

## 根尖部病変の治療

吉川 剛正

### Treatment of apical periodontitis

Gosei Yoshikawa, DDS, PhD

#### 抄録

根管治療を成功に導くために重要なことは感染のコントロールである。根管形成や根管洗浄などにより根管内の感染源をできるかぎり除去することが重要であるが、完全に感染源を除去することは困難である。したがって、最終的には根管充填により根管内に感染源を封じ込め、また、新たな感染が生じないように努めなければならない。根管治療で治癒しない症例には外科的歯内療法への適用となるが、Endodontic Microsurgeryを行うことで従来よりも予知性の高い処置が可能となった。また、根管治療の成功率を低下させる因子である穿孔に対しても、適切に封鎖することで良好な成績が得られるようになってきている。

#### 和文キーワード

根管形成, 根管洗浄, 根管貼薬, Endodontic Microsurgery, 穿孔部封鎖

### I. 緒言

歯髄を保存することは重要であるが、不可逆性歯髄炎に罹患している場合には速やかに麻酔抜髄法を行う必要がある。抜髄を行うことにより歯髄炎の継発症である根尖性歯周炎の発症を予防することができ、さらに急性症状が強い場合には患者の苦痛を軽減させることもできる。一方、根尖性歯周炎を発症している症例に対しては適切な感染根管治療を行うことにより、根尖部病変を治癒させ歯を保存することが可能となる。したがって、抜髄あるいは感染根管治療といった根管治療の目的は、根尖性歯周炎つまり根尖部病変の予防と治療ということができ、根管治療を行った歯のほとんどで補綴処置が必要であることを踏まえると、補綴装置や歯の延命のためには適切に根管治療を行って根尖部病変を予防・治療することが重要であるといえる。

### II. 根管治療

根管内の細菌感染が根尖部病変の主要因であること<sup>1,2)</sup>を踏まえると、根管治療では根管内の感染源の除

去と根管内への再感染の防止が重要となる。根管内の感染源の除去に最も重要なのは、根管形成（根管の機械的拡大）と根管洗浄（根管の化学的清掃）であろう。さらに、根管形成や根管洗浄で除去できない感染源の除去や治療中の再感染を予防するラバーダム防湿や根管貼薬も重要となる。

#### 1. 根管形成（根管の機械的拡大）

根管形成の目的は感染源の除去（cleaning）のみならず、効率的な根管洗浄や緊密な根管充填を行うための適切な根管形態の付与（shaping）である。いわゆる抜髄根管であれば根管洗浄や根管充填を考慮したshapingに留意する必要があり、緊密な根管充填を行うためには、根管に適切なテーパーを付与したフレア形成を行うとよい。側方加圧根管充填法について、テーパーが7/100（0.07, 7%）の根管で緊密な根管充填ができることが報告されている<sup>3)</sup>。根管形成には、以前はステンレススチール製Kファイル（SS-Kファイル）などの手用器具が用いられていたが、近年は効率的な根管形成を行うことができるニッケルチタン製ロータリーファイル（Ni-Tiロータリーファイル）が使用されるようになってきた。Ni-Ti合金は超弾性を有するた

けやき歯科桜台診療所 東京医科歯科大学歯学部（大学院医歯学総合研究科・歯髄生物学分野）

Keyaki Dental Clinic Sakuradai Office

Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University

めステンレススチールと比較して非常に柔軟であり、湾曲根管への追従性に優れている。また、Ni-Ti 合金は材質の軟らかさなどから Ni-Ti 手用ファイルでは切削効率が低いため、低速回転マイクロモーターで連続回転させることで切削効率を向上させた Ni-Ti ロータリーファイルが主流となっている。Ni-Ti ロータリーファイルの刃部には ISO 規格の SS-K ファイル (0.02 テーパー) よりも大きなテーパー (0.04 ~ 0.06 テーパーの製品が多い) が付与されており、根管に大きなテーパーを容易に付与することが可能である。一方、Ni-Ti ロータリーファイルは SS-K ファイルと比較して破断トルクが小さいため、無理な力を加えると根管内で破断しやすい。そのため、根管上部のプレフレアリングを行う、細い SS-K ファイルを用いて根尖部まであらかじめ誘導路 (glide path) を形成する、トルク制御モーターに装着して使用する、などの配慮をするとい<sup>4,5)</sup>。

