Air-powder abrasive system の歯周治療への応用

柳 村 光 寛 小 池 文 一 佐 藤 悦 子
呉 忠 憲 原 耕 二 川 上 隆 也*

新潟大学歯学部歯科保存学第二教室

(主任：原 耕二教授)

* (株) 松風 研究開発部

(主任：川上隆也)

(昭和63年9月19日受付)

Application of an Air-Powder Abrasive System in Periodontal Therapy and its Effect on Root Surfaces

Mitsuhiro YANAGIMURA, Fumikazu KOIKE, Etsuko SATOH,
Chung-Shien WU, Kohji HARA and Takaya KAWAKAMI*

Department of Periodontology Niigata University School of Dentistry

(Chief : Prof. Kohji HARA)

* Research Laboratory Shofu Incorporation

(Chief : Takaya KAWAKAMI)

An air-powder abrasive device used to remove stain and debris adherent to tooth surface is now available for use by dentist. Air Flow® was evaluated for its effectiveness in removing stains and debris from teeth. Split design in anteriors was used, and half was treated with the device and the contralateral side with a brush cone and tooth polishing paste. Time required by each method to remove stain and debris completely was recorded and compared.

A gingival trauma index was assessed according to the method of Weak's L.M. et al. (1984). Air-powder abrasive system removed stain and debris in less time than brush cone technique ($P < 0.001$). The system was also most effective in removing stains in pit, fissure and contact areas. The device caused a significant increase ($P < 0.01$) in gingival irritation immediately posttreatment, but there was no statistically and clinically significance in the effect on the gingi-

va at 7 days posttreatment between two techniques.

In vitro study, the effect of the device on root surfaces was also assessed. 5, 10, 20, 40 and 60 seconds exposure of a fixed point on root surfaces to the device produced defects 137, 245, 308, 945 and 1,394 μm in depth, respectively. The resulting surface was smooth and all cementum was removed. And the average loss of root structure as a function of the exposure time was also assessed. The average losses were 0.2, 0.6, 1.7, 1.8, 2.0, 2.1, 2.3 and 2.4 mg by 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 and 60 seconds exposures, respectively.

Root surface roughness, resulting from hand curette, ultrasonic curette and air-powder abrasive system was examined histologically. The hand curette produced smooth root surface. The ultrasonic instrument produced a surface characterized by irregular ridges. The air powder abrasive system was found to produce a root surface favorably comparable to manual root

planing and remove cementum from areas of difficult

treatment, such as furcations.

Key words : Air-powder abrasive system, Tooth polishing, Root planing

要旨: 歯周治療においてスケーリング, ルートプレーニングはきわめて重要な処置である。日常の臨床でスケーリング, ルートプレーニングは手用スケーラーや超音波スケーラーでなされているが研磨剤を水と圧縮空気により歯面に噴射し歯冠, 歯根面を研磨する air powder abrasive system (A.P.A.S.) の歯周治療への可能性について検討した。その結果, A.P.A.S. によればきわめて短時間に沈着物, 着色が除去された。また歯肉辺縁に対してわずかな損傷がみられたが, 処置7日後では処置前との間に差は認められなかった。A.P.A.S. を歯根面1ヵ所に連続作用させると5秒で約140 μm , 60秒で約1,400 μm の距離の陥凹が生じ, 乾燥重量で0.2 mg および2.4 mg の歯質除去がみられた。A.P.A.S. で処置した歯根面は分岐部を含むすべての面で一様にきわめて滑沢であり, セメント質は完全に除去されており, ルートプレーニングへの応用の可能性が認められた。

索引用語: 歯冠研磨器, 歯面研磨, ルートプレーニング

緒 論

歯面着色を除去する方法としてここ50年来回転器具にラバーカップやブラシコーンをつけて, 研磨剤とともに研磨する方法や超音波スケーラー, 手用スケーラーが利用されてきた。しかしこれらの方法では強固に付着した着色や小窩, 裂溝の着色, 付着物は容易には除去できないのが現状である。近年, sodium bicarbonate を圧搾空気と共に歯面に噴射し外来性の色素等を機械的に効率よく除去する装置の開発 (air powder abrasive system 以下 A.P.A.S. とする) が行われ, 種々の方式のものが市販されている。このシステムは従来の方法では除去困難な部位でも容易に応用できる大きな利点を有し, いくつかの使用上の問題点について検討がなされてきている¹⁻⁶⁾。

歯周治療のゴールは健康で機能的な歯—歯肉構造を再構築することである。すなわち, 歯周疾患罹患歯の歯根表面の細菌性プラーク, endotoxin や歯石の完全な除去が線維芽細胞の付着を容易にし, 新生セメント質の添加と結合識性の付着が生じる鍵をにぎるものと考えられている⁷⁾。このような endotoxin が侵入した porous で過石灰化セメント質の完全な除去は手用スケーラーの使用では限界があることも報告されている⁸⁾。治療後の予後不良例には不十分な detoxification によるものが多いとされている⁹⁾。このような問題について画一化した方法で容易に歯根面のルートプレーニングを行えるような方法があれば, 治療の効率化と治癒の促進につながることになる。

本研究の第1の目的は, A.P.A.S. を歯面研磨器として使用した場合, ブラシコーンと研磨剤を使用した場合と

の比較および歯肉への影響を検討することである。第2の目的は, A.P.A.S. の歯根研磨器としての使用の可能性, すなわちルートプレーニングの際の代用としての評価と A.P.A.S. の歯根面への影響を *in vitro* で検討することである。

