

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：12602

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2022

課題番号：20K23019

研究課題名(和文) 複雑な根管系での三次元的LAI水流渦挙動、清掃性と安全性解明と臨床応用手技の確立

研究課題名(英文) Establishment of three-dimensional LAI fluid flow vortex behavior, elucidation of cleaning efficiency and safety, and development of clinical application techniques in complex root canal systems

研究代表者

高野 晃 (Kouno, Akira)

東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科・非常勤講師

研究者番号：50880209

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：根管治療において、根管洗浄は重要な手技の1つである。本研究では、Er:YAGレーザーを応用した根管洗浄(LAI:Laser-activated irrigation)に着目した。従来行われてきたシリンジ洗浄法や超音波洗浄法と比較して、LAIは優れた清掃効果を示した。またレーザーチップ直径が大きくなること、出力を上昇させること、対象にチップが近いことで洗浄効果がより高いことが分かった。ハイスピードカメラと破折器具を想定した根管を使用した研究結果では、従来の洗浄法よりもLAIで発生する蒸気泡の数、速度は有意に高く、清掃効果が高いことも示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

根管治療は日常の臨床において行うケースが多く、またその成功率も術者により差がでていることが現状である。根管洗浄の応用は成功率にも影響しており、成功率があがることは再治療も少なくなるため、患者の負担軽減となる。本研究では、従来行われていた根管洗浄法よりも優れた清掃効果を示す結果となった。LAIは難しいテクニックを使用せず、短時間で非侵襲的と予想されるため、患者負担は軽減されることが考えられる。また破折器具を想定した研究では、今まで清掃効果が確認できなかった部位への洗浄効果を示し、破折器具の除去の必要性もなくなる可能性があるため非常に革新的で有意義なものであった。

研究成果の概要(英文)：In root canal treatment, irrigation is one of the essential techniques. This study focuses on laser-activated irrigation (LAI) utilizing Er:YAG laser. Compared to conventional syringe irrigation and ultrasonic irrigation methods, LAI demonstrated superior cleaning efficacy. It was found that increasing the laser tip diameter, raising the output power, and positioning the tip closer to the target resulted in higher cleaning effectiveness. Research conducted using a high-speed camera and simulated root canals with an instrument revealed that the number and velocity of vapor bubbles generated by LAI were significantly higher than those produced by conventional irrigation methods, indicating a higher cleaning effect.

研究分野：歯内療法学分野

キーワード：Endodontics Root canal irrigation Er:YAG laser LAI PUI Fractured instruments SEM Kinetics

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

根管治療の成功には、根管内の細菌や感染物の除去が必須である。根管洗浄は、根管内の細菌炎症物質、汚染物を除去するために行われる手技であり、根管治療の成功に不可欠である。現在まで根管洗浄には様々な手技が応用されてきたが、近年 Er:YAG レーザーを応用した根管洗浄法 (LAI: Laser-activated irrigation) が注目されている。LAI は従来の方法よりも優れた清掃効果を期待できるが、その清掃の詳細なメカニズム、臨床応用における安全性や手技の確立には至っていない。

2. 研究の目的

(1) LAI は従来の洗浄法よりも効果的とされているが、レーザーチップから離れた側枝の清掃効果については不明である。本研究では、LAI または超音波洗浄法 (UAI: Ultrasonic-activated irrigation) を用いた、側枝からの水酸化カルシウム製剤の除去効果を比較し、チップ挿入深度とレーザー照射パラメータが清掃効果に与える影響を明らかにすることを目的とした。

(2) 根管内の破折器具の存在は、十分な根管の洗浄を妨げる。本研究の目的は、破折器具の先の根尖部位における異なる洗浄法の蒸気泡の挙動と清掃効果を評価することとした。

3. 研究の方法

(1) 根尖から 6 mm の位置にある側枝に造影性のある水酸化カルシウム製剤 (Calcipex) を注入した、192 本の J 字形の模擬根管を使用した (図 1)。LAI (Erwein AdvErl; 30 または 70 mJ、10 または 20 pps、レーザーチップ R200T または R600T) および UAI (ENAC SE10; 出力設定 3) をそれぞれ 20 秒間、3 回行った。レーザーチップは、側枝の位置から 0~8 mm 歯冠側に設定した。洗浄前後の水酸化カルシウム製剤の体積を、マイクロ CT (SMX-100CT) を使用して測定した。

