

Nd : YAG レーザー照射とフッ化物塗布の併用による
 歯根面の耐酸性付与に関する研究

永井伸頼 福田光男 箕浦伸吾
 山田泰生 多湖 準 三輪晃資
 野口 隆 林 潤一郎 和久田志賀司
 祖父江尊範 坪井信二*
 中垣晴男* 野口俊英

愛知学院大学歯学部歯科保存学第3講座

*口腔衛生学教室

(1999年1月9日受理)

Combination Effects of Nd : YAG Laser Irradiation
 and Fluoride Application to Root Surface on Acid Resistance

Nobuyori Nagai, Mitsuo Fukuda, Shingo Minoura,
 Yasuo Yamada, Jun Tako, Koji Miwa,
 Takashi Noguchi, Junichiro Hayashi, Shigashi Wakuta,
 Takanori Sobue, Shinji Tsuboi*,
 Haruo Nakagaki* and Toshihide Noguchi

Department of Periodontology, Preventive Dentistry and *Dental Public Health

School of Dentistry, Aichi-gakuin University

Accepted for publication 9 January 1999

The purpose of this study was to develop a new preventive method for root dentin and cementum caries using an Nd : YAG laser and fluoride combination. In cementum, twenty periodontally-healthy premolars extracted for orthodontic needs were used in this experiment. After extraction, remnants of soft tissue on the root surface were removed using hypochlorous acid solution. In dentin, fourteen periodontally-healthy premolars extracted were used. Cementum was removed and flattened by sandpaper. A pulsed Nd : YAG laser was used in this experiment. Five experimental sites (A, B, C, D, E) were produced on each root surface. Site A served as a negative control. Sites B and C served as a laser irradiation group (30 mJ and 50 mJ) respectively. Site D served as a positive control (fluoride only), and The site E served as the laser irradiation (50 mJ) and fluoride combination group. The fiber was held perpendicular to the root surface and moved in a back and forth motion for 30 seconds in order to evenly expose the experimental site (2-mm²). After laser irradiation, windows (1-mm²) on each root were created using manicure. After these procedures, acid phosphorus fluoride (Buldevold II) was applied to the teeth in the fourth and fifth groups. Four microliters of the sodium acetic solution (pH 2.3) was placed on each window for 30 sec where Ca was dissolved. The amount of Ca in the solution was determined by atomic absorption spectrophotometry. The area of window was measured by image analyzer. The acid resistance was expressed as dissolved Ca per area ($\mu\text{g}/\text{mm}^2$). Dissolved Ca of leves in the laser irradiation (50 mJ) group and the fluoride group were significantly lower than that of control in the cementum, however, the leves in the combination group were not significantly different from the controls. Dissolved Ca levels of the laser

irradiation group, the fluoride group and the combination group were significantly lower than that of control in the dentin. J. Jpn. Soc. Periodontol., 41: 36~42, 1999.

Key words : Nd: YAG laser, acid resistance, fluoride

要旨 : 本研究の目的は, Nd: YAG レーザーとフッ化物を併用し, 根面の耐酸性が増加することが可能であるかを検討することにある。矯正治療にて便宜抜去された健全な 34 本の小白歯を被験歯として用いた。そのうち 20 本をセメント質用に, 14 本を象牙質用に分けた。セメント質用においては, 歯根面に付着した残存歯根膜線維を 5% 次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いて除去した。象牙質においては, カーボランダムポイントによりセメント質を除去後さらにサンドペーパーを用いて歯根面を平坦にした。各被験歯の歯根面に (比較的平坦なセメント質と象牙質) 実験部位 (A, B, C, D, E) を設定した。A をコントロール群 (Negative control), B を 30 mJ レーザー照射群, C, D, E をそれぞれ 50 mJ レーザー照射群, 酸性フッ素リン酸溶液群 (以下 APF 群と略す) (Positive control), 50 mJ レーザー照射+APF 群 (以下併用群と略す) とした。レーザー照射条件は 10 pps で 30 mJ 30 秒, 50 mJ 30 秒の 2 条件で行った。この条件で被験歯にレーザーを 1 回照射しその後, 併用群においては, APF 溶液を塗布後, 2 分間放置した。コントロールに相当する APF 群も同様に APF 溶液塗布後 2 分間放置した。各被験歯の実験部位に 1 mm×1 mm の正方形になるように 1 カ所ずつネイルバーニッシュを用いてウインドウを作成した。脱灰液には, 酢酸ナトリウム-塩酸緩衝液 (酢酸 1.4 M, pH 2.3) を用いた。脱灰液中に溶出したカルシウム量の測定は, 原子吸光分光分析装置を用いた。耐酸性は, 溶出されたカルシウム量をウインドウ面積で割ることで単位面積あたりのカルシウム溶出量として算出した。セメント質においてはレーザー照射群, APF 群においてコントロール群と比較して, 有意な差が認められたもののレーザー照射群と APF 群との併用においては有意な差は認められなかった。一方, 象牙質においてはレーザー照射群, APF 群において有意な差が認められ, さらにレーザー照射群と APF 群との併用においても有意な差が認められた。以上より露出根面のう蝕予防に Nd: YAG レーザー照射とフッ化物の併用の有効性が示唆された。

