原 著

歯磨圧吸収効果を有する歯ブラシに関する研究*

A Study on a Toothbrush Effective in Absorbing Brushing Force

井 坂 隆 一** 林 聡** 金 子 憲 司**
外 木 徳 子*** 中 川 さ と み*** 長 谷 川 浩 三***
町 田 幸 雄***

Takaichi ISAKA **, Satoshi HAYASHI **, Kenji KANEKO **,
Noriko TONOGI ***, Satomi NAKAGAWA ***, Kozo HASEGAWA ***
and Yukio MACHIDA ***

Received April 15, 1993 ; accepted May 19, 1993

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effect on absorbing brushing force of a FN toothbrush designed by the authors. Forty seven volunteers, male and female, from 22 years to 44 years of age, participated in the experiment. Each volunteer brushed his or her four buccal surfaces of the posterior teeth by the scrub method with four different toothbrushes of various neck flexibilities. Brushing force was measured by recording the strain of the neck surface with a strain gage during brushing and the strain was expressed as brushing force. The results were as follows;

1) The brushing force using the FN toothbrush with the largest neck flexibility in the tested toothbrushes was absorbed significantly more than in other toothbrushes ($p < 0.01$).

2) Based on brushing force data described in 1), the percentages of absorbing brushing force over the brushing force of B toothbrush with the least neck flexibility, were calculated. The effect on absorbing brushing force was 11.1 % for the FN toothbrush, 3.7 % for the W toothbrush and -2.8 % for the R toothbrush.

3) Subjects were divided into three groups depending on the brushing force level using the B toothbrush. The percentage of absorbed brushing force of the FN toothbrush was 8.9 % in the low group, 7.8 % in the proper group and 15.1 % in the high group which needed to reduce brushing force.

索引用語: 歯ブラシ, 歯磨圧, 首筋弾力性

Key words: Toothbrush, Brushing force, Neck flexibility

緒 言

成人のスクラブ法における最適歯磨圧は300g~400g

であることは、松本らの研究ですでに明らかにされている¹⁾。ところが吉田²⁾、宮尾³⁾ および吉村⁴⁾ によると500g 以上、さらに中島⁵⁾ によると1000g 以上の過度な歯

* 本論文の要旨は、第41回日本口腔衛生学会総会において発表した。

** ライオン株式会社オーラルケア研究所 (所長: 金子憲司)

** Oral-Care Research Laboratories, LION Corporation (Director: Kenji KANEKO)

*** 東京歯科大学小児歯科学講座 (主任: 町田幸雄教授)

*** Department of Pediatric Dentistry, Tokyo Dental College (Chief: Prof. Yukio MACHIDA)

磨圧で刷掃する例が報告されている。高橋ら⁶⁾は抜去歯牙を用いた *in vitro* の研究において、白亜質が露出した状態の歯牙で20mm ストローク幅の横みがき法で40年間相当分、300g の歯磨圧で刷掃したところ、歯髄腔に達する摩擦が認められたと報告しており、まして500g 以上の過度な歯磨圧で長期間刷掃を行うと歯牙や歯周組織に損傷を与える危険性の高まることが十分推察される。

しかし、過度な歯磨圧を適正な範囲¹⁾に下げることが各人の刷掃習慣に絡み、決して容易ではない⁷⁾。また歯磨圧を測定し、刷掃指導に応用できる機器が今まで見当たらず、歯磨圧に関する適切な啓蒙・指導が行えなかったことが過度な歯磨圧で刷掃を続ける原因の一つかと考えられる。長谷川ら⁸⁾は臨床で応用できる歯磨圧測定装置を研究開発し、現在実用化しつつある段階にある。著者らはより安価で簡便な方法として特に過度な歯磨圧について吸収効果が高い FN 歯ブラシを開発し、実験を行ったのでその成果を報告する。

