

バルクフィルコンポジットレジンユニバーサルシェードの色調適合性の比較検討

1) 朝日大学歯学部口腔機能修復学講座 歯科保存学分野 歯冠修復学, 2) 朝日大学
○村瀬由起¹⁾, 今井佑亮¹⁾, 土山博司¹⁾, 伊藤里帆¹⁾, 二階堂 徹²⁾, 奥山克史¹⁾

Examination of color compatibility universal shade of bulk-fill resin composites.

1) Department of Operative Dentistry, Asahi University, School of Dentistry,

2) Asahi University

○Murase Yuki¹⁾, Imai Yusuke¹⁾, Tsuchiyama Hiroshi¹⁾, Itoh Riho¹⁾,
Nikaido Toru²⁾, Okuyama Katsushi¹⁾

【目 的】

シェードのない色調適合性の良いコンポジットレジン (CR) が CR 修復において注目されている。さらに、深い窩洞を一度に充填できるバルクフィル CR のユニバーサルシェードの商品が開発された。ヒト抜去歯は個体差が大きいため、背景色として各シェードの CR ブロックを利用することで定量化した。CR ブロック上で CR 試料を重ねて測色し、支台築造用の CR や従来型の CR などと比較検討した。

【材料および方法】

背景色としてメタフィル C (サンメディカル) の各シェード (A1, A2, A3, A4, C3) の CR ブロック (直径 20mm、厚さ 10mm) を作製した。バルクフィル CR として、バルクベース[®]ハード II (メディアムフローマルチ、サンメディカル、以下 BBH)、OMNICHROMA FLOW BULK (トクヤマデンタル、以下 OFB)、フィルテック[™] フィルアンドコアフローコンポジットレジンプラス (U、3M、以下 FCU) を用いた。従来型の CR として、クリアフィルマジスティ ES フロー (A2、クラレノリタケデンタル、以下 MJ) を用いた。各 CR の円柱状試料 (直径 10mm、厚さ 1mm) を作製した。光照射時間は、各社の指示通り行った。CR ブロックの色彩および CR ブロックにグリセリンを介して静置した各 CR 試料の色彩を 380nm~780nm の波長範囲を 5nm 間隔で測定する分光測色計 (SE7700、日本電色) を用いて D65 光源・10° 視野条件下、測定径 φ22mm (照明径 φ28mm) で 5 回測色し、色差値 (ΔE^*ab) を求めた ($L^*a^*b^*$ 表色系)。

【結 果】

CR 試料を CR ブロックに静置した場合、 L^* 値は全群大きく低下し、特に背景色の明度が高いほど差が大きかった。 a^* 値と b^* 値は全群とも背景色の明度が高いほど低下した。CR 試料を CR ブロックに静置する前後の ΔE^*ab の値を Table 1 に示す。 ΔE^*ab の増加は主に ΔL^* の寄与によるものであり、背景色の明度が高いほど大きな値を示した。

Table 1 ΔE^*ab values of various samples against the each shade CR surface.

ΔE^*ab	BBH	OFB	FCU	MJ
A1	10.12 ± 0.25	11.49 ± 0.19	11.88 ± 0.13	8.76 ± 0.18
A2	6.31 ± 0.35	9.51 ± 0.07	8.85 ± 0.05	4.64 ± 0.09
A3	5.87 ± 0.13	7.89 ± 0.09	8.24 ± 0.16	3.33 ± 0.13
A4	4.19 ± 0.21	5.78 ± 0.05	7.16 ± 0.25	3.20 ± 0.07
C3	4.48 ± 0.40	7.70 ± 0.03	7.43 ± 0.47	1.83 ± 0.12

【考察およびまとめ】

CR のような透明性の高い材料の場合、透過光は背景色によって影響される。背景色の明度が高いほど、透過光と CR 試料の明度の差が大きくなり、 ΔE^*ab の値が大きくなる。また、明度が低いと透過光量が少なくなるため、明度の差が小さくなり ΔE^*ab の値が小さくなったと示唆される。実臨床では複雑な色調の歯牙組織の回復を目標としており、今後材料の特性のさらなる検討を行う予定である。

接着性モノマー含有低粘性レジン浸潤材のホワイトスポット改善効果に関する 光学的定量評価

¹徳島大学理工学部医光/医工融合プログラム, ²徳島大学ポストLED フォトニクス研究所,

³徳島大学大学院医歯薬学研究部歯科保存学分野, ⁴東京科学大学う蝕制御学分野

○門脇奈央^{1,2,3}, 伊田百美香³, 高木伸人³, 大槻昌幸⁴, 島田康史⁴, 時実悠², 安井武史², 保坂啓一^{2,3}

Quantitative assessment of white spot lesion improvement by an adhesive low-viscosity resin via OCT

¹Transdisciplinary Program for Medicine, Photonics, and Engineering, Faculty of Science and Technology, Tokushima University,

²Institute of Post-LED Photonics, Tokushima University, ³Department of Conservative Dentistry, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences, ⁴Department of Cariology and Operative Dentistry, Graduate School of Medical and Dental Sciences, Institute of Science, Tokyo

○Nao Kadowaki^{1,2,3}, Yumika Ida³, Nakato Takagi³, Masayuki Otsuki⁴, Yasushi Shimada⁴, Yu Tokizane², Takeshi Yasui², Keiichi Hosaka^{2,3}

【緒言】近年、ホワイトスポットは審美的な問題だけでなく、初期う蝕の進行抑制や予防の観点からも治療対象とされており、その改善法として低粘性レジン浸潤法が広く行われている。現在、臨床で使用されている市販レジン浸潤材は限られており、接着性モノマーを含有しない場合、処置後にホワイトスポットが再出現する事例や、重合収縮に伴うギャップ形成による長期的安定性への課題が報告されている。本研究では、接着性モノマー（MDP）を含有する試作接着性低粘性レジンのホワイトスポット改善効果を、市販レジン浸潤材と比較し、OCT による光散乱係数の変化からその効果を定量的に解析した。

【方法】本研究は徳島大学倫理審査委員会の承認（承認番号：4611）を得て実施した。ホワイトスポットを有する抜去ヒト歯 12 本を対象に、以下の 3 群（各群 4 本）に分類して処置を行った。

1. 市販材標準群（HCL+ICON 群）

ICON（DMG 社）の手順に準拠し、酸処理材（Icon-Etch：15% HCl）、乾燥材（Icon-Dry：エタノール）、浸潤材（Icon-Infiltrant：TEGDMA 等）の順に使用し、光照射（40 秒）を行った。

2. 接着性低粘性レジン置換群（HCL+KEC-100 群）

標準群の浸潤材（Icon-Infiltrant）を、接着性モノマー（MDP）・親水性モノマー・Bis-GMA 等を含有する試作低粘性レジン（KEC-100）に置換して使用し、光照射（40 秒）を行った。

3. 高濃度リン酸+KEC-100 群

酸処理に 85%リン酸を使用し、Icon-Dry を塗布後、KEC-100 を用いて光照射（40 秒）を行った。

全群で照射器は Pencure 2000（モリタ社製）を使用した。処置前後に分光測色計（WE SHADE、ホワイトエッセンス社製）で病変部の Lab 値を測定し、 ΔE^*ab 値を算出して色調変化を評価した。さらに、光干渉断層計（SS-OCT：IVS-2000、santec 社製）で非破壊断層画像を取得し、Lambert-Beer の法則に基づき回帰分析して光散乱係数を算出した。

【結果・考察】 ΔE^*ab 値および OCT 解析のいずれにおいても、市販材標準群と接着性低粘性レジン置換群でホワイトスポットの改善が認められた。一方、高濃度リン酸+KEC-100 群では改善効果は確認されなかった（Fig.1）。これらの結果から、KEC-100 は市販材と同等のホワイトスポット改善効果を示すこと、また市販材と同様の酸処理（15% HCl）が有効であることが示唆された。接着性を有することから、特にコンポジットレジン修復と併用されるホワイトスポット症例において、臨床的有効性を高める可能性がある。

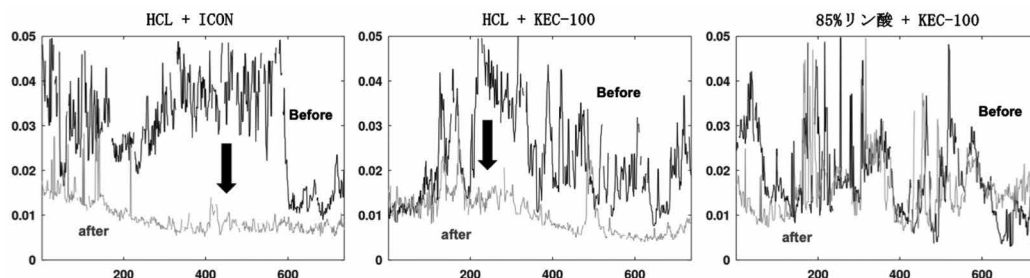


Figure 1: OCT image analysis results before and after treatment

【結論】試作接着性低粘性レジン浸潤材 KEC-100 は、市販レジン浸潤材と同等のホワイトスポット改善効果を示した。今後は、経時的評価を含む研究により、長期的な色調安定性や耐久性への影響を検証する必要がある。

【謝辞】試作接着性低粘性レジン浸潤剤 KEC-100 をご提供いただいたクラレノリタケデンタル株式会社に感謝申し上げます。また、本研究は文部科学省リケジョ育成環境整備研究助成および徳島大学研究クラスター（2402003）の支援を受けて実施した。

ホワイトスポットおよびブラウンスポットに対する審美修復処置の一例
ーホワイトニング・マイクロアブレーション・レジン浸潤法・コンポジットレジン修復の併用ー

- 1.徳島大学大学院医歯薬学研究部保存学分野
- 2.東京科学大学大学院医歯学総合研究科 歯制御学分野

○高木 伸人¹, 島田 康史², 保坂 啓一¹

A Clinical Case of Aesthetic Restoration for White Spot and Brown Spot Lesions: A Multistep Conservative Approach Combining Tooth Whitening, Enamel Microabrasion, Resin Infiltration, and Composite Resin Restoration.

1. Department of Conservative Dentistry, Tokushima University Graduate School of Biomedical Sciences
2. Institute of Science Tokyo Cariology and Operative Dentistry

○Takagi Nakato, Shimada Yasushi, Hosaka Keiichi

【緒言】

前歯部のホワイトスポットやブラウンスポットは審美障害の原因となり、特に審美感受性の高い若年層において心理的な影響も大きい。従来は形成・修復が主体の治療が行われてきたが、近年では MID (Minimal Intervention Dentistry) に基づき、歯質の保存を重視した低侵襲なアプローチが注目されている。本症例では、ホワイトニング、マイクロアブレーション、レジン浸潤法 (ICON)、およびコンポジットレジン修復 (CR) を段階的に併用し、保存的かつ審美的に良好な結果が得られたため報告する。

【材料と方法】

患者は 20 代女性。上顎前歯部に複数のホワイトスポットおよびブラウンスポットを認めた。審美性の改善を強く希望されたため、まずオパールエッセンス 10% (Ultradent 社) によるホームホワイトニングを 2 週間実施し、ブラウンスポットの色調改善を図った。

ホワイトニング終了後、表層に耐酸性層が残存していると判断されたため、オパールーストラ (Ultradent 社) を用いたエナメルマイクロアブレーション処置を行い、レジン浸潤の前処理とした。

続いて、ホワイトスポットおよびブラウンスポットに対して ICON (DMG 社) を適用し、脱灰部へのレジン浸透を図った。ICON 適用後、一部の表層には軽度のエナメル質融解が認められたため、対象部位に限りフロアブルコンポジットレジンにて形態を再現し、最終研磨を施した。

【結果】

ホワイトニングにより全体の色調が明るくなり、病変部のコントラストが軽減された。続くマイクロアブレーション処置により、ICON の浸透効率が向上し、ホワイトスポットの光学的不透明性は大幅に改善された。ブラウンスポットについても、ICON 適用により周囲歯質との調和が得られた。CR 修復を施した部位も滑沢性・審美性に優れ、全体として高い患者満足度が得られた。

【考察】

ホワイトスポットやブラウンスポットの審美的改善には、単一の手法では限界があることが多く、本症例のように複数の手段を適切に組み合わせることが重要である。特に、ICON の効果を最大化するためには前処置が重要であり、本症例においてはオパールーストラを用いた表層研磨が有効であった。また、レジン浸透が不十分な部位に限定して CR 修復を行うことで、MI の原則を維持しながら審美性を補完することが可能となった。

【結論】

ホワイトスポットおよびブラウンスポットに対し、ホワイトニング、マイクロアブレーション、レジン浸潤法、CR 修復を段階的に組み合わせることで、最小限の切削で良好な審美修復が可能であった。今後も本アプローチは、MID に基づく保存的審美治療の有効な選択肢となり得ると考えられる。

生活歯に対して 35%および 6%過酸化水素ホワイトニング材を併用した デュアルホワイトニングの臨床的漂白効果

愛知学院大学歯学部保存修復学講座¹

アイオワ大学歯学部保存修復学講座²

クレイトン大学歯学部総合歯科学講座³

○米山佳実¹, 前迫真由美¹, 松井 渚¹, 辻本暁正^{1,2,3}

Clinical Effectiveness of Dual Whitening Using 35% and 6% Hydrogen Peroxide in Vital Teeth

Department of Operative Dentistry, School of Dentistry, Aichi Gakuin University¹

Department of Operative Dentistry, University of Iowa College of Dentistry²

Department of General Dentistry, Creighton University School of Dentistry³

○YONEYAMA Kami¹, MAESAKO Mayumi¹, MATSUI Nagisa¹, TSUJIMOTO Akimasa^{1,2,3}

【諸言】

近年、国民の白い歯の獲得への訴求は年齢を問わず高まっており、切削なしに歯の漂白を可能とするホワイトニングに対する需要も増加している。そのため、各社から様々なホワイトニング材が市販されており、患者の希望に応じてホーム、オフィスおよびデュアルホワイトニングが選択可能となっている。現行のシステムのうち、デュアルホワイトニングは最短期間での漂白が可能であり、最近では 35%および 6%過酸化水素ホワイトニング材を用いたデュアルホワイトニングキットが上市されている。そこで、生活歯に対して 35%および 6%過酸化水素ホワイトニング材を併用したデュアルホワイトニングの臨床的漂白効果を検討した。

【症例】

26 歳女性。全顎的な歯の色調と個々の違いを主訴に愛知学院大学歯学部附属病院審美歯科診療部に来院した。下顎前歯部に着色が認められるものの齲蝕はなく、歯周組織の状態も良好であった。患者は仕事の都合により頻回にわたる通院が難しいことから、短期間で高い漂白効果が獲得できるホワイトニングを希望した。そこで、35%および 6%過酸化水素ホワイトニング材を併用したデュアルホワイトニングキット（オパールエッセンス デュアルホワイトニングキット、ウルトラデント）を用いて 2 サイクルの漂白処置を行うこととした。

【治療経過】

全顎的なスケーリングおよび PMTC を行い、術前のシェードを歯科用分光測色計（オブティシェード、スマイルライン）を用いて測色した結果、上顎右側中切歯は A1 であるものの上顎右側犬歯は A3 であり、歯種によってシェードは異なるものであった。患者はホワイトニング未経験者であり術中および術後の不快感をできる限り軽減するため、オフィスホワイトニング術前に 3%硝酸カリウムおよび 0.25%フッ化ナトリウムを含有した知覚過敏抑制材配合トレイ（ウルトライズ、ウルトラデント）を 30 分間装着した。その後、製造者指示に従って 35%オフィスホワイトニング材（オパールエッセンス BOOST、ウルトラデント）を歯面に塗布後、5 分間静置し 3 分間の光照射後、7 分間静置し、これを 3 サイクル繰り返した。術後には高濃度フッ化物バーニッシュ（エナメラスト、ウルトラデント）を併せて塗布した。術後 1 日目までの期間は漂白処置を行わず、2 日目から 6%過酸化水素ユニバーサルトレイ用ホームホワイトニング材（オパールエッセンス Go、ウルトラデント）を用いて 1 日 90 分 x 連続 4 日間のホームホワイトニングを行った。その後、1 サイクル目と同様にデュアルホワイトニングを繰り返し、2 サイクル合計 10 日間のホワイトニングを行ったところ、上顎右側中切歯および犬歯における測色結果は B1 となり、歯種によっては明色方向にシェードが最大 8 段階変化し顕著な漂白効果が確認されるとともに知覚過敏の発症は認められなかった。

【考察】

ホームおよびオフィスホワイトニングを 1 サイクル行った際の色調変化は、JIS 規格において術前シェードと比較して 2 シェード以上改善されることが期待されている。本症例におけるデュアルホワイトニング後の色調変化は 1 サイクル毎に 4 シェードずつ改善され、高い漂白効果が確認された。また、本症例で認められた 8 シェードの色調変化を獲得するためには、一般に長期間 [ホームのみ: 16-20 日間; オフィスのみ: 28-40 日間 (4 サイクル)] のホワイトニングが必要とされるものの、短期間 [10 日間 (2 サイクル)] で快適かつ高い漂白効果の獲得が可能であった。

【結論】

本症例の結果から、生活歯に対して 35%および 6%過酸化水素ホワイトニング材を併用したデュアルホワイトニングを行うことで、短期間で快適なホワイトニングが可能であることが判明した。

ホワイトニング前後のフッ化物塗布が歯面に及ぼす影響について

大阪歯科大学歯学部口腔病理学講座
○久野雪乃, 池田千浦子, 岡村友玄, 富永和也

The effect of fluoride application before and after whitening on tooth surfaces

Department of oral pathology, Osaka dental university
○Yukino Hisano, Chihoko Ikeda, Tomoharu Okamura, Kazuya Tominaga

〔背景〕 ホワイトニング処置は審美治療として有用な治療方法である。近年では、ホームホワイトニングの需要が増加している。ホワイトニング処置は歯の着色を除去し、審美的にようになる一方、歯の脱灰を伴うという報告がある。歯の脱灰には、フッ化物を塗布することで、エナメル質の耐酸性が向上すると期待されている。しかし、ホワイトニング処置前後の歯面へのフッ素塗布によるフッ化カルシウム (CaF_2) の沈着程度の違いを比較した報告例は少ない。そこで今回、我々は、人工的に歯を着色させ、ホワイトニング処置前後におけるフッ素塗布が歯面に及ぼす影響の違いについて検証した。

〔材料と方法〕 本実験では、ウシ前歯を用いた。1本のウシ前歯歯冠部を半割し、コントロール群と実験群に分けた。ウシ前歯は歯頸部を除去し、切端部から中央部の範囲を使用した。条件の異なる以下A～C群を作製した。A群：未処理の歯片、B群：A群をタンニン酸水溶液 (400 mg / 100mL) に6日間浸漬した歯片およびC群：B群にホワイトニング処置を28時間施した歯片とした。さらに、A～C群に対してフルオールゼリーを用いてフッ素塗布を行い、A-F群、B-F群、C-F群を作製した。着色には、赤ワインに含まれる色素であるタンニンを使用した。ホワイトニングにはティオンホームプラチナを用いた。各実験群の歯片の表面構造の観察と元素解析とをJCM7000 (卓上SEM/EDS) を用いて行った。C-F群に対し、VITA Easyshade Vを用いて未処置時、着色後およびホワイトニング後の色調の変化を計測し、比較した。また、フッ素塗布群に対し、X線光電子分光分析装置 (XPS) にて解析し、フッ素塗布による影響を検証した。

〔結果〕 卓上SEM/EDSで元素解析を行った結果、A群と比較した歯面表層のカルシウム量、リン量はB、C群において減少傾向を示した。炭素量については、B群は増加、C群は減少傾向を示した。これらの結果から、着色によって歯面がコーティングされたことやホワイトニングによってエナメル質の結晶構造が変化したことが考えられた。色調の比較検討には、Lab色空間を用いた。着色前と着色後、着色後とホワイトニング後では、L値、a値に有意差を認めた。A-F群、B-F群およびC-F群をXPSで解析し比較した結果、B-F群の歯面表層の CaF_2 形成量が最も少なかった。

〔結論〕 ホワイトニング処理によってエナメル質は脱灰されるが、ホワイトニングを施した着色歯にフッ素塗布を行った場合、ホワイトニング未処置着色歯より歯面への CaF_2 の沈着量が増加しており、ホワイトニング処置は CaF_2 形成の補助になることが示唆された。

