

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月10日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23659891

研究課題名（和文） レーザーを応用した新しい抜髄法の開発

研究課題名（英文） DEVELOPMENT OF A NOVEL PULPECTOMY USING THE LASER

研究代表者

吉嶺 嘉人（YOSHIMINE YOSHITO）

九州大学・歯学研究院・准教授

研究者番号：80183705

研究成果の概要（和文）：

本研究では、歯髄組織を有する抜去歯を用いて、レーザーを用いた抜髄および洗浄操作後の根管壁の微細構造を観察し、レーザー抜髄法の臨床応用への可能性に関する基礎的データを収集することを目的とした。

抜歯したヒト健全下顎小白歯の髓腔開竅後に、#15のK-ファイルを根管内に挿入し根尖孔からファイル先端が見える長さから2 mmを作業長に設定した。作業長2mmの位置までレーザー用チップを挿入し、10秒間のEr:YAGレーザーによる静止照射を行った。次に、再度作業長2 mmの位置までチップを挿入し、ゆっくりと引き上げながら照射を行った。その後、レーザーを用いた根管洗浄の目的でNaOClを根管内に満たしてゆっくりと引き上げながらの照射を4回繰り返した。各ステップ後の試料を歯軸の方向に2分割して根管壁面に金蒸着を施した後、走査型電子顕微鏡による観察を行った。

その結果、根尖近くには10秒間の静止照射によって、アピカルストップ様の構造が形成されていた。引き上げ照射では、根管壁は次亜塩素酸ナトリウムの有機質溶解作用によって石灰化球が出現していた。また、チップが直接接した部位は象牙細管が開口していた。

結論として、レーザー抜髄法は従来の方法と異なりクラックが生じる危険性がなく、有効な手法である可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of the present study was to examine the effects of laser-assisted pulpectomy (LAP) and irrigation *in vitro*. Extracted human teeth were used. An Er:YAG laser and cone-shaped irradiation tips (R135T) were used. Laser irradiation conditions were 30 mJ, 20 pps, and water flow of 5 mL/min. Samples were irradiated for 10 sec at the tip position of 2 mm from the apex. After that, they were irradiated using the pull-up motion. Finally, the root canal was treated with the laser-activated irrigation (LAI) using NaOCl. The samples were observed under a scanning electron microscope. When root canals were irradiated with R135T for 10 sec, an apical stop-like structure formed in the apical region. After LAI the canal wall showed no smear layer and the dentinal tubules were open. In conclusion, the laser-assisted pulpectomy might be feasible because it cleans the root canal efficiently and causes no crack formation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：歯科保存学

科研費の分科・細目：歯学・保存治療系歯学

キーワード：レーザー、抜髄法、根管洗浄

1. 研究開始当初の背景

う蝕が進行し、不可逆性の歯髄炎を発症した歯においては、抜髄処置は欠かせない。今日まで、歯髄除去のために機械的拡大器具を用いた方法が用いられているが、根管壁の不要な切削、スミヤー層の形成などの問題点が知られている。一方、 $2.94\mu\text{m}$ の周波数特性を持つEr:YAGレーザーは、水に対する吸収特性が高く、照射されたエネルギーは組織表面で吸収されるため、周囲への熱による影響が極めて少ないという特長を持っている。また、円錐型の先端形状を持つ石英ファイバーチップが開発されたことで、側方の根管壁に選択的照射が可能になり根管内でのレーザー応用の環境が整いつつある。

2. 研究の目的

本研究では、赤外線領域パルス波レーザーの1つであるEr:YAGレーザーを用いた抜髄法の開発を目的とする。抜髄法は、歯内療法の中でも根幹をなす手技であり、その治療成績の良否は歯を長期に渡って機能させる上で重要な要素である。抜髄法としては、古くからリーマー・ファイルなどの器具を用いた方法が確立されており、今日最も一般的な方法として臨床において頻用されている。これに対して、レーザーは軟・硬両組織に対する蒸散作用があり、従来法とは全く異なるメカニズムに基づく歯髄除去療法（レーザー抜髄法）の可能性を有している。

