

令和元年6月18日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K11128

研究課題名(和文) 青色励起光を応用した歯科用内視鏡システムの開発

研究課題名(英文) Development of dental endoscope system applying blue light-induction

研究代表者

長谷川 篤司 (HASEGAWA, Tokuji)

昭和大学・歯学部・教授

研究者番号：10180861

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)： 歯内治療において根管感染歯質の除去は不可欠であるが、治療後の歯根の機械的強度を考慮すると歯質除去は必要最小限にとどめるべきである。従って、根管内の感染歯質や汚染物質を視覚的に認識した上で、選択的に除去できれば、歯内治療後の臨床予後は飛躍的に向上すると考えられる。

本研究では、歯内治療に応用可能な内視鏡とそれを歯に固定する治具を開発するとともに、光源として波長405nmの青色光を導入した。

試作歯科用内視鏡システムは、術野をモニターしながら感染した歯質や汚染物質などによる発光部位を選択的に除去することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

歯内治療への内視鏡の応用は、これまで世界的にもほとんど報告がない。本研究では歯内治療に応用可能なシステムを開発しただけでなく、波長405nmの青色光によって感染した歯質や汚染物質などを健全歯質と識別しながら選択的に除去することに成功した。

研究成果の概要(英文)： In endodontic treatment, removal of the infected tooth substance in the root canal is essential, but in consideration of the mechanical strength of the root after treatment, it should be minimized. Therefore, if it is possible to selectively remove infected tooth substance and contaminants in the root canal under visual recognition, the clinical prognosis after endodontic treatment is considered to be dramatically improved.

In this study, we developed an endoscope applicable to endodontic treatment and a jig to fix it to the teeth, and introduce a blue light with a wavelength of 405 nm as a light source. The experimental dental endoscope system could selectively remove the light emission site which indicated infected tooth substance and contaminants under monitoring the operative field.

研究分野：保存的歯科医学

キーワード：歯科用内視鏡 歯内治療 青色励起光 励起蛍光 固定治具 罹患象牙質

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 歯科への拡大鏡(顕微鏡)の導入

1990年代後半から歯科用顕微鏡が幅広く臨床応用されるようになり、特に歯内治療、修復治療、口腔外科領域などでその有用性が数多く報告されて高い評価を得ている。

これら歯科用顕微鏡の有効性としては高拡大下での観察による診察・診断精度の向上、高拡大術野での精密な治療、だけでなく安定的な診療姿勢と十分な視認性能による歯科医の健康維持にも寄与することなどが挙げられる。

一方、歯科用顕微鏡は機器が高価、機器が大きい、だけでなく、歯科用顕微鏡では、視点が口腔外の対象物先端にあるため、治療器具と術者の手指が術野を遮らないように対象物と接眼レンズの間に介入しなければならないことから制限された器具と高い施術技能が求められることで導入のハードルが高いのも事実である。

(2) 内視鏡の利点

ファイバースコープを応用した内視鏡は、顕微鏡ほど高価でない、機器も小さいなど導入のハードルが低だけでなく、視点がスコープ先端であるため、術野を視認しながら従来の治療器具を動作させられる可能性や口腔外からの直線的な視線では視認できない複雑な深部を観察できる可能性などを秘めている。

(3) 青色光による感染歯質の選択的視認の可能性

筆者は平成24～26年度に採択された科研費¹⁾で、波長405nmの青色励起光が通性嫌気性菌に罹患した象牙質を肉眼で十分に視認できるだけ赤く蛍光発光させられることを研究、報告しており、根管内の通性嫌気性菌に浸食された象牙質を正確に認識することに応用できると考えている。

<引用文献>

- 1) 長谷川篤司:「励起蛍光によるう蝕罹患歯質識別機能を装備した切削システムの開発[平成24～26年度基盤C]」

2. 研究の目的

根尖性歯周炎を治癒に導くためには、機械的・化学的清掃によって根管内細菌の残留を最小限にすることが最重要である。一方、根管内歯質を必要以上に切削することは歯根の機械的強度を損なうことになり、歯根破折につながることも危惧される。従って、根管内の感染歯質や汚染物質を視覚的に認識した上で、選択的に除去できれば、根尖性歯周炎の臨床予後は飛躍的に向上すると考えられる。我々は波長405nmの青色励起光が通性嫌気性菌に罹患した象牙質を赤く蛍光発光させることを報告している。本研究の目的は、青色励起光で根管内の感染歯質や汚染物質を赤く発光させ、ファイバースコープで術野(根管内)を視認しながら発光部位を選択的に除去できる「歯科用内視鏡システム」を開発することである。