新規製法によるホームブリーチ用トレーの内面性状について

ホワイトエッセンス株式会社 ヘルスケア事業本部

○新井未知可、ウィジェトンガ チャマリ、長坂啓太郎、中畑亜加音、浅木隆夫

Characteristics of internal surface of bleaching tray prepared by new method

White Essence Co.,Ltd, Health Care Division

○ARAI Michika, WIJETUNGA Chamari L, NAGASAKA Keitaro, NAKAHATA Akane, ASAKI Takao

【緒論】 ホームブリーチのトレー製作に用いるシートの多くは、エチレン酢酸ビニル (EVA) であり、石膏歯列模型に軟化圧接して成形し、トレーを作製してきた。近年、口腔内スキャナで光学印象を行い、3D プリンターで歯列模型を作製し、その模型を用いてカスタムトレーを製作する方法が開発・実用化された。本研究では、3D プリンターで作製した歯列模型を用いて製作したカスタムトレーの内面性状を評価した。

【材料および方法】＜表面粗さ測定＞ 人工歯上顎歯列模型 (ニッシン) を口腔内スキャナー (WE スキャン、ホワイトエッセンス) を用いて、光学印象採得を行い、3D プリンター (HP Jet Fusion 5210) を用いて樹脂 (PA12、ヒューレット・パカード) 製の模型を製作した。また、アルジネート印象材を用いて印象採得を行い、硬石膏 (ニューブラストーン、ジーシー) を注入して、歯列模型を作製した。これらの模型上で、トレーシート (ホワイトエッセンス ホワイトニングホーム 10%、ホワイトエッセンス) を用いてカスタムトレーを製作した。トレーシート表面 (Tray sheet)、石膏模型および樹脂模型の表面 (Gypsum model、Plastic model)、および、それぞれの模型で製作したトレーの内面 (Tray-Gypsum、Tray-Plastic) の表面粗さを、非接触表面性状測定器 (Opt-scope、東京精密) を用いて測定し、Ra 値を求めた。＜垂れ性の評価＞ スライドガラスを 5 枚重ねたもの (約 26 x 76 x 5mm) をシート状のパラフィンワックスに付けて原型とし、光学印象採得を行って、HP Jet Fusion 5210 を用いて PA12 製の模型を製作した。この模型上で、トレーシートを用いてトレーを製作した (実験群: 3D)。同様に、シリコーン印象材を用いて印象採得を行い、硬石膏を注入して模型を製作し、この模型上でトレーを製作した (対照群: GP)。製作したそれぞれのトレーの平坦面から約 10 x 35mm の試片を切り出し、スライドガラス上にトレーの内面が表になるように両面テープを用いて貼付し、被験面とした。被験面の上端に食用色素黒 (共立食品株式会社) を添加した粘度標準液 (21000cp、Brookfield) を適量滴下し、垂直に静置した。液材が下方に垂れていく状態を動画撮影し、その画像をもとに 10 分後の液材の垂れた距離を測定した。

【結果および考察】 樹脂製歯列模型表面と樹脂製模型から製作したトレーの内面は、石膏歯列模型と石膏模型から製作したトレー内面と比べて、高い Ra 値を示した (Fig. 1)。また、液材の垂れは、3D 群が 2.7mm、GP 群が 4.6mm で、3D 群の試料の方が、低い流動性を示した。3D プリンターと PA12 で製作した樹脂製模型の表面粗さは石膏模型よりも大きく、その粗さにより、トレー内面に転写され、液材の流動性が小さくなったと考えられる。ホームブリーチの施術中に、カスタムトレーの辺縁から少量のホワイトニング材が流出することはやむをえないことではあり、また、少量である限り、患者に健康被害を及ぼすことはないものと思われるものの、その流出量はなるべく少ないことが望ましい。また、ホワイトニング材の流出量が多い場合、ホワイトニング効果に影響を及ぼすことが懸念される。これを防ぐには、辺縁の適合の良いカスタムトレーを製作することが有効であるが、トレーの内面粗さを高めて、ホワイトニング材の保持を高めるのも有効と考えられる。したがって、3D プリンターと PA12 を用いて製作したトレーを用いることにより、より安全で効果的なホームブリーチが可能となることが示唆された。

【結論】 3D プリンターと PA12 で製作した歯列模型表面とそれを用いて製作したトレーの内面の表面粗さは大きく、それによって、トレー内面の液材の流動性は低下した。

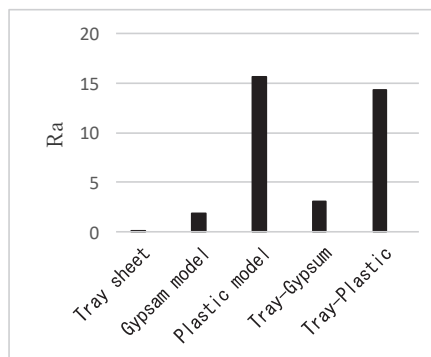


Fig.1 Surface roughness of each surface

歯科衛生士教育における体験型ホワイトニング実習の課題

大阪歯科大学歯学部 歯科保存学講座

○谷本啓彰, 奥村瑛恵子, 保尾謙三, 杉村留奈, 三木晃治, 岩田有弘, 山本一世

Subjects of experiential training of teeth whitening in dental hygienist education

Osaka Dental University Department of Operative Dentistry

○Tanimoto Hiroaki, Okumura Saeko, YASUO Kenzo, Sugimura Runa,

Miki Kougi, IWATA Naohiro, Yamamoto Kazuyo

【目的】

歯を白くしたい患者の希望はいつの時代でもあり、保存修復学の領域では歯の漂白が広く行なわれている。卒前の歯科医学教育において医療ホワイトニングは多くの場合、講義と臨床実習での見学もしくは介助の形で教育されているのが現状であると思われる。歯科衛生士業務における医療ホワイトニングは、歯科医師の指示のもとで行える診療補助業務として位置付けられている。卒業後も多くの機会に遭遇することが考えられることから、学生教育の中でより知識・技能・態度の習得が必要であるが、臨床実習の現場ではほとんどが見学の機会とならざるを得ないのが現状である。また齲蝕治療とは違い高頻度で行われる処置ではないため、見学の機会を得られる学生はごくわずかになるため、習得度に差が出かねないと考える。そこで学生各自がホワイトニング診療の術者・患者を実体験することで、習得度を高める一つの方法になるのではなかと見え、数年前から歯科衛生士教育のカリキュラムの中で体験型ホワイトニング実習を導入してきた¹⁾。そこで体験型ホワイトニング実習を行う上での課題を抽出できたので報告する。

【方法】

体験型実習前にホワイトニングの講義と各自の歯の色調測定を行った。体験型ホワイトニング実習として、オフィスホワイトニングとホームホワイトニングの両方を行った(大歯医倫 第111225号)。オフィスホワイトニング実習では、歯科衛生士養成校の学生3人組として、患者、術者、介助者を経験した。ホームホワイトニング実習では、事前に作製した自身の顎模型でホワイトニング用トレーを作製し、薬剤注入後、自身に装着した。体験型実習を繰り返し行ったことで課題を抽出し、翌年へのフィードバックを行ってきた。

なお実習には歯科医師3名と養成校教員3名が指導にあたった。

【結果および考察】

以下の4つの課題を抽出することができた。

- ①矯正治療中の学生は、口腔内に装着されており自身が患者としての2つとも体験実習ができなかった。かかりつけ医との連携の必要性はあるが、今後の検討課題の1つである。
- ②体験実習後の有害事象が発生した場合については、対象が生活歯に対する相互実習であるため、知覚過敏の症状や歯肉の白化が起こりうる可能性が考えられる。近隣の歯科医院にて対応をお願いしている。
- ③使用する薬剤の費用については、カリキュラムに組み込むことでご父兄の理解を得ることができた。
- ④ホワイトニングは術前・術中・術後のカウンセリングとそのケアが重要である。指定教科書とホワイトニング講義では術式等が主な内容であり、卒業後の臨床現場で必要なカウンセリングとそのケアまでつながないことが判明した²⁾。今後、実習内で履修するカリキュラムに変更する予定である。

体験型実習を行うことで、いままでの教育方法ではできない患者の安全性など医療安全等も体験することができる一方で、卒業後の臨床で必要なカウンセリングやケアの習得不足を知ることができた。今後は、さらに有効に活用できる実習になるように検討していきたい。

1) 谷本啓彰 他. 歯科衛生士教育における体験型ホワイトニング実習の導入. 第43回日本歯科医学教育学会総会・学術大会 2025; 89.

2) 谷本啓彰 他. 歯科衛生士教育における体験型ホワイトニング実習でのカリキュラムに教育について. 第44回日本歯科医学教育学会総会・学術大会 2025.

唾液う蝕リスク検査 RD テストを用いたう蝕活動性評価の有効性に関する検討 — 第一報 —

奥羽大学歯学部歯科保存学講座保存修復学分野

○大木英俊、橋本昌典、影山直、永井春菜、藤山修平、菊井徹哉、山田嘉重

Evaluation of the effectiveness of caries activity assessment using the RD test for saliva caries risk assessment - first report -

Division of Operative Dentistry, Department of Conservative Dentistry, Ohu University School of Dentistry.

○OHKI Hidetoshi, HASHIMOTO Masanori, KAGEYAMA Sunao, NAGAI Haruma, FUJIYAMA Shuhei,

KIKUI Tetsuya, YAMADA Yoshishige

【緒言】

う蝕に罹患しないための予防は非常に大切であるが、現状では患者個々に対するう蝕予防のためのリスク評価は確立されていない。現在の歯科保健制度では主にはう蝕治療に比重が置かれており、画一的な口腔清掃が主流で、う蝕予防に対しては十分であるとは言えない。例え口腔内が清潔に見えていても、う蝕に罹患してしまう症例をみることは少なくない。そのためう蝕発症のリスク検査法を評価することはう蝕予防の観点から大変重要である。

【実験方法】

本研究に際し、事前に奥羽大学倫理委員会の承認（承認番号 371）を得た後、本学歯科病院に来院している患者で、事前に研究の趣旨に賛同・同意後、同意書をいただいた患者 20 名を対象として行った。

検査対象としてう蝕処置を終了して定期券診を行っている顕著なう蝕を有していない患者とした。

研究方法としては口腔清掃前に専用キット（RD テスト昭和）に付属している専用の採取用スポイトにて唾液を収集する。収集した唾液を専用の試験紙内の検査部位に反応・培養させ、う蝕感受性細菌の存在状況を把握する。得られた結果を視診やエックス線診などを併用した口腔内の状態と比較して、う蝕感受性リスク判定の検査法としての良否については PCR レコード等によるブラークコントロールと比較して検討した。

【結果】

RD テストの結果では、ブラークコントロール良好と判断された口腔内の状態でも、80%前後の患者で中リスクという評価となった患者、一方では、う蝕が複数ある患者でも低リスクという評価となった患者もいた。この評価はう蝕治療歯数の数と RD テストの評価は必ずしも相関しなかった。

【考察】

今研究結果では、ブラークコントロールが良好な患者であっても、う蝕感受性リスクが必ずしも低いということではないことが確認された。したがって例えばブラークコントロールが良好であっても、定期的な口腔内の管理・清掃が必須であると考えられる。一方、う蝕が複数ある患者でも低リスクとなった患者がみられた理由として RD テスト施行の条件に適していなかった可能性が考えられる。RD テストは実施の 2 時間前までに洗口・ブラッシングを行わないよう推奨されており、患者が受診 2 時間前以内に洗口・ブラッシングを行っていた可能性が考えられる。またう蝕治療の過程において患者の口腔清掃に対する意識が向上したことにより、う蝕の数に比べてリスクが低下したことも推察される。また検査キットに付属する専用の採取用スポイトで患者毎に採取できる量が均一化できていないことが複数回確認された。そのため、術者の手技の熟達度が影響しているかもしれない。これらの推察された事象について今後原因を明確にすることで、RD テストの制度を向上させていきたい。

歯髄細胞の象牙質形成に及ぼすグルコースとエリスリトールの影響

明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野
○山田 明日香、橋本 里歩、加藤 邑佳、横瀬 敏志

Effects of glucose and erythritol on dentinogenesis of dental pulp cells

Division of Endodontics and Operative Dentistry,
Department of Restorative and Biomaterials Sciences,
Meikai University School of Dentistry
○Asuka Yamada, Riho Hashimoto, Yuka Kato, Satoshi Yokose

【目的】糖アルコールの一種であるエリスリトールは血糖値やインスリンレベルに影響を与えないため、糖尿病患者に対しても使用できる砂糖の代替品である。糖尿病患者の歯髄では炎症反応が続くことで象牙質形成の減少や治癒障害が報告されている。しかし、糖尿病患者でも使用できるエリスリトールの歯髄組織に関連する研究報告はまだ少ない。そこで本研究では、歯髄細胞の象牙質形成に対するエリスリトールの影響を調べるため、glucose を添加した群とエリスリトールを添加した群を作成し、歯髄細胞の象牙質形成への影響を比較検討した。

【材料と方法】本研究は明海大学歯学部動物実験倫理委員会(A2514)の承認を得て行われた。7 週齢、雌 SD ラット下顎骨切歯より歯髄組織を抽出し、酵素処理法にて歯髄細胞を分離後、歯髄細胞を 2 1 日間培養した。培地は 10% 仔牛血清、10m M β グリセリン酸、25 μ g /ml アスコルビン酸、0. 1M Dex を含んだ α MEM を使用した。比較検討のため、対照群(Cont 群)、培地に 25mM Glucose (Glc 群)、50mM の Erythritol (Ery 群)をそれぞれ添加した実験群を作成した。培養 2 1 日後にアリザリンレッド(AR)染色をして石灰化結節形成を形態学的に観察した。また、細胞から RNA を分離して象牙質形成マーカーである Dspp, Bgp と Wnt10a の遺伝子発現を Real time PCR で検索した。

【結果】AR 染色の結果 Cont 群(a)に比較して Glc 群(b)の石灰化結節形成が著しく抑制された。一方、Ery 群(c)では Cont 群に比較して抑制傾向は見られなかった(Fig. 参照)

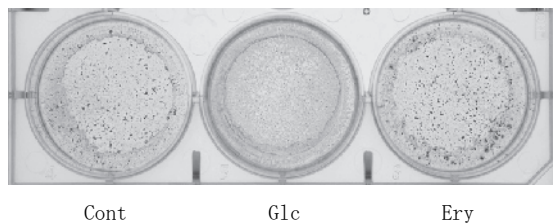


Figure:AR stainings of cultured dental pulp cells

Real Time PCR の結果から、Glc 群では Dspp, Bgp と Wnt10a の遺伝子発現が Cont 群のものに比較して有意に抑制されていたが、Ery 群ではこれらの遺伝子発現はわずかに抑制されていたものの、有意差は認められなかった。

【考察】高濃度 Glc は歯髄細胞の Dentinogenesis を抑制し、それには Wnt10a が関与することが示された。また、Ery には Glc のような象牙質形成抑制作用が見られないことが明らかとなった。これらの結果から、Ery は象牙芽細胞の分化に影響しないことが示された。

【結論】ラット歯髄細胞の象牙質形成においてエリスリトールには抑制効果がないことが示された。

ラット培養歯髄細胞の象牙質形成に及ぼす Methylsulfonylmethane (MSM) の影響

明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野

○橋本 里歩, 山田 明日香, 加藤 邑佳, 横瀬 敏志

Effect of Methylsulfonylmethane (MSM) on dentinogenesis in dental pulp cells isolated from rat incisors

Department of Restorative and Biomaterials Sciences Division of Endodontics and Operative dentistry
Meikai University School of Dentistry

○HASHIMOTO Riho, YAMADA Asuka, KATO Yuka, YOKOSE Satoshi

【目的】

Methylsulfonylmethane(MSM)は様々な食品に含まれる有機硫黄成分で、炎症鎮静効果などが認められており、関節痛や筋肉痛の緩和を期待した栄養補助食品である。近年、この MSM の骨形成作用に対する効果が報告され、骨芽細胞の分化を亢進して骨形成促進作用が認められている。しかしながら、象牙芽細胞に対する作用はまだほとんど報告が少なくその作用機序については不明な点が多く残されている。本研究では、vital pulp therapy(VPT)の開発を目指し MSM に着目した。そこで、本研究では VPT へ MSM を応用するために、dentinogenesis に対する作用を検討する目的で実験を計画した。そして、酵素処理したラット歯髄細胞に MSM を合わせて培養し、象牙質形成を示す過程でどのような影響があるか形態学的評価を行った。

【材料および方法】

本実験は明海大学動物倫理委員会の承認 (A-2514) を受けて行った。7 週齢雌 SD ラットより摘出した下顎切歯を使用し、この下顎切歯から歯髄細胞を抽出した。その後に酵素処理を行い細胞を分離した。これらの細胞は 6well multiplate にて 10%FBS, 10nM DEX, 5mM β グリセロリン酸、25 μ g/ml アスコルビン酸を含む α -MEM で 15 日間培養した。培養細胞に対して MSM を 25mM 添加して実験群 (MSM 群) とし、MSM を添加しない対照群 (Cont 群) と比較した。これらの細胞群は 2 日間隔で培地を交換し、21 日間培養を続けた。培養後、10%中性ホルマリンで 5 分間固定し、PBS で 3 回洗浄後に Alizarin Red 染色した後に、石灰化結節の形成を形態学的に観察した。また、培養細胞から RNA を抽出して象牙芽細胞の分化マーカーである Dspp, Bgp, wnt10a および wnt6 の遺伝子発現を Real Time PCR にて検索した。

【結果】

Alizarin Red 染色した結果から、培養 12 日目から 21 日目では Cont 群と比較して MSM 群では明らかに石灰化結節の形成促進がみられた。また、Real Time PCR の結果も石灰化結節形成を反映して、MSM 群では Cont 群と比較して Dspp, Bgp, Wnt10a および Wnt6 の遺伝子発現が有意に促進していた。このことから MSM はカノニカル経路を介して培養歯髄細胞の分化を促進し、象牙質合成を誘発することが明らかとなった。

【考察】

本実験から MSM は培養歯髄細胞に対して象牙芽細胞への分化を誘導して、石灰化象牙質の形成を誘導することが示された。さらにはこのメカニズムとしてカノニカル経路の活性化を MSM が誘導していることが示唆された。これらの結果は今後 MSM が VPT の新たな材料になる可能性を示している。

【結論】

MSM は培養歯髄細胞の Dentinogenesis を促進することが明らかとなった。

マウス歯髄細胞培養システムを用いた Oxytocin の象牙質形成作用

¹明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野

²Section of Endodontics, Division of Regenerative and Reconstructive Science,
School of Dentistry, UCLA

○加藤 邑佳¹, Chang Insoon², 横瀬 敏志¹

Dentinogenic Effects of Oxytocin in a Mouse Dental Pulp Culture System

¹Division of Endodontics and Operative Dentistry Department of Restorative and Biomaterials Sciences

²Section of Endodontics, Division of Regenerative and Reconstructive Science,
School of Dentistry, UCLA

○KATO Yuka¹, CHANG Insoon², YOKOSE Satoshi¹

【目的】我々の研究室ではこれまで、ラットから摘出した歯髄組織を用いた酵素処理法による象牙芽細胞様細胞の培養系を使用してきた。しかし、ラットと比較してマウスは遺伝子改変技術が非常に進んでおり、遺伝子変異をもつマウスの系統も豊富に存在する。またマウスはヒト疾患に対応したモデルマウスが多種存在することから、今後の医薬品開発や基礎研究に非常に有用である。そこで、本研究は、ラットの象牙芽細胞様細胞の培養システムを改良し、マウスの象牙芽細胞様細胞の培養システムを確立することを目的とした。また、本培養系を用いて、Oxytocin (OT) が象牙質形成にどのような影響を与えるかについて検索した。

【方法】全ての実験は、UCLA の実験動物倫理委員会 (ARC-2024-078) の承認を得て行った。

8-24 週齢の雌雄マウスの下顎骨を分割後、歯髄組織を取り出し、10% FBS、1% ペニシリン/ストレプトマイシンを含む α -MEM へ静置し、アウトグロース法で細胞を培養した。培養歯髄細胞はトリプシン EDTA を用いて回収し、 $5 \times 10^4/\text{cm}^2$ の細胞濃度で 12well プレートに播種した。その後、10% FBS、1% ペニシリン/ストレプトマイシンを含む α -MEM へアスコルビン酸、 β -グリセロリン酸、デキサメタゾンを加えた石灰化培地を使用し、CO₂濃度 5%、37°C のインキュベーター内で、15 日間培養した。2 日に 1 度培地交換を行なった。