Ni-Ti ロータリーファイルを使用することで効率的な根管形成が可能となったが、ヒトの複雑な根管系が大きく変化することはない。根管系はイスマスやフィン、根尖分岐など複雑な形態<sup>6,7)</sup>をしており、根尖の閉塞や急激な湾曲により根尖までファイルで穿通できないことも多い<sup>8)</sup>。つまり、SS-K ファイルのみならず Ni-Ti ロータリーファイルを用いてもすべての根管壁をファイルで切削できるわけではない<sup>9,10)</sup>。したがって、ファイルによる根管形成のみで根管内の感染源を完全に除去するには限界がある<sup>11)</sup>。

## 2. 根管洗浄 (根管の化学的清掃)

ファイルによる機械的除去ができない感染源を除去するには根管洗浄による化学的除去が有効である。根管洗浄には次亜塩素酸ナトリウム (NaClO) が以前から世界的に使用されており、また、最近では EDTA を併用することが推奨されている。

NaClO には殺菌作用や有機質溶解作用があり、ファイルによる機械的拡大が困難な部位に存在する歯髄残渣や感染源を溶解除去する効果が期待できる。欧米では 5.25% の NaClO 溶液を原液あるいは最大 0.5% まで希釈して用いており、至適濃度をどの程度にするかはしばしば議論されている。NaClO は組織刺激性もあるため、根尖孔外への溢出に注意を払う必要がある、1% を超える濃度で使用する理由はないとする意見<sup>12)</sup>がある。一方、再根管治療の症例で検出されやすい *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) に対する効果を調べた研究では、5.25% で 40 分根管洗浄を行うことにより完全に *E. faecalis* を除去できたが、2.5% では 40 分の洗浄でも 53% の症例で細菌が残存していたと報告

されている<sup>13)</sup>。さらに、濃度のみならず作用時間も考慮する必要がある、また、有機質の存在下では NaClO の効果が源弱するため、根管内にたえず新鮮な溶液を追加するとよい。

EDTA は無機質溶解作用があり、根管壁に堆積したスミヤ層を効率的に除去できる。スミヤ層は根管充填の封鎖性を低下させる要因になるため、EDTA での洗浄を行うことは有用である。また、スミヤ層中あるいはスミヤ層下に細菌が残存している可能性があるため、EDTA でスミヤ層を除去したのち、さらに NaClO で洗浄することは理にかなっている。ただし、EDTA による過脱灰を防ぐため、通常は根管形成終了後、根管充填の直前に EDTA を短時間作用させ再度 NaClO で最終消毒する術式を行っている。本邦では、NaClO と過酸化水素水との交互洗浄が行われていたが、交互洗浄と NaClO での殺菌効果には差がないとする報告<sup>14)</sup>もあり、我々は現在行っていない。

根管洗浄を効率かつ短時間で行ううえで用いられるのが超音波振動装置を用いた Passive ultrasonic irrigation (PUI) である<sup>15)</sup>。これは、洗浄液を満たした根管内に超音波ファイルやスプレッダー型超音波チップを挿入し、根管壁に接触させずに洗浄液に振動を加える術式である (図 1)。超音波振動装置は根管洗浄のみならず、根管の探索や根管壁の切削、外科的歯内療法などにも利用でき、我々の歯内治療にはなくてはならない装置である。また、根管洗浄に用いる洗浄針の形状やサイズにもさまざまなものがある。洗浄針の先端に孔があるもの (平坦型) と比較して、先端は閉じており側方に孔がある側方型のほうが根尖孔外への洗浄液の溢出が少なく、安全に根管洗浄できると考えられるが、かえって洗浄液が先まで届きにくいいため洗浄針先端の位置に留意する必要がある<sup>16)</sup>。洗浄針あるいは洗浄液を根尖付近まで到達させるには根管上部のフレア形成の程度や根管拡大のサイズにも気をつけるべきである。

