

令和元年6月12日現在

機関番号：27102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K17138

研究課題名(和文) 微細構造を高解像度で観察するマイクロ内視鏡の開発

研究課題名(英文) Development of micro endoscopy for observing the fine structure with high resolution

研究代表者

吉居 慎二 (Yoshii, Shinji)

九州歯科大学・歯学部・助教

研究者番号：90710484

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：これまで我々は自作した歯科用内視鏡に既存の撮影機器を接続し、その解像能を比較検討してきた。今回は口腔内カメラと接続しその解像能を測定、さらにクラックの入った抜去歯の観察を行った。その結果、湾曲した根尖部位でも31.25 μmの解像能を有し、根尖付近のクラックまで鮮明に観察することが可能であった。またこれらの結果は、内視鏡を扱う熟練度の異なる複数の観察者によって得られた結果であり、観察者間で差がなかったことから、歯科用内視鏡を使用するにあたって使用者の熟練度は問題とならないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この歯科用内視鏡は、従来の診断機器では観察不可能な根尖部や微細な歯の破折を高解像度で観察することが可能で、疾患の原因特定に大変有効である。今回、内視鏡を既存の撮影機器に接続した上でその解像度が担保されたまま微細構造の観察が可能であった。多くの医療機器が高価なために流通に至らないという現状があるが、この内視鏡は市場に既に流通している撮影機器を用いるため、コストを抑えることができ、多くの歯科医院への普及が見込まれ歯科治療を大きく変革できると考える。

以上より、本研究は極めて学術的な特色を有し社会的意義のあるものと考えている。

研究成果の概要(英文)：We have attached the self-made dental endoscope to photographing devices on the market and compared its resolution. This time, dental endoscope was attached to the intraoral camera and measured the resolution, and also we observed the cracked tooth by using this device. As a result, the resolution of the dental endoscope was 31.25 μm even at a curved root canal model. Moreover fracture lines near the apical foramen could be visualized using the fabricated endoscope. These results were obtained by a number of observers with different levels of proficiency handling the endoscope, and there was no significant difference between the observers. It was suggested to surely observe the fine structures regardless of skill of an observer.

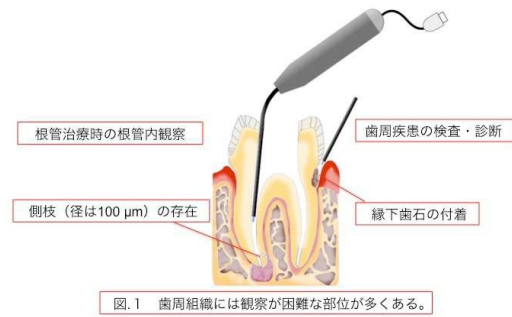
研究分野：歯内治療

キーワード：歯科用内視鏡 歯内治療 口腔内カメラ 湾曲根管

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

1. 研究開始当初の背景

現在の歯科医療では歯科用顕微鏡やコーンビーム CT (CBCT) の登場により従来よりも格段に診断精度が向上した。しかし、これらの機器は高価なため普及しておらずまた、機器自体の持ち運びが出来ず歯科医院に来院可能な患者にしか適用できない。加えて顕微鏡や CBCT の検出能にも限界がある。検出不可能な例として難治性根尖性歯周炎の



原因となる側枝や根尖部亀裂及び歯周疾患再発の原因となる歯周ポケット深部歯石が挙げられる (図1)。亀裂や側枝のサイズは 100 μm 前後であるため CBCT でも検出できず原因不明となることが多い。また、歯周疾患における歯周ポケット深部の歯石を検出する際も視認性をあげるには外科的な歯肉剥離しかなく、現時点では手指感覚に依存した処置になっている。これら微細構造の検出を目的とした歯科用内視鏡が市場に数種類存在する。しかしながら、これらの現存機器も高額の割に解像度やサイズに限界があるため普及に至っていない。従って多くの歯科医師が日常的に利用でき、超高齢化社会の中で急増する訪問診療にも対応できるハンディかつ高解像度なマイクロ内視鏡の開発を行うことは、現在の歯科医療レベルを新しい段階にシフトさせる上で非常に重要な要素となると考えられた。

