



Title	難治性根尖性歯周炎に対する高周波電流の有効性に関する後ろ向き観察研究
Author(s)	多田, 瑛一郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	甲第15008号
Issue Date	2022-03-24
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k15008
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/90530
Type	doctoral thesis
File Information	Eiichiro_Tada.pdf



博士論文

難治性根尖性歯周炎に対する 高周波電流の有効性に関する後ろ向き観察研究

令和4年3月申請

北海道大学
大学院歯学研究科口腔医学専攻

多田 瑛 一 朗

抄録

根尖性歯周炎の原因として、根管系への種々の細菌や、感染歯質などが報告されており、その治癒には感染源の徹底的な除去が不可欠である。しかし、従来の機械的根管拡大形成と化学的消毒を行い、根管内に汚染が認められないにも関わらず、炎症が消失しない症例（以下、難治症例）や、根尖病変があるにも関わらず、根尖孔までファイルが到達不可能な症例（以下、穿通不可症例）がある。本研究は、難治症例や穿通不可症例に対して、高周波電流の通電（以下、HFC: High-frequency conduction）を行い、その有効性と治癒に影響を及ぼす因子について評価した。

2010年1月1日から2021年8月31日の間に、北海道大学病院および医療法人とみなが歯科医院にて、根尖性歯周炎と診断され、化学的機械的根管清掃を行った患者を対象とした。調査項目は、難治症例が27項目、穿通不可症例が24項目であった。治療成績の評価は、マイクロスコープ下での炎症の有無を確認し、periapical indexによる5段階評価と臨床症状により、成功もしくは失敗と評価した。

難治症例のHFC群の累積成功率は1年6カ月後において、66.7%であり、対照群では4.3%であった。穿通不可症例のHFC群の累積成功率は

2年後において65.8%であり，対照群では2.3%であった．難治症例，穿通不可症例共に，HFC群は対照群と比較して，累積成功率が有意に（ $p < 0.001$ ）高かった．また，傾向スコア・マッチング後のHFC群と対照群における成功率をLogistic回帰分析により比較した結果，HFC群が対照群と比較して，難治症例はオッズ比が39.00（95%信頼区間：4.18-364.00, $p < 0.01$ ），穿通不可症例はオッズ比が66.50（95%信頼区間：8.15-542.00, $p < 0.001$ ）であった．

以上より，従来の化学的機械的根管治療では炎症が改善しない難治症例や，根尖部骨欠損があるが根尖孔への穿通が不可能な穿通不可症例に対してHFCを行うことは，きわめて高い効果を有することが明らかとなった．またHFCによる有害事象は一例もなかった．

キーワード：高周波電流，難治症例，穿通不可症例，非外科的歯内療法，根尖性歯周炎

緒言

根尖性歯周炎の原因として、根管系への種々の細菌¹⁻³⁾、産生物、感染歯質および歯髄の残留が報告されており⁴⁻⁶⁾、その治癒には感染源の徹底的な除去が不可欠である。適切な根管治療がなされた場合には90%以上の症例において治癒が期待できると報告されており⁷⁻⁹⁾、その成功率は高い。しかしながら、根管の解剖学的形態は複雑であり、フィンやイスマス、側枝、分岐など、切削器具や薬剤が到達困難な部位(uninstrumented area)が存在し¹⁰⁾、いかなる器具・器材、根管形成方法を用いても、全ての根管壁を機械的に清掃することは不可能であると報告されている¹¹⁾。また、著しい湾曲や狭窄などにより、根管拡大時にジップ、レッジ、穿孔を惹起させてしまい¹²⁾、根尖孔にファイルが到達不可能な症例もある。ファイルや薬剤が到達困難なuninstrumented areaは歯髄組織の残遺や細菌、象牙質削片などが堆積しており¹³⁾、これらの病原因子が根管内に残留していると¹⁴⁾、根尖歯周組織の炎症が持続し、難治化に至る危険性が高くなる¹⁵⁻¹⁷⁾。さらに、根尖孔外における細菌感染も多数報告されており¹⁸⁾、根尖孔近傍の歯根外表面¹⁹⁾、根尖病変内のバイオフィルム²⁰⁾、根尖病変内に溢出した異物²¹⁾へのバイオフィルム形成²²⁾などが生じると、非外科的根管治

療では対処できない。

高周波電流の通電（以下，HFC: High-frequency conduction）がグラム陽性菌および陰性菌に対して優れた殺菌作用²³⁻²⁵，gingipain 活性阻害効果²⁶を示すことが明らかにされており，炎症性サイトカイン産生の抑制効果も報告されている²⁴。高周波電流を根管内に通電すると，電極と組織との接触抵抗により電極近傍にジュール熱が発生し，電極近傍の組織は高い温度上昇により蒸散し，その周囲 1mm 程度の範囲で熱変性が起こることが明らかにされている²⁶。根管内に汚染物質が確認できないにもかかわらず治癒せず，根尖病変内に病原因子が存在すると考えられる症例では，ファイルを根尖病変内に挿入して発熱させることにより，病原因子を蒸散し，無毒化できる可能性がある。富永ら²⁷は，通法の感染根管治療を行い，マイクロスコープで根管内に汚染が見られないにもかかわらず，炎症が消退しなかった 2 症例に対して，根尖病変内にファイルを刺入して HFC を行ったところ，いずれも 2 週間後には炎症が消失し，その後，根尖部骨欠損も消失したことを報告している。

一方，電流はその通電特性ゆえに，湾曲，狭窄根管および側枝，分岐などのファイルが到達できない領域においても，導電性のある薬液

や組織が存在すれば通電が可能である。さらに，Tarao ら²⁸⁾は数値モデルを用いて根管が狭窄している部位では，電流密度が上昇しジュール熱を発生することを報告している。熊谷ら²⁹⁾は，象牙質片に直径 0.1 mm の模擬根管を作製し，次亜塩素酸ナトリウム（以下，NaClO）を模擬根管内に満たして HFC を施行した結果，模擬根管壁のコラーゲンが蒸散し，根管壁の溶融が認められたと報告している。したがって，根尖部に炎症があるが根尖孔に穿通できない症例では，根管内に通電することでファイル先端より根尖側の根管を加熱して，病原因子を焼灼，殺菌できる可能性がある。

本研究の目的は，従来の機械的根管拡大形成と化学的消毒では炎症が改善しない根尖性歯周炎，およびファイルが根尖孔まで穿通できない根尖性歯周炎に対して，HFC を応用し，その有効性と治癒に影響を及ぼす因子について，後ろ向き観察研究により評価することである。

材料と方法

本研究は北海道大学病院生命・医学系研究倫理審査委員会の承認（臨床研究番号：生 021-0011）のもとに実施した。

実験 1 難治性根尖性歯周炎への有効性

1. 対象患者

2010年1月1日から2021年8月31日の間に、北海道大学病院および医療法人とみなが歯科医院にて、根尖性歯周炎と診断されて化学的機械的根管清掃を行った患者を対象とした。

1) 選択基準

- (1) 根尖性歯周炎と診断された者。
- (2) 通法では炎症が改善しなかった者
- (3) 歯科用顕微鏡を用いて感染根管治療が行われた者。
- (4) 術前にデンタルエックス線写真撮影が行われた者。
- (5) 本研究の参加について研究対象者もしくは代理人（研究対象者の意思及び利益を代弁できると考えられる者）から拒否の申し出がなかった者。

2) 除外基準

- (1) 抗がん剤を投与された者。
- (2) 頭頸部の放射線治療が行われた者。
- (3) 免疫抑制剤が投与された者。

(4) 根管内に治療器具が残留し除去できなかった者.

(5) 研究責任者が研究対象者として不相当と判断された者.