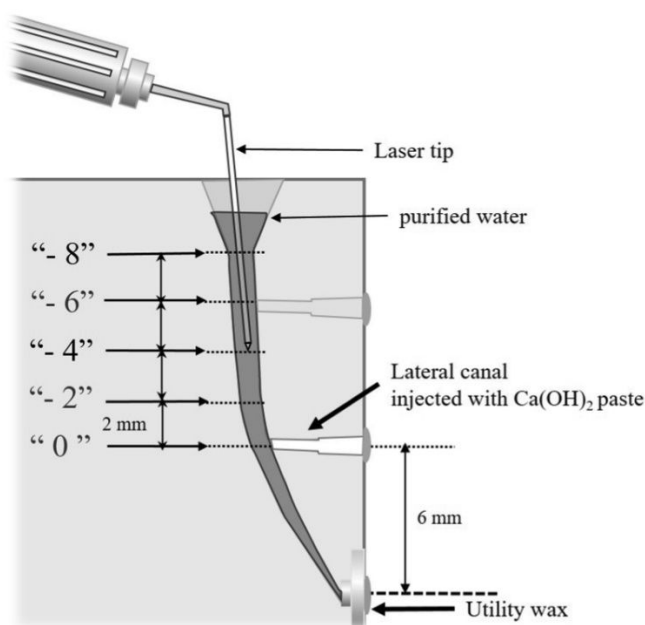


図 1、実験時の模式図。水酸化カルシウム製剤を側枝に注入している。設定した深さにレーザーチップ先端を挿入した。

(2) 根尖から 3 mm の位置で 3 mm の #20、K ファイルまたは WaveOne Gold Primary (WOG) を意図的に破折させた 60 本の彎曲した根管模型に、PIPS (Photon-induced photoacoustic streaming) を用いた LAI (LAI-PIPS; 20 mJ/15 Hz)、通常の LAI (LAI; 30 mJ/20 Hz) または UAI を 5 秒間行った (図 2)。蒸気泡の速度と数は、ハイスピードビデオイメージングを用いて分析した。根管壁の清掃性を評価するため、根尖から 3 mm の位置に 3 mm の WOG 意図的に破折させた 40 本のヒト抜去歯の根管に、LAI-PIPS、LAI、UAI、またはシリンジ洗浄を行った。洗浄液として、17% EDTA (30 秒、2 サイクル)、生理食塩水 (30 秒)、および 3% NaOCl (30 秒、3 サイクル) を使用した。破折器具の先にある根尖側でのデブリとスメア層を、走査型電子顕微鏡を森いてスコアリングした。

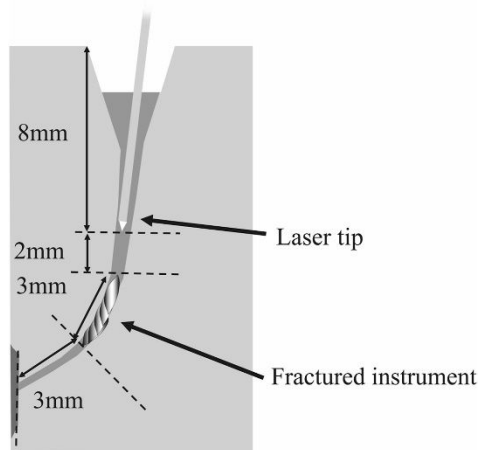


図 2、実験時の模式図。根尖から 3 mm の位置に、3 mm の破折ファイルを折り込ませた。蒸気泡の挙動は、破折ファイルの先の根尖側の領域を測定した。

4. 研究成果

(1) LAI による水酸化カルシウム製剤の除去率は、全てのチップ挿入深度において UAI よりも有意に高かった。LAI における除去率は、8 mm の位置では他の位置と比較して有意に低かった ($P < 0.05$)。この位置でチップ挿入深度を固定した場合、パルスエネルギーとチップ直径を増加させると、水酸化カルシウム製剤の除去率が有意に増加した ($P < 0.05$) (図 3-5)。

