高圧蒸気滅菌したニッケルチタン合金製ロータリーファイルの表面分析

[1]岩手医科大学医療工学講座，[2]医療法人社団育芯会ココロ南行徳歯科クリニック，[3]医療法人晴和会ユーズデンタルクリニック
○渡邉 浩章[1,2]，牛窪 敏博[3]，武本 真治[1]

Surface characterization of the file made of nickel titanium alloy with autoclave sterilization

[1]Department of Biomedical Engineering, Iwate Medical University,
[2]Medical Corporation Ikushinkai Kokoro Minamigyotoku Dental Clinic,
[3]Medical Corporation Seiwakai U'z dental Clinic,
○Hiroaki Watanabe[1,2], Toshihiro Ushikubo[3], Shinji Takemoto[1]

【目的】

歯内療法で根管形成に用いるニッケルチタン合金製ロータリーファイル（NiTi ファイル）は，ステンレス鋼製ファイルと比較して剛性が小さいため低荷重で根管形成できる．NiTi ファイルはオーステナイトとマルテンサイトの相変態を生じることによって，形状記憶特性や超弾性特性を示すことが知られている．一方で，NiTi ファイルは高圧蒸気滅菌によってファイル表面の粗さが増加することが報告され[1)]，切削効率への影響も懸念される．しかし，マルテンサイト相を有する NiTi ファイルは高圧蒸気滅菌によって形状記憶特性への影響は小さいとされている[2)]．これらのように NiTi ファイルに対する高圧蒸気滅菌が影響する要因については未だに明らかになっていない．本研究では，高圧蒸気滅菌した NiTi ファイルの特性を明らかにすることを目的として，表面性状および表面形態を調べた．

【材料と方法】

NiTi ファイルはオーステナイト相ファイル（RACE : FKG RaCe，白水貿易）とマルテンサイト相ファイル（RE : RE FILE CT，ヨシダ）をそれぞれ 4 本用意した．各ファイル 2 本を次亜塩素酸ナトリウムで超音波洗浄したのち，精製水で軽く流し滅菌ボックスに入れ，0.2MPa，121℃，15 分の高圧蒸気滅菌処理を行った．未処理の試料（As-received）と高圧蒸気滅菌処理（autoclaved）のそれぞれの試料を電子線プローブマイクロアナライザー（EPMA : JXA-8020F，JEOL，東京）および X 線光電子分光分析（XPS : Axis-Ultra，Kratos-Shimadzu，京都）で元素分析および表面化学状態を，また，結晶構造を X 線回折（XRD : Ultima IV，Rigaku，東京）で調べた．試料の表面形態観察は走査電子顕微鏡（SEM : SU 8010，Hitachi High Tech，東京）で行った．

【結果と考察】

EPMA 分析の結果，RACE および RE は高圧蒸気滅菌処理の有無に依らずニッケルおよびチタンが検出された．その原子比（Ni／Ti）は約 1 であり，高圧蒸気滅菌処理により増減したが有意差は認められなかった．XPS 分析の結果，未処理の RACE および RE のいずれも構成元素の中ではチタンが主であり，酸素および炭素が多く検出された．ニッケルは僅かに検出された．高圧蒸気滅菌した RACE および RE ともに，ニッケルは検出されず，炭素と酸素の割合が増加した．Figure 1 に RE の O1s スペクトルを示す．未処理の RE ではチタンの不動態被膜に由来する O^{2-}，水和物や水酸化物に由来する OH^-，表面吸着水に由来する H_2O が検出されていた．高圧蒸気滅菌すると O^{2-}が減少し，表面には OH^-の割合が増加していた．SEM 観察の結果，高圧蒸気滅菌処理の有無で，形態に違いは認められなかった．XRD 測定の結果，高圧蒸気滅菌処理による結晶相に違いは認められず，RACE ではオーステナイト相，RE ではマルテンサイト相であった．

NiTi ファイルは未処理および高圧蒸気滅菌によって構成されている元素および割合は変わらなかったが，XPS 分析ではニッケルの検出は僅かであった．高圧蒸気滅菌処理すると NiTi ファイル表面は，水和反応によって酸化が進行していた．したがって，高圧蒸気滅菌処理は NiTi ファイルの極表面のみの反応であると考えられ，NiTi ファイルの特性自体への影響は小さいと考えられる．

【参考文献】1) Volois CR, et al., J Endod 2008; 34: 859-862.，2) 渡邉ら．日歯内療歯 2020; 41: 179-184.

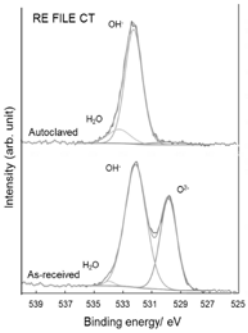


Figure 1 O1s XPS spectra of Ni-Ti file with or without autoclave sterilization.

根尖狭窄部を有する樹脂製根管模型を用いた根管長測定機能連動エンドモーターによる根管形成時の根管長測定精度の評価

日本歯科大学生命歯学部歯科保存学講座[1)]、日本歯科大学附属病院 総合診療科１(歯内療法)[2)]、日本歯科大学[3)]
○関谷美貴[1)]，村山文康[1)]，三枝慶祐[1,2)]，前田宗宏[1)]，五十嵐 勝[3)]

Evaluation for the Reading Accuracy of the Endodontic Motors Linked to the Electronic Apex Locator During Root Canal Preparation Using Plastic Root Canal Models with Apical Constriction

Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo[1)]
Division of General Dentistry 1 (Endodontics), The Nippon Dental University Hospital[2)]
The Nippon Dental University[3)]
○Miki SEKIYA[1)], Fumiyasu MURAYAMA[1)], Keisuke SAIGUSA[1,2)], Munehiro MAEDA[1)], Masaru IGARASHI[3)]

【はじめに】

歯内療法において、根管処置の終末位置を根尖狭窄部に設定するためには正確な根管長測定が重要となる。ニッケルチタン製ロータリーファイル（以下Ni-Ti製ファイル）で根管形成を行う際、通法では根管穿通性の確認時に根管長を測定し作業長を決定するが、近年ではエンドモーター駆動時に電気的根管長測定器を連動させながら根管内のファイル先端位置をメーター上で確認し、ファイル先端が作業長基準点に到達した時を根管形成終了とするシステムが普及している。本研究の目的は、根尖狭窄部を有する根管模型を用いて、根管長測定機能連動時と作業長設定下での根管形成における根管長測定精度を評価することである。

【材料と方法】

本研究で使用した透明樹脂製根管模型（ホクシンエレクトロニクス）は、根管長14.5㎜で、基底面に解剖学的根尖孔を想定したφ0.2㎜の開孔部を有する。また、基底面から根管内方1㎜にφ0.15㎜の根尖狭窄部を設定し、歯冠側の根管には2%テーパーが付与されている。はじめに#10のステンレススチール製手用Kファイル（MANI）を用いてすべての根管模型の穿通性を確認した。次に電気的根管長測定器間に電流が流れる回路を確立した模型スタンド（ホクシンエレクトロニクス）のラバーコネクター内に導電性ペースト（NP-1，ニッシン）を満たし、根管模型を植立させた。根管内に3%次亜塩素酸ナトリウム水溶液（クロルシッドJ，ウルトラデントジャパン）を満たした状態で、術者1名が2種のNi-Ti製ファイル：ProTaper Next（300rpm/2Ncm，Dentsply Sirona）とProTaper Ultimate（400rpm/4Ncm、Dentsply Sirona）を用いてそれぞれ#25まで根管形成を行った。エンドモーターはX-Smart Pro+（Dentsply Sirona）とTri Auto ZX2+（モリタ）の2種を用い、根管長測定機能連動時はX-Smart Pro+ではメーター上のバーが根管狭窄部を示す位置、Tri Auto ZX2+ではバーが0.5を示す位置を形成終了点とした。また、対照群として、根管穿通確認時に電気的根管長測定器Root ZX mini（モリタ）でメーター上のバーが0.5を示した13.5㎜を作業長と設定し、各Ni-Ti製ファイルのラバーストッパーを作業長に合わせた状態で、各エンドモーターにて作業長測定を連動させずに根管形成を行った。各最終拡大ファイルがメーター上の形成終了点に達した時もしくはラバーストッパーが根管模型上面に接した時点でエンドモーターを停止させ、ファイルを根管模型に固定した。各根管模型をスキャナー（解像度：720dpi，GT-X970，EPSON）で撮影し、画像処理ソフト（Photoshop CC，Adobe Systems）を用いて、ファイル先端から基底面までの距離を測定した。測定値は、統計処理ソフト（IBM SPSS Statistics 28，IBM）を用いてKruskal-Wallis検定で統計学的分析を行った（$P<0.05$）。

【結果と考察】

本研究において、すべての条件下で形成終了点が根尖狭窄部から0.5㎜以上の誤差を示した試料はなかった。形成終了点は、作業長設定下で根管形成を行った群ではばらつきが大きく、根管長測定機能を連動させた群ではいずれもばらつきが小さかった。ファイル先端から基底面までの距離は、2種のNi-Ti製ファイルともTri Auto ZX2+群が他群より有意に短かった。臨床における根管処置では、エンドルーラーの目盛が示す0.5㎜単位で作業長を決定するため、電気的根管長測定における+/-0.5㎜内の測定誤差は許容範囲であると考えられる。よって、本研究で用いた根管長測定機能連動エンドモーターの精度は、いずれも測定値の誤差を許容できる位置に作業長基準点が設定されており、さらに手動で作業長を設定するよりも誤差が少なく、安全で効率の良い根管治療が可能であることが示唆された。

HyFlex OGSF を使用した湾曲根管形成における基礎的研究

鶴見大学歯学部歯内療法学講座
○黒澤侑次郎、山川駿次郎、江波戸仁崇、西澤美沙、押田拓東、中道 匠、吉田 凌、皆川 隼、韓　潤輝、
小松未歩、中野雅子、山崎泰志

A Basic Study of Curved Root Canal Preparation Using HyFlex OGSF.

Departments of Endodontology, Tsurumi University School of Dental Medicine.
○Yujiro Kurosawa, Shunjiro Yamakawa, Kimitaka Ebato, Misa Nisizawa, Takuto Oshida,
Takumi Nakamichi, Ryo Yoshida, Shun Minakawa, Junki Kan, Miho Komatsu,
Masako Nakano, Yasushi Yamazaki.

【緒　言】歯内療法の分野において、Ni-Ti ロータリーファイルの普及により、根管治療は劇的な変化を遂げている。ロータリータイプのモーターに取り付けて使用する Ni-Ti ロータリーファイルは、様々な製品が普及しており、個々の特徴や用途を正しく理解することはとても重要である。マルテンサイト相を有した HyFlex(Coltene／Whaledent,Altstatten,Switzerland)には複数の種類があるが、既存の製品では対応が困難なケースが認められた。そのようなケースに対応できることを目的に HyFlex OGSF が開発された。HyFlex OGSF は号数やテーパーが手用ファイルとは異なり、根管口明示や根管の追従性能の改善などファイルごとに処置に適した目的がある。本ファイルの使用効果はまだ広く理解されておらず、他のファイルとの比較がまだ不十分である。そのため、本研究では、新規に製作された HyFlex OGSF の機能、性質について調査し、他の Ni-Ti ロータリーファイルおよび手用ステンレススチールファイルと比較・検討を行い、HyFlex OGSF の使用効果を明らかにすることを目的とした。

【材料・方法】本実験で使用する HyFlex OGSF は 4 種類のファイルで構成されており、#18/.11 のオリフィスオープナー（Opener）、15/.03 のグライドパス（Glider）、18/.045 シェーピングファイル（Shaper）、30/.04 フィニッシング用ファイル（Finisher）である。モーターはエンドフリー（歯科用電動式ハンドピース,東京歯科産業,China）を使用し,回転速度・トルク値をメーカー推奨値（オリフィスオープナー・シェーピングファイル・フィニッシング用ファイル：400rpm・2.5Ncm、グライドパス：300rpm・1.8Ncm）とした。根管模型として、Endo Training Bloc J-shape＃10（BDDBLC0A30010,Dentsply　Sirona, Switzerland）を使用した。対象群としてステンレススチール製 K ファイル（#15～#30）を使用した。根管を精製水にて湿潤状態にし、各ファイリング後は根管洗浄を行う事として、以下の実験を行った。

ステップ１：術者 3 名が湾曲透明根管模型を実験群、対象群各 5 本ずつ根管拡大を行い、各々のファイル操作時間を計測し、根管拡大にかかった時間を比較し、統計学的に検討した。

ステップ２：ステップ１で行った拡大・形成後の根管形態を観察し比較検討を行った。

【結　果】根管拡大・形成した結果、それぞれの平均時間は O（Opener）では 2.26±0.17 秒、G（Glider）では 15.36±0.87 秒、S（Shaper）では 12.92±1.09 秒、F（Finisher）では 11.38±0.5 秒であった。合計時間としては 43.39±1.61 秒であった。手用ファイルを用いた際の時間とは大きな差が認められた。根管形態の観察では、手用ファイルで一部レッジの形成を認めたが、HyFlex OGSF では認められなかった。

【考察および結論】Ni-Ti ファイルは柔軟性が高く、根管追従性もあるため、ステンレススチール製ファイルと比較し時間短縮や本来の根管形態を保護することが可能と考えられる。本研究では、術者間で拡大・形成時間にほとんど差を認めなかった。最初に使うファイルであるオリフィスオープナーは根管口明示を目的としており、今回使用した透明根管模型では必要性が少ないが、臨床ではこのファイルの重要性はさらなる調査が必要である。また、Ni-Ti ロータリーファイルは破断トルクが小さく破折リスクが高いため、今後の研究において、ファイルの破折限界の調査をすることは重要である。Ni-Ti ロータリーファイルの 1 種である HyFlex OGSF の使用は、根管治療時間の大幅な削減だけでなく、根管本来の形態を保護するのに重要であると示唆された。

臨床経験年数とファイルテーパーの差異がトライオート ZX2 新規駆動方式およびニッケルチタンファイルを併用した根尖穿通に及ぼす影響

[1] 北海道大学大学院歯学研究院 口腔保健科学分野 歯科保存学教室
[2] 神奈川歯科大学大学院 歯科保存学講座 歯内療法学分野
[3] 九州大学大学院 歯学研究院 口腔機能修復学講座 歯科保存学研究分野
[4] 九州大学病院 歯内治療科
○箕輪 文子[1]、Islam Rafiqul[1]、藤巻 龍治[2]、山下 大輝[3]、石井 信之[2]、前田 英史[3,4]、友清 淳[1]

The effect of clinical experience and Ni-Ti file taper on penetration method using the new Tri Auto ZX2 drive system

[1] Department of Restorative Dentistry, Division of Oral Health Science, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University
[2]Department of Oral Interdisciplinary Medicine, Division of Pulp Biology, Graduate School of Dentistry, Kanagawa Dental University
[3]Department of Endodontology and Operative Dentistry, Faculty of Dental Science, Kyushu University
[4]Department of Endodontics, Kyushu University Hospital
○F.MINOWA[1], R.ISLAM[1], R.FUJIMAKI[2], D.YAMASHITA[3], N.ISHII[2], H.MAEDA[3,4] and A.TOMOKIYO[1]

【背景と目的】根管治療を行う際には、根尖穿通を行うことで作業長の設定や根尖病変からの排膿路の確保が可能となる。現在、穿通には手用ステンレススチールファイルの使用だけではなく、ニッケルチタンファイルの使用も試みられつつある。エンジンとニッケルチタンファイルを併用した根管形成の問題点として、正回転のみ行うエンジンではニッケルチタンファイルに多くのねじり疲労が生じてしまい、容易に破折してしまうことが挙げられる。トライオート ZX2 に搭載された Open Glide Path (OGP) モードは、レシプロケーション運動を行うことでファイル生じるねじり疲労を低減させる駆動方式である。さらにトライオート ZX2 の新規駆動方式 (OGP2) モードは、累計回転角度が 360 度を超えない範囲でレシプロケーション運動させる駆動方式であり、OGP モードよりもねじれ疲労をさらに低減させることを目的としている。我々の先行研究にて、OPG2 モードとニッケルチタンファイルを併用した際の穿通時間に対して評価を行い、OGP2 モードとニッケルチタンファイルの併用が手用 K ファイルよりも短時間で穿通できるという結果を得た。しかしながら、テーパーの異なるニッケルチタンファイルを用いた場合の穿通時間の比較は行われていない。そこで本研究では、臨床経験年数の異なる術者が OGP2 モードとテーパーの異なるニッケルチタンファイルを併用した場合に①穿通までに要した時間、および②穿通を試みた際に生じた偶発症の種類と頻度、を比較することで、臨床経験年数とニッケルチタンファイルのテーパーの差異が、OGP2 モードによる根尖穿通に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【材料と方法】二重湾曲模型 (根尖孔直径 0.1mm：デンツプライシロナ株式会社) を、シリコンパテに埋没したのち、口角導子を装着したステンレススチール板上に配置した。根管内を生理食塩水で満たしたのち、以下の条件にて電気的根管長測定器が APEX を示す位置まで拡大を行った。①手用ステンレススチールファイル (K ファイル#15/.02：マニー株式会社) ＋手動操作 (SS＋Hand)、②2%テーパーニッケルチタンファイル (RACE EVO #15/.02：白水貿易)＋OGP2 モード (02＋OGP2)、③4%テーパーニッケルチタンファイル (RACE EVO #15/.04)＋OGP2 モード (04＋OGP2)、④6%テーパーニッケルチタンファイル (RACE EVO #15/.06) ＋OGP2 モード (06＋OGP2)。①-④を行う順番はランダム化した。術者は臨床経験 6 年以上の九州大学病院歯内治療科医局員 5 名、九州大学病院歯周病科医局員 5 名、および臨床経験 1 年未満の九州大学病院研修医 5 名とし、根管形成開始開始から APEX への到達までに要した時間を計測した。また偶発症が生じた場合は穿通不可とし、時間の計測は行わず偶発症の種類のみを記録した。

【結果】歯内治療科医局員は①が最も短い穿通時間を示したが次に短い②との間に有意差は認めなかった。また歯周病科医局員および研修医では②が最も短い穿通時間を示した。歯内治療科医局員では③は①②よりも有意に穿通時間が長くなり、④では偶発症により穿通させることができなかった。歯周病科医局員でも同様の傾向が認められたが、③においても 5 名中 4 名に偶発症が生じた。研修医では④においても 5 名中 2 名が穿通可能であり、テーパーの増加と共に穿通時間が上昇する傾向であった。①②ではいずれの術者においても偶発症は生じなかった。

【考察】OGP2 モードおよび 2%テーパーニッケルチタンファイルの併用では、臨床経験年数に関わらず手用 K ファイルの使用よりも短時間で穿通できることが示唆された。また、4%テーパーおよび 6%テーパーではファイル破折等の偶発症が高頻度で生じたことから、4%以上のテーパーで穿通を行う場合には OGP2 を使用したとしても偶発症の発生リスクが高まることが示唆された。一方 2%テーパーでは偶発症が生じなかったことから、OGP2 と 2%テーパーニッケルチタンファイルの併用が根尖穿通に有効である可能性が示唆された。

試作狭窄根管模型を用いた根管拡大形成時の力学的解析

―ステンレススチール製手用Kファイルとニッケルチタン製ロータリーファイルにおける荷重比較―

[1]日本歯科大学新潟生命歯学部歯科保存学第１講座
[2]日本歯科大学新潟病院総合診療科
○北島佳代子[1)]、新井恭子[1)]、鎗田将史[1)]、清水公太[2)]、横須賀孝史[1),2)]、
松田浩一郎[1)]、石井瑞樹[2)]、両角俊哉[1)]

Mechanical analysis of root canal enlargement and shaping using a prototype stenotic root canal model-Comparison of load between stainless steel and Nickel-titanium rotary files

[1]Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata
[2]Comprehensive Dental Care, The Nippon Dental University Niigata Hospital
○KITAJIMA Kayoko[1)], ARAI Kyoko[1)], YARITA Masafumi[1)], SHIMIZU Kota[2)], YOKOSUKA Takashi[1)2)],
MATSUDA Koichiro[1)], ISHII Mizuki[2)], MOROZUMI Toshiya[1)]

【緒言】超高齢社会の到来により歯の寿命は延伸し、狭窄および閉鎖傾向にある根管が増加し、狭窄根管に対する根管治療の頻度も増加している。歯学教育機関における歯内療法学実習では、基本的術式や器具機材の取り扱いに加え、狭窄根管の治療に対応できる知識や技術を習得する必要性が高まっている。今回、根管拡大形成器具と根管壁との間の抵抗感を指頭感覚で得られる狭窄根管模型を試作し、ステンレススチール製手用K ファイル（SSK）およびニッケルチタン製ロータリーファイル（NTW）を用いた根管拡大形成時の力学的解析を行い、試作模型の有用性を評価した。