索引用語 : Nd: YAG レーザー, 耐酸性, フッ化物

緒 言

レーザー照射による耐酸性付与に関する研究はルビーレーザーを用いて 1964 年 Goldman ら¹⁾によって, 初めて行われた。その後, 1965 年の Stern ら^{2,3)}の報告をはじめ, 種々のレーザー照射による耐酸性付与に関する研究がなされてきたがその多くはエナメル質に関する報告^{4~7)}であった。最近のレーザー開発の発展により歯周病領域でもレーザーを用いる機会が多くなってきた。歯周病領域におけるレーザーの応用では, 歯肉の切開, セメント質への照射, 歯石の除去などが報告^{8~11)}されている。一方, 歯周治療に伴って歯根露出が起こることはしばしば経験するが, この歯根露出は, 知覚過敏症, 根面う蝕などを引き起こし, 歯周治療やメンテナンスを行う上で大きな障害となることがある。これまで, エナメル質う蝕予防に対し酸性フッ素リン酸溶液の塗布などが行われ, シーラントなどと同等の効果があることが報告^{12~15)}されている。さらに根面う蝕の予防に対して, メンテナンス中にフッ化物のジェルを定期的に特殊なブラシで塗布することなどが行われている。しかしながらフッ化物の塗

布は, その効果が長続きしないという欠点がある。一方, エナメル質う蝕予防において, レーザー照射とフッ化物塗布の併用療法が, レーザー単独照射やフッ化物の単独塗布よりも有効であることを森岡ら^{16,17)}は報告している。もし, これらの方法が, 露出根面に対しても応用できるのであれば, 臨床上有意義であると思われる。そこで今回, Nd: YAG レーザー照射とフッ化物の併用療法が, 露出根面 (セメント質, ならびに歯根象牙質) に対して, 耐酸性を付与することができるかどうかを検討した。

材料および方法

1. 被験歯

被験歯として, 矯正治療に伴い便宜抜去されたう蝕や充填物のみられない上下顎の小白歯 34 本を用いた。そのうち 20 本をセメント質用に, 14 本を象牙質用に分けた。これらの抜去歯は, 抜去後, 直ちに生理食塩水中に保存し, 実験開始まで -20°C で保存した。

2. 実験装置

1) レーザー装置

本実験に使用したレーザー装置は, Nd: YAG

レーザー (Pulse Master 600 LE, American Dental Technology, U.S.A.) である。本装置は、パルスモード型でプローブの先端径 $340 \mu\text{m}$, 外径 $400 \mu\text{m}$, 波長 1064 nm である。

3. 実験手順

実験の概略を図1に示した。

1) 前処理

(1) セメント質

あらかじめ使用する歯をセメント質群と象牙質群に分けた。セメント質群に用いた20本の歯は室温にて解凍した。さらに歯根面に付着残存した歯根膜線維を除去するため、5% 次亜塩素酸ナトリウム溶液中に15分間浸漬した後、ガーゼで軽く拭いた。飯島の¹⁸⁾の方法に準じて、根面に残存した次亜塩素酸ナトリウムを除去するために流水下にて24時間水洗した。