この際、OT を 50 nmol/L の濃度で添加した OT 群と非添加群 (Cont 群) を作成した。

培養 15 日目に、アリザリン染色 (ARS) を行った。また、培養歯髄細胞から total RNA を抽出し、cDNA を作成後、Real-Time PCR を行い象牙芽細胞分化のマーカーである *dentin sialoprotein (Dsp)*, *bone gamma-carboxyglutamate protein (Bgp)*, and *type I collagen(Coll1a1)* の mRNA 量を探索した。各種遺伝子発現量は Mann-Whitney U 検定を行い、結果は平均値±標準偏差 (SD) で示し、 $P < 0.05$ にて有意差を検定した。

【結果】培養 5、10、15 日目の ARS 染色の結果から、ARS 陽性に染色された石灰化結節を認めた。培養 15 日目の Real-Time PCR の結果から、培養歯髄細胞から *Dsp*, *Bgp* の mRNA の発現を確認し、その存在を PCR 産物を用いて、電気泳動でも確認した。また、OT 群では、Cont 群と比較して、石灰化結節を多く認めた。

【考察】OT 群は、Cont 群と比較して、ARS 陽性石灰化結節の形成を多く認め、象牙質マトリックスタンパク質のマーカーである *Dsp*, *Bgp* の mRNA 発現量が有意に増加した。OT を添加することにより石灰化が亢進することは、すでにラットの歯髄細胞で報告しており、マウスでも同様の結果が得られたことから、本培養システムにおいても OT の象牙質形成促進作用を再現することが確認できた。

したがって、象牙質形成を再現させる本マウス歯髄細胞培養システムは、これまで使用されてきたラットの培養システムと同様の結果を示しており、本培養システムの解析は有用であることが示された。

【結論】マウス歯髄細胞培養システムを用いて、OT は象牙質形成促進作用があることが示された。また、本培養システムが有用であることが示唆された。

歯髄血管再生療法（pulp revascularization）の治癒過程における レプチン受容体発現細胞および Axin2 発現細胞の局在

東京歯科大学保存修復学講座

○羽毛田 真佑花, 五十嵐 章智, 田代 憲太朗, 村松 敬

Localization of leptin receptor expressing cells and Axin2 expressing cells during the healing process of pulp revascularization

Department of Operative Dentistry, Cariology and Pulp Biology, Tokyo Dental College

○HAKETA Mayuka, IKARASHI Takatoshi, TASHIRO Kentaro, MURAMATSU Takashi

【緒言】

根末完成失活歯の根管治療として、従来アペキシフィケーションが行われてきた。しかし、根管の菲薄化と歯根成長の停止が欠点として報告されている。近年では、これらの欠点を克服した歯髄血管再生療法（pulp revascularization）が注目されている。我々はこれまでに歯髄血管再生療法モデルマウスを用いて組織学的に検討し、根尖より侵入した血管と線維芽細胞が根管内で増殖し、新生硬組織が形成されることを明らかにした（Komada *et al.*, 2022）。しかし、歯髄血管再生療法の治癒過程において根管内に侵入してくる幹細胞や前駆細胞の由来、新生硬組織を形成する細胞の由来は明らかとなっていない。

歯周組織に存在する間葉系幹細胞として、レプチン受容体（以下、LepR）発現細胞や Axin2 発現細胞が知られている。LepR 発現細胞は骨髄間葉系間質細胞として知られ、歯周組織における骨芽細胞の主要な供給源であり、抜歯窩の治癒過程に寄与したことが報告されている（Zhang *et al.*, 2020）。Axin2 発現細胞は、歯根膜中の歯槽骨やセメント質表面や根尖組織に存在し、歯周組織の発生に必要であることが報告されている（Xie *et al.*, 2022）。

そこで本研究では、根尖部に局在する LepR および Axin2 発現細胞が歯髄血管再生療法後の治癒過程で根管内に侵入してくるのか、また根管内のどこに局在しているのか、さらには硬組織形成に寄与しているのかを細胞系譜解析で観察し、幹細胞の由来と硬組織形成への関与を解明することを目的とした。

【材料および方法】

本研究は東京歯科大学動物実験委員会の承認を得て実施した（承認番号:252301）。細胞系譜解析のためには LepR-CreERT2/flox-stop-flox-Tomato マウスおよび Axin2-CreERT2/flox-stop-flox-Tomato マウスを作出した。まず、生後 4 週でタモキシフェンを腹腔内投与（0.15mg/g）し、生後 5 週齢で三種混合麻酔薬による全身麻酔下にて、上顎右側第一臼歯（M1）に対し Komada ら（2022）の方法に準じて歯髄血管再生療法を行い、術後 1 時間、5 日、7 日、14 日、21 日に 4%パラホルムアルデヒド溶液で灌流固定を行い、上顎骨を採取した。モース液で 4℃ 24 時間脱灰後、厚さ 12 μm の凍結切片標本を作製し、共焦点レーザー走査顕微鏡（LSM880 NL0, Zeiss）にて観察した。また、形態観察では HE 染色を行い、正立顕微鏡（Axio Imager M2）を使用して観察した。対照群は反対側の上顎左側第一臼歯近心根（無処置）とした。

【結果および考察】

Axin2-CreERT2/flox-stop-flox-Tomato マウスの実験群において、Tomato を発色する Axin2 発現細胞が経時的に根尖孔から侵入し、根管壁に沿って根管上部へ進行するのが認められた。また術後 7 日目から根管壁に沿って新生硬組織形成を認め、根管内部に向かって経時的に添加されていたが、その周囲に Axin2 発現細胞が局在していた。

LepR-CreERT2/flox-stop-flox-Tomato マウスの実験群の各時点において、Tomato を発色する LepR 発現細胞は根管内部において、いずれの時期においても根管下部にわずかに認められるに過ぎなかった。

以上の結果から、歯髄血管再生療法後に根管内に侵入する幹細胞は、骨髄間葉系間質細胞の可能性は低く、歯根膜や根尖組織に存在する間葉系幹細胞と考えられた。また Axin2 発現細胞は根管内に形成された硬組織周囲に局在しており、新生硬組織形成に寄与していると考えられた。今後は侵入した Axin2 発現細胞が硬組織形成細胞への分化過程を検討する予定である。

（会員外研究者：東京歯科大学口腔科学研究センター 溝口 利英, 伊藤慎一郎）

歯髄創傷に対する MTA 及び中鎖ポリリン酸のラット歯髄への影響評価

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

○戸井田侑, 槌谷賢太, イスラムラフィクル, 星加修平, 五十嵐豊,
佐野英彦, 権 藝智, 長川直樹, 三宅 凜, 友清 淳

Evaluation of the Effects of MTA and Medium-Chain Polyphosphate on Rat Dental Pulp in Response to Pulpal Injury

Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University

○Yu TOIDA, Kenta TSUCHIYA, Rafiqul ISLAM, Shuhei HOSHIKA, Yutaka IGARASHI,
Hidehiko SANO, Geichi GON, Naoki NAGAKAWA, Rin MIYAKE, Atsushi TOMOKIYO

【目的】ケイ酸カルシウムを主成分とした Mineral Trioxide Aggregate (MTA) セメントは優れた硬組織形成能および生体親和性を示すことから、偶発的な露髄に対する直接覆髄剤として広く臨床応用されている。一方、歯髄の創傷治癒過程においては、血管の新生が生じたのち、それらを介した栄養供給、代謝老廃物の運搬、免疫細胞の遊走等が生じる。したがって直接覆髄においても、露髄部の歯髄治癒やデンティンブリッジ形成を効率的に誘導する上で、血管新生が重要となることが予想される。生体高分子であるポリリン酸は哺乳類や細菌の細胞内・細胞外に存在し、生体内では細胞内貯蔵、ミネラル代謝、炎症・止血、細胞応答等に関わる。また、ポリリン酸はその糖長によって異なる機能を示すこと、中でも平均鎖長 60 の【中鎖ポリリン酸ナトリウム (MPP)】が、血管新生において重要な役割を担う線維芽細胞増殖因子 (FGF2) の受容体への結合性を向上させ、そのシグナルを活性化させることが報告されている。そこで本研究では、MPP を添加した MTA を作製し、それらを直接覆髄剤として使用した際の、覆髄部における炎症状態、血管新生、ならびに硬組織形成を評価した。

【材料及び方法】本研究は北海道大学大学院歯学研究院動物実験委員会の承認下にて実施された (承認番号: 23-0148)。8 週齢 Wistar オスラットに対しイソフルラン吸入を行った後、塩酸メデトミジン・ミダゾラム・酒石酸ブトルフェノールによる三種混合麻酔を行った (n=15)。上顎両側第一大臼歯に歯科用 1/2 ラウンドバーと #20 K ファイルを用いて近心面から点状露髄させ、露髄面をペーパーポイントにて止血させたのち、生理食塩水にて洗浄した。続いて、露髄面に直接覆髄剤を貼付し、歯科用レジンセメント (スーパーボンド; サンメディカル株式会社) にて仮封した。直接覆髄剤には、MTA セメント (NEX MTA; GC) に 0.5M、1.0M、および 2.0M の MPP (中鎖 EX ポリリン酸; 富士フィルム和光純薬株式会社) を粉液比 1:0.33 になるよう混合したものを用いた。実験群は①0.5M MPP+Nex MTA (MPP0.5)、②1.0M MPP+Nex MTA (MPP1.0)、③2.0M MPP+Nex MTA (MPP2.0)、④Nex MTA のみ (MTA)、および⑤覆髄剤無し (NEG) とした。覆髄後 3 日および 7 日にイソフルラン過剰投与による安楽死を施し、上顎骨を摘出後 10%ホルマリンにて 24 時間固定したのち通方に従ってパラフィン包埋を行った。5 μ m の厚さで薄切切片し、ヘマトキシリン・エオシン染色を行い、各期間における実験群ごとの炎症状態、血管新生、ならびに硬組織形成について評価を行った。

【結果と考察】3 日後においては、MPP0.5 群、MPP1.0 群、MPP2.0 群にて軽度の炎症とともに、覆髄面直下に多くの血管新生を認めた。MPP 群間での比較では、MPP1.0 群および MPP2.0 群が、MPP0.5 群と比較して多くの血管新生を示した。MTA 群では炎症は軽度であったが、覆髄面直下の血管新生は少なかった。また、NEG 群では強い炎症を認め、覆髄面直下の血管新生は少なかった。さらに、いずれの群においても覆髄剤直下に硬組織形成は認められなかった。7 日後においては、いずれの群においても炎症は軽度であった。一方、覆髄剤直下の血管新生は、MPP0.5 群、MPP1.0 群、MPP2.0 群、および MTA 群において、NEG 群よりも多かった。MPP 群と MTA 群との比較では、MPP 群にて MTA 群よりも多くの血管新生が観察された。また、7 日において NEG 群は一部の試料において硬組織形成を認めたものの、その量は少なかった。一方 MTA 及び MPP 群では、NEG 群よりも多くの硬組織形成を認めた。以上より、MPP は MTA へと添加された場合に、MTA の作用を阻害することなく早期の血管新生を促進し、直接覆髄直後においても高い硬組織形成能を示すことが示唆された。

【結論】中鎖ポリリン酸を添加した MTA は、ラット歯髄に対し直接覆髄から短期間経過後においても高い血管新生誘導および硬組織形成誘導を示したことから、直接覆髄剤として有用であることが示された。

IL-34 によるヒト歯髄細胞の炎症性サイトカイン発現制御

広島大学 大学院医系科学研究科 歯髄生物学的研究室

○河合 玲奈, 武田 克浩, 成瀬 友哉, 高橋 洋平, 由比 公顕, 熊谷 友樹, 中西 惇, 柴 秀樹

Regulation of Inflammatory Cytokine Expression in Human Dental Pulp Cells by IL-34

Department of Biological Endodontics, Graduate School of Biomedical and Health Sciences

○ Reina Kawai, Katsuhiko Takeda, Tomoya Naruse, Yohei Takahashi, Kimiaki Yuhi, Tomoki Kumagai, Jun Nakanishi and Hideki Shiba

【目的】

Interleukin(IL)-34 は、単球およびマクロファージに発現するコロニー刺激因子 1 受容体 (CSF-1R) と結合するリガンドとして近年発見されたサイトカインである。IL-34 は、関節リウマチ、全身性エリテマトーデス、多発性硬化症、アトピー性皮膚炎、炎症性腸疾患、悪性腫瘍などの疾患との関連が示唆されている。しかしながら、歯髄炎の発症・進展における IL-34 の役割は不明である。また、マクロファージは歯髄組織に存在し、周囲の細胞と連携することが知られている。本研究では、マクロファージ-歯髄細胞の細胞連携に着目し、歯髄細胞の炎症性サイトカイン発現に及ぼす IL-34 の影響を検討した。

【方法】

1. 供試細胞 : ヒト歯髄細胞 (hDPCs) は、Lonza から購入し、Fatal Bovine Serum (Gibco) 10 %含有の D-MEM を用いて培養した。ヒト単球系細胞株 は、理研から購入した。5~7 代継代した hDPCs と PMA 刺激によってマクロファージ様細胞 (マクロファージ) に分化させた THP-1 を以下の実験に供した。
2. マクロファージと hDPCs の共培養 : 細胞培養用 24 well Transwell (Corning) を用いてマクロファージと hDPCs を共培養し、LPS で刺激した。対照群として hDPCs 同士を共培養した。hDPCs から total RNA を獲得、精製し、RNA シークエンスを行った。
3. マクロファージの培養上清が hDPCs の IL-34 の mRNA 発現に及ぼす影響 : マクロファージと hDPCs をそれぞれ、無血清下で LPS (1.0 $\mu\text{g/mL}$) を 24 時間作用し、培養上清を回収した。回収した培養上清を別系列で培養した hDPCs に 24 時間作用させ、リアルタイム PCR によって IL-34 の mRNA 発現を解析した。
4. IL-34 が hDPCs の炎症性サイトカイン発現に及ぼす影響 : hDPCs に IL-34 (50 ng/mL) を培養終了 3, 6, 12, 24 時間前に無血清下で作用し、リアルタイム PCR によって炎症性サイトカイン (IL-6, IL-8) の mRNA 発現を解析した。また、hDPCs を、無血清下で IL-34 を 0, 1, 10, 50, 100 ng/mL の濃度で 24 時間作用させ、リアルタイム PCR によって IL-6, IL-8 の mRNA 発現を解析した。
5. LPS によって誘導された hDPCs の炎症性サイトカイン発現に及ぼす IL-34 の影響 : hDPCs を、無血清下で IL-34 (50 ng/mL) と LPS (1.0 $\mu\text{g/mL}$) を 3 時間同時作用し、リアルタイム PCR によって IL-6, IL-8 の mRNA 発現を解析した。また、ELISA によって培養上清中の IL-6 と IL-8 のタンパク質量を測定した。

【結果】

1. LPS 存在下でマクロファージと共培養した hDPCs では、hDPCs 同士を共培養した場合と比較して、IL-34 の mRNA 発現が有意に促進された。
2. LPS 刺激したマクロファージの培養上清を添加した hDPCs は、LPS 刺激した hDPCs の培養上清を添加した場合に比べて、IL-34 の mRNA 発現量が有意に上昇した。
3. IL-34 は、24 時間の作用をピークとして IL-6 と IL-8 の mRNA 発現を有意に抑制した。また、IL-34 を 1, 10, 50, 100 ng/mL の濃度で処理した場合、コントロールと比較して IL-6 と IL-8 の mRNA 発現が有意に抑制された。
4. IL-34 は、LPS によって誘導された hDPCs の IL-6 と IL-8 の mRNA とタンパク質レベルで発現量を有意に減少させた。

【考察】

炎症環境下 (LPS 存在下) において、マクロファージは歯髄細胞の IL-34 発現を誘導し、IL-34 は歯髄細胞に対して抗炎症作用を示す可能性が示唆された。

オステオポンチンの欠損は MTA による直接覆髄後の歯髄における 歯髄内マクロファージの M2 極性を抑制する

¹⁾東京科学大学 大学院医学総合研究科 歯髄生物学分野

²⁾日本歯科大学生命歯学部 歯科保存学講座

○大島理紗¹⁾, 川島伸之¹⁾, 興地隆史^{1,2)}, 八幡祥生¹⁾

***Osteopontin* deficiency impairs the M2-polarization of macrophages in the dental pulp following direct pulp capping with MTA**

¹⁾Division of Pulp Biology and Endodontics, Graduate School of Medical and Dental Sciences,
Institute of Science Tokyo

²⁾Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Tokyo
○Risa Ohshima¹⁾, Nobuyuki Kawashima¹⁾, Takashi Okiji^{1,2)}, Yoshio Yahata¹⁾

【目的】 Mineral trioxide aggregate (MTA) は、その高い生体親和性および硬組織形成能により覆髄材として注目されている。これまでに、我々は MTA によるマウス臼歯歯髄への直接覆髄後、象牙芽細胞様細胞の配列に先立って、露髄部直下にオステオポンチン (OPN) の沈着が認められること、また *Opn* ノックアウト (KO) マウスでは、MTA 直接覆髄後の露髄面において、象牙芽細胞様細胞の配列ならびにデンティンブリッジ形成が阻害されることを報告してきた。そこで本研究では、直接覆髄後の治癒過程における OPN の役割の詳細を明らかにするため、歯髄内マクロファージの動態および *Nestin* mRNA の発現について検討した。

【方法】 生後 5~6 週齢の野生型 (WT) および *Opn* KO マウスの上顎第一臼歯に露髄を伴う窩洞を形成し、MTA (ProRoot® MTA : デンツプライシロナ) にて覆髄後、グラスアイオノマーセメントで封鎖した。1~5 日後に深麻酔下で還流固定後、上顎骨を摘出し、脱灰後にパラフィン切片を作製、F4/80 (M1 マクロファージを含む汎マクロファージマーカー : ラットモノクローナル, 1:250, Novus Biologicals) および CD206 (M2 マクロファージマーカー : ウサギポリクローナル, 1:500, Abcam) に対する免疫組織化学染色を行った。また、覆髄 1~7 日後に歯髄を採取し、*Nestin* mRNA 発現を real-time PCR で定量した。統計分析は、正規分布を示す場合は一元配置分散分析後 Bonferroni 検定または Student の *t* 検定を用い、また正規分布を示さない場合は Kruskal-Wallis 検定、Mann-Whitney の *U* 検定を用いて行い、有意水準 5% で算出した。なお、本研究は、新潟大学 (大島勇人, Angela Quispe-Salcedo) との共同研究であり、動物実験は新潟大学動物実験委員会の承認を得ている (承認番号 : SA01213)。

【結果】 未治療の第二臼歯において、WT マウスと *Opn* KO マウス間で F4/80 陽性細胞と CD206 陽性細胞の分布に顕著な差は観察されなかった。一方で第一臼歯においては、F4/80 陽性細胞は、WT マウスおよび *Opn* KO マウス共に術後 3 日で減少し、5 日で増加した。しかし CD206 陽性細胞は、WT マウスにおいて術後 5 日で数の増加が認められたが、*Opn* KO マウスでは、ほとんど陽性像を認めなかった。また、*Nestin* mRNA の発現量は、WT マウスにおいて術後 5 日に有意に増加し、7 日で減少したのに対し、*Opn* KO マウスでは、1~7 日の間で有意な経時的変化は観察されず、術後 3 日と 7 日で WT マウスよりも有意に低かった。

【考察】 WT マウスにおいて、MTA 覆髄後 5 日目に CD206 陽性 M2 マクロファージが増加したことから、これらのマクロファージが歯髄の治癒過程において重要な役割を担っている可能性がある。一方、*Opn* KO マウスでは術後 5 日目において CD206 陽性 M2 マクロファージはほとんど認められず、OPN の欠如がマクロファージの M2 極性を抑制し、歯髄組織の治癒を遅延させる可能性が示唆された。

象牙芽細胞マーカーである *Nestin* の mRNA 発現は *Opn* KO マウスでは WT マウスと比較して、有意に低かった。さらに我々は過去に、WT マウスでは術後 14 日目に *Nestin* 陽性の象牙芽細胞様細胞が配列し、28 日目には明瞭なデンティンブリッジ形成が確認されたのに対し、*Opn* KO マウスでは 28 日経過しても *Nestin* 陽性象牙芽細胞様細胞の明瞭な配列やデンティンブリッジ形成は認められなかったことを報告している。これらの結果は、OPN 欠損によるマクロファージの M2 極性化の抑制が、デンティンブリッジ形成の阻害に関与している可能性を示唆する。