【材料および方法】試作狭窄根管模型（B13-NS.C.96-＃31、ニッシン）は、切縁から根尖部までの長さ20.0㎜、根管の太さ0.20 ㎜のストレートの根管を付与した下顎左側中切歯形態を有する。5名の歯内療法医が、21.0㎜ SSK（マニー）とNTW（Weve One Gold、Dentsply Sirona；small：S、primary：P）を用いて各3本ずつ根管拡大形成を行った。試作模型を根尖から13.0㎜で水平切断し、デジタルフォースゲージに接続した。SSK群は、①Kファイル（#10・#15）による穿通確認　②ラルゴリーマーによる根管口拡大 ③K ファイル（#20・#25）による根管拡大を行った。NTW群は、①Kファイル（#10・#15）による穿通確認　②オリフィスオープナーによる根管口拡大（500 rpm/3.0 Ncm）　③トルクコントロールエンジンの Reciprocating motion に設定した NTW-S と NTW-P による根管拡大を行った。K ファイルは filing もしくは watch-winding を主体とし、NTW-S と NTW-P は3回の pecking motion を1サイクルとして作業長に達するまで行った。SSK群の#20と#25の間、NTW群の NTW-S と NTW-P の間には、#15、#20 の K ファイルで recapitulation を行った。拡大形成時の荷重を切削圧ソフトで記録し、押し込み荷重、引き抜き荷重、拡大形成時間を分析した。

【結果】押し込み荷重が最も大きかったのは、SSK群では#25（平均値：760±470gf）、NTW群ではNTW-S （平均値：490±250gf）であった。引き抜き荷重が最も大きかったのは、SSK群では#25（平均値：890±390gf）であり、NTW群ではNTW-S （平均値：240±130gf）とNTW-P（平均値：240±140gf）が同程度であった。SSK群およびNTW群における各ファイルの荷重平均値の多重比較（Steel-Dwass 検定）を行った結果、SSK 群では押し込み、引き抜き荷重ともに、#20と#25 において、#10（$p<0.01$）、#15（$p<0.01$）、#15 recapitulation（$p<0.01$）との間で有意差が認められ、引き抜き荷重では#20と#25 間でも有意差（$p<0.01$）が認められ、サイズが大きいファイルで大きかった。NTW群は、押し込み荷重ではオリフィスオープナー、NTW-S と NTW- P が#10と#15と比較して有意差（$p<0.01$）が認められ、引き抜き荷重ではNTW-S と NTW-P が#10と#15と比較して有意差（$p<0.01$）が認められ、サイズが大きいファイルで大きかった。荷重と拡大形成時間の相関関係では、SSK群では、#10の押し込み荷重と時間との間に正の相関（$p<0.05$）が認められた。NTW 群では、オリフィスオープナー、NTW-S、NTW-P の押し込み荷重と時間との間でそれぞれ負の相関（$p<0.01$）が認められ、NTW-P の引き抜き荷重と時間との間で負の相関（$p<0.05$）が認められた。総拡大形成時間の平均は、SSK群が142.3秒、NTW群が82.0秒で有意差が認められた（$p<0.05$）。SSK群の#20と#25の合計は99.82秒、NTW 群の NTW-S と NTW-P の合計は46.75秒で、両群とも#10、#15使用時の合計との間にそれぞれ有意差が認められた（$p<0.01$）。

【考察ならびに結論】高粘性樹脂材料の使用やエックス線造影性強化のため金属添加を行うと、製作途中で根管閉鎖をきたしたり、拡大形成時の切削片の詰まりを生じるため、根管径の細さには限界がある。今回試作した狭窄根管模型は切削片の詰まりを生じることなく、#10、#15では少ない荷重で根尖に到達し、#20、#25ならびに同じ太さに相当するNTW-S、NTW-Pでは、押し込み荷重、引き抜き荷重、拡大形成時間ともに#10、#15との間に有意差を認めた。本試作模型は、国際規格#20、#25相当の根管拡大形成器具で指頭感覚を得られる模型として有用であることが示唆された。

到達不可根管への高周波通電による細菌の焼灼および除去効果

1北海道大学 大学院歯学研究院 口腔健康科学講座 歯周病学教室
2北海道大学 大学院歯学研究院口腔病態学分野 微生物学教室
○佐久間柚衣[1]、菅谷　勉[1]、長谷部晃[2]

Bacterial cauterization and removal from inaccessible root canals applying high frequency current

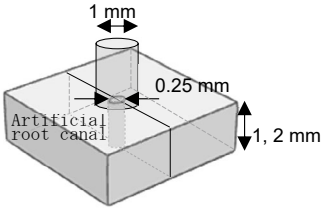
1 Department of Periodontology, Division of Oral Health Science, 2 Oral Molecular Microbiology
Department of Oral Pathobiological Science, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University
Yui SAKUMA[1], Tsutomu SUGAYA[1], Akira HASEBE[2]

【背景と目的】

根尖性歯周炎の治療には根管内の細菌を機械的に除去することが必要である。しかし側枝や根尖分岐、レッジが形成された根管など、ファイルが到達しない部位では、薬剤を用いた化学的清掃によるバイオフィルムの完全な除去や殺菌は困難であり、治療成績が低下する原因の一つと考えられている。一方、高周波電流を狭窄した根管に通電すると、ファイルが到達しない根管でも根管壁の有機質を灰化して消失させたり、象牙質を溶融させたりすることが可能である。しかし、バイオフィルムに対する効果は明らかにはなっていない。そこで本研究では、ファイルが到達しない根管壁に付着したバイオフィルムの破壊や細菌の消失に対する高周波通電の影響を検討した。

【材料と方法】

ウシ歯根を用いて厚さ1㎜または2㎜の象牙質ブロックを作製し、2枚の象牙質ブロックの両端をスーパーボンドで固定した。2枚の象牙質ブロックの界面に、＃25 エンジンリーマーで人工根管を作製し、NaOCl および EDTA で洗浄した。さらに人工根管上部には内径1㎜の PTFE チューブを固定した後、人工根管内で *Enterococcus Faecalis* (ATCC19433 株)を BHI 培地で2週間培養した。



人工根管内およびチューブ内に生理食塩液を満たし、人工根管底部は生理食塩液に浸漬した。＃35 の K ファイルをチューブ内に挿入し、人工根管内に 520kHz、225V で高周波通電を行った。通電時間は 0、1、3、5 秒とし、2.5 %グルタルアルデヒドで固定後に象牙質ブロックを割断して、人工根管の根管壁を SEM 観察し、バイオフィルムや細菌の残存状態を評価した。

【結果および考察】

通電時間 0 秒のコントロールでは、人工根管の根管壁はバイオフィルムが被覆しており、象牙細管内への細菌侵入も認められた。通電を行った群では、バイオフィルムはほとんど消失していたが、象牙細管内には細菌のわずかな散在がみられた。また、細菌や菌体外マトリックスの焼灼残渣を思わせる粗造で不整形のものもわずかにみられた。人工根管の長さが 1 ㎜でも 2 ㎜でもほとんどの細菌は除去されていたが、人工根管が長くなると象牙細管内の細菌残存はわずかに増加する傾向がみられた。一方、通電時間が長くなると人工根管壁は溶岩状を呈している部位が増加し、象牙細管内の残存細菌も減少する傾向がみられた。

人工根管を脱灰し、厚い有機質層を形成して高周波通電した過去の実験では、1秒の通電で根管壁から有機質層の大部分を消失させることは不可能であったが、本実験ではバイオフィルムのほとんどが除去された。これは高周波通電により発生した放電によるバイオフィルムの蒸散だけでなく、根管全体に高い洗浄効果が生じていたためと考えられる。そのメカニズムとして、菌体外マトリックス内に電流が流れた場合に、凹凸のため電流密度の変化が起こってジュール熱が局所的に大きくなったり、ジュール熱により発生した気泡内での放電によって、プラズマが生じたり衝撃波が生じたりした可能性などが考えられるが、これらについては今後の検討課題である。

【結論】

ファイルが到達しない人工根管に高周波通電を行うことで、*Enterococcus Faecalis* をほぼ消失させることが可能であった。

SWEEPS レーザー活性洗浄法による根管貼薬剤除去効果

北海道大学大学院歯学研究院，[1]口腔総合治療学教室，[2]歯科保存学教室
○月田佳李[1]，西田絵利香[1]，友清 淳[2]，宮治裕史[1]

The effect of SWEEPS laser-activated irrigation on removing of intracanal medicaments

[1] Department of General Dentistry, [2] Department of Restorative Dentistry,
Hokkaido University Faculty of Dental Medicine
○TSUKITA Kari[1], NISHIDA Erika[1], TOMOKIYO Atsushi[2], MIYAJI Hirofumi[1]

【背景および目的】

感染根管治療では根管内の病原因子の根絶が必要不可欠であるが，K ファイル等を用いた機械的切削のみでは完全な感染源除去は困難である．これを補完するために，シリンジを用いた洗浄法（Syringe irrigation; SI）や超音波を用いた洗浄法（Ultrasonic-activated irrigation; UAI）が併用されているが，複雑な根管形態では薬液の到達性が十分に得られない場合があり，新たな根管内洗浄法の開発が必要であると考えられる．

Er:YAG レーザーを用いたレーザー活性洗浄法は，キャビテーションとそれに伴った高速水流を生成することで効果的に根管内洗浄できる方法として近年注目されている．さらに Er:YAG レーザーデュアルパルスによる衝撃波増強放出光音響ストリーミング法（Shock wave enhanced emission photoacoustic streaming；SWEEPS）が開発され，薬液潅流性の向上が期待されているが，その根管貼薬剤の除去効果に関する報告は少ない．そこで本研究では，SWEEPS レーザー活性洗浄法の根管貼薬剤の除去効果を，SI や UAI と比較し検証することとした．

【材料と方法】

歯内療法用ブロック（S1-U3，ニッシン）を模擬根管として使用し，カルシペックスⅡ（日本歯科薬品）とビタペックス（ネオ製薬工業）で根管を満たしたのち SI，UAI，SWEEPS の各洗浄法を 30 秒間実施した（N＝4）．SI では，25G のクリーン・ウォッシングニードル（ニプロ）の先端を根尖から-2mm の位置に設置し，滅菌水で洗浄を行った．UAI では，歯科用多目的超音波治療器（ソルフィーF，モリタ）を用いて，#25 U-FILE（マニー）の先端を根尖から-2mm の位置に設置し，パワー値５で滅菌水洗浄を行った．SWEEPS では，Er：YAG レーザー（LightWalker，FOTONA d.o.o.）を用いて，根管口から 4mm の位置にチップを設置し，出力を SWEEPS，20mJ，20Hz とし滅菌水洗浄を行った．実体顕微鏡（Zeiss stemi305，ZEISS）にて各洗浄前後の模擬根管を撮影したのち，ImageJ 画像解析ソフトウェアを用いて貼薬剤の占める面積を計測し，洗浄前後の面積を比較することで除去率を算出した．

【結果と考察】

各洗浄法によるカルシペックスⅡの平均除去率を図に示す．SWEEPS の除去率は SI および UAI と比較して有意に高かった． SWEEPS では髄腔で発生した気泡が根尖部にまで到達することが確認されたことから，発生した高速水流によって根尖部まで滅菌水が潅流された結果，カルシペックスⅡが十分に除去されたと考えられた．ビタペックスでは３つの洗浄法全てで除去率が低く，３群間に有意差は認めなかった．特に SI ではビタペックスがニードルに詰まり水を出すことができず，滅菌水を還流させることができなかった．ビタペックスは疎水性であることから，蒸留水の到達を妨げることでいずれの除去効果も低下させたと推察された．

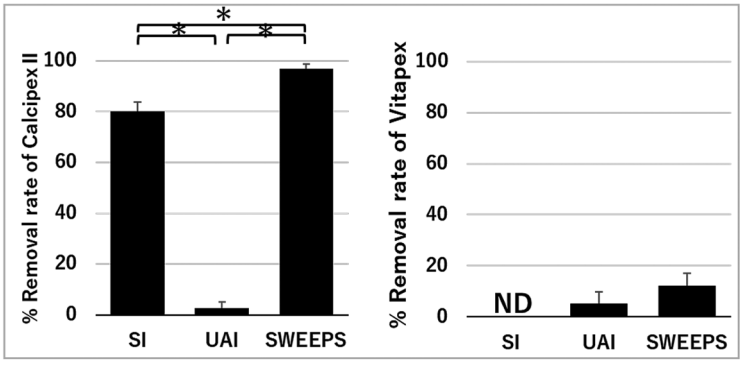


Figure. Removal rate of CalcipexⅡ and Vitapex (N=4, $P < 0.01$).

【結論】

SWEEPS は高い潅流性によって，SI や UAI よりも優れたカルシペックスⅡの除去効果を示した．

音波を用いた根管洗浄法の清掃性の比較とチップ上下動が清掃性と安全性に与える影響

東京医科歯科大学 (TMDU) 大学院医歯学総合研究科　口腔機能再構築学講座　歯髄生物学分野
○Phu Yadanar Aung Myint，渡辺聡，陳岩言，斎藤隆馬，輿地隆史

Comparison of cleaning efficacy of sonically-activated irrigation systems and the effect of tip vertical strokes on cleaning efficacy and safety

Department of Pulp Biology and Endodontics, Division of Oral Health Sciences, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)
○Phu Yadanar Aung Myint, WATANABE Satoshi, CHEN Yanyan, SAITO Ryuma, OKIJI Takashi

【目的】

音波を用いた根管洗浄法(sonically-activated irrigation; SAI)はシリンジ洗浄法(syringe irrigation; SI)よりも高い洗浄効果が期待される(Virdee ら, 2018). 近年，振動数と振動挙動を改変した音波洗浄機器（SmartLite PRO EndoActivator, デンツプライシロナ）が開発されたが清掃性や安全性に関する報告はほとんどない．本研究は 2 種の音波洗浄機器の清掃性の比較，およびチップの上下動が清掃性および根尖孔外に生じる圧力に及ぼす影響を検討することを目的とした．

【材料および方法】

72 本のヒト抜去前歯を WaveOne Gold Primary（デンツプライシロナ; #25/0.07）を用いて根管形成を行った (東京医科歯科大学倫理審査委員会承認 D2023-029). 実験 1：以下の 3 群（各 n = 12）にて根管洗浄を行った．(1) SAI-1：EndoActivator（デンツプライシロナ）および付属チップ(#15/0.02)，(2) SAI-2：SmartLite PRO EndoActivator, および付属チップ(#15/0.02)，(3) SI：3.0 ml シリンジおよび 27G 針（ニプロ）．各群とも 6% NaOCl, 17% EDTA, 6% NaOCl の順で各 30 秒ずつ，チップあるいは洗浄針を 2-3 mm の振幅で各 10 回上下動させながら根管洗浄した．その後，試料を歯軸方向に分割し走査電子顕微鏡（JSM−7900F, 日本電子）にて根管上部，中央部および根尖部を 1,000 倍で撮影した画像を Hülsmann ら(1997) のスコア分類に準じて清掃性を評価した．実験 2: SAI-2 群の上下動の回数を 0, 10, 40 回として実験 1 と同様に行った(各 n = 12). 実験 3: プラスチックピペットチップ（10 µL ロングチップ, 深江化成）を模擬根管(#40/0.06)として使用し，蒸留水を満たして実験 2 の SAI-2 群と同様に洗浄を行なった．この際，圧力測定装置（AP-12S, キーエンス）をビニールチューブで模擬根管の根尖に接続し，根尖孔外に生じた圧力を各群 10 回ずつ測定した．統計学的解析には Kruskal-Wallis 検定および Mann-WhitneyU 検定に Bonferroni 補正を加えて分析した($P < 0.05$).

【結果】

実験 1 では SAI-2 群がすべての領域で他群に比較して有意に清掃性が高かった($P < 0.05$)．根管中央および根尖部では，SAI-1 群は SI 群より有意に低いスコアを示した($P < 0.05$)．実験 2 では SAI-2(10 回)群と SAI-2(40 回)群は全領域で有意差を認めず，SAI-2(10 回)群は根尖部において SAI(0 回)群より有意に清掃性が高かった($P < 0.05$)，根管上部では SAI-2(40 回)は SAI-2 (0 回)群より有意に高い清掃性を認めた($P < 0.05$)．実験 3 では SAI-2(0 回)群と SAI-2(10 回)群に有意差を認めず，SAI-2(40 回)群は他群と比較して有意に根尖孔外に生じた圧力が高かった($P < 0.05$).

【考察】

本研究条件では，SmartLite Pro EndoActivator (毎分 18,000 回転)は従来の EndoActivator (毎分 10,000 回転)より清掃効果が高かったが，より高速で振動することで洗浄液活性化のためのエネルギーが増加したためと考えられる．SmartLite Pro EndoActivator による洗浄時のチップ上下動回数においては，根管上部において 40 回行った群の清掃性が高かったが，中央部および根尖部では 10 回行った群と同等であった．空間の大きな根管上部では楕円形の大きな振幅により洗浄液を活性化できる一方で，狭小な空間である根尖部では根管壁に干渉して振幅が減衰する可能性がある．根尖孔外に生じる圧力は上下動回数に応じて増加しており，削片や洗浄液の根尖孔外溢出につながる可能性が推察される．

【結論】

SmartLite Pro EndoActivator は EndoActivator および SI よりも清掃効果が高かった．上下動回数の増加は清掃性をある程度向上させるものの，根尖孔外圧力の上昇を伴う事が示唆された．

新規知覚過敏抑制材の象牙細管封鎖性に関する研究

神奈川歯科大学歯科保存学講座　歯内療法学分野
○藤巻龍治，鈴木二郎，武藤徳子，石井信之

Evaluation of dentinal tubule occlusion by a newly developed desensitizer

Department of Pulp Biology and Endodontics of Kanagawa Dental University
○FUJIMAKI Ryuji，SUZUKI Jiro，MUTOH Noriko，TANI-ISHII Nobuyuki

【研究目的】　象牙質と化学反応して迅速に緻密な保護コーティングを形成する新規知覚過敏抑制材が開発された．本研究では，液を塗布して直後に水洗した時の象牙細管封鎖性および析出した保護コーティング薄層について FE-SEM 観察による形態学的評価を行った．

【材料および方法】　本品（商品名：ヒスノン、製造販売：株式会社クラーク）の組成は，反応活性高いフルオロアルミノシリケート glass（平均粒子径 D50≒0.21μm）の水分散液とリン酸水溶液から成る．

●試料の作製方法：

1. 牛歯の歯根部を切断し，象牙質片（幅：約 6mmx 長さ約 15mm）をシリコンモールドに入れ，エポキシ樹脂にて硬化埋設し，耐水研磨紙#200→#400→#600→#1000 番で研磨して象牙質面を露出させた．
2. 超音波洗浄 5 分→17%EDTA リキッド（ペントロンジャパン㈱）で超音波洗浄 5 分→イオン交換水中超音波洗浄 5 分によりスミヤー層を除去し，知覚過敏歯モデルとした．
3. エアブローにて乾燥させた試料表面の右側半分をビニルテープにてマスキングした．
4. ヒスノン A 液と B 液を等量混和後，直ちにスポイトにて歯面全体に塗布し，5 秒後に水洗を行ってビニルテープを剥離後，乾燥して試料（計 3 個）を作製した．

●SEM 観察：試料表面を電解放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM Regulus 8230，㈱日立ハイテクノロジーズ)にて観察した．象牙細管封鎖率は下記の式により算出：

[1−(ヒスノン処理面の規定面積内の開口象牙細管数÷同面積内の未処理面に存在する象牙細管数)]×100%

【結果および考察】

未処理面に観察された開口象牙細管は，ヒスノン処理面ではいずれの試料（n=3）でも全く観察されず，象牙細管封鎖率＝100%であることが確認された．　ヒスノン処理面においては象牙質面が全く観察されず，全体的に均一な微粒子保護コーティング薄層で覆われていた．

以上より，ヒスノンが歯質と非常に高い反応性を有していることが確認された．また，ヒスノンにて瞬時に形成される薄膜（FE-SEM6,000 倍）は，リン酸シリケートを主成分とするガラス粒子が強固に結合している様子が観察された．

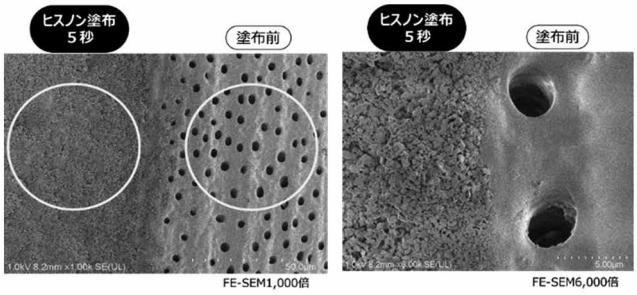


Fig. FE-SEM observation of dentine surface
Left: 5seconds after application
Right: Before application

ステロイド誘発性象牙質知覚過敏様歯痛のメカニズム

[1)]東京歯科大学　歯内療法学講座，[2)]東京歯科大学　生理学講座
○関矢 日向子[1) 2)]，黄地 健仁[2)]，木村 麻記[2)]，古澤 成博[1)]，澁川 義幸[2)]

Mechanisms of steroid-induced hypersensitivity-like tooth pain

[1)]Department of Endodontics, Tokyo Dental College, [2)]Department of Physiology, Tokyo Dental College
○SEKIYA Hinako[1) 2)], OUCHI Takehito[2)], KIMURA Maki[2)], FURUSAWA Masahiro[1)], SHIBUKAWA Yoshiyuki[2)]