これまで我々は歯・歯周組織に存在する微細構造を高精細かつリアルタイムで視認できるコンパクトで安価なマイクロ内視鏡の開発を進めてきた。まず、従来型内視鏡のように照射用ファイバーと画像取得用ファイバーを分けて1つのプローブに組み込むのではなく、1本のイメージファイバー (直径約 600 μm) だけで患部の光照射と画像取得を行うシングルファイバー内視鏡を開発した。これにより口腔内の狭小空間への挿入が可能となり、ファイバースコープ先端が接する事の出来る部位の高精度観察が可能となった (INTERNATIONAL JOURNAL ON SMART SENSING AND INTELLIGENT SYSTEMS, 2013)。

次に、直径が極めて細い光照射用ファイバ (直径 50 μm・15 本) と画像取得用イメージファイバ (直径 280 μm) を同じプローブ内に収め先端にレンズを装着したマルチファイバ内視鏡 (直径約 600 μm) を開発した。

また、画質向上を目的とした画像処理ソフトウェアによる評価・開発も行っている (IEEE Sensors Journal, 2016)。取得画像の評価を正確に行うため、グレースケール化した画像の画素ごとの値をグラフ化し極大極小点を用いて可視性 (ビジビリティ) を求める評価法を確立した (図2)。この値が大きければ画像が先鋭であることを示している。加えて、機器内部で起こるハレーションやノイズ除去をソフトウェア的に行うことでより画質の精度を上げることに成功した (図3)。

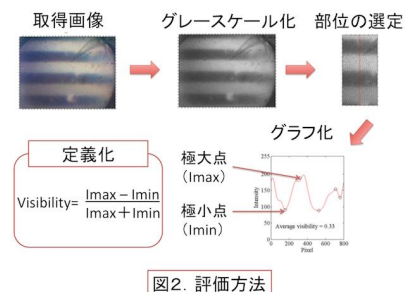


図2. 評価方法

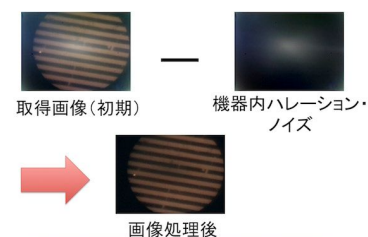


図3. 画像処理により、既知のノイズの除去を行う。

以上の当研究グループの成果を基盤として、高解像度かつハンディなマイクロ内視鏡の開発を着想

するに至った。

2. 研究の目的

本研究の最終目標は、歯の根管内深部や歯周ポケット深部等の、暗視野で狭小空間に存在する微細構造や病変を高解像度で検出するマイクロ内視鏡の開発である。今回、試作した内視鏡と現存機器（歯科用顕微鏡等）をハードウェア能力の点で比較する。次に、画像処理ソフトウェアを改善し画質向上を図る。さらに、一般に普及している撮影機器等の端末との接続を行う。これにより高解像度で普及型の歯科用内視鏡の開発につながることを本研究の目的としている。

3. 研究の方法

根先端部に解像度チャートを接地した3種類の彎曲根管モデル（0, 10, 30°）をそれぞれ歯科用内視鏡と市販の歯科用顕微鏡で観察した。

歯科用顕微鏡では16, 25, 40倍で根管口から観察し、歯科用内視鏡では根に23 mm挿入し根尖部の観察を行った。3人の観察者にそれぞれ観察を行ってもらい、一番細かいチャートが見えた際にその数値を記録し、画像を取得した。得られた画像は図2にあるような評価方法で分析を行った。

