the preschool child, J. Dent. Child., 33: 205~210, 1966.
- 16) Bay, I., Kardel, K.M. and Skougaard, M.R.: Quantitative evaluation of the plaque-removing ability of different types of toothbrushes, J. Periodont., 38: 526~533, 1967.
- 17) 大内和憲, 下河辺宏功, 岡田泰紀, 近藤清一郎, 松田浩一, 太田 守: 天然歯および人工歯の歯ブラシ式摩耗試験機による摩耗について, 日本歯科保存学雑誌, 20: 134~147, 1977.
- 18) 榊原悠紀田郎, 今村嘉孝, 岡田昭五郎, 西村 昭, 森田純司, 山田美穂: 常用歯刷の消耗度に関する研究, 口腔衛生学会雑誌, 7: 54~67, 1957.
- 19) Mckendrick, A.J.W., Mchugh, W.D. and Barbenel, L.M.H.: Toothbrush age and wear, British Dental J., 130: 66~68, 1971.
- 20) 原 秀一, 戸ヶ崎厚子, 内藤昌恵, 今川洋子, 坂野優美子: 刷掃による小児用歯刷子の「いたみ」に関する調査, 歯学, 64: 1330~1338, 1977.
- 21) Macfarlane, D.W.: The dynamic stiffness of toothbrushes, J. Periodont. Res., 6: 218~226, 1971.