

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K18988

研究課題名(和文)従来法で清掃困難な構造内でのLAI活性化洗浄液の挙動解明と新規洗浄法の開発

研究課題名(英文)Development of a new root canal cleaning method activated by laser irradiation for the complex root canal system

研究代表者

八尾 香奈子(Yao, Kanako)

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：60802006

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文):近年、新たな根管洗浄法としてレーザー洗浄法(Laser Activated Irrigation 以下LAI)が考案され、細部への高い清掃効果による治療成績向上への貢献が期待されているものの、その詳細を報告した研究はほとんどない。清掃効果のみならず、根尖孔外への溢リスクも考慮するべきであり、従来では清掃困難であった感染部位に対してより根管清掃効果を高め、治療成績を向上させることを目的として、様々な根管形態におけるLAIの清掃効果を根管の複雑な構造を再現した条件で流体力学解析するとともに、安全性、殺菌性、新規洗浄法等の詳細を総合的に検討する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

LAIは、根管内に高速の水流、衝撃波を発生させ、キャビテーションが生じることから高い洗浄効果が期待できる。LAIは、SI、PUIに比べ、根管内のデブリの除去効率が同程度、あるいは有意に高いことや、象牙細管内の細菌を減少させることが報告されている。しかしながら、LAIの利点を最大限に活用が期待される複雑な根管形態と洗浄する位置による影響に着目し、LAIの流体力学的流量分布および殺菌能を比較検討した研究は未だない。本研究はより臨床に重点を置き、LAIの効果を検討するものであり、根尖側の清掃が実施不可能な症例、つまり従来法のみでは保存困難になる可能性のある症例の臨床的解決を特に見据えた研究である。

研究成果の概要(英文): In recent years, a new root canal cleaning method (Laser Activated Irrigation hereafter LAI) has been devised, and although it is expected to contribute to improving treatment results by a high cleaning effect on details, a study reporting the details has been reported. rare. Not only the cleaning effect but also the risk of overflow to the outside of the apical foramen should be considered, and the purpose is to improve the root canal cleaning effect and improve the treatment results for infected sites that were difficult to clean in the past. , The cleaning effect of LAI in various root canal forms will be analyzed hydrodynamically under the condition of reproducing the complicated structure of the root canal, and the details such as safety, bactericidal property, and new cleaning method will be comprehensively examined.

研究分野：歯内療法

キーワード：LAI

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

根管治療において、根管の機械的清掃は根管内の病原因子の除去に不可欠であるが、適切に機械的清掃を行ったとしても、湾曲、イスマス、側枝などの複雑な根管形態を主因として、約 2-4 割にも及ぶ多量の非切削部が残存することが示されている。従って、根管洗浄による化学的清掃が不可欠となる。根尖まで次亜塩素酸ナトリウム液 (NaOCl) を浸透させる洗浄法として、従来のシリンジ洗浄 (SI) に加えて、受動的超音波洗浄法 (passive ultrasonic irrigation, PUI)、吸引洗浄法などが開発されているものの、PUI では超音波チップの周囲のみしか清掃効果が及ばないともされており、根管の湾曲、レッジ、ジップ等 (根管逸脱) の先にチップが届かなければその先の清掃効果は期待できない。

<従来法では不可能であった感染源の存在と光子誘導励起超音響流によるその克服>

臨床で直面する難症例として遭遇する、根尖病変が存在しているにも関わらず、根管逸脱により同部より根尖側の清掃が実施不可能な症例について報告した結果は本来の根管形態が維持されていた場合およびレッジ等が存在する場合で比較したところ、前者の場合では 84.4%であったものの、後者のレッジ等が存在する場合での成功率はわずか 40%であったとしている (Gorni et al)。 *E.faecalis* などの難治性根尖性歯周炎の原因菌を殺菌するためには、根管洗浄によって NaOCl を根管内に浸透させる必要があるが、SI では根尖までの浸透は困難であり、複雑な根管形態を伴う症例では感染源の除去の困難性が強く懸念され、様々な洗浄法が開発されてきた。中でも、2007 年に初めて報告された。LAI は、その効果や臨床応用が脚光を浴びており、LAI が PUI や SI よりも根管内の根尖部削片の除去効率が有意に高かったとの報告もあり、独特の光子誘導励起超音響流は従来治療困難であった複雑な根管形態を有する症例の感染源の清掃が期待される。

