

Title	2波長レーザーによる象牙質照射後における歯髓の病理組織学的変化
Author(s)	春山, 親弘; 加藤, 純二; 天谷, 哲也; 明石, 豪; 大須賀, 敬悟; 久木留, 伸亨; 五十嵐, 章浩; 高瀬, 保晶; 平井, 義人
Journal	日本レーザー医学会誌, 27(4): 257-262
URL	http://hdl.handle.net/10130/374
Right	

原著

2 波長レーザーによる象牙質照射後における歯髓の病理組織学的変化

春山親弘, 加藤純二, 天谷哲也, 明石 豪, 大須賀敬悟, 久木留伸享,
五十嵐章浩, 高瀬保晶, 平井義人

東京歯科大学保存修復学講座

Pulp Reaction after Dual Wavelength Laser Irradiation on Dentin

Chikahiro Haruyama, Junji Kato, Tetsuya Amagai, Go Akashi, Keigo Ohsuka,
Nobuatsu Kukidome, Yasuaki Takase, Yoshito Hirai
(Department of Operative Dentistry, Tokyo Dental College)

261-8502 千葉市美浜区真砂 1 - 2 - 2 Tel.043-270-3958

1-2-2 ,Masago, Mihama-ku, Chiba, 261-8502, Japan

要旨

最近、一つのレーザー機器から異なる二つの波長 2.94 μm と 1.67 μm を同時に照射できる 2 波長レーザー装置が軟組織および硬組織の蒸散用に開発された。本研究では、このレーザーを象牙質切削に応用した際の基礎的実験として、レーザー照射後における歯髓反応を調べた。本研究に用いた被験歯は、成犬 3 頭から得られた計 42 歯である。これらの成犬に対し全身麻酔を施した後、エアータービンハンドピースにて象牙質内まで窩洞形成を行なった。その後、試作 2 波長レーザー発振装置を用いて、注水下のもと、30 秒間レーザーを象牙質に照射した。照射条件を 2.94 μm (以下 3 μm 帯と略す) と 1.67 μm (以下 2 μm 帯と略す) の混合比率を変化させ、条件を設定した。すなわち、1. 3 μm 帯単独群(1 W,40Hz) 2. 2 μm 帯単独群(1 W, 40Hz) 3. 3 μm (50%) -2 μm (50%)帯混合群(1W, 40Hz) 4. 3 μm (100%)-2 μm (100%)帯混合最大出力群(2W40Hz)を実験群とし、対照群をエアータービンのみによる切削の 5. タービン群とした。その後、グラスアイオノマーセメントを填塞した。観察期間は術直後、7 日および 28 日間とし期間経過後、歯髓変化の実験病理組織学的検討を行った。3 μm 帯を含む照射条件では、象牙質の効率的な切削が得られたが、2 μm 帯では、全く象牙質の切削は得られなかった。また、全ての症例で、充血などの軽度な症状はみられたが、歯髓に対する重篤な損傷は全くみられず、良好な病理組織像を示した。したがって、本 2 波長レーザーは、特に 3 μm 帯を含む条件

では、効果的な象牙質の切削が得られ、また歯髄に対して安全であることが示唆された。

キーワード2 波長レーザー ,OPO 発振 ,象牙質 ,歯髄 ,Er:YAG レーザー

Abstracts

Our group recently developed a dual-wavelength laser capable of simultaneously irradiating at two wavelengths, 2.94 μm and 1.67 μm , for the ablation of soft tissue and hard tissue. In this study we examined the pulp reaction when this dual-wavelength laser was applied to the dentin of 42 teeth from three adult dogs. After preparing dentin cavities using an air turbine hand piece with the animals placed under general anesthesia, a prototype dual wavelength laser with an optical parametric oscillator was irradiated on the dentin with water for 30 seconds. The irradiation conditions were established by mixing the wavelengths of 2.94 μm (hereinafter, 3 μm band) and 1.67 μm (hereinafter, 2 μm band) as follows:

1. 3 μm band (1 W 40 Hz)
2. 3-2 μm band (3 μm band (50) and 2 μm band (50%)) (1 W 40 Hz)
3. 2 μm band (1 W 40 Hz)
4. 3-2 μm MAX (3 μm band (100%) and 2 μm band (100%)) (2 W 40 Hz)
5. Control (cavity preparation by air turbine)

Once irradiated, the cavities were filled with a glass ionomer cement. The animals were sacrificed immediately after the procedure, on the 7th after the procedure, and on the 28th day. According to histopathological observation, the dentin was effectively ablated under irradiation with the 3 μm band and completely unablated with the 2 μm band. Some of the teeth in each group exhibited histopathological signs of hyperemia, but no teeth in any group showed signs of serious damage. These results suggest that dentin ablation by the dual-wavelength laser, especially at the 3 μm band, may be effective and safe for the dental pulp.