3) 症例選択基準

従来の機械的根管拡大形成と化学的消毒を行い，根管内に汚染物質がないにも関わらず，マイクロスコープ下にて根尖部肉芽組織に炎症所見が確認でき，次診時も同様に根管内の清掃を行ったにも関わらず，次々診時もマイクロスコープ下にて根尖部肉芽組織の炎症所見（図 1）が改善しなかった症例（以下，難治症例）を対象とした.

2. 調査項目

1) 患者情報

年齢，性別，歯種，根管名.

2) 臨床症状

自発痛，咬合痛，打診痛，根尖部圧痛，歯肉腫脹，瘻孔，動揺度，マイクロスコープによる根管所見（出血，滲出液，排膿，肉芽組織の色調）.

3) 口内法デンタルエックス線写真

デンタルフィルムの場合には口内法エックス線写真をスキャナー

(CanonScan 9000F, キヤノン, 東京) を使用してデジタル化し,
Image J ver. 1.53 (US National Institutes of Health, Bethesda, MD,
USA) を用いて根尖部骨欠損面積を計測した.

4) 治療内容

根管洗浄の方法と使用薬液, 根管貼薬剤, 高周波治療器 (DP-HF, モリタ製作所, 京都) による HFC の有無, HFC 時のファイル先端位置と通電時間および電圧, 通電時の根管内所見, 病変内洗浄, 治療回数と日数.

3. 治療成績の評価

1) マイクロスコープによる炎症判定

マクロスコープ下による根尖部肉芽組織所見にて, 出血, 滲出液, 排膿, 暗赤色で易出血性の肉芽組織が認められた場合には炎症あり, それ以外を炎症なしとした.

2) Periapical index (以下, PAI) ³⁰⁾

口内法エックス写真により根尖部の骨欠損状態をPAIで評価した.
すなわち, 1: 正常, 2: 骨のわずかな変化, 歯根膜腔の拡大はあるが脱灰はしていない, 3: 瀰漫性の脱灰様変化, 4: 境界明瞭な透過

像，5：術前と比較して境界不明瞭な拡大状態，の5つに分類し，経験年数10，30，35年の3名がそれぞれ評価を行った．なお評価者全員であらかじめ本研究とは無関係な症例の口内法エックス線写真を用いて，評価基準の確認と統一を図り，評価者間において判定が不一致となった場合には，全評価者にて再度判定を行い，合意に至るまで協議を行って決定した．

3) 治療成績の判定

治療成績は，腫脹，瘻孔，自発痛，打診痛，圧痛がなく，かつ経時的にPAIの改善が認められた症例を成功とし，それ以外の症例を失敗とした．

4. 目標症例数とその設定根拠

1) 目標症例数

HFC 群 100 症例，対照群 150 症例．合計 250 症例．

2) 設定根拠

両施設で根尖性歯周炎と診断され，適確性を満たす症例の期間内の最大集積症例数とした．

6. 統計学的解析

HFCにより治療を行ったHFC群と，HFCを用いず通法の治療を行った対照群に分けて比較を行った．性別・菌種・治療歴・病変内洗浄は二値変数化し，年齢・骨欠損面積は実測値を使用した．二値変数化した因子に関しては χ^2 検定あるいはFisher正確確率検定，実測値に関してはMann-Whitney U検定を用いて予後因子の偏りを解析した．次に，Kaplan-Meier法により累積成功率を算出し，全ての予後因子について単変量解析（Log-rank検定）を行い，予後に影響する項目を抽出した後，ステップワイズ法で変数を選択して多変量解析（Cox比例ハザードモデル）を行い，複数の予後因子の関連性を分析した．追跡開始の起点は，HFC群においては最後にHFCを施行した日，対照群においては根管形成が終了しマイクロスコープで根管内に汚染がないことを確認した日とし，観察期間は1.5年に設定した．さらに，傾向スコア・マッチング法を行い，多変量解析（Logistic回帰分析）にてHFCの効果を評価した．

さらに，マイクロスコープによる炎症判定の判定結果と治療成績との関連性について，多変量解析（Logistic回帰分析）を行い，ROC曲線を算出した．

解析はIBM SPSS Advanced Statistics ver. 28（日本アイ・ビー・エム，東京）を用い，有意水準は0.05とした．

実験 2 根尖孔に穿通できない根尖性歯周炎への有効性

1. 対象患者

1) 選択基準

実験 1 と同様であるが，(2) のみ根尖孔まで穿通できなかった者とした．

2) 除外基準

実験 1 と同一とした．

3) 症例選択基準

術前のデンタルエックス線写真で根尖部骨欠損があり，根尖孔（以下）根尖孔まで穿通できない症例（以下，穿通不可症例）を対象とした．

2. 調査項目

1) 患者情報

年齢，性別，歯種，根管名．

2) 臨床症状

自発痛，咬合痛，打診痛，根尖部圧痛，歯肉腫脹，瘻孔，動揺度．

3) 口内法エックス線写真

根尖部骨欠損面積は実験 1 と同様に計測した．また，根管充填後のデンタルエックス線写真にて，根尖からの根管充填材到達距離を計測した．

4) 治療内容

根管洗浄の方法と使用薬液，根管貼薬剤，高周波治療器による HFC の有無，HFC 時のファイル先端位置と通電時間および電圧，HFC 時の根管内薬液，通電時の根管内所見，治療回数と日数．

3. 治療成績の評価

1) PAI

実験 1 と同一とした．

2) 治療成績の判定

実験 1 と同一とした．

4. 目標症例数とその設定根拠

1) 目標症例数

HFC 群 100 症例，対照群 100 症例．合計 200 症例．

2) 設定根拠

実験 1 と同一である．

5. 統計学的解析

性別・歯種・治療歴を二値変数化し，年齢・骨欠損面積・根尖からの根管充填材到達距離は実数値を使用し，観察期間は2年に設定した．統計手法は実験1に準じて行った．

結果

実験 1 難治性根尖性歯周炎への有効性

1. 対象症例（表 1）

対象は71歯73根（HFC群：49歯51根，対照群：22歯22根）で，男性26症例，女性47症例，年齢は22歳から83歳，平均年齢は 54.8 ± 14.4 歳の71歯73根であった．施設別では，北海道大学病院50歯51根，医療法人とみなが歯科医院21歯22根であった．歯種は上下顎前歯22歯22根，上顎小白歯15歯15根，上顎大白歯17歯19根，下顎小白歯4歯4根，下顎大白

歯13歯13根であった。治療歴は根管治療が行われていない初回治療が9歯10根、すでに根管治療されており再根管治療を行った症例が62歯63根であった。性別、年齢、歯種、治療歴の全ての項目において、HFC群と対照群に差 ($p>0.05$) は認められなかった。また、術前の根尖部骨欠損面積の中央値 [四分位範囲] はHFC群 12.6 [7.1-17.2] mm²、対照群 14.6 [8.9-18.3] mm²であり、両群に有意差 ($p>0.05$) は認められなかった。感染根管治療に伴い、根尖病変内を洗浄した症例は14歯14根、洗浄しなかった症例は57歯59根であり、両群で有意差 ($p>0.05$) は認められなかった。両群ともすべての症例で、根管洗浄はNaClOと超音波装置による passive ultrasonic irrigationを行っており、根管貼薬は水酸化カルシウム製剤を使用した。

2. 成功率 (図 2)

HFC 群の累積成功率は 6 カ月後、1 年後、1 年 6 カ月後において、それぞれ 43.1 %、64.7 %、66.7 %であり、対照群では 4.3 %、4.3 %、4.3 %であった。Log-rank 検定を行った結果、HFC 群は対照群と比較して、累積成功率が有意に ($p<0.001$) 高かった。

