予防歯科におけるレーザー う蝕予防を中心として

森 岡 俊 夫

大垣女子短期大学歯科衛生科

Lasers in Preventive Dentistry — Prevention of Dental Caries
Toshio Morioka

Department of Dental Hygiene, Ogaki Women's College, Ogaki

Abstract

The effect of the laser beam on the tooth structure is principally due to an acquired resistance against acid decalcification of human enamel. We have demonstrated that, of 9 different kinds of laser, the normal pulse Nd:YAG laser is the most suitable for acquired resistance of human enamel. The glazed surface of the enamel was observed immediately after the laser irradiation with an energy density of 47J/cm². The acid resistance of the lased enamel was observed even after etching in an acidic solution. This means that the surface structure of the enamel still persisted after the acid treatment. In treatment with laser irradiation and fluoride application combined, the enamel treated with an acidulated phosphate fluoride (APF) after the laser irradiation obtained the most remarkable acid resistance compared with the other treatments. In this case, the inhibition of calcium dissolution from the enamel was more than 90% (Fig. 1). This level of inhibition has never been approached before. A possible mechanism of the acid resistance of enamel was proposed. In the clinic, sensory response of 11 subjects during the laser irradiation is summarized (Table 1). Among the 11 subjects, 9 felt a warm sensation during the irradiation, one felt a transient pain, and one felt an impact sensation. The laser beam was also applied at the surface of incipient caries. The black paint almost completely disappeared after the laser irradiation. Then the lased enamel was treated with APF. No visible expansion of the lesion was observed for 24 months after the laser and fluoride application.

I 緒言

レーザーをう蝕予防に用いるのは、歯質に耐酸性を付与し、細菌が産生する酸にエナメル質が溶けない性質にするためである。

これまでう蝕予防を目的とした研究の中で使用されたレーザーには、ルビー、

CO₂、Nd:YAG、Ar など各種あり、いずれもエナメル質耐酸性付与効果が認められている。

しかしながらこれらのレーザーの中で歯牙への損傷が少なく、高い耐酸性が得られしかも光ファイバーを使用し得るレーザー

はNd:YAGレーザーであることが示された。中でもノーマルパルス発振のNd:YAGレーザーは、現時点では最高の機種である^{1,2)}。

本研究はこの機種のレーザーを用いたう蝕予防に関する一連の研究である。

II 材料および方法

(1) 歯牙エナメル質

用いた歯牙エナメル質は2本の健康なヒト抜去永久歯(上顎中切歯)で、通法に従い清掃後蒸留水中に冷蔵保存したものである。2本のうち1本は断面の形態学的観察のために、残りの1本は歯牙を5個のブロックに分断してEPMを用いてフッ素のとりこみを調べた。

(2) レーザー照射

レーザー照射はノーマルパルス(20pps, 10 pulse)のNd:YAGレーザーを用いて歯面に垂直方向から行った。照射エネルギー密度は、約50J/cm²で、照射前に歯面に黒色塗布剤(耐水性黒色インク)を用いた。

(3) EPMによるF, P, Caの面分析、同一の上顎中切歯面から得られた5個のエナメル質ブロックはそれぞれレーザー照射のみ、APF浸漬のみ、レーザー照射後APFで浸漬、APF浸漬後レーザー照射の各処理を行い、残りの1個をコントロールとした。次に、エナメル質表面に垂直になるように切断して断面を研磨し、F, P, Caの濃度分布をEPMを用いて分析した。

III 研究結果

(1) レーザー照射とフッ化物の併用における耐酸性付与効果

レーザー照射についてはエネルギー密度を段階的に変化させるとともに、レーザー照射のみのもの、レーザー照射後フッ化物浸漬のもの、およびレーザー照射前にフッ化物溶液に浸漬したものの3種類の実験についてそれぞれエナメル質耐酸性付与効果を調べた。

レーザー照射単独の場合、照射エネルギー密度約40J/cm²でCaイオン溶出量の比(照射対非照射)が最小になり、耐酸性付与効果の得られることが示された。一方、フッ化物処理単独のものでは、APFの場合5分、60分、24時間と作用時間が長くなるほど高い耐酸性が得られた。それに比してNaFは各時間とも著明な耐酸性付与効果は得られなかった。またレーザー照射とフッ化物との併用実験ではAPFをレーザー照射後に作用させた場合に著しく高い耐酸性を獲得することが認められた(図1)。

この場合の相加効果はAPFの作用時間が長いほど著明であった。

(2) 歯面の形態観察

非照射未処理の対照群、レーザー照射のみ、およびレーザー照射後APF浸漬の各条件においてエナメル質表面がどのような性状を示すかをSEMにより観察した。レーザー照射歯面は非照射未処理およびAPF処理のみの歯面に比して、エナメル質表面が溶融し、モザイク状の極めて微細な亀裂状模様が生じているのが観察された。レーザー照射後APF処理を行った歯面でもレーザー照射のみの場合とほぼ類似の形態が観察された。レーザー照射後APF処