Keywords: dual wavelength laser, OPO, dentin, pulp, Er:YAG laser

1. 目的

歯科用レーザーの発展は著しく、軟組織の切開・凝固といった外科的用途だけでなく、歯の切削、歯髄処置、感染根管処置、歯周治療、さらに歯質表層の改質、口内炎、象牙質知覚過敏症、顎関節症などの疼痛緩和・治療促進など様々な用途に応用され、日常の歯科臨床には不可欠の医用機器となりつつある¹⁾。現在、主に、歯肉などの軟組織の切開・止血には炭酸ガスレーザーや Nd : YAG レーザーが使用され、また、硬組織である歯の切削には Er:YAG レーザーが使用されている。しかし、歯科の領域では硬組織と軟組織が治療対象となるため、一種類のレーザーで、歯科における種々な症例に対応するには不十分であり、また、照射法など工夫して使用しても、不適切な波長のレーザーを使用すると、治療時間の延長や治療の遅延などがみられた²⁾。さらに、症例に応じて異なる複数のレーザー装置を使用することは、場所やコストがかさみ、現実的な治療法ではないと思われる。そこで、一台で軟組織と硬組織に対応できる多機能な治療装置が歯科領域ではのぞまれていた。

最近、オプティカルパラメトリック発振機構(OPO 発振)を有する波長可変 (1.4 μm ~ 4.0 μm) なレーザーが歯科用で開発され、本装置により、止血効果のある 2 μm 付近の波長と切開機能および硬組織切削機能のある 3 μm 付近の波長の二つの波長を同時に高効率で転送することが可能となった。したがって、本技術により、軟組織の切開止血と硬組織の切削の歯科治療が一台の装置で可能となるため、症例に対する応用の幅が広がることが予想される。実際、軟組織における著者らの実験ではその有効性が示唆された^{3,4)}。

今回著者らは、硬組織切削に有効な波長である 2.94 μm と、組織凝固に有効な 1.67 μm の波長を同時に照射できる 2 波長試作レーザー装置を使用し、歯の象牙質切削への応用性を検討した。

2. 材料と方法

本研究に採用した被験歯は、生後 1 年以上経過した雌雄の健康な成犬 3 頭から得られた切歯、犬歯、前臼歯および後臼歯の計 42 歯である。これらの成犬に対し全身麻酔を施した後、エアータービンハンドピースに装着した、ジェットカーバイドバー (FG35, 松風社製) を使用し、注水下にてエナメル質の除去をおこなった。その後、象牙質窩洞内に深さ約 1 mm、窩底が直径約 5 mm の円柱状の窩洞形成をおこなった。

象牙質窩洞を形成した後、試作型 OPO 発振 2 波長レーザー治療装置 (モリタ製作所社製) に先端がフラットで直径 600 μm のコンタクトチップ (C 600F, モリタ製作所社製) を装着し、十分な注水下 (3 ml/min) のもと、レーザーを象牙質窩洞内に 30 秒間照射し切削した。照射条件を 2.94 μm (以下 3 μm 帯と略す) と 1.67 μm (以下 2 μm 帯と略す) の混合比率を変化させ、条件を設定した (Table 1)。すなわち、3 μm 帯単独群、2 μm 帯単独群、3-2 μm 帯混合群、3-2 μm 帯混合最大出力群を実験群とした。対照群をエアータービンのみによる切削のタービン群とした。3 μm 帯単独群、3-2 μm 帯混合最大出力群は 30 秒間照射内に十分な切削が得られたので、コントロール群とともに、窩洞の電気抵

抗値を測定し、測定値が 40k 以下になるように象牙質窩洞を調整した。なお、今回試作レーザー装置およびエアタービンによる歯の切削には熟練が必要なため、十分な練習の後、成犬歯牙の歯頸部に窩洞形成を行った。また、今回、生体側の個体差を排除するために犬 1 頭に対し両実験群を行い、応用歯種に偏りをなくすことも考慮して実験群を設定した。

窩洞形成後、窩洞内をキャピティコンディショナー（ジーシー社製）で 10 秒間歯面処理を行い、水洗乾燥後、グラスアイオノマーセメント（Fuji II LC, ジーシー社製）をサービカルマトリックスを使用し填塞・40 秒間光照射後、形態修正を行い施術完了とした。

観察期間は術直後、7 日および 28 日間とし期間経過後、10%中性緩衝ホルマリン水溶液にて頭頸部灌流固定を施し被験歯を採取し、通法に従い厚さ約 8 μ m のパラフィン切片を作製し、ヘマトキシリン・エオジン重染色を行い、光学顕微鏡下にて象牙質および歯髄変化の実験病理学的検討を行った。なお、本実験は東京歯科大学動物実験指針に基づき行った。

病理成績の判定は ADA⁵⁾および FDI⁶⁾の基準を参考に考案した当教室の歯髄に対する病理組織学的判定基準に従った。すなわち観察項目は図 1 に示すとおり、充血および血管拡張（以下充血と略）、出血、浮腫、炎症性細胞浸潤、化膿、歯髄萎縮、歯髄の空胞様実質欠損、象牙細管内幹状体の発現、象牙芽細胞の変化（萎縮、消失、空胞形成、剥離）、象牙前質の消失、原生象牙質の破壊、補綴象牙質の新生の 12 項目である。各観察項目の程度ないし範囲については Table 2 のなかで（ ）外の数字で表し、歯髄腔内の変化は象牙芽細胞層およびその周囲に限局したものを S(Shallow)、それを越えた深部のものを D(Deep)として区別した。病理成績は客観的に評価するために数値表示で行い、Table2 のなかで（ ）内の数字として表現した。単独病変の場合はその所見の病理点数がその症例の病理成績となるが、複数病変が発現している場合は、各病変に与えられた点数を比較し、最も点数の低いものをその症例の病理点数とした。また、補綴象牙質を修復性変化として考え、損傷性病変を主体として与えられた病理点数に 0.5 を加算した。

