

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：12602

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25861790

研究課題名(和文)光干渉断層画像装置による根管観察および象牙質切削に関する検討

研究課題名(英文)Observation of root canals and evaluation about cut of dentin using optical coherence tomography

研究代表者

吉岡 俊彦(Yoshioka, Toshihiko)

東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師

研究者番号：10635543

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)：本研究課題では、内部に根管もしくは歯髄腔を有する象牙質を光干渉断層装置(OCT)で観察した。上顎大白歯髄床底の観察では、近心頬側第2根管の検出率を調査した。肉眼や歯科用実体顕微鏡(DOM)による検出率と比較したところ、OCTにより、検出率が高まる可能性が判明した。下顎大白歯の歯冠部象牙質の観察では、象牙質の厚み2.33mm以下で歯髄腔の位置を検出することができた。歯根根尖部では、側枝やイスマス形態を観察できた。以上より根管治療時、OCTの使用は、より正確かつ確実な診断および処置をもたらすと推察される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the ability of optical coherence tomographic (OCT) imaging to detect root canals and pulp chambers. According to the observation of the maxillary molars, second mesiobuccal canals (MB2) were able to detect by OCT. A combination of OCT and dental operating microscope may improve the rate and accuracy of the detection of MB2 canals, thus facilitating root canal treatment and improving its rate of success. OCT can be a useful tool for the detection of pulp horn in the observation of the mandibular molars, and lateral canals and isthmus at the apical portion. OCT imaging is noninvasive, involves no ionizing radiation, and is accurate for the detection of MB2 canals, pulp horn and subsurface structures at the apical portion.

研究分野：歯内療法

キーワード：歯内療法 光干渉断層計 根管治療 根管 歯髄腔

1. 研究開始当初の背景

光干渉断層画像撮影 Optical Coherence Tomography (OCT) は、非侵襲的に組織の精密断層像を得ることが可能な医療撮像用新技術で、歯科用検査機器としても注目を浴びている。OCT の利点として、高解像度で象牙質内の構造物の観察が可能であること、放射線被曝が無いために術中に複数回撮像が可能であること、リアルタイムでの観察が可能であることなどが挙げられる。本研究課題では、内部に根管もしくは歯髄腔を有する象牙質を光干渉断層装置 (OCT) で観察した。

(1) 上顎大臼歯の根管治療では、近心頬側根が二根管性の場合がある。見落とされた場合には未処置の根管となり、歯内治療の失敗の原因となることがある。近心頬側第二根管 (MB2) は、アクセスキャビティーの工夫、歯科用実体顕微鏡 (DOM) や拡大鏡などの拡大視野下での処置、また超音波器具の使用により検出率が増加することがこれまで報告されている。しかし、一方で MB2 を探索する過程で歯質の過剰な切削や、穿孔を引き起こす可能性がある。

(2) 根管治療時の髄腔開拓は、歯軸の方向やレントゲン写真上での歯髄腔の位置を参考にしながら行われる。しかし、歯髄腔の狭窄や歯軸の頬舌的な傾斜、補綴物の存在等により歯髄腔の三次元的な方向の把握が困難な症例に遭遇することがある。現在、髄腔開拓中に歯髄腔の位置を診査するためには、術中のデンタルエックス線写真や歯科用コーンビーム CT (CBCT) の撮影が行われる。しかしながら、デンタルエックス線写真では三次元的な方向の把握は不可能であり、CBCT では被曝線量が大いことを考慮すると、頻回には撮影できない。また、エックス線撮影の場合、リアルタイムに撮像できない欠点がある。他方、歯髄に近接するう蝕治療の際、歯髄保存の成否は露髄の有無に大きく左右される。事前にう蝕除去による露髄が予測される場合には非侵襲性歯髄覆罩 (AIPC) を選択することも可能となる。また、生活歯における支台歯形成の際には歯髄腔までの距離が十分に確保できていることが予後を左右する。しかしながら術中に歯髄腔までの象牙質の厚みを把握することは困難で、偶発的に露髄し、抜髄が適応となる症例もある。