(2) 象牙質

象牙質群に用いた14本の歯は、スケーラーにてセメント質を除去後、平面を得るためにカーボラダムポイント、さらにサンドペーパー (DCC 400 cc, SANKYOU RIKAGAKU CO.LTD, 東京) を用いて歯根面を平坦にした。

2) レーザー処理

前処理した前述の各被験歯の歯頸部 1/3 付近の歯根面 (近心, 遠心, 頰側, 舌側) の比較的平坦なセメント質と象牙質の5カ所に実験部位 (A, B, C, D, E) を設定した。未処置のAをコントロール群 (Negative control), Bを30 mJ レーザー照射群, C, D, Eをそれぞれ50 mJ レーザー照射群, 酸性フッ素リン酸溶液群 (以下APF群と略す) (Positive control), 併用群 (50 mJ レーザー照射+APF群) とした。レーザーの照射プローブを歯面に対して垂直になるように保持し、それぞれの実験部位に $2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ を術野として均一に照射した。レーザー照射条件は10 ppsで30 mJ 30秒, 50 mJ 30秒の2条件で行った。この条件で被験歯にレーザーを1回照射しその後、併用群においては、APF溶液を塗布後、2分間放置した。その後、被験歯を水洗した。ポジティブコントロールのAPF群も同様にAPF溶液塗布後2分間放置した。

3) 脱灰処理

各被験歯の実験部位に $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ の正方形になるように1カ所ずつネイルバーニッシュ (資生堂, 東京) を用いて顕微鏡下でウインドウを作製した。試料のサンプリングには、Weatherellらのmicro-sampling法¹⁹⁾ (1972) を参考にした。レーザー処理とAPF処理の終了した実験歯面のウインドウに脱灰液である酢酸ナトリウム-塩酸緩衝液 (酢酸 1.4 M ,

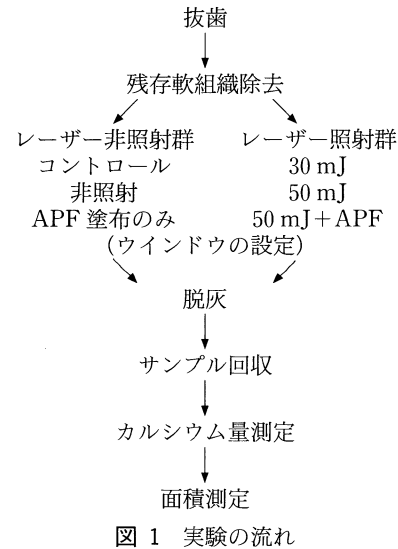


図1 実験の流れ

pH 2.3)^{20,21)} をマイクロピペットにて $4 \mu\text{l}$ 滴下し、30秒間静置した後、吸引ポンプ (MINI PUMP, SHIBATA Co, 東京) にて直接スピッツ管へ回収した。この滴下は、合計3回繰り返し全量を約 $12 \mu\text{l}$ の1サンプルとした。

4) 溶出カルシウム量の測定

溶出されたカルシウム量の測定には、ゼーマン原子吸光分光分析装置 (日立社製, 東京) を用いた。Mizunoの報告²²⁾に準じて、ウインドウの面積の測定は、エッチング域を黒鉛 (鉛筆) でマークし、黒鉛をテープに接着させ、その面積を拡大投影し計測した。溶出されたカルシウム量を面積で割ることで単位面積あたりのカルシウム溶出量を算出した。

5) 統計処理

それぞれの条件で2元配置の分散分析を用いて検定を行った。レーザー照射の出力の違いによるカルシウム溶出量は、1元配置の分散分析を用いた。

結 果

1. セメント質

各条件によるカルシウム溶出量は、コントロール群 (Negative control) が、 $1.915 \pm 0.981 \mu\text{g/ml}$ (mean \pm SD), 30 mJ レーザー照射群が、 $1.641 \pm 0.494 \mu\text{g/ml}$, 50 mJ レーザー照射群が、 $1.550 \pm 0.531 \mu\text{g/ml}$, APF (Positive control) 群が、 $0.365 \pm 0.201 \mu\text{g/ml}$, 併用群 (50 mJ レーザー照射+APF群) が、 $0.271 \pm 0.375 \mu\text{g/ml}$ であった。カルシウム溶出量のグラフを図2に示す。因子をレーザー照射, APF塗布とした2元配置の分散分析表を