2. 研究の目的

光子誘導励起超音響流の複雑な根管形態に対する清掃効果、安全性、殺菌効果を総合的に評価する

機械的清掃の困難な部位に対して LAI がどの程度の清掃効果を及ぼすのかを追究するとともに、LAI の安全性についても根尖孔外の圧力を測定することで解析する。根管逸脱や湾曲等があると、PUI ではチップの挿入が困難であることや超音波振動によるレッジ形成の可能性がある。これに対して、LAI による光子誘導励起超音響流では根管上部の位置から照射しても、根管逸脱部を超えて根尖部まで清掃できる可能性がある。現在まで、LAI の管内清掃効果や安全性について詳細に解析した研究はほとんどない。LAI の応用に最適な適用条件を見出し臨床応用することで、根管拡大による多大な歯質切削を行うことなく複雑な根管形態における感染源除去が可能となれば、根管治療の成功率の向上、さらには歯根破折の低下等が見込まれ、今後の歯科医療にとって非常に有益であることは間違いない。

根管逸脱、側枝、イスマスを有した根管に対する LAI 根管洗浄の評価のため、まず LAI の光子誘導励起超音響流を粒子画像流速解析する。また、LAI については根尖孔外に生じる圧力や、光子誘導励起超音響流の流速強度分布、速度また複雑な根管における洗浄効率や、側枝への洗浄圧や側枝外への圧力を測定し、その機序を解明する。さらにそれぞれ根管逸脱部の位置、イスマス、フィンの位置を変化させた条件で、根尖孔外に生じる圧力、蒸気泡挙動、洗浄効率を総合的に測定することとした。

3. 研究の方法

実験には1群あたり根管逸脱(根尖から-1,3,5 mm)、側枝、レッジ、イスマス(根尖から-3 mm)を再現した精密根管模型(Toppy) 30本を用いる。根管逸脱部まで40号0.06テーパーに形成する。LAI群(Er:YAGレーザー装置 Erwin AdvErL および付属チップ R200T 使用; 照射条件 30-350 mJ, 1-25 pps), PUI群 [超音波装置 Piezon Master 400 (EMS)使用] およびSI群 [27G洗浄針(ニプロブランド針)およびシリンジ(ニプロ)にて蒸留水1 mlで20秒間洗浄]を設定し、各群、模擬根管の底から2, 5, 10 mm手前に洗浄針もしくはチップ先端を設置し根管洗浄する。根尖孔外に生じた圧力は、申請者が開発した方法により、ビニールチューブを介して根管模型を圧力計測装置(AP-12S)に接続し、計測する。また、高速度カメラ(VW-9000,キーエンス)でシャッタースピード1/2000 sec、5000 fpsの条件にて撮影した動画データの微細粒子($\phi=50\mu\text{m}$)追跡を流体力学的に流体計測専用ソフト(キーエンス)にて解析する。

4. 研究成果

(論文内容の要旨)

< 諸言 >

根管形成時に生じるレッジ形成は根管治療器具の挿入を妨げ、根尖部清掃を困難とし、根管治療後の経過不良の誘因となる。根管洗浄は、機械的な根管清掃では除去困難な病原因子の排除に必要不可欠であるため、根管治療を成功に導く上で重要な意義を有すると考えられている。その洗浄方法には一般的に使用されるシリンジによる洗浄(syringe irrigation: 以下SI)に加えて、洗浄液の還流や浸透、清掃効果を高めるとされる洗浄液を攪拌させる洗浄方法である超音波洗浄(ultrasonic activated irrigation: 以下UAI)や音波洗浄等が使用されている。近年ではレーザー洗浄法(laser activated irrigation: 以下LAI)の有効性が注目されているが、いずれの洗浄方法においてもレッジより根尖側での根管清掃能を解析した報告はほとんどない。本研究ではレッジより根尖側の清掃効果を評価するために2つの研究が行われた。最初の研究はレッジより根尖側で十分に清掃効果を得るためのLAIの照射条件を粒子画像流速測定法(PIV)により解析することで、さらに同研究で得られたLAIの照射条件を基として、ヒト上顎大臼歯湾曲根管を用いてLAIと各種洗浄法のレッジより根尖側根管の清掃効果を評価することを目的とした。

< 材料および方法 >

Er:YAGレーザーを用いた根管洗浄法がレッジを伴う根管の根尖側に示す流体挙動49個のJ字型透明模擬根管(40°湾曲根管)を用いて、NiTiロータリーファイルEndoWave(#35.06)まで根管形成を行った。レッジは模型機底部から5mmの位置にNiTiロータリーファイル(Orifice Shaper #5 #60.08)で2.5mmの深さでレッジ形成し、根管内にグラスビーズ(50 μm)を入れた蒸留水を満たし、LAI[Erwin AdvErL; 30 mJ (5, 10, 20 pps)および(50, 70) mJ 10 pps]、PUI(ENAC SE10; 出力3)もしくはSI(27G洗浄針)を行った。洗浄時はハイスピードカメラ(VW-9000、50倍率シャッター速度1/1500, 250 fps)で撮影し、解析ソフト(Dipp-Motion V)にてレッジより歯冠側あるいは根尖側に分けて、それぞれ水流速度解析をした。統計学的解析にはSPSSソフト(IBM, USA)を使用し、実験1では二元配置分析および群内比較をBonferroni検定および群間比較にt検定を用いて行い、実験2では群内比較にKruskal-Wallis検定およびMann-Whitney U検定(Bonferroni補正)により行なった。また、群間比較にはMann-Whitney U検定を用いた。有意水準を5%とした。