材料と方法

1. A.P.A.S. の歯冠研磨器としての作用の検討

被験者は新潟大学歯学部附属病院保存科を受診した27名で, 平均年齢は 39.5 ± 9.6 歳であった。被験部位を $3+3$ あるいは $\overline{3}+\overline{3}$ の唇側あるいは舌側とした。歯面沈着物についての診査を Green ら¹⁰⁾ の Oral Hygiene Index に従って行ったのち, 3-1, 1-3 を無作為に A.P.A.S. による処置側, ブラシコーンと研磨剤による処置側に割りふった。そして, A.P.A.S. とブラシコーンによる研磨時間の検討, 歯肉におよぼす影響, 研磨剤の味覚, 疼痛の程度について検討した。なお本研究で使用した A.P.A.S. は Electro Medical Systems 社 (Switzerland) の Air Flow® である。本器の所要水圧は $0.7-8.0 \text{ kg/cm}^2$, 所要空気圧は $4.5-8.5 \text{ kg/cm}^2$ で, 5.5 kg/cm^2 時の空気消費量は 10 l/min である。ブラシコーンは日本歯科工業社製, 研磨剤は井上アタッチメント社製の Poli paste® (first polish) を使用した。

1) 歯冠研磨に要する時間

Oral Hygiene Index のスコアが正中部を境にして左右同一であることを確認したあと, 片側を A.P.A.S. で処置し, 他方をブラシコーンと Poli paste で研磨し, 着色や debris が完全に除去されるのに要する時間を検討した。

2) 歯冠研磨時の A.P.A.S. とブラシコーンが歯肉に及ぼす影響

歯冠研磨時に A.P.A.S. とブラシコーンが歯肉へおよぼす障害の程度を検討するため、処置前、処置直後、処置後 7 日目の歯肉を Weaks ら²⁾の Trauma Index に従って評価し、両方法の歯肉への影響を調べた。また、Löe ら¹¹⁾の Gingival Index の変化も処置前と処置後 7 日目に比較した。

3) A.P.A.S. に使用した研磨剤の味覚と処置中の疼痛の発現について

A.P.A.S. の powder は sodium bicarbonate を主成分とするが、処置直後、被験者への問診により味覚について診査した。分類の基準は良い、良くない、きわめて良くないとした。また処置中の疼痛の程度は、痛みなし、軽度、中等度、強度とした。

2. *In vitro* における A.P.A.S. の歯根面に対する影響

In vitro で、A.P.A.S. を歯根面に作用させた場合の変化を抜去歯を使用して検討した。

1) A.P.A.S. の歯根面作用時間の長短と歯質削除量との関係

i) 歯質陥凹量

A.P.A.S. を抜去歯根面に作用させ、生じた陥凹の深さを顕微鏡下で micrometer で測定し削除量とした。使用した抜去歯は上顎前歯でセメントーエナメル境より根尖寄り 5 mm の部分の唇側に 1 辺 5 mm の枠を作り、歯根面より距離 2 mm で A.P.A.S. を固定して作用させた。作用時間は 5, 10, 20, 40, 60 秒と変化させた後、通報どおり脱灰、包埋し、7 μ m の縦断面切片を作製後、H.-E. 染色し陥凹部の距離を測定した。なお距離 2 mm で A.P.A.S. を作用させた時の出力は最高にして使用した。

ii) 歯質除去重量

A.P.A.S. を i) と同様な方法で、準備した抜去歯に距離 2 mm で、チップ先端を固定し作用させた。作用時間は 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 秒と変化させ、それぞれの条件で 3 歯ずつ行った。作用前後の乾燥重量の変化を Mettler AE 200 (Mettler Instrumente 社) で測定した。

2) A.P.A.S., 手用スケーラー, 超音波スケーラーの歯根面への作用の比較

A.P.A.S. の歯根面への作用を手用スケーラー, 超音波スケーラーと比較する目的で以下のような条件を設定し、組織標本上で表面構造の変化と分歧部に対する効果および歯面に生じた陥凹の深さを比較検討した。なお本

研究で instrument を作用させた部分は今後の臨床的な応用を考え、セメントーエナメル境より根尖側寄り距離 5 mm の歯根面上とし 1 辺が 5 mm 四方の枠内を被験部位とした。A.P.A.S. は 2 mm の距離でチップ先端を固定せず歯面に沿って移動させながら 90° の角度で作用させた。なおこの時の出力は最高にして行った。手用スケーラーは Hu-Friedy 社の Gracey periodontal finishing curettes の未使用のものを使った (No. 1~14)。使用のたびに Bates Arkansas stone No. 5 で研磨したのち、plastic test stick で研磨状態が良好であることを確認後再使用した。使用時の圧力、方向は通常臨床で応用する方法に準じた。超音波スケーラーは Goof 社製の Odon-tonson を power range 4 で使用した。チップは臼歯部用を使用し、歯根面上を歯軸にそって移動させた。作用条件は以下のとおりである。

- (1) 手用スケーラー 20 strokes, 40 strokes
- (2) 超音波スケーラー 20 strokes, 40 strokes
- (3) A.P.A.S. 10, 30, 60 seconds
- (4) 超音波スケーラー+手用スケーラー
20 strokes+20 strokes
- (5) 超音波スケーラー+A.P.A.S.
20 strokes+30 seconds
20 strokes+60 seconds
40 strokes+30 seconds
40 strokes+60 seconds
- (6) 手用スケーラー+A.P.A.S.
20 strokes+30 seconds
20 strokes+60 seconds
40 strokes+30 seconds
40 strokes+60 seconds

