

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 24 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22592276

研究課題名（和文） 複雑な乳歯根管系の制御—感染根管治療の確実な成功のために—

研究課題名（英文） Control of complicated root canal system of primary teeth: For good results of root canal treatment with apical periodontitis

研究代表者

八若 保孝 (YAWAKA YASUTAKA)

北海道大学・大学院歯学研究科・教授

研究者番号：60230603

研究成果の概要（和文）：

根管治療におけるリーミング・ファイリングは根管内壁にスメア層を形成する。本研究は、このスメア層を除去する根管洗浄方法の確立を目的とした。その結果、永久歯では EDTA あるいは EDTA と NaOCl を併用して超音波洗浄を行う方法が、スミヤ層を効果的に除去し、乳歯では NaOCl の超音波洗浄を行う方法がスミヤ層を除去することが示された。超音波の根管洗浄への使用は、水酸化物イオンの拡散に有効であることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Root canal enlargement and preparation makes the smear layer on the root canal wall. The aim of this study was to evaluate the influence of endodontic irrigation associated with removal of the smear layer. EDTA with ultra sonic or combination of EDTA and NaOCl with ultra sonic was effective in removing the smear layer on permanent teeth. NaOCl with ultra sonic was effective in removing the smear layer on primary teeth. It was suggested that root canal irrigation with ultra sonic was valid for the alkaline diffusion from calcium hydroxide.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・矯正・小児系歯学

キーワード：小児歯科学

## 1. 研究開始当初の背景

乳歯の根管治療は、複雑な乳歯根管系により永久歯と比較して十分な根管治療は不可能とされている。具体的には、側枝、副根管が存在すること、歯根および根管の彎曲、圧平、槌状の根管などにより、十分な根管拡大ができないこと、後継永久歯が乳歯歯根に近

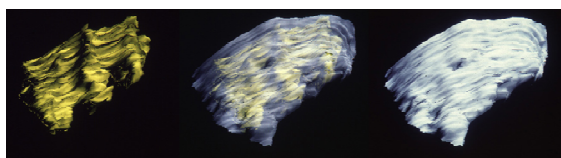
接して存在すること、生理的歯根吸収が生じること、その生理的歯根吸収を妨げないため根尖部の封鎖ができないことなどの制約が存在する<sup>1)</sup>。小児歯科臨床では、根管拡大の制限など、条件付きでの対応がなされており、水酸化カルシウム製剤の根管充填、根管粘薬への応用が一般的となっている。永久歯にお

いて、感染根管におけるバイオフィームや根管治療後のスメア層に対する有効な根管洗浄方法や水酸化カルシウムの根尖からの拡散などの研究が報告されている<sup>2,3)</sup>。しかし、乳歯における同様な根管治療に関する研究はほとんど認められない。わが国では、小児期の齲蝕歯の減少および齲蝕の軽症化が進んでおり<sup>4)</sup>、乳歯根管治療の症例が減少してきていることが影響していると考えられる。しかし、根管治療の成否により乳歯が保存不可能になる場合(図1)は、小児の健全な成長発育に対しては大きなマイナス要素となる。



図1 病的歯根吸収

申請者は、これまでに生理的および病的歯根吸収を組織学的に研究し<sup>5,6)</sup>、乳歯の根尖性歯周炎における根管の細菌分布は、永久歯と異なり、根管内および根管壁に局限していること、病的歯根吸収が無秩序に生じること、病的歯根吸収部位にセメント質が添加し歯根形態の修復が生じること(図2)などを解明した。また、永久歯に関する有効な根管洗浄法に関する研究を行い、次亜塩素酸ナトリウムとEDTAを用いた超音波洗浄が、根管壁のスメア層の除去および象牙細管の開口に有効であることを得ている(図3:根管内面の象牙細管の開口度の差異が顕著)。しかし、乳歯におけるEDTAの使用については、スメア層の除去にとどまらず薄い残存歯根に対する脱灰が生じ、歯根自体を脆弱にする可能性が存在し、一概に永久歯と同様の根管洗浄が有効とならない。以上のことから、現時点で乳歯の根管治療に確実な方法は存在しないといえる。申請者がこれまでに得た情報を基礎に、良好な予後が確実に達成できる乳歯の根管治療法の開発は、乳歯の保存につながり、小児の成長発育において、きわめて大きな影響を与えることができる。



象牙質 吸収面      セメント質 添加      歯根形態 の修復  
図2 セメント質添加による歯根の修復

#### 文献

- 1) 神山紀久男：乳歯・幼若永久歯の解剖学的特徴 —特に歯髓腔の形態—。歯科ジャーナル，

23:437-446, 1986.