【目的】

象牙質知覚過敏症は，露出した象牙質に対する様々な刺激によって誘発される一過性の鋭利痛を特徴とする疾患である。近年，ステロイド長期服用患者で重篤な象牙質知覚過敏様症状が惹起されることが数多く報告され，患者同士のコミュニティ内では広く認知されるようになった。ステロイドには易感染性，糖尿病，消化管潰瘍，骨粗鬆症，副腎萎縮など多くの副作用が存在するが，学術的な報告がわずかであるためステロイド投与により歯痛が惹起されることを知る医師・歯科医師は少ない。ステロイド誘発性象牙質知覚過敏様歯痛（以下ステロイド由来歯痛）の特徴として，①一過性ではなく，持続的で激しい痛み，②冷水と温水の両方で誘発される痛み，③複数の歯で同時に起こる痛み，④標準的な象牙質知覚過敏治療による痛みを抑える効果は一時的である，⑤痛みは明らかな歯根露出のない歯でも誘発される，⑥ステロイド薬の減少や中断により痛みが軽減･消失する，などが知られている(Shoji *et al.*, 2016)。これらの症状は象牙質のみならず歯髄痛の特徴でもあり，可逆性の歯髄炎症状にも類似しているが，ステロイド治療によって一過性象牙質痛あるいは歯髄痛が誘発される分子細胞学的根拠に乏しい現状にある。そこで本研究は，ステロイド歯痛の発生メカニズムを明らかにすることを目的とし，glucocorticoid 投与によるステロイド由来歯痛発症モデルマウスの作製およびその疼痛行動評価と，それに関連する *in vitro* 実験を行った。

【材料および方法】

マウス象牙芽細胞系細胞株（Odontoblast lineage cells：以下 OLCs）を 10% FBS，１%ペニシリンストレプトマイシン，１%アムホテリシン添加したαMEM 基本培地で培養した。基本培地に dexamethasone を 10 mg/L，100 mg/L 添加した培地を実験培地とした。実験培地で培養後に免疫蛍光染色を行い glucocorticoid receptor（以下 GR）発現の評価を行った。

生後 8～20 週齢の C57BL/6 マウスを使用し実験を行った（東京歯科大学動物実験承認番号: 240303)。実験群（以下 DEX 群）は 100 mg/L の dexamethasone を，コントロール群（以下 CNT 群）はカルボキシメチルセルロース溶媒を 0.2 mL ずつ 21 日間連続で腹腔内に投与し，象牙質露出部位への冷水痛疼痛行動評価を行った。評価には疼痛行動評価スケール（Ohyama *et al.*, 2022)を使用した。投薬開始日を 1 日目とし，行動観察は 0 日目，7 日目，14 日目，21 日目に行った。統計学的有意差検定は one-way ANOVA 検定を使用し，有意水準を $p<0.01^{*}$とした。

【結果および考察】

免疫蛍光染色では，マウス OLCs は GR に免疫蛍光陽性を示した。GR は細胞質に局在を示し，細胞質のみならず核内に免疫陽性を示す細胞も観察された。GR はほぼすべての細胞で細胞質に存在し，リガンドと結合後に核内に移行する（Marjet *et al.*, 2007）という以前の報告と同様の結果が得られたことから，象牙芽細胞の GR がステロイドを受容し，機能的に発現している可能性が示唆された。

また，冷水痛疼痛行動評価実験では，DEX 群において 21 日目の疼痛行動スコアが 0 日目に比較して有意に高いスコアを示した。一方，CNT 群ではすべての観察日で有意なスコア変化を認めなかった。さらに，21 日目の DEX 群は 21 日目の CNT 群に比較して疼痛行動スコアが高い傾向を示したことから，ステロイド投与による歯痛モデルマウスを確立できたものと思われた。

象牙質知覚過敏症に対する歯科用知覚過敏抑制材料 MS コート Hys ブロックジェルの有効性評価

九州歯科大学口腔機能学講座口腔保存治療学分野
○三浦弘喜，鷲尾絢子，折本　愛，末松美希，村田一将，北村知昭

Effectiveness Evaluation of the Material for Dentin Hypersensitivity Treatment, “MS Coat Hys Block-Jel”

Division of Endodontics and Restorative Dentistry, Department of Oral Functions, Kyushu Dental University
○MIURA Hiroki, WASHIO Ayako, ORIMOTO Ai, SUEMATSU Miki, MURATA Kazumasa, KITAMURA Chiaki

【目的】
2015 年発売の歯科用知覚過敏抑制材料 MS コート Hys ブロックジェル（MS ジェル，サンメディカル）は，スルホン酸基を有する共重合体（MS ポリマー）とシュウ酸を主成分として，知覚鈍麻効果を期待できるカリウム塩，歯面の耐酸性付与のためのフッ化ナトリウム，塗布性向上のための増粘剤，さらに塗布時の不快感軽減のために甘味料が含まれる．MS ポリマーとシュウ酸が歯質のカルシウム成分との化学反応により，高分子保護被膜を形成することで象牙細管が封鎖され，象牙質知覚過敏を抑制する．今回，2023 年９月から 2024 年の８月までに象牙質知覚過敏症と診断された歯に対する MS ジェルの有効性を評価した．
【材料と方法】
九州歯科大学附属病院保存治療科および一般開業歯科医院（１件）を受診し，問診と口腔内診査により冷気痛を伴う象牙質知覚過敏症と診断された歯を被験歯とし，薬剤による象牙質知覚過敏処置の必要性に理解と同意を得た上で，処置を実施した 30 歯を対象とした．評価前診査項目として対象歯の部位，楔状欠損の有無，歯肉退縮の有無，外傷性咬合の有無，矯正治療歴の有無，パラファンクションの有無などを診査した．MS ジェルの塗布は約７日毎に４回実施した.主観的な疼痛感覚・有効感覚，客観的な冷気痛の状況は，対象歯への MS ジェル塗布前後に Visual Analog Scale（VAS）法を用いて診査した.VAS 0〜10 までの Scale を 4 段階（Score 0: VAS 0, Score 1: VAS 1〜3, Score 2: VAS 4 〜7, Score3: VAS 8〜10 ）に分け，初回の段階から最終的に 2 段階下がった歯を Group B(Better),1 段階下がった歯を Group G(good),同じ段階であった歯を Group NC(No Change)として症例数を評価した（九州歯科大学倫理委員会　承認番号；23-45）.
【結果】
調査対象 30 症例の内訳は，性別は男性２名・女性 11 名（計 13 名），年代は 20 代１名・30 代１名・40 代３名・50 代２名・60 代３名・70 代３名，歯種は前歯４歯・小臼歯 12 歯・大臼歯 14 歯であり，その部位は大臼歯の１歯のみが咬合面でありその他は全て歯頸部であった．26 歯の歯頚部に歯肉の退縮もしくは楔状欠損を認めた．11 名に弄舌癖や食いしばりなどのパラファンクションが認められた．VAS 法による塗布直後の評価ではすべての症例において Score 0,もしくは Score 1 の段階まで下がるが，次の試験日の塗布前評価においては前回の数値と同じか少し下がっているものがほとんどであった．４回の塗布により Group B は８症例，Group G は 14 症例となった．また，最終的に８症例が Scale 0 まで改善した．
【考察】
今回の対象者の約 85%が食いしばりなどのパラファンクションをおこなっていることがわかった．被験歯に対し MS ジェルを塗布することで，塗布直後の象牙質知覚過敏抑制効果は高いことが示唆された．1 回の塗布では効果が少ないものの，４回の塗布により約 70%の被験歯の象牙質知覚過敏症が改善することから，MS ジェルの塗布回数が増えることで象牙質知覚過敏抑制効果は高くなることが示唆された．その一方で，最終的に Group NC となった８症例には，歯根露出だけでなく食いしばりなどのパラファンクションが認められたことから，象牙質知覚過敏症には，パラファンクションの関与も示唆された．

【結論】
歯科用知覚過敏抑制材料 MS コート Hys ブロックジェルは，高い象牙質知覚過敏抑制効果を有する．

ヒト歯根膜由来細胞の細胞親和性における新規バイオセラミックスの粉液（ペースト）比の影響の検討

長崎大学大学院医歯薬学総合研究科　歯周歯内治療学分野
○松裏貴史，阿嘉明日香，吉村篤利

Evaluation of the effect of the powder-liquid (paste) ratio of endodontic bioceramics on cytocompatibility in human periodontal ligament-derived cells

Department of Periodontology and Endodontology, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences, Nagasaki, Japan
○Takashi Matsuura, Asuka Aka, Atsutoshi Yoshimura

【背景】近年，ProRoot MTA よりも操作性や封鎖性が優れているとされる MTA や，生体活性ガラスを含有したバイオセラミックスなど，様々な新しい歯内療法用材料が開発され，臨床に応用されている．その中でも MTA Flow White（以下 F）および Nishika Canal Sealer BG multi（以下 BG）は，粉液（ペースト）比を変えることで術者が使用しやすいように粘度を調整することができる．しかし，粘度を変えることによる生物学的特性への影響は未だ不明な点が多い．そのため今回我々は，ヒト歯根膜由来細胞（以下 hPDLCs）の細胞親和性における F および BG の粉液（ペースト）比の影響を評価するために研究を行った．

【方法】本研究は，長崎大学病院臨床研究倫理委員会の承認を得た後に実施した(許可番号：23112015)．F および BG を 3 種類の粘度で調整し（以下粘度の低い順に F0，F1，F2 および，BG0，BG1，BG2)．その後，内径 8mm，厚さ 1mm の型に填入し，37℃，5% CO2 インキュベーター内に 48 時間静置して硬化させることによってディスクを作製した（n = 11)．また，長崎大学病院で抜歯された抜去歯のうち，歯周炎もしくは智歯周囲炎を認めない小臼歯および第三大臼歯において，メスを用いて歯根中央部 1/3 から hPDLCs を採取し，10% FBS 含有 DMEM 培地中で 37℃，5% CO2 条件下で培養後，3～5 代継代したものを実験で使用した．作製したディスクを 48 ウェルプレートの底面に静置し，その上に hPDLCs を，100,000cells/well の濃度で播種し，10% FBS 含有 DMEM 培地中で培養し，7 日目および 28 日目に，MTT Cell Proliferation Assay Kit を用いて細胞代謝活性試験を行った．ディスクを静置せず hPDLCs のみで培養したものをネガティブコントロールとした（以下 NC)．2 群間の比較には Welch の t 検定を用い，培養 7 日目と 28 日目の吸光度の差の検定には対応のある t 検定を用いた（$\alpha = 0.05$)．

【結果】F0 群，F1 群，F2 群と NC 群の吸光度（平均値[標準偏差]）は，7 日目で 0.09 (0.08)，0.26 (0.37)，0.73 (0.72)，1.28 (0.27)であり，28 日目では 1.02 (1.06)，1.44 (1.20)，2.18 (1.09)，2.02 (0.61)であった．BG0 群，BG1 群，BG2 群および NC 群の吸光度は，7 日目で 0.45 (0.22)，0.55 (0.28)，0.87 (0.34)，1.28 (0.28)であり，28 日目では 1.69 (0.79)，1.89 (0.84)，2.20 (0.82)，2.04 (0.63)であった．7 日目において F0 群と F1 群の間には有意差を認めず（$p = 0.165$)，F0 群と比較して F2 群と NC 群の吸光度は有意に高い値を示した（$p = 0.015$，$p < 0.001$)．また，7 日目において BG0 群と BG1 群の間には有意差を認めず($p = 0.398$)，BG0 群と比較して BG2 群と NC 群の吸光度は有意に高い値を示した($p = 0.003$，$p < 0.001$)．28 日目においては，F0 群と NC 群の間にのみ有意差を認めた（$p = 0.015$）．吸光度は，F2 群 > F1 群 > F0 群および，BG2 群 > BG1 群 > BG0 群の順で高い結果となった．全ての群において，7 日目と比較して 28 日目の吸光度が有意に高い結果となった（$p < 0.05$）．

【考察】本研究により，F と BG の細胞親和性は，粘度が大きいほど高くなることが示された．F と BG はともに粘度が高いほど硬化の進行が早まる．また，硬化にかける時間が短いほど MTA の細胞親和性は低くなるといった報告がある．これらのことより，粘度が高いほど硬化が早く進行し，細胞親和性が高くなったものと考えらえる．また本研究では，5% CO_2 インキュベーターで 48h 静置することで硬化させたディスクを実験に使用している．しかし実際に材料を使用する場合，硬化前に患部へ充填することとなる．そして，硬化前の材料は硬化後の材料よりも細胞親和性が低いということが報告されている．これらのことより，実際に生体に使用する場合の生体親和性は，今回の in vitro の実験で得られた細胞親和性の結果よりも低くなることが考えられる．

Epigallocatechin-3-gallate(EGCG)によるマクロファージの極性誘導の検討

新潟大学大学院医歯学総合研究科 う蝕学分野
○井田貴子，枝並直樹，外園真規，竹中彰治, 野杁由一郎

Investigation of macrophage polarization induction effect by EGCG

Division of Cariology, Operative Dentistry and Endodontics, Department of Oral Health Science, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

○Takako Ida, Naoki Edanami, Maki Sotozono, Shoji Takenaka, and Yuichiro Noiri

【目的】

旧来、う蝕あるいはう蝕継発疾患後に好発する歯の破折が、歯の喪失原因として上位を占めており、う蝕進行阻止および予防は早急に取り組むべき課題である。歯髄炎などのう蝕継発疾患においては、炎症制御が治癒にとって重要となる。炎症制御に関わるマクロファージは炎症性(M1)および抗炎症性(M2)の 2 つの極性を有し、M1 を経て M2 に移行することが明らかになりつつある。特に a-d の 4 つの表現型が同定されている M2 (Röszer T. Mediators Inflamm. 2015: 816460.)について、口腔での機能は未だ不明な点が多い。緑茶由来成分である Epigallocatechin-3-gallate(EGCG)は M2 誘導作用能を有する可能性が示されつつあり、病原化するバイオフィルムが常在する口腔においては、過剰な組織損傷を制御し、組織修復を促進する作用が期待できる。そこで、本研究では *in vitro* モデルを用いて、EGCG が M1 および M2 マクロファージの極性変化に及ぼす影響を解析した。

【材料および方法】

まず、RAW264.7 細胞(マウス由来マクロファージ様細胞株)を EGCG 存在下で 24 時間培養後、テトラゾリウム化合物(MTS)による増殖能評価を行った。EGCG50μM および 100μM をそれぞれ添加し、いずれも増殖抑制がないことを確認し、今回は 100μM で EGCG を添加することとした。

次に、*P. gingivalis* 由来の Lipopolysaccharide(LPS)を用いて炎症を惹起し、EGCG 存在下で 6 時間培養後、増殖能評価を行ったところ、増殖能への影響は認めなかった。

続いて、RAW264.7 細胞を播種して 12 時間後に LPS および EGCG を添加して 6 時間・12 時間それぞれ培養後、SYBR Green Fast Advanced Cells-to-CT Kit を用いて cDNA を精製し、M1 マーカー(ARG2, IL-1β, IL6, MMP9)、M2a マーカー(CD206)、M2b マーカー(STAT6, ARG1, IL10)について、リアルタイム PCR にて遺伝子発現解析を行った。また、タンパク質発現については、免疫細胞染色およびウエスタンブロッティング解析を行った。なお、有意差検定は t 検定を行った。

【結果と考察】

EGCG 添加 6 時間後および 12 時間後では、IL6 の発現低下を認めたことから、M1 への誘導が抑制されている可能性が示された。さらに、EGCG 添加 12 時間後では、全ての M1 関連マーカーで発現低下を認めたのに対し、CD206 の発現上昇を認め、M1 への分極が抑制されるとともに M2a への誘導が促進されている可能性が示された。

【結論】

上記の結果より、EGCG 添加初期より M1 への分極が抑制されている可能性が示された。その後時間が経過しても M1 への分極抑制は継続しており、なおかつ M2a 関連マーカーの上昇を認めることから、EGCG 添加により M2a への分極が促進される可能性が示された。これらの結果より、EGCG はマクロファージの極性制御に関与することが示唆された。

【謝辞】

本研究は JSPS 科研費 22K09997 の助成を受けて行った。

Concentrated growth factor 抽出液のラット歯髄細胞増殖能に対する作用

東京医科歯科大学（TMDU）大学院医歯学総合研究科　口腔機能再構築学講座　歯髄生物学分野
○岡田大和、川島伸之、野田園子、Nyein Chan Ko、興地隆史

Effect of concentrated growth factor extracts on the proliferation of rat dental pulp cells

Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Medical and Dental Science, Tokyo Medical and Dental University (TMDU), Tokyo, Japan
○Yamato OKADA, Nobuyuki KAWASHIMA, Sonoko NODA, Nyein Chan Ko, Takashi OKIJI

【目的】

近年歯髄保護が注目されており、従来抜髄されていた歯髄炎症例にも生活断髄にて対応し、歯髄保存を行った症例が報告されている。現在行われている生活断髄は、断髄面に mineral trioxide aggregate 等の覆髄材を貼付するのが一般的であり、高い成功率が報告されているが、より生物活性を有する材料を用いることでさらに成功率が高まると推察される。ところで、Concentrated growth factor（CGF）は、自己血由来の血小板を豊富に含むフィブリンゲルであり、CGF に含まれる種々の活性因子が組織再生あるいは治癒を誘導するといわれている。しかし、CGF はゲル状で水分を豊富に含むため断髄面へ直接適用し、さらにその上に覆髄材を適用するのは難しい。また、新鮮な CGF を使用するためには、断髄処置直前に患者より採血し CGF を調整する必要があり現実的ではない。今回、CGF を膜状に加工した場合、さらに膜状の CGF を凍結した場合、CGF のラット歯髄細胞に対する増殖能に対してどのような影響があるのかについて検討したので報告する。

【材料および方法】

5 週齢雄性 Wistar ラットの下顎切歯の歯髄組織より歯髄細胞を単離し、10%FBS 添加α-MEM を用いて湿度 100%、5% CO_2、37℃環境下で培養し，継代数が 5 回以下の細胞を使用した（動物実験番号；A2023-196C3）。CGF はラットの血液を真空採血管に採取し、1,600 rpm で 15 分間遠心分離を行った後、中間層である CGF 層と赤血球層を滅菌した剪刀を用いて分離することで作成した。次に滅菌したガーゼに CGF を強く押し付け水分を除去し膜状にしたもの（メンブレン群）、膜状の CGF を-80℃で 1 時間凍結したもの(凍結群)を作成した。何も処理をしない CGF をコントロールとして用いた（CGF 群）。10% FBS 添加α-MEM 10 ml にそれぞれのサンプルを 24 時間浸漬後振とうし、ポアサイズ 0.45 μm のシリンジフィルターでろ過した後、実験に供した。ラット歯髄細胞の増殖能は Cell Counting Kit-8 にて測定した。すなわち、ラット歯髄細胞を 96 well plate に 3.0×10^3 cell ずつ播種し、細胞接着確認後、それぞれのサンプル処理培地に変更し、24,48,72 時間後に CCK8 溶液（10 μl/well）を添加し、1 時間後に 450nm の吸光度を測定した。データの正規性は Shapiro-Wilk 検定、等分散性は Levene's 検定を用いて確認し、一元配置分散分析の後 Tukey-Kramer 法を用い、有意水準 0.05 で検定を行なった。

【結果および考察】

24 時間で非添加コントロールと比較して、CGF 群・メンブレン群・凍結群で有意に高い細胞増殖を認めた($p<0.05$)。また、48 および 72 時間において凍結群では CGF 群・メンブレン群と比較して有意に高い細胞増殖を認めた（$p<0.05$）。CGF は血小板のα顆粒に貯蔵されている vascular endothelial growth factor, transforming growth factor beta 1、platelet-derived growth factor といった様々な成長因子を含んでおり、これらがラット歯髄細胞の増殖活性を誘導したと推察される。さらに今回、凍結した CGF が特に高い細胞増殖誘導能を示したが、凍結した CGF は成長因子の放出能が高いことが報告されている。なお、凍結することで長期保存も可能となることから、臨床における有用性は高いと考えられる。今後、硬組織マーカー発現、石灰化結節形成能について検討していく予定である。

【結論】

凍結した CGF を培地に添加することで、新鮮な CGF、CGF メンブレンを添加した場合と比較し、有意に高いラット歯髄細胞の増殖能が認められた。

JNK 阻害剤はヒト歯髄幹細胞の象牙芽細胞様分化を促進する

1）九州大学大学院歯学研究院 歯科保存学研究分野，2）九州大学病院 歯内治療科
○黄玉鑫[1)]，長谷川大学[2)]，田下滉大[1)]，兼子大志[2)]，前田英史[1,2)]

A JNK inhibitor promotes odontoblast-like differentiation of human dental pulp stem cells

[1)]Department of Endodontology and Operative Dentistry, Faculty of Dental Science, Kyushu University,
[2)]Department of Endodontology, Kyushu University Hospital
○Yuxin Huang[1)], Daigaku Hasegawa[2)], Koudai Tashita[1)], Hiroshi Kaneko[2)], Hidefumi Maeda[1,2)]

【Background and Objective】

Currently, mineral trioxide aggregate (MTA) is regarded as the clinical standard for pulp-capping (Kunert et al., 2020). However, although MTA has an excellent effect on the promotion of the formation of reparative dentin, its anti-inflammatory effect was relatively weak (Kim et al., 2018). Therefore, the exploration of a novel pulp-capping material that has anti-inflammatory effects in addition to promoting reparative dentin formation will result in improving the success rate of vital pulp preservation and expanding its indications. SP600125, an inhibitor of c-Jun N-terminal kinase (JNK), has been reported to induce osteoblastic differentiation of undifferentiated cells (Huang et al., 2012; Guo et al., 2015) and is also known to control the expression of inflammatory factors (Nath et al., 2005; Williams et al., 2007). These findings suggest that SP600125 may also contribute to the promotion of hard tissue formation and anti-inflammatory effects in dental pulp tissue and cells.