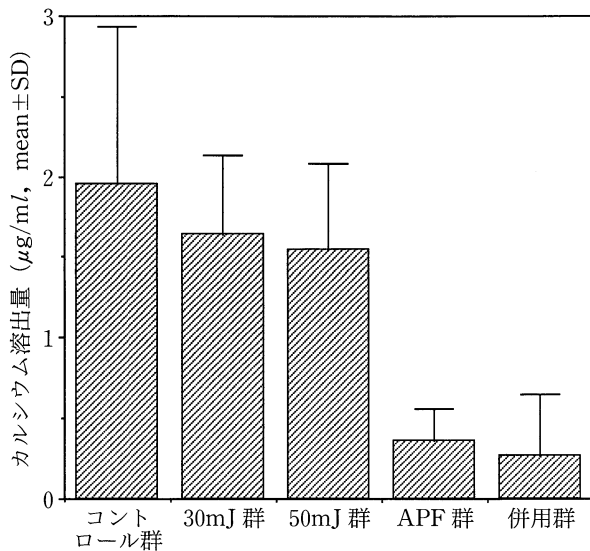


図2 セメント質における各条件下でのカルシウム溶出量

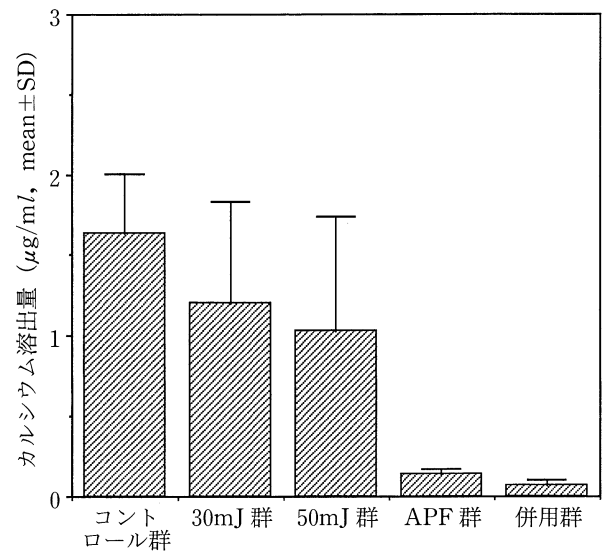


図3 象牙質における各条件下でのカルシウム溶出量

表1 分散分析表 (セメント質)

要因	平方和	自由度	F値	寄与率%
A	33.144	1	94.571***	p<0.001 61.26
B	1.564	1	4.700**	p<0.05 2.30
A*B	0.211	1	0.632	—
E	18.640	56		36.67
Total	53.559	59		100

A: APF塗布あり, なし。
B: レーザー照射あり, なし。

表2 分散分析表 (象牙質)

要因	平方和	自由度	F値	寄与率%
A	14.963	1	94.493***	p<0.001 65.89
B	1.112	1	7.021**	p<0.01 4.24
A*B	0.728	1	4.598*	p<0.05 2.533
E	0.158	36		27.44
Total	22.504	39		100

A: APF塗布あり, なし。
B: レーザー照射あり, なし。

表1に示す。レーザーの出力によるカルシウム溶出量の違いは、1元配置の分散分析の結果、寄与率は算定できなかった。

2. 象牙質

コントロール群 (Negative control) が、 $1.630 \pm 0.377 \mu\text{g/ml}$ (mean \pm SD), 30 mJ レーザー照射群が、 $1.200 \pm 0.633 \mu\text{g/ml}$, 50 mJ レーザー照射群が、 $1.027 \pm 0.715 \mu\text{g/ml}$, APF 群が、 $0.137 \pm 0.035 \mu\text{g/ml}$, 併用群 (50 mJ 照射群+APF) が、 $0.073 \pm 0.031 \mu\text{g/ml}$ であった。カルシウム溶出量のグラフを図3に示す。因子をレーザー照射, APF塗布とした2元配置の分散分析表を表2に示す。レーザーの出力によるカルシウム溶出量の違いを1元配置の分散分析で分析した結果、寄与率18.05%でレーザー出力が上がるにつれてカルシウム溶出量が減少した。