- 2) 荒木孝二：根管貼薬に水酸化カルシウムを使う理由。須田英明編 New エンドドンティックス：歯界望別冊。医歯薬出版，東京，pp.102-11, 1999.
- 3) Clegg, M.S., Vertucci, F.J., et al.: The effect of exposure to irrigant solutions on apical dentin biofilms in vitro. J. Endod., 32:434-436, 2006.
- 4) 厚生労働省医政局歯科保健課：平成17年歯科疾患実態調査結果について。厚生労働省ホームページ，2007.
- 5) Yawaka, Y., Osanai, M., Shirai, Y., Hasegawa, T., Kaga, M., Oguchi, H.: Resorption of human deciduous root with apical periodontitis by cultured osteoclasts. Ped. Dent. J., 14:121-126, 2004.
- 6) Yawaka, Y., Osanai, M., Akiyama, A., Harada, R., Oguchi, H.: Histological study of deposited cementum in human deciduous teeth with pathological root resorption. Ann. Anat., 185:335-341, 2003.

## 2. 研究の目的

重篤な根尖性歯周炎や外傷により乳歯歯根の異常吸収が生じ、根管治療を実施しても歯根吸収の存在により予後不良になり抜歯となる症例が存在する。研究の目的は、良好で確実な予後を獲得するための乳歯の根管治療法を開発するものである。そのなかで本研究では、貼薬剤、根充剤のより有効な効果発現を促進するための根管洗浄法を確立する。

## 3. 研究の方法

### (1) 試料の作製

#### ① 抜去歯の選別

本実験では、ヒト永久歯60本ならびにヒト乳歯37本を使用した。ヒト永久歯は、単根・1根管で歯根彎曲度が小さいもの、ヒト乳歯は歯根が3分の2以上残っているものとした。これらのうち、歯根歯質に亀裂、齲蝕、著しい歯石沈着がみとめられるもの、根管治療が行われているものは除外した。歯は、抜去後から実験開始までの期間、4℃の水中に保存した。

#### ② 根管拡大および根管形成

選別したヒト永久歯に対し、タービンにラウンドバーを装着し、注水下にて使用し、セメントエナメル境で歯冠を切断し、根管口を露出させた。ヒト乳歯に対しては、歯冠側より通法に従い髓腔穿孔・開拡を行い、根管口を露出させた。各試料に対して、Kファイル(デンツプライ三金、東京)を用いて根管の機械的拡大および形成を行った。15号のKファイルの先端が根尖から見えるところを根尖側基準点とし、この点から歯冠側の基準点までの長さを根管長とした。ヒト永久歯で

は、根尖の太さ（アピカルサイズ）を 45 号以上に設定した。得られた根管長から 1mm 引いた長さを作業長とし、80 号まで根管拡大・形成を行った。ヒト乳歯では、根管長の長さを作業長とし、40 号まで根管拡大・形成を行った。

### ③ 根管洗浄

交互洗浄は、5%次亜塩素酸ナトリウム溶液（NaOCl、関東化学、東京）と 31%過酸化水素水（H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、関東化学、東京）をミニマムシリンジに入れて行った（NaOCl→H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>→NaOCl→H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>→NaOCl）。EDTA は、5%EDTA 溶液（pH 7.2、4℃）を用いた。超音波洗浄は、超音波スケーラー（Osada ENAC 10W、長田電機、愛知）にサイズ 15 のルートチップを装着し、Power1、無注水下で使用し、チップの先端を作業長から 1mm 引いた長さまで挿入して行った。その際、15 秒ごとに根管内に洗浄剤を追加し、根管内容を常に洗浄剤で満たした状態で超音波洗浄を行った。これらの根管洗浄法の組み合わせにより、ヒト永久歯は 5 グループ（G1、G2、G3、G4、G5）に、ヒト乳歯は 7 グループ（G1、G2、G2-30、G2-15、G5、G5-30、G5-15）に分類した。永久歯においては、EDTA による 1 分間の根管洗浄によってスマヤー層を効果的に除去したという報告があるが、乳歯においては知見がほとんどない。そのため、本実験では、永久歯への根管洗浄剤の作用時間は一律 45 秒間に設定し、乳歯に対しては、作用時間の検討を行う目的で、45 秒間、30 秒間、15 秒間と、細かく設定を行った。