(3) 通常の根管治療が補綴的理由で困難な場合や、通常の根管治療を行ったにもかかわらず治癒が見込めない場合は、根尖歯周組織の病変を根尖硬組織とともに切除する歯根端切除術が行われる。根尖を切除後、その断面を DOM 下で観察する。根管やイスマスの見落としは治癒不全因子となり得るため、通常メチレンブルーにて染色し注意深く拡大視野下にて観察し、逆根管窩洞を形成し充填を行う。しかし、DOM で観察できる範囲は切

断面表面に限られ、深部の評価は困難である。

2. 研究の目的

(1) OCT を用いて MB2 の検出を行い、肉眼と DOM と比較して有用性を評価した。

(2) ヒト抜去歯を用い、象牙質内部の歯髄腔の髄角を OCT と、従来用いられている CBCT で検出し、得られた画像における計測値の相関関係の有無を検討した。

(3) OCT を用いてヒト上顎小臼歯根尖切断面の観察を行い DOM と比較した。

3. 研究の方法

本研究課題では、ヒト抜去歯の使用について東京医科歯科大学歯学部倫理審査委員会の承認を受け、研究を実施した (承認番号: 第 923 号)。

(1) ヒト抜去上顎大臼歯 40 歯を用いた。まず歯冠を切断しアクセスキャビティーを行い、近心頬側根管の上部形成を行った。そして根管口がアンダーカットなく観察できる角度で植立した。その後、被験歯を micro CT (inspeXio SMX100CT®, 島津製作所) で撮像、MB2 の有無を判定し Gold Standard とした。観察範囲は髄床底から歯根中央付近までとした。

評価者は本学歯学部附属病院むし歯外来 (歯内療法) における臨床経験 5 年以上の歯科医師 3 名とした。OCT (Prototype 2; Panasonic Health Care) を用いて髄床底を 3D 撮像し、三次元画像処理ソフトウェア (Amira®5.6, FEI Visualization Sciences Group) で水平断層連続画像を作製した。評価者はその画像を 1: 明らかに MB1 根管, 2: おそらく MB1 根管, 3: おそらく MB2 根管, 4: 明らかに MB2 根管, の 4 段階で評価した。次に、肉眼のみで MB2 の有無を同様に 4 段階で評価した。最後に、DOM (OPMI®pico, ZEISS) (総合倍率 21.3 倍) を用いて 4 段階で MB2 の有無を評価した。

それぞれの評価結果を micro CT による Gold Standard と比較し、SS-OCT・肉眼・DOM の感度、特異度、陽性的中率 (PPV)、陰性的中率 (NPV)、正答度、ROC 曲線下面積 (AUC) を算出した。また、3 人の評価者間の一致率として Kappa 値を算出した。

(2) ヒト抜去下顎大臼歯 10 歯を用いた。歯冠最大豊隆部で歯軸方向と垂直に低速切断機 (Isomet®, Buehler) で歯冠を切断し、Micro CT (inspeXio SMX100CT®, Shimadzu)、CBCT (Finecube®, 吉田製作所) で撮像し、三次元画像処理ソフトウェア (Amira®5.6, FEI Visualization Sciences Group) を用いて三次元構築を行い、切断面から髄角までの距離を計測し、それぞれ SL, CL とした。計測した髄角は近心頬側、近心舌側、遠心頬側、

遠心舌側とした。また OCT (Santec OCT-2000®, Santec) で試料を切断面から撮像し、髄角までの距離を計測し OL とした。OCT 像による判定は、象牙質内部に歯髄腔が観察できない場合には観察不可とした。なお、いずれの場合も切断面に歯髄腔が観察できる場合には露髄と判定し、測定距離は 0mm とした。SL を Gold Standard とし、SL, OL, CL の 3 者間の相関関係をスピアマンの順位相関係数を用いて、統計学的に解析した。