In this study, we investigated the effects of SP600125 on odontoblast-like differentiation and inflammatory responses of dental pulp stem cells in order to determine whether SP600125 could be a multifunctional pulp-capping material that has the efficiencies of both reparative dentin formation and anti-inflammatory effects.

【Materials and Methods】

The expression of p-JNK in rat dental pulp tissue was examined by immunohistochemical staining. A human dental pulp stem cell line, 5Y-4 showed dental pulp stem cell-like properties, such as high growth capacity, multipotency (odontoblast-like and adipogenic differentiation), and the expression of stem cell-related surface markers. Alizarin red S (ARS) staining and quantitative RT-PCR (qRT-PCR) were performed to determine whether SP600125 affects odontoblast-like differentiation of 5Y-4. To evaluate the anti-inflammatory effect of SP600125 on 5Y-4, it was added to the culture medium together with inflammation-inducing TNF-α, and the mRNA expression of inflammatory cytokines were examined using qRT-PCR.

【Results】

P-JNK was expressed in rat dental pulp tissue. 5 and 10 μM SP600125 promoted ARS-positive mineralization and the mRNA expression levels of odontoblast-related genes such as *dentin sialophosphoprotein* (*DSPP*), *osteopontin* (*OPN*), *osteocalcin* (*OCN*), and *tyrosine hydroxylase* (*TH*) in 5Y-4 in the odontoblast-like differentiation medium. The mRNA expression levels of inflammatory cytokines such as *IL-1β* and *IL-6*, which were increased by the addition of TNF-α (5 ng/ml), were significantly reduced by the addition of 5 μM SP600125.

【Discussion】

This study suggests that the JNK inhibitor SP600125 may be effective in promoting odontoblast-like differentiation and anti-inflammatory responses of human dental pulp stem cells. Therefore, SP600125 could be a novel pulp-capping material with the efficiencies of both reparative dentin formation and anti-inflammatory effects.

【Conclusion】

The JNK inhibitor promotes odontoblast-like differentiation and anti-inflammatory responses of human dental pulp stem cells.

ヒト歯髄培養細胞における FXa / MAPK シグナルの解析

[1]日本大学松戸歯学部歯内療法学講座, [2]日本大学口腔科学研究所
○中西建人[1]，岡部達[1,2]，神尾直人[1,2]，葉山朋美[1,2]，深井譲滋[1,2]，渡邊昂洋[1,2]，倉持光成[1,2]，
古谷夏子[1,2]，松島潔[1]

Analysis of FXa/MAPK signaling in cultured human dental pulp cells

[1]Department of Endodontics, Nihon University School of Dentistry at Matsudo
[2]Nihon University Research Institute of Oral Science
○Kento Nakanishi[1], Tatsu Okabe[1,2], Naoto Kamio[1,2], Tomomi Hayama[1,2], Joji Fukai[1,2],
Takahiro Watanabe[1,2], Kosei Kuramochi[1,2], Natsuko Furuya[1,2] and Kiyoshi Matsushima[1]

【目的】

活性化血液凝固第 X 因子（FXa）は血漿内に存在する血液凝固因子の一つであり，セリンプロテアーゼに分類される．近年，FXa は凝固メディエーターとしての機能を有するだけでなく，炎症反応を惹起させる炎症性メディエーターとして機能する一面もあることが明らかになってきている．

演者らは日本歯科保存学会 2023 年度秋季学術大会（第 157 回大会）にて，ヒト歯髄培養細胞（HDPc）において FXa を作用させると炎症性サイトカインや COX-2 の遺伝子発現量の増加，COX-2 タンパク質発現量の増加が認められたことを報告し，歯髄組織においても FXa は歯髄炎増悪に関与している可能性を示唆した．しかし，FXa による HDPc 内のシグナル伝達に関する報告は少なく不明な点が多いのが現状である．

そこで我々は，HDPc における FXa 添加時の COX-2 産生に焦点を絞り，COX-2 産生シグナルにおける MAPK の関与を明らかにすべく，MAPK 阻害剤を用いて検討を行った．また，本実験において FXa そのものが炎症反応の起点となっているか確認するため FXa 阻害剤である Rivaroxaban（RVX）を用い，加えて検討を行った．

【材料および方法】

HDPc は日本大学松戸歯学部倫理委員会の承認（承認番号：EC22-21-20-19-19-003-4 号）に基づき，研究のインフォームドコンセントを十分に行って同意を得られた患者の矯正学的理由で抜去された健全な歯から歯髄を無菌的に取り出し，10 %牛胎児血清（FBS）を添加した α-MEM を用いて 5~9 代継代し，37 ℃，5 % CO_2，95 %気相下で培養を行ったものを用いた．

上記条件下で培養した HDPc に対し，FXa（50nM）添加前に RVX（2μM）または MAPK 阻害剤 U0126，SB239063，SP600125（各 10μM）にて前処理を行い，阻害剤存在下と非存在下での COX-2 遺伝子発現量およびタンパク質発現量を比較し検討を行った．遺伝子発現の検討には Real-time PCR 法，タンパク質発現の検討には Western blot 法を用いた．

【結果】

ERK1/2 阻害剤である U0126，p38 阻害剤である SB239063 存在下で FXa を添加した HDPc では COX-2 遺伝子発現量，タンパク質発現量に明らかな抑制が認められたが，JNK 阻害剤である SP600125 存在下で FXa を添加した HDPc においては COX-2 遺伝子発現量およびタンパク質発現量ともに発現の抑制が認められなかった．また，RVX 存在下で FXa を添加した HDPc では RVX 非存在下の場合と比較し COX-2 遺伝子およびタンパク質発現量の増加は認められずコントロールレベルまで減少した．

【結論および考察】

U0126 および SB239063 の前処理により COX-2 遺伝子，タンパク質の発現量が抑制されたことから，HDPc に FXa を添加することにより産生される COX-2 は ERK1/2 MAPK 経路および p38 MAPK 経路が深く関連していることが示唆された．また，RVX の前処理により COX-2 遺伝子発現量およびタンパク質発現量が抑制されたことから FXa 自体が HDPc の COX-2 産生に関与していることが示唆された．

Photobiomodulationによる象牙芽細胞様細胞分化促進とそのメカニズムに関する研究

北海道医療大学 歯学部 口腔機能修復・再建学系 う蝕制御治療学分野
○蔡 期勛, 蔡 欣侑, 斎藤 隆史

Study on photobiomodulation-induced odontoblast differentiation and its mechanism

Division of Clinical Cariology and Endodontology, Department of Oral Rehabilitation,
School of Dentistry, Health Sciences University of Hokkaido
○Chihsun Tsai, Hsinyu Tsai, Takashi Saito

【目的】

近年、歯科治療に低出力近赤外線レーザーの応用が広がっており、Photobiomodulation（PBM 光調節作用） によって細胞修復を促進することが報告されている。これまでNd:YAGレーザー、Er:YAGレーザーの低出力照射により、骨芽細胞、間葉系幹細胞などの細胞増殖、石灰化が促進されることが報告されている。本研究では、新しい象牙質再生技術を開発することを最終目的として、低出力近赤外線レーザー(Nd:YAG レーザー, Er:YAG レーザー) 照射による象牙芽細胞様細胞の細胞増殖、分化、および石灰化への影響を検討し、その作用メカニズムの検討を行った。

【材料および方法】

ラット象牙芽細胞様細胞（MDPC-23）を5%FBS添加DMEM中で培養し、Nd:YAGレーザー（波長1064 nm、Inpulse、インサイシブジャパン）とEr:YAG レーザー（波長2940 nm、Erwin AdvErL EVO、MORITA）を用いて10Hz、および60、80、100、120mJでそれぞれ0、2、5、10、15秒間照射した。細胞増殖への影響についてCCK-8（Dojindo）を用いて評価した。また、ALPase活性を測定することにより分化能への影響を評価した。LightCycler 96 Systemを用いてreal time RT-PCR 法により象牙質形成関連遺伝子であるDMP-1と DSPP mRNA 発現を評価した。さらに、アリザリンレッドS染色により石灰化を評価した。PBMのメカニズムを確認するために、ROSの産生をROS Assay Kit（Dojindo）を用いて測定し、 NF-κB の作用をNF-κB Inhibitor（ BMS-345541、MedChemExpress ）を用いて評価した。 統計処理はOne-way ANOVAとTukey HSDにより行った（$p<0.05$）。

【結果および考察】

80mJ, 10Hz照射条件下で、Er:YAG レーザー照射群およびNd:YAGレーザー照射群における細胞増殖が促進された。また、2秒以上のEr:YAG レーザー照射および10秒以上のNd:YAGレーザー照射によってALPase活性が上昇した。Real time RT-PCR法による分析では、Nd:YAGレーザー、Er:YAGレーザー照射群共に、10秒、 15秒照射群でDMP-1, DSPP mRNA発現が増進された。さらに、アリザリンレッドS染色により両群共に、10秒、15秒照射群において石灰化が促進された。PMB作用を解析するため、Nd:YAGレーザーあるいはEr:YAGレーザー 10秒照射後、即時ROSを測定したところ、両群共にROSの産生が促進された。さらに、5μM BMS-345541添加によって、10秒照射により増進した細胞増殖とALPase活性が有意に低下することが確認された。以上の結果より、組織深達型、表面吸収型の違いはあるものの、低出力近赤外線レーザー照射によるPBM作用メカニズムの一つとして、ROSの適度の増加によりNF-κBを活性化して、細胞増殖・分化を促進することが推測された。

【結論】

本研究では、象牙芽細胞様細胞に低出力近赤外線レーザー照射を行うことにより、細胞増殖、分化および石灰化誘導が促進されることが明らかとなった。低出力近赤外線レーザー照射によりROSがNF-κBを活性化し、細胞増殖を促進して、その後分化と石灰化を誘導することが推測された。これらの結果から、臨床において深在性齲蝕症例や露髄症例にNd:YAG レーザーやEr:YAG レーザーを低出力で応用した際に、迅速に修復象牙質形成を誘導できる可能性が示唆され、本研究結果が新しい象牙質再生技術開発の一助となるものと考えられた。

歯髄組織の維持と再生に必要な adult stem cell の同定

[1]九州大学病院 歯内治療科、[2]九州大学大学院歯学研究院 歯科保存学研究分野
○吉田晋一郎[1]、前田英史[1,2]

Identification of adult stem cells essential for dental pulp maintenance and regeneration

[1]Department of Endodontology, Kyushu University Hospital, [2]Department of Endodontology and Operative Dentistry, Faculty of Dental Science, Kyushu University,
○Shinichiro Yoshida[1], Hidefumi Maeda[1,2]

【背景】近年、生体内に遍在して複数種類の細胞に分化することができる従来の間葉系幹細胞とは異なる Adult stem cell という概念が提唱されている。Adult stem cell は、自己複製能と一つの細胞に特化して分化する能力を有する幹細胞集団であり、生涯を通して組織維持や損傷した組織の再生に重要な役割を果たすことが報告されている(Clevers H, Science, 2015; Bianco P et al., Nat Med, 2013)。歯髄組織の adult stem cell についてはこれまでに同定されておらず、またそれらがどのように歯髄組織の維持と再生に関与するのかは明らかになっていない。本研究では、歯髄組織に存在する adult stem cell を同定し、それらが歯髄組織の維持および再生に及ぼす影響について検討することとした。

【材料と方法】①マウス歯髄組織に存在する adult stem cell を同定するために、シングルセル RNA シークエンス(scRNA-seq)を行い、以下の実験を行った。②生後 4 週の Axin2rtTA; TRE-H2BGFP(Axin2^{GFP})および Axin2rtTA; TRE-Cre; R26tdTomatoFx(Axin2$^{Cre\text{-}Dox}$;R26tdTomato)マウスに 2 mg/ml Doxycycline (Dox)を 3 日間投与して、マウス臼歯歯髄組織における Axin2 の発現ならびに細胞系譜解析を行った。③Axin2 陽性細胞が歯髄創傷治癒に及ぼす影響について検討するために、生後 4 週の Axin2$^{Cre\text{-}Dox}$;R26tdTomato マウスに Dox を投与し、上顎左側第一臼歯咬合面を#6 K ファイルで露髄させ MTA セメントを用いて直接覆髄処置を行った。4 週間飼育後、組織切片を作製して歯髄組織における Axin2 の発現について免疫蛍光染色法を用いて解析した。④単離した Axin2 陽性細胞の組織形成能を検討するために、Dox 投与した生後 4 週の Axin2$^{Cre\text{-}Dox}$;R26tdTomato マウスの臼歯歯髄組織から歯髄細胞を単離し、マトリゲルを担体として腎臓被膜下に移植した。形成された組織について、免疫蛍光染色ならびに実体顕微鏡による観察を行った。すべての実験は、ADA Forsyth Institutional Animal Care and Use Committee の承認の下（承認番号 21-009)で行った。

【結果】①scRNA-seq の結果、マウス臼歯の歯髄組織から 6 つの歯髄細胞集団を検出し、これらの遺伝子発現データの Pseudotime trajectory 解析を行った結果、未分化な細胞集団から象牙芽細胞への分化転換過程を推察することができた。②未分化な歯髄細胞集団では Axin2 が高発現しており、Axin2^{GFP}マウスにおいて Axin2 陽性細胞が根尖部に存在することが明らかとなった。細胞系譜解析の結果、Dox 投与 9 か月後には象牙芽細胞層を含めた歯髄組織全体に Axin2 陽性細胞が認められた。③健常側歯髄組織では根尖部にのみ Axin2 陽性細胞が認められたが、直接覆髄後の歯髄組織においては、根尖部における Axin2 陽性細胞数が健常側と比較して有意に増加し、修復象牙質直下にも Axin2 陽性細胞が認められた。④細胞移植実験の結果、Axin2 陽性細胞は腎臓被膜下において象牙質様硬組織を形成した。

【考察】scRNA-seq および細胞系譜解析の結果、Axin2 陽性細胞は自己複製能と分化能を有し、長期間にわたって歯髄組織の維持に関与する adult stem cell であり、根尖部に局在することが示唆された。また、Axin2 陽性細胞が直接覆髄後の歯髄組織で増加して修復象牙質を形成したこと、更に細胞移植実験において象牙質様硬組織を形成したことから、Axin2 陽性細胞が修復象牙質形成および歯髄創傷治癒に関与することが示唆された。

【結論】歯髄組織の Axin2 陽性細胞は、自己複製能ならびに分化能を有する歯髄組織の維持に重要な幹細胞集団である。Axin2 陽性細胞は直接覆髄後の修復象牙質形成直下に認められ、また異所性に象牙質様硬組織を形成する。以上の結果より、Axin2 陽性細胞は高い組織再生能を有し、歯髄組織再生の細胞源として有用である可能性が示唆された。

【謝辞】本研究を遂行するにあたり、ご指導を賜りました ADA Forsyth Institute の丸山顕潤教授に謝意を表します。

根管貼薬後の水酸化カルシウム製剤の除去性について

鹿児島大学大学院医歯学総合研究科歯科保存学分野
星加知宏，西谷佳浩

The removability of calcium hydroxide preparations after intracanal medication.

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Kagoshima University Graduate School of Medical and Dental Sciences
○HOSHIKA Tomohiro, NISHITANI Yoshihiro

【研究目的】

根管治療において，水酸化カルシウム製剤は世界的にも標準の根管貼薬剤として用いられている．水酸化カルシウムは pH12 と高アルカリ性を示し，殺菌作用，有機物の溶解作用，硬組織誘導など様々な効用を有する．その一方で，イスムス等の微小な空隙や根尖部，根管壁に残存することで根管充填後の緊密な根管充填を阻害する可能性がある．そこで本研究では現在市販されている 2 種の水酸化カルシウム製剤の除去性について検討を行った．

【材料および方法】

本研究では２つの実験を行った．

実験１：歯内療法実習用ブロック END1001-30 に対し、トライオート ZX2（株式会社モリタ）および NiTi ロータリーファイル EndoWave を用いて＃30 まで拡大し，実験に供した．現在市販されている水酸化カルシウム製剤，ジーシーカルフィーペースト（株式会社 GC．以下：CF）およびカルシペックスプレーンⅡ（日本歯科薬品株式会社．以下：CP）を填入し、根管口部をキャビトン（株式会社 GC）にて封鎖し，24 時間 37℃水中浸漬後，ポータブル超音波スケーラー（EMS ピエゾンミニマスターLED およびユニバーサルチップ＃20 を用いて５秒あるいは 10 秒間蒸留水注水下にて洗浄した．実体顕微鏡下にて画像撮影を行い，根尖から 10 ミリの領域における貼薬剤の残存領域の面積比を画像解析ソフトウェア Image J を用いて計測し（N＝10），貼薬剤の除去性について評価した．

実験２：ウシ下顎前歯象牙質面に対して長さ 10 ㎜，幅 0.6 ㎜，最大深部 1mm となる溝を形成し，CF および CP を填入し，37℃湿度 100％条件で 24 時間保管し，器具洗浄用超音波洗浄機を用いて 37 ｋHz の出力で 10 秒あるいは 20 秒間蒸留水中にて洗浄した．実体顕微鏡下にて画像撮影を行い，溝内の貼薬剤の残存領域を計測した（N＝40）．

実験１，２で得られた結果はそれぞれ Two way ANOVA Tukey’s test を用いて有意水準 5％にて統計処理を行った．

【結果】

実験 1 において，いずれの貼薬剤についても洗浄時間が 5 秒の群に対し 10 秒で有意に残存率が低下した．また 10 秒では 2 種の貼薬剤間に有意な差は認められなかったものの，5 秒の洗浄時間では CF 群は CP 群と比較して有意に残存率が低かった．

実験 2 において，CP 群では洗浄時間が 10 秒に対し 20 秒で有意に残存率が低下した．また 20 秒では２種の貼薬剤間に有意な差は認められなかったものの，10 秒では CF 群は CP 群と比較して有意に残存率が低かった．

【考察および結論】

本研究では 2 種の水酸化カルシウム製剤について各種洗浄条件での比較を行った．洗浄時間が長くなると差はなくなるものの，短時間の洗浄において CF では CP と比較して残存率が低かったことより，根管治療において貼薬剤の除去が容易となる可能性が示唆された．CF には両親媒性（AP）ポリマーが配合されており，ポリマーによる吸水が除去性に関与していると考えられ，その詳細なメカニズムの解明については今後の課題としたい．

本研究では株式会社 GC より材料の提供は受けましたが，COI（利益相反）関係はありません．

各種シーラーの根管封鎖性の比較検討
―2種類の根管充塡材料によるアパタイト形成の観察―

[1)]朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯内療法学
[2)]朝日大学歯学部口腔病態医療学講座口腔病理学分野
○堺 ちなみ[1)],木方一貴[1)],宮本侑果[2)],長谷川智哉[1)],山崎真帆[1)],伊藤友見[1)],河野 哲[1)]

Comparative study of root canal sealing ability of various endodontic sealers
―Observation of apatite formation with two types of root canal filling materials-

[1)]Department of Endodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry
[2)]Department of Oral Pathology, Division of Oral Pathogenesis and Disease Control, Asahi University School of Dentistry.
○Chinami Sakai[1)],Kazuki Kiho[1)],Yuka Miyamoto[2)],Tomoya Hasegawa[1)],Maho Yamazaki[1)],Tomomi Ito[1)], Satoshi Kawano[1)]

【緒 言】

根管治療の最終段階である根管充塡は使用材料の封鎖性が重要なファクターであり、多様な器具や器材、材料の研究・開発が行われている。酸化亜鉛ユージノールを使用した側方加圧根管充塡法が最も一般的な根管充塡法であったが、シーラーである酸化亜鉛ユージノールは硬化後の収縮により辺縁封鎖性に劣ることが知られており、酸化亜鉛ユージノールシーラーの使用量を減らすContinuance Wave Condensation Techniqueなどの充塡法も広がっている。一方、近年では、封鎖性の高い材料をシーラーとして用いたHydraulic Condensation Techniqueが注目されており、ケイ酸カルシウムを配合した材料では硬化時の膨張や、アパタイトの析出により高い封鎖性が期待されている。これまでに本邦では、ケイ酸カルシウムを含む根管充塡材料としてプレミックスで水と反応して硬化する水酸化カルシウム系歯科用根管充塡材料と、脂肪酸と酸化マグネシウムの反応により硬化する歯科用根管充塡シーラーが根管充塡材として承認されている。今回我々は、上述の2種類の根管充塡材料の硬化後の変化の確認を行い、比較したため報告する。

【材料および方法】

根管充塡材は水酸化カルシウム系歯科用根管充塡材料としてBio-Cシーラー（ヨシダ）と、歯科用根管充塡シーラーとしてMTAマルチシーラー（クラーク）を用いた。深さ5㎜、直径11㎜の円柱状の孔を有するエポキシレジンブロックを作製し、円柱状の孔に根管充塡材を塡塞した。充塡後は、擬似体液に浸漬させ1週間37℃恒温環境にて保管した。1週後にそれぞれの試料を乾燥し、オスミウム蒸着を施し、走査型電子顕微鏡（SEM, JSM-IT200)にて観察を行った。

【結果および考察】

Bio-Cシーラーでは、1～2μm不定形の結晶構造が多数確認された。MTAマルチシーラーに関しては、1～2μm不定形の結晶構造が一部に確認された。どちらも擬似体液と反応し、アパタイト様結晶構造が析出したと考える。Bio-CシーラーはMTAマルチシーラーと比較するとアパタイト様結晶構造の形成量が極めて多いことが確認された。

【結 論】

水酸化カルシウム系歯科用根管充塡材料および、歯科用根管充塡シーラーではともに擬似体液と反応しアパタイト様の結晶構造が確認されたが、水和反応で硬化する水酸化カルシウム系歯科用根管充塡材料のほうが多くのアパタイト様結晶構造の形成が行なわれていることが示された。

水酸化カルシウム製材の貼薬による牛歯への影響

株式会社ジーシー　研究所[1)]，昭和大学　電子顕微鏡室[2)]
○三谷　将弘[1)]，髙木 孝士[2)]，小神　浩幸[1)]，佐藤　拓也[1)]

The effect of calcium hydroxide dressed on bovine teeth

R&D Department,　GC Corporation[1)] . Center for Electron microscopy,　Showa University School[2)]
○MITANI Nobuhiro[1)],　TAKAKI Takashi[2)],　KOGAMI Hiroyuki[1)],　SATO Takuya[1)]

【緒言】

水酸化カルシウムは高い pH により殺菌作用の他，硬組織の形成促進作用もあるとされ，これを主成分とする製材が根管貼薬材として広く用いられる. しかしその一方で，この製材を長期間根管内に適用した場合，歯質が脆弱になる可能性が指摘されている．本研究では，2023 年 8 月に発売となったジーシー　カルフィー・ペーストと他社製水酸化カルシウム製材で処理した牛歯根部象牙質における貼薬期間の影響について知見を得たので報告する.