また、根管洗浄中に洗浄針が洗浄筒から外れてしまうと、洗浄液が飛散し顔面損傷などを生じる危険があるため、ロック式の洗浄筒を用いるのがよい。また、根管治療にはラバーダム防湿は必須であるが、ラバーと歯質が密着していないと薬液が口腔内に漏出する可能性があるため、洗浄液を細い吸引器具で確実に吸引することが推奨される。

## 3. 根管貼薬、根管充填

根管拡大および NaClO による根管洗浄で根管内の感染源を大部分減少できるが、それでも根管内細菌を完全に除去することはできず、根管貼薬により根管内

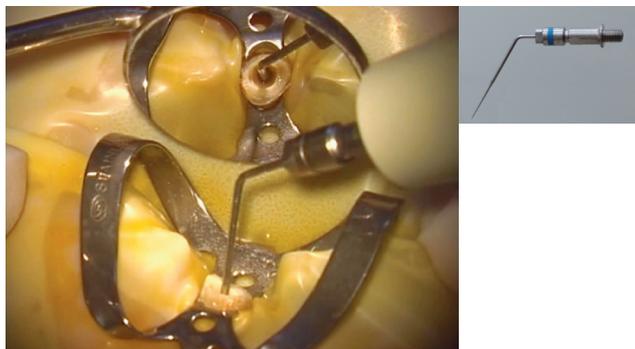


図1 Passive ultrasonic irrigation (PUI). 洗浄液を満した根管内に、スプレッダー型超音波チップ(右写真)を根管壁に接触させないように挿入して超音波振動を加えている。洗浄効果が高まり、短時間で効率よく洗浄できる。

に残存する細菌を死滅させ、さらに仮封材周囲から侵入した細菌を死滅させることを考慮するとよい。根管貼薬材としては、かつてはホルムアルデヒド系など強力な殺菌作用を有する薬剤が用いられていたが、為害作用も強いため、最近では水酸化カルシウムが使用されている。水酸化カルシウムは強アルカリ性を示し、殺菌作用や有機質溶解作用、硬組織形成誘導作用などを有し、また、生体刺激性が少なく作用が長時間持続する。とくに水酸化カルシウムを根管貼薬後にNaClOによる根管洗浄を行うことより、NaClO単独での根管洗浄と比較して有機質溶解作用が高まると報告されている<sup>17,18)</sup>。しかし、根管貼薬を行っても完全に無菌化を達成するのは困難であり<sup>19)</sup>、最終的には緊密な根管充填を行うことにより、残存した細菌を根管内に閉じ込める必要がある(図2)。

根管充填を行わなくても根尖歯周組織の治癒は根管充填したものとは差はなかったとする報告がある<sup>20)</sup>。一方、吸収されやすい根管充填材を使用した症例で根尖部病変が再発する可能性も報告されている<sup>21)</sup>。根管充填の目的が、根管内に残存した細菌の封鎖と治療後の根管内への細菌再感染防止であることを踏まえると、根管充填材の要件として封鎖性や崩壊性が重要であると考えられる。近年使用されつつある接着性レジン系シーラーは酸化亜鉛ユージノール系シーラーなどと比較して封鎖性や崩壊性に優れていると考えられ、今後の研究や報告に期待したい。

### III. 外科的歯内療法

根尖部病変の原因のほとんどが根管内にあることを考えると、根尖部病変への対応として第一選択となるのは根管治療である。しかしながら、根管治療では治

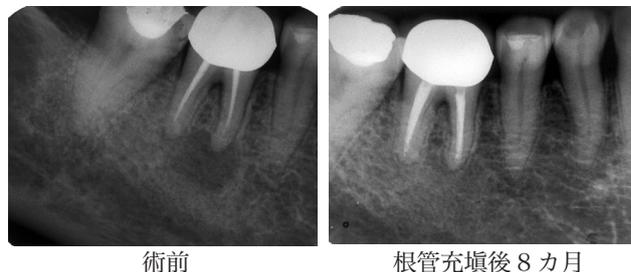


図2 再根管治療の症例。術前に根尖部病変が存在する。補綴物を除去せずアクセス窩洞を形成し根管治療を行った。根管充填後、アクセス窩洞はコンポジットレジン修復を行った。根管充填8カ月後には根尖部病変がほぼ消失している。