3. 研究の方法

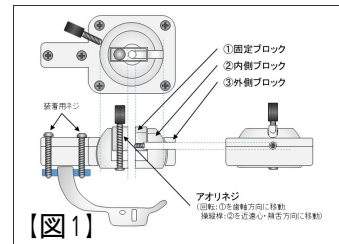
(1) 試作口腔内内視鏡プロトタイプの開発

オサダ社製口腔内内視鏡オーラルスコープ OOS-1 は口腔内観察用として開発され、歯科用顕微鏡よりハードル低く設備、導入ができ、歯内治療において歯科用顕微鏡に比する術野観察性能を得られる。しかし、そのハンドピースは直径約20mm、全長約205mm、約75gの大きさに設定されており、観察用チップはモノアングルの金属性チューブでハンドピースと直結されていた。そこで、試作プロトタイプでは、片手に収まる小型先端ピース

を約 90cm の柔軟なファイバーでハンドピースに連結する試作観察用プロトタイプチップを試作した。

(2) 試作口腔内内視鏡 1号機の開発

試作 1号機では、波長 405nm の青色 LED 光源をハンドピース内に装備し、観察用チップは先端部をさらに小型化して金属性先端チューブとし、約 90cm の柔軟なファイバーでハンドピースに連結するように設計した。試作観察用チップ 1号機を試作した。さらに、試作内視鏡固定治具 1号機をテフロン素材および金属製ネジ類を用いて、以下の規格で試作した。治具は、外側ブロック（4本の装着用ネジによってラバーダムクランプに固定でき、内部の内側ブロックを把持する）、内側ブロック（球形で操縦桿によって近遠心方向あるいは頬舌側方向に同時に傾斜を与えることができる）、固定ブロック（外側ブロックの先端ファイバー部を固定するとともに内側ブロック内でアオリネジによって X Y Z 3次元方向に移動できる）の 3つのパーツで構成されている【図 1】。



(3) 試作口腔内内視鏡 2号機の開発

試作口腔内内視鏡システム 2号機は、最終形として以下の規格で製作した。

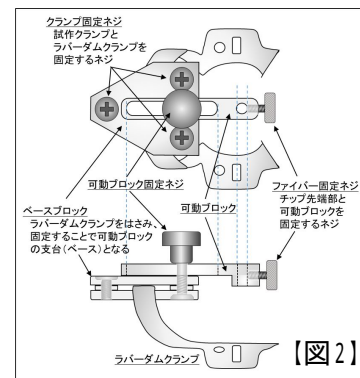
PC の OS は Windows10 とし、観察用ソフト OSADA Oral Scope Viewer 上で観察することとする。

PC 本体とハンドピースは USB ケーブルで接続する。

ハンドピースは白色 LED 光源と青色 LED 光源の両方を装備しており、観察用チップの連結部とハンドピースの取り付け位置を 180 度回転することによって光源を切り替えられる。

観察用チップは ハンドピース先端に装着する連結部、柔軟なラバーでシールドされた約 90cm のファイバー部、2cm+2cm で約 135 度モノアングルのステンレスチューブで保護された先端ファイバー部で構成される。

試作固定用治具 2号機は、オートクレープで滅菌可能な金属（ステンレス）性で、シンプルな形態のベースブロックと可動ブロックからなる構造【図 2】を採用した。ベースブロックは二重構造の間にラバーダムクランプを挟み込んで 3本のクランプ固定ネジで固定する。可動ブロックは中央の窩洞ブロック固定ネジを緩めると回転運動と伸縮運動が可能で、ファイバー固定部を広範囲に設定できる。



4. 研究成果

(1) 試作口腔内内視鏡プロトタイプの成果

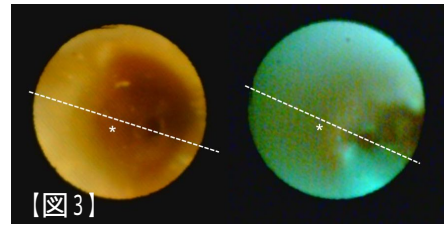
試作プロトタイプチップの小型先端ピースを左手で保持しながら右手で根管治療を行うことで良好なリーマー操作性と安定した術野観察性能とが得られた。しかしながら、後方臼歯部ではチップ保持が不安定になることがあり、操作性を十分に得ることができないことが明らかとなり、歯内治療における臨床応用には小型先端ピースの改善と口腔内での固定源の確保が必須であると考えられた。

(2) 試作口腔内内視鏡 1号機の成果

肉眼では確認できない根管壁の罹患歯質は青色励起光によって赤く蛍光して認識するこ

とができ、その蛍光部はう蝕染色液によって検知される部位と概ね一致していた。青色励起光を装備する歯科用内視鏡によって根管壁の感染罹患歯質や残遺物は青色の励起光によって赤く認識された【図3】。

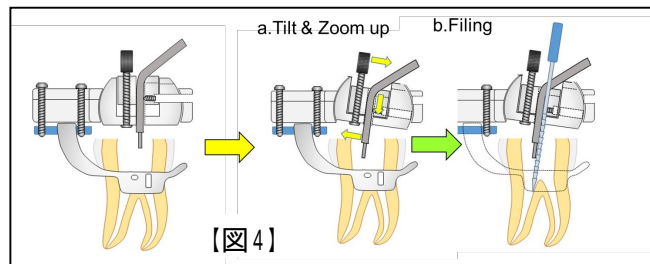
今回得られた解像度では、赤色励起蛍光の範囲は十分に鮮明ではなく、解像度の向上、赤色部分を強調する試作画像ソフトを使用などが求められることが示唆された。