結 果

1. 歯冠研磨に要する時間

本研究に参加した 27 名の被験者は男性が 24 名、女性が 3 名であった。これらの被験者の処置前の口腔清掃状態を Oral Hygiene Index で評価した結果は Table 1 に示したが、3 歯の合計がブラシコーン側が 6.3 ± 0.4 、A.P.A.S. 側が 6.2 ± 0.4 であり、両側で有意差は認められなかった。これらのスコアを有する被験者に対し、完全に着色、沈着物が除去されるまでの時間をブラシコーンと A.P.A.S. で比較した結果は、Table 1 に示したとおりで、ブラシコーンは A.P.A.S. より 1.6 倍の時間を要した ($P < 0.001$)。さらに、Fig. 1 に示したように、

ブラシコーンでは小窩裂溝や隣接面部に除去不可能な着色物が残存する。A.P.A.S. ではこのような除去困難な部位でも容易に取り残しなく除去できた。

Table 1 OHI score and time required for treatment

	Brush cone	Air flow
OHI	6.3 ± 0.4	6.2 ± 0.4
	N.S.	
Time (seconds)	124.4 ± 9.5	77.4 ± 5.7
	*	

Mean $\pm$ S.E.

n = 27

* : significant at $P < 0.001$

N.S. : not significant at $P > 0.05$

Fig. 1 Air-power abraded clean surface (right incisors and canine) and surface polished with brush cone and paste (left incisors and canine). Remaining stains (arrows) are observed in interproximal and cervical area polished with brush cone and paste.

2. 歯冠研磨時のブラシコーンと A.P.A.S. が歯肉に及ぼす影響

A.P.A.S. とブラシコーンの使用による歯面への障害の程度を Weaks らの Trauma Index で処置前、処置直後、処置後 7 日目に評価した結果を Table 2 に示した。値は処置した 3 歯の合計で示した。なおスコアの最高値は 9.0 である。ブラシコーン処置側では処置前後で差はみられなかったが、処置直後と 7 日目を比較すると有意に値が減少している ($P < 0.05$)。一方、A.P.A.S. 処置側では処置直後は有意にスコアが上昇し ($P < 0.001$)、7 日目では処置前と同程度にまで下がった ($P > 0.05$)。処置直後のスコアについてブラシコーンと A.P.A.S. で比較すると、A.P.A.S. の方が有意に高かった ($P < 0.01$)。しかし 7 日目では両群で有意差は認められなかった。また、両群の処置前と 7 日後の Gingival Index の変化を Table 3 に示したが、処置前の Gingival Index は A.P.A.S. 群で 0.63 ± 0.14 、ブラシコーン群で 0.56 ± 0.15 と、歯肉の炎症はきわめて少ないことがわかった。処置後 7 日目になると、両者とも処置前の値とほぼ同じになった。

3. A.P.A.S. 使用時の疼痛と研磨剤の味覚について

A.P.A.S. 使用時の疼痛発現の結果については、疼痛がないものが 27 例中 17 例、わずかな痛みを訴えたものが 9 例、高度の痛みを訴えたものは 1 例であった。A.P.A.S. 使用時の研磨剤の味覚についての結果については、27 例中 17 例がその味覚に対してあまりよくないという結果になった。

4. A.P.A.S. の歯根面作用時間と歯質削除量の検討

Table 4 は A.P.A.S. を除去歯根面に 90° で作用した場合の陥凹量を歯表面からの距離 (Y) で示したが、時

Table 2 Change in Trauma Index pre and post coronal polishing

	pretreatment		immediate posttreatment		7 days posttreatment
Brush cone	3.0 ± 1.0	N.S.	3.8 ± 1.2^a	$P < 0.05$	1.1 ± 0.5
			N.S.		
Air flow	2.0 ± 0.8	$P < 0.001$	8.6 ± 1.0^a	$P < 0.001$	1.0 ± 0.5
			N.S.		

Mean $\pm$ S.E.

n = 27

N.S. : not significant at $P > 0.05$

^a : significant at $P < 0.01$

間 (X) に比例して値が大きくなり $Y = -29.6 + 23.5X$, $r = +0.99$ ($P < 0.001$) となっている。この結果は A.P.A.S. のノズルを 2 mm の距離で固定して得られたもので、わずか 5 秒の作用で $137 \mu\text{m}$, 60 秒では $1,394 \mu\text{m}$ の陥凹が生じた。Table 5 は A.P.A.S. を 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 秒歯根面に作用させた後の歯質乾燥重量の結果をまとめたものである。Fig. 2 はそのグラフである。作用時間 (X) に対して歯質除去乾燥重量を (Y) とした場合、 $Y = 10^{-4} \times 6.2 + 10^{-5} \times 3.5X$, $r = +0.85$ ($P < 0.001$) となり両者の間に高い相関がみられ、5 秒で 0.2 mg , 60 秒で $2.4 \pm 0.2 \text{ mg}$ の削除となった。

5. A.P.A.S., 手用スクレーラー, 超音波スクレーラーの歯根面への作用の比較

A.P.A.S. の歯根面への作用を手用スクレーラー, 超音波スクレーラーと比較する目的で行った結果は Table 6 に示したが, A.P.A.S. は臨床的な応用法に準じ, 移動させながら使用した。そのため固定して使用した場合より

Table 3 Change in Gingival Index pre and post coronal polishing

	pre polishing	7 days post polishing
Brush cone	0.56 ± 0.15	0.66 ± 0.15 N.S.
Air flow	0.63 ± 0.14	0.65 ± 0.15 N.S.