数値の病理的評価は、~4.0 が良好、~3.5 が概良、それ以下が不良である。

3 . 結果

術直後例、短期例（7日経過）、中期例（28日経過）とも、3 μ m帯単独と3-2 μ m帯混合最大出力群は、30秒間照射では、ほぼ同程度の切削深さ約1.0mmが得られ、3-2 μ m帯混合群では、それらの群に比べ、切削量はその半分以下に減り、2 μ m帯単独では全く切削できなかった。また、象牙質表面は、3 μ m帯単独、3-2 μ m帯混合、3-2 μ m帯混合最大出力群では、肉眼的には表面が細かい凹凸状を示したが、2 μ m帯単独では、全く変化が認められなかった。炭化層は全ての例で観察されなかった。

病理成績を Table 3,4,5 に示す。今回設定した照射条件下では、術直後例、短期例（7

日経過) 中期例(28日経過)において血管拡張や出血などの可逆性変化が観察されたが、化膿などの不可逆性変化は全く観察されなかった。また、コントロールであるタービン群の直後例、短期例(7日経過) 中期例(28日経過)においても可逆性変化は観察されたが、不可逆性変化は観察されなかった。したがって本実験では各群とも良好な病理成績が得られた。

また、中期例(28日経過)において、3 μ m帯単独群およびタービン群を除いた他の群では、全て補綴象牙質の新生が見られた。

4. 考察

本研究では、3 μ m帯と2 μ m帯の波長を同時に出力できるレーザー装置で、象牙質を切削した際の象牙質および歯髄の変化を調べた。

3 μ m帯は Er:YAG レーザーと同じ波長 2.94 μ mであり、その性質は同じである。この波長は、水分子にエネルギーの大半が吸収され、その結果生じる微小な水蒸気爆発によって歯質の切削が生じ⁷⁻⁹⁾。したがって2.94 μ mの波長では、注水下でほとんど熱作用なしに硬組織の切削が可能のため、現在、歯科の分野では齲蝕治療に多用されている。したがって、本実験における3 μ m帯では、十分な硬組織の切削が可能であると考えられた。また、2 μ m帯は1.67 μ mの波長で、波長2.01 μ m Ho:YAG レーザーに近い波長である。Ho:YAG レーザーは現在内視鏡手術などに用いられており、適切な組織切開能と凝固能を有するといわれている¹⁰⁾。Ho:YAG レーザーの生体組織(水)での光吸収係数は $\sim 20\text{cm}^{-1}$ (光侵達長 $\sim 0.5\text{mm}$)で、Nd:YAG レーザーとCO₂レーザーのほぼ中間にあたる。したがって、この波長帯では、軟組織に応用した際、CO₂レーザーよりは厚い凝固層が得られ、熱的副作用はNd:YAG レーザーより少ないと考えられる。しかし、硬組織に応用した場合、齲蝕層に対しては殺菌効果¹¹⁾などが期待できる反面、硬組織に対する蒸散力はないと思われる。

本研究では、エアータービンで象牙質窩洞を形成したのち、3 μ m帯のみ出力1W(3 μ m帯単独群) 2 μ m帯のみ出力1W(2 μ m帯単独群) 2 μ m帯出力0.5Wと3 μ m帯出力0.5Wの混合照射(3-2 μ m帯混合群) 2 μ m帯出力1Wおよび3 μ m帯出力1Wの混合照射(3-2 μ m帯混合最大出力群)の4条件でレーザーを象牙質に30秒間照射した。その結果、3 μ m帯単独と3-2 μ m帯混合最大出力群がほぼ同等の切削深さが得られ、次に3-2 μ m帯混合群でも切削が可能であった。しかし、2 μ m帯単独では全く切削できなかった。これにより象牙質の切削は3 μ m帯の波長に依存していることがわかり、2 μ m帯の波長は本研究の条件下では、象牙質切削には影響を与えないことがわかった。また、全ての例で象牙質表面に炭化層がみられなかったことにより、本研究の照射条件では、切削時の歯質に対する損傷は少ないと考えられた。