考 察

レーザーを用いた歯質の耐酸性付与に関してこれまでいくつか報告があるが、エナメル質における初期う蝕予防に関するものであった⁴⁻⁷⁾。そこで今回、歯周治療上しばしば問題となる根面う蝕の予防にエナメル質と同様、レーザー照射とフッ化物の塗布が応用できるか否かを検討した。これまで報告されている森岡ら¹⁰⁾の方法に準じて予備実験を行った。森岡ら¹⁰⁾は、レーザー照射した歯面にフッ化物を塗布し、ネイルパーニッシュで直径3 mmのウインドウを設定し、1 mlの脱灰液 (1.0 M, 過塩素酸) に入れて、30秒間脱灰液中に浸漬し溶出してきたカルシウム量を測定した。われわれも、予備実験として、レーザー照射した歯片に直径3 mmのウインドウを作製し、脱灰液5 ml中に浸漬しカルシウム溶出量を測定した。しかし、被験歯片ごとにコントロール群において大きなば

らつきがみられた。このためレーザー照射群やフッ化物塗布群との間に有意な差が認められなかった。この理由として考えられたのは、直径3mmのウインドウから溶出するカルシウムの絶対量が少なく、5mlという脱灰液の量ではカルシウムの濃度が薄くなりすぎたことが大きな原因と思われた。また、溶出するカルシウム量を十分多くするには、長い時間脱灰しなくてはならないが、レーザーやフッ化物による耐酸性は、表層のごく浅い局所に限られているため、脱灰液で長時間脱灰したりすると、深くまで脱灰され、耐酸性の効果の差が検出できないのではないかと考えられた。そこで、今回、Weatherellらが用いた方法¹⁹⁾を改変した方法を用いた。すなわち、彼らは脱灰液として1.0Mの過塩素酸を用いていたが、セメント質や象牙質に対しては1.0Mの過塩素酸の場合脱灰力が強すぎ深部まで脱灰してしまったため耐酸性の検索には不向きであることが判明した。そこで、1.4Mの酢酸ナトリウム-塩酸緩衝液(pH 2.3)を用いた^{20,21)}ところ、部位によるばらつきや、被験歯間でのばらつきが問題とならなくなった。脱灰液の回収方法は、Weatherellら¹⁹⁾の方法を参考にした。

レーザー照射方法は、垂直に2mm四方をできるだけ均一になるよう照射した。Nd:YAGレーザーは、高出力では根面を溶解再凝固させ、表面形態が変化する。根面形態の変化はプラークリテンションファクターになることが予想されたので、今回そうした根面形態の変化がおこらないような出力すなわち、30mJと50mJにて照射を行った。この程度であれば、歯髄への影響もないとされている²⁴⁾。

今回、フッ化物として酸性フッ素リン酸溶液を用いた。これは、現在う蝕予防薬として市販されているフローデンA®と同じ処方(Bludebold II法)(フッ素濃度9000ppm)であるが、pH 3.6であり、それ自身で表層を脱灰していることが考えられる。この耐酸性の機構は、エナメル質では塗布後、表層の脱灰によってフッ素が取り込まれやすくなり再石灰化に伴いフルオロアパタイトが部分的にできるため、あるいは、フッ化物塗布後エナメル質表層に形成されるCaF₂により耐酸性が増すと考えられている^{12~15)}。フッ素塗布法のように高濃度のフッ素イオンを含有する溶液をエナメル質に歯面塗布した場合、フッ素イオンがハイドロキシアパタイトと反応してフッ化カルシウムを生成すると考えられている。そのエナメル質表面に生じたフッ化カルシウムは唾液に対する溶解度が高いので、その多くは唾液中に溶出するが、一部はフルオロアパタイトを生成するためのフッ素供給源となると考えられている。う蝕予防に効果のあるフッ素は、単に