癒しない症例も存在し、再根管治療となるとさらに成功率が低下する。Gorniら<sup>22)</sup>は、再根管治療の症例で根管の移動や穿孔、内部吸収などがみられる根管形態変化群は、根管形態が維持されている群と比較して有意に成功率が低下したと報告している。根管形態が変化していると、根管拡大などが困難となることが要因と考えられる。また、de Chevignyら<sup>23)</sup>は、術前の根管充填の質が適切であると再根管治療の成功率が低いと報告している(表1)。根管充填の質が適切である症例は、根管治療で除去できない感染源が原因である可能性が示唆される。根尖孔外の病変や溢出した根管充填材の表面、歯面などに細菌やバイオフィームが存在することが報告されており<sup>24-28)</sup>、根管治療で除去できない感染源に対しては外科的歯内療法の適応となる。近年の外科的歯内療法はマイクロミラーや超音波レトロチップなどのインスツルメントや拡大装置などを利用して行うEndodontic Microsurgeryが一般的であり、従来行われていた方法と比較して高い成功率が報告されている<sup>29-31)</sup>。Setzerら<sup>30)</sup>は従来法とMicrosurgeryでの成功率をメタ分析し、従来法では59%の成功率であるのに対してMicrosurgeryでの成功率は94%と有意に高いと報告している(表2)。さらに、拡大装置としてマイクロスコープなど10倍超で観察できる装置を使用したほうが成功率は高いとも報告している<sup>32)</sup>。これらはMicrosurgery用のインスツルメントや材料のみならず、高倍率で拡大することが精度の高い処置を行ううえで重要であることを示している。

#### 1. 根尖切除

根尖部には根尖分岐が存在するが、3mmを切除すると98%の根尖分岐が除去される<sup>29)</sup>ため、根尖切除

表 1 再根管治療の成功率を有意に低下させる因子とその成功率

因子	全症例における成功率	根尖透過像がある症例の成功率
術前の根管充填の質		
適切	66%	50%
不十分	88%	86%
穿孔		
なし	87%	84%
あり	56%	50%

文献23)より改変

表 2 従来法と Endodontic Microsurgery (Modern Technique) の術式および成功率の比較

	従来法	Endodontic Microsurgery (Modern Technique)
骨の切除量	大きい	小さい
歯根切断面のベベル	45~60°	10° 未満
逆根管充填用窩洞形成	バー	超音波レトロチップ
逆根管充填材	アマルガム	MTA, SuperEBAなど
拡大装置	なし	あり (実体顕微鏡, ルーベなど)
成功率	59%	94%

文献29)および30)より改変

表 3 Endodontic Microsurgery の 5 年経過例の成功率

逆根管充填材	成功率
ProRoot MTA	86.4%
SuperEBA	69.4%
Retroplast	75.3%

文献34)より改変

量の目安は 3 mm とする。また、根尖切除は歯軸に垂直となるようベベルは 10° 未満を目安とする。従来の根尖切除では、切断面を肉眼で観察できるように大きくベベルを付与して斜めに切断していたが、ベベルが大きくなるほど切断面に露出開口する象牙細管の量が増加するため象牙細管経由での漏洩が増加する<sup>33)</sup>。さらに、骨削除量が大きくなり、歯頸部付近の骨が犠牲になることがある。これは骨再生の面で不利になるだけでなく、将来の歯周病進行のリスクにつながる可能性がある。Microsurgery では切断面をマイクロミラーで観察することが可能であり、骨削除量を少なく歯根切断面のベベルを小さくできる。また、拡大装置を利用することで根管の見落としも減少でき、イスマスや歯根破折などの微細な構造も確認できる (図 3)。

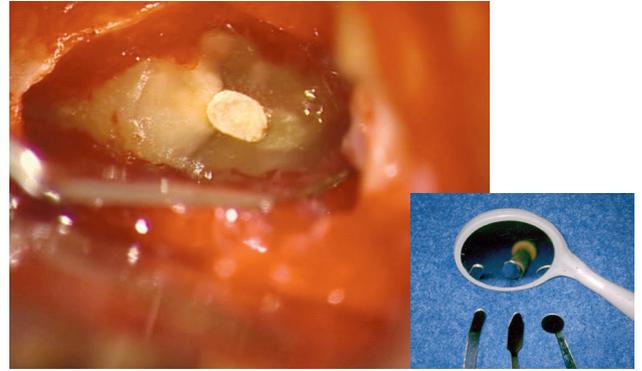


図 3 根尖切断面をマイクロミラーで反射させマイクロスコープで観察する。高倍率で観察することで、主根管のみならず副根管や歯根破折などを観察することも可能である。マイクロミラーの幅は 4 mm 前後であり、通常のデンタルミラーと比較するとかなり小さい。