また、レーザー照射後の歯髄への影響も調べた。本研究においては、照射条件によって、切削深さに相違があったので、象牙質に対して30秒間照射という照射時間を同じ

にすることによって、各照射条件での歯髓の反応を比較した。

術直後例においては、全ての群において、歯髓の血管拡張、出血などが見られたが、各群間で病理成績に差がなく、良好な病理成績を示した。

短期例（7日経過）においては、各群において多少の差はあるものの、全ての群において良好な病理成績を示した。特に、3 μ m帯単独群と2 μ m帯単独群は、術直後例に比べて、歯髓は良好な状態を示した。これは、術直後の象牙質切削という刺激から生じた歯髓の血管拡張などが、時間の経過とともに消退した結果によるものを思われる。また、3 μ m帯は、周波数40Hz 出力1Wという照射条件で照射をおこなったが、この波長帯すなわちEr:YAGレーザーで、40Hz以上の周波数で象牙質を切削した報告は本邦ではない。今回、周波数40Hzという照射条件では、象牙質面に炭化のない一定の切削深さが得られた。また、当講座のEr:YAGレーザーに関する一連の研究¹²⁻¹⁵⁾と同等の良好な病理成績が得られたので、本条件下での切削は臨床上安全であると思われた。3-2 μ m帯混合群や3-2 μ m帯混合最大出力群も良好な病理成績を示したが、3 μ m帯単独群と2 μ m帯単独群に比べ、血管拡張や歯髓深層に出血が観察され、病理点数が低かった。これは、特に、3-2 μ m帯混合最大出力群の場合は、出力が他の群の2倍と高く、術直後の組織に対する物理的影響が持続的に続いていると思われた。また、2 μ m帯の波長による組織透過性の影響があると思われるが、実験数が少ないため、今後の研究が待たれる。

中期例(28日経過)においても、全ての群において良好な病理成績を示した。他の観察期間より、病的に問題のない実験歯が増加した。これは、時間の経過にともない出血、充血などが消失し、歯髓が安定した状態になったものと考えられる。

また、中期例における特徴的な所見として、補綴象牙質の新生が確認された。3 μ m帯単独群およびタービン群をのぞいた全ての群で観察された。これは、2 μ m帯の波長が影響していると思われる。2 μ m帯の波長と近いNd:YAGレーザーを歯質に照射すると、補綴象牙質の形成を促すと報告^{1,16)}があるが、2 μ m帯でも同様な効果が起こっていると考えられた。これは歯質を透過するこの波長帯の光特有の細胞に対する光化学刺激によるものか、あるいは熱の蓄積による副次的な作用によるものか、今後詳細な検討が必要である。

以上をまとめると、2波長レーザーによる象牙質切削時においては、従来の切削器具エアタービンと同様な歯髓の良好な病理組織結果が得られ、歯髓に対する安全性が確認された。特に、近赤外域の二つの波長を同時に発振することにより、Er:YAGレーザー単独照射と同様な切削効果が得られ、同時にHo-YAGレーザー照射と同様な齶窩の消毒、殺菌¹⁰⁾がより効果的にできる可能性が示唆された。さらに補綴象牙質促進の可能性が考えられた。

なお、本研究は、JST(科学技術振興機構)の独創的シーズ展開事業・委託開発の開発課題「歯科用2波長レーザー治療装置」(2001年~2005年)のもとで研究されたものであり、2005年7

月に開発結果を「成功」と認定され、2005年7月に科学技術振興機構報第194号として公開されている。

参考文献

1. 加藤純二ほか：レーザーを理解しよう，加藤純二，粟津邦男，篠木 毅，守矢佳世子編著，一からわかるレーザー歯科治療，1-7, 2003, 医歯薬出版．
2. 加藤純二ほか：臨床に使ってみよう，加藤純二，粟津邦男，篠木 毅，守矢佳世子編著，一からわかるレーザー歯科治療，26-140, 2003, 医歯薬出版．
3. Amagai T. et al.: Effect of Dual-Wavelength Laser on Soft Tissue. 52nd Annual Meeting Japanese Association for Dental Research Program and Abstracts of Papers, 106, 2004.
4. Amagai T. et al: An experimental pathologic study about gingivectomy with dual wavelength laser equipment with OPO. JJSLSM, 26:172, 2005.
5. Council on Dental Materials and Devices: Recommended standard practices for biological evaluation of dental materials. J Am Dent Assoc ,84:382-387,1972.
6. Stanford JW: Recommended standard practices for biological evaluation of dental materials. Int Dent J, 30:140-188,1972.
7. Keller U, Hibst R: Experimental Studies of the Application of the Er:YAG Laser on Dental Hard Substances. Lasers Surg Med, 9: 345-351, 1989.
8. Kumazaki M. et al: Studies on enamel solubility and acid resistance by laser. J. Jpn. Soc. Laser. Dent, 4: 85-93, 1994.
9. Kumazaki, M., Toyoda, K.: Removal of hard dental tissue (cavity preparation) with Er:YAG laser. J. Jpn. Soc. Laser. Dent, 6: 16-24, 1995.
10. 荒井恒憲：新しい医用レーザー機器の動向 4 Ho:YAG(ホロニウム・ヤグ)レーザー治療器, 医学のあゆみ, 168:813-816, 1994.
11. Gouw-Soares S. et al: The bactericidal effect of Ho:YAG laser irradiation within contaminated root dentinal samples. J Clin Laser Med Surg, 18:81-87, 2000.
12. 瀧澤雅一：Er:YAG レーザーによる歯牙硬組織切削に関する検討, 日歯保存誌, 39: 1089-1128, 1996 .
13. 天谷哲也：Er:YAG レーザーによる露髄組織への影響に関する研究 - 成犬歯牙における実験病理学的検討 -, 日本レーザー歯学誌, 11: 8 -21, 2000 .
14. 春山親弘：Er:YAG レーザー窩洞に対するグラスアイオノマーセメント修復に関する研究 - 歯髄反応および窩壁適合性 -, 日歯保存誌, 44:286-300, 2001 .
15. Kameyama A. et al. : Resin bonding to Er:YAG laser-Irradiated dentin: combined effects of pre-treatments with citric acid and glutaraldehyde. Eur J Oral Sci , 2001: 109:354-360.

