イヌ規格化5級窩洞に照射したNd:YAGレーザーの歯髄への影響

王 紅虹 竹田 淳志 海老原 新
石井 豊彦 奥山 雅之 澤田 則宏
荒木 孝二 小林 千尋 砂田 今男

東京医科歯科大学歯学部第3歯科保存学教室

Tooth Pulp Response to the Irradiation of Nd:YAG Laser on Class Five Cavities of Dog's Teeth

Honghong Wang, Atsushi Takeda, Arata Ebihara, Toyohiko Ishii, Masayuki Okuyama, Norihiro Sawada, Kouji Araki, Chihiro Kobayashi and Imao Sunada

Department of Endodontics, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University

Tooth pulp response to the irradiation of Nd:YAG laser on class five cavities was examined in this study. The cavities were prepared with a standardized diamond point so that the thickness of remaining dentin was 350 to 550 μm . The experimental periods were 3, 7 and 28 days after the irradiation of continuous Nd:YAG laser wave (1w 5sec, 1w 10sec, 5w 1sec and 10w 1sec) on the cavities.

The pulp wound recovered with time. After 28 days, the tooth pulp tissue returned nearly to normal and the secondary dentin formation was found under the remaining dentin. More secondary dentin was formed in the laser-irradiated group than in the non-irradiated control group.

<実験目的>

窩洞形成を行う時、象牙細管を切断することにより、象牙芽細胞あるいは歯髄に様々な傷害を与える。また、象牙質の厚さが薄くなるために歯髄に熱刺激が伝わりやすくなり、急性あるいは慢性的歯髄炎症を引き起す恐れ¹⁾がある。ところで、最近、Nd:YAGレーザーをエナメル質、あるいは象牙質表面に照射した際の髄腔内温度変化や²⁾髄腔内第2象牙質の形成³⁾などに関する研究が報告されており、歯科治療におけるレーザーの有用性の期待が高まっている。

そこで、今回、著者らは窩洞形成後初期における歯髄の創傷治癒促進を求め、薄くなった残存象牙質直下に第2象牙質の形成を促進させ、歯髄への刺激を遮断することを目的として、Nd:YAGレーザーを象牙質窩洞の窩底面に照射し、歯髄の反応を病理組織学的に検索した。

<材料及び方法>

実験には、雑種成犬20頭(体重8kg~14kg)を用い、上下顎前歯(205歯)を被験歯とした。塩酸ケタミン(0.5mg/kg)およびチオペンタールナトリウム(12.5mg/kg)にて全身麻酔を施した後、被験歯の唇側に規格ダイヤモンドポイント(松風社製)を用いて、深さ0.5mmあるいは1.0mmの5級窩洞を形成した。次に連続波Nd:YAGレーザー装置(CL50 S.L.T. ジャパン社製)のハンドピースにNo contact tipを着用し、ファイバー先端か

ら歯面までの距離が一定になるようにし、照射条件を1W5秒、5W1秒、1W10秒、あるいは10W1秒で、レーザー照射を行った(スポットサイズ約3mm)。対照群は、同様の規格ダイヤモンドポイントで窩洞を形成しレーザー照射しないものとした。

両実験群とも、窩洞をグラスアイオノマーセメントで充填し、術後3日、7日、あるいは28日目に実験動物を麻酔下で10%中性緩衝ホルマリンによる頭頸部灌流固定を行い屠殺後、被験歯の歯冠を歯頸部で離断し、さらに10%中性緩衝ホルマリンで浸漬固定、Plank-Rychloの迅速脱灰液にて脱灰後、パラフィン包埋し、厚さ4 μm の連続切片を作製し、ヘマトキシリンエオジン染色を施し病理組織学的に検討を加えた。

<実験結果>

残存象牙質の厚さによって200~350 μm 、350~550 μm 、及び550~900 μm の3つのグループに分けて結果をまとめたが、今回は、350~550 μm のグループについて報告する

病理組織学的変化について、以下に示す5つの項目を観察し、その変化に応じて-、+、++、+++、の4段階あるいは-、+、++、の3段階で評価した。

1) 歯髄組織の出血

-: 認められないもの。

+: 窩底直下に限局したもの。

++：周囲組織、あるいは反対側に波及したもの。

+++：歯髄全体に認められるもの。

2) 歯髄組織の変性、壊死

－：認められないもの。

＋：窩底直下に限局したもの。

++：周囲組織、あるいは反対側に波及したもの。

+++：歯髄全体に認められるもの。

3) 象牙芽細胞の乱れ、変性、消失

－：認められないもの。

＋：窩底直下に限局したもの。

++：周囲組織、あるいは反対側に波及したもの。

+++：歯髄全体に認められるもの。

4) 象牙芽細胞の新生機転

－：認められないもの。

＋：紡錘形ないし多角形の未分化な細胞が増殖しているもの。

++：核が歯髄側に偏在、あるいは象牙前質が形成されているもの

5) 第2象牙質の形成状態

－：認められないもの。

＋：薄い、あるいは断続的なもの。

++：厚い、あるいは連続的なもの。

術後3日例は、主に1) 2) 3) について、術後7日例は、主に1) 3) 4) について、術後28日例は、主に1) 3) 5) について調べた。

表1. は病理組織学的評価をまとめたものである。術後3日目では、照射群、対照群ともに歯髄の出血と象牙

芽細胞の乱れ、及び空胞変性が見られた。照射量による所見の差についてみると、5W1秒、10W1秒照射例が1W5秒、1W10秒照射例より出血がやや激しかった。歯髄の滲出性変化や、局所的壊死については、対照群及び1W照射例には見られなかったが、5W及び10W照射例には認められた。(図1. 2.)