材料および方法

1. 対象

上下顎左右側第二小臼歯、第一大臼歯及び第二大臼歯各頬面において本研究に支障を来すような補綴物および齲蝕を有しない正常歯列の成人男女47名（男性36名、女性11名）を被験対象とした。年齢は22歳～44歳、平均30.9歳であった。

2. 歯ブラシ

テスト歯ブラシは、Fig. 1, Table 1 に示すように、今回開発した Long & Slim で Flexible Neck を有する FN 歯ブラシと首部の弾力性を最小限に留めるよう試作した B 歯ブラシおよび首部弾力性が FN 歯ブラシと B 歯ブラシの間に位置する市販歯ブラシ 2 種類（R 歯ブラシと W 歯ブラシ）の計 4 種類を使用した。

首部弾力性は、把持部を固定し、ヘッド部の中央に 1 kg の荷重を掛けた時のヘッド部中央の下方への変位量で表わした。変位量の測定は株式会社ミットヨ製デジマチックハイトゲージ192-601で行った。

今回開発した FN 歯ブラシの首部弾力性は7.0mm/kg とした。これは首部弾力性が FN 歯ブラシ以上と以下の歯ブラシを試作して、これらと FN 歯ブラシの歯磨圧吸収効果実験および使用性調査を行い設定したものである。すなわち歯磨圧吸収効果と首部弾力性との間には正の相関が認められ、首部弾力性が大きくなるにしたがって歯磨圧吸収効果は高まることが判明した。しかし、使用性評価では首部弾力性7.0mm/kg が最も良い

Fig. 1 Tested toothbrushes

との結果が得られたため、これを採用した。

更に、Long & Slim で Flexibility のある首部を実現するためハンドル素材の研究にも着手し、ポリカーボネート (PC) とポリエチレンテレフタレート (PET) を主原料とする、PC/PET ポリマーアロイを開発した。その理由は、現在一般的に歯ブラシハンドルに用いられている樹脂では曲げ強度など剛性が小さいため、FN 歯ブラシのように首部を Long & Slim 化した歯ブラシに用いると、使用中に首部の変形、破断が発生し実用に耐えられなかったからである。

3. 歯磨圧の測定方法

歯磨圧の測定は吉田ら²⁾の方法に準じた。すなわち、共和電業社製ストレインゲージ KFG-1を歯ブラシの首部に速乾性接着剤で接着し、刷掃時にストレインゲージで発生する微弱電流を共和電業社製 ストレインアンプ DPM-110A で増幅し、同じく共和電業社製データレコーダー RTP-501A で記録した。同時に刷掃状態を観察するために菊水電子工業社製ストレージオシロスコープ 5516-ST を使用した。

刷掃法はスクラブ法とし、刷掃部位は第二小臼歯、第一大臼歯及び第二大臼歯の頬面を 1 ブロックとし上下顎左右側の 4 部位とした。そして 1 部位当り約10秒間刷掃を行った。なお、各被験者とも 1 日、1 種類の歯ブラシについて測定を行った。歯ブラシの使用順序はランダム化して各被験者に割り当てた。データレコーダーにて収録された歯磨圧データから、我々が考案した歯磨圧解析

Table 1 Specifications of toothbrushes

Kind of toothbrush*	Bend of neck (mm/kg)	Neck size (mm)			Handle resin**	Brush hardness
		Thickness (Min.)	Width (Min.)	Length		
B toothbrush	1.0	5.5	6.5	28.5	SAN	Medium
R toothbrush	2.4	5.5	4.5	37.5	PP	Medium
W toothbrush	3.8	5.6	5.0	34.5	CP	Medium
FN toothbrush	7.0	4.0	4.0	53.0	PC/PET	Medium

