



令和4年3月31日

報道機関 各位

東北大学大学院歯学研究科

### 泡を利用した細菌塊“バイオフィルム”破壊技術の開発 顎骨破壊抑制に有効な新規「歯の根」治療技術

#### 【発表のポイント】

- ・微生物の集合体である「バイオフィルム<sup>\*1</sup>」の破壊を目指した洗浄技術が医療分野などで近年注目されています。歯科医療でも「歯の根」（根管）にバイオフィルム<sup>\*1</sup>が形成されると治りにくい顎骨破壊の原因となります。
- ・レーザー照射により発生する泡（キャビテーション<sup>\*2</sup>）によって、根管に固着したバイオフィルム破壊を行う技術開発に成功しました。
- ・長期に渡って歯の痛みが持続する、何度も再治療が繰り返される、抜歯を余儀なくされていた歯を、治癒に導く新たな治療法として応用展開を目指します。

#### 【概要】

歯内部（根管）に細菌が侵入することにより生じる根尖性歯周炎<sup>\*3</sup>は、顎骨破壊を引き起こします。特に通常の治療が効きにくい難治性の症例では根管内にバイオフィルムが形成されており、その除去は困難を極めます。東北大学大学院歯学研究科歯科保存学分野の八幡祥生講師、長橋泰次大学院生、齋藤正寛教授らのグループは、パルスレーザーを用いることで、泡の力（キャビテーション）によって歯内部のバイオフィルムを除去する技術を確立しました。

本研究では、パルスレーザーの一つ、Er:YAG レーザーを使用し、根管内にレーザー照射することでバイオフィルム除去が可能であることを明らかにしました。この現象は照射に伴う圧力変化により生じる泡（キャビテーション）と泡の崩壊時に発生する衝撃波が、バイオフィルムを剥がすことによると考えられます。この技術により、難治性の根尖性歯周炎の新たな治療方法の確立と同時に、技術的難易度を飛躍的に低くすることが可能です。これまでに長期に渡って痛みが持続する、何度も再治療が繰り返される、抜歯を余儀なくされていた歯を、治癒に導き保存する、新規治療方法として実用化を目指します。

この研究成果は、2022年3月22日英国科学誌 Scientific Reports に掲載されました。

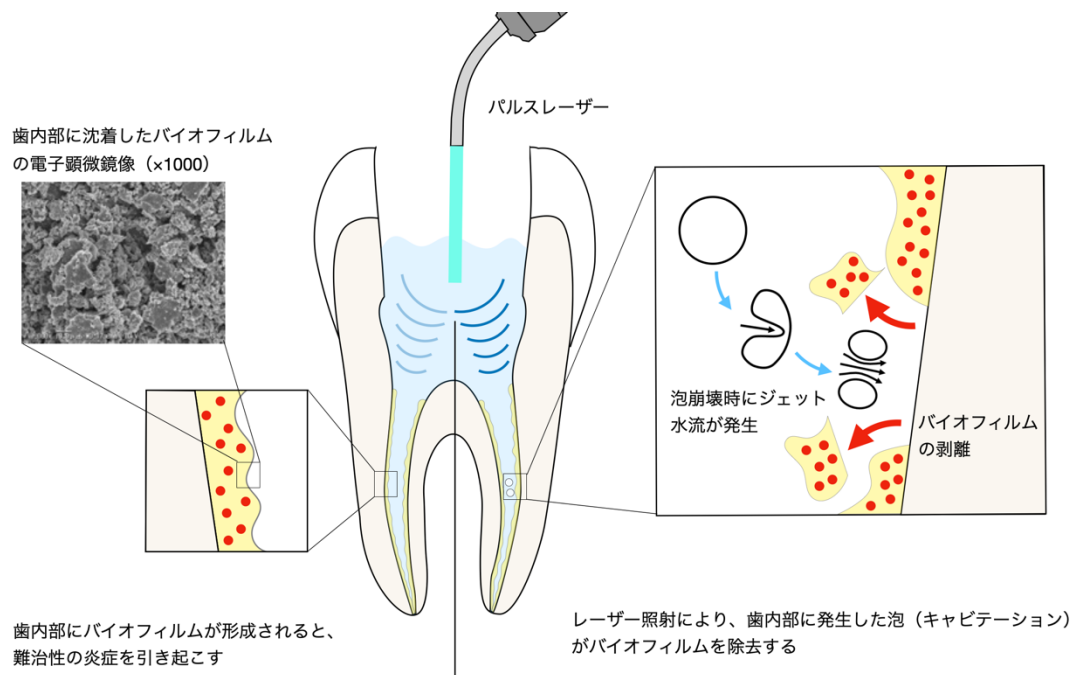


図 難治性の根尖性歯周炎は、歯内部に形成されたバイオフィルムによって引き起こされる（図左）。根管内に泡（キャビテーション）を発生させることで、バイオフィルムを破壊する技術（図右）開発に成功した。

## 【詳細な説明】

根尖性歯周炎<sup>\*3</sup>とは歯の内部構造である根管内に細菌が侵入すること起因し、歯を通じて、顎の骨の中に炎症が生じる疾患です。この炎症性疾患は、進行すると顎の骨の破壊を引き起こします。一般的な治療法は根管治療と呼ばれ、根管内の細菌除去を目的に様々な手法が提案されてきました。現在の標準治療では、根管切削器具による感染した歯質の機械的除去と、次亜塩素酸ナトリウム溶液などの消毒薬を用いた化学的洗浄が行われています。しかしながら、我が国においては再発率の高さが問題とされ、再治療を含めて年間 1,000 万回以上行われており、抜本的な治療方法の改善が望まれています。