Mean $\pm$ S.E.

n = 27

N.S. : not significant at $P > 0.05$

Table 4 The relationship between exposure time to A.P.A.S. and thickness of removal of root surface

Time	0	5	10	20	40	60
						(seconds)
Thickness (μm)	—	137	245	308	945	1394

Table 5 The relationship between exposure time to A.P.A.S. and rate of removal of root substance

Time	0	5	10	15	20	30	40	50	60	(seconds)
Dry weight (mg)	—	0.2 ± 0.0	0.6 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.8 ± 0.1	2.0 ± 0.4	2.1 ± 0.1	2.3 ± 0.2	2.4 ± 0.2	

Mean $\pm$ S.E.

(n = 3)

生じた陥凹が浅いことが Table 4 と比較した結果よりわかる。10 秒で $132.0 \pm 16.9 \mu\text{m}$, 30 秒で $178.6 \pm 16.6 \mu\text{m}$, 60 秒では $325.5 \pm 19.1 \mu\text{m}$ となった。手用スクレーラー 20 strokes では $46.0 \pm 5.4 \mu\text{m}$, 40 strokes で $87.5 \pm 12.2 \mu\text{m}$ であった。一方, 超音波スクレーラーを歯根面に 20 strokes 作用させると, $60.0 \pm 8.1 \mu\text{m}$, 40 strokes では $155.5 \pm 5.2 \mu\text{m}$ であった。手用スクレーラー後に A.P.A.S. 処置した群および超音波スクレーラー後に A.P.A.S. 処置した群ではそれぞれの作用回数と作用時間に比例して値が大きくなっており, とくに A.P.A.S. の影響と効果がきわめて大きいことがわかる。以下の Fig. 3~14 に示したとおり, それぞれの表面構造と分岐部への応用した例について説明する。Fig. 3 は未処置の

Fig. 2 The relationship between exposure time to air-powder abrasive system and rate of removal of root substance.

Table 6 Effectiveness of A.P.A.S., hand instrument and ultrasonic scaler on root surface abrasiveness (μm)

A.P.A.S.	10 seconds	132.0 $\pm$ 16.9 (μm)
	30 seconds	178.6 $\pm$ 16.6
	60 seconds	325.5 $\pm$ 19.1
Hand	20 strokes	46.0 $\pm$ 5.4
	40 strokes	87.5 $\pm$ 12.2
Ultrasonic	20 strokes	60.0 $\pm$ 8.1
	40 strokes	155.5 $\pm$ 5.2
Hand + A.P.A.S.	20 strokes + 30 seconds	237.0 $\pm$ 17.3
	20 strokes + 60 seconds	340.7 $\pm$ 9.2
	40 strokes + 30 seconds	222.0 $\pm$ 4.0
	40 strokes + 60 seconds	393.8 $\pm$ 37.7
Ultrasonic + A.P.A.S.	20 strokes + 30 seconds	252.7 $\pm$ 13.4
	20 strokes + 60 seconds	372.8 $\pm$ 41.0
	40 strokes + 30 seconds	256.0 $\pm$ 13.9
	40 strokes + 60 seconds	400.0 $\pm$ 34.7
Ultrasonic + Hand	20 strokes + 20 strokes	164.0 $\pm$ 33.6
Mean $\pm$ S.E.		
n = 5

Fig. 3 Histologic cross section of untreated surface. $\times 25$

横断面を示すものでセメント質は完全な形で存在している。Fig. 4 は手用スケーラーで 40 strokes スケーリング後の歯根面を示す。セメント質は完全に除去されているが表面には多少の凹凸がみられる。

Fig. 5 は超音波スケーラーで 40 strokes スケーリング後の歯根面を示したもので、セメント質は完全に除去されているものの、表面はきわめて荒く、大小の凹凸の存在が特徴的であり、滑沢とはいえない。Fig. 6 は A.P.A.S. で 30 秒処置した歯根面表を示す。セメント質は完全に除去されており、表面の凹凸もなく、きわめて

Fig. 4 Histologic cross section of surface after giving 40 planing strokes with hand curette. $\times 25$

滑沢な面を呈している。Fig. 7 はその拡大像である。手用スケーラーに比較しても表面が滑沢であることがわかる。Fig. 8 は下顎大臼歯の分歧部を A.P.A.S. で処置した結果を示す。左側が A.P.A.S. で 60 秒処置したものでセメント質は完全に除去されている。右側は未処置の部位である。Fig. 9 は超音波スケーラーを大臼歯分歧部に 20 strokes 作用後の結果を示したものである。分歧部セメント質の不十分な除去と凹凸がみられる。Fig. 10 は手用スケーラー 20 strokes と A.P.A.S. 60 秒作用後の

Fig. 5 Histologic cross section of surface after giving 40 planing strokes with ultrasonic curette. $\times 20$

Fig. 8 Histologic cross section of surface of lower molar furcation. left : after root planing with air-power abrasive system for 60 s right : untreated surface. $\times 5$

Fig. 6 Histologic cross section of surface after 30 s exposure to air-powder abrasive system. $\times 6.6$