* B, W and FN toothbrush handles are straight

B: experimental toothbrush with the least neck flexibility

R and W: commercial toothbrush

FN: newly designed toothbrush

** SAN: styrene-acrylonitrile, PP: polypropylene, CP: cellulose propionate,

PC/PET: polycarbonate / polyethylene terephthalate polymer alloy

ソフトを用いて波形が安定した中央 5 秒間のデータを抽出し解析を行った。

4. 歯磨圧吸収効果の算出方法

首部弾力性が最小である B 歯ブラシの歯磨圧を基準として、その他の歯ブラシで得られた歯磨圧の減少率を歯磨圧吸収効果とした。

その算出は次式に基づいて行った。

$$Y = \frac{B - X}{B} \times 100 (\%)$$

Y: 歯磨圧吸収効果 (%)

B: B 歯ブラシの歯磨圧 (g)

X: 歯磨圧吸収効果を算出したい歯ブラシの歯磨圧 (g)

結 果

得られたデータを多元配置分散分析法で解析し、有意差検定を行った。分散分析により得られた各歯ブラシ使用時の平均歯磨圧は、Fig. 2 に示すとおり、B 歯ブラシで 352.0g、R 歯ブラシでは 361.5g、W 歯ブラシで 339.4g、そして FN ブラシで 313.2g であり、95% 信頼限界は ± 5.2 g であった。首部弾力性が最も大きい FN 歯ブラシ使用時の歯磨圧は他の 3 種類を使用した際の歯磨圧より 1% 有意差をもって低下したことが判明した。

さらに、平均歯磨圧を男女にわけて比較したところ、Table 2 に示すとおり、いずれの歯ブラシにおいても危険率 5% で男女間に有意差は認められなかった。

Fig. 2 に示した成績を基に歯磨圧吸収効果を求めたところ、R 歯ブラシでは -2.8% と歯磨圧吸収効果は認められず、歯磨圧の増大がみられた。W 歯ブラシでは 3.7%、FN 歯ブラシでは 11.1% と高い歯磨圧吸収効果が認められた。さらに、ストレートハンドルである B、W お

Fig. 2 Average brushing force of toothbrushes
(*): $P < 0.05$, (**): $P < 0.01$

Table 2 Brushing force difference by gender

	Male ($\pm$ SD)	Female ($\pm$ SD)
B toothbrush	353.9 (± 110.4)	345.5 (± 119.9)
R toothbrush	360.2 (± 101.9)	364.5 (± 99.0)
W toothbrush	337.0 (± 108.2)	345.9 (± 126.5)
FN toothbrush	313.4 (± 95.1)	311.0 (± 104.8)

(g)

No significant differences were found

よび FN 歯ブラシに関して首部弾力性と歯磨圧吸収効果との相関性を検定したところ、Fig. 3 に示すように有意水準 1% で正の相関が認められた。

また、B 歯ブラシで刷掃した時の歯磨圧を基にして、

Fig. 3 Relationship between absorption of brushing force and bend of neck

	Low group	Proper group	High group
B	227.4	343.9	487.5
R	266.0	361.0	457.7
W	227.4	335.1	457.3
FN	207.1	317.1	414.1

Fig. 4 Brushing force of toothbrushes in 3 groups divided by brushing force level using B toothbrush

Low group: less than 300g, 14 subjects
Proper group: 300g~400g, 19 subjects
High group: more than 400g, 14 subjects

300g 未満を過小歯磨圧群（以下過小群と略す）、300g 以上400g 未満を最適歯磨圧群（以下最適群と略す）および400g 以上を過大歯磨圧群（以下過大群と略す）に層別して各群の歯磨圧を調査した。その結果は Fig. 4 に示すように、いずれの群においても首部弾力性が大きくなるにしたがって歯磨圧は低下する傾向がみられ、首部弾力性が最大である FN 歯ブラシはいずれの群においても最小値を示した。

さらに3群ごとの歯磨圧吸収効果をTable 3 に示す。FN 歯ブラシでは、いずれの群においても吸収効果が認められたが、特に過大群で15.1%と高い吸収効果が認められた。これはRおよびW歯ブラシの吸収効果の約2.5