【結論】 *Opn* 欠損マウスでは、MTA による覆髄後の歯髄におけるマクロファージの M2 極性化が抑制された。

機械刺激応答チャネル PIEZO1 は ヒト歯髄幹細胞における血管新生誘導に関与する

九州歯科大学 口腔機能学講座 口腔保存治療学分野
○折本 愛、北村知昭

**Role of the Mechanosensitive Channel PIEZO1
in Human Dental Pulp Stem Cell-Mediated Angiogenesis**
Division of Endodontics and Restorative Dentistry, Department of Oral Functions,
Kyushu Dental University
○ORIMOTO Ai, KITAMURA Chiaki

【目的】

う蝕が進行し歯髄炎が惹起されると歯髄内圧が亢進し疼痛が生じるとされている。しかし、その機械的刺激を感知するメカノセンサー分子の実態は不明である。近年、メカノ感受性イオンチャネル PIEZO1 は、疼痛伝達に関すること、間葉系幹細胞や歯髄幹細胞 (DPSCs) に発現し細胞分化や血管新生に関与する可能性が示唆されている。本研究では、無限分裂ヒト DPSC (hDPSC-K4DT) を用い、歯髄炎に伴う圧迫ストレスを想定した *in vitro* 圧力付加モデルおよび PIEZO1 選択的化学活性化剤 Yoda1 を用いて、PIEZO1 が血管新生関連遺伝子の発現制御に果たす役割を検討し、さらに 3 次元血管新生アッセイにより血管形成への関与を明らかにすることを目的とした。

【材料と方法】

1. 細胞の血管内皮細胞分化誘導: 無限分裂ヒト歯髄幹細胞 hDPSC-K4DT の通常培養には、DMEM (FUJIFILM Wako Chemicals) に 10% FBS と 1% Penicillin/Streptomycin を加えた培地を用いた。血管内皮細胞分化誘導には内皮細胞用培地 (EGM-2 MV; Lonza) に血管内皮細胞増殖因子 (VEGF, 50 ng/mL) を添加した分化誘導培地 (EM) を用いた。
2. *in vitro* 圧力付加モデル: 歯髄炎時の圧迫ストレスを想定し、培養細胞に 2 g の荷重を負荷する *in vitro* モデルを用いた。24 時間後に RNA を抽出し、血管新生因子である VEGFA の mRNA 発現量を RT-qPCR で定量評価した。
3. PIEZO1 の機能解析: PIEZO1 選択的アゴニスト Yoda1 および siRNA (PIEZO1 遺伝子ノックダウン) を用い、各条件後、RNA を抽出し、RT-qPCR で血管新生関連遺伝子の発現を解析した。
4. PIEZO1 が血管内皮細胞への分化に与える影響の評価: EM 培地を用いて細胞を最大 7 日間培養し、VEGFA 発現変化を RT-qPCR で解析した。PIEZO1 の関与を検証する目的で、Yoda1 による活性化および siRNA による遺伝子抑制を行い、それぞれの条件における VEGFA の発現を比較した。さらに、三次元培養系としてマトリゲル上で各処理後細胞を培養し、毛細血管様構造の形成を観察した。

【結果】

in vitro 圧力付加モデルにおいて、圧力を負荷した群ではコントロール群と比較し、血管新生関連遺伝子である VEGFA の発現が有意に上昇した。さらに、PIEZO1 の選択的アゴニストである Yoda1 を用いた化学的活性化により、VEGFA に加え、HIF-1 α および bFGF の発現も増加した。一方で、硬組織形成細胞分化に関連するマーカー遺伝子には有意な変化は認められなかった。PIEZO1 の siRNA によるノックダウンでは、VEGFA の発現上昇が抑制され、三次元血管新生アッセイにおいても毛細血管様構造の形成が阻害された。

【考察】

今回、PIEZO1 は DPSCs において機械刺激を感知するメカノセンサーとして機能し、血管新生シグナルを仲介することで内皮分化および毛細血管様構造の形成を促進することが示唆された。以上の結果から、咬合力、矯正力などの物理的刺激は、歯髄内に存在する幹細胞の PIEZO1 を活性化し、血管新生を誘導する可能性が考えられる。

【結論】

PIEZO1 は DPSCs において機械刺激応答のチャネルとして機能し、血管新生関連遺伝子の発現と血管様構造の形成に関与することが示された。

生体由来抗炎症性脂質 Resolvin D2 の歯髄性疼痛緩和と歯髄保護に関する検討

¹⁾ 岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 歯周病態学分野, ²⁾ 岡山大学 学術研究院医歯薬学域 歯周病態学分野,
³⁾ 岡山大学 学術研究院医療開発領域 歯科・歯周科部門
○CHAI XINYI¹⁾, XU BIN¹⁾, 中村 心²⁾, 伊東 有希²⁾, 平井 公人³⁾, 池田 淳史³⁾, 大森 一弘²⁾, 高柴 正悟²⁾

Investigation of the analgesic and protective effects of the bioactive anti-inflammatory lipid mediator Resolvin D2 on dental pulp pain

¹⁾ Department of Pathophysiology-Periodontal Science, Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University
²⁾ Department of Pathophysiology-Periodontal Science, Faculty of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University
³⁾ Department of Periodontics and Endodontics, Division of Dentistry, Faculty of Medical Development, Okayama University
○CHAI XINYI¹⁾, XU BIN¹⁾, NAKAMURA Shin²⁾, SHINODA-ITO Yuki²⁾, HIRAI Kimito³⁾, IKEDA Atsushi³⁾,
OMORI Kazuhiro²⁾, TAKASHIBA Shogo²⁾

Objective: Pain management in dental care helps promote the patient's biological healing response and enhances quality of life. Specifically, for pain originating from the dental pulp after treatment of deep dental caries or vital pulp therapy (VPT), anti-inflammatory analgesics are usually given; however, in some cases, pain relief may be insufficient. Additionally, systemic use of these medications can cause side effects like gastrointestinal issues and may not be suitable for elderly patients or those with systemic conditions. This study focuses on Resolvin D2 (RvD2), an endogenous substance with anti-inflammatory lipid mediator and analgesic properties. RvD2 has been shown to exert pain-relieving effects by inhibiting inflammatory mediators such as prostaglandin E2 and decreasing the activity of transient receptor potential channels (TRPCs). Moreover, our research group previously reported that RvD2 promotes the resolution of apical periodontitis and facilitates apical closure (Siddiqui et al, *Front Immunol*, 2019) and improves post-VPT dentin formation (Yoneda et al, *Heliyon*, 2024). Furthermore, RvD2 is suggested to have pain-relieving effects on dental pulp pain. The aim of this study was to demonstrate the analgesic effects of RvD2 on dental pulp pain and its potential for dentin regeneration.

Methods: All animal experiments were conducted with the approval of the Animal Care and Use Committee at Okayama University (Approval No. OKU-2023741). The bilateral maxillary first molars of 8-week-old male Sprague-Dawley (SD) rats were used. After the dental pulp exposure using a carbide bur, the direct pulp capping was performed. The rats were divided into three groups: 1) PBS (negative control, N=3), 2) mineral trioxide aggregate (MTA, Dentsply Sirona Inc.; positive control, N=3), and 3) RvD2 (10 µg/mL, N=3). In the PBS and RvD2 groups, a cotton pellet soaked in the solution was placed at the exposed pulp site. After treatment, all cavities were sealed with Theracal LC (MORIMURA) and light-cured composite resin. Animals were euthanized at 2 and 4 days post-treatment, and maxillary bones and trigeminal ganglion tissues were collected. Immunofluorescence staining was performed on tissue sections from the maxilla to evaluate the expression of pain-related receptors, short transient receptor potential vanilloid 1 (TRPV1) and short transient receptor potential channel 5 (TRPC5), as well as the dentin mineralization marker dentin matrix acidic phosphoprotein 1 (DMP-1). Western blotting analyzed proteins extracted from the trigeminal ganglia to quantify the expression levels of TRPV1 and TRPC5. Statistical analysis was performed using one-way ANOVA with Tukey's post hoc multiple comparison test, with significance set at $p < 0.05$.

Results: Immunofluorescence staining showed that the expression of TRPV1 and TRPC5 in the dental pulp was significantly lower in the RvD2 group compared to the PBS group at 2 and 4 days post-operatively ($p < 0.05$). In the 2-day TRPV1 and 4-day TRPC5 expression, the RvD2 group showed a significant reduction compared to the other groups ($p < 0.05$). Western blot analysis also indicated a decreasing trend in TRPV1 and TRPC5 protein expression levels in the trigeminal ganglia of the RvD2-treated group compared to the PBS-treated groups at 2 and 4 days post-treatment.

Conclusion: RvD2 may have stronger pain-relieving effects on the dental pulp than MTA by reducing TRPV1 and TRPC5 expression. The results suggest that RvD2 could be a new treatment option in VPT.

ケイ酸カルシウムを基盤とした新規覆髄材の開発

4) 石膏添加による特性評価

¹朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科保存学分野,

²朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科理工学分野,

³明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野

○伊藤友見¹, 赤尾 優¹, 新谷耕平², 加藤邑佳³, 澤田智史², 横瀬敏志³, 河野 哲¹

Development of novel pulp-capping material based on calcium silicate

4) Evaluation of material properties with Gypsum addition

¹Department of Endodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation,

²Department of Dental Materials Science, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation,
Asahi University School of Dentistry

³Division of Endodontics and Operative Dentistry, Department of Restorative and Biomaterials Science,
Meikai University School of Dentistry

○Tomomi Itoh¹, Suguru Akao¹, Kohei Shintani², Yuka Kato³, Tomofumi Sawada², Satoshi Yokose³, Satoshi Kawano¹

【目的】

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) は、ケイ酸カルシウム系の水和反応によって硬組織誘導能や抗菌性を発揮し、高い生体親和性を有することから、歯髄温存療法において有用な覆髄材として広く用いられている。我々はこれまでに、炭酸カルシウムおよび珪藻土を用いて MTA の主要成分であるケイ酸カルシウムを合成し、さらに酸化カルシウムを添加することでケイ酸二カルシウムおよびケイ酸三カルシウム様化合物の合成に成功した。しかし、これらの合成化合物は水和による硬化反応が認められず、培養液中で崩壊が確認され、*in vitro* 環境下で安定した形状を保つことが困難であった。そこで本研究では、MTA の構成成分の一つである石膏に着目し、添加することによる硬化性や機械的強度の向上、pH 安定性を検討した。

【材料・方法】

前報¹⁾に準じて、試薬炭酸カルシウム (CaCO_3 : ナカライテスク) と試薬珪藻土 (SiO_2 : ナカライテスク) を反応式「 $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2$ 」に基づいて秤量・混合し、高温小型焼成ボックス炉 (UFS3608 : ニッカトール) 内で毎分 10℃ の条件で 1300℃ まで昇温後に 1 時間係留し、炉内で放冷してケイ酸カルシウムを合成した。得られた合成ケイ酸カルシウムを利用して、酸化カルシウム (CaO : キンダ化学株式会社) を反応式の分子量から算出した重量比で各粉末を混合・焼成し、ケイ酸二カルシウム ($\text{CaSiO}_3 + \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_2\text{SiO}_4$)、ケイ酸三カルシウム ($\text{CaSiO}_3 + 2\text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_3\text{SiO}_5$) の合成を、上記と同様の焼成条件にて試みた。また、林らの研究²⁾を参考に、各合成化合物に対し、硬質石膏 (CaSO_4 : サンエス石膏株式会社) を一定の重量比 (40wt%) で添加し、以下の特性評価を行った。

添加後の試料についてエクス線回折装置 (XRD : Ultima IV, Rigaku) を用いて化合物の同定を行った。また、直径 6mm、長さ 12mm の円柱状試験片を作製し、万能試験機 (オートグラフ : 島津製作所) を用いて圧縮試験を行い、石膏添加前後の機械的特性を比較した。さらに、水で練和後の pH 変化については卓上型 pH 計 (LAQUA : 堀場製作所) により硬化までの経時的な挙動を測定した。

【結果・考察】

XRD 回折の結果、石膏の添加前後において各試料の回折パターンに有意な変化は認められなかった。これは、石膏自体がケイ酸カルシウムと類似した位置 (15° および 30° 付近) にピークを示すため、各ピークが重複し、明確な識別が困難であったためと考えられる。圧縮強度試験では、石膏を添加しない状態ではすべての試料において 10MPa 以下と脆弱であったのに対し、石膏添加後は 130MPa 以上と大幅な強度向上が認められた。石膏が水和反応により結晶を形成し、結合材としての役割を担ったことが要因と推察される。pH 変化の測定では、全試料とも練和直後に pH12 前後の強アルカリ性を示し、その後徐々に中性へと下降した。ケイ酸カルシウムに石膏添加したものは最終的に pH7 付近まで低下したのに対し、ケイ酸二カルシウムおよびケイ酸三カルシウムに石膏を添加した試料においては pH8 付近で安定した。

【結論】

本研究では、ケイ酸カルシウム系化合物に硬質石膏を添加することで、機械的強度の向上や溶解性の低下が確認された。添加量について検討の余地はあるが、石膏添加による材料特性の変化は明確であり、今後の覆髄材開発における有効な手段の一つであると考えられた。

なお、本研究に開示すべき COI はない。

【文献】

1) 伊藤友見, 田中雅士, 長谷川智哉, 新谷耕平, 笹本法寛, 奥山克史, 河野 哲. ケイ酸カルシウムを基盤とした新規覆髄材の開発 3) 水和によるケイ酸カルシウムの組成変化. 日本歯科保存学会 2024 年度春季学術大会 (第 160 回). 仙台. 2024.

2) Yumiyo HAYASHI, Harumi KAWAKI, Masaharu HORI, Kohei SHINTANI, Tomoya HASEGAWA, Masashi TANAKA, Nobuo KONDOH, Takakazu YOSHIDA, Satoshi KAWANO, Yukimichi TAMAKI. Evaluation of the mechanical properties and biocompatibility of gypsum-containing calcium silicate cements. Dent Mater J 2021; 40(4): 863–869.

機能化酸化グラフェン (f-GO) ナノコンポジットの知覚過敏予防効果の評価

¹⁾ 岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 歯周病態学分野, ²⁾ 岡山大学 学術研究院医歯薬学域 歯周病態学分野,
³⁾ 岡山大学 学術研究院医療開発領域 歯科・歯周科部門

○XU BIN¹⁾, CHAI XINYI¹⁾, 中村 心²⁾, 大久保 圭祐³⁾, 平井 公人³⁾, 池田 淳史³⁾, 大森 一弘²⁾, 高柴 正悟²⁾

Evaluation of functional graphene oxide (f-GO) nanocomposites for the prevention of hypersensitivity

¹⁾ Department of Pathophysiology-Periodontal Science, Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

²⁾ Department of Pathophysiology-Periodontal Science, Faculty of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

³⁾ Department of Periodontics and Endodontics, Division of Dentistry, Faculty of Medical Development, Okayama University

○XU BIN¹⁾, CHAI XINYI¹⁾, NAKAMURA Shin²⁾, OKUBO Keisuke³⁾, HIRAI Kimito³⁾, IKEDA Atsushi³⁾,
OMORI Kazuhiro²⁾, TAKASHIBA Shogo²⁾

Objective: Dentin hypersensitivity (DH) is a common condition characterized by transient, sharp pain in response to stimuli such as cold water, tooth brushing, or acidic substances, significantly affecting patients' quality of life. Although various desensitizing agents are available clinically, their tubule-sealing effects are often unstable and short-lived. Therefore, we focused on graphene oxide, which has a high specific surface area, excellent biocompatibility, low cost, and easy bio/chemical functionalization (Nizami et al, *J Dent Res*, 2020 & *Applied Materials Today*, 2020). This study aims to evaluate this novel functionalized graphene oxide (f-GO) nanocomposite, which provides sealing of dentinal tubules and relieves DH *in vivo*.

Materials and Methods: This study involved both *in vitro* and *in vivo* experiments to assess the effects of f-GO. f-GO was created by incorporating Ag⁺, F⁻, and Ca²⁺ through a multi-step process involving NaOH, AgNO₃, KF, and CaCl₂.

In vitro, dentin samples were obtained from bovine maxillary incisors. After removal, the samples were cleaned with EDTA to eliminate the smear layer. Four experimental groups were set up: 1) No treatment, 2) Phosphoric acid etching only, 3) Phosphoric acid etching plus f-GO, 4) Phosphoric acid etching plus f-GO and brushing with an electric toothbrush, 5) Phosphoric acid etching plus Hysnol (commercial desensitizing agent, Company product). The surface morphology and extent of dentinal tubule occlusion were examined using scanning electron microscopy (SEM). Additionally, the elemental composition and molecular structure of the dentin surface were analyzed with energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) and Raman spectroscopy.

In vivo, a rat model of DH was established using 8-week-old male Sprague-Dawley rats. The buccal periodontal tissue, including alveolar bone, was surgically removed from the maxillary first molar to expose dentin. Cold stimulation was added to the exposed root dentin by applying 4 °C saline with a cotton pellet, followed by 1–3 seconds of cold spray (PULPER, GC), twice daily for 2 days. After euthanasia, the maxilla and trigeminal ganglia were collected. Immunohistochemical staining was performed to assess the expression of transient receptor potential channels (TRPCs) to explore the effect of desensitization (Animal experiment's approval No. OKU-2024572).

Statistical analysis was conducted using one-way ANOVA followed by Tukey's post-hoc multiple comparison test, with significance set at $p < 0.05$.

Results: *In vitro*, SEM analysis demonstrated that the f-GO coating effectively occluded dentinal tubules, with the occlusion well-maintained even after simulated toothbrushing. EDS analysis confirmed the uniform distribution of elements characteristic of f-GO across the dentin surface, supporting successful material adherence and coverage. Hysnol-treated specimens also showed tubule occlusion, although the coverage appeared less uniform after brushing.

In vivo, immunohistochemical staining revealed that f-GO treatment significantly downregulated the expression of pain-related receptors, TRPC5, TRPA1, and TRPV1 in dentinal tissues compared to the control groups ($p < 0.05$), indicating a potential desensitizing effect at the molecular level.

Discussion: The f-GO nanocomposite showed excellent dentinal tubule sealing and brushing resistance *in vitro*, with promising potential compared to commercial Hysnol. *In vivo*, immunofluorescence staining of rat dental pulp tissues revealed decreased expression of TRP channel proteins, suggesting that f-GO may indirectly inhibit sensory stimulus transmission. These results indicate that f-GO has potential as a new material for treating DH, offering both mechanical strength and biological desensitization.

Conclusion: The f-GO composites effectively occluded dentinal tubules and may serve as a promising material for DH management. The f-GO composites effectively sealed dentinal tubules and alleviated DH more effectively than conventional desensitizing treatments.