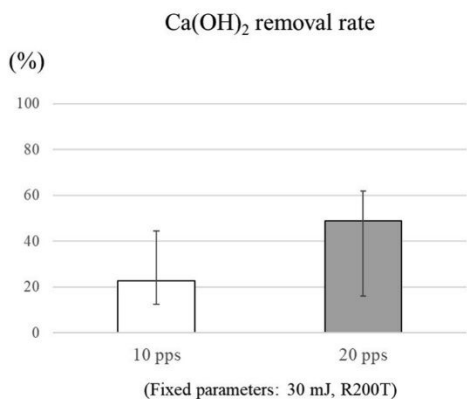


図 3、水酸化カルシウム製剤の除去率

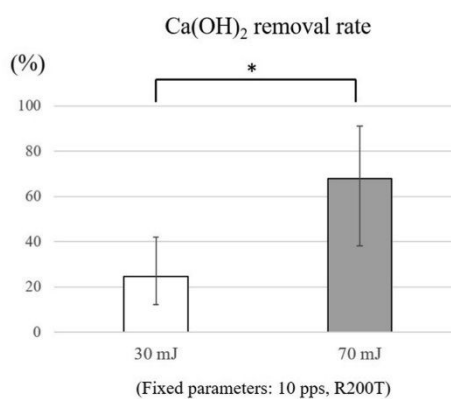


図 4、水酸化カルシウム製剤の除去率

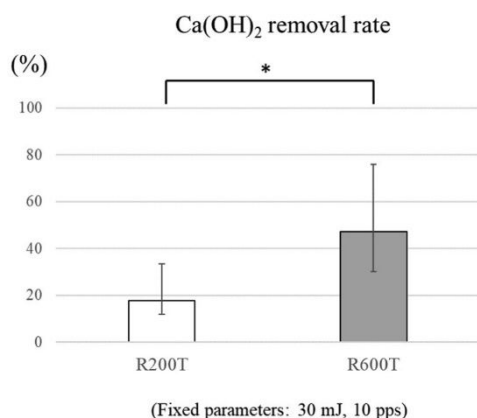


図 5、水酸化カルシウム製剤の除去率

いずれの方法も、側枝からの水酸化カルシウム製剤を完全に除去することはできなかったが、LAI は側枝から離れた位置にチップを置いて UAI よりも有意に高い清掃効果を示した。さらにパルス数を増加させても除去効率の有意な増加は認めないものの、照射エネルギーまたはチップ直径を増加させることで有意に除去効率が増加した。清掃効果の評価に水酸化カルシウム製剤の除去を指標にしているが、LAI は従来の洗浄法よりも複雑な根管系を隅々まで洗浄でき、根管治療の成功に寄与するものと推察される。またその指標となるレーザーの出力条件や、チップ設定位置による安全面での臨床応用の指標にもなった。

(2) LAI-PIPS および LAI は、UAI よりも蒸気泡の数が多いことが示された。破折ファイルである WOG 群は、K ファイル群と比較して蒸気泡の速度と数が高かった。LAI-PIPS および LAI は他の洗浄法よりも優れたデブリとスミアの除去効果を示した(図 6-9)。