Table 3 Absorption of brushing force by toothbrushes in 3 groups divided by brushing force level using B toothbrush

	Low g.	Proper g.	High g.
R toothbrush	-17.0	-5.0	6.1
W toothbrush	0.0	2.6	6.2
FN toothbrush	8.9	7.8	15.1

(%)

倍であった。R 歯ブラシでは、過小群と最適群で歯磨圧吸収効果がマイナスになった。これは基準となるB歯ブラシより歯磨圧が増大したことを意味している。W歯ブラシでは、過小群で吸収効果が認められなかったが、最適群と過大群でそれぞれ2.6%、6.2%の吸収効果が認められた。

考 察

歯磨圧の緩和を目的とした歯ブラシの報告は Soparkar らが行っている⁹⁾。しかしこれは首部の一部にバネ様構造を取入れているものの、歯磨圧緩和の原理およびその程度を明らかにしていない。著者らは、本研究を開始するに当たり基礎研究を実施して歯磨圧吸収効果の原理を明らかにし、平均11.1%の歯磨圧吸収効果をもつ FN 歯ブラシの開発に成功した。

東海林らの報告¹⁰⁾では、柄の弾力性の異なる3種類の歯ブラシの歯磨圧に有意差は認められないとしているが、著者らは、柄の弾力性を高めると刷掃時に柄がたわみ使用性が悪化し、そのため歯ブラシに無駄な力を掛けることになると考えている。そこで FN 歯ブラシでは首部には適切な弾力性を持たせたが、柄には弾力性を持たせない設計を施した。

ところで、歯磨圧の大小と歯牙、歯周組織への為害性に関する研究については松本ら¹⁾、松崎ら¹¹⁾ および戸ら¹²⁾の報告があるだけである。これらの報告は、歯磨圧と刷掃時の疼痛および歯齦からの出血の関係を小児、成人を対象にして明らかにし、歯磨圧が400g 以上になると疼痛や歯齦からの出血が生ずることがあると指摘している。さらに先人ら^{13,14)}の歯牙の摩耗、歯齦への為害性に関する研究からも、過剰な歯磨圧は歯牙、歯周組織への為害性になんらかに関与していると考えてもよいであろう。

そこで、過大歯磨圧を低下させる方法として Long & Slim で Flexibility のある首部をもつ歯ブラシの研究を開始し、当初目標は過大群だけで歯磨圧吸収効果を発揮する歯磨圧コントロール技術の研究開発であった。FN 歯ブラシの3群における歯磨圧吸収効果は、過小群と最

適群でそれぞれ8.9%, 7.8%と比較的低めに押さえられたのに対し, 過大群では15.1%と高い効果を示した。

吉田ら²⁾, 宮尾³⁾, 吉村⁴⁾ および中島⁵⁾ の報告では, 成人のスクラブ法刷牙時の最大歯磨圧はそれぞれ647.2 g, 800g, 562.5g および1350g である。300g~400g の間が最適歯磨圧であることを考慮すると, かなり高い歯磨圧で刷牙を行う成人の存在が示唆される。これら高い歯磨圧で刷牙を行う成人に対して FN 歯ブラシは歯磨圧を15.1%吸収することにより, 長期使用による歯牙, 歯周組織への為害性を軽減させる可能性が示唆され, 当初目標の一部は達成できたと考えている。しかし, 歯磨圧を吸収する必要のない過小群と最適群においても FN 歯ブラシが歯磨圧を吸収した点については, 今後更に改良検討を加える必要があると考えている。

結 論

首部が Long & Slim で Flexibility を有する FN 歯ブラシの歯磨圧吸収効果について, 被験者47名を用いて臨床的に評価し, 以下の結論を得た。

1. 4種類の歯ブラシのなかでは, 首部弾力性が最大である FN 歯ブラシ使用時の歯磨圧は他の3種類を使用した際の歯磨圧より有意に低いことが判明した ($p < 0.01$)。