また、北海道大学病院における HFC 群の成功率は 6 カ月後、1 年後、

1年6カ月後において、それぞれ45.5%、60.6%、60.6%であり、医療法人とみなが歯科医院では、38.9%、72.2%、77.8%であった。北海道大学病院における対照群の成功率は6カ月後、1年後、1年6カ月後において、それぞれ5.6%、5.6%、5.6%であり、医療法人とみなが歯科医院では、0.0%、0.0%、0.0%であった。

3. 予後因子の影響

全ての予後因子について、グラフを用いて比例ハザード性の確認を行った結果、各因子においてハザード比は時間に関係なく一定であった。

単変量解析において、性別、年齢、歯種、治療歴、根尖部骨欠損面積、根尖病変内洗浄の全ての予後因子について有意差は認められず、HFC応用の有無のみに有意差 ($p < 0.01$) が認められ、HFC群の方が対照群より成功率が高かった (表2)。多変量解析においても、同様の結果を得た (表3)。

4. HFCの効果の判定

傾向スコア・マッチング後の単変量分布を表4に示す。マッチング

後の症例数は両群とも 18 根管となった。Logistic 回帰分析を用いて HFC 群と対照群における成功率を比較した結果、HFC 群は対照群と比較してオッズ比が 39.00 (95 % 信頼区間 : 4.18-364.00, $p < 0.001$) となり、HFC 群がきわめて高い効果を有することが明らかとなった(表 5)。

5. マイクロスコープによる炎症判定と治療成績の関連性

マイクロスコープにより炎症ありと判定した症例では、失敗が 24 症例 (75.0 %)、成功が 8 症例 (25.0 %) で、炎症なしと判定した症例では、それぞれ 13 症例 (31.7 %) と 28 症例 (68.3 %) であった(表 6)。Logistic 回帰分析を用いて ROC 曲線を算出した(図 3)。感度 64.9, 特異度 77.8, Area under curve (AUC) は 0.71 となった。

実験 2 根尖孔に穿通できない根尖性歯周炎への有効性

1. 対象症例 (表 7)

対象は107歯120根 (HFC群 : 68歯76根, 対照群 : 39歯44根) で、男性 35 症例, 女性 85 症例, 年齢は 29 歳から 85 歳, 平均年齢は 56.8 ± 15.1 歳であった。施設別では、北海道大学病院 47 歯 51 根, 医療法人とみなが歯科医院 60 歯 69 根であった。歯種は上下顎前歯 7 歯 7 根, 上顎小臼歯 14 歯

14根，上顎大白歯40歯48根，下顎小白歯8歯8根，下顎大白歯38歯43根であり，根管治療歴は初回治療5歯5根，再根管治療102歯115根であった．年齢を除いた全ての項目において，HFC群と対照群に差は認められなかった ($p>0.05$)．また，術前の根尖部骨欠損面積はHFC群 11.4 [7.1-16.5] mm²，対照群 11.8 [9.9-16.6] mm²，根尖からの根管充填材到達距離はHFC群 2.2 [1.9-3.0] mm，対照群 2.7 [2.0-4.2] mmであり，両群に有意差は認められなかった ($p>0.05$)．

2. 成功率 (図 4)

HFC 群の累積成功率は 6 カ月後，1 年後，1 年 6 カ月後，2 年後において，それぞれ 35.5 %，56.6 %，57.9 %，65.8 %であり，対照群では 0 %，2.3 %，2.3 %，2.3 %であった．HFC 群は対照群と比較して，累積成功率が有意に ($p<0.001$) 高かった．

また，北海道大学病院における HFC 群の成功率は 6 カ月後，1 年後，1 年 6 カ月後，2 年後において，それぞれ 55.9 %，79.4 %，79.4 %，85.3 %であり，医療法人とみなが歯科医院では，19.0 %，38.1 %，40.5 %，50.0 %であった．北海道大学病院における対照群の成功率は 6 カ月後，1 年後，1 年 6 カ月後，2 年後において，それぞれ 0 %，0 %，0 %，0 %

であり，医療法人とみなが歯科医院では，0%，3.7%，3.7%，3.7%であった．

3. 予後因子の影響

単変量解析で有意差を認めたのは，HFC 応用の有無 ($p < 0.001$)，年齢，術前の根尖部骨欠損面積，根尖からの根管充填材到達距離であった ($p < 0.05$) (表 8)．HFC 応用に関しては対照群より HFC 群が，術前の根尖部骨欠損面積では大きい方が，根尖からの根管充填材到達距離では小さい方が，有意に成功率が高かった．多変量解析結果では，HFC 応用の有無，術前の根尖部骨欠損面積 ($p < 0.001$)，根尖からの根管充填材到達距離 ($p < 0.05$) に有意差を認めた (表 9)．

4. HFC の効果の判定

傾向スコア・マッチング後の単変量分布を表 10 に示す．マッチング後の症例数は両群とも 26 根管となった．Logistic 回帰分析を用いて HFC 群と対照群における成功率を比較した結果，HFC 群が対照群と比較して，オッズ比が 66.50 (95%信頼区間: 8.15-542.00, $p < 0.001$) と HFC がきわめて高い効果を有することが明らかとなった (表 11)．

考察

根尖性歯周炎は主に根管内の病原因子によって惹起される根尖周囲組織の炎症性疾患である。成功率については多数の研究があり³¹⁻³⁴⁾、それぞれの研究デザイン、治療のプロトコールおよび判定基準などにばらつきはあるものの、根尖病変が認められない症例では90%以上、根尖病変を有する症例では根管治療の既往がない症例で80%、既に根管治療が行われている再治療症例で60~70%と報告されている³²⁾。とくに、再治療症例においてレッジやジップなどが生じている症例では成功率が約50%であり³⁵⁾、さらに根尖部骨欠損サイズが5 mm以上の症例では50%以下であったと報告されており^{36,37)}、従来の根管治療では改善しない症例も多数存在するのが現状である。しかし、成功率を低下させるこれらの要因があっても治癒する症例も多く、リスク因子の有無のみで治癒の予測を行うことは難しい。

本研究においては、マイクロスコープ下で根管内に汚染物質がないことを確認後、さらに従来の化学的機械的根管清掃を2回以上行ったにもかかわらず、マイクロスコープで根尖部肉芽組織の炎症が改善しなかった症例を難治症例と定義してHFCの有効性を検討した。Nixdorfら

38)はメタ解析によるシステマティックレビューで、6カ月以上疼痛が持続する症例を難治性としているが、これは痛みについての解析を行ったもので腫脹や瘻孔、骨欠損の改善まで評価したものではなく、通法の感染根治療を繰り返し続けても治癒する可能性が低い「難治性」と診断する基準は明確にはなっていないのが現状である。一般には炎症の有無を疼痛や腫脹、瘻孔などの臨床所見に加えて根尖からの排膿や出血で判定するが、症状がなく排膿や出血がなくても炎症がないとは限らないことから、本研究ではマイクロスコープによる観察所見を判定に加えた。その結果、HFCまたは従来の治療を続け、根管充填直前のマイクロスコープによる炎症の判定と、本実験による治療の成否を比較すると、炎症なしと判定された症例では68.3 %が成功、炎症ありと判定された症例では75.0 %が失敗となっている。またROC曲線によるAUCは0.71であったことから³⁹⁾、マイクロスコープにより根尖部肉芽組織の炎症の有無を判定することは、根管充填後の予後の予測に役立つものと思われる。したがって、本研究で難治性根尖性歯周炎の症例選択基準にマイクロスコープによる根尖部肉芽組織の炎症所見を加えたことは、妥当であったと考えて良いであろう。しかし、炎症があると判定した症例でも根管充填後に25.0 %が成功とされており、これは

炎症の程度や骨欠損の縮小を成功と判定していることなどが影響している可能性があり、今後さらに症例数を増やして長期的な検討を加えて、マイクロスコープによる根尖部肉芽組織を観察することの意義を明らかにしていく必要がある。