Fig. 9 Histologic cross section of surface of buccal furcation after giving 20 planing strokes with ultrasonic curette. $\times 5$

Fig. 7 High magnification of a part of Fig. 6. $\times 25$

Fig. 10 Histologic cross section of surface after giving 20 planing strokes with hand curette plus 60 s air-power abrasive system. $\times 25$

Fig. 11 Histologic cross section of buccal furcation of upper molar after giving 20 planing strokes with ultrasonic curette plus 30 s exposure to air-powder abrasive system. $\times 10$

Fig. 13 Histologic cross section of surface of lower molar furcation after giving 40 planing strokes with ultrasonic curette plus 60 s exposure to air-powder system. $\times 10$

Fig. 12 Histologic cross section of surface after giving 20 planing strokes with ultrasonic curette plus 60 s exposure to air-powder abrasive system. $\times 10$

Fig. 14 Histologic cross section of surface after giving 20 planing strokes with ultrasonic curette plus 20 planing strokes with hand curette. $\times 25$

歯根面の状態である。相当量の歯質が除去されており、表面は波打ったような形態を呈している。Fig. 11 は超音波スケーラー 20 strokes 後 A.P.A.S. を 30 秒作用させた上顎側分岐部である。セメント質は完全に除去されており、表面も滑沢である。Fig. 12 は超音波スケーラー 20 strokes 後、A.P.A.S. を 60 秒作用させたもので、滑沢な面が得られているものの、歯質削除量も大きくなっている。Fig. 13 は超音波スケーラー 40 strokes 後、A.P.A.S. を 60 秒作用させた上顎分岐部でセメント質は除去され、一様に滑沢な面が得られている。Fig. 14 は超音波スケーラーを 20 strokes 作用後、手用スケーラー 20 strokes 作用させたものでセメント質は完全に除去されているが表面には多少の凹凸がみられる。

考 察

A.P.A.S. は sodium bicarbonate の微粒子を歯面に空気と水とともに slurry 状のまま作用させ、粒子の連続した機械的研磨作用により歯面の stain, plaque の除去を行うものである。近年このシステムを応用した報告がみられるようになり、歯周治療への広範な利用が示唆されつつある¹⁻⁵⁾。本研究では、2つの系を組み A.P.A.S. の諸性能を検討した。まず A.P.A.S. 本来の歯面研磨器としての作用と歯肉をはじめとする軟組織への障害の有無を検討した。stain や plaque の歯面付着は口腔清掃状態、食物摂取、タバコなどの嗜好品の影響を受ける。それらを放置しておくことは、歯周組織の健康を維持す

る面からはきわめて不利な環境を形成することになる。stain は審美的な問題を生じるが、その由来によって色が異なる¹²⁾。上顎臼歯部、下顎前歯舌側に多く見られる薄く、茶色の透過性のある stain は tannin によるものが多い。タバコによる stain は茶かっ色、黒が多く、タールに由来するが喫煙量よりむしろ歯面に付着している acquired coating に大きく左右される。そのほか細菌産生物や化学物質による stain もある。

これらのstainに対し従来はラバーカップやブラシコーンと研磨剤の併用、手用スケーラーや超音波スケーラーの使用による除去がなされてきた。しかしこれらの方法では、歯面に微細な傷や歯質の損傷を生ずるといわれる。本研究では、これらにかわって stain を除去する歯冠研磨器 A.P.A.S. の効果を検討した結果、A.P.A.S. は歯面着色を効率よく除去できることが判明した。A.P.A.S. によればブラシコーンと研磨剤による方法よりはるかに短時間で歯面着色が除去できた。Weeks ら²⁾は歯面着色の除去効果を検討するため、全顎を左右に 14 歯ずつ分割した系で、Oral Hygiene Index が平均 1.8 の被験者を使用し、stain の完全除去に必要な時間を Prophy-Jet のみとラバーカップと歯磨剤併用で研磨した両群で比較した。その結果、Prophy-Jet 群では 5.5 ± 3.6 分で、ラバーカップ群では 13.4 ± 6.0 分であったと報告している。著者らの結果では、被験部位が 3 歯ずつと狭い範囲ではあったが、Oral Hygiene Index が平均 2.1 の被験者で着色、沈着物を完全除去するのに、A.P.A.S. では 77.4 ± 5.7 秒、ブラシコーンでは 124.4 ± 9.5 秒であった。これを 1 歯あたりに換算し比較すると、Weeks ら²⁾の結果では Prophy-Jet が 23.5 秒、ラバーカップが 57.4 秒となる。著者らの A.P.A.S. では、25.8 秒、ブラシコーンでは 41.3 秒となっており Weeks らの値ときわめて一致している。またラバーカップとブラシコーンを比較すると、ブラシコーンの方が短時間で除去ができるようである。さらに、ブラシコーンでは小窩、裂溝、接触点部の着色、沈着物を完全除去することが困難であったのに対し、A.P.A.S. ではこれらの部位でも容易に除去可能である。

また処置前後の歯肉に対する影響を Trauma Index で検討した結果では、A.P.A.S. が局所の軟組織に上皮の剝離と bleeding を生じていることがわかった。しかし、これらの部位は sulcus 部の歯肉に局限しており、しかも出血量はわずかであった。この変化も 7 日後ではブラシコーン間とに有意差はみられないほど治癒することから、A.P.A.S. の使用による歯肉組織の障害はきわめて小