16. 王 黄虹：イヌ前歯象牙質窩洞への Nd:YAG レーザー照射による歯髓の病理組織学的変化について, 日歯保存誌, 33:1643-1658, 1990.

図の説明

Table 1. Irradiation condition of the experiment

Table 2. Relationships between pathological changes and assessment scores

Table 3. Pathological score immediately after the procedure

Table 4. Pathological score in the short term after the procedure (7 days after the procedure)

Table 5. Pathological score in the medium term after the procedure (30 days after the procedure)

Fig.1. Histopathological observation immediately after the procedure in the experimental groups

(a) 3 μm band

Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. The pathology score was 4.5.

(b) 3-2 μm band

Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. The pathology score was 4.5.

(c) 2 μm band

Changes in the odontoblastic layer (*) were observed over a small area of pulp. The pathology score was 4.5.

(d) 3-2 μm band MAX

Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. The pathology score was 4.5.

Fig. 2. Histopathological observation in the short term after the procedure in the experimental groups

(a) 3 μm band

The pulp showed no change. The pathology score was 5.0.

(b) 3-2 μm band

Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. The pathology

score was 4.5.

(c) 2 μm band

The pulp showed no change. The pathology score was 5.0

(d) 3-2 μm band MAX

Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. The pathology score was 4.5.

Fig. 3. Histopathological observation in the medium term after the procedure in the experimental groups

(a) 3 μm band

The pulp showed no change. No reparative dentin was observed. The pathology score was 5.0

(b) 3-2 μm band

Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. The pathology score was 4.5.

(c) 2 μm band

Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. However, reparative dentin formation (*) was also observed. The pathology score was therefore 5.0.

(d) 3-2 μm band MAX

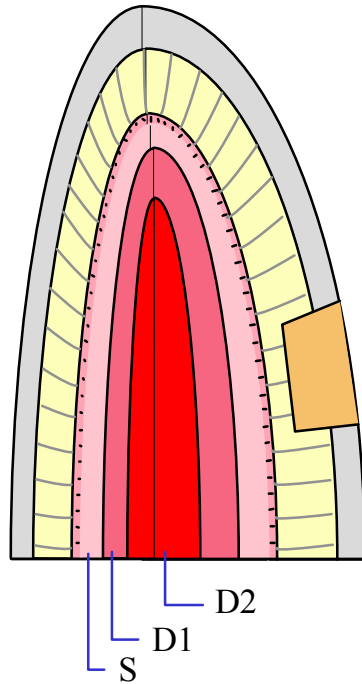
Hyperemia (arrowhead) was observed over a small area of pulp. However, reparative dentin formation (*) was also observed. The pathology score was therefore 5.0.

Table 1. Irradiation condition of the experiment

Experimental Group	Wavelength	Irradiation condition
3μm band	2.94μm	1.0W 40HZ
2μm band	2.94μm	1.0W 40HZ
3μm(50%)-2μm(50%)	2.94μm & 1.67μm	1.0W 40HZ
3μm(100%)-2μm(100%) MAX	2.94μm & 1.67μm	2.0W 40HZ
Control Group		air turbine

Table 2

Relationships between pathological changes and assessment scores



Pathological changes		Sphere S		Sphere D	
pulp	Hyperemia Vasodilation	1(4.5)		2(4.5)	3(4.0)
	Hemorrhage	1(4.5)		2(4.0)	3(3.5)
	Edema	1(4.5)		2(4.0)	3(4.0)
				Sphere D1	Sphere D2
	Round cell infiltration	1(4.5)	2,3(4.0)	1(3.5)	2(2.5) 3(1.5 ~ 0)
	Suppurative inflammation	1(3.0)		1(2.0)	2(1.0) 3(0.5 ~ 0)
	Atrophy of pulp	1(4.5)		1(3.5)	2(2.5) 3(2.0 ~ 1.5)
	Bubble defect of pulp	1(4.0)		1(3.0)	2(2.0) 3(1.5 ~ 0)
	Changes in odontoblastic layer	1(4.5)			
dentin	Cellular displacement into dentinal tubules	1(4.5)	2,3(4.0)		
	Disappearance of predentin	(4.5)			
	Disappearance of dentin	(4.5)			
	Reparative dentin formation	1,2(+0.5)			

Note1) pathological scores are shown from 0~5.0
 2) 0 means most of the cranial pulp is destroyed
 3) If multiple disorders are present, the lower pathological score is shown