< 結果 >

LAI(30 mJ 20 pps)はSI、UAIよりも有意に高い水流速度を生じ、レッジより歯冠側と根尖側領域で同等の水流速度を生じていた。

< 考察 >

本研究の結果、LAIはレッジより根尖側根管においてSIおよびUAIと比較して有意に高い水流を示した。LAIではEr:YAGレーザーの水に対する高い吸収率より水は急加熱され、それが気泡の発生・崩壊と共に衝撃波と高速水流を引き起こし、チップ前方に光子励起超音響流が生じていると考えられている。一方UAIは、超音波ファイルの振動によってファイル周囲を中心に音響流が生じている。これらのメカニズムの違いによって、LAIとUAIの清掃効果の差が出たと推測される。

臨床ではレッジの位置や形状、レッジより根尖側の根尖部根管形態により大きく状況が異なると考えられる。

LAIの臨床応用に際しては、基礎的な清掃効果を安全性とともに評価しながら、適切な照射条件の設定についてさらに慎重な研究・検討を要する。

< 結論 >

本実験条件下では、Er:YAGレーザーを用いたLAIがレッジを伴う根管の根尖側にUAIあるいはSIよりも有意に高い水流効果を生じ、LAIは他洗浄方法より有効である可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kouno Akira, Watanabe Satoshi, Hongo Tomoyuki, Yao Kanako, Satake Kazuhisa, Okiji Takashi	4. 巻 38
2. 論文標題 Effect of Pulse Energy, Pulse Frequency, and Tip Diameter on Intracanal Vaporized Bubble Kinetics and Apical Pressure During Laser-Activated Irrigation Using Er:YAG Laser	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery	6. 最初と最後の頁 431 ~ 437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/photob.2019.4739	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Aung NyeinPyaeSone, Watanabe Satoshi, Kouno Akira, Hongo Tomoyuki, Yao Kanako, Satake Kazuhisa, Okiji Takashi	4. 巻 38
2. 論文標題 Fluid Movement in the Apical Area Beyond the Ledge During Er:YAG Laser-Activated Irrigation: A Particle Image Velocimetry Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery	6. 最初と最後の頁 438 ~ 443
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/photob.2019.4758	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hongo T, Watanabe S, Kouno A, Yamauchi S, Hoshinara Y, Yao K, Satake K and Okiji T	4. 巻 62
2. 論文標題 Evaluation of apical pressure during root canal irrigant activation using a diode laser with an optothermal converter-coated tip	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本歯科保存学会雑誌	6. 最初と最後の頁 304-310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hongo T, Watanabe S, Yao K, Satake K, Okiji T	4. 巻 19
2. 論文標題 Evaluation of cleaning efficacy-related properties of root canal irrigant activation using a computer-controlled hot tippowered with a diode laser	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Pacific Journal of Dentistry	6. 最初と最後の頁 9-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 劉嘉懿, 渡辺聡, 高野晃, 八尾香奈子, 佐竹和久, 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内蒸気泡の挙動.
3. 学会等名 第41回日本歯内療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nyein Pyae Sone Aung, 渡辺聡, 高野晃, 八尾香奈子, 佐竹和久, 興地隆史.
2. 発表標題 レッジを伴う根管における各種根管洗浄法の根尖部清掃効果.
3. 学会等名 第41回日本歯内療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Aung S, Watanabe S, Kouno A, Hongo T, Yao K, Satake K, Okiji T
2. 発表標題 Cleaning potential beyond the ledge using Er:YAG Laser-activated irrigation A particle image velocimetry analysis
3. 学会等名 10th Mandalay Dental Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 数本園子, 渡辺聡, 高野晃, 本郷智之, 八尾香奈子, 佐竹和久, 興地隆史
2. 発表標題 コーンビームCTを用いた上顎小白歯の新分類に基づく根管形態評価
3. 学会等名 第40回日本歯内療法学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 星原康宏, 渡辺聡, 高野晃, 本郷智之, 八尾香奈子, 佐竹和久, 興地隆史
2. 発表標題 Er:YAGレーザーを利用した根管洗浄：側枝における清掃効果
3. 学会等名 第84回口腔病学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 二階堂七実, 渡辺聡, 高野晃, 本郷智之, 八尾香奈子, 佐竹和久, 興地隆史
2. 発表標題 コーンビームCTを用いた下顎小白歯の根管形態評価
3. 学会等名 日本歯科保存学会2019年度秋季学術大会（第151回）
4. 発表年 2019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
---------	---------