最初に生成したフッ化物の量ではなく、フルオロアパタイトあるいはフルオロハイドロキシアパタイトとして取り込まれたフッ素であり、それが耐酸性の向上に関与すると考えられている^{12~15)}。今回の系では、口腔内で用いたわけではなく、再石灰化によるものとは考えにくい。今回用いたセメント質、象牙質の場合エナメル質に比べ、有機成分が多く、この有機質に沿ってフッ化物が浸透し、エナメル質の場合と違って表層より少し深部で、さらにエナメル質の場合よりも厚くCaF₂が形成されたのではないかと考えられるが、このメカニズムは、更に検討する必要がある。中垣ら^{20,21)}のカルシウム溶出量のデータと今回のわれわれのデータを比較すると、セメント質や象牙質は、エナメル質より酸に対する抵抗性は弱いと考えられる。酸に対して抵抗の少ないセメント質や象牙質にレーザー照射をすることにより、ミネラル/タンパク質の比が、よりエナメル質に近い組成になることは、Spencerら²³⁾によって報告されている。一方、森岡ら¹⁶⁾は、エナメル質において、フッ化物を塗布した場合とNd:YAGレーザー照射後に塗布した場合では、両者ともフッ素はエナメル質表層にとりこまれているものの、併用群では、取り込み量が多いだけでなくより深くまでフッ素が取り込まれたことを示している。すなわち、今回セメント質、象牙質でおこなった実験でも、レーザーを照射したセメント質や象牙質では、単にフッ素を塗布したよりフッ素の取り込みが量が多いだけでなく、深く取り込まれている可能性も考えられる。つまりレーザーとの併用で、有意差のた象牙質においてレーザーとフッ素の併用群の方が、臨床的には効果の持続がより長く続くことが推察される。したがって今後、フッ素の取り込みの状態についてや耐酸性の持続効果についても組織学的あるいは臨床的に検討する必要があると思われる。

分散分析による統計処理の結果、セメント質においては、カルシウム溶出量は、レーザー照射群、APF群で有意な差が認められ、それぞれの寄与率はレーザー照射群で2.3%、APF群で61.26%であった。象牙質では、レーザー照射群、APF群、併用群(50mJレーザー照射+APF群)で有意にカルシウム量が減少した。それぞれの寄与率は、レーザー照射群で4.24%、APF群で65.89%、併用群(50mJレーザー照射+APF群)で2.53%であった。セメント質、象牙質においてレーザーの出力の大きさに比例してカルシウム溶出量が減少したことは、さらに出力を大きくすると耐酸性が増すことが予想される。併用群(50mJレーザー照射+APF群)において、セメント質では、有意な差が認められず、象牙質では認められ

た。このことから、レーザー照射とフッ化物の併用の相乗効果は、象牙質においては十分認められるものの、セメント質ではそれぞれの効果にとどまっていた。

Nd : YAG レーザーを歯に照射する場合、歯髄に対する熱の影響が問題となる。時田の研究²⁴⁾によると照射を1点に集中させて1 W 以上を1分以上照射すると病理学的に歯髄に変化が起ることを報告している。われわれも熱について検討したところ、パルス型の場合、一瞬温度は上昇するが、15/2312 秒以内という短時間に室温に下がることが確認されている¹¹⁾。しかし連続して1点に長時間照射しつづけると熱の蓄積が考えられるので、時田のいうところ²⁴⁾のスキャン照射(毎秒5 mm 程度で往復させる)など照射方法を工夫すべきだと思われる。実際、硬組織にレーザーを照射する場合1カ所に長く照射することはまれであるが、熱への配慮が必要であることはいうまでもない。今後、臨床的には、口腔内での長期の耐酸性を検討する必要がある、そのためには、耐酸性の詳細なメカニズムを含め検討していかなくてはならないと思われる。