(3) ヒト抜去上顎小臼歯 5 歯を用いた。まず、歯軸を垂直方向になるように歯冠側を即時重合レジン (UNIFAST III®, GC) で台付けた。根尖部を Micro CT (inspeXio SMX100CT®, Shimadzu) で撮像し、その画像を Gold Standard とした。その後、根尖部を歯軸と垂直に低速切断機 (Isomet®, Buehler) で 1mm 切断し、エチレンジアミン四酢酸 (EDTA) 製剤 (RC-Prep®, Plymouth Meeting) を塗布後、生理食塩水で洗浄した。切断面にメチレンブルー染色を施し、DOM (OPMI® pico, Carl Zeiss) と OCT (Prototype2, Panasonic healthcare) で観察した。それを 3 回繰り返し最終的には根尖から - 3mm の切断面を観察した。OCT と DOM の画像の根管、亀裂、イスマス、側枝の検出精度を評価し、統計学的に解析した。

4 . 研究成果

(1) Micro CT により、40 歯中 19 歯で MB2 が見られた。DOM の感度 (0.947) は OCT の感度 (0.632) より有意に高かった。一方 OCT の特異度 (0.714) は DOM の特異度 (0.333) より有意に高かった。正答度は有意差を認めなかった。OCT、肉眼、DOM の kappa 値はそれぞれ、0.526、0.417、0.326 だった。OCT により客観的に MB2 を検出することが可能であった。OCT は非侵襲的に、リアルタイムで被曝せずに上顎大臼歯の MB2 を検出する有用な手段となる可能性が示唆された。

(2) SL 1.11mm 以下では、OCT で髄角をすべての標本で検出することができた。SL 1.28-2.33mm では、OCT で髄角を検出できた場合とできなかった場合があった。SL 2.33-3.21mm では、OCT で髄角を検出できなかった。OCT で髄角を検出できた一例を図 1a に示した。また同一の試料を Micro CT および CBCT で撮像し三次元構築した画像を、それぞれ図 1b, c に示した。SL と CL, SL と OL, CL と OL はそれぞれ強い正の相関関係を認めた ($r=0.96, 0.87, 0.86$)。残存象牙質が 2.33mm 以下の場合、OCT で髄腔の位置を把握できる可能性がある。また OCT と CBCT 画像による計測値が正の相関関係にあることから、それぞれを複合させた画像診断に利用できる可能性が示唆された。

(3) OCT では切断面内部のイスマス(図 2a-d) や根管を検出できた。検出精度を表 1 に示した。切断面表面における根管、亀裂、イスマス、側枝の検出精度は、DOM と OCT 間で有意差は見られなかった ($p>0.05$, McNemar test)。切断面内部における根管、亀裂、イスマス、側枝の検出数を表 2 に示した。OCT では、根尖切断面の表層および内部の解剖学的構造物をリアルタイムで非侵襲的に検出できるため、歯根端切除術中における切断端部の評価を行うことで、逆根管窩洞形成および充填の精度が向上し、歯根端切除術の成功率がさらに向上する可能性が示唆された。

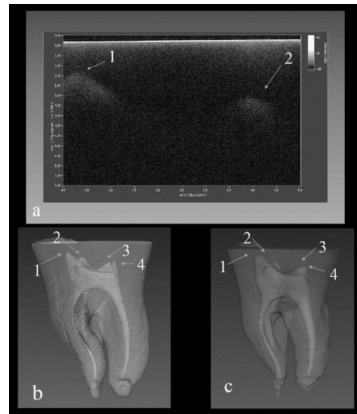


図 1 a. 髄角#1.2 が観察された OCT 画像 b. 同一試料の Micro CT による三次元構築画像. 髄角#1-4 が観察された. c. 同一試料の CBCT による三次元構築画像. 髄角#1-4 が観察された.

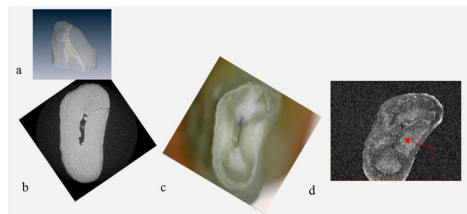


図 2 切断面では扁平な一根管として観察されたが、OCT により組織内部のイスマス (赤矢印部) が観察された。a. Micro CT による三次元構築画像 b. 切断面相当部の Micro CT による水平断面画像 c. DOM による切断面画像 d. OCT による切断面内部の水平断面画像