通常の根管治療では治癒しない、再発を繰り返す難治性の根尖性歯周炎では、多くの場合、根管内にバイオフィーム<sup>\*1</sup>と呼ばれる、細菌塊が形成されることが報告されています。一度、バイオフィームが形成され根管内に固着されると、その除去は非常に困難となります。根尖性歯周炎が長期化し、顎骨破壊が進行、痛み持続などを解決するために抜歯が選択させることも少なくありません。そこで我々は、このバイオフィームの除去を目的とした新規治療技術を確立することで、難治性の根尖性歯周炎を治癒に導き、より歯の保存に寄与できるようにすることを目的とした研究開発を行ってきました。

バイオフィーム除去に特化した治療法を検討する際に問題となったことが、診療室での治療環境を再現して評価する実験モデルが存在しないことでした。そこで我々は、前報(Tanaka et al. BMC Oral Health, 2021)で、形態的、細菌学的にも診療室での環境とほぼ同等に評価できるモデルを確立しました。今回の研究では、このモデルを使用し、バイオフィーム除去効果の検証を行っています。

本研究では、Er:YAG レーザーというパルスレーザーを使用し、根管内にレーザー照射することによる、根管バイオフィーム除去を試みました。本研究で使ったパルスレーザーは照射に伴い、先端周囲に膨張と崩壊を繰り返す気泡による圧力波が発生します。圧力波の発生に伴い、液体の流速が増加し局所の圧力が低下し、飽和蒸気圧以下になると、液体から気体へと相変化するキャビテーション<sup>\*2</sup>が生じます。このキャビテーションは気泡の発生と崩壊を伴い、崩壊時に衝撃波が発生します。この衝撃圧が根管壁バイオフィーム除去に十分な物理力を有していれば、バイオフィーム除去に最適化された技術の確立が期待できます。

本研究では、まずバイオフィーム実験モデルを用い、パルスレーザー照射によりバイオフィーム除去が可能であること、また、レーザー照射装置先端をバイオフィーム近傍まで挿入しなくても、除去可能なことを明らかにしました。電子顕微鏡像からは、根管に固着しているバイオフィームを破壊している像と、歯そのものには損傷がないことを確認しました。また、根管内の細菌数についても、レーザー照射に伴うバイオフィーム除去効果により、通常の根管治療に比べ、効果

的なことが明らかになりました。さらに、この現象の詳細を検討するため、パルスレーザー照射による気泡の発生と崩壊の挙動についてハイスピードカメラで観察したところ、根管内部でのキャビテーションの発生を確認しました。レーザー照射後に先端から発生する気泡が消失した 1/10,000 秒後に先端から約 5mm 離れた位置に気泡の発生を認め、その後気泡の発生と消失が 1/2,000 秒間程度繰り返し起こりました。気泡の移動速度と圧力波の伝播速度から、気泡の単なる物理的な移動とは考えにくく、根管内に圧力差が生じることで発生したキャビテーションと考えられます。

今後、キャビテーションによるバイオフィーム除去作用について、照射条件等の最適化を進めていきますが、本研究成果は、これまでにバイオフィーム除去を達成する確実な治療方法が存在しなく、長期に渡って痛みが持続する、何度も再治療が繰り返される、抜歯のみが選択肢となる、などの状況が日常的に起こっている歯科の臨床現場に新たな治療方法を提供できます。さらにこの技術は、バイオフィーム除去効果と同時に治療難易度も低くすることができるため、多くの歯をより確実に残し、機能させていく治療方法となることが期待されます。

本研究は、科研費(20K09970)の助成を受けて実施されました。

## 【用語説明】

### \*1 バイオフィーム

細菌とその代謝産物である菌体外多糖から構成される。バイオフィームが形成されると、消毒剤等での除去は困難となる。通常の治療では奏効しない難治性の根尖性歯周炎では、根管内にバイオフィームが形成されることで、持続性の炎症を惹起することが問題となる。

### \*2 キャビテーション

液体が流速の上昇などにより飽和蒸気圧以下になったときに気体に変化し、気泡が発生する現象。圧上昇に伴い気泡は消失するが、その際に衝撃圧を発生させる。

### \*3 根尖性歯周炎

歯の内部に細菌が侵入することで、歯を経路に顎の骨の中に生じる炎症性疾患。標準治療は感染源の除去だが、我が国では高い有病率を背景に、治療が奏効しない症例が多く見られ、新たな対応策が必要とされている。

【論文情報】

Journal: Scientific Reports

Title: Er:YAG laser-induced cavitation can activate irrigation for the removal of intraradicular biofilm

Authors: Taiji Nagahashi, Yoshio Yahata, Keisuke Handa, Masato Nakano, Shigeto Suzuki, Yusuke Kakiuchi, Toshinori Tanaka, Masafumi Kanehira, Venkata Suresh Venkataiah, and Masahiro Saito.

DOI: 10.1038/s41598-022-08963-x

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院歯学研究科

歯科保存学分野

講師 八幡 祥生

電話: 022-717-8343

E-mail: yahataendo@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院歯学研究科広報室

電話: 022-717-8260

E-mail: den-koho@grp.tohoku.ac.jp