本研究では難治症例の観察期間を1.5年、穿通不可症例を2年とした。根尖性歯周炎の治癒には4~5年かかることがあるが、ほとんどの症例は2年以内に2 mm以下に縮小する。本研究の分析結果では、難治症例のHFC群では1年6カ月で、穿通不可症例のHFC群では2年でほぼプラトーに達していてその後の成功率の向上はみられず、症例数が減少して解析精度が低下することから1.5年とした。

成功率に影響を与える予後因子に関しては、文献的に関連が指摘されている因子を選んで解析を行った。単変量解析では、難治症例はHFC応用の有無のみで有意差が検出されたが、穿通不可症例はHFC応用の有無、年齢、術前の骨欠損サイズ、穿通不可部の根尖までの距離に有意差が認められた。

年齢に関しては、単変量解析では有意差が認められたが、多変量解析では認められなかったことから、他の予後因子との内部相関が推測される。Ngら⁴⁰⁾のメタアナリシスでは、成功率は年齢の増加とともに

に減少する傾向がみられたと解析しており，加齢や糖尿病などの全身疾患の影響により治癒能力が低下することによるという報告^{41,42)}もある．この点については，今後，症例数を増やして治療成績に影響する他の予後因子との相互作用を包括的に分析する必要があると考えている．

術前の骨欠損サイズについては，骨欠損サイズの大きい症例が小さい症例に比較して成功率が高かった．術前の根尖病変の大きさと成功率に関しては多くの報告があり，病変が小さい症例では大きい症例よりも，成功率が高いという報告^{43,44)}がある反面，統計的差異は認められなかったという報告^{32,45,46)}もある．本研究においては，穿通不可症例において逆の結果が得られたが，骨欠損サイズの分布にばらつきがあり，大きな骨欠損を有する症例が極端に少なかったことが影響しているのではないかと推察された．

本研究ではCox比例ハザードモデルによる多変量解析に加えて，傾向スコア・マッチングを用いて，年齢，術前の骨欠損サイズ，根尖までの距離などの予後因子に生じた偏りを軽減させて解析を行った．後ろ向き観察研究では比較する2群で交絡因子に偏りが生じることが避けられないため，この問題を軽減するための手法の一つが傾向スコア・

マッチングである。その結果、HFCの効果は、難治症例でオッズ比が39.00（95%信頼区間 4.18-364.00）、穿通不可症例でオッズ比 66.50（95%信頼区間 8.15-542.00）ときわめて高い効果を示した。本研究は後ろ向き観察研究であり、傾向スコアマッチングを行ってもバイアスが完全に除去されるとは限らないが、HFCの有効性については明らかになったと考えて良いであろう。

難治症例では対照群の成功率4.3%と、根尖病変を有する再治療症例の過去の報告³¹⁻³⁷⁾と比較してもきわめて低値を示した。これは本研究では、従来の化学的機械的根管清掃を行ったにもかかわらず、マイクロスコプ所見も加えて炎症が消退しなかった症例を対象としているので、難治症例の診断がより高い精度で行えたことが原因と考えられる。また、難治症例では従来の治療を続けても、成功となるのはきわめて稀ということになるので、従来の治療を数回行って改善がない場合には、漫然と治療を続けるのではなく別の手法を検討すべきと言える。一方、HFC群で成功率がはるかに向上したのは、根尖病変内にファイルを挿入して高周波電流を通電することにより、ファイル周囲組織がジュール熱により焼灼され、病原因子が殺菌、無毒化されたためと考えられる。病変内の病原因子を除去するためには、洗浄という方法

も考えられるが，本研究ではHFCを行わずに病変内を洗浄するのみでは効果が認められなかった．これは，病原因子が肉芽組織に被包されているために洗浄のみでは除去できなかったものと考えられ，洗浄効果を発揮させるためにも，HFCによって肉芽組織を蒸散させることが重要と考えられる．さらに，一回のHFCでは炎症が消退せず，数回のHFCにより改善がみられた症例もあった．これは出血や排膿など液性成分が多い場合には温度上昇が小さくなり，焼灼が不十分であった可能性などが考えられることから，今後，炎症状態や骨欠損の大きさに応じたHFC方法も検討課題の一つである．

穿通不可症例では，2年後の累積成功率はHFC群，対照群でそれぞれ65.8%，2.3%であり，HFCの優れた効果が明らかとなった．Negishi⁴⁷⁾は，根尖狭窄部までの穿通の可否は治療成績に影響を与える重要な要因であると報告しているが，穿通不可症例における治療成績の発表は少なく，Sjogrenら³²⁾は根尖性歯周炎罹患歯における8~10年後の成功率は，根尖にファイルを通させることができなかった穿通不可症例では69%であり，穿通症例の90%と比較して有意に低かったと報告している．また，Akerblomら⁴⁸⁾は根尖病変を保有し，エックス線写真において根管の確認が不可能であった16歯に対して2~12年間にわた

る追跡調査を行った結果，穿通不可症例の成功率は約 62.5 %であったと報告している．本研究では対照群の成功率が 2.3 %とこれらの症例に比べてきわめて低かった理由として，彼らの研究では根尖部に骨欠損がないものが含まれていることや，対象を根尖狭窄部の穿通あるいはエックス線写真で根管が確認できないことを基準に選択しているが，本研究においては，根尖から 2 mm 歯冠側まで到達した症例はわずか 35.0 %（42/120）に過ぎず，未穿通部の距離が大きかったことや，すべての症例でマイクロスコープを用いており，症例によっては歯科用 CT も用いていることから，症例の選択の精度に違いがあったことが原因ではないかと推察される．また，対照群の治療回数は平均 3.73 回であり，十分な根管洗浄や根管貼薬を行ったにもかかわらず成功率が低かったことから，HFC 群の成功は根管洗浄や根管貼薬ではなく HFC の効果によるものと思われる．

これは，ファイルを到達させることができない穿通不可根管でも，NaClO が高い導電性を有しているために，NaClO が浸透すれば HFC によりジュール熱が発生し，殺菌や病原因子の不活性化が生じたためと考えられる．また *E. faecalis* を用いた研究で，25 °C の温度上昇で NaClO の有効性が 100 倍になったとされており⁴⁹⁾，HFC により NaClO の温

度が上昇したことも関与していると思われる。

穿通不可部では、根尖孔までの距離が長くなると NaClO が浸透しにくくなり、インピーダンスが大きくなるため、電流量が不十分になりやすいと思われる。そこで、根管充填後のエックス線写真から、根管充填材先端と根尖との距離を計測して成功率との比較を行った。その結果、根尖までの距離が短い症例ほど成功率が高くなる傾向がみられたが、根尖までの到達距離が 2 mm 以内、2~3 mm、3~4 mm、4~5 mm、5 mm 以上の症例における成功率はそれぞれ 64.3 %、78.6 %、60.0 %、50.0 %、25.0 %であり、一概に到達距離だけで成功率を予測することは不可能であった。これは、穿通不可根管の太さや内容物による影響も考えられることから、今後、通電時のインピーダンスによって電圧を上下するなど、より効果的な方法を検討していくことが必要と考えている。

また、穿通不可根管では、病原因子が消失しても適切に根管充填されなければ再発する危険性がある。本研究ではかならずしも、ファイバー未到達部が根充充填されているとは限らないが、最長で 6 年経過している症例でも再発傾向はみられていない。今後、さらに長期的な追跡を行うとともに、このような根管への充填方法、材料を検討してい

くことも必要である。

今回の研究により，通法ではきわめて成功率の低い難治性根尖性歯周炎や根尖孔に穿通できない症例において，HFCの高い効果が判明しただけでなく，通電に伴う痛みや腫脹などの有害事象もまったくみられず，安全性も高いことが明らかになった。このことから，HFCが広く臨床応用されることにより，感染根管治療の成功率の向上に寄与していくものと期待される。