表 1 切断面表面における根管、亀裂、イスマス、側枝の検出精度

精度	DOM	OCT
根管	1.00	0.93
亀裂線	0.67	0.67
イスマス	0.67	0.87
側枝	1.00	0.80

表 2 切断面内部における根管、亀裂、イスマス、側枝の検出数

検出数	根管	亀裂線	イスマス	側枝
OCT	2	0	1	0
DOM	NA	NA	NA	NA

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

Iino Y, Yoshioka T, Hanada T, Ebihara A, Sunakawa M, Sumi Y, Suda H. Observation of the Pulp Horn by Swept Source Optical Coherence Tomography and Cone Beam Computed Tomography. Lasers in Dentistry XXI. 2015; 9306: 93060I1-5. doi: 10.1117/12.2076008 査読無

Ebihara A, Iino Y, Yoshioka T, Hanada T, Sunakawa M, Sumi Y, Suda H. Apices of Maxillary Premolars Observed by Swept Source Optical Coherence Tomography. Lasers in Dentistry XXI. 2015; 9306: 93060J1-5. doi: 10.1117/12.2076924 査読無

Iino Y, Ebihara A, Yoshioka T, Kawamura J, Watanabe S, Hanada T, Nakano K, Sumi Y, Suda H. Detection of a Second Mesiobuccal Canal in Maxillary Molars by Swept Source Optical Coherence Tomography. J Endod. 2014; 40: 1865-1868. doi:10.1016/j.joen.2014.07.012 査読有

[学会発表](計 8 件)

Iino Y, Yoshioka T, Hanada T, Ebihara A, Sunakawa M, Sumi Y, Suda H. Observation of the Pulp Horn by Swept Source Optical Coherence Tomography and Cone Beam Computed Tomography. SPIE Photonics West. 2015.2.8. San Francisco (USA)

Ebihara A, Iino Y, Yoshioka T, Hanada T, Sunakawa M, Sumi Y, Suda H. Apices of maxillary premolars observed by swept source optical coherence tomography. SPIE Photonics West. 2015.2.8. San Francisco (USA)

Iino Y, Yoshioka T, Hanada T, Ebihara A, Sumi Y, Suda H. Detection of the second mesiobuccal canal of maxillary molars by swept-source optical coherence tomography -Comparison between inexperienced and experienced dentists-. WFLD. 2014.7.3. Paris (France)

Ebihara A, Iino Y, Yoshioka T, Hanada T, Sumi Y, Suda H. Observation of resected apical surfaces of human premolars by swept-source optical coherence tomography. WFLD. 2014.7.3. Paris (France)

Iino Y, Yoshioka T, Ebihara A, Suda H, Sumi Y. Detection of the Second Mesiobuccal Canal of Maxillary Molars by Sweptsource Optical Coherence

Tomography -Evaluation by inexperienced dentists-, KACD. 2013.11.23. Gyeongju (Korea), 飯野由子, 河村隼, 渡辺聡, 吉岡俊彦, 花田隆周, 中野生和子, 海老原新, 島田康史, 田上順次, 角保徳, 須田英明. SS-OCT による上顎大臼歯近心頰側第二根管の検出, 139 回日本歯科保存学会. 2013.10.17.秋田県総合生活文化会館(秋田県・秋田市)

Yoshioka T, Iino Y, Ebihara A, Suda H, Sumi Y. Observation of the Pulp Chamber using SS-OCT, IFEA, 2013.5.25, 東京国際フォーラム(東京都・千代田区)

Iino Y, Yoshioka T, Ebihara A, Suda H, Sumi Y. Detection of the Second Mesiobuccal Canal of Maxillary Molars by Sweptsource Optical Coherence Tomography, IFEA, 2013.5.25, 東京国際フォーラム(東京都・千代田区)

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉岡 俊彦 (YOSHIOKA Toshihiko)
東京医科歯科大学・歯学部・非常勤講師
研究者番号: 10635543

(2)研究分担者

()

研究者番号:

(3)連携研究者

飯野 由子 (IINO Yoshiko)
東京医科歯科大学・歯学部・医員
研究者番号: 90778458