Table 3. Pathological score immediately after procedure

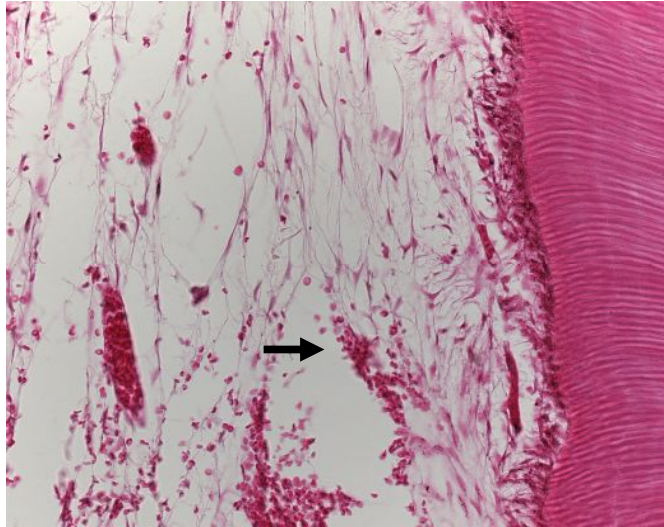
Group	Number	Pathological score			Average
		5.0	4.5	4.0	
3μm band	3		3		4.5
3μm(50%)-2μm(50%)	2		2		4.5
2μm band	2		2		4.5
3μm(100%)-2μm(100%)	3		3		4.5
air turbine	4		3	1	4.4

Table 4. Pathological score in the short term after the procedure(7 days after procedure)

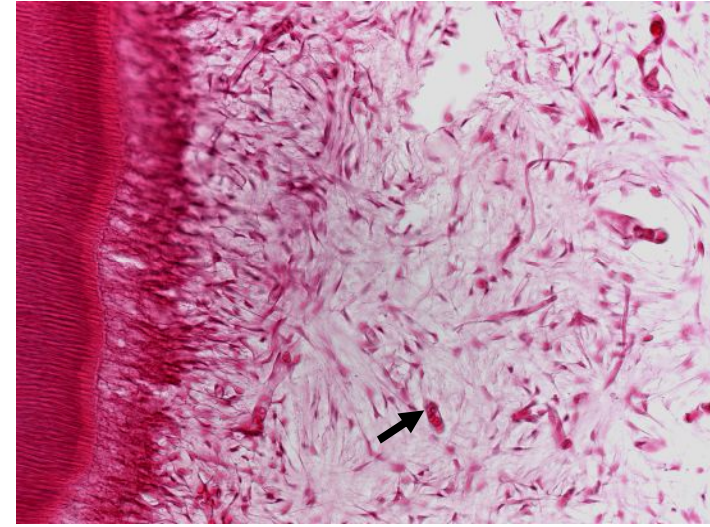
Group	Number	Pathological score			Average
		5.0	4.5	4.0	
3μm band	2	1	1	4.8	
3μm(50%)-2μm(50%)	3		3	4.5	
2μm band	3	2	1	4.8	
3μm(100%)-2μm(100%)	2		1	1	4.3
air turbine	2		2	4.5	

Table 5. Pathological score in the medium term after the procedure (30days after procedure)

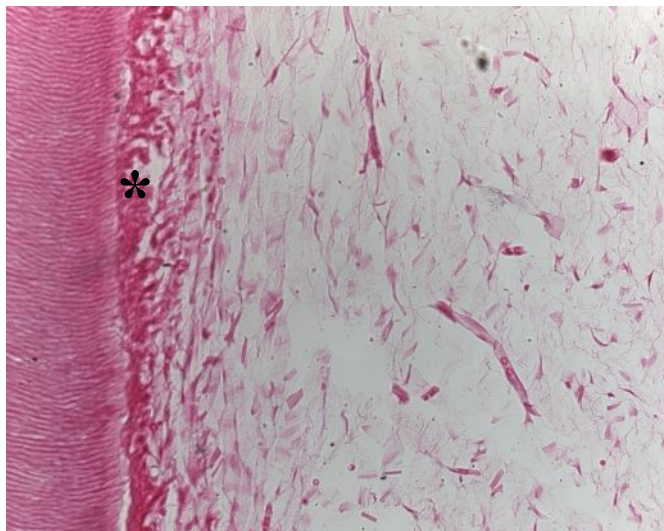
Group	Number	Pathological score			Average
		5.0	4.5	4.0	
3μm band	4	2	2		4.8
3μm(50%)-2μm(50%)	3	1	2		4.7
2μm band	3	2	1		4.8
3μm(100%)-2μm(100%)	3	2		1	4.7
air turbine	3	1	2		4.7