本論文の要旨は、第41回春季日本歯周病学会(平成10年5月22日)、第6回国際レーザー歯学会(平成10年7月29日)において発表した。

文 献

- Goldman, L., Hornly, P., Meyer, R. and Goldman, B. : Impact of the laser on dental caries : Nature, 203 : 417, 1964.
- Sognaes, R.F. and Stern, R.H. : Laser effect on resistance of human dental enamel to demineralization in vitro. J. So. Cal. Dent. Assoc., 33 : 328-329, 1965.
- Stern, R.H., Sognaes, R.F. and Goodman, F. : Laser effect on *in vitro* enamel permeability and solubility. J.A.D.A., 73, 838-843, 1966.
- Taylor, R., Shklar, G. and Robert, F. : The effect of laser irradiation on teeth, dental pulp, and oral mucosa of experimental animals, Oral Surg., 19 : 786-795, 1965.
- Stern, R.H. and Sognaes, R.F. : Laser inhibition of dental caries suggested by first tests in vivo. J. A.D.A., 85 : 1087-1090, 1972.
- Stern, R.H., Vahl, J. and Sognaes, R.F. : Lased enamel : Ultra structural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. J. Dent. Res., 51 : 455-460, 1972.
- Borggreven, J.M.P.M., van Dijk, J.W.E. and Driessens F.C.M. : Effect of laser irradiation on the permeability of bovine dental enamel. Archs. Oral Biol., 25 : 831-832, 1980.
- 石川和弘, 福田光男, 箕浦伸吾, 黒須直子, 杉原信久, 野口俊英 : Nd : YAG レーザーによる歯肉縁下除去に関する基礎的研究. 日歯保存誌, 36 : 902-909, 1993.
- 箕浦伸吾 : 実験的にエンドトキシンを浸透させたセメント質に対する Nd : YAG レーザー照射の影響. 愛院大歯誌, 32 : 109-121, 1994.
- 福田光男, 箕浦伸吾, 石川和弘, 小倉延重, 上田信男, 村瀬元康 : 露出根面のエンドトキシンに対する Nd : YAG レーザー照射の効果について. 日歯保存誌, 37 : 711-716, 1994.
- 石川和弘 : レーザーの歯周ポケット内照射が, 細菌の根面への再吸着, 根面の温度変化および臨床症状に及ぼす影響. 愛院大歯誌, 34 : 465-480, 1996.
- 加藤一宏 : フッ素徐放性シーラントを適用した際のエナメル質におけるフッ素の取り込みと耐酸性への効果について(第1報 酸性フッ素リン酸性溶液との比較). 口病誌, 58 : 234-242, 1991.
- 門磨義則 : フッ素イオン徐放性ポリマーの歯科応用. 口病誌, 49 : 539-546, 1982.
- Caslavska, V., Moreno, E.C. and Buldevold, F. : Determination of the calcium fluoride formed from *in vitro* exposure of human enamel to fluoride solutions. Archs. Oral Biol. 20 : 333-339, 1975.
- 可児端夫, 可児徳子 : う蝕予防のためのフッ化物応用法 I. フッ素の予防機序. 岐歯学誌, 12 : 1-12, 1985.
- 森岡俊夫 : エナメル質のフッ素とりこみに及ぼすレーザー照射の影響 (EPM 面分析による). 日レーザー医誌, 6 : 235-238, 1986.
- 白須賀哲也 : APF 併用レーザー照射による歯質耐酸性付与に関する研究. 日歯保存誌, 31 : 283-293, 1988.
- 飯島洋一 : 歯頸部辺縁のエナメル質ならびに歯根象牙質における脱灰-再石灰化反応. 口腔衛生会誌, 46 : 290-296, 1996.
- Weatherell, J.A., Robinson, Hallsworth, A.S. : Changes in the fluoride concentration of the labial enamel surface with age. Caries Res., 6 : 312-324, 1972.
- 中垣晴男 : 生検法としてのエナメル質溶解性測定法の基礎的研究 第1編 測定法の検討, 口腔衛生会誌, 28 : 464-497, 1979.
- 中垣晴男 : 生検法としてのエナメル質溶解性測定法の基礎的研究 第2編 至適測定条件の検討. 口腔衛生会誌, 28 : 498-518, 1979.
- Mizuno, T. : Difference in fluoride concentrations

- in the enamel surface of lower fifth premolars from young human males and females. *Archs. Oral Biol.*, 35 : 997-981, 1990.
- 23) Spencer, P., Cobb, C.M., McCollum, M.H. and Wieliczka, D.M. : The effects of CO₂ laser and Nd : YAG with and without water/air surface cooling on tooth root structure, : correlation between FTIR spectroscopy and histology. *J. Periodont. Res.*, 31 : 453-462, 1996.
- 24) 時田義彦 : ネコ歯髓組織に対する pulsed Nd : YAG レーザーの影響 (経活動, 血流動態, 病理組織学的変化に関する検討). *日歯保存誌*, 38 : 234-257, 1995.

連絡先 :

愛知学院大学歯学部歯周病学講座

〒464-8651 名古屋市千種区末盛通り2-11