## 2. 逆根管充填

逆根管充填を行うための窩洞形成は、従来はラウンドバーで行っていた。しかし、ラウンドバーでは根管に追従する深い窩洞が形成できず、バーの挿入方向の誤りによって舌側壁に穿孔を生じる可能性もある。Microsurgery では超音波レトロチップを用いることで根管に追従した約 3 mm の窩洞を形成することができ、逆根管充填材の厚みを確保できる。逆根管充填前には骨窩洞内にアドレナリン綿球を充填し止血を図り、また、先端を屈曲させたニードルを 3-way シリンジに装着し、逆根管充填用窩洞内を乾燥させるとよい。

逆根管充填材として強化型酸化亜鉛ユーージノールセメント (SuperEBA, Bosworth Co., Skokie, IL, USA) や Mineral trioxide aggregate (ProRoot MTA, Dentsply, Tulsa, OK, USA), 接着性レジンなどが使用されており<sup>29,30,34,35)</sup>、これらを用いた Microsurgery は高い成功率を収めている。しかし、Microsurgery は通常の根管治療と異なり、根管内の感染源の除去が不十分であるため、逆根管充填材の封鎖性が低下すれば成功率も低下すると想像できる。von Arx ら<sup>34)</sup> は、SuperEBA と MTA, 接着性レジンを逆根管充填材に用いた際の成功率を比較し、5 年経過例で MTA の成功率は SuperEBA と比較して有意に高かったと報告している (表 3)。接着性レジン は MTA と有意差はないが成功率が低く、接着性レジン はテクニックセンシティブな材料であり防湿やエッチングなどのステップが煩雑であることに留意することが大切であると考えられる。

## IV. 穿孔部封鎖

穿孔は髄腔開拓や根管口の探索、根管拡大などのス

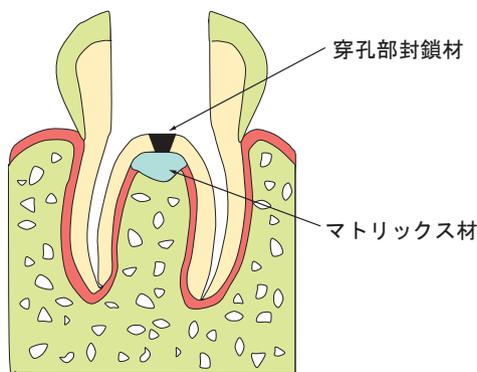


図4 Internal matrix technique の模式図(文献37 改変). 止血剤などの吸収性材料をマトリックス材として歯周組織に溢出させたのち、封鎖材を用いて穿孔部封鎖を行う。マトリックス材により止血が得られ、また、封鎖材を溢出させることなく緊密に充填できる。

トップで生じるが、補綴治療でのポスト孔形成時にも生じる。その多くは歯軸や根管の方向などの見誤りが原因と思われる。穿孔は根管治療の成功率を低下させる要因である(表1)<sup>23)</sup>。しかし、近年マイクロスコップや封鎖性が良好な穿孔部封鎖材の使用などにより、以前であれば歯の保存が困難と考えられた症例でも保存できるようになってきた。

穿孔に対する処置は、通常の根管治療と同様に考えるとよい。自ら生じさせた新鮮な穿孔では抜髄根管と同様に感染を生じさせないよう可及的迅速に封鎖し、陳旧性の穿孔で感染があれば感染根管と同様に感染源を除去してから封鎖する。一般的には、穿孔部の感染歯質を切削除去し、NaClOなどで洗浄し、止血を図り穿孔部を緊密に封鎖するとよい。有機質溶解作用のある水酸化カルシウムの貼付も穿孔部の肉芽組織の退縮や止血に効果的である。穿孔部封鎖の術式の一つとして、穿孔部から止血剤などの吸収性材料をマトリックス材として溢出させたあとに穿孔部を封鎖する Internal matrix technique がある<sup>36,37)</sup>。これは、マトリックス材で止血を図り、また、封鎖材を歯周組織に溢出させることなく封鎖するものである(図4)。