会員外研究協力者: 仁科勇太 (岡山大学異分野基礎科学研究所), 長岡紀幸 (岡山大学 学術研究院医歯薬学域 共同利用施設)

改良型シアノアクリレート系接着材の各種歯科材料への接着性

¹⁾ 東京歯科大学 歯内療法学講座 ²⁾ 東京歯科大学 保存修復学講座
○番場 桃子 ¹⁾, 原田 (中里) 晴香 ¹⁾, 石束 (鈴木) 穂 ¹⁾, 半場 秀典 ²⁾, 古澤 成博 ¹⁾

Adhesion of Modified Cyanoacrylate Adhesives to Dental Materials

¹⁾Department of Endodontics, Tokyo Dental College

²⁾Department of Operative Dentistry, Cariology and Pulp Biology, Tokyo Dental College

○BAMBA Momoko, HARADA (NAKAZATO) Haruka, ISHIZUKA (SUZUKI) Megumi,
HAMBA Hidenori, FURUSAWA Masahiro

【目 的】

近年、日本では超高齢社会の進行に伴い、要介護・要支援状態により歯科医院への通院が困難な高齢者が増加し、歯科訪問診療の需要が年々増大している。歯科訪問診療では、多数歯にわたる処置を要する高齢患者に対し、診療機器の制限があるのみならず、口腔内清掃状態が不良な場合も多く、診療環境には多くの課題が存在する。そのような臨床状況の中、修復物脱離時の再合着や歯の暫間固定に用いられる接着用セメントは簡便な操作性と迅速な硬化・高い接着性能が求められる。我々はこれまでに上記のニーズに応えるべく、簡便な操作性と高い接着性を有する新たなセメントとして、改良型シアノアクリレート系接着材を試作し、エナメル質非脱灰面や象牙質脱灰面において4-META/MMA TBB レジンと同等の接着強さを示したことを日本歯科保存学会 2024 年度秋季学術大会にて報告した。しかしながら、歯質以外への接着強さに関しては未だに明らかになっていない現状にある。そこで本研究では、口腔内に存在する可能性の高いポーセレン、金銀パラジウム合金、レジン歯、硬質レジン歯、ジルコニアの 5 種類の歯科材料に対する改良型シアノアクリレート系接着材の接着強さについて、4-META/MMA TBB レジンと比較検討を行った結果を報告する。

【材料および方法】

5 種類の歯科材料をエポキシ樹脂に包埋し、樹脂硬化後、各歯科材料の表面を耐水研磨紙で#600 まで研削を行い、接着試験用試料とした。接着材には、改良型シアノアクリレート系接着材 (S8, 日本歯科薬品) (以下 CA)、および 4-META/MMA-TBB レジン (スーパーボンド, サンメディカル) (以下 SB) を用いた。各接着材の前処理については、CA は前処理 (歯面清掃材) の有無、SB は前処理なしで評価した。各歯科材料に接着させる材料は、表面を耐水研磨紙で#600 まで研削した直径 4 mm の植立用レジン (日本歯科薬品) を用いた。接着操作は、試料の歯科材料上に内径 3 mm の穴を有するテフロンテープを貼付し、接着面積を規定した。各材料は、フォースゲージを用いて 20N、20 秒の圧接、接着を行い、試験体を作製した。接着操作後、試料は 37°C 水中に 24 時間保存した。接着試料のせん断接着強さ試験は、万能試験機 (クロスヘッドスピードは 1 mm/min) を用いて行った。結果は t 検定と Welch 検定で統計学的に比較した (有意水準 5%, n=10)。

【結果および考察】

5 種類の歯科材料の接着試験において、前処理材なしの CA 群が前処理材ありの CA 群よりも高い接着性を示した。CA 群はレジン歯、硬質レジン歯、金銀パラジウム合金、ポーセレン、ジルコニアの順で、SB 群はレジン歯、硬質レジン歯、ポーセレン、金銀パラジウム合金、ジルコニアの順で高い接着強さを示した。金銀パラジウム合金との接着試験では、SB 群と CA 群の間に有意差はなく同等の接着強さが得られた。他の材料では概ね、SB 群の方が高い値を示したが、CA 群もレジン歯・硬質レジン歯において、15MPa ほどの接着強さが認められた。本研究において、金銀パラジウム合金に対して SB と接着強さに有意差が認められなかった CA は、歯科訪問診療において効果的に用いることができる有用な選択肢となり得ることが示唆された。

以上のことから、各種歯科材料に対して改良型シアノアクリレート系接着材は、前処理材が必要なく、簡便な操作で十分な接着力を有するため、歯科訪問診療で求められる状況下でも新たな接着材料として効果的に用いることができるものと考えられた。

プレミックスケイ酸カルシウム系セメントが歯質の圧縮破壊強さに及ぼす影響

YAMAKIN 株式会社
○加藤喬大, 中野貴文

Compressive fracture strength of tooth filled with premixed calcium silicate cements

YAMAKIN CO., LTD
○Kato Takahiro, Nakano Takafumi

【目的】

MTA (Mineral trioxide aggregate) は、覆髄材料の中でも高い生体親和性、硬組織誘導性などの優れた機能を有している。MTA セメントによって治療された歯質は従来の治療法と比較して、歯質の構造強化に寄与している可能性があり、歯質の破折が低減することが報告されている¹⁾。MTA セメントは粉末と水を手作業で練和する際に、水分量によって硬化後の圧縮強度が大きく変化する材料であり、水分量が多くなりすぎると硬化後の強度が低下する²⁾。近年、歯質から供給される水分により硬化する練和不要のプレミックスタイプの MTA セメントが市販されている。本研究ではプレミックスタイプの MTA セメントおよびその他の材料を牛歯に充填し、圧縮破壊強さを評価したので報告する。

【材料および方法】

本実験にはプレミックスタイプの MTA セメントとして、TMR-MTA セメント マゼテール (YAMAKIN, MZ) および市販 MTA セメント (A)、その他の材質として水酸化カルシウム試薬 (シグマアルドリッチ, Ca) および市販ガッタパーチャポイント (GP) を使用した。ウシ下顎前歯の歯冠部を切断除去し、歯質内部に各種材料を充填後、37°C の蒸留水中で 1 週間保管後、覆髄を想定した厚みとして 2 mm ごとに切断し、万能試験機を用いて切断面の垂直方向から荷重をかけ、圧縮破壊強さを測定した。各試験試料は 5 つずつ作製し試験を行った。また、歯質内部に何も充填していない試験片 (Blank) も同様に試験を行った。統計処理は多重比較検定を行った (Tukey-Kramer, 有意水準 5%)。

【結果および考察】

MZ および A は、Ca、GP および Blank と比較してそれぞれ有意に高い圧縮破壊強さを示した (Fig)。プレミックスタイプの MTA セメントが高い圧縮破壊強さが得られた要因としては、プレミックスタイプの MTA セメントが硬化後高い圧縮強さ (例: MZ のカタログ値; 1 週間後 83 MPa) であるのに対して、他の材質は基本的に硬化しないため、歯質の補強硬化が得られなかったと考えられる。なお、本実験では人歯よりも壁の厚い牛歯を使用しているため、臨床ではより小さい圧力で破壊が起きる可能性がある。例えば、上顎中切歯の破折試験にて最小 7.2 kg の加重で破折したという報告がある³⁾ことから、今回の牛歯を用いた試験は人歯と比較して高い圧縮破壊強さ (22–53 kg) を示したと考えられるが、人歯の場合でも歯質内部に充填する材料が圧縮破壊強さに影響を及ぼす可能性が示唆された。

【結論】

牛歯を用いた圧縮破壊試験によって、充填する材料の違いで圧縮破壊強さが異なり、Ca、GP および Blank と比較して、MZ, A は有意に高い破壊強さを示すことが明らかとなった。今回は各材料の 1 週間後の圧縮破壊強さを評価したが、今後、長期間水中浸漬した場合の圧縮破壊強さや材料単体の圧縮強さを評価する予定である。

【文献】

- 1) E A Bortoluzzi, et al., Int Endod J 2007; 40: 684-91.
- 2) TMR-MTA セメント ミエール 製品レポート, YAMAKIN 株式会社, 2019
- 3) D L Pitts, et al., J Endod 1983; 9: 544-550.

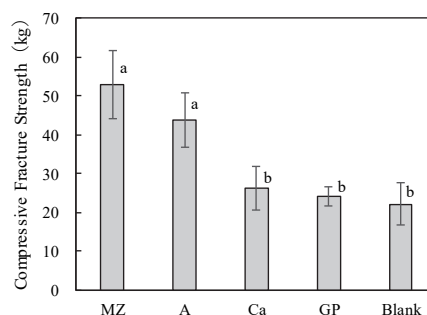


Fig. Compressive fracture strength of tooth filled with each material

根管充填用シーラーにレスベラトロールを併用することによる骨芽細胞への影響

松本歯科大学歯科保存学講座¹, 生化学講座²
○佐々木惣平¹, 河村裕太¹, 上原俊介², 増田宜子¹

Effects of combined use of Resveratrol with root canal sealer on osteoblasts

Department of Cariology, Endodontology and Periodontology¹,
Department of Biochemistry²,
Matsumoto Dental University
○Souhei Sasaki¹, Yuuta Kawamura¹, Shunsuke Uehara², Yoshiko Masuda¹

レスベラトロール (RSV) はポリフェノール的一种である。赤ワインなどに含まれ、心血管関連疾患の予防効果が期待されているほか、寿命延長・抗炎症・抗癌・認知症予防・放射線による障害の抑止・血糖降下、脂肪の合成や蓄積に関わる酵素の抑制などの様々な効果が期待、研究されている。

【目的】

今回、RSV が根管充填時、根尖部の骨形成にどのような作用をもたらすかを調べるために、根管充填用シーラーで作成したタブレットと RSV を加えた液体培地を併用して骨芽細胞の培養を行い、アルカリフォスファターゼ活性を調べた。

【材料と方法】

骨芽細胞は1日齢の ddy mouse 頭蓋骨より単離し培養したものを用いた。

根管充填用シーラーはMTA マルチシーラー®(株式会社クラーク 埼玉)を根管充填用に練和し、高さ2mm, 直径4mm のタブレット状に形成し24時間経過させ硬化したものを用いた。

24well プレートに2つ用いて10% FBS を加えた α -MEM 培地で骨芽細胞を培養し48時間後、一方のプレートには0, 0.5, 1, 5, 10 μ M の濃度となるよう RSV を添加し石灰化誘導培地(アスコルビン酸 10 μ g/ml, β グリセロリン酸 10 mM/ml)を加えた培地にて24時間のみ培養した(n=4)。もう一方にはプレートにトランスウェルを設置しメンブレン上にシーラータブレットを乗せ、同様に各 RSV 濃度で24時間のみ培養した。タブレットは培養期間(10日間)設置し続けた。

その後、RSV を添加しない石灰化誘導培地による培養を続け、骨芽細胞の培養開始より10日後に10%中性ホルマリンにて固定しアルカリフォスファターゼ染色にて活性の差を調べた。

得られた結果はコントロール群、RSV の各濃度群、シーラー+RSV の各濃度群に分け比較した。

【結果】

コントロール群と比較するとアルカリフォスファターゼ活性は RSV +シーラーを用いた実験群に高い活性がみられた。また、RSV 濃度は5 μ M のwell のものが最も活性が高かった。

【考察及び結論】

本実験では RSV と根管充填材の併用により骨芽細胞のアルカリフォスファターゼ活性が上昇する可能性が示唆された。これにより根管治療において根管充填前の洗浄時に RSV を用いる事で根管充填後の根尖の骨形成が促進され、治療予後に良い影響をもたらす事が期待されると考えられる。

今後、本実験でアルカリフォスファターゼ活性が上昇したメカニズムを調べるために関与する遺伝子発現を調べたり、また成分の異なる根管充填用シーラーを用いる事で、より臨床への応用を目指した研究を実施する予定である。

動物実験承認番号: 379

バイオセラミックス系シーラーより放出される Ca^{2+} 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}, 鈴木 裕介^{1,2}, 武市 収^{1,2}

Effects of Ca^{2+} Released from Bioceramic Sealers on Osteoblasts

Departments of Endodontics¹, Division of Advanced Dental treatment, Dental Research Center²,
Nihon University School of Dentistry

○Masayuki Okano¹, Takuya Yasukawa^{1,2}, Makoto Hayashi^{1,2}, Yusuke Suzuki^{1,2}, Osamu Takeichi^{1,2}

【研究目的】

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は広く臨床応用されており、なかでもバイオセラミックス系シーラーの普及は著しく様々な製品が開発・販売されている。今回、国内で販売されている 2 つのバイオセラミックス系シーラーに着目し実験を行った。演者らは第 161・162 回日本歯科保存学会学術大会にて、異なる混和比で作成した試料による骨芽細胞への影響について発表した。本研究の目的は被験試料より放出されるカルシウムイオンによって骨芽細胞に対する生体親和性にどのような影響を与えてい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 マルチシーラー (クラーク) とニシカキャナルシーラー BG multi (日本歯科薬品) の 2 種類で、対照試料として ProRoot MTA (Dentsply Sirona) を用いた。また、骨芽細胞として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。

試料の調整

MTA マルチシーラーは P/L=3.5 および 6.0 の条件にて混和、ニシカキャナルシーラー BG multi はペースト/パウダー重量比 10:0 および 10:6 の条件にて試料を作製した。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 9 mm, 厚さ 3 mm の型枠に填入し、37°C, 相対湿度 100%, 5%CO₂ の条件下で 24 時間静置し硬化させ、 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上の cell culture insert に被験試料を静置し、試料を設置しないものを陰性コントロールとした。また、カルシウムキレート剤として 0.3mM に調整した GEGTA (同仁化学) を用いた。

実験 1. 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 7 日目まで測定した。また、0.3mM GEGTA を含む培地を用いて同様に 7 日目まで測定した。

実験 2. MC3T3-E1 細胞に対する生体親和性

各被験試料の生体親和性について、Cell counting kit-8 (同仁化学) を用いて 7 日目までの細胞数を測定した。

実験 3. カルシウムキレート剤を含む培地による各被験試料の骨芽細胞への影響

0.3mM GEGTA を含む α -MEM を用いて培養し、各被験試料による細胞数を Cell counting kit-8 (同仁化学) を用いて 7 日目まで測定した。

【結果】

実験 1 では MTA マルチシーラー の 2 つの混和試料とともに 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 ProRoot MTA と同程度の Ca^{2+} の放出量で、3 から 7 日目において MTA マルチシーラー群と有意差なしの結果になった。ニシカキャナルシーラー 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微増であった。実験 2 では 1 日目 2 日目は各群で有意差は認められなかったが 3 日目 MTA マルチシーラー群、ニシカキャナルシーラー BG multi 群および ProRoot MTA にて有意差を認めた。実験 3 ではいずれの試料も陰性コントロールと比較して細胞数は減少する結果となった。

【考察および結論】

カルシウムイオン放出量が多い MTA マルチシーラーおよび ProRoot MTA の細胞増殖は陰性コントロールと比較し有意差なしおよび増加する結果となった。また、カルシウムキレート剤を用いた実験では各被験試料での細胞数が減少したことから、被験試料より放出されるカルシウムイオンが骨芽細胞の細胞増殖に寄与している可能性が示唆された。

β -シクロデキストリンがコレステロール結晶により拡大した ラット実験的根尖性歯周炎に及ぼす影響

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
○柳口嘉治郎、大平真之、吉村篤利

Effect of β -cyclodextrin on experimental apical periodontitis in rats exacerbated by cholesterol crystals

Department of Periodontology and Endodontology, Nagasaki University Graduate School of Biomedical
Sciences

○Kajiro Yanagiguchi, Masayuki Oohira, Atsutoshi Yoshimura

【目的】

難治性根尖性歯周炎において細菌以外の原因として根尖病変にしばしば観察されるコレステロール結晶が関与していることが報告されており、我々はこれまでにラットを用いた根尖性歯周炎モデルでコレステロール結晶が根尖病変を悪化させることを報告した。近年、ヒト動脈硬化病変においてもコレステロール結晶が NLRP3 活性化を介して血管の炎症反応を拡大し、 β -シクロデキストリンの投与によりコレステロール結晶が消失して血管病変が改善することが明らかとなった。このことは、コレステロール結晶の刺激により悪化した根尖性歯周炎において、 β -シクロデキストリンの貼薬が有効であることを示唆している。本研究では、コレステロール結晶の根管への填塞により根尖病変が拡大したラット根尖性歯周炎モデルに β -シクロデキストリンを根管貼薬剤として用いた場合の有効性を検討した。

【実験方法】

本研究は長崎大学大学院医歯薬学総合研究科バイオメディカルモデル動物研究センターの承認を得て実施された(承認番号: 1905301534-11)。6週齢 Wistar 系雄性ラットに3種混合麻酔薬(メドミジン 0.375 mg/kg、ミタゾラム 2 mg/kg、ブトルファノール 2.5 mg/kg)を腹腔内投与した後、ラバーダム防湿下にて先端の直径が 0.5 mm の滅菌済み歯科用切削器具を用いてマイクロスコープ観察下にて上顎第一臼歯を両側とも露髄・髄室開拓を行い、5根管とも根管口にて断髄を行った。近心根以外の4根の根管口は断髄後、コンポジットレジンにて封鎖を行い左右とも近心根の根管口のみ開放状態にした。両側とも近心根を作業長 3.5 mm で#35 まで拡大したままの状態に1週間放置することにより、実験的根尖性歯周炎を惹起させた。なお実験期間中の歯質の破折を防ぐために髄室開拓前に当該歯の咬合面の削合を行った。露髄1週間経過後に、両側とも次亜塩素酸ナトリウム溶液による根管洗浄後、ペーパーポイントによる根管乾燥を行った後に、コレステロール結晶を注入し、コンポジットレジンで仮封した。1週間経過後に仮封を除去し、両側とも次亜塩素酸ナトリウム溶液を用いて根管洗浄し、ペーパーポイントによる根管乾燥を行った後に左側のみ β -シクロデキストリンを注入、右側は未注入の状態にコンポジットレジンによる封鎖を行った。 β -シクロデキストリン注入前後にマイクロCTにて上顎第一臼歯を含む顎骨の撮影を行い、根尖病変の大きさを計測した。

【結果】

コレステロール結晶注入1週間後に撮影したCT画像からは実験的根尖性歯周炎の成立が確認できた。その後、 β -シクロデキストリンを注入しないで封鎖を行った右側第一臼歯近心根においては2週間後に撮影したCT画像では根尖病変の大きさは平均10%増大したが、 β -シクロデキストリンを注入して封鎖を行った左側第一臼歯近心根では根尖病変が平均33%縮小した。

【考察】

本研究では、ラット根尖性歯周炎モデルにおいてコレステロール結晶が根尖病変を悪化させ、 β -シクロデキストリンを根管貼薬することでラット根尖病変が改善することが確認できた。今後、病理組織切片を作製し、根尖病変部における β -シクロデキストリンの作用機序について詳細に解析を行っていく予定である。

Biphasic Calcium Phosphate Cement 配合接着性根管充填用シーラーの開発

日本大学松戸歯学部保存修復学講座¹, 日本大学大学院松戸歯学研究科歯学専攻²

○庫川 幸利¹, 内山 敏一¹, 神谷 直孝¹, 寺中 文子¹, 久米 駿佑¹, 村上 裕雄貴¹

大塚 一聖¹, 有賀 隆¹, 小倉 俊也¹, 石川 豊², 今村 亮哉², 小峯 千明¹

Development of adhesive root canal sealer with Biphasic Calcium Phosphate Cement

Department of Operative Dentistry, Nihon University School of Dentistry at Matsudo¹,

Nihon University Graduate School of Dentistry at Matsudo²

Yukitoshi Kurakawa¹, Toshikazu Uchiyama¹, Naotaka Kamiya¹, Ayako Teranaka², Shunsuke Kume²,

○Hiroyuki Murakami¹, Issei Otuka¹, Takashi Aruga¹, Toshiya Ogura¹,

Yutaka Isikawa², Ryoya Imamura², Chiaki Komine¹

【研究目的】

根管充填用シーラーには、辺縁漏洩を防ぎ、かつ根尖部病変の治癒が求められる。

本講座では、骨移植材料である均一二相性リン酸カルシウムセメント (Biphasic Calcium Phosphate Cement: BCP) に着目し、接着性レジン系シーラーにその接着性を低下させることなく、かつ根尖部における硬組織誘導効果など、バイオアクティブな特性の付与を目的として、BCP 粉体部の配合が接着性レジン系シーラーに与える影響について検討を行っている。現在までの報告において、5, 10wt%BCP 配合率の接着性レジン系シーラーを試作した結果、根尖の封鎖性を確認したが、歯質への接着およびレジントグは確認できなかった。

本研究では BCP 含有量を減らし、接着性レジン系シーラーの特性と BCP が有するバイオアクティブな特性の両立を期待したシーラーの開発を目的として検討を行った。

【材料および方法】

研究は小嶋らの研究報告に従い行った。すなわちリン酸二カルシウム (DCPA: CaHPO_4) と炭酸カルシウム (CaCO_3) を Ca/P 比が 1.8 となるように秤量・混合し、1500℃で 6 時間焼成した後、室温まで急冷した。得られた焼結体を粉碎した粉末を BCP (biphasic calcium phosphate) として使用した。

また、接着性レジン系シーラーとして、メタシール Soft ペースト (MSSP、サンメディカル) を使用し、これに対して BCP 粉末を 0 wt% (コントロール)、0.5 wt%、1 wt%、および 3 wt% の割合で配合し、実験試料とした。

さらに、ヒト下顎中切歯を用い、歯根長が 10 mm となるように位置決め後、低速精密切断機により歯冠部を歯軸に垂直に切除した。15 号 K ファイルを根管に挿入し、先端が解剖学的根尖孔に達した位置から 1 mm 短い長さを作業長と定め、Ni-Ti ファイルにて根管を 40 号まで拡大した。

根管内を EDTA 水溶液で 2 分間処理後、2.5% 次亜塩素酸ナトリウム (NaOCl) 溶液で 2.5 分間洗浄した。処理後、蒸留水で洗浄し、ペーパーポイントにて根管内を乾燥させたのち、各配合率の BCP シーラーを填入した。歯冠断面は水硬性セメントにて封鎖し、37℃、相対湿度 100% の環境下で 1 週間静置した。

その後、根管に沿って縦断的に切削し、走査型電子顕微鏡 (SEM) にて観察を行った。

本研究は日本大学松戸歯学部倫理審査委員会の承認を得て遂行された。(EC24-24-001A-1)

【結果および考察】

縦断面における SEM 観察の結果、BCP 配合率 0 wt%、0.5 wt%、1 wt%、および 3 wt% すべての群において、レジントグの形成が確認され、象牙細管内への浸潤および歯質との接着が得られていた。一部に根管壁からの剥離像も観察されたが、これは SEM 観察時の乾燥過程により、シーラーの収縮が生じたことによる人工的な剥離と推察される。剥離面にもレジントグ様の突起が認められ、象牙細管内への物理的侵入が示唆された。

先行研究では、4-META (カルボン酸系モノマー) と塩基性を有する BCP との間に酸-塩基反応が生じ、特に 5 wt% 以上の配合率においてはレジンの重合反応に悪影響を及ぼす可能性が指摘されていた。しかし本研究では、BCP を 3 wt% 以下に配合した範囲において、そのような重合阻害は観察されず、良好な接着挙動が維持されていたことから、BCP の適正配合率により接着性を損なうことなく機能性付与が可能であると考えられる。

今後は、BCP の粒径を拡大して比表面積を低下させ、4-META との過剰な反応性を抑制する条件の最適化を図る予定である。また、BCP 配合によりバイオアクティブな特性に期待し、SBF (模擬体液) への浸漬試験を通じて、BCP 配合シーラーの石灰化誘導能についても検討を進める予定である。

Effects of vital pulp therapy on dentinogenesis and pulpitis with defective restoration

○Rafiqul Islam¹, Kenta Tsuchiya¹, Yu Toida¹, Hirofumi Kaneko¹, Shuhei Hoshika¹,
Chiharu Kawamoto¹, Hidehiko Sano¹, Atsushi Tomokiyo¹

¹Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University,
Hokkaido, Japan

Objectives:

To evaluate the inflammatory response and mineralized tissue formation ability in pulpitis with defective restoration (DR) followed by vital pulp therapy (VPT) with mineral trioxide aggregate (MTA).