【材料と方法】

被験製材は，ジーシー　カルフィー・ペースト（ジーシー昭和薬品）と市販の水酸化カルシウム系歯科根管充填材料・計 2 種を用いた. 両製材を牛歯の根部象牙質に塗布し，推奨される臨床適用期間の上限及びそれを超えた期間を想定し，37℃湿潤環境下で 2 週間又は 1 ヵ月静置した後，NEX　ENDO-SONIC（ジーシー）による超音波洗浄を行った．無塗布で同様の処置を行った牛歯根部及び,洗浄後の根部について，卓上形精密万能試験機 AGX-V（島津製作所）を用いて 1mm/min のスピードで圧力を加え,破壊強度を測定した（ｎ＝20）. また薬剤を塗布した根管内部を SEM 観察し，象牙質細管を中心とした表面形態の比較を行った.

【結果と考察】

破壊強度の結果は，以下の通りであった.

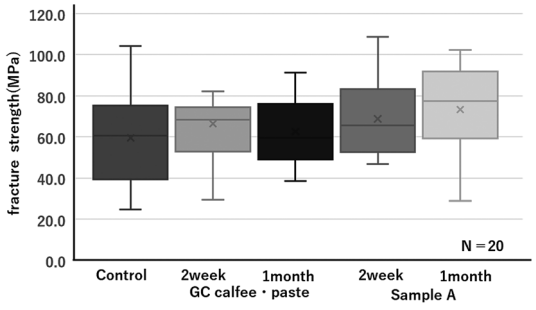


Fig. Measured fracture strength

2 週間及び 1 ヵ月の塗布期間内での比較で両製材と無塗布において牛歯の破壊強度の範囲に差はなく，製材の有無や製材の種類による影響の差は見出されなかった．ただし，牛歯の破壊強度には個体間差が大きく，破壊強度の変化を追跡するには方法論的に限界があった可能性は否定できなかった.

SEM を用いて根管内表面の形態を観察したところ，今回の洗浄条件では根管内表面に水酸化カルシウム製材の洗浄残りが多く観察され，表面形状の組織学的比較は困難であったが，根管内で確認できた象牙質細管の開口部直径においてはコントロール群と水酸化カルシウム製材塗布群に形態学的な差異は観察されなかった.

今後，水酸化カルシウム製材の洗浄時間や洗浄方法の最適化，洗浄用溶媒の検討等によって洗浄残りを排除し，根管表面の物理化学的特徴の変化を形態学的に観察する手法を確立し，評価していくことが重要であると考える.

また，今回 SEM により観察された製材の洗浄残りは臨床現場でも生じていることが推測され，これが修復材料の接着に影響を与えている可能性があることが推測された.

各種根管充塡用シーラーにおける *Enterococcus faecalis* に対する抗菌効果

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座
○井口皓一朗、樋口直也、藤田将典、諸冨孝彦

Antibacterial effects of various root canal sealers against *Enterococcus faecalis*

Department of Endodontics, School of Dentistry, Aichi Gakuin University
○INOKUCHI Koichiro, HIGUCHI Naoya, FUJITA Masanori, MOROTOMI Takahiko

[目的]

根管充塡は根管治療の予後を左右する重要なステップである。現在、根管充塡用シーラー（以下シーラー）は根管充塡に必須の材料と考えられており、多くの製品が製造、販売されている。根管充塡材（剤）に求められる所要性質の一つに消毒/抗菌作用を有することが挙げられている。シーラーの抗菌効果は微小漏洩にも関与する因子であり、これまで多くの研究結果が報告されているが、見解が必ずしも一致していない。そこで我々は、代表的なシーラーの *Enterococcus faecalis* に対する抗菌効果について検索し、興味深い知見を得たため報告する。

[材料および方法]

被検体として、エポキシ系レジンシーラーである AH プラス（Dentsply Sirona）、MMA 系レジンシーラーであるメタシールソフト（サンメディカル）、酸化亜鉛ユージノール系シーラーであるキャナルス（ジーシー昭和薬品）、水酸化カルシウム系シーラーであるデンタリス NX（ネオ製薬工業）を用いた。

以下の実験①、②を各々３回繰り返し、*Enterococcus faecalis* に対する抗菌性を評価した。

実験１（コロニーカウントでの評価）：96 穴マイクロプレートに定量の各シーラーをシリンジで注入した直後、分光光度計（600nm）で 0.1 に調製し 10 倍稀釈した *E. faecalis* の菌液 200 μl を注入した。37℃・湿度 100%で好気的に培養し、24 時間後に *E. faecalis* を回収した。その後、段階希釈法でコロニーをカウントし、生菌数を算出した。

実験２（阻止円での評価）： BHI 寒天培地に、分光光度計（600nm）で 0.1 に調整した *E. faecalis* の菌液 100 μl を広げた後、内径 7㎜、高さ 3㎜のポリプロピレン製円筒形型枠を静置し、定量の各シーラーをシリンジで注入した。37℃・湿度 100%の条件下で好気的に培養し、24 時間後、阻止円の大きさを１試料につき無作為に３ヶ所計測し、平均値を算出した。

[結果]

実験1では、すべてのシーラーで有意に検出細菌数の減少が認められた。メタシールソフト、キャナルス、デンタリス NX については、$10〜10^2$ レベルの検出細菌数であったが、AH プラスにおいては 10^5 レベルであり、その他のシーラーより比較的多くの菌数が検出された。

実験2において、阻止円の大きさは、メタシールソフト、キャナルス、デンタリス NX の順で大きい傾向を示した。AH プラスでは、阻止円が認められなかった。

[考察]

生体親和性と抗菌効果は基本的には反比例すると考えられるが、生体親和性が高いとされているメタシールソフトについて、比較的高い抗菌効果が認められた。これは、本研究では練和直後から 24 時間後までを対象としたためであることが原因であると思われる。

世界的に広く使用されている AH プラスについて、本研究では、実験1（コロニーカウント）で認められた抗菌効果が、実験2（阻止円）でみられなかった。これは、実験2に使用した細菌数が影響したと思われる。

[結論]

練和直後から 24 時間後では、いずれのシーラーにおいても抗菌効果が認められたが、AH プラスの抗菌効果は比較的低いことが示唆された。

バイオセラミックス系シーラーの混和条件の違いによる骨芽細胞への影響

日本大学歯学部歯科保存学第Ⅱ講座[1]，日本大学歯学部総合歯学研究所高度先端医療研究部門[2]
○岡野真之[1]，安川拓也[1,2]，林 誠[1,2]，真下恵里奈[1]，鶴岡梨奈[1]，吉水明沙子[1]，武市 収[1,2]

Effect of different mixture conditions of bioceramics sealer on osteoblast

Departments of Endodontics[1], Division of Advanced Dental treatment, Dental Research Center[2], Nihon University School of Dentistry
○Masayuki Okano[1], Takuya Yasukawa[1,2], Makoto Hayashi[1,2], Erina Mashimo[1], Rina Tsuruoka[1], Asako Yoshimizu[1], Osamu Takeichi[1,2]

【研究目的】

日常臨床で用いられる根管充填剤および根管充填シーラーは，根尖周囲組織に近接することから高い生体親和性が必要とされている。近年，歯内療法領域においてバイオセラミックスを含む歯科材料が広く臨床応用されており，そのなかでもバイオセラミックス系シーラーの普及は著しい。今回，2 つのバイオセラミックス系シーラーに着目した。MTA Multi Sealer (Clark) には MTA が，Nishika Canal Sealer BG multi (日本歯科薬品) にはバイオアクティブガラスの一種であるカルシウムシリケートガラスが配合されており，2 つのシーラーの特徴として付属する粉末成分の量を調整することで，クリーム状やパテ状など性状を変えることが可能である。根管充填や覆髄などの用途に合わせて稠度を調整できるが，その比率の変化による生物学的作用や骨芽細胞への影響は明らかにされていない。また，粉末にはそれぞれケイ酸カルシウムや水酸化カルシウムが配合されており，放出される Ca^{2+} によって生物学的な作用を発揮できるのではないかと推察されるが，その影響については不明である。本研究の目的は，異なる混和比で作成した試料が骨芽細胞にどのような影響を与えるかを明らかにすることである。

【材料および方法】

被験試料は MTA Multi Sealer (Clark) と Nishika Canal Sealer BG multi (日本歯科薬品) の 2 種類で，対照試料として ProRoot MTA (DENTSPLY) を用いた。また，マウス頭蓋冠由来株化骨芽細胞である MC3T3-E1 細胞を用いた。

1. 試料の調整

MTA Multi Sealer は製造者の指示通り粉液比 1:1 および 2:1 の条件にて練和，Nishika Canal Sealer BG multi はペースト/パウダー重量比 10:0 および 10:6 の条件にて練和物を作製した。ProRoot MTA は製造者の指示通りに混和した。これらの試料を直径 9mm，厚さ 3mm の型枠に填入し，37℃，湿度 100%，5%CO_2 の条件下で 24 時間静置し硬化させ，硬化確認後 α-minimum essential medium (α-MEM) 中に 3 日間浸漬した。その後，MC3T3-E1 細胞を播種した細胞培養用プレートのウェル上に試料をのせた cell culture insert を静置した。なお，培養期間は培養液を交換する一般的な期間である 3 日間と設定し，被験試料を設置しないものを陰性コントロールとした。

2. MC3T3-E1 細胞に対する生体親和性

被験試料の生体親和性について，Cell counting kit-8 (同人化学) を用いて細胞数を測定した。

3. 被験試料から遊離する Ca^{2+} 濃度の測定

本実験条件における被験材料より遊離する Ca^{2+} 濃度を Calcium E-test Wako (和光純薬) を用いて測定した。

【結果】

細胞数測定試験では，培養 1 日目および 2 日目において陰性コントロールと差は認められなかったが，培養 3 日目において，MTA Multi Sealer の細胞数は混和条件に関わらず，陰性コントロールと同程度の増加を認め，Nishika Canal Sealer BG multi は陰性コントロールよりも減少する結果となった。また，Ca^{2+} 濃度測定試験では MTA Multi Sealer の 2 つの混和試料はともに 1 日目から 3 日目にかけて経時的に増加し，約 5mg/dl まで上昇した。これは MTA と同程度の Ca^{2+} の放出量であった。Nishika Canal Sealer BG multi では 1 日目に約 3mg/dl の Ca^{2+} を放出し 3 日目まで濃度の変化は認められなかった。

【考察および結論】

以上のことから，Nishika Canal Sealer BG multi は経時的な Ca^{2+} 濃度の増加は認めず細胞数が減少したが，MTA Multi Sealer は MTA と同程度の Ca^{2+} を放出し，陰性コントロールと同程度の増加を認めたことから，MTA Multi Sealer は骨芽細胞の増殖に影響を与えないシーラーである可能性が示唆された。

MTA 材料の被覆に適したセルフアドヒーシブ型レジンセメントの探索

サンメディカル株式会社 研究開発部
○紙本宜久、秋野知紘、竹部真希

Exploration of self-adhesive resin cements suitable for covering the MTA

SUN MEDICAL CO., LTD. Research and Development Dept.
○Yoshihisa Kamimoto, Chihiro Akino, Maki Takebe

【緒言】

MTA（Mineral trioxide aggregate）は覆髄材料の中でも優れた硬組織誘導能を有し、マイクロリーケージが少ないなどアドバンテージが高い材料である一方で、操作性に劣ること、硬化時間が非常に長いことが欠点として挙げられている。現在では操作性を改良したペースト型のレジン系 MTA 材料が市販されている。長い硬化時間を要する点については、MTA の水和反応が緩やかである特性上改良の余地が残っており、MTA 材料を露髄面及び根尖部に適用した後、ボンディング材適用時のエアブローによって起こる形状の崩壊が問題となっている。本研究では、直接的な原因である MTA 材料適用後のボンディング操作を省略可能とするセルフアドヒーシブ型の接着性材料を探索することを目的としている。露髄面又は根尖部分に適用した MTA 材料の上からセルフアドヒーシブ型のレジンセメントを積層することを想定すると、コンポジットレジンと同様に重合収縮率が象牙質－レジンセメント間の接着界面の良否に影響することが考えられる。加えて、MTA に対する被覆性を考慮してレジンセメントを選定する場合には、ボンディング材適用後のエアブローに対する圧力に抵抗するため、光照射による重合性や硬化深度についても検討に入れる必要がある。よって、セルフアドヒーシブ型レジンセメントの重合収縮率及び硬化深度を評価した。

【材料と方法】

近年、バイオアクティブモノマーである Calcium salt of 4-methacryloxyethyl trimellitate （C-MET）含有のユニバーサルアドヒーシブ併用型セルフアドヒーシブセメントである ZEN ユニバーサルセメント（クルツァージャパン）が発売された。本製品に加え、他社レジンセメント製品（以下、製品 A 及び B）の重合収縮率と硬化深度の評価を行った。重合収縮率は、分包された重合前の 2 種のペーストと重合後の硬化体の密度を乾式密度計を用いて測定し、その密度から重合収縮率を算出した。

また、硬化深度については、φ3 mm×15 mm の金型に各レジンセメントを充填し、歯科用光照射器 Pencure2000（モリタ）を用いてメーカー指定の照射時間で光重合を行った。化学重合が起こる前に速やかに金型から硬化体を取り出し、未硬化のペーストを除去した後、硬化体の厚みをノギスを使い実測値を測定した。

【結果と考察】

重合収縮率の評価について、ZEN ユニバーサルセメントは 4.59%、製品 A は 6.38%、製品 B は 4.76%であり、ZEN ユニバーサルセメントが最も低い重合収縮率を示した。硬化深度の実測値について、ZEN ユニバーサルセメントは 4.88mm、製品 A は 4.86 mm、製品 B は 6.69mm であり、製品 B が最も高い硬化深度を示した。重合収縮率及び硬化深度については各製品によって性能が異なることが分かった。MTA 材料への積層については優先される性能を考慮し、引き続き接着性などの評価を進める計画である。

セリウム酸ストロンチウムを添加したポルトランドセメントの物性評価

東京医科歯科大学(TMDU) 大学院医歯学総合研究科　口腔機能再構築学講座
[1]歯髄生物学分野　[2]先端材料評価学分野
○石通昌治[1]，川島伸之[1]，宇尾基弘[2]，輿地隆史[1]

Evaluation of Physical Properties of Portland Cement Added with Distrontium Cerate

[1]Department of Pulp Biology and Endodontics, [2]Department of Advanced Biomaterials,
Division of Oral Health Science, Graduate School of Medical and Dental Sciences,
Tokyo Medical and Dental University (TMDU)
○ISHIDORI Masaharu[1], KAWASHIMA Nobuyuki[1], UO Motohiro[2], and OKIJI Takashi[1]

【緒言】

MTAセメントは高い生体親和性，硬組織形成能を有しており，直接覆髄をはじめとする歯内治療に広く使用されている．しかし，X線造影材として添加されている酸化ビスマスは，変色やセメント物性低下の原因となることが指摘されている．我々は，高いX線吸収能を有し，硬組織誘導能が報告されているストロンチウム(Sr)およびセリウム(Ce)に着目し，それらの複合酸化物であるセリウム酸二ストロンチウム（$2SrO \cdot CeO_2$；以下S_2Ce）粉末を合成し，これが水和硬化することを報告した（Materials (Basel) 2021;15:284)．しかし，S_2Ceの圧縮強度は1日目には69 MPaを示すものの28日後にはその半分以下に低下した．S_2Ceの高いX線吸収能およびSr^{2+}放出能を生かしながら物性安定性向上を図るため，ケイ酸三カルシウムを主成分とする歯科材料用ポルトランドセメント（ネオホワイトピュア®，太平洋セメント株式会社；NP）に着目し，NPへS_2Ceを添加し，X線不透過性，圧縮強さ，イオン溶出能を評価した．

【材料および方法】

X線造影性試験はISO6876：2012に準じて行った．水と練和したNP，ProRoot MTA (Dentsply Sirona; PR) および10%，20%，30% S_2Ce添加NP（10%，20%，30% S_2Ce）を，直径8 mm，高さ1 mmの型内で硬化させ，円盤状のサンプルを作製した．サンプルおよびアルミニウム製ステップウェッジ（厚さ1～12 mm）をX線イメージングプレートに載せ，歯科用X線装置（MaxiX）を用い，電圧70 kV，電流7 mA，照射時間 1 s，距離30 cmでX線を照射した．得られた画像のグレー値を画像解析ソフトウェア（ImageJ）で解析し，アルミニウム当量（mm Al)を求めた．圧縮強度試験はISO 9917-1; 2007に準じて行った．NP，30% S_2Ce添加NP（30% S_2Ce）を混水比0.36で練和し，直径4 mm，高さ6 mmの円柱形のステンレス製モールドに充填し，37℃，湿度100%で1あるいは28日静置後，万能試験機（EZ-LX）にて圧縮強さ（MPa）を測定した．イオン溶出量を検討するため，水と練和したNP，PRおよび30% S_2Ceを直径10 mm，高さ2 mmのプラスチック型に充填し，37℃，湿度100%で24時間硬化させた後，型に入れたまま，滅菌蒸留水10 mLに1，3，7日間浸漬した．溶液中のイオン濃度は，誘導結合プラズマ発光分光法にて測定した．得られたデータの統計は，一元配置分散分析およびTukey-Kramer法を用い，有意水準0.05で評価した．

【結果および考察】

10%，20%，30% S_2CeのX線不透過性はそれぞれ2.16±0.10，3.77±0.17，4.75±0.34（mm Al）であった．約20%の酸化ビスマスを含むPRのX線不透過性は4.68±0.78（mm Al)であり，30% S_2Ceのそれとほぼ同等であった（$p > 0.05$）． 練和1日目において，30% S_2Ceの圧縮強さは25.3 ± 2.4 MPa，NPは43.1±10.7 MPa，練和28日目において30% S_2Ce は46.4±6.7 MPa，NPは69.2±4.2 MPaであった．PRはそれぞれ27.4 MPa（J Endod 2011; 37: 58-62）および86.0 MPa（J Endod 2006; 32: 193-197)と報告されている．また， 100% S_2Ceは練和直後の高い圧縮強度が経時的に低下したが，S_2CeをNPと混和すると，練和28日目の圧縮強さは練和1日目と比較して有意に増加した($p < 0.05$)．Ca^{2+}溶出量は経日的に増加し，7日後では30% S_2Ce（194.2 mg/L)はNP(153.2 mg/L)，PR(136.3 mg/L)と比較して有意に多量であった($p < 0.05$)．Sr^{2+}の溶出は30% S_2Ceのみ確認された（7日目：55.3 mg/L)．