近年、海外において穿孔部封鎖材としては逆根管充填材と同様 MTA が使用されている<sup>35)</sup>。MTA は封鎖性に優れており、穿孔部封鎖の成功率が高い<sup>38,39)</sup>。MTA は水分で硬化するため水分の影響を受けにくく生体親和性が良好であり、Internal matrix technique を用いずに穿孔部封鎖を行うことも多い。また、MTA の表面にセメント質様硬組織が形成されるとの報告もある<sup>40)</sup>。なお、本邦では直接覆髄材としての認可で販売されている。接着性レジン は歯質接着性により良好な

封鎖性を期待できるが、逆根管充填と同様に乾燥状態の保持や歯面処理などに留意する必要がある。

## V. まとめ

歯内療法の手となる根管系や細菌にはほとんど変化はないが、Ni-Ti ファイルやマイクロスコップをはじめとした機器や材料の進歩とともに徐々にではあるが歯内療法の治療法自体進歩しており、以前では補綴装置や歯の保存が困難であった症例に対しても対応できるようになってきている。歯の保存を通じて国民の生活向上に寄与できるよう努めていきたい。

## 文 献

- 1) Kakehashi S, Stanley HR and Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966; 20: 340-349.
- 2) Ricucci D and Siqueira JF Jr.. Biofilms and apical periodontitis: study of prevalence and association with clinical and histopathologic findings. *J Endod* 2010; 36: 1277-1288.
- 3) 勝海一郎. 根管充填を再考する. *日歯保存誌* 2008 ; 51 : 587-592.
- 4) Roland DD, Andelin WE, Browning DF, Hsu GHR, Torabinejad M. The effect of preflaring on the rates of separation for 0.04 taper nickel titanium rotary instruments. *J Endod* 2002; 28: 543-545.
- 5) Patino PV, Biedma BM, Liebana CR, Cantatore G, Bahillo JG. The influence of a manual glide path on the separation rate of NiTi rotary instruments. *J Endod* 2005; 31: 114-116.
- 6) 澤田則宏, 吉川剛正, 石川陽己, 村島裕子, 須田英明. ヒト上顎切歯根尖切断面における副根管の出現率—手術用実体顕微鏡とメチレンブルーによる研究—. *日歯内療誌* 1999 ; 20 : 84-86.
- 7) Hsu YY and Kim S: The resected root surface: the issue of canal isthmuses. *Dent Clin North Am* 1997; 41: 529-540.
- 8) 村手重佐子, 吉岡隆知, 小林千尋, 須田英明. 穿通不能根管の出現率とその原因について. *日歯保存誌* 2002 ; 45 : 643-648.
- 9) Wu MK, van der Sluis LWM, Wesselink PR. The capability of two hand instrumentation techniques to remove the inner layer of dentine in oval canals. *Int Endod J* 2003; 36: 218-224.
- 10) Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004; 30: 559-567.
- 11) Dalton BC Ørstavik D, Phillips C, Pettiette M, Trope M. Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *J Endod* 1998; 24: 763-767.
- 12) Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod* 2006; 32: 389-398.
- 13) Retamozo B, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M. Minimum contact time and concentration of sodium hypochlorite required to eliminate

