

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K17120

研究課題名(和文)光干渉断層計を用いた垂直性歯根破折のメカニズムの解析

研究課題名(英文) Analysis of the mechanism of vertical root fracture using optical coherence tomography

研究代表者

飯野 由子 (Iino, Yoshiko)

東京医科歯科大学・東京医科歯科大学病院・非常勤講師

研究者番号：90778458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：垂直性歯根破折(VRF)は、齲蝕や歯周病と同様に、歯を喪失する原因となる。これまでVRFと根管治療との関連が指摘されている。しかし、具体的な発生メカニズムは未だ解明されていない。その原因の一つとして、非破壊的検査が困難であったことが挙げられる。近年、画像診断技術が発展し、微細な亀裂を非破壊的に検出することが可能となった。そこで、本研究課題では、光干渉断層計(OCT)を用いて、根管治療過程における亀裂発生の検出および解析を行い、そのメカニズムの解明を行うことを目的とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の特徴はin vitroにおける亀裂の様相を近赤外光を利用した画像診断装置OCTで評価する点である。根管治療により生じる亀裂の評価をOCTで行った報告は、いまだ見られず非常に特色のある研究と考える。OCTにより歯根破折を三次元的に観察できることに着目し、それを利用して根管治療過程で発生する亀裂を検出することで、その発生メカニズムの解明を行う。本研究により、歯根破折を生じにくい根管治療方法の提唱ができれば、既根管治療歯の予後の向上に結び付くと考えられる。歯根破折の発生を減少させ、口腔内の残存歯数を維持できれば、国民の健康に寄与する結果と成り得る。今後の歯科医療にとって非常に有益である。

研究成果の概要(英文)：Vertical root fracture (VRF), like caries and periodontal disease, causes tooth loss. A relationship between VRF and root canal treatment has been pointed out so far. However, the specific generation mechanism has not yet been elucidated. One of the reasons for this is the difficulty of non-destructive testing. Recent advances in diagnostic imaging technology have made it possible to non-destructively detect fine cracks. Therefore, in this research project, we used optical coherence tomography (OCT) to detect and analyze the occurrence of cracks in the root canal treatment process, and aimed to elucidate the mechanism.

研究分野：歯内療法

キーワード：OCT 歯内療法 歯根破折

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

垂直性歯根破折

近年、抜歯に至る原因として、歯根破折が大きな注目を集めている。8020 推進財団により、平成 17 年に報告された「永久歯の抜歯原因調査」から、歯根破折は抜歯原因の約 11% を占めることが明らかになった。また、徹底したプラークコントロール下における歯の喪失原因を 30 年間追跡調査したところ、62% は垂直性歯根破折が原因であったとの報告がある。このように、垂直性歯根破折は臨床上、大きな問題となることが多い。これまでの報告から、歯内治療において、歯質の過剰切削とともに、側方加圧充填時に根管象牙質に発生するひずみによって、歯根破折が生じることが指摘されている。

根管治療における亀裂の発生

これまで、根管治療により根管壁に亀裂が発生・伸展しうる応力が発生する可能性が示唆された。また近年、ロータリーファイルの使用が、根尖部に亀裂を生じさせる可能性⁵⁾や、歯質の過剰切削とともに、側方加圧充填時に根管象牙質に発生するひずみによって、歯根破折が生じることが指摘されている。In vitro における従来の破折線評価方法としては、破壊的評価法としては切片を作製し、メチレンブルー染色をして拡大視野下にて観察する方法、もしくは非破壊的評価方法として、マイクロ X 線 CT (μ CT) 撮像して観察する方法が挙げられる。しかし根管充填剤のような X 線造影剤がある場合はその影響を受け、アーティファクトにより微細な亀裂を検出できない場合がある。

光干渉断層計 (OCT)

光干渉断層装置 Optical coherence tomography (OCT) は、近赤外光の干渉を利用して組織内部を画像化する装置である。三次元的な画像構築も行える近年開発された新しい画像診断装置である。OCT は、非侵襲的に被曝せずにリアルタイムで高解像画像が得られる特徴を有している。OCT による観察可能な深度は象牙質の表層 2~3 mm ではあるが、これまで非常に高解像度で正確な三次元画像が得られることを既に確認し、歯根表面における破折線や象牙質内部の根管を観察できることを確認した。OCT は X 線を使用しないため、X 線造影剤を含む根管充填剤が存在してもその影響を受けずに、亀裂の検出を非破壊的に行うことができると考えられる。

2. 研究の目的

本研究の最大の特徴は、In vitro における亀裂の様相を、近赤外光を利用した画像診断装置 OCT で評価する点である。根管治療により生じる亀裂の評価を OCT で行った報告は、いまだ見られず非常に特色のある研究になると考える。OCT により歯根破折を三次元的に観察できることに着目し、それを利用して根管治療過程で発生する亀裂を検出することで、その発生メカニズムの解明を行う。