次に歯科用内視鏡・歯科用顕微鏡を用いて破折抜去歯の観察を行った。破折抜去歯はヒト上顎中切歯20本を、根管拡大後意図的に縦破折したものを接着剤にて修復、歯科用レジンに包埋し側方からの光を遮断するように作成した。これも3名の観察者にそれぞれ歯科用内視鏡・歯科用顕微鏡で観察してもらい歯冠側、中央部、根尖部において破折線が確認できたかどうかを記録し画像取得をしてもらった。この際の観察方法は特に決めず観察者の技量に委ねた。

4. 研究成果

根管モデルを観察した際、彎曲度が0°の時歯科用顕微鏡を用いて観察すると最小27.8 μmのラインを観察することができたが、根が彎曲した場合には根尖の観察は不可能であった（図4A）。一方歯科用内視鏡を使用した場合には根が30°彎曲した場合でも根尖の観察は可

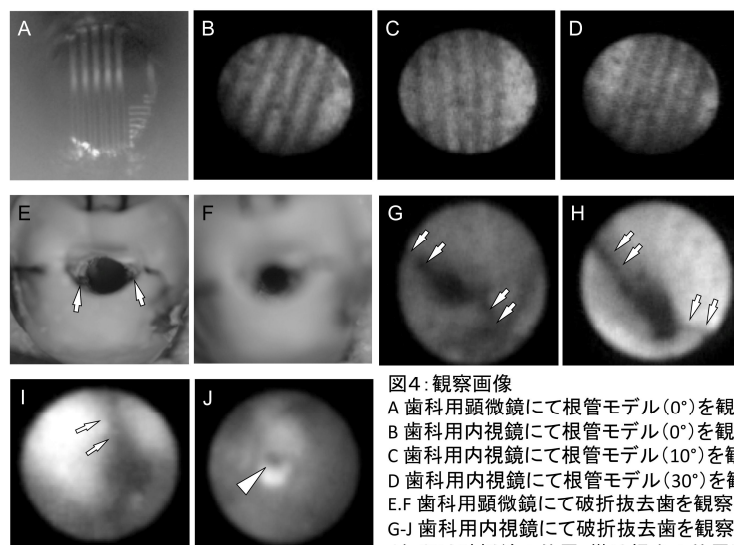


図4: 観察画像
A 歯科用顕微鏡にて根管モデル(0°)を観察
B 歯科用内視鏡にて根管モデル(0°)を観察
C 歯科用内視鏡にて根管モデル(10°)を観察
D 歯科用内視鏡にて根管モデル(30°)を観察
E,F 歯科用顕微鏡にて破折抜去歯を観察
G-J 歯科用内視鏡にて破折抜去歯を観察
(矢印は破折線的位置, 鋏は根尖の位置)

能で、その際31.25 μmのラインまで観察できた（図4B-D）。

さらに破折抜去歯20本を観察した際には、破折の検出率は歯冠部では歯科用内視鏡・歯科用顕微鏡共に100%、根中央部では歯科用内視鏡で90%、歯科用顕微鏡で75%、根尖部では歯科用内視鏡で71.7%、歯科用顕微鏡で25%となった（図4E-J）。

以上の結果より、現在普及している歯科用顕微鏡でも観察が不可能な彎曲根尖部の亀裂や病

変を歯科用顕微鏡では最小解像度 31.25 μm で観察することが可能で、歯科用内視鏡の有用性が示された。これにより、広角ではマイクロ・CBCT で診断し、根尖の複雑な形態や破折・穿孔を内視鏡で観察することでより精度の高い診断を下すことが可能になることが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