理したもので、脱灰は全く認められなかった。

(3) EPMによるCa, P, Fの元素分析

レーザー照射のみ、フッ化物処理、レーザー照射後にフッ化物処理を行ったもの、およびいずれの処理もしていないエナメル質について、EPM（電子線マイクロアナライザー）を用いて線分析と面分析を行ない、Ca, P, F, のエナメル質内分布を調べた。

レーザー照射のエネルギー密度は $40\text{J}/\text{cm}^2$ で、フッ化物処理はAPFとNaFの2種類を用いて24時間浸漬して行なった。

次にカラーマッピングを用いた面分析では、従来のX線像では判別が困難であったわずかな濃度の変化をもこの方法で確認することができた。特にレーザー照射後APF浸漬を行なったものでは、フッ素の濃度分析において、表層と微細亀裂様部分で濃度が著しく高く、さらに亀裂様部分から周囲のエナメル質にフッ素が浸透して、その周辺部分のフッ素濃度も高くなっているのが認められた。

(4) NP:YAGレーザー歯面照射の臨床例

年齢6才から25才の20名について、耐酸性付与に優れ、かつ損傷を与えないNP:YAGレーザー（LAY-508B型）を用いて歯面照射を行った。この照射は本人の希望または保護者の了解のもとに実施した。

照射部位は、臼歯の平滑面ないしは咬合面に1～3カ所照射した。照射前および後に歯髄電気診断器により歯髄の感覚応答値

を測定した。その結果、照射によってこの測定値に特記すべき差異は生じなかった。また照射時に疼痛を訴えた例はなく、多くの場合一過性の加温感を覚えるとし、違和感と表現したのが一例であった。この20名については、その後も経過観察を続けているが各ケースとも自・他覚的な問題や異常は認めていない（表1）。

IV 結論

ノーマルパルスNd:YAGレーザー照射と2種類のフッ化物（中性NaFとAPF）塗布の併用がエナメル質耐酸性付与に及ぼす影響について検索した。その結果、レーザー照射後にAPFを作用させた場合に最も高い耐酸性が得られた。

20名の38歯を対象にレーザー照射を行い照射時の疼痛、被照射歯面の異常および長期経過観察時の異常等の有無を調べたが、特記すべき問題は認められなかった。このようにNd:YAGレーザーの歯面照射並びにレーザー照射とフッ化物の併用は、これからのう蝕予防の新しい術式の一つとして臨床に応用し得ることが強く示唆された。

V 文献

- 1) 森岡俊夫, 鈴木和雄: レーザーによるう蝕予防(上). 歯界展望 62(3):529～537, 1983.
- 2) 森岡俊夫, 鈴木和雄: レーザーによるう蝕予防(下). 歯界展望 62(4):787～796, 1983.
- 3) 森岡俊夫: Nd:YAGレーザー照射によるエナメル質耐酸性増強効果に及ぼす歯面黒色塗布剤の効果. 口腔衛生学会誌 34:123～129, 1984.

4) Oho, T. and Morioka, T.: A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. Caries Res., 24:86 ~ 92, 1990

5) Tagomori, S. and Morioka, T.: Combined effects of laser and fluoride on acid resistance of human dental enamel. Caries Res., 23:225 ~ 231, 1989.

6) 森岡俊夫ほか：レーザー照射によるエナメル質初期う蝕の進行阻止および再石灰化促進への効果について。レーザー歯学研究会誌, 2(1):1~9, 1989.

図1 レーザーとフッ素の併用によるヒトの歯のエナメル質耐酸性増強の相加効果

表1 NP YAGレーザー歯面照射の臨床例

症 例	性別	年齢	照 射 歯	照 射 エネルギー (J/cm²)	歯髄電気診	照射時の歯髄感覚			経過観察
						疼 痛	加 温	感	
D. M.	♂	8	41 42 61	30	異常なし	なし	あり(一過性)		異常なし
K. M.	♂	6	41 42 61	30	"	"	あり(一過性)		"
R. T.	♀	7	41 42 61	25	"	"	あり(一過性)		"
M. A.	♂	11	51 52	10	"	"	なし		"
R. T.	♀	10	41	30	"	"	あり(一過性)		"
H. E.	♂	12	51 52	30	"	"	あり(一過性)		"
K. N.	♂	13	41 51	27	"	"	なし		"
K. A.	♀	9	41 42	20	"	"	あり(一過性)		"
K. A.	♂	12	51 52	20	"	"	あり(一過性)		"
U. K.	♀	21	51	30	"	"	なし		"
T. S.	♀	13	41	30	"	"	なし		"
T. O.	♂	12	41	30	"	"	あり(一過性)		"
K. Y.	♂	6	61	30	"	"	なし		"
M. T.	♂	25	11 12 16	35	"	"	なし		"
K. Y.	♂	9	61 62	40	"	"	あり(一過性)		"
N. Y.	♀	11	61 62	40	"	"	なし		"
N. Y.	♂	12	41 51 7	40	"	"	あり(一過性)		"
N. K.	♀	9	21 12	35	"	"	なし		"
Y. I.	♂	3	41	35	"	"	なし		"
K. A.	♂	13	41 51	24	"	"	なし		"