3. 研究の方法

(1) レーザー発振装置

波長 $2.94\mu\text{m}$ のEr:YAGレーザー（Erwin AdvErl：モリタ）と先端角度が 84° でコア径 $135\mu\text{m}$ （外径 $185\mu\text{m}$ ）のレーザー用石英ファイバーチップ（R135T：モリタ）を使用した。照射出力 30mJ ・繰り返し速度 20pps （pulse per second）の条件でレーザー照射を行った。なお、照射を開始する前にPower Meter（LabMax-TOP：Coherent）を用いて、先端出力が一定になるように出力エネルギーの補正を行った。

(2) 歯髄組織の蒸散と根管内の洗浄

矯正治療の目的で抜歯した後に、冷凍保存したヒト健全下顎小白歯を使用した。エナメル質・セメント質境で切断した後に、#15のK-ファイルを根管内に挿入し、根尖孔からファイル先端が見える長さから -2mm を作業

長に設定した。まず、作業長の位置までレーザー用チップを挿入し、注水下（ 5ml/分 ）で10秒間の静止照射を行った。次に、再度作業長の位置までチップを挿入し、ゆっくりと（約 1mm/s ）引き上げながら照射を行った。この際、根管の4方向に沿わせて、同様の引き上げ照射を4回繰り返した。その後、レーザーを用いた根管洗浄（レーザー洗浄）の目的で、NaOCl（アンチホルミン：日本歯科薬品）を根管内に満たし、チップを作業長の位置まで挿入し、ゆっくりと（約 1mm/s ）引き上げながらの照射を4回繰り返した。最後に、シリンジに容れた蒸留水で根管を洗浄した。

(3) 根管壁の超微構造の観察

①10秒間の静止照射、②4方向の引き上げ照射、③4回のレーザー洗浄照射、の各ステップ後の試料を直ちに 2.5% グルタルアルデヒド溶液に浸漬し、 4°C で4時間の固定を行った。その後、通法に従い上昇エタノール系列で脱水し、歯軸の方向に試料を2分割して根管壁面に金蒸着を施した後、走査型電子顕微鏡（JEM-5400LV：JOEL）（加速電圧 20kV ）による観察を行った。①-③のステップ毎に各3歯を用いた。

4. 研究成果

(1) 10秒間の静止照射後

解剖学的根尖から約 2mm 上方の位置で、根管壁は拡大されていた（図1a）。根管壁には一部に開口した象牙細管を認めるが、大部分は軟組織で覆われていた（図1b）。

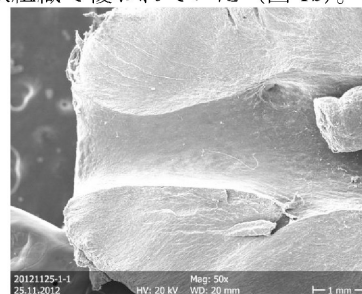


図1 a

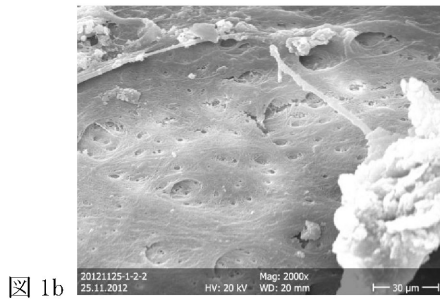


図 1b

(2) 4方向の引き上げ照射後

根管壁には、象牙細管が開いた領域と一部に開口した象牙細管を認めるが軟組織で覆われた領域が観察された (図 2a)。前者では、歯髄組織はほぼ除去されてほとんどの象牙細管が開いている像が観察された (図 2b)。