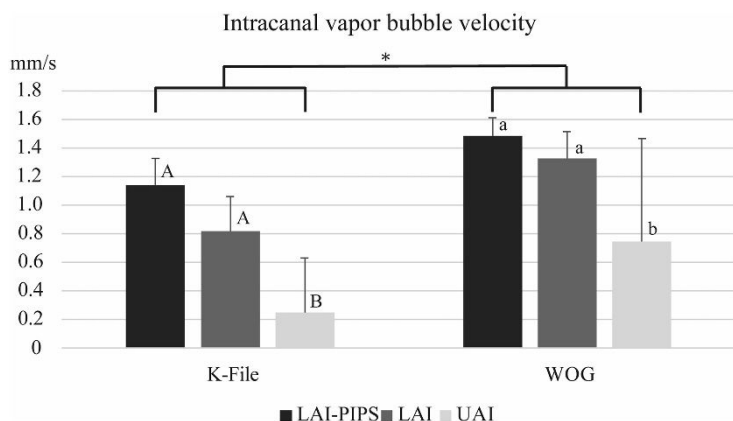


図 6、根管内蒸気泡の速度

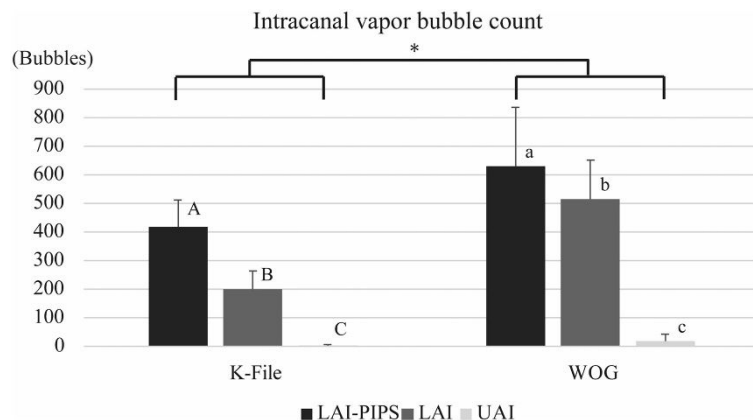


図 7、根管内蒸気泡の数

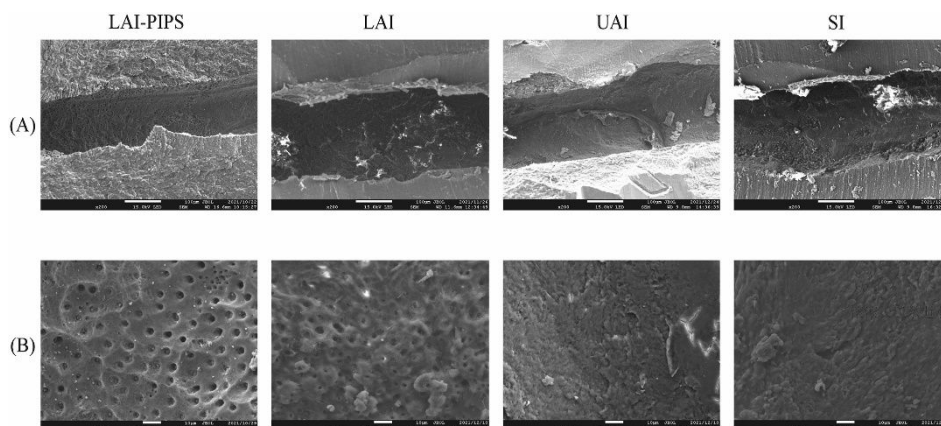
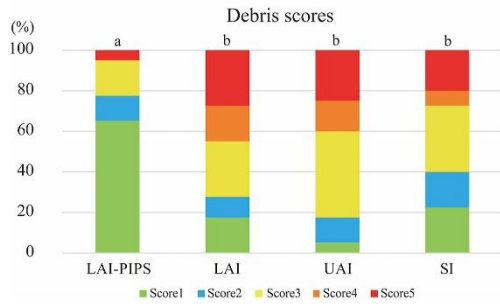


図 8、異なる洗浄法における残留デブリ (A) およびスミア層 (B) の SEM 画像の代表例

(A)



(B)

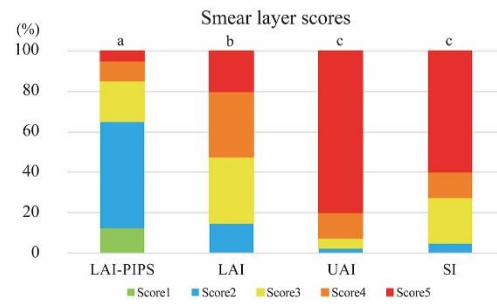


図 9、デブリスコア (A) およびスメア層スコア (B) の割合分布

結論として、LAI および LAI-PIPS は、破折器具が存在する状況下でも、破折器具より先の根尖側領域での根管内蒸気泡挙動が高く、デブリとスメア層の除去効果が優れていることが示された。これはキャビテーション効果などにより発生した蒸気泡の数値的評価と清掃性をひもづける革新的な結果である。また臨床応用しても革新的であり、従来清掃できなかった領域へアプローチができる可能性が示唆された。本研究結果の臨床応用手技が確立されれば、無理に破折器具を除去する必要もなくなり、患者負担も軽減できることが予想される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Hoshihara Yasuhiro, Watanabe Satoshi, Kouno Akira, Yao Kanako, Okiji Takashi	4. 巻 16
2. 論文標題 Effect of tip insertion depth and irradiation parameters on the efficacy of cleaning calcium hydroxide from simulated lateral canals using Er:YAG laser- or ultrasonic-activated irrigation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Dental Sciences	6. 最初と最後の頁 654 ~ 660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jds.2020.10.004	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Liu Jiayi, Watanabe Satoshi, Mochizuki Sota, Kouno Akira, Okiji Takashi	4. 巻 18
2. 論文標題 Comparison of vapor bubble kinetics and cleaning efficacy of different root canal irrigation techniques in the apical area beyond the fractured instrument	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Dental Sciences	6. 最初と最後の頁 1141 ~ 1147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jds.2022.10.032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 劉嘉懿, 渡辺聡, 高野晃, 興地隆史
2. 発表標題 Er:YAGレーザーを用いた根管洗浄における破折器具根尖側での根管蒸気泡の挙動 -繰り返しパルス数および照射エネルギーによる影響-
3. 学会等名 日本歯内療法学会2021年度春季学術大会（第154回）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高野晃, 渡辺聡, 山内慎也, 興地隆史
2. 発表標題 加熱によるペーストタイプシーラーの理工学的特性の影響
3. 学会等名 日本歯科保存学会2020年度秋季学術大会（第153回）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------