さいものといえる。Weeks ら²⁾も A.P.A.S. と同様な方法である Prophy-Jet で検討した結果、処置直後では Trauma Index がラバーカップの約 3 倍となったが、6 日後には処置前と同様の値に下がったと報告している。また、Mishkin ら³⁾も歯肉に対する影響を同様に検討しているが、健康な歯周組織を有する者、わずかに歯肉に炎症がある者に使用した結果、臨床的に歯肉への障害が長期に持続するという問題はなんら生じなかったとしている。本研究の被験者の Gingival Index は術前 0.56, 0.63 であり、術後 7 日でもこの値に変化はなかった。これらの結果より歯肉の炎症が軽度の場合、A.P.A.S. は stain, plaque を効果的に除去でき、歯肉に長期の障害をきたすことはないと考えられる。また本装置は、術者の疲労もきわめて少ない状態で使用できるという利点があり、歯周治療で広く応用できるものと思われる。この機器使用に関して、Finlayson ら¹³⁾は最近、Cavi-Jet を 4 年間使用し粘膜下気腫を生じた 1 例を報告している。上顎大臼歯部の深い歯周ポケットに使用した結果、4 時間後に腫脹をきたし 3 日後には軽減し 7 日後に全快した。この機器は 65~100 psi の強力な圧力を有するため、深い歯周ポケットへの直接使用は避け、歯軸に対し 60~80° の角度を維持すれば、plaque と stain が効率よく除去できるばかりでなく、歯肉縁下の pocket irrigation にも使用できると述べている。本研究の被験者の 27 名のうち疼痛を訴えた者が 10 名いたが、そのうち 9 名はきわめて軽度のものであった。Mishkin ら³⁾が同様に Cavi-Jet を使用した報告では、21 名中 3 名に下唇部粘膜の剝離を訴えたものがいたが 7 日目には異常は認められなくなったとしている。この原因としては、処置中の洗浄、含嗽が不十分であったためこの部位に sodium bicarbonate が貯留したことをあげている。著者らの問診での疼痛の原因は、slurry が舌表面に作用した際のものも多く、粘膜の剝離や組織の直接障害によるものは観察されなかった。

次に A.P.A.S. を歯根面に作用させた場合の歯根面の変化と root planing 応用の是非について検討した。歯周治療のゴールは正常な機能を営む歯と歯肉構造を維持させることにある。このためには病的歯根セメント質から細菌とその産生物の完全な除去が必須となる。通常は手用スケーラー、超音波スケーラーなどによって scaling と root planing を行う。これらの処置によって歯石やプラークを完全に除去するには限界がある。歯石やプラークの取り残しは、歯根面を無害化できないことになる¹⁴⁾。Aleo ら¹⁵⁾は歯周病罹患歯には G (-) 細菌の

増加が特徴的で、細胞壁には endotoxin が存在し強い起炎性を有し骨成長の抑制、骨吸収、macrophage の活性化による collagenase 分泌の亢進に関与しているとしている。endotoxin は plaque、唾液、歯肉溝滲出液、健康な歯肉溝上皮などに存在するほか、歯周疾患罹患歯セメント質に結合しており、線維芽細胞 (L-929 株) に対して *E. coli* 由来の endotoxin よりはるかに高い細胞毒性を有していたと報告している。そして歯周疾患罹患歯セメント質表面には線維芽細胞の付着はみられず、phenol-water による処理や機械的に歯根面セメント質の完全除去後の付着を認めている¹⁶⁾。Neiders ら¹⁷⁾も endotoxin が細胞間結合を破壊する可能性を *in vitro* で示唆し歯周疾患の進行に関与していると報告している。Ferryhough ら⁷⁾は歯周疾患罹患歯根面を完全に root planing しクエン酸処理や fibronectin 処理を施せば線維芽細胞の付着と増殖が健康歯根と同程度に生じたと報告している。Lopez ら¹⁸⁾は歯周疾患罹患歯根を同一人の粘膜下に移植後の反応を検討した結果では、scaling だけの処置では急性炎症が強くなり、さらに autoclave 処理すると急性炎症は弱いが慢性炎症が持続した。root planing と autoclave 処理しても弱い急性炎症が生じ 21 日後でも慢性炎症が持続した。健康歯根の移植後では、炎症は生じなかった。炎症は耐熱性の endotoxin により生じたもので、歯周疾患歯セメント質は完全に除去しなければならないとしている。O'Leary ら⁸⁾は歯周疾患歯セメント質の完全除去を目的とし手用スクレーラーで 50 stroke root planing しても pocket 底部に近い根尖側のセメント質は殆ど残っており、臨床的に手用スクレーラーですべてのセメント質を除去するのは不可能に近く、pocket 底部にはクエン酸による化学的な処置方法を試みるべきであるとしている。このように歯周疾患罹患歯セメント質に対する線維芽細胞の付着は徹底した根面処置後に生じるため、臨床においてもこのような根面を形成することが必要となるが、機械的な処置では不十分であるため、A.P.A.S. のように sodium bicarbonate で根癒合部、分岐部、手用スクレーラーの非到達部の罹患セメント質を削除する装置が注目されてきた¹⁹⁾。Atkinson ら¹⁾は Prophy-Jet model C-100 のノズルを固定して 30 秒間歯根面に作用させた結果、滑沢な根面とセメント質の除去がみられたとしている。著者らが 2 mm の距離で装置を固定し作用時間を変えた結果、5 秒で 138, 10 秒で 245, 20 秒で 308, 40 秒で 945, 60 秒で 1,394 μm の陥凹とセメント除去がみられた。5 秒間というきわめて短時間でも削除量が多いことがわかった。Atkinson ら¹⁾の