Materials and methods:

This study was approved by the institutional ethical committee as well as by the committee for laboratory animals and breeding faculty in Hokkaido University (Ref. 21-0055) and performed according to animal care standards. This study had three groups: Group-1 (VPT+DR): VPT performed after pulpitis with DR; Group-2 (DR): Pulpitis with DR without VPT, serving as a negative control; Group-3 (VPT): VPT performed without DR, serving as a positive control. Group-1 and -2 had pulp exposure to the oral environment for 48 hours along with intentional DR by placing a sterile gutta-percha inside the cavity and applying inadequate polymerization. In contrast, Group-3 involved pulp exposure without DR. Cavities were capped with ProRoot MTA (MTA; Dentsply Sirona) and sealed with flowable composite resin (Clearfil majesty ES flow; Kuraray Noritake dental) in group-1 and -3. Histological evaluations were performed on 24 male Wistar rats (48 cavities) with n=4 at each time point: 2 days, 4 days, 2 weeks, and 4 weeks. Statistical analysis was performed using the Kruskal Wallis test, followed by the Mann-Whitney U test (P=0.05).

Results:

After 2 days, mild to moderate inflammatory cell infiltration were observed in the DR and VPT groups, whereas moderate to severe inflammatory cell infiltration were observed in the VPT+DR group (P<0.05). At 4 days, mild to moderate, mild to severe, and moderate to severe inflammatory cell infiltration were observed in VPT, DR, and VPT+DR, respectively (P>0.05). After 2 weeks, VPT+DR and DR groups showed moderate to severe inflammation, whereas VPT showed mild to moderate inflammation (P>0.05). Incomplete mineralized tissue formation was observed in all experimental groups (P>0.05). After 4 weeks, mild to moderate inflammatory cell infiltration were observed in the VPT+DR and VPT groups, whereas severe inflammatory infiltration was observed in the DR group (P<0.05). VPT+DR and VPT groups exhibited complete mineralized tissue formation, unlike DR, which remained incomplete.

Conclusion:

VPT using MTA demonstrated favorable outcomes in promoting mineralized tissue formation even in the presence of pulpitis with defective restoration, suggesting its potential applicability in compromised clinical conditions.

酸化チタンの触媒作用を応用した新規根管治療開発

明海大学歯学部機能保存回復学講座保存治療学分野
○西田 伊織, 土屋 隆子, 市村 葉, 横瀬 敏志

A Novel Root Canal Treatment Approach Using the Catalytic Activity of Titanium Dioxide
Division of Endodontics and Operative Dentistry Department of Restorative and Biomaterials Sciences
○Iori Nishida, Takako Tsuchiya, Yoh Ichimura, Satoshi Yokose

【背景】

昨今、新型コロナウイルス感染症のパンデミックにより、殺菌作用や抗菌作用を持つ材料が注目されている。中でも、酸化チタンは光触媒や電気触媒作用を持ち、殺菌、抗菌作用を有するフリーラジカルを発生させることができる。そこで、我々はこの殺菌・抗菌作用を応用し、効率の良い新しい根管治療法の可能性を見出した。

【目的】

我々の研究室で報告した久野木ら(2021)の先行研究にて酸化チタンをコーティングしたステンレススチールワイヤーに通電することにより、フリーラジカルの発生が可能であることを証明した。この先行研究に続き、本研究ではステンレススチール製手用ファイルを用いた、フリーラジカルの発生条件の探索と、根管長測定器を用いた通電により発生したフリーラジカルの殺菌効果を検証し、新規根管治療方法として基礎的な知見を得ることを目的とした。

【材料と方法】

久野木ら(2021)の方法を参考に、ステンレススチール製手用ファイル(#15)に、ディップコーティング法を用いて酸化チタン水溶液(ST-K211, 石原産業)をコーティングした後、メチレンブルー溶液に浸漬し、歯科用根管長測定器(JUSTY IV, YOSHIDA, 東京)を用いて3Vで通電させ、フリーラジカルが最も発生する条件を探索した。また、細菌への殺菌効果を検討するため、分光光度計での OD 600 nm で濁度 0.2 を指標に希釈した *Enterococcus faecalis* (American Type Culture Collection, BAA-2128™) の菌液に対し同条件で通電させ、口腔内細菌カウンタ(YOSHIDA, 東京)を用いて通電直後の CFU 値をカウントし、フリーラジカルによる殺菌作用を解析した。本実験では、通電のチタンコーティング群、非コーティング群とコントロールとして非通電でコーティングを行った群で比較検討を行った。

【結果】

メチレンブルー溶液に酸化チタンコーティングを施したステンレススチール製手用ファイル(#15)で3時間通電後、メチレンブルーの脱色を明確に認めたため、フリーラジカルが発生していることを確認した。また、*Enterococcus faecalis* 菌液に対し同条件で通電し、CFU 値はコントロールと比較しチタンコーティング群で CFU 値の減少を認めた。また、通電下においてコーティング群と非コーティング群間と比較し、CFU 値の有意な減少を認めた。

【考察】

ステンレススチール製手用ファイル(#15)を用いて通電することにより、フリーラジカルの発生を認めた。また、細菌に対し殺菌効果が期待できることも検証することができた。細菌への通電実験では、コーティング群と非コーティング群の双方で CFU 値の減少を認めたが、コーティング群において有意な CFU 値の減少を認めた。コーティングによる通電と非コーティングによる通電の比較において、コーティングによる殺菌効果の増大が考えられる。

【結論】

チタンコーティングを行ったステンレススチール製手用ファイルからフリーラジカルの発生を認めた。また、通電により発生したフリーラジカルによって殺菌効果を得ることが示された。

低侵襲 NiTi ファイルと適合ガッタパーチャポイントによる根管充填到達度の検討

日本大学松戸歯学部 歯内療法学講座
○神尾直人, 古谷夏子, 倉持光成, 小泉郁佳, 中西建人, 松井瑞季

Quality of root canal obturation with minimally invasive NiTi files and compatible gutta-percha cones

Department of Endodontics, Nihon University school of dentistry at Matsudo

○KAMIO Naoto, Furuya Natsuko, Kuramochi Kosei, Nakanishi Kento, Matsui Mizuki

【目的】

近年、歯の破折抵抗性を損なわないよう低侵襲治療により健康象牙質を最大限保存することが歯内療法領域においても提唱されている。また従来行われてきた加圧根管充填に代わり、いわゆるマッチドコーン法やハイドロリックコンデンセーション法が臨床に導入され、根管充填の主役がガッタパーチャポイント (GP) から根管シーラーへと移行しつつあるといえる。それは、加圧充填には必要とされた根管テーパーの付与を目的とした根管形成を必ずしも必要としないと考えられる。本研究では、テーパ度の低い低侵襲 NiTi ファイルと可変テーパーNiTi ファイルを用いた根管形成に対し、それぞれに適合する GP を用いて根管充填した際の GP および根管シーラーの到達度と根管断面積に対するそれぞれの充塞率を比較し、低侵襲根管形成の有用性を検討した。

【材料および方法】

模擬根管として、エポキシレジン製透明 J 字彎曲根管模型 (根管長 15.5~16.0 mm) を用いた。

1 名の術者が根管長-0.5 mm を作業長として以下の 4 つのファイルを最終ファイルとして根管形成を実施した。

B 群 #25 (B #25 群) Bassi Logic shaping 25/.03 (先端径#25 均一.03 テーパー)

#30 (B #30 群) Bassi Logic shaping 30/.03 (先端径#30 均一.03 テーパー)

P 群 #25 (P #25 群) Protaper Gold F2 (先端径#25 可変テーパー 先端 .08)

#30 (P #30 群) Protaper Gold F3 (先端径#30 可変テーパー 先端 .09) 各 n=8

根管形成は、最終ファイルが作業長に一度到達した時点で終了とした。根管形成後、精製水で根管洗浄用シリンジにて根管洗浄を入念に行い、強圧エアにて乾燥した。根管シーラーにはニシカキャナルシーラーBG multi を使用し、無作為に選んだ適合ポイント先端に塗布後、根管内で軽くポンピングした後に挿入できるところまで挿入し静置した。シーラー硬化後ポイントの挿入深度を確認し、試料切断機を用いて根管長軸に対し垂直方向に根尖から 1mm ずつ 5mm まで切断した。切断面をデジタルカメラにて撮影後、画像解析ソフト Adobe Photoshop にて充塞率を根管断面積の百分率で求めた。

【結果】

全ての群の全ての切断面において、根管シーラーもしくは GP で 100%充塞されており、根尖からのシーラーの漏出は B 群の一部で認められた。GP の到達度は B 群、P 群ともに#25 に比べ#30 は有意に深く挿入され、それにより GP 充塞率も根尖から 1 mm の位置では#25 に比べ#30 で有意に GP 面積は高値を示した。また、根尖から 1 mm の位置で、#25 群#30 群ともに B 群に比べ P 群の挿入深度は深く、また GP 面積も高値を示した。

【考察】

両群において、根管サイズが GP 挿入深度に影響を及ぼし、その結果根尖近くの GP 充塞面積に差がみられたものと推察される。これには適合 GP のいわゆるコシが影響したことに加え、GP 間の製造過程の個体差や洗浄効果の差によるものと示唆された。また B#30 群では、テーパーが少なくさらに B#25 群に比べ根尖部への到達性が高いため、根尖からのシーラー漏出を起こしやすいと推察された。低侵襲 NiTi である B 群は P 群に比べ GP の根尖到達性は低かったものの根管シーラーは根尖部まで充塞されており、シーラー依存型根管充填という観点では良好な予後が得られると考えられた。

根尖孔外開き根管への高周波通電による焼灼

北海道大学大学院歯学研究院¹ 歯周病学教室,² 難治性歯内・歯周疾患治療学分野
○明本 菜穂¹, 野村 卓巳¹, 高橋 直紀¹, 菅谷 勉²

High-Frequency Current Cauterization of Blunderbuss Canal with Open Apex

¹ Periodontology, Department of Oral Health Science, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University

² Advanced Treatment for Refractory Endodontic and Periodontal Diseases, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University

○Nao AKEMOTO¹, Takumi NOMURA¹, Naoki TAKAHASHI¹, Tsutomu SUGAYA²

<研究目的>

根尖性歯周炎の治療では、根管内の細菌を機械的および化学的に除去する必要がある。そのためには根管形成や根管洗浄、根管貼薬が行われるが、ファイルが到達不可能な部位では、次亜塩素酸ナトリウムによる洗浄や水酸化カルシウム製剤の貼薬を行っても、十分な細菌の除去や殺菌は難しいとされている。

一方、根管内に導電性の高い薬液を満たして高周波通電を行うと、根管の狭窄した部位で根管内容液が沸騰して気泡が発生し、気泡内で放電が起こることで、根管壁の有機質が灰化、消失したり、象牙質が溶解したりすることが報告されている。これにより、レッジなどで根尖孔に穿通できない根管や、側枝、根尖分岐、イスムスなどファイルが到達できない部位に対して行うと、細菌を灰化、消滅させることができ、根尖孔に穿通できない根尖性歯周炎の成功率が著しく向上することが報告されている。

一方、不適切な根管形成により根尖部が本来の形態を失ってしまい、根尖孔が破壊されて大きく拡大されてしまうことで成功率が低下するが、その理由の一つとして、ファイルが根管壁に接触しない部位ができるためと考えられる。

そこで本研究では、根尖部が外開きに拡大された模擬根管を作製し、高周波通電による焼灼効果を検討した。

<材料および方法>

ウシ抜去歯の象牙質から厚さ 2mm の象牙質ブロックを作製し、耐水研磨紙で表面を研磨した。研磨した 2 枚のブロックを重ねて両端を 4-META/MMA-TBB レジンで固定後、エンジンリーマーを用いて両ブロックの界面に長さ 2mm, #50 の人工根管を作製し、さらに根管下部はゲーツドリル#4 で根尖側から長さ 1mm まで形成した。その後、人工根管上部に内径 1mm の PTFE チューブを固定し、外開き根管モデルとした。根管内に Plank-Rychlo 溶液を満たし、5 分間脱灰して根管壁に有機質層を形成した。

人工根管および PTFE チューブ内を 10% 次亜塩素酸ナトリウム溶液で満たし、人工根管底部は生理食塩水に接触させて、#35K-ファイル人工根管最根尖側まで挿入し、高周波治療器と対極の間に 2k Ω の抵抗を介在させて高周波通電を行った。通電条件は周波数 520kHz, duty70%, 電圧 400V, 通電時間は 0 秒, 1 秒, 1 秒 3 回, 連続 3 秒とした。

通電後、人工根管を長軸方向に切断し、走査型電子顕微鏡にて根管壁の有機質除去状態を評価した。評価は根管上部、外開き部の上部、中部、下部の 4 ヶ所を概ね等間隔に選択して行った。

<結果と考察>

0 秒では根管壁の全面が平坦な形態を示し、有機質層で被覆されていた。高周波通電時間 1 秒の試料では、根管上部 1mm は平坦な有機質層がほとんど観察されず、象牙細管が露出していたり、象牙質が溶融凝固した溶岩状を示したりした。しかし、根管下部の外開き部分では多くの有機質層が観察され、焼灼が不十分であった。通電時間 1 秒で 3 回行うと、外開き部分の有機質層の残存は少なくなり、連続 3 秒の通電を行うと、ほとんどの有機質層が除去された。これはファイル先端で発熱し気泡が発生したことで、気泡内で放電が起こり根管壁の有機質層が焼灼されたためと考えられた。

以上の結果から、根尖孔が開大し外開き状態となった根管に高周波通電を行うことで、感染根管治療の成功率が向上することが期待できると考えられた。

<結論>

高周波通電によって、外開きとなった根管の有機質層を焼灼することが可能なことが示された。

ニッケルチタン製ロータリーファイルによる根管形成時に歯根破折に至る条件の検討

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

○臼杵雄一郎¹、長谷川大学²、田下滉大¹、前田英史^{1,2}

Consideration of the condition leading to root fracture during root canal preparation with nickel-titanium rotary files

¹Department of Endodontology and Operative Dentistry, Faculty of Dental Science, Kyushu University,

²Department of Endodontology, Kyushu University Hospital

○Yuichiro Usuki¹, Daigaku Hasegawa², Koudai Tashita¹, Hidefumi Maeda^{1,2}

【背景および目的】

根管治療において根管壁および根尖部の形成を適切に行うことは、根管治療の予後を左右する重要な因子である。近年、ニッケルチタン製ロータリーファイル (Ni-Ti) を用いた根管形成法が普及し、根管治療の効率性は飛躍的に向上した。一方で、ステンレススチールファイルによる手用形成法に比べ Ni-Ti は根管形成時にかかるトルクが強く、根管への負荷が大きくなるため、不適切な操作によって根尖部等に歯根破折を生じることが問題となっている (Park et al., 2010; Yum et al., 2011)。したがって、根管治療を安全かつ効率的に行うためには、歯根破折が生じない根管形成の方法を理解することが必要となる。そこで本研究では、根管形成時に歯根破折が発生する条件を明らかにすることで、歯根破折を可及的に予防することのできる根管形成法を確立することを目的とした。

【材料および方法】

重度歯周病などによって抜歯適用と判断された下顎前歯を本実験に使用した。まず、歯冠部を根尖より 12 mm の位置で切除し、根管上部 1/3 の漏斗状拡大、およびグライドパスの形成を行った。次に、オーステナイト相の Ni-Ti である Race (FKG、白水貿易) を用いて、#30 または #40 まで根管拡大・形成 (4%テーパー) を行った。なお、作業長 (WL) は解剖学的根尖孔から 1 mm 手前の 11 mm とした。根管形成後、歯科用実体顕微鏡を用いて根尖部の表面を観察し、各群に生じる歯根破折 (亀裂) の頻度を比較した。なお、本研究は九州大学医系地区部局観察研究倫理審査委員会の承認 (承認番号: 30-129) を得て実施した。

【結果】

WL+0 mm の条件で #30 または #40 まで根管形成を行った結果、#30 の群は 5 本中 0 本 (0%)、#40 の群は 5 本中 1 本 (20%) に根尖部破折が生じた。一方、WL+1 mm の条件では、#30 の群で 5 本中 1 本 (20%)、#40 の群では 5 本中 4 本 (80%) に根尖部破折が生じた。

【考察】

これまでの実験結果より、オーステナイト相の Ni-Ti を使用した場合、根尖部拡大号数 #40/WL+1 mm が歯根破折発生の分岐点であることが示唆された。WL+1 mm の場合、根尖部の最終拡大号数が #30 であっても歯根破折は発生し、さらに #40 では高い破折発生率を示す。このことから、根尖最狭窄部を越えた根管形成は歯根破折のリスクが増すことがわかった。今後は、使用する Ni-Ti をオーステナイト相のものから、より柔軟性の高いマルテンサイト相のもの (Race Evo: FKG、白水貿易) に変える、あるいは、WL を -1 mm に設定するなど根管形成の条件を変更することで、根管形成時に歯根破折が発生する条件をより詳細に明らかにしていく予定である。これにより、歯根破折を可及的に予防することのできる根管形成法の確立に一步近づくのではないかと考えている。

【結論】

根尖部拡大号数 #40/WL+1 mm の条件で Ni-Ti による根管形成を行った場合、約 80% の確率で歯根破折が発生する。

根管治療におけるフレアアップのリスク因子：メタ解析による検討

大阪大学大学院歯学研究科 歯科保存学講座

○大嶋 淳, 森田真吉, 川西雄三, 阿部翔太郎, 田中伸武, 島岡 毅, 前歯葉月, 木ノ本喜史, 林 美加子

Risk factors for endodontic flare-ups

Department of Restorative Dentistry and Endodontology, Graduate School of Dentistry, The University of Osaka