【結論】

30% S_2Ceの圧縮強さはNPと比較して低かったが，練和後経時的に増加する傾向を示した．また30% S_2Ceは高いCa^{2+}およびSr^{2+}放出能を有し，かつPRと同等のX線不透過性を示した．

C-MET 含有セルフアドヒーシブレジンセメントおよびレジン系 MTA 材料との組み合わせによる根管象牙質接着性の評価

サンメディカル株式会社 研究開発部
○竹部真希、秋野知紘、紙本宜久

Evaluation of root canal dentin adhesion with resin cement containing C-MET in Combination with Resin-based MTA Material

SUN MEDICAL CO., LTD. Research and Development Dept.
○Maki Takebe, Chihiro Akino, Yoshihisa Kamimoto

【緒言】

弊社で販売している歯科用覆髄材料のスーパーMTA ペースト（以下、S-MTA）は、レジン系 MTA（Mineral Trioxide Aggregate）材料特有の良好なシール性と操作性を持っている。一方で、MTA 系の材料は水和反応によって硬化するまでの時間が長く、歯面上での形状保持性が低い傾向にある。そのため、MTA 材料を露髄面及び根尖部に適用した後、ボンディング材適用時のエアブローによって起こる形状の崩壊が問題となっている。本研究では、直接的な原因である MTA 材料適用後のボンディング操作を省略可能とするセルフアドヒーシブタイプの接着性材料を探索することを目的としている。候補材料として、再石灰化能が期待できるバイオアクティブモノマーの Calcium salt of 4-methacryloxyethyl trimellitate（以下、C-MET）を含有するセルフアドヒーシブレジンセメントの ZEN ユニバーサルセメントを選定して、根尖部に対する接着性、並びに S-MTA 及び ZEN ユニバーサルセメント硬化体の疑似体液中でのリン酸カルシウム結晶の形成能についても併せて評価した。

【材料と方法】

本研究では、レジン系 MTA 材料の S-MTA（サンメディカル）と、ユニバーサルアドヒーシブ併用型セルフアドヒーシブセメントの ZEN ユニバーサルセメント（クルツァージャパン）を用いて評価を行った。根管象牙質に対する接着性評価については、以下の通りである。抜髄した牛歯根管を根尖から約 10 mm ほど残すようアイソメットでトリミングした後、ダイヤモンドバーで根管形成を行った。エアブローで根管内部を乾燥し、メーカー指定の方法で練和した S-MTA を根尖部に填塞した後、ZEN ユニバーサルセメントを積層した。歯冠部方向から根尖方向に対して 5 秒間光照射を行い、セメントを硬化させた。疑似体液に 5 日間浸漬した後、アイソメットで歯軸方向に平行に割断し、バフ研磨後に接着面を走査型電子顕微鏡にて観察を行った。

また、リン酸カルシウム結晶の形成能の評価については以下の通りである。S-MTA 及び ZEN ユニバーサルセメントをそれぞれφ10 ㎜×2 ㎜のテフロン型に充填して硬化させた。疑似体液の作製方法および硬化体の浸漬方法は ISO23317 に準拠して実施した。浸漬 5 日後に取り出し流水にて軽く洗浄後に十分に乾燥させ、走査型電子顕微鏡で各硬化体表面のリン酸カルシウム結晶の有無を確認した。

【結果と考察】

根管象牙質への接着性について、根管象牙質と S-MTA、S-MTA と ZEN ユニバーサルセメント、ZEN ユニバーサルセメントと根管象牙質の、それぞれの界面を走査型電子顕微鏡で観察したところ、全ての界面で亀裂は無く良好な接着界面を示していた。特に、根管象牙質-S-MTA 界面および、根管象牙質-ZEN ユニバーサルセメント界面においてはレジンタグの形成を認めた。また、疑似体液中に浸漬した S-MTA 及び ZEN ユニバーサルセメントの硬化体表面を走査型電子顕微鏡で観察したところ、どちらの硬化体表面にもリン酸カルシウム結晶を確認することが出来た。

これらの結果から、ZEN ユニバーサルセメントは MTA 系材料の形状保持および再石灰化能に寄与する可能性が示唆された。

炭酸カルシウムを主成分とした新規歯科用知覚過敏抑制材料の象牙細管封鎖と生体適合性

1)大阪歯科大学歯学部口腔病理学講座、2)大阪歯科大学歯学部口腔治療学講座

○岡村友玄 1)、磯野治実 1)、鈴木克京 1)、芳鐘雄大 1)、稲本雅之 2)、前田博史 2)、富永和也 1)

Dentinal tubule occlusion and biocompatibility of a new calcium carbonate-based dental hypersensitivity control material

1)Department of Oral Pathology, Osaka Dental University,

2)Department of Oral Pathology, Osaka Dental University

○Tomoharu OKAMURA, Harumi ISONO, Katsuhiro SUZUKI, Takehiro YOSHIKANE, Takeshi INAMOTO, Hiroshi MAEDA, Kazuya TOMINAGA

〈目的〉

象牙質知覚過敏症（DH)の原因は諸説あるが、象牙細管開口による象牙細管内液の移動が有力視されている。そのため、象牙細管を封鎖する方法が一般的なDH治療法である。象牙細管を封鎖する材料には、物理的強度と生体適合性とが特性として求められる。主成分が炭酸カルシウムとリン酸とで構成される新規歯科用知覚過敏抑制材料は、最終的にリン酸カルシウムとなり象牙細管を封鎖する。しかしながら、この材料の象牙細管封鎖性が超音波洗浄後に維持されているかどうかは不明である。また、この材料の最終化合物であるリン酸カルシウムは生体を構成する元素と同じ物質で構成されるため、生体適合性が期待できる。そこで今回の研究では、新規歯科用知覚過敏抑制材料の象牙細管封鎖性を超音波洗浄の前後に走査型電子顕微鏡(SEM)で観察した。また、この材料を生体内で歯に適応した場合に接触する可能性がある細胞とともに培養することで生体適合性を観察した。

〈材料と方法〉

本研究では、新規歯科用知覚過敏抑制材料（フォースディンティン®: 4D、メディボ、大阪）を使用した。4DのA液、B液をそれぞれ0.5gずつウシ象牙質に塗布し、その後超音波洗浄を2分間行い、SEMで象牙細管封鎖性を観察した。*in vitro*では、4DのA液、B液を2gずつ計量し、混和したものを細胞培養用6wellプレートに添加して、ヒト歯髄由来線維芽様細胞（hDDPF)、ヒト歯根膜線維芽細胞（hPLF)、ヒト骨芽細胞（hOB）を細胞密度2.04-2.16 $\times 10^5$/mLで播種し培養した。生体適合性試験の、対照群は培養液に4Dを非添加とした。培養期間は1および7日とし、ミトコンドリア活性をWST法で、細胞の生死をLive/Dead kit IIで染色し、共焦点走査型レーザー顕微鏡で観察した。統計処理は*SNK* testを用い、有意水準は$p<0.05$とした。本研究は大阪歯科大学動物実験委員会によって承認された（動物実験承認番号：22-03001)。

〈結果と考察〉

SEMで観察すると、4Dは象牙細管を封鎖していた。この現象は、超音波洗浄の後においても観察された。すなわち、4Dの象牙細管封鎖性は2分間の超音波洗浄に耐えうるものと考えられる。象牙細管封鎖部はSEM的に楕円形、立方形、直方形などの結晶で封鎖されていた。4DのA液に含まれる顆粒は球状であるため、立方形や直方形などの結晶構造は、A液とB液とを反応させることによる微細構造の変化と考えられた。また、これらは超音波洗浄後も象牙細管内にとどまったため、象牙細管と嵌合あるいは接着することが示唆された。hDDPF、hPLFおよびhOBのいずれの細胞においても培養1日後で、対照群に比較して実験群において統計学的有意なミトコンドリア活性を認めた。培養7日後の4D添加群では、いずれの細胞においてもオーバーコンフルエント状態を観察した。これらの結果から、hDDPF、hPLFおよびhOBに対して4Dは生体適合性があり、生理活性を促進させる物質となりうる可能性がある。

〈結論〉

4Dは、象牙細管を封鎖し、超音波洗浄に耐えうる封鎖強度を有する。また、4Dは、hDDPF、hPLFおよびhOBに対して生体適合性があり、生理活性を促進する物質である可能性が示唆された。

均一二相性リン酸カルシウムセメント（Biphasic calcium phosphate cement）による試作象牙質知覚過敏抑制材の象牙細管封鎖性について

日本大学歯学部歯科保存学第II講座[1]，歯科保存学第I講座[2]，日本大学歯学部総合歯学研究所高度先端医療研究部門[3]，
総合歯学研究所生体工学研究部門[4]，日本大学歯学部[5]，菅原歯科[6]
○井上聖也[1]，鈴木裕介[1,3]，林　誠[1,3]，石井佳笑[1]，石井　亮[2,4]，高見澤俊樹[2,4]，菅原明喜[5,6]，武市　収[1,3]

The Property of Dentin Tubule Occlusion by Biphasic Calcium Phosphate Cement as a Prototype Desensitizing Material

Departments of Endodontics[1], Operative Dentistry[2], Divisions of Advanced Dental Treatment[3],
Biomaterials Science[4], Nihon University School of Dentistry[5], and Sugawara Dental Clinic[6]
○Seiya Inoue[1], Yusuke Suzuki[1,3],Makoto Hayashi[1,3],Kae Ishii[1],Ryo Ishii[2,4],Toshiki Takamizawa[2,4],Akiyoshi,Sugawara[5,6],Osamu Takeichi[1,3]

【研究目的】

象牙質の露出による一過性の冷水痛あるいは擦過痛を主症状とした象牙質知覚過敏症（Hys）と診断される症例が増加している。Hys の治療には薬物塗布が第一選択とされ，多数の製品が臨床応用されている。それら Hys 抑制材の作用機序は各々異なるが，その中で象牙細管をハイドロキシアパタイト（HA）で封鎖する方法が挙げられる。

一方，演者らは，HA を生成するセメントとして，α-リン酸三カルシウム（α-tricalcium phosphate: α-TCP）とリン酸四カルシウム（tetracalcium phosphate: TTCP）が同一粒子中に分散した均一二相性リン酸カルシウムセメント（Biphasic calcium phosphate cement: BCPC）を骨補填材や根管充填材として試作している。本セメントは単峰性の粒度分布[1)]を示し，HA の迅速かつ効率的な生成を認めている。

本研究の目的は，BCPC が HA 生成による象牙細管封鎖を作用機序とした Hys 抑制材としての可能性について，象牙細管の封鎖状態を従来の Hys 抑制材と比較検討することである。

【材料および方法】

① 供試材料

Powder　BCPC 粉末（Median Diam 8.2 ㎛）+1.5 M クエン酸 3 ナトリウム

Liquid　酸性リン酸カルシウム溶液　(P/L 比 3.0)

対照材料　ティースメイト®ディセンシタイザー，（クラレノリタケデンタル）

② 象牙質知覚過敏試片の作製

ウシ下顎前歯歯頸部象牙質をモデルトリマー（MT 10,モリタ東京製作所）および自動研削機（Buehler Minitech, Presi）を用いて，4×4×1 mm のブロック体に調整した。その後，耐水シリコーンカーバイトペーパー#800，#1,200，#2,500 の順で研磨し，超音波洗浄したものを象牙細管開口モデルとした。

③ BCPC の塗布

BCPC を混和 10 秒後，塗布時間 20，30，および 40 秒後，水洗・乾燥する。

④ 走査電子顕微鏡（SEM）観察

BCPC 処理直後の試片を tert-ブタノール濃度上昇系列に順次浸漬した後, BCPC 塗布歯面の象牙細管の封鎖性を, SEM（ERA-8800FE; Elionix）を用いた形態観察で評価した。

【結果および考察】

本実験条件下での希釈率の違いによる象牙細管の封鎖性の影響はみられなかった。塗布時間については 20 秒では開口した象牙細管が目立ち，塗布時間の増加に伴い象牙細管封鎖性の向上が観察された。

【結論】

本実験の結果から，塗布後 30 秒以降の BCPC は適切な象牙細管封鎖能を有しており，象牙質知覚過敏抑制材としての応用が可能であると考えられた。

1) Sugawara A. Method for controlling work time for forming shape of biphasic self-setting calcium phosphate.US Patent : No.10322211, 2019

AI を応用したパノラマエックス線検査における根尖性歯周炎の画像診断支援（第 2 報）

愛知学院大学歯学部歯内治療学講座[1]，総合歯科医学教育講座[2]，
大阪歯科大学歯学部歯科放射線学講座[3]，愛知学院大学歯学部歯科放射線学講座[4]，
○柴田直樹[1]，稲本京子[2]，福田元気[3]，内藤宗孝[4]，有地榮一郎[4]，有地淑子[3]，諸冨孝彦[1]

Computer-aided diagnosis of apical periodontitis in panoramic radiography using artificial intelligence (2nd report)

Departments of [1]Endodontics, [2]Dental Education, School of Dentistry, Aichi Gakuin University,
[3]Department of Oral Radiology, School of Dentistry, Osaka Dental University,
[4]Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Aichi Gakuin University
○SHIBATA Naoki[1], INAMOTO Kyoko[2], FUKUDA Motoki[3], NAITOH Munetaka [4],
ARIJI Eiichiro[4], ARIJI Yoshiko[3], MOROTOMI Takahiko[1]

【緒言】

我々は，本学会第 159 回学術大会において，深層学習（Deep Learning：DL）による人工知能（Artificial Intelligence：AI）はパノラマエックス線（PAN）画像における根尖性歯周炎（AP）の 6 割以上を検出し，その診断精度は臨床経験 3 年以内の本院歯内治療科診療部所属の歯科医師を上回る傾向が認められることを報告した．そこで今回は，特定の専門分野に所属しない開業歯科医師を対象に同様の検索を行うことにより，AI による画像診断支援（Computer-Aided Diagnosis：CAD）としての有効性の範囲を再検証した．

【材料・方法】

DL には YOLO（You Only Look Once）v7 を用い，前回の報告で使用したものと同一の PAN 画像 685 枚（AP 数は上・下顎前歯；278 歯，上顎臼歯；548 歯，下顎臼歯；540 歯）のうち，トレーニングデータに振り分けた 585 枚（そのうち 100 枚をバリデーションデータとして使用）の学習を実施した．その後，テストデータに振り分けた 100 枚（総 AP 数；204 歯（根管未処置歯；20 歯，根管処置済歯；184 歯））に対する AP の検出を行った．また，この手順は 5 回繰り返し実施した．DL の学習モデルの診断精度は感度，適合度，F 値により，全歯および上・下顎前歯，上顎臼歯，下顎臼歯に分割した各部位の診断精度を評価した．次に，テストデータと同一の PAN 画像を用いて，本院歯内治療科診療部所属で臨床経験 25 年以上の歯科医師 3 名と放射線・画像診断科診療部所属の歯科医師 2 名の合計 5 名（ER），および臨床経験 25 年以上の開業歯科医師 5 名（GP）の 2 グループが AP の有無を画像診断し，その結果を上記と同様の指標を用いて評価し AI と比較した．なお，本研究は愛知学院大学歯学部倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号：603）．

【結果】

AI の感度（平均値±標準偏差）は，全歯では 0.688±0.030，上・下顎前歯では 0.490±0.019，上顎臼歯では 0.678±0.051，下顎臼歯では 0.800±0.035 であった．ER グループと比較すると，すべての部位において高い傾向であったが，有意差は認められなかった．GP グループとの比較においても同様な傾向であったが，上・下顎前歯においては，AI は GP より有意に高かった（$p<0.05$）．AI の適合度（平均値±標準偏差）は，全歯では 0.695±0.039，上・下顎前歯では 0.760±0.041，上顎臼歯では 0.773±0.037，下顎臼歯では 0.849±0.011 であった．全歯およびすべての部位において，ER および GP グループより僅かに低い傾向がみられたが，有意差は認められなかった．AI の F 値（平均値±標準偏差）は，全歯では 0.690±0.014，上・下顎前歯では 0.596±0.016，上顎臼歯では 0.721±0.023，下顎臼歯では 0.823±0.020 であった．全歯およびすべての部位において，ER および GP グループと同程度または僅かに高い傾向がみられたが，有意差は認められなかった．

【考察・結論】

本研究で使用した AI は，経験豊富な歯内治療および歯科放射線を専門分野とする歯科医師と同等またはそれ以上の AP の診断精度を有することが確認された．また，臨床経験 25 年以上の開業歯科医師の読影結果を上回る傾向が認められたことから，一般的な歯科診療所で実施される PAN 検査において，AI は AP のスクリーニングに対する CAD として有効である可能性が示唆された．さらに，歯科医師が PAN 画像全体の読影に要する時間を考慮すると，高速で物体検出が可能な YOLOv7 を用いた AP 診断は，診療効率の点においても優れたツールとなることが示された．

下顎右側第一大臼歯の非外科的歯内治療が奏功した外歯瘻の一例

福岡歯科大学 口腔治療学講座 歯科保存学分野
○島田将彦，松﨑英津子

A case report of an external dental fistula successfully treated with non-surgical endodontic treatment of the right mandibular first molar

Section of Operative Dentistry and Endodontology, Fukuoka Dental College
○Masahiko Shimada, Etsuko Matsuzaki

【緒　言】

外歯瘻は歯性化膿性病変による瘻孔が口腔外（顔面皮膚）に形成されたものである。口腔外の病変であるため患者は最初に医科（皮膚科、外科等）を受診することも多いが、外歯瘻の診断に苦慮したとの報告も散見される。今回外歯瘻を有する患者に対して、下顎右側第一大臼歯の非外科的歯内治療が奏功した症例を報告する。なお、発表に際し、患者本人に本症例発表の主旨を十分に説明し、同意を得ていることを附記する。

【症　例】

患者：73歳、男性。初診：2022年7月。主訴：右側の顎に出血を伴うできものがある。現病歴：2022年5月から右側オトガイ部に接触痛と出血を伴う瘻孔を自覚。出血を繰り返すため同年7月に皮膚科を受診し、CT所見から外歯瘻と診断され、福岡歯科大学医科歯科総合病院保存科を紹介受診。全身的既往：特記事項なし。臨床所見：自発痛なし。口腔外所見として右側オトガイ部に外歯瘻を認め、同部の出血(+)、排膿(+)。口腔内所見は45〜47の延長ブリッジ、45、46は、咬合痛・打診痛(±：違和感)、根尖部圧痛(-)、瘻孔(-)。歯周ポケットは全周3㎜以内で動揺なし。エックス線所見：45、46は既根管治療歯だが根管充塡が不十分であり、46には遠心根から根分岐部に透過像を認めた。歯科用コーンビームCT(CBCT)所見：46は近心根、遠心頬側根、遠心舌側根の3根。根管は近心根に2根管(MB・ML)、遠心頬側根、遠心舌側根はそれぞれ1根管(DB、DL)の計4根管。遠心頬側根の根中央付近から根尖部に透過像を認め、頬側皮質骨には断裂を認めた。MB、ML、DBは根管充塡が行われているがいずれも疎で長さもアンダーであった。遠心舌側根は彎曲しており、DLは未処置であった。

診断：46既根管治療歯、慢性根尖膿瘍、処置方針：46再根管治療

【治　療】

初回：延長ブリッジを45遠心で切断し、46の除冠・う蝕の除去を行い、隔壁形成(コンポジットレジン)後、ラバーダム防湿下で根管上部のガッタパーチャポイント(GPP)を除去。2回目：実体顕微鏡下で根管内の全てのGPPを除去。3回目：外歯瘻の縮小、打診痛・咬合痛の消失を認めた。実体顕微鏡下で根管探索を実施、DBのみ穿通し電気的根管長測定(MB、ML、DLは根尖孔付近閉塞のため穿通せず)。4回目：外歯瘻はさらに縮小傾向。DBに着色、腐敗臭あり。手用ファイルを用いて根管拡大・形成(各根管#25まで)。5回目：外歯瘻は消失。DB #50、その他の根管は#40まで根管拡大・形成。各根管に出血、排膿、着色を認めない。6回目：外歯瘻、臨床症状とも認めない。根管内の出血、排膿、着色を認めないことから側方加圧根管充塡を実施した。なお、歯内治療時の根管洗浄には3％次亜塩素酸ナトリウム(アンチホルミン®)および3％EDTA(スメアクリーン®)、根管貼薬には水酸化カルシウム製剤(カルシペックスII®)、仮封には水硬性セメント(キャビトン®)を用いた。2カ月後、外歯瘻の再発、臨床症状は認めず歯冠修復に移行。現在、根管充塡から1年経過後も外歯瘻、臨床症状は認めず、エックス線で46遠心根周囲の透過像も認めない。患者希望により歯科用CBCT撮影を実施、遠心頬側根周囲および頬側皮質骨の新生骨添加を認め、予後良好と判断している。