報告では 4 mm の距離で 30 秒作用させた結果、636.6 $\pm$ 103.6 μm の陥凹が生じたとしており、著者らの値に近い。彼らの SEM による観察では、歯表面に生じた陥凹は crater 様を呈し、壁は均一で平滑であり、さらに拡大した像では象牙細管が開いた状態は認められず、slurry が開口部に嵌り細管を閉鎖していた。また collagen fibril の露出は見られなかったとしている。本研究では装置を移動させ臨床的に使用する際の要領に近い状態で作用させた結果、10 秒で 132, 30 秒で 178, 60 秒で 325 μm となった。ノズルを固定せず作用させた場合のこのような値が臨床応用の際の根面削除量のめやすとなる。表面構造はきわめて均一で平滑であったが、Atkinson ら¹⁾も brush stroke で歯根面を 60 秒処置後観察し、根面には残存軟組織などはまったく見られず、完全に滑沢であったと報告している。このように、curette を使用した場合に生じる groove や未処置面がまったくみられず一様に均一で平滑な歯根面が得られるということが本装置の最大の特徴である。

歯質の削除量に関しては 5 秒で 0.2 mg, 60 秒で 2.4 mg の削除があることがわかったが、この値は被験歯の状態、例えば石灰化の程度の差によっても変動するため、歯根面の硬度はこのような機器の使用に当たっては十分に考慮しなければならない点である。Galloway ら⁴⁾も最近 Prophy-Jet を使用し、歯質削除重量を検討しているが、5 秒で約 0.3 mg, 60 秒で約 2.0 mg の歯質の除去を報告しており、長時間の歯根面への作用は危険であるとしている。sodium bicarbonate の powder は象牙質と同等のモース硬さ (2.5) をもち、歯磨剤にも多く含まれている。A.P.A.S. の powder の研磨性は、粒子の形態、作用時の速度、硬さなどに影響を受けると考えられる。特に象牙質は sodium bicarbonate と同様なモース硬さを有しているとはいっても作用条件や個々の歯質の違いによっては、大きな影響をうけることも留意しなければならない。

root planing は時間を要し歯根面の細部にわたって処置する必要があるが、根面に小さい陥凹や傷を形成しやすい。本研究からも超音波スクレーラーを作用させた歯根面にはきわめて多数の陥凹がみられた。Meyer ら²⁰⁾は手用スクレーラー、超音波スクレーラーによる根面処置の比較をしているが、手用スクレーラーではきわめて平滑な面が得られ、超音波スクレーラー使用後は 3~4 倍の荒さがみられたとしている。Wilkinson ら²¹⁾も S.E.M. で超音波スクレーラー、手用スクレーラー使用後の歯根面を観察しているが、前者の方が荒い面や不規則な陥凹や隆起が多く

生じたとし plaque の停滞をきたしやすいとしている。著者らの結果からも手用スケーラーの方が超音波スケーラーを使用した場合よりはるかに表面は滑沢になっていた。さらにこれに A.P.A.S. を使用すれば他の手用スケーラーや超音波スケーラーのみで処置した歯根面よりも明らかに平滑で、また分岐部で手用スケーラーが入らない部位にも作用させたところ、十分にセメント質を除去できることが観察された。Bower は²²⁾上下顎第一大臼歯の分岐部に手用スケーラーを使用した結果、現在使用されている手用スケーラーのうち、その幅が分岐部の入り口より大きいものが 58% もあり、手用スケーラーでこの部分を処置することは困難で他の方法を考慮すべきであるとしている。歯の大きさと分岐部の大きさには相関はなく、上顎第一大臼歯では頰側の分岐部が他の分岐部より、下顎第一大臼歯でも頰側分岐部が舌側より狭いと報告している。今回 A.P.A.S. を分岐部に作用させたところ良好な結果が得られたが、これは研磨剤の細粒が分岐部に容易に到達できたことによるものと考えられる。A.P.A.S. では大量の歯石を除去するには不適當であるが、除石後の細かい歯石除去に対してはきわめて有効であると思われる。特に術者の疲労や処置面の均一性を考慮した場合 A.P.A.S. は歯周治療時の root planing にも応用できる可能性がある。Horning ら⁵⁾は A.P.A.S. を歯周手術時に応用し通常の器具の到達不可能部位の plaque, 歯石の除去, root planing が可能であるとし、隣接面の処置にも応用できると報告している。Gilman ら¹⁹⁾は歯周疾患罹患歯を超音波スケーラーのみ、超音波スケーラーに A.P.A.S. を併用したもの、歯石が付着した未処置のコントロール歯に分け、線維芽細胞の付着を目安にしたところ、コントロール歯ではまったく付着はみられず、A.P.A.S. を超音波スケーラー処置に併用のものに最も高い付着がみられたと述べている。このことは歯根面よりの detoxification が A.P.A.S. によって確実になされていることを示唆し、超音波スケーラーや手用スケーラーに A.P.A.S. の併用効果に注目している。今後この機器を歯周手術に応用しその影響や効果について検討を重ね、歯周治療における広範囲の応用を考慮しなければならない。