(図1.) 5w1s照射3日例。窩洞下の象牙前質と象牙芽細胞が消失し、広い範囲の象牙芽細胞層に乱れが見られるうえ、出血も激しかった。

表1 病理組織学的評価

実験期間	照射条件 (例数)	出血				象牙芽細胞の 変性、乱れ				歯髄の変性 壊死				象牙芽細胞の 新生機転			第2象牙質の 形成		
		－	＋	++	+++	－	＋	++	+++	－	＋	++	+++	－	＋	++	－	＋	++
術後3日	1w5s(12)	3	5	3	1	8	4			12									
	5w1s(5)		2	3		3	2			4	1								
	1W10s(2)		1	1		1	1			2									
	10w1s(3)			3		1	2			1	2								
	cont(6)	1	2	3		3	3			6									
術後7日	1w5s(10)	4	2	2		8	2							2	8				
	5w1s(5)		4	1		3	2							2	3				
	1W10s(2)		1	1		2								2					
	10w1s(0)																		
	cont(3)		2	1		2	1							2	1				
術後28日	1w5s(12)	7	4	1		5	7										7	5	
	5w1s(10)		2	6	2	3	7										4	6	
	1W10s(6)		1	4	1	4	2										4	2	
	10w1s(1)			1		1											1		
	cont(12)	6	4	2		8	4										2	9	1

(図2.) 1w5s照射3日例。窩洞下の象牙前質と象牙芽細胞も消失したが、5w1s照射例に比べ、出血が少なかった。

(図3.) 1w5s照射7日例。象牙細管の中に吸込まれた杆状物(矢印)が残っていて、その下に大型の核を有する未分化細胞(△印)と、核が歯髄側に偏在し、象牙前質を形成している細胞(▲印)が見られた。

術後7日目では、照射群、対照群ともに、象牙芽細胞の乱れ、空胞変性が残っているものもあったが、術後3日目に比べて、窩洞直下の象牙芽細胞が回復し始め、新生機転も見られた。また、象牙細管の中に吸引されたと見られる杆状物が残存していて、その直下に、大型の核を有する未分化な細胞や、核が歯髄側に偏在して、象牙前質を形成している細胞が見られた。(図3.) レーザー照射群は対照群と比べ、歯髄細胞の治癒機転がやや活発に行われているように見られた。

術後28日目では、照射群、対照群ともに、窩洞直下の歯髄組織において、まだ出血が部分的に残っており、特に5W1秒、10W1秒照射例では多く認められた。両者とも第2象牙質の形成がすでに見られ、照射群は対照群と比べて、より多くの第2象牙質が形成されていた。また、1W5秒照射のものより、5W1秒照射のものの方が形成量が多かった。(図4.5.)

(図4.) 対照群28日例。出血はほとんど見られないが、窩洞反対側の象牙芽細胞層の乱れがまだ残っている。薄い第2象牙質が形成された。

(図5.) 5w1s照射28日例。歯髄全体が、ほとんど正常に戻り、窩洞下に厚い2次象牙質が形成された。

<考察>

レーザーは1960年代に開発されて以来、多くの分野で用いられており、歯科領域においても様々な応用が試みられている。その中で、歯科保存学分野での応用では、レーザー照射による生活歯髄の反応⁴⁾や、第2象牙質の形成などについて観察した報告が多いが、そのほとんどはエナメル質表面へ照射したものである。また、歯の保存治療には窩洞形成による象牙質切削を伴うので、形成時及び形成後初期の段階での歯髄への外来刺激を遮断することは、歯髄の生活力を保つために重要であると考えられている。著者らは、犬の生活歯に5級窩洞を形成し歯髄に対するレーザー照射の効果を観察した。

窩洞形成においては、歯髄は主として機械的、熱的刺激を受け、レーザー照射においては、主として熱刺激を受けると考えられている。窩洞の深さが深くなる程、象牙質切削による歯髄刺激は大きくなり、また、残存象牙質の厚さが薄くなるためにレーザー照射が歯髄へ与える

熱刺激も大きくなるであろう。

レーザー照射後の経時的歯髄反応を総括すると、窩洞形成及びレーザー照射の刺激による窩洞直下の象牙芽細胞の配列の乱れ、萎縮、空胞変性などは時間の経過とともに回復に向かい、28日目にはほぼ正常に戻り、第2象牙質が形成されていた。また、窩底の残存象牙質の厚さが同一のものを比較すると、レーザー照射群の方が、歯髄の反応がやや強く、特に出血が著しかったが、時間の経過とともに回復し、第2象牙質の形成も対照群より早かった。

従って、窩洞形成後にNd:YAGレーザーを窩底面に照射すると、残存象牙質の厚さが350~550 μm の場合には、若干の第2象牙質の形成促進作用が認められたようである。しかし、レーザー照射によって、歯髄障害が強く起こる可能性も認められたので、歯髄に障害を与えないための適切な照射条件について、さらに検討が必要と思われる。

また、現在、残存象牙質の厚さが200~350 μm 及び550~900 μm の場合についても同様に検索中であり、残存象牙質の厚さの相違による歯髄反応の違いについて、今後検討していく予定である。

<文献>

- 1) Zach L., Topal R. & Cohen G.: Pulpal repair following operative procedures, O.S., O.M., O.P., 28(4), 587~597, 1969.
- 2) 松井克之: 生活歯におけるレーザー照射と歯髄内温度, 医工器材研究所報告, 15:129~133, 1981
- 3) 中村幸生: 連続波Nd:YAGレーザー照射によるラット生活歯髄の病理組織学的変化, 口病誌, 52(4):705~721, 1987.
- 4) Adrian J.C., Bernier J.L. & Sprague W.G.: Laser and the pulp, J. Am. Dent. Assoc., 83, 113~117, 1971.