【考察および結論】

本症例では、歯科用CBCT所見から根尖膿瘍由来の外歯瘻と診断され、再根管治療が奏功、原因根管はDBであったと考えられた。一方、過去の報告では、外歯瘻の原因として最も多いのは根尖膿瘍、治療方針で最も多かったのは抜歯であった。今回、歯科用CBCTによる外歯瘻の原因歯、病因の的確な診断が行えたこと、発症から当科来院までの期間が比較的短かったことが、非外科的歯内療法による患歯の保存につながったと考えられた。外歯瘻は、歯根周囲の骨吸収が進むと抜歯のリスクが高くなる。歯科用CBCTによる的確な診断に加えて皮膚科への周知など医科歯科連携も重要であると考えられた。

μCT を用いた日本人下顎中切歯における根管形態の微細構造学的研究

東京歯科大学歯内療法学講座、東京歯科大学組織・発生学講座、東京歯科大学解剖学講座
○山田 雅司[1)]，田宮 資己[1)]，井瀬智之[1)]，岩澤 弘樹[1)]，松永 智[2)]，笠原 典夫[3)]

The Microscopic Structure of the Root Canal Morphology of the mandibular central incisor in Japanese People: A Micro-Computed Tomography Study

Department of Endodontics, Tokyo Dental College[1)], Department of Anatomy, Tokyo Dental College[2)], Department of Histology & Developmental Biology [3)]
◯Masashi Yamada[1)], Yoshiki Tamiya[1)], Tomoyuki Inose[1)], Hiroki Iwasawa[1)], Satoru Matsunaga[2)], Norio Kasahara[3)]

【緒　言】下顎中切歯は比較的単純な形態を有しており、人種による差も少ないとされる。実際、下顎中切歯は単根管が多数を占めており、しばしば2根管もみられる下顎側切歯との違いが報告されている。一方で、日本人の根管形態は他のモンゴロイドと比較しても特異的な形態を示すことが多く、例えばマイクロ CT を用いた上顎第一大臼歯に関する調査では、他の人種のみならず同じモンゴロイドの中国人や韓国人と比較しても、根尖部での副根管が有意に多いことが明らかとなっている。そこで本研究では、超高撮像分解能を有するマイクロ CT を用いて、下顎中切歯における根管形態の分類と副根管の発生頻度を明らかにするとともに、下顎中切歯の根管治療時に留意すべき点ついてその一端を解明することを目的とした。

【方　法】試料として、東京歯科大学解剖学講座所蔵の日本人下顎中切歯を 100 本用いた。本研究は東京歯科大学倫理委員会の承認を得て実施した（東京歯科大学倫理審査委員会　承認番号 924)。μCT (Scanco Medical, Brüttisellen Switzerland) にて撮像後、画像分析ソフトウェア (TRI/3D-BON; RATOC System Engineering Co., Tokyo, Japan) を用いて、下顎中切歯の三次元立体構築および主根管と副根管の観察を行った。スライス画像と立体構築像を用いて、下顎中切歯の根管形態を Vertucci 分類で分類し、その発生頻度と、副根管の発生頻度を算出し、発生部位を調査した。

【結　果】日本人下顎中切歯は全て単根であった。主根管分類の発生率は Type Ⅰが 87%であり、ついで Type Ⅲが 10%と従来の報告と一致したが、副根管の全ては根尖側で認め、その発生率は 35%であり、既存の報告より多かった。

【結　論】日本人下顎中切歯の主根管は単根管で、臨床的根管口では真円であり形態は単純であった。しかし根管中央部では楕円であることが多く、根尖部での副根管の存在が多い。そのため、根管治療時は化学的清掃が十分に行えるように、根管上部の拡大を考慮すべきであると示唆された。(1323 字)

下顎管に交通した根尖病変を有する下顎第一大臼歯に対して Electro-Magnetic Apical Treatment（EMAT）を併用して治癒を図った一症例

[1] 九州大学病院 歯内治療科 [2] 九州大学 大学院歯学研究院 口腔機能修復学講座 歯科保存学研究分野
◯[1] 木下 康平 [1] 長谷川 大学 [1] 兼子 大志 [1] 鄭 霞暎 [1,2] 前田 英史

A case of a mandibular first molar with periapical lesion involving the mandibular canal using Electro-Magnetic Apical Treatment (EMAT) for healing.

[1] Department of Endodontology, Kyushu University Hospital [2] Department of Endodontology and Operative Dentistry, Division of Oral Rehabilitation, Faculty of Dental Science, Kyushu University
◯[1] Kohei Kinoshita, [1] Daigaku Hasegawa, [1] Hiroshi Kaneko, [1] Hayoung Jung, [1,2] Hidefumi Maeda

【緒言】

下顎臼歯部において下顎管に交通した大きな根尖病変を目にする機会がある。このような場合、まずは根管治療を行って根尖病変の縮小を図る必要がある。今回、下顎管に交通した大きな根尖病変を有する下顎第一大臼歯へ Electro-Magnetic Apical Treatment（EMAT）を併用して、良好な結果を得られたので報告する。

【症例】

患者：41 歳女性　主訴：左下の奥歯が 1 か月くらい前から噛んだ時に痛い。

現病歴：2023 年 8 月近医を受診。根尖病変が大きいとのことで、専門診療科への受診を勧められ、2023 年 9 月に九州大学病院歯内治療科を紹介受診。

現症：初診時、自発痛はなかったが、打診痛、根尖部圧痛、頬側歯肉の発赤、腫脹および瘻孔からの排膿を認めた。

診断：┌6　慢性化膿性根尖性歯周炎

【治療経過】

初診時に、近心頬側（MB）根管、近心舌側（ML）根管、遠心頬側（DB）根管、遠心舌側（DL）根管のうち DB 根管のみ穿通させたところ、排膿が顕著であったため、3〜6%次亜塩素酸ナトリウム溶液および 3%EDTA 水溶液による根管洗浄を行ってヨード・グリセリン（日本歯科薬品）を貼薬した。その結果、次の来院時には瘻孔の消失および排膿の減少を認めた。また、病変精査のために歯科用コーンビーム CT（CBCT）による X 線診査を行った結果、下顎管に交通する大きな X 線透過像を認め、4 根管のうち、MB 根管および DL 根管は根尖閉鎖していることが確認された。

そこで、閉鎖していない ML 根管および DB 根管に対して、電気的根管長測定器を用いて生理学的根尖孔まで根管拡大、形成（＃40）、また、根尖閉鎖している MB 根管および DL 根管は閉鎖部直上まで根管拡大、形成（＃40）した。さらに、未穿通根管も含めた全ての根管に対して Root ZX3（モリタ）を用いて EMAT を行った。その後も 3〜6%次亜塩素酸ナトリウム溶液および 3%EDTA 水溶液による根管洗浄を繰り返し行うことで MB 根管および DL 根管からの排膿が消失した。初診時以降の貼薬はカルシペックスⅡ（日本歯科薬品）、仮封はキャビトン（ジーシー）にて行った。

排膿消失後、再度 CBCT による X 線診査を行ったところ、根尖病変の縮小を認めたため、ガッタパーチャポイントおよびニシカキャナルシーラーBG（日本歯科薬品）を用いて根管充填を行った。

【考察】

本症例では、4 根管のうち 2 根管が閉鎖していたが、根管拡大、形成および洗浄と EMAT を行うことで大きな根尖病変を外科的歯内療法を併用せずに治癒へ導くことができた。EMAT は根管内外の感染源や汚染物質の焼灼を行うことができ、根尖が閉鎖している場合にも効果があるとされている（富永ら, 2022）。このことから、本症例において根尖病変が縮小して治癒したのは EMAT が効果的であった可能性が考えられる。

また、今回は、最終的には CBCT による X 線診査にて根尖病変の縮小を認めたことから根管充填を行った。これは初診時から約半年後のことで、下顎管に交通した大きな根尖病変を有することから慎重に治療を行う必要があると考えたためである。しかし、根管拡大、形成が終了し、排膿の消失を認めた約 3 か月後に根管充填を行ったとしても根尖病変が縮小し、治癒へと進んだ可能性は高いと考えられる。今後、支台築造、補綴装置製作へ進んでいくが、注意深く経過を追っていくこととしている。

歯頸部外部吸収歯の組織学的観察

[1)]広島大学大学院　医系科学研究科　歯髄生物学研究室
[2)]広島大学　歯学部歯学科
○多賀竜太朗[1)]、平田-土屋志津[1)]、中土井里奈[2)]、畑口風美[2)]、柴　秀樹[1)]

Histological observations of the externally cervical resorption tooth

[1]Department of Biological Endodontics, Graduate School of Biomedical and Health Sciences, Hiroshima University,
[2]School of Dentistry, Hiroshima University
○TAGA Ryotaro[1], HIRATA-TSUCHIYA Shizu[1], NAKADOI Rina[2], HATAGUCHI Kazami[2], SHIBA Hideki[1]

【緒言】歯頸部外部吸収（ECR）は上皮付着下の歯頸部から発生する外部吸収の一種で、有病率は 0.02%～2.3%と報告されている（Gulsahi, 2014; Heithersay, 1999a; Irinakis et al., 2020）。ECR の初期には症状がなく、吸収が進行し、歯髄炎症状や歯周組織に炎症などが生じた場合には抜歯になることが多い。そのため、初期 ECR のエックス線画像において、歯頸部う蝕との鑑別が重要となる。原因は歯列矯正治療、外傷歴、口腔衛生不良、ホワイトニングなどが挙げられているが、詳細は明らかとなっていない。ECR の進行には３段階あると報告されている（Mavridou et al., 2016）。まずセメント質の破壊が起き、その隙間から破骨細胞が侵入する（初期段階）。次に象牙質が吸収され、Fibrovascular tissue で覆われる（吸収フェーズ）。さらに、吸収が歯髄腔に到達すると、歯髄腔内に骨様組織が出現する（修復フェーズ）。本発表では、歯頸部外部吸収（Heithersay の分類（1999 年）：Class4、Patel の分類（2018 年）：2Bp）に罹患し、抜去となった下顎右側第一大臼歯の組織学的標本などから、ECR の開始部位およびその後の吸収拡大過程を調べたので報告する。

【材料と方法】抜去歯の採取：患者：53 歳女性。主訴：下顎右側大臼歯部の違和感。現病歴：下顎右側第一大臼歯の違和感を主訴に近医を受診し、エックス線撮影をしたところ、遠心根から根分岐部に及ぶ広範囲の骨吸収像を認めたため、精査加療目的で当科に紹介された。臨床所見：下顎右側第一大臼歯には軽度の送気痛を認めた。打診痛、咬合痛および根尖部圧痛は認められなかった。動揺度は０度で、遠心舌側のプロービング深さは４㎜、その他の部位では３㎜以内であった。CBCT にて根分岐部舌側から遠心根にかけての透過像を認め、その一部は歯髄腔に到達していた。既往歴：外傷歴、服用歴、アレルギー等の特記事項はなかった。治療方針として、意図的再植、口腔外での穿孔部封鎖および抜髄、あるいは抜歯を説明したところ、抜歯をすることで同意を得たため、抜去歯を試料とした（広島大学疫学研究倫理審査委員会 承認番号：E2021-2741）。なお、抜歯中、歯冠、遠心根、近心根に分割された。

組織学標本の作製：抜去歯を 10%ホルマリンで固定後、18.5% 中性 EDTA で６週間脱灰した。脱灰後はエタノールによる脱水、キシレンによる置換を経て、歯冠部、遠心根部、近心根部のそれぞれをパラフィンで包埋・薄切し、切片を作製した。その後、Hematoxylin-Eosin (HE)、Masson’s trichrome (MT)、Alkaline Phosphatase (ALP)/ Tartrate-Resistant Acid Phosphatase (TRAP) 染色を行った。

【結果】歯冠部遠心側では、歯髄の狭窄が認められ、Fibrovascular tissue や歯髄細胞の壊死と炎症細胞の浸潤がみられた（吸収フェーズ）。一方、歯冠部近心側歯髄や象牙質の一部に、修復フェーズと思われる骨様組織と、TRAP 陽性反応を示す多核の破歯細胞が認められた。またこの骨様組織に近づくにつれて、象牙細管の均一な配列が乱れて不均一になっていた。遠心根においても、根分岐部付近に骨様組織の形成が認められた。一方で近心根では骨様組織の形成は認められなかった。

【考察】組織学的解析から、根分岐部遠心寄りに吸収フェーズがあり、近心側歯髄に修復フェーズがあることが判明した。CBCT 所見と合わせて、歯頸部吸収は舌側遠心寄りから生じ、その後、根分岐部遠心寄りに吸収が広がり、歯髄腔に到達後、近心側歯髄にまで広がったと推察する。遠心側歯髄に修復フェーズが広がらなかったのは、歯冠部遠心側歯髄腔の狭窄によるものと考える。

広範な骨吸収を伴う歯内－歯周病変に対して非外科的歯内療法で治療を行った一例

DAIKI DENTAL CLINIC
○辰巳大貴

A case report on non-surgical endodontic treatment for severe endodontic-periodontal lesion with extensive bone defect

DAIKI DENTAL CLINIC
○DAIKI TATSUMI

【目的】

歯内－歯周病変は５種類に分類される非常に複雑な病態であり、治療方針を誤れば患歯を治癒に導くことができなくなる。病態によっては治療介入後に追加の歯周治療が必要となるが、まずは歯内療法を行う必要があり、術前から歯周治療が必要か明確とはならず、治療の順序を間違えて歯内療法前に同部の歯周治療を行うことで予後不良となるケースにも遭遇する。今回は治療の結果、歯内病変由来型と診断した一例を経験したため報告する。

【症例】

患者は３９歳女性、左下奥の歯茎が腫れているとのことでかかりつけ医より紹介受診。＃３７の頬側歯肉の腫脹及び瘻孔、圧痛を認めた。頬側中央のプロービングデプスは１１㎜であった。デンタル X 線写真では不十分な根管充填が認められ、瘻孔から挿入したガッタパーチャポイントは＃３７根尖部に位置しており、根尖部及び遠心に広範な骨欠損を認めた。歯髄の診断は既根管治療歯、根尖周囲組織の診断は慢性根尖膿瘍とし、非外科的歯内療法を計画した。

【治療】

浸潤麻酔後、ラバーダム防湿を行い、無菌的環境下での治療を行った。補綴物及びコア除去を行ったところ、根管内の汚染を認めた。特に近心根の舌側に多量のデブリスを認めた。ガッタパーチャポイントを超音波チップとニッケルチタンロータリーファイルを併用して除去し、K ファイルを用いて穿通を行い、作業長を決定した。近心頬側根管は近心舌側根管に合流していた。遠心根は頬舌的に広がる根管であった。その後 RACE EVO を用いて根管拡大形成を行った。拡大号数は近心頬側根管、近心舌側根管は＃４０／０４、遠心根管は＃５０／０４とした。拡大形成中は 3%次亜塩素酸ナトリウムを使用した。根管拡大形成後、デブリスの取り残しや見逃しの根管がないかを注意深くマイクロスコープの強拡大視野で確認し、17%EDTA 及び３%次亜塩素酸ナトリウムにて最終洗浄後、水酸化カルシウムにて貼薬を行った。１週間後、再度ラバーダム防湿及び無菌的環境下にて、バイオセラミックシーラーを用いた根管充填を行い、同日レジンコアにて築造を行い、治療終了とした。

【予後及び結論】

術直後よりかかりつけ歯科医院での同部のスケーリングを施行しないように指示を行った。術後 3 ヶ月受診時、同部の透過像は縮小傾向にあり、歯周ポケットも 3 ㎜となった為、最終補綴物を装着した。現在、術後１年が経過しているが根尖部の透過像のさらなる縮小を認め、歯周ポケットも安定しており。臨床症状は認められず、経過良好である。

陥入歯の歯髄保存

[1]朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯内療法学
[2]朝日大学歯学部口腔病態医療学講座口腔病理学分野
木方一貴[1]，宮本侑果[2]，永山元彦[2]，河野 哲[1]

Pulp conservation of dens invaginatus.

[1]Department of Endodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry
[2]Department of Oral Pathology, Division of Oral Pathogenesis and Disease Control, Asahi University School of Dentistry.
KIHO Kazuki[1], MIYAMOTO Yuka[2], NAGAYAMA Motohiko[2] and KAWANO Satoshi[1]

【緒　言】

歯の形態異常である陥入歯には様々なバリエーションがあり、Oehlers は陥入の深度により Type1～3 に分類している。陥入が深いものでは歯髄の形態が極めて複雑であるため、陥入部と歯髄腔との交通により根管治療を余儀なくされた症例では、切削により失う歯質が多く、歯の長期予後に大きな影響を及ぼすことが考えられる。そのため、陥入部と歯髄腔との交通がないものに関しては、歯髄の保存が治療の最大の目標となる。今回、Oehlers Type1 および Type3 陥入部が併存する上顎左側側切歯に対して、コンポジットレジン修復と外科的歯内療法により歯髄保存が可能となった症例を経験したため、報告する。

【症　例】

患者は 15 歳の男子。歯茎にできものができたことを主訴に近歯科医院を受診したところ、上顎左側側切歯の病変を指摘され、朝日大学医科歯科医療センター保存科に紹介来院。1 年以上前に上顎左側前歯部歯肉に腫瘤が出現。特に自覚症状がないため、放置していた。全身的既往歴は特記事項なし。#21、#22 間に腫瘤状の瘻孔があり、#22 は下顎小臼歯様の形態を呈し、歯髄検査では正常反応を示した。打診痛、圧痛はなく、歯周ポケットは全周 2mm 以内であった。近心および遠心の 2 か所に陥入部を認めた。初診時エックス線検査では、近心にエナメル質様不透過像を示す陥入があり、根管様の透過像が根側方へとつながり、同部を中心とした根尖部を含む骨透過像を示した。遠心の陥入部は歯髄に近接するも歯冠部でとどまって抽出された。CBCT では近心側の陥入は歯根を貫通し、歯根側方へ開孔し、同部を中心とし、根尖部を含む low density area が確認された。遠心側陥入部はポケット形成しており、底部は歯髄腔との近接が確認された。#21 Oehlers 分類 Type1、Type3 併存陥入歯および、Type3 に起因する陥入部周囲膿瘍と診断した。

【治療経過】

初回治療時は浸潤麻酔後にラバーダム防湿下において近心側 Type3 陥入部のエナメル質を開拡し、電気的根管長測定器を用いて陥入部の長さを測定した。陥入部内側にはエナメル質も混在するためステンレススチールファイルやニッケルチタンロータリーファイルでの機械的清掃を回避し、超音波発振装置に装着したファイルタイプのチップを用いて陥入部の清掃を行った。２回目治療時は浸潤麻酔下にてラバーダム防湿を行い、遠心側の Type1 陥入部開拡後にコンポジットレジン修復を行った。初診３週後には瘻孔の消失が確認されたため、近心側陥入部をガッタパーチャポイントと水酸化カルシウム系シーラーによるハイドロリックコンデンセーションテクニックにて充填を行い、コンポジットレジンにて歯冠修復を行った。

根管充填 6 か月後、#21 に瘻孔が再度確認されるも歯髄検査では異常を認めなかったため、外科的歯内療法の適応と判断した。#21 を浸潤麻酔後に、歯肉翻転、病変の摘出、歯根の明示を行った。近心口蓋側に陥入歯根膜開孔部を発見し、レトロチップを用いて陥凹部周囲の清掃および逆窩洞形成を行い、MTA セメントにて陥入開孔部の充填を行った。なお、MTA の適応外使用に関しては、朝日大学倫理審査委員会の承認のもと実施した。(承認番号:34003)

術後 2 年の経過観察時には、自覚・他覚症状なく、歯髄検査に対して正常反応を示し、また、エックス線画像にて歯根周囲の透過像の消失ならびに歯根膜腔の回復が確認された。

【結　論】

今回、Oehlers Type1、Type3 の 2 か所の陥入部に対して処置を行った。Oehlers Type1 に対してはコンポジットレジン修復を行い良好な経過を示した。Oehlers Type3 陥入部に対しては、歯冠側からの治療では治癒が得られなかったため、外科的に清掃ならびに封鎖を行い病変の治癒が得られた。本症例では注意深い検査、診断、処置により、最大の目標である歯髄保存が可能となった。

陥入歯の治療戦略

1)朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野歯内療法学
2)朝日大学歯学部口腔病態医療学講座口腔病理学分野
○長谷川智哉[1)]，宮本侑果[2)]，木方一貴[1)]，田中雅士[1)]，伊藤友見[1)]，永山元彦[2)]，河野　哲[1)]

Treatment strategies for dens invaginatus

1)Department of Endodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry
2)Department of Oral pathology, Division of Oral Pathogenesis and Disease Control, Asahi University School of Dentistry
○Tomoya HASEGAWA[1)], Yuka MIYAMOTO[2)], Kazuki KIHO[1)], Masashi TANAKA[1)], Tomomi ITO[1)], Motohiko NAGAYAMA[2)] and Satoshi KAWANO[1)]

【緒　言】

陥入歯は、歯の形成期における発達異常によるもので、歯冠の一部のエナメル質や象牙質が歯髄腔内に深く陥入している形態異常歯である。その解剖学的構造は複雑であり、ひとつとして同じ構造がないことから治療方針や治療介入に際しても困難を極めることが多い。今回、複雑な構造を有する陥入歯に対して、術前診断、歯科用コーンビームCT（以下、CBCT）画像所見から得られた解剖学的構造から治療方針を考察した症例について報告する。

【症例概要】

患者は16歳の男子。上顎前歯部の歯肉腫脹を主訴に近医を受診。#22の構造異常と病変を指摘され、治療による症状の改善が認められないため、朝日大学医科歯科医療センター保存科に紹介来院された。２ヶ月前から違和感を感じていたが、放置していたところ、歯肉腫脹が出現し、腫脹と消退を繰り返していた。来院時に自発痛はなく、視診では#22周囲に歯肉腫脹は認めなかった。#22の歯髄検査では歯髄電気診、温度診ともに陰性反応であり、根尖部周囲組織検査では打診痛、圧痛があり、歯周ポケット検査、動揺度検査では正常範囲内だった。エックス線検査では、２本のエナメル質様不透過性ラインから陥入を示す構造が疑われ、根尖部付近には透過像を示した。複雑な構造が疑われたためCBCT画像検査を追加で行った。根管の口蓋側に陥入を認め、歯根を側方に貫通し、同部から広がる透過像が確認された。以上より、患歯は上顎左側側切歯、歯髄/根尖部周囲組織診断はPreviously initiated therapy/Symptomatic apical periodontitis、Oehlers分類Type３陥入歯と診断した。治療方針はSiqueiraらの報告[1)]を参考に、根管に対しては根管治療、陥入部に対しては根管治療に準じた処置を行うこととし、治療が奏功しない場合には外科的歯内療法の検討を行うことにした。なお、Mineral Trioxide Aggregate（以下、MTA）の適応外使用に関しては、朝日大学倫理審査委員会の承認のもと、当該患者と保護者への説明と書面による同意のうえで実施した（承認番号34003）。

無菌的処置下にて仮封除去後、根管の口蓋側を切削し陥入部までアクセスした。根管に対しては通法通り根管治療を行い、陥入部に対しては超音波発振装置の使用を中心とした根管治療に準じた処置を行った。しかし、患者の不快症状は改善されず歯肉腫脹を認めたことから、根管はガッタパーチャとシーラーを用いた根管充塡、陥入部はMTAを用いた充塡を行い、外科的歯内療法を検討した。CBCT画像所見から陥入部は歯根の口蓋側を貫通している構造から唇側からのアプローチは困難であると判断し、意図的再植術を選択した。

【考　察】

本症例における陥入歯では、すでに根管治療の介入がされており、陥入部への感染度も高いことが想定されたことから治療方針は容易であったが、診断によっては判断が困難な場合がある。その場合においてはSiqueiraらの「陥入歯の治療分類」[1)]を参考に治療方針を考察することが一助になり、また、解剖学的構造を十分に把握・考察することが外科的歯内療法の治療方針、さらにはinformed assentも重要であると考えられた。

【結　論】

複雑な構造を有する陥入歯に対してはできる限り多くの情報を収集し、複合的に考察することが重要である。

【参考文献】

１）Siqueira JF Jr, Rôças IN, Hernández SR, Brisson-Suárez K, Baasch AC, Pérez AR, Alves FRF. Dens Invaginatus: Clinical Implications and Antimicrobial Endodontic Treatment Considerations. J Endod 2022; 48: 161-170.