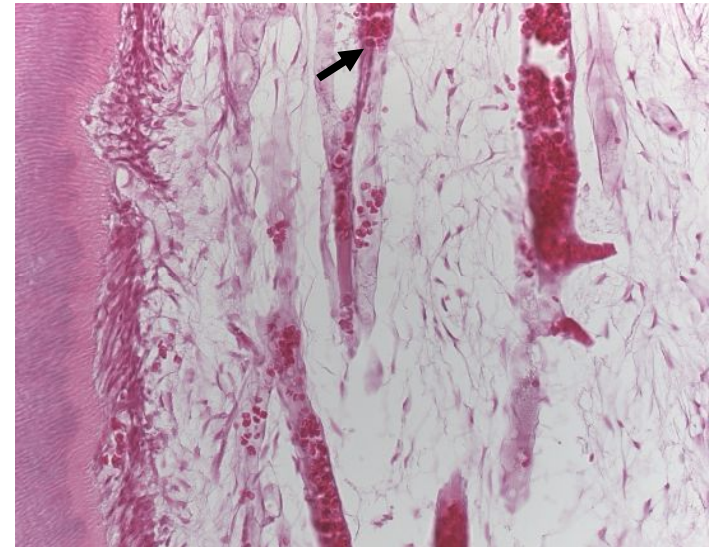
(a) 3 μ m band



(b) 3-2 μ m band

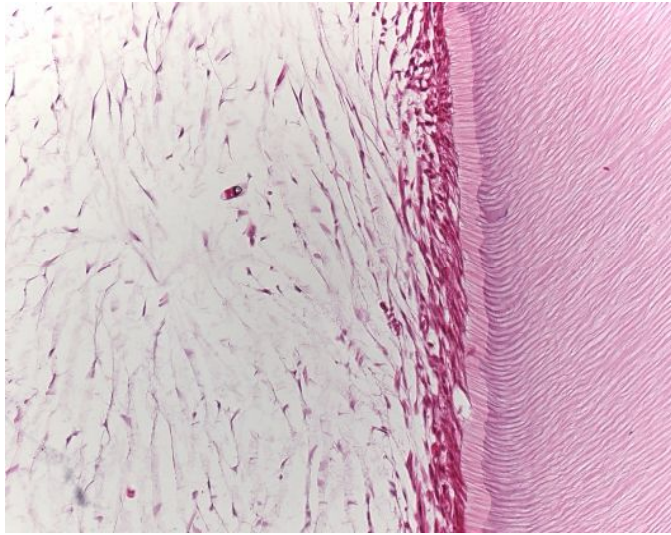


(c) 2 μ m band

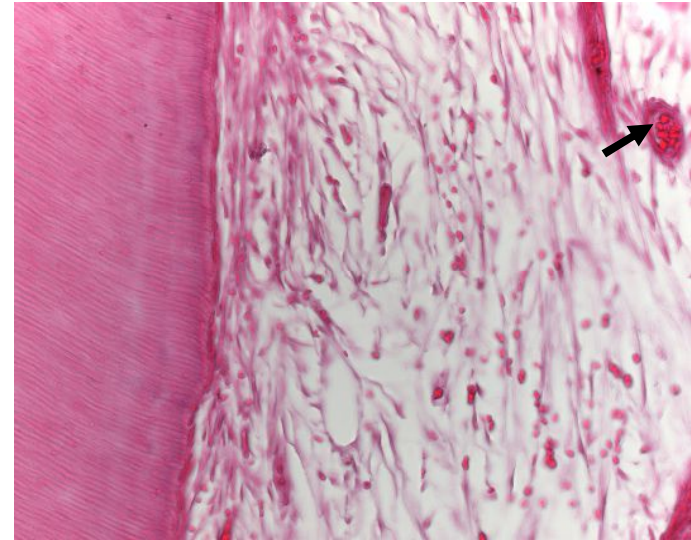


(d) 3-2 μ m band MAX

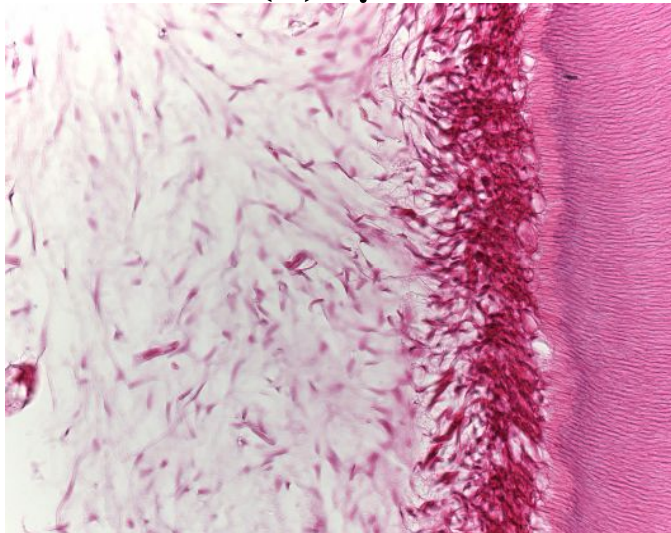
Fig.1 Histopathological observation immediately after the procedure in the experimental groups