結論

従来の化学的機械的根管治療では炎症が改善しない難治症例や，根尖部骨欠損があるが根尖孔への穿通が不可能な症例に対して HFC を行い，傾向スコア・マッチングにより成功率を評価した。その結果，HFC を用いない対照群に比較して，難治症例ではオッズ比が 39.00，穿通不可症例で 66.50 ときわめて高い効果を有することが明らかとなった。また HFC による有害事象は一例もなかった。

謝辞

本稿を終えるにあたり，多大なるご助言を賜りました北海道大学歯

学研究院口腔健康科学講座歯周・歯内療法学教室 菅谷勉教授に甚大なる謝意を表します。また，研究にご協力いただき，高周波治療器をご提供いただきました株式会社モリタ製作所の的場一成様，山田滋朗様に感謝致します。

最後に本研究にご協力いただきました医療法人とみなが歯科医院 富永敏彦博士，高比良一輝様，木村祐介様をはじめ全スタッフと支援してくれた家族に感謝致します。

参考文献

- 1) Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB: Enterococcus faecalis: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. J Endod 32: 93-98, 2006.
- 2) Zhang C, Du J, Peng Z: Correlation between enterococcus faecalis and persistent intraradicular infection compared with primary intraradicular infection: a systematic review. J Endod 41: 1207-1213, 2015.
- 3) Zakaria MN, Takeshita T, Shibata Y, Maeda H, Wada N, Akamine A, Yamashita Y: Microbial community in persistent apical periodontitis: a 16S rRNA gene clone library analysis. Int Endod J 48: 717-728, 2015.
- 4) Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ: The effect of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 20: 340-349, 1965.
- 5) Fabricius L, Dahlén G, Ohman AE, Möller AJ: Predominant indigenous oral bacteria isolated from infected root canals after varied times of closure. Scand J Dent Res 90: 134-144, 1982.
- 6) Nair PNR: Light and electron microscopic studies of root canal flora and periapical lesions. J Endod 13: 29-39, 1987.

- 7) Wu MK, Wesselink PR: A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J* 34: 137-141, 2001.
- 8) Tucker DM, Wenckus CS, Bentkover SK: Canal wall planning by engine-driven nickel-titanium instruments, compared with stainless-steel hand instrumentation. *J Endod* 23: 170-173, 1997.
- 9) Leonardo MR, Rossi MA, Silva LAB, Ito IY, Bonifácio KC: EM evaluation of bacterial biofilm and microorganisms on the apical external root surface of human teeth. *J Endod* 28: 815-818, 2002.
- 10) Frank J: Root canal morphology and its relationship to endodontic procedures. *Endod Topics* 10: 3-29, 2005.
- 11) Barbizam JVB, Fariniuk LF, Marchesan MA, Pecora JD, Sousa-Neto MD: Effectiveness of manual and rotary instrumentation techniques for cleaning flattened root canals. *J Endod* 28: 365-366, 2002.
- 12) Sarraf P, Kiomarsi N, Taheri FH, Moghaddamzade B, Dibaji F, Kharazifard MJ: Apical transportation of mesiobuccal canals of maxillary molars following root canal preparation with two rotary systems and hand files: a cone-beam computed tomographic assessment. *Front Dent* 16: 272-278, 2019.

- 13) Siqueira JF Jr, Pérez AR, Marceliano-Alves MF, Provenzano JC, Silva SG, Pires FR, Vieira GCS, Rôças IN, Alves FRF: What happens to unprepared root canal walls: a correlative analysis using micro-computed tomography and histology/scanning electron microscopy. *Int Endod J* 5: 501-508, 2018.
- 14) Tabassum S, Khan FR: Failure of endodontic treatment: the usual suspects. *Eur J Dent* 10: 144-147, 2016.
- 15) Arias A, Azabal M, Hidalgo JJ, de la Macorra JC: Relationship between postendodontic pain, tooth diagnostic factors, and apical patency. *J Endod* 35: 189-92, 2009.
- 16) Ng YL, Mann V, Gulabivala K: A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal. *Int Endod J* 44: 583-609, 2011.
- 17) Gorni FG, Gagliani MM: The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 30: 1-4, 2004.
- 18) Signoretti FG, Endo MS, Gomes BP, Montagner F, Tosello FB, Jacinto RC: Persistent extraradicular infection in root-filled asymptomatic human tooth: scanning electron microscopic analysis and microbial investigation after apical microsurgery. *J Endod* 37:1696-1700, 2011.

- 19) Wang J, Jiang Y, Chen W, Zhu C, Liang J: Bacterial flora and extraradicular biofilm associated with the apical segment of teeth with post-treatment apical periodontitis. *J Endod* 38: 954-959, 2012.
- 20) Ricucci D, Loghin S, Gonçalves LS, Rôças IN, Siqueira JF Jr: Histobacteriologic conditions of the apical root canal system and periapical tissues in teeth associated with sinus tracts. *J Endod* 44: 405-413, 2018.
- 21) Noiri Y, Ehara A, Kawahara T, Takemura N, Ebisu S: Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. *J Endod* 28: 679-683, 2002.
- 22) Nair PNR: On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Inter Endod J* 39: 249–281, 2006.
- 23) 富永敏彦: 電磁波の歯内療法への応用—EMAT (Electro-Magnetic Apical Treatment) —. *四国歯誌* 24: 1-31, 2011.
- 24) Yumoto H, Tominaga T, Hirao K, Kimura T, Takahashi K, Sumitomo T, Bando N, Matsuo T: Bactericidal activity and oral pathogen inactivation by electromagnetic wave irradiation. *J Appl Microbiol* 113: 181-191, 2012.
- 25) Panariello BHD, Kindler JK, Spolnik KJ, Ehrlich Y, Eckert GJ, Duarte S: Use of electromagnetic stimulation on an enterococcus faecalis biofilm

on root canal treated teeth in vitro. Sci Rep 11: 8306, 2021.

26) Tominaga T, Tada E, Takahira K, Sugaya: Heat generation and temperature increase in the root during electromagnetic apical treatment. J Dent & Oral Disord 6: 1125, 2020.

27) 富永敏彦, 多田瑛一郎, 高比良一輝, 菅谷勉: 難治性根尖性歯周炎に対して根尖孔外への高周波通電を応用した 2 症例. 日本歯科医師会雑誌 74: 436, 2021.

28) Tarao H, Akutagawa M, Emoto T, Takei A, Yumoto H, Tominaga T, Ikehara T, Kinouchi Y: Evaluation of temperature increase from joule heat in numerical tooth model by applying 500 kHz current for apical periodontitis treatment -effect of applied voltage and tooth conductivity. Bioelectromagnetics 42: 224-237, 2021.

29) 熊谷広道, 菅谷勉: 高周波電流によるファイル未到達根管の焼灼. 第 151 回日本歯科保存学会学術大会プログラムおよび講演抄録集: 127, 2019.

30) Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM: The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. Endod Dent Traumatol 2: 20-34, 1986.

- 31) Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S: Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study— phase IV: initial treatment. *J Endod* 34: 258-263, 2008.
- 32) Sjogren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K: Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 16: 498-504, 1990.
- 33) Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ: The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod* 33: 1278-1282, 2007.
- 34) Sathorn C, Parashos P, Messer HH: Effectiveness of single- versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta- analysis. *Int Endod J* 38: 347-355, 2005.
- 35) Gorni FGM, Gagliani MM: The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 30: 1-4, 2004.
- 36) Chugal NM, Clive JM, Spångberg LS: A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 91: 335-342, 2001.
- 37) Ng YL, Mann V and Gulabivala K: Outcome of secondary root canal

treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J* 41: 1026-1046, 2008.