本研究により、歯根破折を生じにくい根管治療方法の提唱ができれば、既根管治療歯の予後の向上に結び付くと考えられる。歯根破折の発生を減少させ、口腔内の残存歯数を維持できれば、国民の健康に寄与する結果と成り得る。これは、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。

3. 研究の方法

(1) 根管形態の検出

根管治療を行う前の解剖学的形態の検出に焦点をあてた。すなわち、ヒト抜去上顎小白歯を用いて、OCT による歯髓腔の検出および根管形態の検出精度を歯科用コーンビーム CT (CBCT)、歯科用実体顕微鏡 (DOM)、マイクロ CT による検出精度と比較した。ヒト抜去上顎小白歯を切縁から約 2mm ずつ切断を繰り返し、1) 歯髓腔検出までの残存象牙質厚みの計測、2) 歯髓腔の有無、3) イスムスの有無、4) 側枝の有無、5) 根管数を評価し、CBCT、DOM、マイクロ CT と比較した。

(2) 歯根尖切除術における亀裂の検出

歯根尖切除、超音波装置による逆根管窩洞形成、および逆根管充填時に発生・伸展する亀裂に対する OCT の検出能を、ヒト抜去下顎切歯を用いて評価した。ヒト抜去下顎前歯 30 歯を根管形成後、根管充填を行った。それから根尖切除後、逆根管窩洞形成後、逆根管充填直後および 2 週間、1 か月、2 か月後に亀裂の有無を OCT とデジタルマイクロスコープで評価した

4. 研究成果

(1) 根管形態の検出

1) 残存象牙質の厚みは、マイクロ CT - CBCT、マイクロ CT OCT、CBCT-OCT 間で、それぞれ強

い相関関係を示した (Pearson 's correlation coefficient) 2, 3, 4) OCT は歯髓腔およびイスマスの検出における感度はそれぞれ 0.90、0.84、また特異度はそれぞれ 0.80、0.71 を示した。OCT および DOM では、側枝は検出されなかった。5) OCT、CBCT、DOM で検出された根管数はいずれもマイクロ CT で検出された根管数と強い相関関係を認めた (Spearman 's correlation) 。以上より、OCT により歯髓腔や根管、イスマスを正確に検出できる可能性が示された。

Figure 1

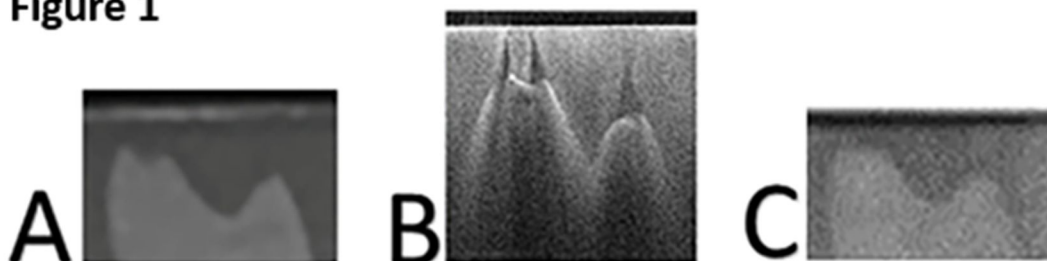


図 1 . (A)マイクロ CT、(B)OCT、(C)CBCT による同一試料の歯髓腔の検出画像。

(2) 歯根尖切除術における亀裂の検出

図 2 (1A および 2A) は、歯根尖切除後の亀裂形成を示す代表的なデジタルマイクロスコープ画像を示す。デジタルマイクロスコープで歯根尖切除後 47%、逆根管窩洞形成後 87% に亀裂を認めた。超音波装置による逆根管窩洞形成後に切断面の 40% に新たな象牙質の亀裂が生じたが、部分的な亀裂から完全な亀裂に伸展したのは 3%であった。

図 2 (1B および 2B) は、代表的な OCT 画像と対応するデジタルマイクロスコープ画像を示す。OCT で歯根尖切除後 40%、逆根管窩洞形成後 30% に亀裂を認めた。充填材料の有無および材料の差異は亀裂の発生に有意な影響を与えなかった。OCT とデジタルマイクロスコープの相関は弱く、また OCT はデジタルマイクロスコープより感度が低いことが示された。表 1 は、象牙質亀裂形成の検出におけるデジタルマイクロスコープおよび OCT の感度、特異度、陽性的中率 (PPV) および陰性的中率 (NPV) を示す。象牙質中の光伝播が多様な方向に対して生じることが影響を及ぼしていると考えられた。また OCT のノイズフィルターを検討する必要がある。