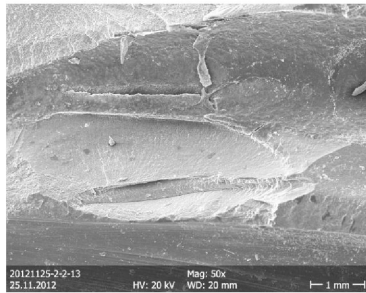


図 2a

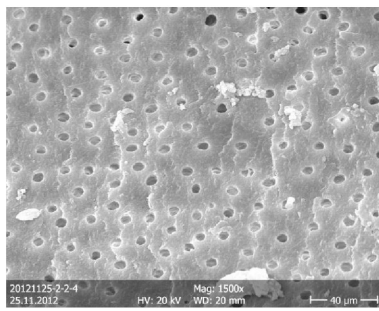


図 2b

(3) レーザー洗浄後

根管壁の全領域において歯髄組織は消失し、象牙細管は開口していた (図 3a)。一部では強拡大で観察すると球形の凹凸構造を持つ石灰化球様の構造が認められた (図 3b)。

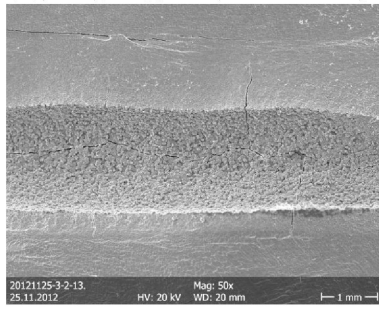


図 3a

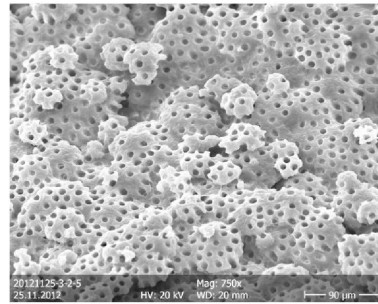


図 3b

抜髄法は、歯髄に生じた感染が根部歯髄にまで波及している場合に、歯髄組織を摘出することで根尖歯周組織への炎症の波及を防止する目的で行われる。現在行われている抜髄法は、髓腔開抜後にリーマー・ファイル等のインスツルメントを用いて歯髄組織を除去するとともに根管拡大・形成を行う「機械的清掃」と、次亜塩素酸ナトリウム溶液等の薬液を用いて歯髄などの軟組織および象牙質切削片などのデブリーを洗い流す「化学的清掃」を併用する方法、いわゆる「chemo-mechanical debridement」の原則に基づいている。すなわち、「機械的清掃」においては、1900年台初頭にKerr社で開発された「Kerr Broach」を原型とする金属製の各種インスツルメントを用いる手法が100年以上に渡って継承されているのが現状である。

一方、歯科治療へのレーザー応用は近年益々広がりを見せており、歯内療法分野においても根管系の殺菌やスマイヤ層の除去などを目的とした応用の可能性が報告されている。我国において歯科治療に使用されているレーザー機器は、炭酸ガス、半導体、Nd:YAG、Er:YAGの4機種がそのほとんどを占めている。このうち、Er:YAGレーザーは最も新しいレーザーであり、その発振波長(2.94 μm)は水に対する吸収特性が非常に高いという特徴を有している。また、この波長はハイドロキシアパタイトにも高い吸収特性を示すために、エナメル質・象牙質・骨などの硬組織を蒸散することも可能であり、2008年には「う蝕歯無痛的窩洞形成加算」として保険に収載されるに至っている。近年では、これらの特長を活かしてEr:YAGレーザーを用いて根管壁の象牙質を蒸散することによる根管拡大の試みも報告されている。

抜髄法においては、軟組織(歯髄)と硬組織(象牙質)を削除する必要があり、両者を蒸散作用によって除去できるEr:YAGレーザーの応用は、従来からの金属製インスツルメントを用いた機械的拡大とは全く異なる作用原理に基づいている。しかし、これまでレ