### ④ 電子顕微鏡用試料の作製

試料のうち、ヒト永久歯 35 本、ヒト乳歯 21 本を歯軸に沿って 2 分割し、通法に従って浸漬固定、脱水、置換、臨界点乾燥、蒸着により、走査型電子顕微鏡用試料を作製した。

### ⑤ 外部吸収モデル歯の作製

試料のうち、ヒト永久歯 25 本、ヒト乳歯 16 本に対しては、タービンにラウンドバーを装着し、注水下にて使用し、歯根中央部の外表面に窩洞（2mm×3mm×1mm、根管には達しない）を付与した。窩洞内を G5 の洗浄法で洗浄し、この窩洞を外部吸収窩、同試料を外部吸収モデル歯とした。

### （2） 根管内壁の観察

走査型電子顕微鏡（SEM：HITACHI S-4000、加速電圧 10kV、倍率 1500 倍）にて根中央部と根尖部の根管内壁の観察を行い、Rome ら<sup>7)</sup>のスケールを下に、根管内壁に残存したスマヤー層の量と象牙細管開口部の状態を比較した。スマヤー層の量は、大量（根管内壁はほとんどスマヤー層に覆われ、象牙細管の輪郭が認められない）、中等度（根管内壁は部分的にスマヤー層に覆われ、象牙細管の輪郭がわかる、あるいは一部閉塞している）、ほとんどなし（根管内壁にはほとん

どスマヤー層がなく、象牙細管は開口あるいは一部閉塞している）とした。また、永久歯の根中央部 12 か所と根尖部 6 か所、乳歯の根中央部 10 か所と根尖部 4 か所を無作為に撮影し、得られた電子顕微鏡写真から、象牙細管が完全に開口している部分の根管象牙質面積を A、電子顕微鏡写真に写っている根管象牙質全体の面積を B とし、象牙細管開口率（A/B×100）を算出した。

### （3） 歯根周囲の pH 変化の観察

外部吸収モデル歯は、永久歯では 5 本ずつ 5 グループ（G1C、G2C、G3C、G4C、G5C）に、乳歯では 8 本ずつ 2 グループ（G2-30C、G2-30V）に分類し、根管内にカルシペックス（Calcipex® II、日本歯科薬品、山口）を貼薬したグループを C、ビタペックス（Vitapex®、ネオ製薬工業、東京）を貼薬したグループを V とした。本実験では、永久歯の根管貼薬にはカルシペックスを使用し、根管洗浄法の違いによる歯根周囲の pH 変化の比較検討を行った。乳歯に対しては、小児歯科臨床で根管貼薬に使用されているカルシペックスおよび根管貼薬ならびに根管充填剤として使用されているビタペックスを用いて、根管貼薬剤の違いによる歯根周囲の pH 変化の比較を行うこととした。試料は、根管内に水酸化カルシウム製剤を貼薬した後、根管口と根尖孔を即時重合レジン（UNIFAST III、ジーシー、東京）にて封鎖した。これらを 1%フェノールフタレイン含有寒天（Bacto™ Agar、BD 社、USA）中に埋入し、37℃に設定した保温庫（ACW-610、アピックス、大阪）内に保管した。フェノールフタレインは pH8.5 以上のアルカリ領域では赤い色を呈することから、この変色を pH 約 12 の水酸化カルシウム製剤からの水酸化物イオンの拡散の指標とし、定性的な比較検討を行った。埋入直後、1 週後、2 週後、3 週後、4 週後に保温庫から取り出し、カメラ（CX5、リコー、東京）にて写真を撮影した。得られた画像から歯根周囲の水酸化物イオンの拡散の程度をスコア化した。すなわち、寒天の変色域によって、スコア 0：拡散なし（寒天の変色なし）、スコア 1：拡散あり（外部吸収窩周囲に局限した寒天の変色）、スコア 2：著明な拡散あり（外部吸収窩周囲より広範囲に及ぶ寒天の変色）とした。