○OHSHIMA Jun, MORITA Masayoshi, KAWANISHI Yuzo, ABE Shotaro, TANAKA Nobutake,

SHIMAOKA Tsuyoshi, MAEZONO Hazuki, KINOMOTO Yoshifumi, HAYASHI Mikako

【背景】

根管治療後のフレアアップは術後数日以内に生じる疼痛や腫脹の急性増悪であり、患者が予定外の緊急受診を必要とする重大な臨床問題である。発症頻度は比較的低いとされるものの、世界中で膨大な数の根管治療が行われていることを考慮するとその影響は無視できない。フレアアップは患者の不安や不信感を招くだけでなく、診療効率の低下や治療期間の延長といった実務上の問題も引き起こす。これまでもフレアアップに関して多くの研究が報告されてきたが、定義の曖昧さや解析手法のばらつきによりリスク因子に関する知見は十分に統一されていないのが現状である。

【目的】

本研究の目的は、術後の緊急受診を必要とする重度のフレアアップに限定して、その発生に関与する臨床的リスク因子を定量的に評価することである。より臨床的妥当性の高い厳密な定義と選定基準を用いて、実臨床に即したエビデンスの統合を試みた。

【データソース】

PubMed、Scopus、Web of Scienceの3つの主要データベースに対し、2025年3月31日までの文献検索を行った。検索ではMeSH用語およびキーワードをAND/ORで組み合わせ、重複した文献を除去した後にタイトル・抄録・全文の3段階で選別を行った。さらに、歯内療法関連ジャーナルの手検索および重要論文の参考文献の追跡も実施した。

【データ抽出と解析方法】

対象は観察研究および介入研究であり、フレアアップの定義を「治療後数日以内に疼痛または腫脹を訴え、緊急受診・処置を要したもの」と厳密に限定した。症例報告、総説論文、小児や根未完成歯を対象とした研究は除外した。選択された論文からデータを抽出し、CochraneのRoB 2.0およびROBINS-I V2を用いてリスク・オプ・バイアスを評価した。結果の統合にはDerSimonian-Laird法によるランダム効果モデルを採用し、統合された相対リスク（RR）と95%信頼区間（CI）を算出した。

【結果】

最終的に15件の研究（総症例数24,320件）が包含基準を満たし、メタ解析の対象となった。全体のフレアアップ発生率は2.83%となったが、研究間では0.39～9.40%とばらつきが見られた。以下の因子がフレアアップの有意なリスクと認められた：女性（RR=1.53）、下顎歯（RR=1.43）、失活歯（RR=2.18）、術前自発痛（RR=5.83）、根尖病変（RR=2.49）、複数回治療（RR=2.34）、再治療（RR=1.64）、術前打診痛（RR=3.46）。一方で、年齢（50歳以上）、根管数、使用器具（ニッケルチタンファイル vs ステンレススチールファイル）、歯種、術前の鎮痛薬使用については、有意な関連は認められなかった。

【結論】

本研究により、フレアアップの発症に強く関与する複数の臨床的リスク因子が明らかになった。特に術前の自発痛や打診痛、根尖病変の存在は、術後の急性炎症反応を予測する上で重要である。治療計画時にこれらの因子を考慮することで、患者へのリスク説明や術後ケア体制の整備に役立つと考えられる。今後は標準化された定義と前向き研究に基づき、より信頼性の高い予測モデルの構築が求められる。

露髄の可能性のある深在性う蝕に対する歯髄温存療法についての一考察

¹医療法人社団ハイレイフ大阪梅田歯科医院、²永山歯科医院

³大阪大学大学院歯学研究科口腔分子感染制御学講座 (歯科保存学教室)

○三宅直子 ^{1,3}、永山智崇 ²、林美加子 ³

Vital Pulp Therapy (VPT) for Deep Caries with Possible Pulp Exposure

HILIFE Osaka Umeda Dental Clinic, Nagayama Dental Clinic

Department of Restorative Dentistry & Endodontology, Osaka University Graduate School of Dentistry

○Naoko Miyake, Tomotaka Nagayama, Mikako Hayashi

【緒言】 2023 年 12 月に発刊された「歯髄保護の診療ガイドライン」において、現在でも AAE (米国、う蝕の一括除去→露髄で抜髄 or 断髄) と ESE (欧州、Stepwise Excavation→露髄の回避を模索) で歯髄に近接する深在性う蝕除去のスタンスは統一されていないことが指摘されている。また、将来的な CQ (Clinical Question) として、「露髄の可能性のある深在性う蝕に対して暫間の間接覆髄とう蝕の一括除去のいずれを行うべきか」があげられている。今回は結果的に ProRoot® MTA (Dentsply Sirona) による暫間の間接覆髄、部分断髄、断髄でアプローチした 3 症例を供覧することで、その本質を臨床的に考察することを目的とした。

【症例 1】 (暫間の間接覆髄、IPC 法) 左下 7 の頬側歯頸部における初発の深在性う蝕に対して MTA で IPC 法を行い、現在まで 8 年間経過良好。

【症例 2】 (部分断髄) 左上 7 の咬合面裂溝における初発の深在性う蝕に対して MTA で IPC 法を行ったが、リエントリーにおいて偶発露髄が生じたため部分断髄で対応して、現在まで 2 年間経過良好。

【症例 3】 (断髄) 右下 6 の近心隣接面における初発の深在性う蝕に対して MTA で IPC 法を行ったが、1 年間症状が消失しないため断髄で対応して、現在まで 8 年間経過良好。

【考察】 我々は歯髄に近接する深在性う蝕除去のスタンスについては、基本的に ESE の立場をとっている。その理由としては、臨床症状のある生活歯髄が可逆性歯髄炎か不可逆性歯髄炎かをその場で確定診断ができないために待機的診断を行いたい、その待機期間中の歯髄鎮静と修復象牙質の形成に期待して可及的に露髄を回避した歯髄温存を図りたい、という 2 点があげられる。これは感染制御ならびに組織再建の面でも有利であると考ええる。一方で、それが叶わなかった場合の次善策として部分あるいは全部の断髄を検討する訳であるが、これには不確定な部分 (即時的臨床診断) がさらに増えるため、リスクファクターを的確に把握してより確実な治療法を選択することが求められ、治療の難易度はより上がると思われる。また治療が期待通りにいかなかったときに起こりうる病態の予測やリカバリーの難易度についても考慮が必要なので、抜髄との比較も総合的に検討されなければならないと考えている。

【結論】 歯髄温存療法は、特に生物学的要因を含めた総合的な観点から取り組まなければならないと考える。高度な知識と技術と経験が求められる専門性が高い治療法であると言える。

※ 本研究に関して開示すべき利益相反関係にある企業はない。

中心結節破折に起因する根尖部エックス線透過像を呈した 下顎第二小白歯根管治療の一症例

1 福岡歯科大学口腔治療学講座歯科保存学分野

2 福岡歯科大学口腔医学研究センター

○松本 和磨¹, 松崎 英津子^{1,2}

Endodontic treatment of a mandibular second premolar with apical radiolucency caused by central cusp fracture: A case report

1 Section of Operative Dentistry and Endodontology, Department of Odontology, Fukuoka Dental College

2 OM center, Fukuoka Dental College

○Kazuma Matsumoto¹, Etsuko Matsuzaki^{1,2}

【緒言】中心結節は、下顎第二小白歯咬合面に発現する小突起で、その多くは歯髄腔とつながっているため、咬合、摩耗等による破折から歯髄に細菌感染が生じた結果、歯髄疾患や根尖性歯周疾患を併発することも多い。今回、中心結節破折後に修復処置を受け、無症状で経過するも、9年後に根尖部エックス線透過像を認めた下顎第二小白歯に対して根管治療を行ったところ、水酸化カルシウム製剤の貼薬によって根尖孔より上部の位置での石灰化様硬組織形成と、根尖部エックス線透過像の縮小傾向を認めた症例に遭遇したため、経過を報告する。なお、発表に際し、患者本人に本症例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】21歳男性。主訴：下顎左側第二小白歯の精査・加療。現病歴：12歳頃、35の中心結節破折により近医で修復処置を受け、自覚症状なく経過していた。2024年、自覚症状はないものの近医にてパノラマエックス線写真における35根尖部透過像を指摘され、福岡歯科大学医科歯科総合病院保存・歯周病科に来院した。全身の既往：特記事項なし。口腔内所見：35咬合面にコンボジットレジン修復、自発痛(-)、咬合痛・打診痛(±)、根尖部圧痛(±)、瘻孔(-)、歯周ポケット全周3mm以下、動揺度0。温度診(冷刺激試験)(-)、歯髄電気診(-)。エックス線所見：35歯髄腔と一部交通する修復物様の不透過像、根尖から近心側にかけて透過像を認め、根尖部の歯槽硬線の連続性は不明瞭、根尖孔は開大。歯科用コーンビームCT(CBCT)所見：35根尖孔は楕円型(頬舌径3.2mm、近遠心径1.5mm)に開大。診断(術前)：35歯髄壊死、無症候性根尖性歯周炎、治療方針(術前)：アペキシフィケーションを併用した感染根管治療

【治療】初回：ラバーダム防湿後、実体顕微鏡下で修復物を除去すると、根管内には、壊死に陥ったと考えられる歯髄を認め(出血なし)、3%次亜塩素酸ナトリウム(アンチホルミン®)を用いて洗浄・除去。#25手用ファイル根管内に挿入した際、根尖孔より上部で疼痛、続いて根管内から持続的な出血(約10分)を認めた。次亜塩素酸ナトリウムおよび生理食塩水による頻回な根管洗浄を行い止血を確認、根尖側最深部に軟組織の存在を観察した。水酸化カルシウム製剤(カルシペックスII®)を貼薬し、グラスアイオノマーセメントを用いて仮封。2~3回目：根管貼薬剤除去後に再び根管内から出血(2回目：約5分、3回目：約1分)を認めた。根管洗浄後に止血確認し、水酸化カルシウム製剤貼薬、仮封。4回目：根管貼薬剤除去後、出血はわずかに認められた。根管洗浄による止血後、根管内を実体顕微鏡で観察すると、貼薬剤直下に一部石灰化様硬組織形成を認めた。同部まで#110ガッタパーチャポイントを試適すると、その尖端は根尖側1/3程度の位置に到達し、根尖部透過像は縮小傾向を示していた。根管洗浄後、水酸化カルシウム製剤貼薬、仮封。5回目(前回から1カ月後)：根管貼薬剤除去後に出血はなく、貼薬剤直下には明瞭な石灰化様硬組織形成を認めた。エックス線所見では、根尖から近心側にかけての透過像の縮小傾向および貼薬剤直下に硬組織様の不透過像を認めた。

【考察】本症例では、術前所見から根尖部エックス線透過像を有する根未完成の失活歯と判断し、アペキシフィケーション併用の感染根管治療を予定した。しかし、根尖孔より上部の位置でファイル挿入時の疼痛と出血を認め、その後水酸化カルシウム製剤の貼薬直下に石灰化様硬組織形成を認めたことから、歯髄の生活性が示唆された。これまでに、中心結節破折に起因する根尖部エックス線透過像を呈した根未完成下顎小白歯の根管治療において、貼薬剤直下の石灰化様硬組織形成、根尖部エックス線透過像の縮小および術後の歯髄生活反応についての報告がある。現在までに、本症例では歯髄の生活反応は得られていないが、今後根管充填を行い、その後の臨床症状や根尖部エックス線透過像の状況、歯根厚径、歯根長などについて経過観察を行う予定である。

根尖性歯周炎を有する幼若下顎第二小臼歯に再生歯内療法を行った症例

神奈川歯科大学 歯科保存学講座 歯内療法学分野
○糸永 和広、村野浩気、鈴木二郎、室町幸一郎

Revitalization of an immature permanent mandibular second premolar with symptomatic apical periodontitis: a case report

Department of Endodontics, Kanagawa Dental University
○ITONAGA Kazuhiro, MURANO Hiroki, SUZUKI Jiro, MUROMACHI Koichiro

【緒言】

再生歯内療法(Regenerative endodontics procedures:以下 REP とする)は 2001 年に Iwaya らが発表し、現在では失活した歯根未完成歯に対する治療として世界的な標準治療となりつつある。今回、中心結節の破折により失活した歯根未完成の下顎左側第二小臼歯に対し REP を行い、良好な経過が得られたので報告する。

【症例】

患 者：11 歳女子

部 位：下顎左側第二小臼歯

主 訴：左下の歯茎が腫れて痛い

現病歴：萌出時にシーラント充填を受けた事がある

既往歴、家族歴：特記事項なし

現 症：歯髄電気診 80/80、Cold Test (－) (対照歯：下顎右側第二小臼歯、歯髄電気診 23/80、Cold Test (+))、自発痛+、打診痛+ (V>H)、歯肉腫脹+、PPD 頬側 (4/④/3)、舌側 (3/2/3)、動揺 1 度、口内法 X 線写真および CBCT 像において患歯の中心結節破折と根尖を取り囲む透過像、根尖の未完成を認めた。

診断：急性根尖性歯周炎

(Pulp necrosis, Symptomatic apical periodontitis (American Association of Endodontists (AAE) による診断名))

処置方針：下顎左側第二小臼歯の再生歯内療法

【治療経過】

浸潤麻酔下で下顎左側第二小臼歯にラバーダム防湿を行い、マイクロスコープ下で髄腔開孔と根管口明示を行った。1%次亜塩素酸ナトリウムと 17%EDTA を用いて洗浄を行い、根管乾燥後に水酸化カルシウム糊剤を貼薬し、水硬性セメントとグラスアイオノマーセメント (以下 GIC とする) で 2 重仮封を行った。3 週間後、炎症症状がない事を確認し 3%メピバカインにて浸潤麻酔、ラバーダム防湿下で 17%EDTA を用いて洗浄後、根尖から K ファイルが 2mm 程度出ている事をファイル試適 X 線写真で確認した。その後ファイルの機械的刺激により根管内への出血を促し、血餅上にコラーゲン製剤をスキヤホールドとし Mineral trioxide aggregate (MTA)セメントを貼薬、GIC で仮封を行った。1 か月後にコンポジットレジンにてアクセス窩洞の修復を行った。なお本症例における MTA の適応外使用に際しては、神奈川歯科大学倫理委員会の承認の下、患者および保護者からの同意を得て行った (承認番号：761)

【予 後】

術後 1 年で自発痛、咬合痛、歯肉腫脹はなく、歯髄電気診にて生活反応 (63/80) を認めた。X 線検査で根尖部透過像の消失と歯根の伸長、歯根膜腔の回復、歯髄腔の狭窄を認めた。

【考 察】

AAE プロトコルに準じた REP の治療経過について、成功が 54.3%、不確実 (要経過観察) が 23.9%、失敗が 3.8%と報告され、成功症例の内訳は歯根周囲治癒 (94.4%)、歯根閉鎖 (71.8%)、歯根長増加 (63.4%)、感受性試験陽性 (12.7%) と報告されている (Botero *et al.*, 2024)。REP は失敗した場合アペキシフィケーションに移行できる点がメリットとしてあげられるが、逆に成功例でも Pulp canal obliteration (PCO) が生じる可能性があり、再治療が困難になる可能性を秘めている。PCO は外傷歯の 4~24%に生じると報告されている (McCabe *et al.*, 2012) が、REP 後に PCO が生じる確率を調べた論文は現時点では報告されていない。REP 後に再感染を生じた場合、歯髄腔の狭窄により治療の難易度は非常に高くなってしまったため長期間の経過観察が重要であると考えられる。

歯内-歯周病変に対し手用 Ni-Ti ファイルによる根管治療と 歯周組織再生療法の併用にて治療した一症例

¹北海道大学 大学院歯学院 歯科保存学教室

²北海道大学 大学院歯学研究院 歯科保存学教室

○矢後 亮太郎¹、川本 千春¹、友清 淳²

Successful Management of a Class II Endo-Periodontal Lesion Using Hand Nickel-Titanium Files and Periodontal Regenerative Therapy

¹Department of Restorative Dentistry, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University

²Department of Restorative Dentistry, Faculty of Dental Medicine, Hokkaido University

○YAGO Ryotaro¹, KAWAMOTO Chiharu¹, TOMOKIYO Atsushi²

【緒言】

歯内-歯周病変は、歯髄および歯周組織の両方に病変が波及している状態であり、診断および治療方針の決定には慎重な判断が求められる。本症例では、手用ニッケルチタンファイルを用いた歯内療法を実施し、歯周基本治療および歯周外科処置を併用した結果、良好な予後が得られたため、ここに報告する。

【症例】

40 歳女性、下顎左側第一大臼歯（#36）の咬合痛および冷水痛を主訴に来院した。数週間前より同部に違和感を自覚し、冷水刺激や咬合時に疼痛が出現、症状の増悪を契機に受診となった。全身の既往歴に特記事項はなかった。

初診時の口腔内診査では、全顎的に広汎型の重度歯周炎を認め、複数歯にわたりプロービングデプス 6 mm 以上の部位が存在し、アタッチメントロスや出血（BOP）も顕著であった。患歯である#36 においては、特に近心頬側・舌側、遠心頬側に深さ 8-9 mm の歯周ポケットを認め、咬合時痛および冷水痛の誘発がみられた。歯髄電気診では反応を認め、生活歯であった。動揺度は 1 度であった。エックス線画像では、#36 の近心および遠心に垂直性骨吸収を認め、根尖透過像は軽度であったものの、全顎的に歯槽骨の高度な吸収が認められた。

以上の所見より、#36 は Class II 歯内-歯周病変を併発した急性単純性歯髄炎と診断し、歯内療法を実施し、歯周基本治療を行うこととした。

【治療経過】

浸潤麻酔を行い、#36 に対してラバーダム防湿下で抜髄処置を行った。う蝕を除去したのち、コンポジットレジン（クリアフィル AP-X、クラレノリタケ）にて隔壁を作製した。#10 のステンレススチール K ファイルにて穿通後、手用ニッケルチタンファイル（HandFlex、COLTENE）を用いてフルレンジ法により根管形成（MB, ML#45, D#50）を実施し、10% 次亜塩素酸ナトリウム（ネオクリナー、ネオ製薬工業）および 18% EDTA（Ultradent）による根管洗浄を行ったのち、水酸化カルシウム製剤（ウルトラカル、Ultradent）の貼薬を行った。貼薬交換を経て、根管内の滲出液消失と症状の消失を確認後、キャナルシーラー-BG Multi（日本歯科薬品）を用いて、シングルポイント根管充填（MB, ML#45, D#50）を行った。

歯内療法に続いて、歯周基本治療を実施した。再評価において#36 の近心頬側および舌側においてプロービングデプスの残存（7-8 mm）および垂直性骨欠損が認められたため、リグロス（科研製薬）を併用した歯周組織再生療法を目的としてフラップ手術を施行した。

その後の経過は良好であり、根管充填から 1 年後の時点でも#36 に不快症状はなく、プロービングデプスは 4-5 mm に改善、動揺度は 1 度で安定していた。エックス線像においても垂直性骨欠損の改善傾向が認められた。現在は 1 か月間隔でのメンテナンスを継続している。

【考察】

患歯においては近遠心に垂直性骨吸収を認めたものの、分岐部病変は認められず、根尖病変の進行も軽度であった。分岐部病変は予後に大きな影響を与える局所因子であり、本症例のように分岐部病変を伴わない Class II 歯内-歯周病変では、歯内療法と歯周治療の統合的アプローチによって長期的保存が期待できると考えられた。

【結論】

Class II の歯内-歯周病変に対し、適切な歯内療法と歯周治療を段階的に実施することで、良好な予後が得られた。

陥入歯 (Oehlers の分類 II 型) である上顎左側側切歯に感染根管治療を行った症例

- 1) 岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科 歯周病態学分野, 2) 国立療養所 栗生楽泉園,
3) 岡山大学 学術研究院医歯薬学域 歯周病態学分野

○石井 貴之¹⁾, 松本 俊樹^{1,2)}, 伊東 有希³⁾, 大森 一弘³⁾, 高柴 正悟³⁾

Endodontic treatment of an infected maxillary lateral incisor with dens invaginatus (Oehlers' Type II): A case report

- 1) Department of Pathophysiology-Periodontal Science, Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University
2) National Sanatorium Kuriu-Rakusenen
3) Department of Pathophysiology-Periodontal Science, Faculty of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

○ISHII Takayuki¹⁾, MATSUMOTO Toshiki^{1,2)}, SHINODA-ITO Yuki³⁾, OMORI Kazuhiro³⁾, TAKASHIBA Shogo³⁾