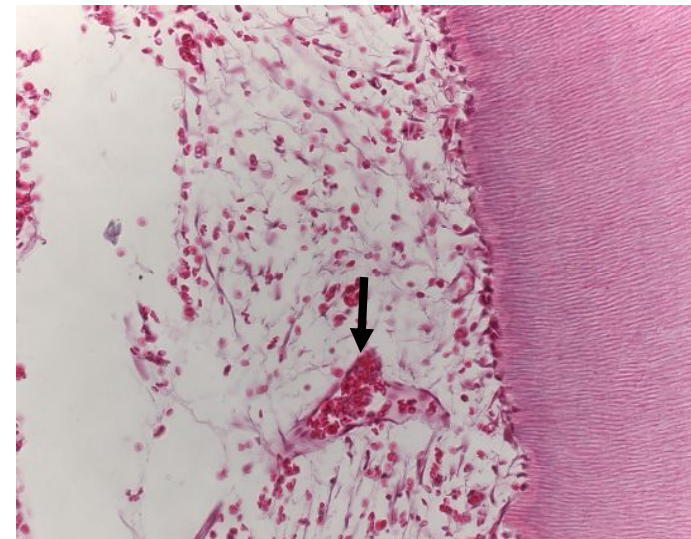
(a) 3µm band



(b) 3-2µm band

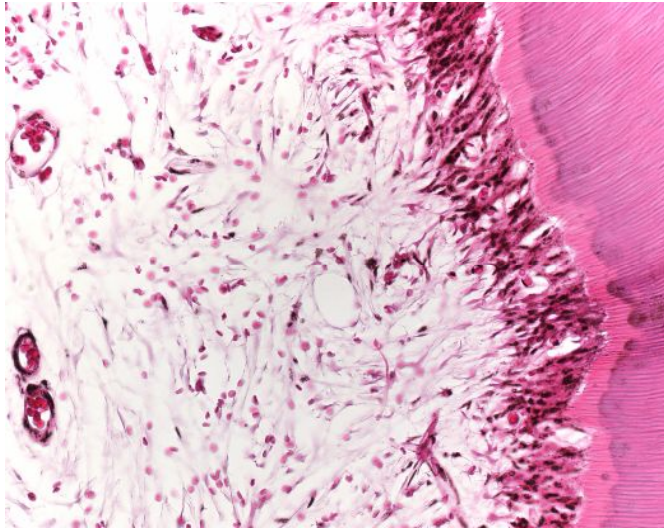


(c) 2µm band

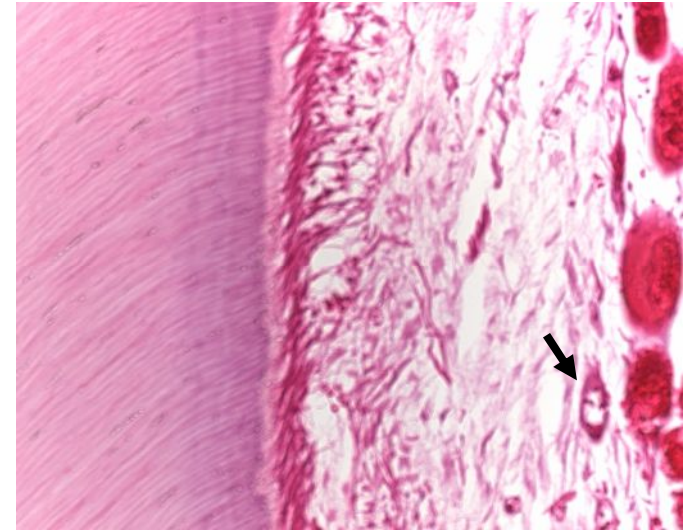


(d) 3-2µm band MAX

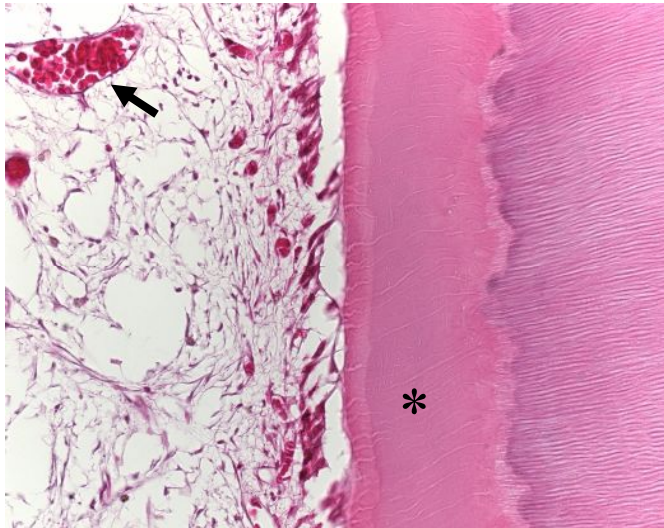
Fig2. Histopathological observation in the short term after the procedure in the experimental groups



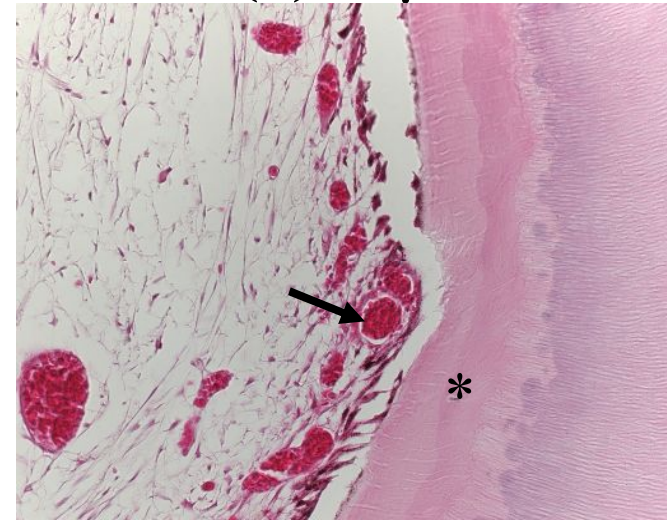
(a) 3µm band



(b) 3-2µm band



(c) 2µm band



(d) 3-2µm band MAX

Fig.3 Histopathological observation in the medium term after the procedure in the experimental groups