総括ならびに結論

Air-powder abrasive system の諸性質を *in vivo*, *in vitro* の系で検討し、以下のような結論を得た。

1. Air-powder abrasive system による歯冠研磨は

brush cone と研磨剤による方法より短時間に歯面沈着物や debris の除去が可能であった。小窩裂溝、隣接面、接触点部の除去に関しては特に air-powder abrasive system の方が優れていた。

2. Air-powder abrasive system の使用にあたっては、プラークコントロールを徹底させ、歯肉の炎症を消退させてから行い、深いポケットを有する軟組織への直接作用は避けなければならない。

3. Air-powder abrasive system を抜去歯根面に作用させた結果、セメント質は完全に除去されており、滑沢で均一な面が得られ root planing 作用をもち、根分岐部にも応用可能であることがわかった。

4. Air-powder abrasive system を長時間根面へ作用させると歯質の陥凹と削除量が大きくなることが判明した。

5. Air-powder abrasive system を今後、歯周手術時に応用すればより確実な根面処置が可能になることが示唆された。

文 献

- 1) Atkinson, D.R., Cobb, C.M. and Killoy, W.J. : The effect of an air-powder abrasive system on *in vitro* root surfaces. J. Periodontol., 55 : 13-18, 1984.
- 2) Weeks, L.M., Lescher, N.B., Barnes, C.M. and Holroyd, S.V. : Clinical evaluation of the Prophy-Jet as an instrument for routine removal of tooth stain and plaque. J. Periodontol., 55 : 486-488, 1984.
- 3) Mishkin, D.J., Engler, W.O., Javed, T., Darby, T.D., Cobb, R.L. and Coffman, M.A. : A clinical comparison of the effect on the gingiva of the Prophy-Jet and the rubber cup and paste techniques. J. Periodontol., 57 : 151-154, 1986.
- 4) Galloway, S.E. and Pashley, D.H. : Rate of the root structure by the use of the Prophy-Jet device. J. Periodontol., 58 : 464-469, 1987.
- 5) Horning, G.M., Cobb, C.M. and Killoy, W.J. : Effect of an air-powder abrasive system on root surfaces in periodontal surgery. J. Clin. Periodontol., 14 : 213-220, 1987.
- 6) 永目誠吾, 中井孝佳, 竜門睦正, 森 孝, 上村 参生, 白井雅照, 小西浩二 : Prophy-Jet による

- 歯面着色物の除去効果. 歯界展望, 63 : 541-548, 1984.
- 7) Fernyhough, W. and Page, R.C. : Attachment, growth and synthesis by human gingival fibroblasts on demineralized or fibronectin-treated normal and diseased tooth roots. *J. Periodontol.*, 54 : 133-140, 1983.
 - 8) O'Leary, T.J. and Kafrawy, A.H. : Total cementum removal : A realistic objective ? *J. Periodontol.*, 54 : 221-226, 1983.
 - 9) Waerhaug, J. : Healing of the dentoepithelial junction following subgingival plaque control. II. As observed on extracted teeth. *J. Periodontol.*, 49 : 119-134, 1978.
 - 10) Green, J.C. and Vermillion, J.R. : The simplified oral hygiene index. *J. Am. Dent. Assoc.*, 68 : 7-13, 1964.
 - 11) Le, H. and Silness, J. : Periodontal disease in pregnancy. I. Prevalence and severity. *Acta Odont. Scand.*, 21 : 553-551.
 - 12) Carranza, F.A. Jr. : Glickman's clinical periodontology, 6th ed., Saunders, Philadelphia, 1984, 498-500.
 - 13) Finlayson, R.S. and Stevens, F.D. : Subcutaneous facial emphysema secondary to use of the Cavi-Jet. *J. Periodontol.*, 59 : 315-317, 1988.
 - 14) Waerhaug, J. : Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. I. As observed in human biopsy material. *J. Periodontol.*, 49 : 1-8, 1978.
 - 15) Aleo, J.J., De Renzis, F.A., Farber, P.A. and Varboncoeur, A.P. : The presence and biologic activity of cementum-bound endotoxin. *J. Periodontol.*, 45 : 672-674, 1974.
 - 16) Aleo, J.J., De Renzis, F.A. : In vitro attachment of human gingival fibroblasts to root surfaces. *J. Periodontol.*, 46 : 639-645, 1975.
 - 17) Neiders, M.E. and Weiss, L. : The effect of endotoxin on cell detachment in vitro. *Arch. Oral Biol.*, 18 : 499-504, 1973.
 - 18) Lopez, N.J., Belvederessi, M. and Sotta, R.D.L. : Inflammatory effects of periodontally diseased cementum studied by autogenous dental root implants in humans. *J. Periodontol.*, 51 : 582-593, 1980.
 - 19) Gilman, R.S. and Maxey, B.R. : The effect of root detoxification on human gingival fibroblasts. *J. Periodontol.*, 57 : 436-440, 1986.
 - 20) Meyer, K. and Lie, T. : Root surface roughness in response to periodontal instrumentation studied by combined use of microroughness measurements and scanning electron microscopy. *J. Clin. Periodontol.*, 4 : 77-91, 1977.
 - 21) Wilkinson, R.F. and Maybury, J.E. : Scanning electron microscopy of the root surface following instrumentation. *J. Periodontol.*, 44 : 559-563, 1973.
 - 22) Bower, R.C. : Furcation morphology relative to periodontal treatment. Furcation entrance architecture. *J. Periodontol.*, 50 : 23-27, 1979.
-