2. いずれの歯ブラシにおいても危険率5%で男女間に有意差は認められなかった。

3. 首部弾力性が最小であるB歯ブラシ使用時の歯磨圧をもとにして, 被験者を3群(過小群, 最適群および過大群)に層別して各群における各歯ブラシ使用時の歯磨圧を調査したところ, FN 歯ブラシはいずれの群においても最小値を示した。特に, 歯磨圧を低下させる必要のある過大群では15.1%と高い吸収効果を示した。これは市販RおよびW歯ブラシの吸収効果の約2.5倍であった。

4. ストレートハンドルにおいては首部弾力性と歯磨圧吸収効果との間には, 有意水準1%で正の相関が認められた。

以上の知見より, FN 歯ブラシはその歯磨圧吸収効果によって過大な歯磨圧を緩和させ, 長期使用による歯牙, 歯周組織への為害性を軽減させる可能性のあることが示唆された。

文 献

- 1) 松本小織, 外木徳子, 長谷川浩三, 町田幸雄, 井坂隆一: 永久歯列期におけるスクラブ法の最適歯磨圧について, 歯科学報, **85**; 1225-1229, 1985.
- 2) 吉田晃哲, 石井憲彦, 古沢博行, 田中丸治宣, 町田幸雄: 各種条件下における歯磨圧並びに刷牙回数について, 歯科学報, **78**; 1335-1342, 1978.
- 3) 宮尾 博: 熟練者および未熟者における歯みがき動作の巧拙の比較検討に関する研究—ローリング法, バス法および水平法について—, 歯科医学, **45**; 271-300, 1982.
- 4) 吉村佳博: スクラッピング法における歯垢除去効果率に影響を及ぼす諸因子および歯みがき動作の特徴について, 口腔衛生会誌, **39**; 65-103, 1989.
- 5) 中島康則: 成人における手用歯ブラシによる歯みがき圧および歯みがき動作の回数と歯垢清掃効果との関係について, 口腔衛生会誌, **21**; 193-215, 1971.
- 6) 高橋哲史, 吉田晃哲, 町田幸雄: 刷牙試験機を用いた60年間分刷牙による歯牙磨耗について, 歯科学報, **87**; 507-512, 1987.
- 7) 覚道幸男: ブラッシングの人間工学, 口腔衛生会誌, **34**; 270-289, 1984.
- 8) 長谷川浩三, 町田幸雄: 刷牙訓練機を用いた刷牙指導, デンタルダイヤモンド, **13**; 60-63, 1988.
- 9) Soparkar, P. M., Newman, M. B. and De-Paola, P. F.: The efficacy of a novel toothbrush design, J. Clin. Dent., **2**; 107-110, 1991.
- 10) 東海林良彦, 谷下田昭夫, 福島将人, 鈴木丈一郎, 渡辺一郎, 渡辺孝章, 檀 寧赫, 新井 高, 中村治郎: スクラッピング法における種々の歯ブラシのプラーク除去効果とブラッシング圧に関する研究(第4報)—柄の弾力性と毛の直径の異なるナイロン毛歯ブラシについて—, 日歯周誌, **30**; 566-575, 1988.
- 11) 松崎和江, 外木徳子, 長谷川浩三, 矢島 功, 町田幸雄, 井坂隆一: 小児の最適歯磨圧について, 小児歯誌, **23**; 88-93, 1985.
- 12) 一戸小織, 外木徳子, 長谷川浩三, 町田幸雄, 風間政人: 永久歯列期におけるバス法の最適歯磨圧について, 歯科学報, **87**; 1373-1378, 1987.
- 13) 志村 優: いわゆる楔状欠損の統計的観察補遺, 口腔病会誌 **26**; 1410-1414, 1959.
- 14) Smukler, H. and Landsberg, J.: The toothbrush and gingival traumatic injury, J. Periodontol., **55**; 713-719, 1984.