1. MIYAHARA Hirotake, IKEDA Hiroshi, FUJIO Yuki, YOSHII Shinji, NAGAMATSU Yuki, KITAMURA Chiaki, SHIMIZU Hiroshi. Chemical alteration of Ag-Pd-Cu-Au alloy surface by alumina air-abrasion and its effect on bonding to resin cement. Dental Materials Journal (査読有) 2019. <https://doi.org/10.4012/dmj.2018-276>
2. Yoshii Shinji, Fujimoto Masataka, Okuda Masahiro, Kitamura Chiaki. In-Vitro Evaluation of a Novel Root Canal Endoscope for Visualizing the Apex of Curved Root Canal Models and an Extracted Tooth. Journal of Endodontics, (査読有) 44, 2018, 1856-1861. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.08.014>
3. Fujimoto M, Okuda M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Tassery H, Cuisinier F, Kitamura C. Endoscopic System Based on Intraoral Camera and Image Processing. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, (査読有) 66, 2018, 1026-1033. 10.1109/TBME.2018.2866273
4. 吉居 慎二、諸富 孝彦、藤元 政考、鷲尾 絢子、宮下 桂子、北村 知昭. 根管充填後の疼痛発症に2種類の根管充填用シーラーが与える影響の検討. 日本歯内療法学会雑誌 (査読有) 39, 2018, 43-48. https://doi.org/10.20817/jeajournal.39.2_43
5. Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Development of an image sensor for dentistry - fiber connecting technique with the gradient index (GRIN) rod lens. SOLID STATE PHENOMENA (査読有) 260, 2017, 77-84.

〔学会発表〕(計8件)

1. Fujimoto M, Okuda M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C. Study of novel dental endoscopic system with intraoral camera and image probe for the observation of root canal. International Federation of Endodontic Association, The 11th World Endodontic Congress, Seoul, Republic of Korea (October 4-7) (国際学会) 2018.
2. Yoshii S, Vallittu P, Kitamura C, Lassila L Properties of newly hollow fiber post for direct core construction. Hammas Laakaripaivat, Helsinki (November 22th-24th), (国際学会) 2018.
3. 三浦弘喜, 吉居慎二, 藤元政孝, 北村知昭. ファイバーポスの光透過性が支台築造用コンポジットレジンとの重合状態に及ぼす影響. 日本歯科保存学会第149回秋季学術大会, 2018.
4. 藤元政考, 吉居慎二, 奥田正浩, 池沢 聡, 植田敏嗣, 西野宇信, 北村知昭. Robust Principle Component Analysisを用いたノイズ除去とコントラスト強調による歯科用内視鏡取得画像の視認性向上. 日本歯科保存学会第148回春季学術大会. 2018.
5. 藤元政考, 吉居慎二, 北村知昭. 新しい画像処理技術を用いた歯科用内視鏡システムによる取得画像の視認性向上の検討. 第78回九州歯科学会. 2018

6. 藤元政考, 吉居慎二, 奥田正浩, 池沢 聡, 植田敏嗣, 北村知昭: 根管内視鏡と市販の口腔内カメラとの融合による微細構造観察システムの開発. 第 147 回日本歯科保存学会学術大会, 2017.
7. 吉居慎二, 藤元政考, 北村知昭: 湾曲根管模型の根尖部観察における試作根管内視鏡の有用性. 第 38 回 日本歯内療法学会学術大会, 2017.
8. 藤元政考, 吉居慎二, 北村知昭: 歯内・歯周病変を高精度に診断する内視鏡の開発と性能評価. 九州歯科学会総会, 2017.

〔図書〕(計 2 件)

1. 吉居慎二, 青木隆憲, 北村知昭: エルゴノミクスの視点を取り入れた快適性 ライカマイクロシステムズ歯科用マイクロスコープ. In デンタルダイヤモンド増刊 器材・薬剤からみる歯内療法のすぐれモノ(古澤成博, 中田和彦, 阿部 修 編). デンタルダイヤモンド社, 2018.
2. Fujimoto M, Yoshii S, Ikezawa S, Ueda T, Kitamura C: Development of novel image sensor for root canal observation. Sensors for Everyday Life, Smart Sensors (Octavian Adrian Postolache, Subhas Chandra Mukhopadhyay, Krishanthi P. Jayasundera, Akshya K. Swain Eds.). Springer International Publishing AG, p67-85, total287, 2017.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名:

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: 奥田正浩、藤元政考、北村知昭

ローマ字氏名: Okuda Masahiro, Fujimoto Masataka, Kitamura Chiaki

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。