### （4） 統計

得られた結果に対し、Stat View®（ヒューリンクス、東京）を使用して、統計学的解析を行った。グループ間の比較には一元配置分散分析およびポストホックテストとして Bonferroni/Dunn 法を用いた。また、グループ間の経時的変化の比較には反復測定分散分析法を使用した。有意水準は 5%以下とした。

文献

- 7) Rome, W. J., Doran, J. E., Walker, W. A. 3<sup>rd</sup>: The affectiveness of Gly-Oxide and sodium hypochlorite in preventing smear layer formation. J. Endod., 11:281-288, 1985.

#### 4. 研究成果

##### (1) 根管内壁の観察

各グループにおける根管内壁の状態および象牙細管開口率を表2に示す。

###### ① 永久歯 根中央部

G1では、根管壁に大量のスミヤー層が存在し、象牙細管の輪郭はほとんど観察されなかった(図3a)。G2では、中等度のスミヤー層が存在した。象牙細管の輪郭は、不完全に開口しているものや閉塞しているものが観察された(図3b)。G3、G4、G5では、スミヤー層はほぼ完全に除去され、多くの象牙細管が明瞭に開口しているのが観察された。一部の試料では、さまざまな大きさの象牙細管の分枝が開口しているのが観察された。象牙細管開口部の形は、G3、G4では楕円形が多く、G5では正円形のものが多かった。G5では、一部の象牙細管が開大しているのが認められた。G3、G4、G5はいずれも、管間象牙質の表面は滑らかであった(図3c、d、e)。象牙細管開口率は、G1が0.13%、G2が3.55%、G3が80.81%、G4が82.52%、G5が89.65%であった。G3、G4、G5の象牙細管開口率は、G1、G2と比較して優位に高かった( $p < 0.01$ )。G5は、G3と比較して優位に高い象牙細管開口率を示し( $p < 0.01$ )、また、G4と比較しても優位に高かった( $p < 0.01$ )。

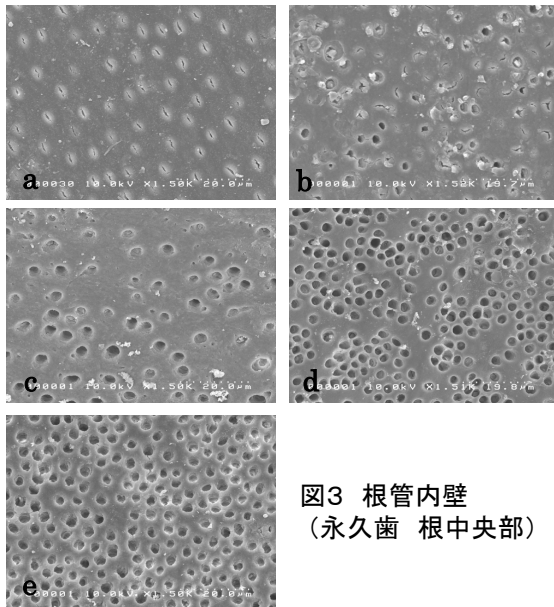


図3 根管内壁  
(永久歯 根中央部)

###### ② 永久歯 根尖部

G1では、根管壁に大量のスミヤー層が存在し、象牙細管の輪郭はほとんど観察されなかった。G2では、中等度のスミヤー層が存在し、象牙細管の輪郭はほとんど観察されなかった。G3、G4、G5では、中等度のスミヤ

一層が存在した。象牙細管は一部開口していたが、輪郭が不明瞭なものや閉塞しているものも観察された。象牙細管開口率は、G1が0.03%、G2が0.24%、G3が8.28%、G4が19.50%、G5が9.81%だった。G3、G4、G5の象牙細管開口率は、G1、G2と比較して優位に高かった( $p < 0.01$ )。G4は、G3と比較して優位に高い象牙細管開口率を示し( $p < 0.01$ )、また、G5と比較しても優位に高かった( $p < 0.01$ )。根尖部は、どのグループにおいても、根中央部と比較して低い象牙細管開口率を示した。