【緒言】

陥入歯は、歯胚の形態分化期に、歯冠の表層エナメル質と象牙質が歯髄腔内に陥入することで起こる形態異常歯である。その陥入の程度は様々であり、Oehlers による分類 (*Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1957) が多用されている。本症例は、Oehlers の分類II型に該当し、根管内の感染源を機械的および化学的に除去した結果、良好な経過が得られているため報告する。

【症例】

患者：21 歳，男性

主訴：上顎前歯部の自発痛と咬合時痛の既往

現病歴：2023 年 5 月，上顎前歯部の自発痛と咬合時痛を主訴に，近医を受診した。デンタルエックス線画像検査の結果，上顎左側側切歯（22）の陥入歯を指摘され，同院での治療は困難と判断された。そのため，岡山大学病院 歯科・歯周科部門に紹介受診となった。

現症：22 は，近医で咬合調整されており，2023 年 6 月当部門初診時には自発痛と咬合時痛は消退していたが，軽度の打診痛があった。唇側根尖部歯肉には瘻孔があり，排膿していた。口蓋裂溝は脱灰しており，電気歯髄診の結果，生活反応を示さなかった。デンタルエックス線画像検査および歯科用コーンビーム CT（以下，CBCT）画像検査において，陥入部は根中央付近まで至っていた。根尖部周囲にエックス線透過像はなかったが，頬側歯根中央部近心部には側枝が存在し，その周囲骨は吸収していた。

既往歴：特記事項と定期的な内服薬はない。主訴部である 22 には外傷の既往はない。ブラキシズムの自覚がある。

診断：22 急性化膿性根尖性歯周炎，陥入歯（Oehlers の分類 II 型）

治療方針：22 感染根管治療

【治療経過】

歯科用マイクロスコープおよびラバーダム防湿下で，口蓋裂孔の感染歯質を除去し，陥入部の切削を開始した。初回では，ダイヤモンドバーとスチールバーを用いて咬合面の歯質を除去し，陥入部明示後は超音波チップで慎重に歯質を除去した。2-3 回目で陥入歯質を完全に除去し，2.5% 次亜塩素酸ナトリウム溶液，エチレンジアミン四酢酸（EDTA）と超音波装置による根管洗浄後に水酸化カルシウム製剤（ビタペックス[®]，ネオ製薬工業）を貼薬した。根管壁が菲薄であったため，洗浄には化学的洗浄を主に使用した。4 回目で根尖穿通を試み，根尖部からの出血を確認した。次亜塩素酸ナトリウム溶液で洗浄し止血を確認後，再度同じ水酸化カルシウム製剤を貼薬した。5 回目には，唇側歯肉の瘻孔が消失した。バイオセラミックス系シーラー（ニシカキャナルシーラーBG multi[®]，日本歯科薬品）で根管充填を行い，治療後のデンタルエックス線画像で，根管内の緊密な充填を確認した。また，咬合力緩和を目的としたナイトガードを作製，調整後に装着した。根管充填後に特記すべき臨床症状はなく，術後 12 ヶ月の経過観察時デンタルエックス線画像と CBCT 画像では，根尖部周囲にエックス線透過像はなく，側枝周囲の骨吸収部は軽度ながら回復していた。

【考察】

複雑な形態異常を伴う陥入歯では，治療の難易度が非常に高い。本症例では，術前の CBCT 画像による歯根形態の確認と治療毎のデンタルエックス線画像検査によって現状を把握しながら治療を進めた。また，歯科用マイクロスコープ下で超音波チップを使用して，感染源である陥入部を安全に除去できた。慎重な陥入部の除去と化学的洗浄と貼薬による根管感染量の減少に伴い，臨床症状の悪化や病変の拡大を抑制し，良好な経過が得られていると考える。歯根中央部唇側に存在した側枝部は，治療開始時，歯肉剥離下での封鎖を考慮したが，根管内からのアプローチのみで瘻孔が消失したこと，その後の臨床症状がないことから，歯肉剥離に伴う歯根への侵襲を総合的に考慮して実施しなかった。現在まで良好な経過であるが，歯質が菲薄なため破折のリスクが高い。そのため，ナイトガードの継続的な使用と過剰な咬合負担を意識的に避けさせるなど，今後は生活指導の継続が必要である。

陥入を有する上顎右側側切歯に対して外科的歯内療法を行った症例

昭和医科大学歯学部 歯科保存学講座 歯内治療学部門¹

昭和医科大学大学院 歯学研究科 歯内治療学分野²

○齋藤 彩¹, 浦羽真太郎², 高林正行¹, 鈴木規元²

A Case of Endodontic Microsurgery for a Maxillary Right Lateral Incisor with Dens Invaginatus
Division of Endodontology, Department of Conservative Dentistry, Showa Medical University School of Dentistry¹
Department of Endodontology, Showa Medical University Graduate School of Dentistry²
○Aya Saito¹, Shintaro Uraba², Masayuki Takabayashi¹, Noriyuki Suzuki²

【緒言】

陥入歯は上顎側切歯に好発する形態異常であり、陥入部の形態により 3 つ (Oehlers の分類: Type1~3) に分類される。特に Type2 や Type3 は極めて複雑な形態を呈することが多く、その複雑さ故に通法による根管治療が困難であり、その結果予後不良となるケースも少なくない。今回、根尖切除術の既往のある Type2 陥入歯に対して外科的歯内療法を実施し、良好な治癒経過が得られた症例を報告する。

【症例】

患者は 40 歳女性。上顎右側側切歯の歯肉の腫脹および根尖部圧痛を主訴に、昭和医科大学歯科病院歯内治療科を受診した。15 年前に他院にて根尖切除術を受け、5 年前に補綴装置を再製作していたが、2 週間前から歯肉の腫脹と圧痛が出現したという。初診時、根尖相当部の腫脹、打診痛および根尖部圧痛を認めた。デンタルエックス線検査にて根尖部透過像、コーンビーム CT 検査にて根尖部の骨欠損像が認められた。さらに根尖付近まで達する陥入部の所見より Oehlers 分類 Type2 の陥入歯、既根管治療歯・症候性根尖性歯周炎と診断し、外科的歯内療法 (歯根尖切除術および逆根管充填) を計画した。

【治療経過】

マイクロスコープ使用下にて外科的歯内療法を施行した。約 1 mm の根尖切除後、超音波レトロチップにて逆根管窩洞形成を行い、スーパーEBA セメントにて逆根管充填を行った。術後は自覚症状の消失と画像検査における根尖部透過像の改善がみられ、術後 4 年経過時点で症状の再発は認めず、良好な治癒経過を維持している。

【考察】

本症例では過去に根尖切除の既往があったが、逆根管充填は実施されていなかった。そのため根尖部の封鎖が不十分となり、根管内に残存した細菌の漏洩により根尖性歯周炎の再発が生じたものと考えられる。再治療の方針を検討するにあたり、通常の根管治療を選択した場合には、歯頸部の大幅な歯質削除による歯根破折のリスクが高まること、複雑な根管形態により、適切な根管形成・洗浄による感染除去ならびに根管充填による確実な封鎖が困難であることが考えられたため、外科的歯内療法を選択した。

しかし外科的歯内療法では、逆根管窩洞形成および逆根管充填は歯根切断面から約 3 mm の範囲内でのみ行われるため、本症例では根管内に未処置の領域が存在しており、感染の残存が疑われた。その場合、根尖側からの細菌漏洩による根尖性歯周炎の再発が懸念されるが、歯冠側からの適切な処置が困難な歯に対し通常の根管治療を行わずに外科的歯内療法のみで良好な予後が得られたとの報告もあり、本症例でも適切な逆根管充填を行うことで良好な治癒経過が得られ、術後 4 年の経過観察において再発が認められなかったと考えられる。Type2 の陥入歯においては、個々の解剖学的条件を考慮し、治療の選択肢として外科的アプローチを積極的に検討すべきである。

【結論】

本症例では、Oehlers 分類 Type2 の陥入歯に対し、外科的歯内療法を行うことで良好な治癒が得られた。外科的歯内療法は、歯冠側の歯質を温存しつつ、根尖部の確実な封鎖を可能とする治療法であり、複雑な根管形態を有する症例において有効な選択肢となりうることが示唆された。

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 3 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, 福田元氣³, 有地榮一郎⁴, 有地淑子³, 諸富孝彦¹

Computer-aided diagnosis of apical periodontitis in panoramic radiography using artificial intelligence (3rd report)

Departments of ¹Endodontics, ²Dental Education, School of Dentistry, Aichi Gakuin University,

³Department of Oral Radiology, School of Dentistry, Osaka Dental University,

⁴Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Aichi Gakuin University

○SHIBATA Naoki¹, INAMOTO Kyoko², FUKUDA Motoki³,

ARIJI Eiichiro⁴, ARIJI Yoshiko³, MOROTOMI Takahiko¹

【緒言】

我々は、本学会第 159 回および第 161 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であること、および臨床経験 25 年以上の開業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、臨床経験が 1 年未満である臨床研修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) としての有効性の程度を再検証した。

【材料・方法】

ネットワークには YOLO (You Only Look Once) v7 を用いて DL を実施した。また、PAN 画像は第 159 回および第 161 回の報告と同一の 685 枚 (AP 数は上・下顎前歯 ; 278 歯, 上顎臼歯 ; 548 歯, 下顎臼歯 ; 540 歯) を用い、そのうちの 585 枚 (100 枚のバリデーションデータを含む) をトレーニングデータとして AI の学習に使用した。次に、残りの 100 枚 (総 AP 数 ; 204 歯 (根管未処置歯 ; 20 歯, 根管処置済歯 ; 184 歯)) をテストデータとし、AI による AP の検出を行った。なお、以上の手順を 5 回繰り返して実施した。全歯に対する AI の診断精度を感度、適合度、F 値により評価した後、口腔内を上・下顎前歯, 上顎臼歯, 下顎臼歯に分割し、各部位ごとの診断精度を同様に評価した。次に、テストデータと同一の PAN 画像を用いて、愛知学院大学歯学部附属病院に勤務する臨床研修歯科医師 (R) 5 名が 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】

感度 (平均値±標準偏差) は、全歯では AI が 0.688 ± 0.030 , R が 0.382 ± 0.017 , 上・下顎前歯では AI が 0.490 ± 0.019 , R が 0.319 ± 0.078 , 上顎臼歯では AI が 0.678 ± 0.051 , R が 0.234 ± 0.030 , 下顎臼歯では AI が 0.800 ± 0.035 , R が 0.563 ± 0.029 であった。全歯およびすべての部位において、AI は R より有意に高かった ($p < 0.01$)。適合度 (平均値±標準偏差) は、全歯では AI が 0.695 ± 0.039 , R が 0.657 ± 0.085 , 上・下顎前歯では AI が 0.760 ± 0.041 , R が 0.750 ± 0.163 , 上顎臼歯では AI が 0.773 ± 0.037 , R が 0.810 ± 0.047 , 下顎臼歯では AI が 0.849 ± 0.011 , R が 0.883 ± 0.045 であった。全歯およびすべての部位において、AI と R は同程度であり、有意差は認められなかった。F 値 (平均値±標準偏差) は、全歯では AI が 0.690 ± 0.014 , R が 0.481 ± 0.018 , 上・下顎前歯では AI が 0.596 ± 0.016 , R が 0.444 ± 0.097 , 上顎臼歯では AI が 0.721 ± 0.023 , R が 0.362 ± 0.037 , 下顎臼歯では AI が 0.823 ± 0.020 , R が 0.686 ± 0.009 であった。全歯およびすべての部位において、AI は R より有意に高かった (上・下顎前歯のみ $p < 0.05$, 他は $p < 0.01$)。

【考察・結論】

PAN を用いた AP の画像診断において、AI は臨床研修歯科医師より有意に高い感度を有していたことから、臨床経験の少ない歯科医師が実施する AP のスクリーニングに対し、見落としを低減するための CAD として有効なツールとなる可能性が示唆された。一方、適合度では、AI と臨床研修歯科医師はすべての部位で同程度であったことから、偽陽性の発生率については両者に差がみられないことが示された。

接着性レジンで根管内から封鎖を行った垂直性歯根破折の症例

- 1) 朝日大学医科歯科医療センター総合歯科診療科
2) 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
○丹羽 悠貴¹⁾, 吉田 隆一¹⁾, 田中 雅士²⁾, 河野 哲²⁾

A case of vertical root fracture using adhesive resin as a sealing material

¹⁾ Department of Comprehensive Dentistry, Asahi University Medical and Dental Center

²⁾ Department of Endodontics, Division of Oral Functional Science and Rehabilitation, Asahi University School of Dentistry

○NIWA Yuki¹⁾, YOSHIDA Takakazu¹⁾, TANAKA Masashi²⁾, KAWANO Satoshi²⁾

【緒言】

歯の破折の発生部位のうち、打撲などに起因する歯冠破折は上顎中切歯に多発するとされる。治療法は破折が歯根にまで波及している場合、特に垂直性歯根破折の場合は根管内の感染物質が歯周組織に波及して炎症が持続するため、予後は極めて悪く、多くは抜歯の適応となる。しかし、患者の希望や年齢などで接着再建再植法や根管内からの接着術などいくつかの治療法が試みられることがある。今回、転倒による歯牙破折に対して接着性レジンをを用いた治療を経験したので報告する。

【症例】

患者は12歳の女児。4年前に登校中に転倒、顔面を打撲し上顎左側中切歯を強打したという。直後に近在の歯科救急外来を受診した。歯根破折を疑い当センター小児歯科に紹介、当日受診し、生活断髄ののち亀裂部をコンポジットレジンで修復したという。3年5か月後、亀裂部の修復物が脱離し根尖部歯肉の腫脹および瘻孔が出現したので、診察と治療を希望して当センター小児歯科を再受診し、その後当科への依頼となった。診査では、唇側歯質に変色と亀裂線が確認された。打診痛、動揺はなく、唇側歯肉に瘻孔、歯周ポケットは唇側で8mmみられた。歯根破折を疑い歯科用CBCT検査を行ったところ、歯冠部から歯根に連続する破折線が確認された。破折部に沿って透過像と根尖部にも透過像がみられた。

【治療計画】

感染根管治療ののち、接着性レジンをを用いて根管内からの破折部の接着を行うこととした。

【治療経過】

治療はマイクロスコープ下で行った。歯科用CBCTの所見通り、歯冠部から歯根中央部に至る垂直性歯根破折を認めたため、数回の治療の後、患者の同意を得て、根管充填は接着性レジンをを用いて行った。まず、根管内をアクセセル(サンメディカル)で10秒間処理後、表面処理剤グリーン(サンメディカル)を10秒間塗布して水洗・乾燥した。次にスーパーボンドEX(サンメディカル)をニシカキャナルシーラーBG/BGフィル(日本歯科薬品)のガスケットに填入した後、作業長から1mm短く根管内に挿入し、ゆっくりと歯冠方向に移動しながら、根管口まで充填した。髄室はコンポジットレジン(クリアフィル®マジエスティESフローUniversal, クラレノリタケデンタル)で充填した。現在まで急性化はなく経過観察中である。

【考察とまとめ】

垂直性歯根破折歯への治療法は基本的には抜歯が選択される。しかし、患者の年齢や経済的、社会的背景を考慮して、抜歯が選択されずに、あえて歯の保存を目的とした治療が行われることがある。今回経験した症例では、12歳という患者の年齢や前歯部であるという背景から、患歯の延命処置をはかるため、根管治療を行い、根管内からの接着を試みた。今後患者には定期的な検診を実施し、患歯の変化を注視していく予定である。

歯根破折を伴う下顎第一大臼歯に対する意図的再植術を併用した接着修復法 - 6 年経過症例 -

¹⁾ 日本歯科大学新潟病院 総合診療科

²⁾ 日本歯科大学新潟生命歯学部 歯科保存学第 1 講座

³⁾ 日本歯科大学大学院新潟生命歯学研究科 硬組織機能治療学

○清水公太¹⁾、新井恭子^{2)、3)}、鎗田将史²⁾、池澤叡輔³⁾

小林真子³⁾、北島佳代子²⁾、両角俊哉^{2)、3)}、海老原隆¹⁾

Adhesive restoration combined with intentional replantation for mandibular first molars with root fractures: a 6-year follow-up study

¹⁾ Comprehensive Dental Care, The Nippon Dental University Niigata Hospital,

²⁾ Department of Endodontics, The Nippon Dental University School of Life Dentistry at Niigata,

³⁾ Advanced Operative Dentistry-Endodontics,

The Nippon Dental University Graduate School of Life Dentistry at Niigata

○SHIMIZU Kota¹⁾, ARAI Kyoko^{2,3)}, YARITA Masafumi²⁾, IKESAWA Eisuke³⁾, KOBAYASHI Mako³⁾,

KITAJIMA Kayoko²⁾, MOROZUMI Toshiya^{2,3)}, EBIHARA Takashi¹⁾

【緒 言】

歯根破折歯は保存が困難とされ、多くの場合抜歯が適応となる。しかし近年、破折歯を一度抜歯し、破折歯根の接着を行い再植して保存する接着修復法が報告されている。今回、歯根の歯冠側 1/3 程度の斜破折を伴う下顎右側第一大臼歯に対し、意図的再植術を併用した接着修復法を行い、長期的に良好な経過を得たので、その術式と経過を報告する。なお、本症例の発表に関し患者から同意を得ている。

【術 式】

1) 表面麻酔および浸潤麻酔後、患歯の歯根膜を損傷しないよう鉗子のみで慎重に抜歯を行う。患歯は保存液に浸漬し、歯根膜の乾燥を防止する。2) 破折片同士が復位することを確認する。3) マイクロスコープで確認しながら、超音波ダイヤモンドファイルで全ての根管壁・破折面の歯質を一層除去し汚染歯質を削除する。4) 支台築造用コンポジットレジンを用いて破折片同士を接着する。5) 患歯の歯根表面から破折線に沿って線状に窩洞形成を行い、接着性レジンセメントを填塞する。6) 患歯を抜歯窩に再植し、矯正用リガチャーワイヤーと接着性レジンセメントを用いて隣接歯との暫間固定を行う。

【症 例】

患者は 64 歳女性で、患歯は 3 根性 4 根管の下顎右側第一大臼歯であった。破折線は、遠心隣接面の中央から咬合面へ垂直に走行し、髓腔内の遠心側壁中央部から髓床底に到達したあと、遠心舌側根管の根管壁を経由し、さらに髓床底を経て、近心舌側根管に到達していた。歯周組織検査では、歯周ポケットが近心舌側 5mm、遠心中央で 4mm となっており、Glickman の根分岐部病変の分類は 2 級で、動揺は認めなかった。患者に各種治療法を説明し、意図的再植術を併用した接着修復法を行うこととした。術後 1 か月では、Glickman の根分岐部病変の分類は 4 級となり、動揺は認めなかった。このため、この時点でワイヤーによる暫間固定を除去した。術後 3 か月では、コーンビーム CT で根分岐部の骨量は減少しているが、歯間ブラシによる清掃が適切に行われていたため、炎症は認めなかった。術後 6 か月には経過良好であるため暫間被覆冠を仮着し、咬合負荷を付与した状態で経過観察を行うこととした。術後 1 年までは暫間被覆冠による経過観察を行い、補綴治療へ移行した。現在 6 年が経過しており、歯周ポケットは舌側中央が 4mm、Glickman の根分岐部病変の分類は 4 級となっているが、出血や動揺はなく、患歯や歯周組織の状態は安定している。

【考 察】

われわれが行ってきた垂直性歯根破折歯の接着修復法では、従来から破折面の汚染歯質除去、被着面と被着面積の確保による破折片同士の接着強さの向上、歯根膜の保存や破折線部への接着性レジンセメントの填塞による深い歯周ポケットの形成防止、支台築造用コンポジットレジンの使用により患歯を一塊として保存することに留意している。

本症例では、より詳細な口腔衛生指導を行ったことにより、適切な治癒経過を経て、現在の患歯と歯周組織の安定した経過を得られたと考えられる。また、クラウン装着後には、マイクロスコープ下でクラウンの面状の摩耗を認めため、咬合調整による咬合付与と咬合指導を行うことにより、患歯の安静や他の歯との咬合バランスを適切に保つことができ、現在の安定した経過となっていると考えられる。このことから、従来からわれわれが行ってきた意図的再植を併用して行う接着修復法において、より口腔衛生指導や咬合調整、咬合指導を強化して行ってきたことにより、6 年にわたる長期間、患歯が正常に機能しているものと考えられる。