38) Nixdorf DR, Moana-Filho EJ, Law AS, McGuire LA, Hodges JS, John MT: Frequency of persistent tooth pain after root canal therapy: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 36: 224-230, 2010.

39) Yang S, Berdine G: The receiver operating characteristic (ROC) curve. *SRCC* 5: 34-36, 2017.

40) Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K: Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J* 41: 6-31, 2008.

41) Mogford JE, Sisco M, Bonomo SR, Robinson AM, Mustoe TA: Impact of aging on gene expression in a rat model of ischemic cutaneous wound healing. *J Surg Res* 118: 190-196, 2004.

42) Cowie CC, Rust KF, Byrd-Holt DD, Eberhardt MS, Flegal KM, Engelgau MM, Saydah SH, Williams DE, Geiss LS, Gregg EW: Prevalence of diabetes and impaired fasting glucose in adults in the U.S. population. *Diabetes Care* 29: 1263–1268, 2006.

43) Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjögren U: Microbiologic analysis of

teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 85: 86–93, 1998.

44) Chugal NM, Clive JM, Spangberg LSW: A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 91: 342–352, 2001.

45) Danin J, Strömberg T, Forsgren H, Linder LE, Ramsköld LO: Clinical management of nonhealing periradicular pathosis. Surgery versus endodontic retreatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 82: 213–217, 1996.

46) Caliskan MK: Nonsurgical retreatment of teeth with periapical lesions previously managed by either endodontic or surgical intervention. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 100: 242–248, 2005.

47) Negishi J, Kawanami M, Ogami E: Risk analysis of failure of root canal treatment for teeth with inaccessible apical constriction. *J Dent* 33: 399-404, 2005.

48) Akerblom A, Hasselgren G: The prognosis for endodontic treatment of

obliterated root canals. *J Endod* 14: 565-567, 1988.

49) Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M: The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 31: 669–671, 2005.