###### ③ 乳歯 根中央部

G1では、根管壁に大量のスミヤー層が存在し、象牙細管の輪郭はほとんど観察されなかった(図4a)。G2-15では、中等度のスミヤー層が存在し、象牙細管は輪郭が不明瞭なものや閉塞しているものが多く観察された。管間象牙質の表面は滑らかであった(図4b)。G2-30では、スミヤー層はほぼ完全に除去されていた。象牙細管は一部開口していたが、不完全な開口状態のものも多く観察された。管間象牙質の表面は滑らかであった(図4c)。G2では、スミヤー層はほぼ完全に除去され、象牙細管は部分的に開口していた(図4d)。また、一部の試料では、ファイルが到達していない根管壁に球状象牙質がみられた。同部位には、機械的清掃なしに象牙細管が開口している部分も観察された。G5-15では、中等度のスミヤー層が存在したが、約半数の象牙細管が明瞭に開口していた(図4e)。G5-30では、スミヤー層はほぼ完全に除去され、多くの象牙細管が明瞭に開口し、象牙細管の分枝が開口しているのも観察された。一部の象牙細管の開口部は開大し、隣り合う象牙細管が近接している箇所が認められた(図4f)。G5では、スミヤー層はほぼ完全に除去され、大部分の象牙細管が明瞭に開口していた。象牙細管の開口部は開大し、隣り合う象牙細管が非常に近接し、中には、隣り合う象牙細管が内部で連結しているような箇所も認められた(図4g)。象牙細管開口率は、G1が1.20%、G2-15が12.89%、G2-30が24.34%、G2が38.65%、G5-15が51.54%、G5-30が65.56%、G5が95.98%であった。G5は他の全てのグループと比較して優位に高い象牙細管開口率を示した( $p < 0.01$ )。

###### ④ 乳歯 根尖部

G1では、根管壁に大量のスミヤー層が残存し、象牙細管の輪郭はほとんど観察されなかった。G2-15では、中等度のスミヤー層が存在し、象牙細管の輪郭は観察されたがその多くは閉塞していた。G2-30では、スミヤー層はほぼ完全に除去されていた。象牙細管の輪郭は観察されたが、その多くは閉塞していた。G2では、スミヤー層はほぼ完全に除去されていた。象牙細管の輪郭は観察されたが、



閉塞しているものが多かった。G5-15 では、中等度のスミヤ層が存在していた。象牙細管は一部開口していたが、その多くは閉塞していた。G5-30 および G5 では、ほぼ完全にスミヤ層が除去され、半数以上の象牙細管が開口していた。象牙細管開口率は、G1 が 0.09%、G2-15 が 1.30%、G2-30 が 0.93%、G2 が 3.84%、G5-15 が 16.60%、G5-30 が 48.24%、G5 が 63.84%であった。G5-30 および G5 は他の全てのグループと比較して優位に高い象牙細管開口率を示した ( $p < 0.01$ )。

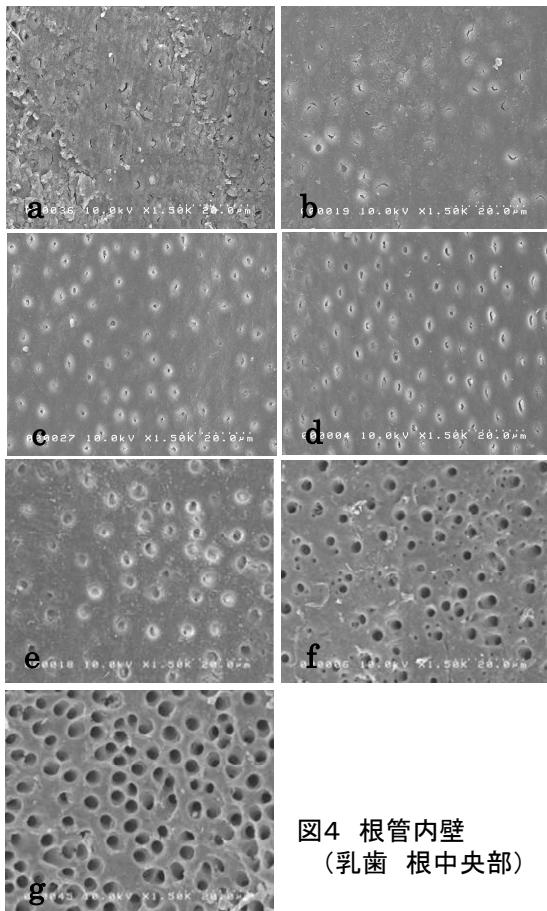
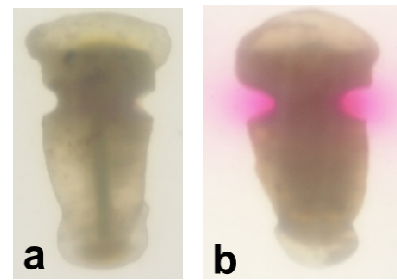