【図3】

さらに、内側ブロックを球体にした試作クランプ

1号機では、傾斜によって近遠心方向、頬舌側方向同時に自由な位置に移動できるだけでなく、歯軸方向に移動できる【図4】ことによってZoom upすることも可能であった。固定用治具の開発によって歯科用内視鏡の歯内治療へ

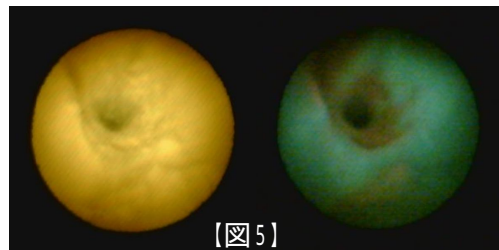


【図4】

の応用が現実的に可能になったものと考えられる。

(3) 試作口腔内内視鏡2号機での成果

試作内視鏡システム2号機では、金属製固定用治具によって根管チップの先端部が強固に固定され、髓腔あるいは根管内の術野をPC画面上の画像として明瞭に提供しながら、リーマーなど従来の歯内治療用手用切削器具を使用できた。さらに、術野を固定した状態で、観察用チップ基部を切り替えて白色光源と青色光源を切り替えるが可能になったことで、「白色LED光下で肉眼的に判別できない感染象牙質」を青色LED光源下で赤色に蛍光させて検出し、要治療の対象と認識できる【図5】ことを確認した。



【図5】

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- 1) TAKINO H, ISATSU K, HASEGAWA T. Analysis of an Immediate Diagnostic Technique for Detecting Root Canal Bacteria Using Light-induced Fluorescence. 日本歯科保存学雑誌, 61(3): 171-177, 2018. (査読あり)
- 2) YAMADA M, ARIMOTO T, MORISAKI H, KUWATA T, ISATSU K, HASEGAWA T. Qualitative and Quantitative Investigation of Pathological Structures in Caries Infected with Streptococcus mutans Using Fluorescence, Molecular, and Histological Methods. 日本歯科保存学雑誌, 60(5): 245-254, 2017. (査読あり)

〔学会発表〕(計4件)

- 1) 漆畑葵, 長谷川篤司. 青色励起光による感染根管壁の観察. 第145回日本歯科保存学会. 講演集 p114, 2016.

- 2) 長谷川篤司, 池田 哲, 伊佐津 克彦 . 試作口腔内内視鏡システムの歯内治療への応用 安定した術野の確保 . 第 144 回日本歯科保存学会 . 講演集 p141, 2016.
- 3) 瀧野浩之, 伊佐津克彦, 勝又桂子, 山田理, 長谷川篤司 . 励起蛍光を応用した根尖病変の評価と細菌検査の比較検討 . 第 142 回日本歯科保存学会 . 講演集 p146, 2015.
- 4) 長谷川篤司, 池田哲, 伊佐津克彦 . 口腔内内視鏡システム用試作固定クランプの歯内治療への応用 . 第 142 回日本歯科保存学会 . 講演集 p144, 2015.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 3 件)

名称：歯科用内視鏡保持装置
発明者：福田洋介、長谷川篤司
権利者：長田電機工業株式会社
種類：特許
番号：特願 2015-104292 号
出願年：平成 27 年
国内外の別：国内

名称：歯科用治療装置
発明者：長谷川篤司、大澤雄三、福田洋介
権利者：長田電機工業株式会社
種類：特許
番号：特願 2016-203860 号
出願年：平成 28 年
国内外の別：国内

名称：歯科用治療装置および切削工具
発明者：長谷川篤司、大澤雄三、福田洋介
権利者：長田電機工業株式会社
種類：特許
番号：特願 2016-203858 号
出願年：平成 28 年
国内外の別：国内

取得状況 (計 3 件)

名称：歯科用内視鏡保持装置
発明者：福田洋介、長谷川篤司
権利者：長田電機工業株式会社
種類：特許
番号：特開 2016-214642 号
取得年：平成 28 年
国内外の別：国内

名称：歯科用治療装置
発明者：長谷川篤司、大澤雄三、福田洋介
権利者：長田電機工業株式会社
種類：特許
番号：特開 2018-64669 号
取得年：平成 30 年
国内外の別：国内

名称：歯科用治療装置および切削工具
発明者：長谷川篤司、大澤雄三、福田洋介
権利者：長田電機工業株式会社
種類：特許
番号：特開 2018-64668 号
取得年：平成 30 年

国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等

6．研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：なし

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：なし

ローマ字氏名：

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、研究者個人に帰属されます。