レーザーの蒸散作用を抜髄法に応用しようとする報告はみられない。

根尖部近くの歯髄組織を完全に蒸散しアピカルストップ様の形状を形成する目的で、本研究では作業長（解剖学的根尖-2 mm）の位置で 10 秒間の静止照射を行った。その結果、アピカルストップ様構造が形成されることが SEM を用いた観察から明らかとなった。

静止照射後の 4 方向の引き上げ照射によって、残存する歯髄組織の大部分は蒸散作用によって除去されたと考えられる。この際、チップ先端が根管壁に近接した部位では根管壁が蒸散されて象牙細管が開口し、チップ先端から離れた領域では一部の象牙細管は開口するが大部分は残存する歯髄組織で被覆されていたと考えられる。

10 秒間の静止照射と 4 方向の引き上げ照射後においても根管壁に残存する可能性のある歯髄組織を除去し、根管壁を根管充填に適した状態にするには洗浄を目的とした照射が必要である。この際、有機質溶解作用のある NaOCl 存在下での 4 回の引き上げ照射が効果的に働き、根管壁に残存する歯髄組織が溶解され、さらに象牙前質の層も除去されて石灰化球が出現したと考えられる。なお、金属製インスツルメントを用いた機械的な根管拡大の場合と異なり、レーザーではスミヤー層が形成されないため、無機質の溶解を目的とした EDTA 製剤による洗浄は不要と考えられる。

結論として、レーザーを用いた抜髄法は、金属性インスツルメントによる従来の方法と異なり、クラックが生じる危険性がなく、効果的な手法である可能性が示唆された。

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）

(1) 牛島 寛、吉嶺嘉人、他 4 名、Er:YAG レーザーを用いて形成した逆根管窩洞の封鎖性評価、日本歯内療法学会雑誌、査読有、33 巻、2012、29～35.

(2) 佐藤浩美、吉嶺嘉人、他 6 名、損耗した Er:YAG レーザー用石英ファイバーチップの再利用の試み、日本レーザー歯学会誌、査読有、23 巻、2012、78-85.

(3) 松本妃可、吉嶺嘉人、他 6 名、Er:YAG レーザーを用いた根管洗浄作用に関する研究 - 模擬根管における側枝内清掃効果 -、日本歯内療法学会雑誌、査読有、33 巻、2012、175-179.

〔学会発表〕（計 5 件）

① 吉嶺嘉人、レーザーによる根管処置へのチャレンジ、第 24 回日本レーザー歯学会総会・学術大会、神戸国際会議場、2012. 12. 1.

② 松本妃可、吉嶺嘉人、他 4 名、模擬根管におけるレーザー洗浄効果のマイクロ CT による解析、第 33 回日本歯内療法学会学術大会、日経ホール、2012. 6. 16-17.

③ 佐藤浩美、吉嶺嘉人、他 5 名、Er:YAG レーザーと知覚過敏抑制剤を併用した象牙細管封鎖効果、第 136 回日本歯科保存学会春季学術大会、沖縄コンベンションセンター、2012. 6. 28-29.

④ 佐藤浩美、松本妃可、平井千香子、吉嶺嘉人、Er:YAG レーザーを用いた根管壁の清掃 - 抜去歯でのスミヤー層除去効果の解析 -、第 24 回日本レーザー歯学会総会・学術大会、神戸国際会議場、2012. 12. 1-2.

⑤ 松本妃可、佐藤浩美、平井千香子、吉嶺嘉人、Er:YAG レーザーによる根管側枝の洗浄効果 - 側枝様構造を有する根管模型での解析 -、第 24 回日本レーザー歯学会総会・学術大会、神戸国際会議場、2012. 12. 1-2.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉嶺 嘉人 (YOSHIMINE YOSHITO)

研究者番号：80183705

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：