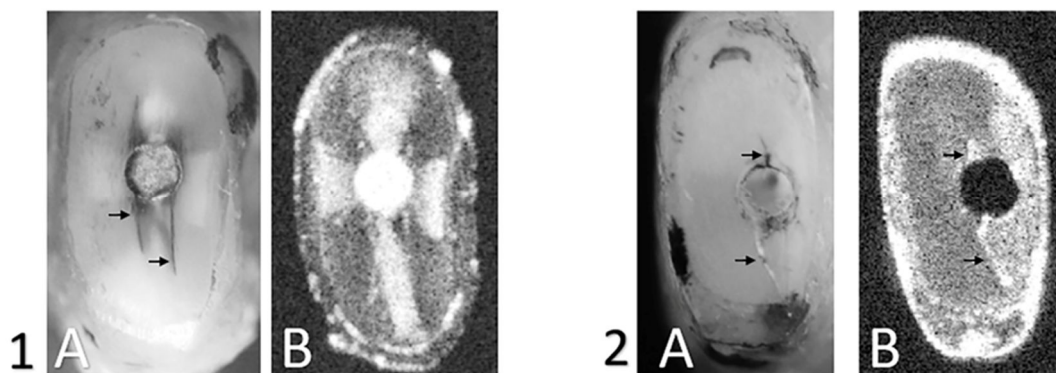


図 2 . 1 .MTA 根充後 2 カ月経過 (A) デジタルマイクロスコープおよび (B) OCT による同一切断面画像。2. 超音波装置による逆根管窩洞形成直後 (A) デジタルマイクロスコープおよび (B) OCT による同一切断面画像。矢印部に亀裂を認める。

表 1 . 象牙質亀裂形成の検出におけるデジタルマイクロスコープおよび OCT の感度、特異度、PPV および NPV

	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
OCT	0.50	0.55	0.36	0.69
DM	1.00	0.35	0.43	1.00

以上より、OCT は残存象牙質の厚みの計測で CBCT と同等の精度を示すとともに、歯根の内部構造の検出にも有用であり、偶発露髄の防止、アクセス窩洞の確認、根管内の観察などに応用できる可能性が示唆された。象牙質の亀裂や側枝の検出には OCT の有効性は十分とは言えず、今後の研究が必要と思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Rashed Bayan, Iino Yoshiko, Ebihara Arata, Okiji Takashi	4. 巻 2019
2. 論文標題 Evaluation of Crack Formation and Propagation with Ultrasonic Root-End Preparation and Obturation Using a Digital Microscope and Optical Coherence Tomography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scanning	6. 最初と最後の頁 1～6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1155/2019/5240430	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 Rashed Bayan, Iino Yoshiko, Komatsu Kei, Nishijo Miki, Hanada Takahiro, Ebihara Arata, Sunakawa Mitsuhiro, Sumi Yasunori, Okiji Takashi	4. 巻 36
2. 論文標題 Evaluation of Root Canal Anatomy of Maxillary Premolars Using Swept-Source Optical Coherence Tomography in Comparison with Dental Operating Microscope and Cone Beam Computed Tomography	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Photomedicine and Laser Surgery	6. 最初と最後の頁 487～492
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1089/pho.2017.4416	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 Iino Yoshiko, Ebihara Arata, Sunakawa Mitsuhiro, Okiji Takashi	4. 巻 39
2. 論文標題 Application of Optical Coherence Tomography in Endodontics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nippon Laser Igakkaishi	6. 最初と最後の頁 50～58
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2530/jslsm.jslsm-39_0002	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4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Bayan R, Iino Y, Ebihara A, Okiji T
2. 発表標題 Evaluation of crack formation and propagation with ultrasonic root-end preparation and obturation using a digital microscope and optical coherence tomography
3. 学会等名 日本歯科保存学会2019年春季学術大会（第150回）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠原由伎, 飯野由子, 海老原新, 佐々木好幸, 興地隆史
2. 発表標題 歯科用CBCTで観察された根尖部骨欠損形態と Periapical Indexおよび臨床症状との関連性の評価
3. 学会等名 日本歯科保存学会2019年度秋季学術大会 (第150回)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 笠原由伎, 小松恵, 飯野由子, 海老原新, 興地隆史.
2. 発表標題 外科的歯内療法症例における瘻孔の位置と垂直性歯根 破折の関係性.
3. 学会等名 第39 回日本歯内療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 笠原由伎, 小松恵, 飯野由子, 浦羽真太郎, 海老原新, 興地隆史.
2. 発表標題 口内法撮影 と歯科用CBCT を用いた根尖性骨欠損の評価.
3. 学会等名 第38 回日本歯内療法学会学術大会
4. 発表年 2017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
---------	---------