図表

図 1



図 2

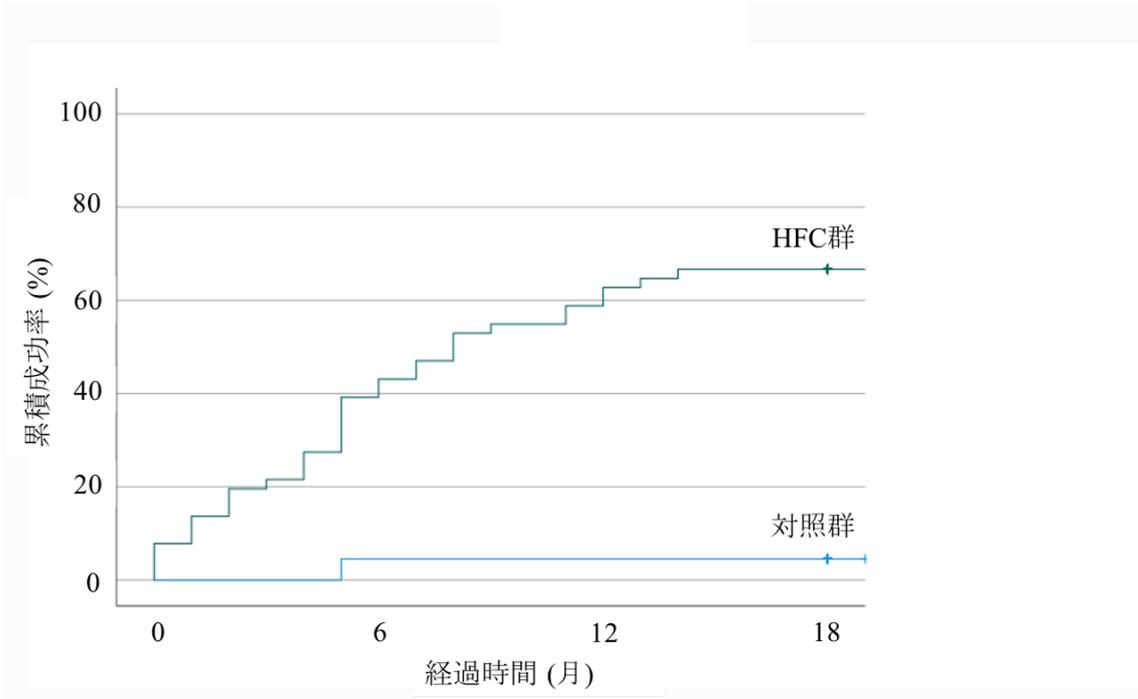


図 3

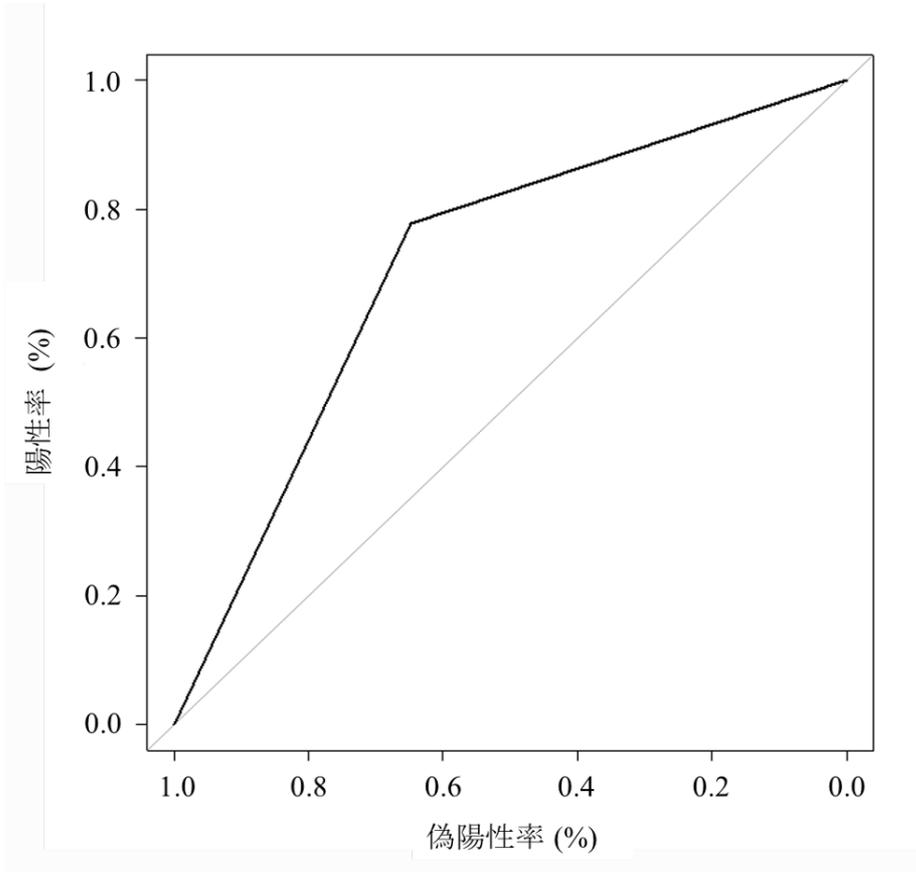


図 4

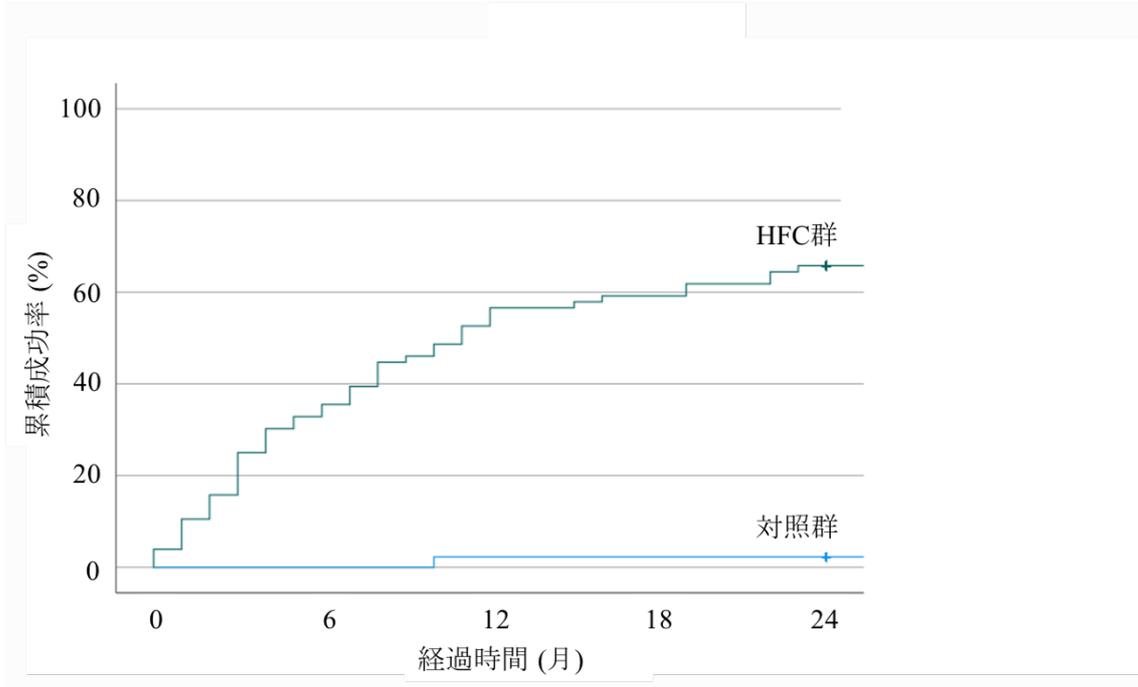


表 1

難治症例	対照群		HFC群		合計		
	歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)	
性別	男性	10 (45.5)	10 (45.5)	14 (28.6)	16 (31.4)	24 (33.8)	26 (35.6)
	女性	12 (54.5)	12 (54.5)	35 (71.4)	35 (68.6)	47 (66.2)	47 (64.4)
施設	北海道大学病院	18 (81.8)	18 (81.8)	32 (65.3)	33 (64.7)	50 (70.4)	51 (69.9)
	とみなが歯科医院	4 (18.2)	4 (18.2)	17 (34.7)	18 (35.3)	21 (29.6)	22 (30.1)
歯種	上下顎前歯	9 (40.9)	9 (40.9)	13 (26.5)	13 (25.5)	22 (31.0)	22 (30.1)
	上顎小臼歯	3 (13.6)	3 (13.6)	12 (24.5)	12 (23.5)	15 (21.1)	15 (20.5)
	上顎大臼歯	4 (18.2)	4 (18.2)	13 (26.5)	15 (29.5)	17 (23.9)	19 (26.0)
	下顎小臼歯	2 (9.1)	2 (9.1)	2 (4.1)	2 (3.9)	4 (5.7)	4 (5.5)
根管治療歴	下顎大臼歯	4 (18.2)	4 (18.2)	9 (18.4)	9 (17.6)	13 (18.3)	13 (17.9)
	なし	5 (22.7)	5 (22.7)	4 (8.2)	5 (9.8)	9 (12.7)	10 (13.7)
	再治療	17 (77.3)	17 (77.3)	45 (91.8)	46 (90.2)	62 (87.3)	63 (86.3)
根尖病変内洗浄	あり	5 (22.7)	5 (22.7)	9 (18.4)	9 (17.6)	14 (19.7)	14 (19.2)
	なし	17 (77.3)	17 (77.3)	40 (81.6)	42 (82.4)	57 (80.3)	59 (80.8)
年齢	57.0 [45.3-66.0]		53.0 [47.0-68.0]		53.0 [46.0-68.0]		
根尖部骨欠損面積	14.6 [8.9-18.3]		12.6 [7.1-17.2]		12.8 [7.9-17.8]		

(年齢, 根尖部骨欠損面積: 中央値 [四分位範囲])

表 2

予後因子		症例数	成功率 (%)	ハザード比	95%信頼区間	p値																																																											
HFC	あり	51	68.6	22.37	3.06 - 163.80	0.002																																																											
	なし	22	4.6				性別	男性	26	38.5	1.51	0.72 - 3.14	0.275	女性	47	53.2	年齢				1.00	0.98 - 1.02	0.978	歯種	上下顎前歯	22	36.4	1.17	0.94 - 1.46	0.168	上顎小白歯	15	46.7	上顎大白歯	19	57.9	下顎小白歯	4	75.0	下顎大白歯	13	53.8	根管治療歴	なし	10	30.0	1.93	0.59 - 6.29	0.278	再治療	63	52.4	根尖部骨欠損面積				0.98	0.94 - 1.02	0.340	根尖病変内洗浄	あり	14	35.7	0.64	0.25 - 1.64
性別	男性	26	38.5	1.51	0.72 - 3.14	0.275																																																											
	女性	47	53.2				年齢				1.00	0.98 - 1.02	0.978	歯種	上下顎前歯	22	36.4	1.17	0.94 - 1.46	0.168	上顎小白歯	15	46.7		上顎大白歯	19	57.9				下顎小白歯	4	75.0	下顎大白歯	13	53.8	根管治療歴	なし	10	30.0	1.93	0.59 - 6.29	0.278	再治療	63	52.4	根尖部骨欠損面積				0.98	0.94 - 1.02	0.340	根尖病変内洗浄	あり	14	35.7	0.64	0.25 - 1.64	0.351	なし	59	52.5		
年齢				1.00	0.98 - 1.02	0.978																																																											
歯種	上下顎前歯	22	36.4	1.17	0.94 - 1.46	0.168																																																											
	上顎小白歯	15	46.7																																																														
	上顎大白歯	19	57.9																																																														
	下顎小白歯	4	75.0																																																														
	下顎大白歯	13	53.8																																																														
根管治療歴	なし	10	30.0	1.93	0.59 - 6.29	0.278																																																											
	再治療	63	52.4				根尖部骨欠損面積				0.98	0.94 - 1.02	0.340	根尖病変内洗浄	あり	14	35.7	0.64	0.25 - 1.64	0.351	なし	59	52.5																																										
根尖部骨欠損面積				0.98	0.94 - 1.02	0.340																																																											
根尖病変内洗浄	あり	14	35.7	0.64	0.25 - 1.64	0.351																																																											
	なし	59	52.5																																																														

表 3

予後因子	ハザード比	95%信頼区間	p値
HFC	22.30	3.04 - 163.40	0.002
年齢	1.00	0.98 - 1.03	0.835
歯種	1.16	0.90 - 1.51	0.260
根尖部骨欠損面積	0.98	0.94 - 1.02	0.390
根尖病内洗浄	0.71	0.27 - 1.86	0.489