- Enterococcus faecalis*. J Endod 2010; 36: 520-523.
- 14) Siqueira JF Jr, Machado AG, Silveira RM, Lopes HP and de Uzeda M. Evaluation of the effectiveness of sodium hypochlorite used with three irrigation methods in the elimination of *Enterococcus faecalis* from the root canal, *in vitro*. Int Endod J 1997; 30: 279-282.
  - 15) de Gregorio C, Estevez R, Cisneros R, Paranjpe A, Cohenca N. Efficacy of different irrigation and activation systems on the penetration of sodium hypochlorite into simulated lateral canals and up to working length: an *in vitro* study. J Endod 2010; 36: 1216-1221.
  - 16) Boutsioukis C, Lambrianidis T, Verhaagen B, Versluis M, EKastrinakis E, Wesselink PR et al. The effect of needle-insertion depth on the irrigant flow in the root canal: evaluation using an unsteady computational fluid dynamics model. J Endod 2010; 36: 1664-1668.
  - 17) Wadachi R, Araki K and Suda H. Effect of calcium hydroxide on the dissolution of soft tissue on the root canal wall. J Endod 1998; 24: 326-330.
  - 18) Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. J Endod 1988; 14: 125-127.
  - 19) Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of intracanal bacteria using nickel- titanium rotary instrumentation and various medications. J Endod 2000; 26: 751-755.
  - 20) Sabeti MA, Nekofar M, Motahhary P, Ghandi M, Simon JH. Healing of apical periodontitis after endodontic treatment with and without obturation in dogs. J Endod 2006; 32: 628-633.
  - 21) 小林千尋. 吸収されやすい根管充填材に関する一考察. 日歯内療誌 2011 ; 32 : 148-153.
  - 22) Gorni FGM, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. J Endod 2004; 30: 1-4.
  - 23) de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study—phases 3 and 4: orthograde retreatment. J Endod 2008; 34: 131-137.
  - 24) 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 2012; 38: 954-959.
  - 25) Su L, Gao Y, Yu C, Wang H, Yu Q. Surgical endodontic treatment of refractory periapical periodontitis with extraradicular biofilm. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010; 110: 40-44.
  - 26) Signoretto FGC, Endo MS, Gomes BPFA, 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 2011; 37: 1696-1700.
  - 27) Noiri Y, Ehara A, Kawahara T, Takemura N, Ebisu S. Participation of bacterial biofilms in refractory and chronic periapical periodontitis. J Endod 2002; 28: 679-683.
  - 28) Kiryu T, Hoshino E, Iwaku M. Bacteria invading periapical cementum. J Endod 1994; 20: 169-172.
  - 29) Kim S, Kratchman S. Modern endodontic surgery concepts and practice: a review. J Endod 2006; 32: 601-623.
  - 30) Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—part 1: comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. J Endod 2010; 36: 1757-1765.
  - 31) Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective evaluation of surgical endodontic treatment: traditional versus modern technique. J Endod 2006; 32: 412-416.
  - 32) Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature—Part 2: comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. J Endod 2012; 38: 1-10.
  - 33) Gilheany PA, Figdor D, Tyas MJ. Apical dentin permeability and microleakage associated with root end resection and retrograde filling. J Endod 1994; 20: 22-26.
  - 34) von Arx T, Jensen SS, Hanni S, Friedman S. Five-year longitudinal assessment of the prognosis of apical microsurgery. J Endod 2012; 38: 570-579.
  - 35) Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part III: clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. J Endod 2010; 36: 400-413.
  - 36) Lemon RR. Nonsurgical repair of perforation defects. Internal matrix concept. Dent Clin North Am 1992; 36: 439-457.
  - 37) 吉川剛正, 澤田則宏, 須田英明. Internal Matrix Techniqueを使用した穿孔部の非外科的封鎖法. 日歯内療誌 2002 ; 23 : 37-43.
  - 38) 末原正崇, 森永一善, 中川寛一. Mineral Trioxide Aggregateおよび強化型亜鉛華ユージオールセメントが髓床底穿孔部周囲の組織に及ぼす影響. 日歯保存誌 2001 ; 44 : 755-775.
  - 39) Pontius V, Pontius O, Braun A, Frankenberger R, Roggendorf MJ. Retrospective evaluation of perforation repairs in 6 private practices. J Endod 2013; 39: 1346-1358.
  - 40) Baek SH, Plenck H, Kim S. Periapical Tissue Responses and Cementum Regeneration with Amalgam, SuperEBA, and MTA as Root-End Filling Materials. J Endod 2005; 31: 444-449.
- 
- 著者連絡先：吉川 剛正  
〒176-0011 東京都練馬区豊玉上 2-9-10  
けやきハイム 2階 けやき歯科桜台診療所  
Tel: 03-3994-3718  
Fax: 03-3994-3718  
E-mail: yoshikawa\_go@yahoo.co.jp