図4 根管内壁  
(乳歯 根中央部)

## (2) 歯根周囲の pH 変化

永久歯では、水酸化カルシウム製剤を貼葉してから 2 週後にスコアのピークがみられ、その後は徐々に減少した。一部の試料では、4 週後まで高いスコアを維持するものもみられた。1 週後、2 週後、3 週後、4 週後において、G5C は G1C と比較して有意に高いスコアを示した ( $p < 0.05$ )。また、2 週後、3 週後においては、G5C は G2C と比較しても有意にスコアが高かった ( $p < 0.05$ )。G3C、G4C、G5C の間には、スコアに有意差は認められなかったが、G5C のみ、すべての試料において歯根周囲の pH 変化が観察された。乳歯では、G2-30C は歯根周囲の pH 変化がみられたが、G2-30V は pH 変化がみられた試料はひとつも認められなかった。G2-30C は、貼葉して

から 2~3 週後まではスコアが徐々に上昇し、G2-30V と比較して有意に高いスコアを示した ( $p < 0.01$ )。4 週後においては、G2-30C と G2-30V のスコアには有意差が認められな



った (図 6)

図5 寒天培地の色の变化

- a: G1C (4 週間) 色の变化なし。  
b: G5C (4 週間) 色の变化が著明。

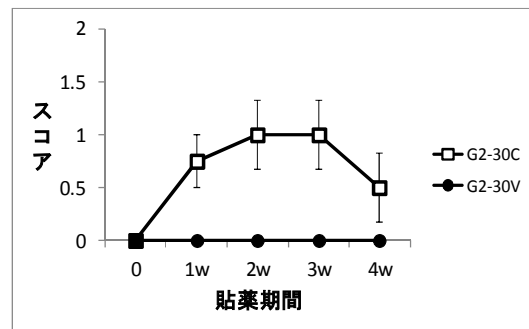


図6 乳歯歯根周囲の pH 変化

以上のことより、永久歯では EDTA 単独あるいは EDTA と NaOCl を併用して超音波洗浄を行う方法が、根管壁のスミヤ層を効果的に除去し、それにより、水酸化物イオンの外部吸収窩周囲への拡散を促進させることが示唆された。乳歯では NaOCl 単独での超音波洗浄後に交互洗浄を行う方法が根管象牙質の過脱灰を引き起こすことなくスミヤ層を除去し、水酸化物イオンの拡散にも有効であることが示された。

## 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)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 豊田有希ほか、乳歯における各種根管洗浄法の洗浄効果と水酸化カルシウム製剤による水酸化物イオンの拡散、第 51 回日本小児歯科学会学術大会、2013 年 5 月 23-24 日、長良川国際会議場、岐阜県岐阜市
- ② 八若保孝、水酸化カルシウム製剤による歯根吸収抑制に関する研究—歯根外表面の pH の変化—、第 12 回日本外傷歯学会

学術大会、2012年10月13-14日、朝日  
大学、岐阜県瑞穂市

- ③ 豊田有希ほか、水酸化カルシウム製剤による歯根吸収抑制に関する研究－根管清掃とアルカリ性の拡散－、平成22年度日本小児歯科学会秋季学術大会、2010年12月2-3日、郡山市市民文化センター、福島県郡山市
- ④ 八若保孝ほか、水酸化カルシウム製剤による歯根吸収抑制に関する研究－根管壁の処理と歯根外表面のpHの変化－、第10回日本外傷歯学会学術大会、2010年10月13-14日、アクロス福岡国際会議場、福岡県福岡市

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

八若 保孝 (YAWAKA YASUTAKA)  
北海道大学・大学院歯学研究科・教授  
研究者番号：60230603

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：