表 4

難治症例		対照群		HFC群		合計	
		歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)
性別	男性	8 (44.4)	8 (44.4)	4 (22.2)	4 (22.2)	12 (33.3)	12 (33.3)
	女性	10 (55.6)	10 (55.6)	14 (77.8)	14 (77.8)	24 (66.7)	24 (66.7)
菌種	上下顎前歯	7 (38.8)	7 (38.8)	3 (16.7)	3 (16.7)	10 (27.8)	10 (27.8)
	上顎小白歯	3 (16.7)	3 (16.7)	6 (33.3)	6 (33.3)	9 (25.0)	9 (25.0)
	上顎大白歯	3 (16.7)	3 (16.7)	3 (16.7)	3 (16.7)	6 (16.7)	6 (16.7)
	下顎小白歯	1 (5.6)	1 (5.6)	2 (11.1)	2 (11.1)	3 (8.3)	3 (8.3)
根管治療歴	下顎大白歯	4 (22.2)	4 (22.2)	4 (22.2)	4 (22.2)	8 (22.2)	8 (22.2)
	なし	2 (11.1)	2 (11.1)	3 (16.7)	3 (16.7)	5 (13.9)	5 (13.9)
	再治療	16 (88.9)	16 (88.9)	15 (83.3)	15 (83.3)	31 (86.1)	31 (86.1)
根尖病変内洗浄	あり	4 (22.2)	4 (22.2)	3 (16.7)	3 (16.7)	7 (19.4)	7 (19.4)
	なし	14 (77.8)	14 (77.8)	15 (83.3)	15 (83.3)	29 (80.6)	29 (80.6)
年齢		57.0 [46.3-65.3]		53.0 [41.3-65.8]		54.0 [45.5-66.0]	
根尖部骨欠損面積		12.9 [8.2-16.2]		11.5 [9.4-14.7]		12.7 [8.4-15.3]	

(年齢, 根尖部骨欠損面積: 中央値 [四分位範囲])

表 5

オッズ比	95%信頼区間	p値
39.00	4.18 – 364.00	0.001

表 6

マイクロスコープ による炎症判定	失敗	成功	合計
炎症あり	24	8	32
炎症なし	13	28	41
合計	37	36	73

表 7

穿通不可症例		対照群		HFC群		合計	
		歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)
性別	男性	8 (20.5)	9 (20.5)	22 (32.4)	26 (34.2)	30 (28.0)	35 (29.2)
	女性	31 (79.5)	35 (79.5)	46 (67.6)	50 (65.8)	77 (72.0)	85 (70.8)
施設	北海道大学病院	16 (41.0)	17 (38.6)	31 (45.6)	34 (44.7)	47 (43.9)	51 (42.5)
	とみなが歯科医院	23 (59.0)	27 (61.4)	37 (54.4)	42 (55.3)	60 (56.1)	69 (57.5)
歯種	上下顎前歯	3 (7.6)	3 (6.8)	4 (5.9)	4 (5.3)	7 (6.5)	7 (5.8)
	上顎小臼歯	4 (10.3)	4 (9.1)	10 (14.7)	10 (13.2)	14 (13.1)	14 (11.7)
	上顎大臼歯	14 (35.9)	15 (34.1)	26 (38.2)	33 (43.4)	40 (37.4)	48 (40.0)
	下顎小臼歯	4 (10.3)	4 (9.1)	4 (5.9)	4 (5.3)	8 (7.5)	8 (6.7)
	下顎大臼歯	14 (35.9)	18 (40.9)	24 (35.3)	25 (32.8)	38 (35.5)	43 (35.8)
根管治療歴	なし	2 (5.1)	2 (4.5)	3 (4.4)	3 (3.9)	5 (4.7)	5 (4.2)
	再治療	37 (94.9)	42 (95.5)	65 (95.6)	73 (96.1)	102 (95.3)	115 (95.8)
年齢		40.5 [30.8-60.0]		61.0 [53.8-70.0]		58.0 [43.0-68.0]	
根尖部骨欠損面積		11.8 [9.9-16.6]		11.4 [7.1-16.5]		11.4 [8.0-16.5]	
根尖からの根管充填材到達距離		2.7 [2.0-4.2]		2.2 [1.9-3.0]		2.4 [1.9-3.4]	

(年齢, 根尖部骨欠損面積, 根尖からの根管充填材到達距離: 中央値 [四分位範囲])

表 8

予後因子		症例数	成功率 (%)	ハザード比	95%信頼区間	p値
HFC	あり	76	63.2	45.3	6.25 - 328.40	p<0.001
	なし	44	2.3			
性別	男性	35	37.1	1.34	0.71 - 2.51	0.368
	女性	85	44.7			
年齢				1.02	1.00 - 1.04	0.038
歯種	上下顎前歯	7	28.6	0.97	0.77 - 1.19	0.688
	上顎小白歯	14	35.7			
	上顎大白歯	48	54.2			
	下顎小白歯	8	12.5			
	下顎大白歯	43	34.9			
根管治療歴	なし	5	60.0	1.09	0.26 - 4.48	0.905
	再治療	115	40.0			
根尖部骨欠損面積				1.03	1.00 - 1.07	0.044
根尖からの 根管充填材到達距離				0.78	0.63 - 0.97	0.023

表 9

予後因子	ハザード比	95%信頼区間	p値
HFC	76.76	9.85 - 598.30	p<0.001
年齢	0.98	0.95 - 1.00	0.094
歯種	0.88	0.70 - 1.11	0.289
根尖部骨欠損面積	1.03	1.00 - 1.06	p<0.001
根尖からの 根管充填材到達距離	0.77	0.61 - 0.98	0.031

表 10

穿通不可症例		対照群		HFC群		合計	
		歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)	歯数 (%)	根管数 (%)
性別	男性	6 (25.0)	6 (23.1)	8 (34.8)	10 (38.5)	14 (29.8)	16 (30.8)
	女性	18 (75.0)	20 (76.9)	15 (65.2)	16 (61.5)	33 (70.2)	36 (69.2)
歯種	上下顎前歯	3 (12.5)	3 (11.5)	1 (4.3)	1 (3.8)	4 (8.5)	4 (7.8)
	上顎小白歯	2 (8.3)	2 (7.7)	4 (17.4)	4 (15.4)	6 (12.8)	6 (11.5)
	上顎大白歯	9 (37.5)	9 (34.6)	10 (43.5)	12 (46.2)	19 (40.4)	21 (40.4)
	下顎小白歯	4 (16.7)	4 (15.4)	2 (8.7)	2 (7.7)	6 (12.8)	6 (11.5)
	下顎大白歯	6 (25.0)	8 (30.8)	6 (26.1)	7 (26.9)	12 (25.5)	15 (28.8)
根管治療歴	なし	2 (8.3)	2 (7.7)	1 (4.3)	1 (3.8)	3 (6.4)	3 (5.8)
	再治療	22 (91.7)	24 (92.3)	22 (95.7)	25 (96.2)	44 (93.6)	49 (94.2)
年齢		59.5 [42.3-67.5]		63.0 [43.5-70.0]		60.0 [42.8-69.3]	
根尖部骨欠損面積		11.7 [9.9-17.7]		12.3 [7.5-15.7]		12.2 [8.8-16.4]	
根尖からの根管充填材到達距離		3.0 [2.0-4.0]		2.8 [2.2-3.8]		3.0 [2.1-4.2]	

(年齢, 根尖部骨欠損面積, 根尖からの根管充填材到達距離: 中央値 [四分位範囲])

表 11

オッズ比	95%信頼区間	p値
66.50	8.15 - 542.00	p<0.001

図説

図 1 難治症例（マイクロスコープ画像）

根管形成後に根尖部から出血が見られる。

図 2 難治症例における累積成功率

図 3 マイクロスコープによる炎症判定と治療成績の関連性の ROC 曲

線

図 4 穿通不可症例における累積成功率

表 1 難治症例における予後因子の分布

表 2 難治症例における単変量解析結果

表 3 難治症例における多変量解析結果

表 4 難治症例における傾向スコア・マッチング後の予後因子の分布

表 5 難治症例における傾向スコア・マッチング後の多変量解析結果

表 6 マイクロスコープによる炎症判定と治療結果

表 7 穿通不可症例における予後因子の分布

表 8 穿通不可症例における単変量解析結果

表 9 穿通不可症例における多変量解析結果

表 10 穿通不可症例における傾向スコア・マッチング後の予後因子の
分布

表 11 穿通不可症例における傾向スコア・マッチング後の多変量解析
結果