歯冠形態異常を伴う歯内歯に対し低侵襲的な根管治療とレジンダイレクトベニア修復を行った症例

東京医科歯科大学　大学院医歯学総合研究科　口腔機能再構築学講座　歯髄生物学分野
○田澤　建人，興地　隆史

Minimally Invasive Root Canal Treatment and Direct Composite Veneer Restoration in a Case of Dens Invaginatus with Crown Malformation

Department of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Tokyo Medical and Dental University (TMDU)
○TAZAWA Kento and OKIJI Takashi

【緒言】歯内歯は上顎側切歯に好発し．歯冠形態の異常を伴うことが多い(Alani ら，2008)．歯髄の失活を認める場合は根管治療を必要とするが，エナメル質が歯根や根管内に陥入し複雑な根管形態を示すことが多く，十分な根管形成，根管洗浄および緊密な根管充塡を行うことはしばしば困難である．さらには歯冠形態の回復法も議論の的になるところである．今回，歯冠形態異常および歯根彎曲を伴う歯内歯に対し，低侵襲的に根管治療を行い，レジンダイレクトベニア修復により歯冠形態を回復した症例について報告する．

【症例】患者は 15 歳女性．口蓋の腫脹を主訴に来院した．全身既往歴・家族歴に特記事項はない．上顎左側口蓋部に母指等大の歯肉腫脹があり，口内法エックス線検査で上顎左側側切歯の根尖部に骨透過像を認めた．同歯は盲孔を伴う樽状の形態の歯冠形態を呈し明らかなう蝕は認めなかったものの，歯髄電気診および寒冷診に反応を示さなかった．歯科用コーンビーム CT により患歯の形態を三次元的に精査したところ，歯根部までエナメル質の陥入を認める Oehlers の分類 Type２の歯内歯であった(Oehlers, 1957)．歯根先端部は口蓋方向に強く彎曲していた．慢性根尖性歯周炎と診断し，感染根管治療を行うこととした．

【治療経過】歯科用実体顕微鏡下にてエナメル質を慎重に切削しエナメル陥入部を明示した．次いで陥入部に穿孔しないよう髄腔開拡後，根管口の明示を行った．手用ファイルにて穿通性を確認後，口内法エックス線画像にて作業長を確認したのち，ニッケルチタン（Ni-Ti）製ローターリーファイル（HyFlex EDM）を用いて根尖サイズ 25 号まで低侵襲的に根管形成を行うとともに，6%次亜塩素酸ナトリウム液(歯科用アンチホルミン）に超音波器具（スプラソン P-Max）を併用して十分に根管洗浄した．症状の改善を認めたのち，ケイ酸カルシウム系シーラー（Well Pulp ST）を用いたマッチドテーパーシングルコーン法により根管充塡を行った．エナメル陥入部は MTA セメント（ProRoot MTA）を用いて緊密に充塡した．根管充塡後，模型上でワックスアップを行い作製したシリコーンインデックスを利用し，１ステップボンディング剤（クリアフィルユニバーサルボンド Quick ER）とフロアブルレジン（クリアフィルマジェスティ ES フロー）を用いてダイレクトベニア修復を行い歯冠形態を回復した．術後１年後の経過は良好である．

【考察および結論】歯内歯は根管形態の複雑性から低侵襲的な歯内療法は困難であるため，エナメル陥入部をすべて切削除去し根管形態を単純化することで十分な根管洗浄や緊密な根管充塡を行う術式が，しばしば用いられる(Schmitz, 2010)．一方近年では，Ni-Ti 製ローターリーファイルの改良により，根管上部を大きく拡大できない症例においても根管の彎曲に追従した低侵襲的な根管形成を行うことが可能となっている(Arias ら，2022)．また，緊密な根管充塡を簡便に行うことが期待される材料として，ケイ酸カルシウム系シーラーが普及しつつある(Kim ら，2022)．本症例では，これらの器具，材料を活用することにより，エナメル陥入部の形態を保持したまま低侵襲的に根管形成，根管充塡を行い，良好な結果を得た．さらに根管治療時の歯冠歯質切削を最小限にとどめることで歯の強度を維持しつつ，レジンダイレクトベニア修復により低侵襲的に良好な審美性を得ることができた．近年，ミニマルインターベンションデンティストリーの観点から健全歯質の最大限の保存と最小限の修復処置が推奨されているが，本症例では近年の動向を反映した適切な器具，材料および術式の選択により，低侵襲な治療を実現できたと考えられる．（本症例への診療は東京医科歯科大学病院の規則に則り実施しており，患者の了承を得た上で学会発表を行なっている.）

垂直性歯冠歯根破折による抜歯診断をされた上顎第二大臼歯を根管治療および破折部修復で保存した一症例

東京歯科大学歯内療法学講座 1), 丸紅健康保険組合東京診療所歯科 2)
○古澤誉彰 1), 佐古　亮 1), 北島彩花 1), 髙橋玲子 1), 江川加奈 1), 高原千枝 1), 淺井知宏 2), 古澤成博 1)

Root canal treatment and fracture adhesion for maxillary first molar diagnosed hopeless to resevation, due to vertical root fracture: A case report

Department of Endodontics, Tokyo Dental College[1)],
Marubeni Tokyo Clinic, Health Insurance Association of Marubeni Corporation[2)]
○Yoshiaki FURUSAWA[1)], Ryo SAKO[1)], Sayaka KITAJIMA[1)], Reiko TAKAHASHI[1)], Kana Egawa[1)], Chie Takahara[1)]
Tomohiro ASAI[2)], Masahiro FURUSAWA[1)]

【緒言】

周知のように垂直性歯根破折（Vertical root fracture: VRF）は、抜歯となる大きな要因のひとつである。過剰な咬合力、不適切な根管治療や歯冠修復により VRF が引き起こされるケースも少なくない。一般に VRF を起こした歯は抜歯となるが、特に咬合により VRF が引き起こされた生活歯の場合では、残存歯質も十分であり、感染も少ないことがあるため、可能であれば保存が望まれるところである。しかし、VRF が引き起こされた歯の保存は歯科保存治療を専門とする歯科医師にとっても未だ正解のない大きな課題の 1 つである。今回、歯冠から髄床底、さらには口蓋根管の上部にまで及んだ近遠心的な VRF を引き起こした上顎第二大臼歯に対して、根管治療と破折部修復を行い保存を試みた症例を報告する。

【症例】

患者は 46 歳女性。上顎左側第二大臼歯の咬合時痛を主訴として近医を受診し、精査の結果、歯根破折と診断され抜歯を勧められたが、強い保存希望があるため当院保存科を紹介された。初診時の検査結果は、自発痛(−)、打診痛(−)、冷温痛(−) 、電気歯髄診(−) 、根尖部圧痛(−)、動揺(−)、歯周ポケットは近遠心分岐部のみ 5mm で、その他は 3mm であった。視診にて歯冠から髄床底に至る破折を認めたが、破折片の動揺は認めなかった。口腔内エックス線画像では根尖部透過像は認めず、歯根破折特有の「歯根を取り囲むような透過像」も認めなかった。CBCT 画像では、歯冠から髄床底を越えて口蓋根管の上部にまで及んだ近遠心的な破折を認め、根分岐部にも透過像を認めた。

以上のことから、慢性化膿性根尖性歯周炎 (Pulp Necrosis/Asymptomatic apical periodontitis)と診断し、破折部の修復と感染根管治療を行うこととした。

【治療経過】

初診時に浸潤麻酔下にて、ラバーダム防湿を行いマイクロスコープ下で髄室開拡、デブライドメントおよびスーパーボンド(サンメディカル)にて破折部の修復を行ったのち、水酸化カルシウム製剤（カルビタール®,ネオ製薬）にて根管貼薬を行った。2 か月後に術後良好を確認した。その後、5%に希釈した NaOCl（ネオクリーナー「セキネ」,ネオ製薬）と 17% EDTA (ペントロンジャパン)を用いた根管洗浄とともに、#15K ファイルにてネゴシエーションおよび根管長測定を行い、ProTaper Gold SX、WaveOne Gold Primary（Dentsply Sirona）で根管拡大を行った。根管充填は WaveOne Gold CF ガッタパーチャ（Dentsply Sirona）と（ニシカキャナルシーラーBG,日本歯科薬品）を用いて Continuous Wave Condensation Technique により行った。髄床底部を 3 ミリの程度スーパーボンドで覆い、DC コア（クラレノリタケデンタル）で支台築造を行った。その後、全部金属冠にて歯冠補綴を行い、術後 1 年を経過した現在、咬合時痛などの自他覚症状ともに認めず、問題なく機能している。

【考察および結論】

本症例は、咬合力により近遠心的な歯冠歯根破折を引き起こし、抜歯を勧められた症例である。
破折線は幸いにも根尖までは至っておらず、髄床底および口蓋根管口直下であったため、視認性、破折部修復における器具の操作性が良好であった。最小限の根管拡大と強アルカリ環境による根管内消毒、ならびにスーパーボンドを用いた接着および DC コアによる築造を行ったことにより、本来であれば抜歯適応の歯でも良好な経過が得られているものと考察された。

フェネストレーションからの根尖突出を有する上顎前歯に対し外科的歯内療法で対応した症例

昭和大学歯学部 歯科保存学講座 歯内治療学部門[1]
昭和大学大学院 歯学研究科 歯内治療学分野[2]
○齋藤 彩[1]，浦羽真太郎[2]，鈴木規元[2]

A case of maxillary anterior teeth with fenestration treated by endodontic microsurgery

Division of Endodontology, Department of Conservative Dentistry, Showa University School of Dentistry[1]
Department of Endodontology, Showa University Graduate School of Dentistry[2]
○Aya Saito[1], Shintaro Uraba[2], Noriyuki Suzuki[2]

【緒言】モンゴロイドにおける前歯から小臼歯部の唇側の歯槽骨は非常に薄いことが報告されており、病的な状況下でなくともフェネストレーションがしばしば認められる。生活歯において問題になることは少ないが、既根管治療歯のような失活歯の場合、フェネストレーション部から根尖が突出していると根尖部圧痛や違和感などが発現し、適切に根管治療を行っても症状が改善しないことが多い。今回、フェネストレーションからの根尖突出を伴う上顎前歯部に対して外科的歯内療法を行い、良好な治癒過程を得られた症例について報告する。

【症例】患者は 63 歳の女性、上顎前歯部の腫脹と根尖部圧痛を主訴に昭和大学歯科病院歯内治療科へ来院した。患歯は上顎右側側切歯（#12)、上顎右側中切歯(#11)、上顎左側中切歯(#21)で、3 歯ともに 20 年以上前に装着した補綴装置がコアごと脱離し他院にて支台築造およびセラミッククラウンを装着したが､1 か月後に腫脹と根尖部圧痛が出現したという。初診時は視診にて根尖相当部に明らかな炎症所見はみられなかったが、口腔内検査において#12 は打診痛、#11 は根尖部圧痛を認めた。#21 については明らかな症状は認めなかった。術前のデンタルエックス線検査より、#12・#21 に根尖部透過像、#11 に歯根膜腔の拡大を認めた。さらなる精査のためコーンビーム CT を撮像したところ、#12・#21 の根尖部にフェネストレーションを伴う骨欠損像を認め、根尖が歯槽骨のハウジング外に突出していた。また#11 については病的な骨欠損像は認められなかったものの、こちらもフェネストレーションからの根尖突出を認めた。#12・#11 は既根管治療歯・症候性根尖性歯周炎、#21 は既根管治療歯・無症候性根尖性歯周炎と診断し、外科的歯内療法（歯根端切除＋逆根管充填）を行う方針とした。

【治療経過】#12、#11 および#21 に対し、マイクロスコープ下にて歯根端切除およびスーパーEBA セメントを使用した逆根管充填を行った。歯根の切除後は、歯根ならびに骨形態の観察を慎重に行い、歯槽骨のハウジングから歯根が逸脱している箇所について、根尖切断面唇側の鋭利な辺縁歯質にベベルを付与する形で形態修正を行った。術後の経過は良好であり、術後６か月の経過観察にて、自覚症状および画像検査における根尖部透過像の改善が認められた。

【考察】症状が改善した主な理由は、外科的歯内療法により根尖部に存在した感染の除去と根尖の封鎖が確実に行えたためであると考えられる。フェネストレーションからの根尖突出を有する歯への対応は、外科的歯内療法により根尖を歯槽骨のハウジング内に確実に収まる位置まで切除を行う方法や、歯根全体に大きくベベルを付与し歯槽骨のハウジング内に歯根を入れ込む方法等が過去に報告されている。しかし、歯冠-歯根比の問題やポスト底の位置により確実な封鎖を得るための窩洞深さを確保できない場合など、歯槽骨内に切断面が収まるような根尖切除が叶わないことがある。今回の症例では、術後の不快症状の減少を期待し、歯槽骨のハウジングから逸脱した根尖切断面唇側の辺縁歯質にベベルを付与することで歯根を歯槽骨内に収めることを試みたところ、良好な経過となった。しかしながら、ベベルを付与した部分の象牙質の厚みが薄くなることで、歯根破折の発生に繋がる恐れもあり、今後も注意深く経過観察を行う必要がある。

【結論】フェネストレーションからの根尖突出を有する歯に対し外科的歯内療法を行ったところ、良好な治癒過程が得られた。根尖切断面を歯槽骨のハウジング内に位置できない場合、切断面唇側の辺縁にベベルを付与することは、根尖の切除量を増やすことなく確実な感染の除去と根尖の封鎖を可能とすることから、フェネストレーションからの根尖突出に対し有用であった。

破折ファイルおよび根尖閉鎖を伴った彎曲根管を有する下顎第一大臼歯へ保存的治療を行った一症例

[1]九州大学病院歯内治療科、[2]九州大学大学院歯学研究院口腔機能修復学講座歯科保存学研究分野
○古川佳奈[1]、杉井英樹[2]、鄭霞暎[1]、添野芹奈[1]、前田英史[1,2]

A case of conservative treatment for a mandibular first molar with a curved root canal that accompanied a fractured file and apical closure

[1)]Department of Endodontology, Kyushu University Hospital, [2)]Department of Endodontology and Operative Dentistry, Division of Oral Rehabilitation, Faculty of Dental Science, Kyushu University
○Kana Furukawa[1)], Hideki Sugii[2)], Hayoung Jung[1)], Serina Soeno[1)], Hidefumi Maeda[1),2)]

【緒言】　下顎第一大臼歯は複雑な根管形態を呈し、約 14%の割合で遠心根が２根存在することが報告されている。このような遠心根は、彎曲の頻度が高く、ファイル破折やレッジ形成等の偶発症を生じやすい。さらに、根尖孔までのファイルの追従が困難で、このような症例では機械的な感染歯質の除去が不十分となり、予後不良により将来的に外科的歯内療法が必要となる場合がある。今回、下顎第一大臼歯の遠心頬側根に破折ファイルおよび根尖閉鎖を伴った、根尖病変を有する彎曲根管に対して、歯科用マイクロスコープを用いた破折ファイル除去および Electro-Magnetic Apical Treatment（EMAT）を行い、保存的な治療によって良好な治療成績が得られたので報告する。

【症例】

患者：58 歳女性

主訴：右下の奥歯が咬んだら痛い。

現病歴：2022 年 5 月、6┐周囲の自発痛を主訴に近医を受診。デンタルエックス線画像より 6┐遠心根に破折ファイルが認められたため、専門診療科での破折ファイル除去および感染根管治療を行うよう勧められ、同月に九州大学病院歯内治療科を受診した。

現症：自発痛、打診痛、根尖部圧痛はなかったが、咬合痛を認めた。頬側歯肉の発赤、腫脹および瘻孔はなく、歯周ポケットの深さは全周 3 ㎜以下であった。

診断：6┐　慢性根尖性歯周炎

【治療経過】　髄腔内に残存したカリエスを除去した後、歯科用マイクロスコープ下にて破折線がないことを確認した上で、隔壁を作製した。歯科用コーンビーム CT（CBCT）による検査を行った結果、近心 1 根 2 根管、遠心 2 根 2 根管を呈した 4 根管で、すべての根管は根尖閉鎖しており、遠心頬側根にのみ根尖病変を認めた。また、遠心頬側根は 130°程度の彎曲根管を呈し、根尖付近には 2.5 ㎜程度の破折ファイルが確認された。

ラバーダム防湿を行い、歯科用マイクロスコープ下にて超音波チップを用いて破折ファイルの除去を行った後、遠心頬側根根管内に感染歯質を認めたため、破折ファイル除去部位から根尖側に 4.0 ㎜程度、ファイリングにより感染歯質の除去を行った。近心頬側根は歯根長 16.5 ㎜のうち根尖から 3.5 ㎜の位置まで根管拡大、形成（＃50）、近心舌側根は歯根長 16.0 ㎜のうち根尖から 2.0 ㎜の位置まで根管拡大、形成（＃55）、遠心頬側根は歯根長 15.5 ㎜のうち根尖から 1.5 ㎜の位置まで根管拡大、形成（＃40）、遠心舌側根は歯根長 16.0 ㎜のうち根尖から 4.0 ㎜の位置まで根管拡大、形成（＃60）した。その後、RootZX3（モリタ）を用いて各根管 2 回ずつ EMAT を行い、同じ処置を次の来院時にも施行した。根管洗浄には 3～6%次亜塩素酸ナトリウム水溶液および 3%EDTA 水溶液を、根管貼薬にはカルシペックスⅡ（日本歯科薬品）を、仮封にはキャビトン（ジーシー）を使用した。

破折ファイル除去から 8 か月後に再度 CBCT による検査を行った結果、遠心頬側根の病変の縮小を認めたため、ガッタパーチャポイントおよびニシカキャナルシーラーBG（日本歯科薬品）を用いて根管充填を行った。

【考察】　本症例において、破折ファイル除去によって、遠心頬側根の根尖付近の感染源に対して、機械的および化学的な清掃が可能となった。また、未穿通かつ根尖病変を有する遠心頬側根に対して、EMAT を用いた未穿通部位の感染源や汚染物質の焼灼によって、根尖病変が治癒した可能性が示唆された。